

Nükleer Enerjiye GeçiŖte Türkiye Modeli



Ekonomi ve DıŖ Politika
AraŖtırmalar Merkezi
edam

Ekonomi ve DıŖ Politika AraŖtırmalar Merkezi

NÜKLEER ENERJİYE GEÇİŞTE TÜRKİYE MODELİ

Editör : Sinan Ülgen, EDAM

Araştırmacılar :

Sinan Ülgen, EDAM

Prof. Dr. İlhan Or, Boğaziçi Üniversitesi

Prof. Dr. Hasan Saygın, İstanbul Aydın Üniversitesi

Doç. Dr. Gürkan Kumbaroğlu, Boğaziçi Üniversitesi

Doç. Dr. İzak Atiyas, Sabancı Üniversitesi

Katkı sağlayanlar :

Ahu Yiğit, EDAM

Evrin Görmüş, EDAM

Aaron Stein, EDAM

Tolga Bağ, EDAM

Çeviri :

Tri-A Dil Hizmetleri, Danışmanlık ve Reklamcılık

Rota Tercüme Hizmetleri Ltd Şti

Banguoğlu Dil Hizmetleri ve Danışmanlık Ltd Şti



Bu araştırma "The William and Flora Hewlett Foundation" dan elde edilen bir hibe ile gerçekleştirilmiştir.

© EDAM, 2011

Seheryıldızı sokak 23/5

34337 Etiler- İstanbul

Tel : 0212-352 1854

Email : info@edam.org.tr

www.edam.org.tr

1. Baskı İstanbul, Ekim 2011

ISBN : 978-9944-0133-2-1

Kitap tasarımı : Güngör Genç

Baskı : Tor Ofset Sanayi ve Ticaret Ltd Şti

Akçaburgaz Mahallesi, 116. Sokak No 2 Esenyurt - İstanbul

Tel : 0212- 886 3474

Nükleer Enerjiye Geçişte Türkiye Modeli

EDAM Hakkında

Ekonomi ve Dış Politika Araştırmalar Merkezi (EDAM) İstanbul merkezli bağımsız bir düşünce kuruluşudur. EDAM'ın temel amaçları,

- Türk dış politikası ve güvenlik politikaları,
- Türkiye-AB ilişkileri ,
- Küreselleşmenin yönetimi ve etkileri,
- Enerji ve iklim değişikliği politikaları.

konularında bilimsel temelli araştırmalar yapmak suretiyle Türkiye içinde ve dışındaki karar alma sürecine katkıda bulunmaktadır. EDAM bu çerçevede bu konu başlıkları altındaki araştırmaların yanısıra, yuvarlak masa toplantıları ve konferanslar düzenlemektedir. EDAM aynı zamanda Avrupa Birliği ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki çeşitli kuruluşlar ile ortak araştırma ve yayın konularında işbirliği yapmaktadır.

Kurumsal Yapı

EDAM; akademi, sivil toplum, iş dünyası ve medya gibi Türk toplumunun farklı sektörlerinden oluşan bir üye ağını bir araya getirmektedir. Çeşitlilik arzeden bu yapı, farklı öngörü ve bakış açılarının karşılıklı etkileşimine açık, etkin bir platform oluşturmada EDAM'a önemli bir katkı sağlamaktadır.

EDAM'ın yönetim ve faaliyetleri 14 kişiden oluşan Yönetim Kurulu eliyle gerçekleştirilmektedir. Ayrıca Türk ve Avrupa'lı fikir önderlerinden oluşan bir Danışma Kurulu, merkezin faaliyet ve projelerini desteklemektedir. EDAM aynı zamanda sürekli olarak bünyesinde çalışan profesyonel bir ekip istihdam etmektedir.

EDAM projelerini gerçekleştirmek amacıyla proje bazlı fonlar, kurumsal bağışlar ve ilgili ödenekleri kabul etmektedir. Buna ek olarak, EDAM bir çok farklı sivil toplum örgütü ve uluslararası kuruluşlar ile ortak finanman prensibi temelinde ortak proje ve araştırmalar yapmaktadır.

Yazarlar

Sinan Ülgen

Sinan Ülgen, 1966 yılı doğumludur. 1987 yılında ABD Virginia Üniversitesinden ekonomi ve bilgisayar mühendisliği dallarından mezun oldu. 1989-1990 yılları arasında Brugge Avrupa Kolejinde Avrupa Topluluğu ve ekonomik bütünleşme konusunda yüksek lisans yaptı. Ülgen, 1990 yılında girdiği Dışişleri Bakanlığında iki yıl boyunca Ankara'da Birleşmiş Milletler dairesinde çalıştı. 1992-1996 yılları arasında ise Brüksel'de Avrupa Birliği Nezdindeki Türkiye Daimi Temsilciliğinde görev yapan Sinan Ülgen, bu dönemde Gümrük Birliğini müzakere eden ekip içinde yer aldı. 1996 yılı sonunda Dışişleri Bakanlığından ayrılan Sinan Ülgen, halihazırda İstanbul Ekonomi Danışmanlığın Yönetici Ortağı olarak AB ve ekonomi konularında danışmanlık yapmaktadır. Uzmanlık alanı uluslararası ilişkiler, uluslararası ekonomi, rekabet politikası ve sektörel politikalar ile AB ile ilgili konulardır.

2004 yılında Kemal Derviş ile beraber yazdığı "Çağdaş Türkiye'nin Avrupa Dönüşümü" başlıklı İngilizce ve Türkçe yayınlanan bir kitabı ile 2005 yılında Bilgi Üniversitesi tarafından yayınlanan "AB ile müzakerelerin el kitabı" bulunmaktadır. Sinan Ülgen'in makaleleri yurtdışında International Herald Tribune, Financial Times, European Voice, Wall Street Journal, Le Figaro, Foreign Policy gibi gazete ve dergilerde; araştırmaları ise Center for European Policy Studies, Center for European Reform, German Marshall Fund ve World Economic Forum (WEF) tarafından yayınlanmıştır. Ülgen halen Ekonomi ve Dış Politika Araştırmalar Derneği'nin (EDAM) başkanlığını yürütmekte, ayrıca Brüksel'de yerleşik Carnegie Europe'da misafir araştırmacı olarak çalışmaktadır.

Prof. Dr. İlhan Or

1951'de İstanbul'da doğdu. 1973 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde Northwestern Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünü bitirdi; gene Northwestern Üniversitesi'nden 1974 yılında Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans, 1976 yılında da Doktora derecelerini aldı. 1976 senesinde öğretim görevlisi olarak Boğaziçi Üniversitesinde göreve başladı. 1982-83 senelerinde misafir öğretim üyesi olarak Syracuse Üniversitesi'nde (New York - A.B.D.) ve University of Maryland'da (Maryland - A.B.D.) misafir öğretim üyesi olarak görev yaptı. Aralık 1984'te Doçent, Aralık 1991'de de Profesör ünvanlarını kazanan İ. Or, 1994-98 ve 2003-06 dönemlerinde Boğaziçi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Bölüm Başkanlığı görevinde bulundu. Halen bu Bölüm'de öğretim üyeliği görevini sürdürürken, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü (2006'dan beri) ve Boğaziçi Üniversitesi Senato Üyeliği (2006'dan beri) görevlerini de yürütmektedir.

Başlıca eğitim ve araştırma ilgi alanları, doğrusal programlama, üretim ve bakım planlama, risk analizi ve yönetimi ile enerji sistemleri planlama konusunda yöneylem araştırması uygulamalarıdır. Bu konularda, uluslararası ve ulusal düzeyde, çok sayıda bilimsel yayını ve bilimsel toplantı bildirisi vardır; ilgi alanına giren konularda, üniversite içinde ve dışında eğitim seminerleri vermiş, danışmanlık yapmıştır. İlhan Or, 1993-2004 döneminde “Naval Research Logistics” isimli uluslararası bilimsel sürekli yayında “Yardımcı Editör” olarak, 2003-04 döneminde de “EJORS” isimli uluslararası bilimsel sürekli yayında “Misafir Editör” olarak görev yaptı. Kendisi Türkiye Enerji Ekonomisi Derneği’nin Kurucu Üyesi ve Yönetim Kurulu üyesidir; ayrıca, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi’nin, Katı Atık Türk Milli Komitesi’nin, Türk İstatistik Derneği’nin ve Türkiye Yöneylem Araştırması Derneği’nin üyesidir.

Prof. Dr. Hasan Saygın

Yıldız Teknik Üniversitesi’nden Matematik Mühendisi olarak ve daha sonra gittiği İstanbul Teknik Üniversitesi, Nükleer Enerji Enstitüsü’nden Nükleer Enerji Yüksek Mühendisi olarak mezun oldu. Daha sonra, École Polytechnique de Montréal’den Doktor unvanını aldı. İstanbul Teknik Üniversitesi’ne dönerek bu üniversitede sırasıyla, 1994’te Yardımcı Doçent, 1996’da Doçent, 2002’de Profesör oldu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Nükleer Enerji Enstitüsü’nde 1994–1999 yılları arasında Müdür Yardımcılığı, 2002–2003 yılları arasında ise Müdürlük ve Nükleer Bilimler Ana Bilim Dalı Başkanlığı yaptı. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu’nda 2003–2007 yılları arasında Atom Enerjisi Komisyonu Üyeliği ve Atom Enerjisi Danışma Kurulu Üyeliği görevlerinde bulundu. 2009–2011 yıllarında İstanbul Aydın Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dekanlığı’nı ve 2010–2011 yıllarında, İstanbul Aydın Üniversitesi Rektör Yardımcılığı’nı yaptı. Daha sonra 2011 yılında kısa bir dönem İstanbul Aydın Üniversitesi Vekil Rektör’ü olarak görev yaptı. 2011 yılından beri İstanbul Aydın Üniversitesi Mütevelli Heyet Başkan Danışmanı olarak görev yapmaktadır. Çoğunluğu uluslararası hakemli dergilerde yayınlanmış ve uluslararası hakemli konferanslarda sunulmuş 144 yayını vardır ve bu yayınlar 258’i uluslararası olmak üzere 344 kez atıf almıştır. Canadian Nuclear Society (CNS) ve World Association of Soil and Water Conservation (WASWC) üyesidir.

Doç.Dr. İzak Atiyas

İzak Atiyas Boğaziçi Üniversitesi Ekonomi Bölümü'nden 1982 yılında mezun oldu. Doktorasını New York Üniversitesi Ekonomi Bölümü'nde tamamladı. 1988-1995 yılları arasında Dünya Bankası Özel Sektörün Gelişmesi bölümünde çalıştı. 1995-1998 yılları arasında Bilkent Üniversitesi Ekonomi Bölümünde misafir öğretim üyesi olarak bulundu. 1998 yılından beri Sabancı Üniversitesi Sanat ve Sosyal Bilimler Fakültesi'nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Araştırma alanları arasında sanayi ekonomisi, rekabet hukuku ve ekonomisi, regülasyon, verimlilik ve siyasal ekonomi bulunmaktadır.

Doç.Dr. Gürkan Kumbaroğlu

1969 yılında Trabzon'da doğdu. Endüstri Mühendisliği lisans ve lisansüstü derecelerini aldı. ODTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü'ndeki doktorasından sonra İsviçre'de Zürih Teknik Üniversitesi ETH bünyesindeki Enerji Politikaları ve Araştırma Merkezi'nde ve müteakiben ABD'nin Berkeley Üniversitesi Ulusal Enerji Araştırmaları Merkezi'nde araştırmalarda bulundu. 2003 yılında Türkiye'ye dönerek Boğaziçi Üniversitesi öğretim üyesi olarak akademik kariyerine başladı. 2010-11 eğitim yılında yılında konuk Profesör olarak RWTH Aachen Üniversitesi'nde dersler verdi, aynı üniversitenin Enerji Araştırmaları Merkezi'nde çeşitli araştırmalara katıldı ve yönetti. Yurt içinde ve dışında yürütücülüğünü yaptığı birçok bilimsel ve teknik araştırma projeleri ve çok sayıda uluslararası makale ve kitap bölümleri bulunmaktadır. Halen Boğaziçi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Doçent olarak görev yapmakta, aynı zamanda Enerji Ekonomisi Derneği'nin Başkanlığını ve Uluslararası Enerji Ekonomisi Birliği'nin Başkan Yardımcılığını yürütmektedir.

BÖLÜM 1 Türkiye’de Nükleer Enerjiye Geçişin Emniyet ve Güvenlik Yönlerine İlişkin Değerlendirme

1	Giriş.....	4
2	Risklerin Sınıflandırılması ve Yönetimi	4
3	Güvenlikle İlgili Riskler.....	5
3.1	Nükleer Güvenlik Mevzuatı İlkeleri.....	6
3.1.1	Birincil Güvenlik Sorumluluğu.....	6
3.1.2	Kamunun Rolü.....	6
3.1.3	Liderlik ve Güvenlik Yönetimi.....	7
3.1.4	Tesislerin ve Faaliyetlerin Doğrulanması.....	7
3.1.5	Koruma Optimizasyonu.....	7
3.1.6	Bireylere Yönelik Risklerin Sınırlanması.....	7
3.1.7	Mevcut ve Gelecek Nesillerin Korunması.....	7
3.2	Kazaların Önlenmesi.....	8
3.3	Derinlemesine Savunma Stratejisinin Oluşturulması ve Teşvik Edilmesi	9
3.4	Kazaların Etkilerinin Hafifletilmesi	10
3.5	Tesisin Konumuyla İlgili Sorunlar ve İlişkili Riskler	10
3.6	Tasarımla İlgili Sorunlar ve İlişkili Riskler	11
3.7	Lisans ve Düzenlemelerle İlgili Sorunlar ve Bunlarla İlişkili Riskler	15
3.8	Genel Teknik İlkeler.....	18
3.8.1	Kanıtlanmış Mühendislik Uygulamaları	18
3.8.2	Kalite Güvence.....	19
3.8.3	Akran Değerlendirmeleri- (Peer Reviews).....	19
3.8.4	İnsan Faktörü	19
3.8.5	Güvenlik Değerlendirmesi ve Doğrulaması	20
3.8.6	İşletme Deneyiminin Paylaşılması	20
3.9	Güvenlik ve Emniyet Kültürü	20
4	Üretim ve İşletme Riskleri.....	22
4.1	Geliştirme/İnşaatla ilgili Sorunlar ve Bunlarla İlişkili Riskler	22
4.2	Operasyonel Sorunlar ve Bunlarla İlişkili Riskler	25
4.3	Doğal Riskler.....	26
4.4	Hizmetten Çıkarmayla İlgili Riskler	26
4.5	Kullanılmış Yakıtın Depolanması/Kaldırılmasına İlişkin Riskler.....	31
5	Stratejik Riskler	32
5.1	Tedarik Güvenliği Sorunları ve İlişkili Riskler	32
5.2	Terör Riskleri	36
6	Türkiye’nin Nükleer Güçle İlişkili Güvenlik Risklerini Yönetme Kapasitesine İlişkin Değerlendirme ve Öneriler	39

BÖLÜM 2 Büyük Nükleer Kazalar ve Nükleer Enerji Teknolojinin Evriminde Doğurdukları Sonuçlar

1	Giriş.....	53
2	Dünyadaki En Büyük Nükleer Kazalar	54
3	Üç Mil Adası Kazası ve Nükleer Enerji Teknolojisi Üzerindeki Sonuçları	59
3.1	Üç Mil Adası Reaktörü –Genel Özellikleri	59
3.2	TMI-2 Kazası: Olaylar Dizisi	61
3.3	TMI-2 Kazasından Çıkarılan Dersler	64

4	Çernobil Kazası: Çernobil Reaktörünün Tasarım Özellikleri ve Bunların Kaza Üzerindeki Etkileri	.66
4.1	Kazanın Ana Nedenleri	67
4.1.1	Tasarım Hataları	67
4.1.2	Operatör Hataları	69
4.2	Sonuçlar	70
4.3	RBMK Üzerindeki Kaza Sonrası Değişiklikler	70
4.4	Batı Tipi Reaktörlere İlişkin Sonuçlar	71
5	Fukuşima Kazası / Kazaları ve Doğurduğu Sonuçlar	72
5.1	Fukuşima Daiichi Nükleer Enerji Santrali	73
5.2	Kazanın Sebepleri ve Mevcut ve Gelecekte Yapılacak Santrallere Yönelik Muhtemel Düzeltici Faaliyetler	74

BÖLÜM 3 Türkiye Açısından Nükleer Enerji Ekonomisi

1	Giriş	86
2	Dünyada Nükleer Enerji Üretimini Maliyeti	86
2.1	Yatırım Maliyetleri ve Geri Dönüşü Etkileyen Faktörler	86
2.2	Tesis Dönemi Faizleri Hariç Yatırım Maliyetleri	87
2.3	Kapasite Faktörü	88
2.4	Ekonomik Ömür	88
2.5	İskonto Oranı	89
2.6	İşletme ve Bakım Maliyeti	89
2.7	İnşaat Süresi ve İnşaat Süresinin Ekonomik Sonuçları	90
2.8	Bir Nükleer Kazanın Maliyeti ve Sigorta Teminatı	90
3	Türkiye’de Nükleer Enerji Üretimini Maliyeti	91
3.1	Türkiye’nin Rusya’yla İmzaladığı Anlaşma Kapsamında Nükleer Enerji Üretimini Öngörülen Maliyeti	91
3.2	Türkiye’de Tahmini Üretim Maliyetlerinin (Seviyelendirilmiş Maliyet, İşletme ve Bakım Maliyetleri) Diğer Reaktör Düzeyindeki Uluslararası Verilerle Kullanılan Teknoloji Özelinde Karşılaştırılması	93
3.3	Türkiye’de Tahmini Üretim Maliyetlerinin Modelleme Çalışmalarında Kullanılan Tahminlerle, Kullanılan Teknoloji Özelinde Karşılaştırılması	94
3.4	Atık Yönetimi Maliyetleri: Türkiye İçin Karşılaştırmalı Analiz	96
3.5	İşletmeden Çıkarma Maliyetleri: Türkiye İçin Karşılaştırmalı Analiz	96
3.6	Üçüncü Şahıslara Karşı Sorumluluk: Türkiye ve Uluslararası Standartlar	97
4	Nükleer Enerjinin Türkiye’de Elektrik Arzı ve Fiyatları Üzerindeki Tahmini Etkisi	99
4.1	Arz Kapasitesi ve Elektrik Fiyatları Üzerindeki Kısa Vadeli Etki (2018’E Dek)	100
4.2	Arz Kapasitesi ve Elektrik Fiyatları Üzerindeki Uzun Vadeli Etki (2019-2030)	101
4.3	Alternatif Enerji Üretimi Teknolojilerine Yapılan Özel Sektör Yatırımı Üzerindeki Etki	102
5	Sonuçlar	103

Bölüm 4 Nükleer Santrallerde Riskler, Özendirimler ve Finansman Modelleri: Uluslararası Deneyim ve Akkuyu Modeli

1	Giriş	113
2	Nükleer Elektrik Üretimini Özellikleri	113
2.1	Yüksek Sabit Maliyetler, Düşük Değişken Maliyetler	116
2.2	İnşaat Süresi ve Maliyetlerinde Belirsizlik	117

2.3	Enerji Politikası ve Düzenleyici Politikaların Yarattığı Riskler.....	119
2.4	İşletme Riskleri	120
2.5	Piyasa Riskleri	120
2.6	Teknoloji Riskleri	120
2.7	Nükleer Yakıtın Elden Çıkarılması ve Santralin Hizmetten Çıkarılması.....	121
2.8	Nükleer Yükümlülükler ve Sigorta.....	121
3	Nükleer Santrallerin Finansmanında Model Alternatifleri	122
3.1	Geleneksel Model: Dikey Bütünleşik Kamu İşletmeleri	123
3.2	Alım Garantileri.....	124
3.3	Ticari Finansman ve Borç Garantileri.....	124
3.4	Büyük Alıcılar Konsorsiyumu.....	125
4	Türkiye’de Nükleer Enerji	126
4.1	Kısa Tarihçe	126
4.2	Akkuyu Modeli	136
4.3	Akkuyu Modelinin Değerlendirilmesi	128
4.4	Türkiye Elektrik Piyasası Modeli ve Nükleer Santraller.....	131
5	Sonuç.....	132

BÖLÜM 5 Türkiye’nin Nükleer Programının Güvenlik Boyutu: Nükleer Diplomasi ve Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme Politikaları

1	Giriş : Tehdit Algılarının Değişmesi	142
2	Nükleer Yönetişim	142
2.1	Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme Rejiminin Gelişimi.....	142
2.2	Türkiye’nin Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme Politikaları	148
	İhracat Kontrolleri: İlk Savunma Hattı	149
2.3	Türkiye’nin Nükleer Diplomasisi.....	152
	2.3.1 Türkiye, Hassas Nükleer Teknolojilerin Karakutuya Sokulması Çabalarına İtiraz Etmektedir	153
	2.3.2 NPT Haklarının Korunması	156
2.4	İran ve Türkiye: Zor bir denge politikası.....	158
2.5	NATO Tartışması ve Taktik Nükleer Silahların Geleceği.....	162
2.6	Nükleer Caydırıcılıkla İlgili Türkiye’nin Bakış Açısı	163
2.7	Füze Savunma Tartışması: Türkiye’nin Konumunun Batı Tarafından Yanlış Anlaşılması	165
2.8	2012 Nükleer Silahlardan Arındırılmış Ortadoğu Konferansı	167
3	Türkiye Nükleer Bomba Yapar mı?.....	169
3.1	Teorik bir Tartışma	169
3.2	Türkiye’nin Nükleer Altyapısı: Türkiye Bomba Yapabilir mi?	171
	3.2.1 Türkiye’nin Ön Cephe Kapasitesi	172
	3.2.2 Türkiye’nin Arka Cephe Kapasitesi.....	173
4	Sonuç: Türkiye, Nükleer Alanda Batıdan “Bağımsız” bir Politika İzlemeye Ne Ölçüde Meyillidir?	175

Ek-1 Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti Arasında Türkiye Cumhuriyeti’nde Akkuyu Sahası’nda Bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliği Anlaşması 184

Ek-II Su Soğutmalı Su Moderatörlü Reaktör ve Evrimsel Tasarımları 200

Tablo ve Şekiller

Bölüm 1

Şekil 1: IAEA'nın Emniyet Rehberi Derlemesi

Şekil 2: Hizmette Çıkarma Süresince Karşılaşılan Başlıca Riskler

Şekil 3: Nükleer Yakıt Döngüsü

Tablo 1: Derinlemesine Savunmanın Bazı Klasik Düzeyleri

Tablo 2: Hizmetten Çıkarılmış veya Hizmetten Çıkarılma Sürecinde Olan Nükleer Tesisler

Tablo 3: Türkiye'nin Taraf Olduğu Uluslararası Anlaşmalar

Tablo 4: TAEK Mevzuatı

Bölüm 2

Şekil 1: INES Ölçeğinde Nükleer Olayların Hiyerarşisi

Şekil 2: Üç Mil Adası Nükleer Enerji Santrali

Şekil 3: Üç Mil Adası Nükleer Enerji Santrali şematik gösterimi

Şekil 4: TMI-2 Kazasına Ait Olaylar Dizisinin Tamamı

Şekil 5: Kazadan Sonra Çernobil NES

Şekil 6: Fukuşima Daiçi NES Genel Yerleşim Planı

Şekil 7: BWR-3 Reaktörü

Tablo 1: INES Ölçeği

Tablo 2: INES Ölçeğindeki Derecelerine Göre Nükleer Olaylar

Bölüm 3

Şekil 1: Türkiye Son Kullanım Elektrik Fiyatlarında Zaman İçindeki Değişim (vergi dahil nominal tutarlar)

Şekil 2: 2018 Yılına Kadarki Resmi Elektrik Talebi Tahminleri

Şekil 3: 2030'a Kadarki Resmi Elektrik Talebi Tahminleri

Tablo 1: Modelleme Çalışmalarında Kullanılan, Teknolojiye Özgü Nükleer Enerji Maliyet Varsayımları

Tablo 2: Modelleme Çalışmalarında Kullanılan Seviyelendirilmiş Üretim Maliyetlerinin Akkuyu Anlaşma Fiyatıyla karşılaştırılması

Tablo 3: Uluslararası Sorumluluk ve Tazminatların Kapsamı – Ülke Örnekleri

Tablo 4: Farklı Üretim Teknolojilerine İlişkin Nitel Maliyet ve Risk Değerlendirmesi

Bölüm 4

Tablo 1: Elektrik Üretim Maliyet Yapıları

Tablo 2: Nükleer Santrallerin İnşaat Süreleri

Tablo 3: Finansman Maliyetinin Toplam Yapım Maliyetine Oranı

Giriş

Son 50 yılda nükleer santrallere ilgi büyük dalgalanmalar göstermiştir. ABD’de nükleer santraller ilk olarak 1960’larda ve 1970’lerin ilk yarısında yapılmıştır. 1980’lere gelindiğinde yeni nükleer santral yapımı hemen hemen durmuştur. Daha genel olarak gelişmiş ülkelerin önemli bir bölümü yaklaşık 30 yıl önce yeni nükleer santral yatırımlarına son vermiştir. Son on yılda inşa edilmiş olan nükleer santrallerin hemen hepsi Japonya, Güney Kore, Çin ve Hindistan’da bulunmaktadır.

Nükleer santrallerin 1980’lerde gözden düşmesinin birçok nedeni vardır. Bunların başında Çernobil ve Three Mile Island’da gerçekleşen nükleer kazaların nükleer enerjinin güvenliğine dair yarattığı kaygılar yer almaktadır. Bir yandan nükleer atıkların nihai depolanmasına kalıcı ve güvenli çözümün bulunmaması diğer yandan ABD ve Avrupa’da çevre sorunlarına ve nükleer silahlara karşı toplumsal farkındalığın gelişmesi ile nükleer teknolojiye karşı siyasal ve toplumsal bir muhalefet de oluşmuştur. Nihayet ekonomik saikler de nükleer enerjinin cazibesini kaybetmesine katkıda bulunmuştur. Bir yandan nükleer santral maliyetleri beklenenin çok üzerinde gerçekleşirken, özellikle 1980’lerde ve 1990’larda kömür ve doğal gaz fiyatları ya düşmüş ya da yavaş artmış, dolayısıyla kömür ve doğal gaz santralleri ekonomik olarak daha çekici hale gelmiştir. Buna paralel olarak özellikle doğal gaz türbin teknolojisinde meydana gelen gelişmeler ve bu tür santrallerin görece ucuzlaması sonucu 2000’li yıllara gelindiğinde nükleer santraller ticari çekiciliğini büyük ölçüde yitirmiştir.

Bu ekonomik gelişmelerin yanı sıra özellikle Son yıllarda nükleer santrallerin yeniden gündeme geldiği gözlemlenmektedir. Bunun nedenlerinden biri, mevcut nükleer santrallerin etkinliğinde sağlanan artışlardır. Aynı dönemde (en azından 2008 küresel krizine kadar) doğal gaz fiyatlarının da artış eğilimi içine girmesi mevcut santrallerin ticari fizibilitesini arttırmıştır. Fosil yakıtların fiyatlarındaki artış, yeni nükleer santral yatırımlarını da ekonomik açıdan daha çekici hale getirmiştir. Bir başka önemli etken, küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunlarına yönelik politikalar ile ilgilidir. Nükleer santraller küresel ısınmaya yol açtığına inanılan karbon gazı salınımına yol açmazken kömür ve gaz santralleri karbon gazı üretirler. Karbon üretimine sınır getirmeye çalışan bir politika çerçevesi içinde nükleer enerjiye dayalı elektrik üretimi daha temiz görülmektedir.

Nükleer enerjiye yönelimin artmasının bir diğer nedeni “enerji güvenliği” veya “enerji bağımsızlığı” kavramları ile ilgilidir. Gerek Avrupa ülkelerinde gerek Türkiye’de bu kavram genellikle Rusya doğal gazına bağımlılığın azaltılması

bağlamında kullanılmaktadır. Doğal gaz ithalatına bağımlılığa duyulan endişe özellikle 2009 yılında Rusya'nın Ukrayna'ya doğal gaz arzını kesmesi ile daha da artmıştır. Sadece Avrupa değil, Japonya Hindistan ve Çin gibi ülkeler de nükleer santralleri doğal gaza dayalı elektrik üretimine ikame olarak görmüşler, böylece doğal gaz ithalatını azaltmayı öngörmüşlerdir.

Türkiye'nin nükleer enerjiye ilgisi de benzer bir süreç takip etmiştir. Çeşitli zamanlarda Türkiye'nin artan enerji ihtiyacının karşılanması ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması için nükleer santral kurulması gündeme gelmiş, muhtelif girişimlerde bulunulmuştur. Örneğin 1970'li yılların başında 400 Mwe kapasiteli bir basınçlı ağır su nükleer reaktör yapılması kararı çıkmıştır. Yürütülen etüdler neticesinde 1974 yılında gelecekte kurulacak santral için Akkuyu uygun bir yer olarak belirlenmiş, 1976'da ise Akkuyu nükleer sit alanı kategorisine sokulmuştur. 1977'de nükleer santral yapımı için ilk defa ihaleye çıkılmış ancak bu ihaleye teklif veren tek firma olan İsveçli ASEA-ATOM firması ile finansman konusunda anlaşılammıştır. Dönemin siyasi ve ekonomik krizleri neticesinde nükleer santral konusu geri plana itilmiştir.

1982'de Akkuyu'da ve Sinop'ta nükleer santral yapılması kararı bir kez daha teyid olmuş ve uluslararası firmalardan firmadan teklif alınmıştır. Hükümetin anahtar teslim inşaat modelinden yap-işlet-devret modeline geçmesi ile bu firmalardan ikisi ihaleden çekilmiştir. Geriye kalan Kanadalı Atomic Energy of Canada Limited ile 1985'te bir ön anlaşma imzalanmıştır. Ancak satın alma garantisi konusundaki anlaşmazlıklar yüzünden bu girişim de yarıda kalmıştır. 1996'da Akkuyu için yeni bir ihaleye çıkılmış ve tekrar başarısızlığa uğranmıştır.

Türkiye'nin enerji ihtiyacının gittikçe daha da artması ile 2000'li yıllarda nükleer santral kurma girişimleri de hız kazanmıştır. Önce 2008 yılında Akkuyu'da kurulacak nükleer santral için ihaleye çıkılmış ancak tek bir teklif alınabilmiştir. Bunun üzerine yatırım modeli değiştirilerek hükümetler arası anlaşma yapılması yoluna gidilmiştir ve sonucunda 2010 yılında Rusya ile anlaşma sağlanmıştır. Mayıs 2010'da imzalanan "Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti Arasında Türkiye Cumhuriyetinde Akkuyu Sahasında Bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma" her iki ülkenin parlamentolarınca onaylanmış ve yürürlüğe girmiştir. Buna göre Akkuyu'da toplam 4800 MWe kapasiteli dört reaktörden oluşan bir santral kurulacaktır. Anlaşma uyarınca teknoloji ve finansman yatırımcı Rus firma tarafından sağlanacaktır. Buna karşılık bu santralden elde edilecek elektrik için Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi (TETAŞ) 15 yıl boyunca KDV hariç 12,35 cent'lik bir fiyat alım garantisi sunmaktadır. Santralin 2019'da elektrik üretimine başlaması hedeflenmektedir.

Türkiye'de nükleer enerjiye geçiş sürecinin somutlaşması, nükleer enerji gibi çok boyutlu ve toplumu da yakından ilgilendiren bir alandaki kamu politikalarının daha yakından incelenmesi gereğini gündeme taşımıştır. Bu çalışma ile amaçlanan da esasen nükleer enerjiye geçiş sürecindeki bir ülkede, ilgili kamu politikalarının mercek altına alınmasıdır. Bu çalışma nükleer enerjiye geçişi destekleme amacını taşımamaktadır. Öte yandan nükleer enerji karşıtlığı da savunulmamaktadır.

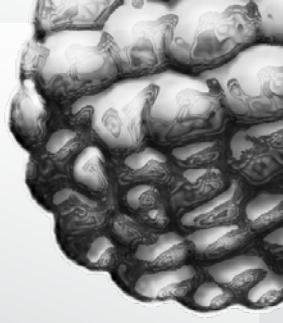
Nitekim çalışmaya katkıda bulunan yazarlar arasında da nükleer enerjinin Türkiye açısından gerekliliğine dair görüş farklılıkları bulunmaktadır.

Bu çalışma, nükleer enerjinin ve Akkuyu projesinin kamuoyu tarafından tartışılan belli başlı boyutlarına odaklanmaktadır. Birinci bölümde nükleer enerjiye dair riskler ele alınmaktadır. Bu bölümde ayrıca Türkiye'nin bu riskleri idare etme kapasitesine dair bir değerlendirme yapılmaktadır. Müteakip bölümde dünyada meydana gelen belli başlı nükleer kazalar incelenmektedir. Üçüncü bölümde Rusya ile yapılan anlaşmada yeralan elektrik alım fiyatı, uluslararası örnekler ve Türkiye elektrik piyasasındaki gelişmeler ışığında değerlendirilmektedir. Dördüncü bölümde Akkuyu santralının inşaat ve işletmesi için öngörülen yatırım modeli incelenmektedir. Beşinci bölümde nükleer enerji ile güvenlik politikası ilişkisi ele alınmaktadır.

Bu çalışma EDAM Başkanı Sinan Ülgen'in koordinasyonunda, Boğaziçi Üniversitesinden Prof. Dr. İlhan Or ve Doç. Dr. Gürkan Kumbaroğlu, İstanbul Aydın Üniversitesi Rektör Vekili Prof. Dr. Hasan Saygın ve Sabancı Üniversitesinden Doç. Dr. İzak Atiyas'ın katkıları ile hazırlanmıştır. Bu projenin yürütülmesine EDAM çalışanları Ahu Yiğit, Evrim Görmüş ve Aaron Stein da katkıda bulunmuşlardır. Bu çalışma, ABD Kaliforniya merkezli Hewlett Vakfından elde edilen bir bağış ile finanse edilmiştir.

Bölüm I

Türkiye'de Nükleer Enerjiye Geçişin Emniyet ve Güvenlik Yönlerine İlişkin Değerlendirme



Prof. Dr. İlhan Or – Prof. Dr. Hasan Saygın - Sinan Ülgen

Yönetici Özeti

Nükleer teknoloji son derece sofistike ve komplike bir teknolojidir. Ayrıca, nükleer enerji santralleriyle ilişkili riskler de öylesine yıkıcı ve tersine çevrilemeyen sonuçlara neden olabilir ki bunların yönetimi sofistike teknikleri ve becerileri gerektirmektedir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı- IAEA söz konusu riskleri dört ana kategoriye ayırmaktadır:

- Güvenlikle ilgili riskler,
- Üretimle ilgili / operasyonel riskler,
- Ticari / finansal riskler,
- Stratejik riskler.

Nükleer enerji ile ilgili faaliyetlerde yer alan bütün bireyler ve organizasyonlar çok iyi yerleşmiş bir “Güvenlik Kültürü”nü benimsemeli ve buna göre hareket etmelidir. Bunların kişisel adanmışlığı ve hesap verebilirliği nükleer enerji tesislerinin emniyeti üzerinde önemli bir etki yaratacaktır.

İlgili bütün organizasyonlardaki üst yönetimin bu kültürü benimsemesi başlangıç noktası olmalı, emniyetle ilgili konular onların tam dikkatine mücehhez olmalıdır. Bu bağlamda, nükleer tesis emniyetini etkileyen en üst düzey, ulusal politikaların ve güvenlik kültürünün temelini belirlediği yasama düzeyidir. Çevreyi şekillendiren ve emniyeti sağlayan tutumları besleyen organizasyon politikalarının ve uygulamalarının oluşturulması ve yürürlüğe konulması ilgili organizasyonların tepe yönetiminin birincil sorumluluğudur. Bu uygulamaları kendi organizasyonlarının güvenlik politikaları ve hedeflerine göre belirlemelidir.

Buna ek olarak, bütün paydaşlar, özellikle aşağıdaki konularla ilgili olarak, sorgulayıcı bir tutum ve titiz, iletişimci ve temkinli bir yaklaşım sergileyerek, nükleer emniyeti etkileyen konularda mükemmelliği hedeflemelidir.

Türkiye’nin güvenli bir şekilde nükleer enerjiye geçmesini sağlayacak gereksinimleri yerine getirme becerisiyle ilgili başlıca zorluklar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- İnsan kaynaklarındaki açık

Geniş ölçekli bir nükleer enerji kapasitesini yönetme konusunda deneyimi olmayan bir ülke olarak, Türkiye’de halihazırda, özellikle emniyetle ilgili sorunlar olmak üzere, devletin düzenleyici fonksiyonlarını etkin bir şekilde yürütecek insan kaynakları eksikliği vardır. Elbette bu sorun nükleer enerjiye geçiş birçok devlet için ortak bir sorundur. Bunun çözümü örneğin mesleki eğitim alanında IAEA ile çok daha yakın ve kapsamlı bir işbirliği gerektirecek uzun vadeli bir insan kaynaklarını geliştirme politikasını gerektirecektir. AB’nin TAIEX programı, ilgili düzenleyici kuruluşlar ve AB üyesi devletlerin nükleer makamları arasında

eşleştirme programlarının yapılması için uygulanabilir. Ancak, kısa vadede, kamu en azından Akkuyu projesi için güvenlik ve emniyet analizini üstlenmek üzere uluslararası uzmanlara başvurmaya karar verebilir.

- *Düzenleyici Çerçeve*deki Eksiklikler

Türkiye, nükleer enerji santrallerinin denetimi ve bu alandaki sorumlulukların net bir şekilde tanımlanması için yeterli derecede gelişmiş ve sofistike bir yasal ve düzenleyici çerçeveye sahip değildir. Nükleer güce geçişi gözetebilecek bağımsız bir düzenleyici kurum henüz oluşturulmamıştır. Aynı şekilde, nükleer enerji emniyeti sağlayacak etkin bir risk yönetimi sistemi henüz tam olarak kurulmamıştır.

- *Teknolojik açıklık*

Akkuyu için seçilen reaktör modeli olan VVER-1200 dünyanın hiçbir yerinde daha önce işletmeye alınmamıştır ancak inşa halinde olanlar vardır. VVER-1200 bir üçüncü nesil teknolojisini olup dünyanın mevcut reaktör filosundan daha güvenli olarak görülebilir; ancak yalnızca kağıt üzerinde var olduğundan bu kanıtlanmamıştır. VVER-1200 daha eski VVER-1000 tipindeki reaktörlerden geliştirilmiştir. Birçok kanıtlanmamış özellik sunuluyor olduğundan, operasyonel bir performans geçmişiyle sahada güvenlik önlemlerinin tam olarak uygun olduğu gösterilmemiştir. Dolayısıyla, VVER-1200’ün tasarımı, inşaatı, hizmete sunulması, hizmetten çıkarılmasına ilişkin tatmin edici bir bilginin olmamasının yanı sıra, bunun güvenlik değerlendirmesini destekleyecek yeterli veri de yoktur. Bu belirsizlik güvenlik risklerinin artmasına neden olmakta ve güvenlik yönetimini çok daha zor kılmaktadır.

- *Kanıtlanmamış bir “Güvenlik Kültürü”*

Kamunun, enerji alanındaki idareciler, düzenleyici kurum, geliştiriciler ve işletmecilerin her şeyden önce bir güvenlik kültürünü önceliklendirmeleri gerekmektedir. Güvenlik ve kalitenin, maliyet ve zamanlamadan daha yüksek önceliğe sahip olduğu aşağıdaki durumlarda kanıtlanmalıdır;

- Kalifiye alt yüklenici seçimi;
- Son teknoloji araç ve yöntemler;
- Belirlenen ihtiyaçlara tavizsiz uyum;
- Yönetici kadro tarafından denetimler.

Daha da önemlisi, nükleer enerjiyle ilgili her bir kurumun (düzenleyici, işletmeci, geliştirici, alt yüklenicinin) her bir düzeyinde yapıcı bir şüphecilik yaklaşımı geliştirilmelidir. Çalışanlar, yetkiyi sorgulamaya, yerleşmiş kural ve uygulamaları tartışmaya açmaya ve potansiyel güvenlik endişelerini dile getirmeye teşvik edilmelidir. Nükleer güce geçiş yapan ülkelerdeki önemli bir zorluk böyle bir ortamın oluşturulması olacaktır. Söz konusu gözlem, kültürel geleneklerin bu tip sorgulayıcı bir yaklaşımın ihdas edilmesini zorlaştırdığı bir ülke olan Türkiye açısından özellikle önem taşımaktadır.

1- Giriş

Nükleer teknoloji son derece sofistike ve komplike bir teknolojidir. Ayrıca, nükleer enerji santralleriyle ilişkili riskler de öylesine yıkıcı ve tersine çevrilemeyen sonuçlara neden olabilir ki bunların yönetimi sofistike teknikleri ve becerileri gerektirmektedir. Nükleer santraller o denli kritik altyapılar olarak görülmektedir ki bunların arızalanması veya bütünüyle zarar görmeleri ulusal ve ekonomik güvenlik, kamu sağlığı ve emniyeti açısından kaydadeğer olumsuzluklar doğuracaktır (Simion ve Popescu 2011). Dolayısıyla, nükleer enerji teknolojisini kullanan ülkeler operasyonel riskleri belirlemek ve bunları ortadan kaldırmak ya da azaltmak üzere büyük bir çaba içinde olmuşlardır. Küresel terör çağında nükleer santrallere yönelik artan terörist tehditleri güvenlik ve emniyetle ilgili tehditlerin yönetimini ayrıca zorlaştırmıştır.

Bu çalışmada, güvenlik ve güvenlik risklerinin uygun yönetimi için Türkiye’ye özgü bir ulusal stratejinin geliştirilmesine yardımcı olmak üzere nükleer enerjiyle ilgili farklı riskler ve bunları azaltmaya yönelik genel stratejiler incelenmiştir.

2- Risklerin Sınıflandırılması ve Yönetimi

Halihazırdaki küresel enerji ortamında, nükleer enerjinin etkin ve güvenli bir şekilde kullanımı birçok farklı boyuttaki riskin dikkate alınmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla, tasarım/üretim, emniyetle ilgili ve ekonomik risklerin yönetimini entegre eden yeni bir risk yönetimi yaklaşımı ön plana çıkmıştır.

Farklı disiplinlerin kendilerine daha özgü olan risk tanımlamaları vardır ve bu da parametreler ve sonuçlar üzerinde farklı bir disiplin odağını yansıtmaktadır. Örneğin, bir nükleer güvenlik analisti nükleer emniyetle ilgili risklere odaklanır, kurumsal ve düzenleyici hedeflerin belirlediği radyoaktif madde salım frekansına uyulmasıyla ilgilenir. Bir finansal analist ise finansal risklere odaklanır ve yatırım maliyetinin yatırımın ömrü süresince geri alınıp alınmama potansiyeliyle ilgilenir. Tesis yönetimi için risk, yeni sistemin kurulması ve işletilmesinin doğuracağı operasyonel zorluk veya yararlardır. Proje yöneticisi ise bütçeye odaklanır ve projenin zamanında ve bütçe dahilinde tamamlanıp tamamlanmayacağı ile ilgilenir.

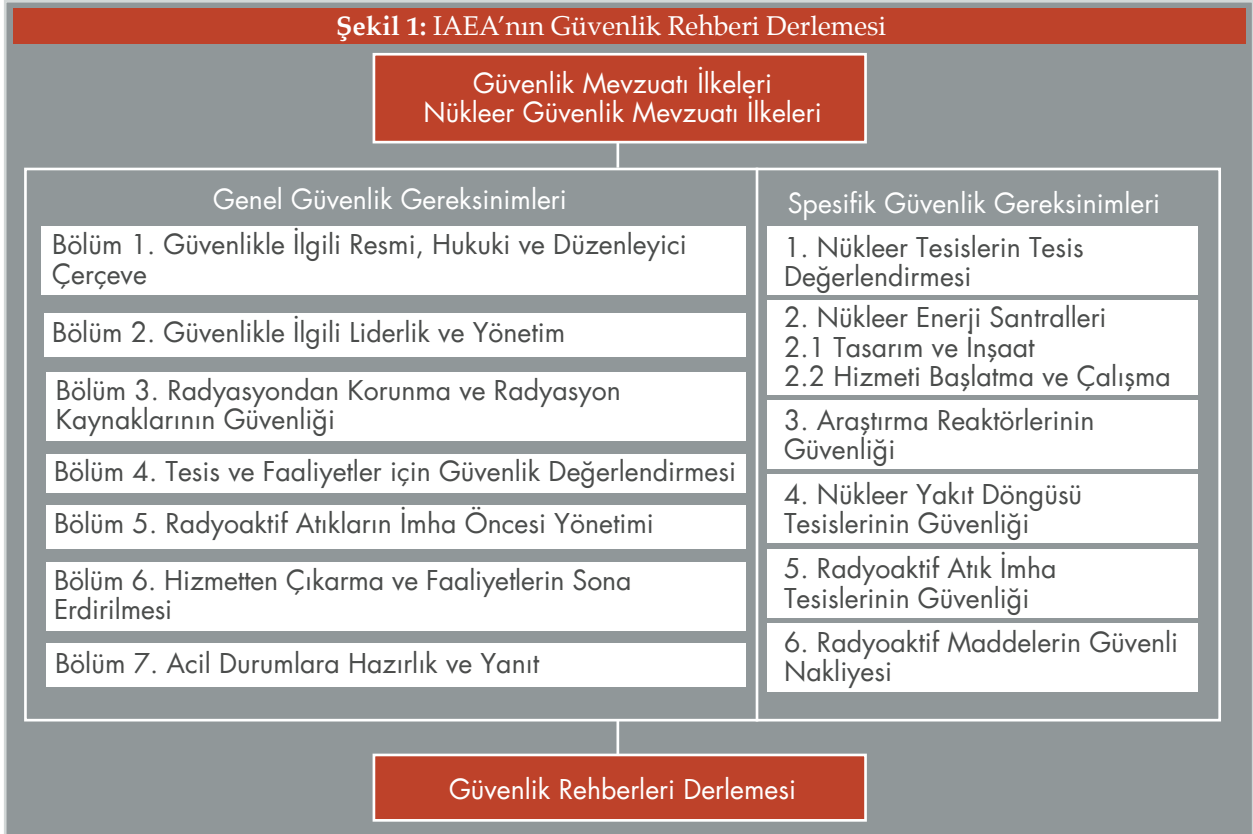
Nükleer endüstriye dair riskler, tasarım/ üretim süreçleri, işletme süreçleri, eğitim süreçleri, (kamuoyuyla iletişim dahil) sosyal sorumluluk, dış etkiler (doğal afetler, terörist saldırıları ve ekonomik faktörler) ve finansal süreçler gibi birçok kaynaktan ortaya çıkabilir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı- IAEA söz konusu riskleri dört ana kategoriye ayırmaktadır:

- Güvenlikle ilgili riskler,
- Üretimle ilgili/operasyonel riskler,
- Ticari/finansal riskler¹,
- Stratejik riskler.

3- Güvenlikle İlgili Riskler

IAEA, Nükleer Güvenlik Mevzuatı İlkeleri, Güvenlik Gereksinimleri ve Güvenlik Kılavuzu dahil olmak üzere, bir dizi güvenlik standardı geliştirmiştir. IAEA’nın güvenlik standartları Üye Devletler bakımından yasal bir bağlayıcılığa sahip değildir ancak Devletler kendi faaliyetleri açısından ulusal düzenlemelerine esas teşkil etmek üzere bunlardan faydalanabilirler. Uluslararası anlaşmalar ve IAEA güvenlik standartları, endüstri standartları ve ayrıntılı ulusal mevzuat ile uygun şekilde desteklendiğinde, insanların ve çevrenin radyasyon risklerinden uygun bir şekilde korunması için tutarlı ve kapsamlı bir temel oluşturmaktadır.

5



1- Ticari ve finansal riskler İzak Atiyas tarafından hazırlanmış ayrı bir raporda kapsanmıştır.

3.1 Nükleer Güvenlik Mevzuatı İlkeleri

IAEA güvenlik standartlarında kullanılan ‘güvenlik’ terimi, nükleer tesislerin güvenliğini, radyasyon güvenliğini, radyoaktif atık yönetiminin güvenliğini ve radyoaktif maddelerin nakliye güvenliğini kapsamakta olup güvenliğin radyasyonla bağlantılı olmayan yönlerini dahil etmemektedir. Güvenlik normal koşullar altındaki radyasyon riskleriyle, kazaların sonucundaki radyasyon riskleriyle ve bir nükleer reaktör çekirdeği, nükleer zincir reaksiyonu, radyoaktif kaynak veya herhangi bir radyasyon kaynağı üzerindeki kontrolü kaybetmenin diğer olası doğrudan sonuçlarıyla ilgilidir. Güvenlik önlemleri arasında kazaları önlemeye yönelik eylemler ve bunların önlenememesi durumunda ortaya çıkan sonuçları hafifletecek düzenlemeler yer almaktadır.

IAEA’nın Nükleer Güvenlik Mevzuatı İlkeleri başlıklı yayınında aşağıdaki ilkeler vurgulanmıştır:

3.1.1 Birincil güvenlik sorumluluğu

Bu sorumluluk, lisans sahibi diye bilinen bir işletme organizasyonu veya bir bireye risk getiren tesis ve faaliyetlerden sorumlu olan kişi veya organizasyona ait olmalıdır. Lisans sahibi, tesislerin ve faaliyetlerin ömrü süresince birincil güvenlik sorumluluğunu taşır ve söz konusu sorumluluk delege edilemez. Lisans sahibi, gerekli yetkinliklerin oluşturulması ve korunmasından; uygun eğitim ve bilgilerin sunulmasından; bütün koşullar altında güvenliğin korunmasına yönelik prosedür ve düzenlemelerin oluşturulmasından; tasarımın uygun olduğunun, tesislerin, faaliyetlerin ve ilgili ekipmanın uygun kalitede olduğunun doğrulanmasından; kullanılan, üretilen, depolanan veya taşınan bütün radyoaktif maddelerin güvenli kontrolünün sağlanmasından ve ortaya çıkan bütün radyoaktif atıkların güvenli kontrolünün sağlanmasından sorumludur.

3.1.2 Kamunun sorumluluğu

Güvenliği sağlamak için radyasyon riskine neden olan tesis ve faaliyetlerin düzenlenmesi sorumlulukların net bir şekilde tahsis edilmesi amacıyla etkin bir yasal ve resmi çerçevenin oluşturulması ve korunması gerekmektedir. Keza bu çerçevede bağımsız bir düzenleyici kuruma da ihtiyaç vardır. Hükümet, ulusal hukuk sistemine, bütün ulusal ve uluslararası yükümlülüklerini yerine getirecek şekilde ve bağımsız bir düzenleyici kurumun tesis edilmesi de dahil olmak üzere bu mevzuat ve düzenlemelerin yansıtılmasından sorumludur. Hükümet yetkilileri başka kurumların sorumluluğunda olmayan radyasyon kaynakları ile eski tesis ve faaliyetlerden kaynaklanan radyoaktif kalıntıların kontrolünü de sağlamakla mükelleftir. Düzenleyici kurum ise, kendi sorumluluklarını yerine getirmek üzere yeterli yasal yetkiye, teknik ve yönetsel yetkinliğe, insan kaynaklarına ve finansal kaynaklara sahip olmalıdır. Ayrıca lisans sahibinden ve ilgili taraflardan gelebilecek baskılara göğüs gerecek biçimde yeterli ölçüde bağımsızlığa sahip olmalıdır. Keza tesislerin ve (sağlık ve çevre konuları dahil) faaliyetlerin güvenlik veçhesi ile düzenleyici süreçler hakkında ilgili tarafları, kamuoyunu ve medyayı

bilgilendirecek uygun yöntemleri geliştirmek; ilgili taraflar ve kamu ile açık ve dahil edici bir süreç çerçevesinde istişare etmekle yükümlüdür.

3.1.3 Liderlik ve güvenlik yönetimi

Radyasyon riskleriyle ilgili olan organizasyonlarda ve bunlara neden olan tesisler ve faaliyetlerde etkin liderlik ve güvenlik yönetimi oluşturulur ve sürdürülür. Güvenlik konularında liderliğin yönetimin bütün unsurlarını barındıran etkin bir yönetim sistemi aracılığıyla en üst düzeyde sergilenmesi gerekmektedir; böylece, güvenlik gereksinimleri diğer gereksinimlerle tutarlı bir şekilde oluşturulur ve uygulanır. Bir güvenlik kültürünün teşvik edilmesini, güvenlik performansının düzenli olarak değerlendirilmesini ve deneyimlerden çıkarılan derslerin uygulanmasını sağlamalıdır.

3.1.4 Tesislerin ve faaliyetlerin doğrulanması

Tesislerin ve faaliyetlerin doğrulanması için bunların doğurduğu yararların neden oldukları radyasyon riskinden daha ağır basması gerekmektedir. Yarar ve riskleri değerlendirmek amacıyla, tesislerin işletilmesi ve faaliyetlerin yürütülmesinin bütün önemli sonuçlarının dikkate alınması gerekmektedir.

7

3.1.5 Koruma optimizasyonu

Makul bir şekilde elde edilebilecek en yüksek güvenlik düzeyini sağlamak üzere korumanın optimize edilmesi gerekmektedir. Radyasyon risklerinin erişilebilecek en makul düzeyde olduğunu doğrulamak üzere ister normal operasyonlardan kaynaklananlar, ister anormal operasyonlardan veya kaza koşullarından oluşanlar olsun, bu gibi risklerin olay öncesinde kademeli bir yaklaşım kullanarak incelenmesi ve ayrıca tesis ve faaliyetlerin ömrü süresince düzenli olarak yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

3.1.6 Bireylere yönelik risklerin sınırlandırılması

Radyasyon risklerinin kontrolüne yönelik önlemler hiçbir kişinin kabul edilemez bir zarar riskiyle karşılaşmamasını sağlamalıdır. Radyoaktif dozlar ve radyasyon riskleri belirtilen sınırlar içerisinde kontrol edilmelidir. Doz ve risk sınırları yasal bir üst kabul edilebilirlik sınırını temsil ettiğinden bunlar o koşullar altında elde edilebilecek en iyi korumayı saklamak açısından tek başına yetersiz kalır. Dolayısıyla, korumanın optimizasyonu ve bireylere yönelik doz ve risklerin sınırlandırılması istenilen güvenlik düzeyine ulaşmak açısından şarttır.

3.1.7 Mevcut ve gelecek nesillerin korunması

Halihazırda ve gelecekte, insanların ve çevrenin radyasyon risklerine karşı korunması gerekmektedir. Radyasyon riskleri ülke sınırlarını aşırp uzun bir zaman boyunca devam edebileceğinden, radyasyon risklerini kontrol etmeye yönelik önlemlerin uygunluğunu değerlendirmede mevcut eylemlerin halihazırdaki ve

gelecekteki olası sonuçlarının da dikkate alınması gerekmektedir. Bu bağlamda, güvenlik standartlarının yerel halkın yanısıra tesis ve faaliyetlerden uzak olan halk için de uygulanması gerekmektedir; gelecek nesillerin uygun bir şekilde korunması gerekmektedir. Buna ek olarak, radyoaktif atıkların gelecek nesiller üzerinde yersiz bir yüke neden olmadan yönetilmesi gerekmektedir; diğer bir deyişle, atıkları üreten nesillerin bunun uzun vadeli yönetimi için güvenli, pratik ve çevresel açıdan kabul edilebilir çözümler aramaları ve uygulamaları şarttır. Radyoaktif atık miktarının, malzemelerin geri dönüşümü ve yeniden kullanımı gibi, uygun tasarım önlemleri ve prosedürleri aracılığıyla minimum uygulanabilir düzeyde tutulması gerekmektedir.

3.2 Kazaların Önlenmesi

En zararlı sonuçlar bir nükleer reaktör kalbi, nükleer zincir reaksiyonu, radyoaktif kaynaklar veya başka radyasyon kaynakları üzerindeki kontrolün kaybedilmesinden kaynaklanmaktadır. Bütün ciddi risk yönetimi sistemlerinde olduğu gibi, nükleer güvenlikteki temel ilke, özellikle ciddi reaktör kalbi hasarına yol açabilecek kazalar başta olmak üzere, kazaların önlenmesi olmalıdır.

Kazaları önlemenin ilk yolu santralin tasarımı, inşaatı ve operasyonunda yüksek kaliteyi hedeflemek ve normal operasyonel durumlardan sapmaların nadir olmasını sağlamaktır. Böyle bir sapmanın kazaya dönüşmesini engellemek üzere, kapsamlı süreç kontrollerine ekli güvenlik sistemlerinin ve gözetim sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Güvenlik sistemleri, hayati bir güvenlik fonksiyonunu kaybetme olasılığını azaltmak üzere yedekleme fonksiyonunu, tasarım çeşitliliğini ve paralel unsurların fiziksel ayrımını kullanır. Düzeltici eylemleri otomatik başlatma kapasitesi, periyodik denetim ve testler, araştırmacı ve dikkatli personel seçimi sapmaların kazaya dönüşmesini önlemede alınması gereken diğer kilit önlemlerdir.

Ayrıca, Olasılıklı Güvenlik Değerlendirmesi (PSA) yöntemleri, kritik santral sistemlerini, yapılarını, parça çeşitliliğini ve artıklık ihtiyaçlarını daha iyi analiz etmek ve değerlendirmek üzere yaygın bir şekilde kullanılmalıdır. PSA yöntemlerinin kullanımı, i) benzer sistemlerde geçmişteki arızalar ve arızaya yakın durumlar hakkında kapsamlı tarihi verileri, ii) güvenilirlik ve rutin güvenlik operasyonları hakkında fiziksel, matematiksel ve simülasyon modellerini, iii) tetik-hata-yanıt-etki zincirlerine odaklanan olay ve hata ağaçlarına gereksinim duymaktadır.

Kazaların sonuçlarını önleme ve hafifletmenin birincil koşulu, ‘derinlemesine savunma’ kavramının uygulamaya geçirilmesidir.

3.3 Derinlemesine Savunma Stratejisinin Oluşturulması ve Teşvik Edilmesi

“Derinlemesine Savunma” kavramı, radyoaktif maddelerin çevreye salımını önleyen üst üste bariyerleri içeren birden çok koruma düzeyine odaklanmaktadır. Söz konusu kavram, santrale ve bariyerlerin kendisine zarar gelmesini önleyerek bariyerlerin korunmasının sağlanmasını öngörmektedir. Bu kavramın tanımında, bariyerlerin tam olarak etkili olmaması durumunda, halkı ve çevreyi korumaya yönelik başka önlemler de yer almaktadır.

Bu kavram uygun bir şekilde tatbik edildiğinde, hiçbir insan veya ekipman hatasının halka zarar vermemesi sağlanabilecektir. Derinlemesine savunma (enerjinin kontrol edilmesi, yakıtın soğutulması ve radyoaktif maddenin sınırlandırılmasından oluşan) üç temel güvenlik fonksiyonunun korunmasını ve radyoaktif maddelerin insanlara veya çevreye ulaşmamasını sağlamaya yardımcı olmaktadır. Beş düzeyli tipik bir Derinlemesine Savunma tasarımı Tablo 1’de gösterilmiştir.

Çoğu riske tepki stratejisinde olduğu gibi, derinlemesine stratejideki savunma iki kademelidir: öncelikle, kazaları önlemek ve ikinci olarak da, önlemenin başarısız olmaması durumunda, kazaların potansiyel sonuçlarını sınırlamak ve bunların daha ciddi bir duruma dönüşmesini engellemektir. Yangın, sel veya deprem gibi, birden çok savunma düzeyine zarar verebilecek tehlikelere özel bir dikkat gösterilir.

Normal bir güçte çalışan bir santralde bütün savunma düzeyleri daima mevcut olmalıdır. Derinlemesine savunmaya uygun sistem tasarımı, minör, kabul edilebilir hataları veya anormallikleri fark edip izleyecek süreç kontrollerini dahil ederek ciddi anormal koşul veya kazaların gelişme işaretlerini gösterme durumunda müdahale edecektir. Bu konuyla ilgili daha fazla bilgi (INSAG-12, INSAG 10) bölümlerinden elde edilebilir.

Tablo 1: Derinlemesine Savunmanın Klasik Düzeyleri

Düzeyler	Hedef	Temel Araçlar
1. Düzey	Anormal operasyon ve hataların önlenmesi	Muhafazakar tasarım ve inşaat ve operasyonda yüksek kalite
2. Düzey	Anormal operasyonların kontrol edilmesi ve hataların tespiti	Kontrol eden, sınırlandıran ve koruyan sistemler ve diğer gözetim özellikleri
3. Düzey	Tasarım temelinde kazaların kontrol edilmesi	Tasarlanmış güvenlik özellikleri ve kaza prosedürleri
4. Düzey	Kazaların ilerlemesinin önlenmesi ve ciddi kazaların sonuçlarının hafifletilmesi dahil, santraldeki ciddi koşulların kontrol edilmesi	Tamamlayıcı önlemler ve kaza yönetimi
5. Düzey	Anamlı miktarda radyoaktif madde salımının radyolojik sonuçlarının hafifletilmesi	Tesis dışı acil yanıt

3.4 Kazaların Etkilerinin Hafifletilmesi

Burada ana hedef, iyi ve kapsamlı bir şekilde planlanmış santral içi ve santral dışı önlemler aracılığıyla, radyoaktif maddelerin kazayla salımının etkilerini büyük oranda azaltılmasıdır. Bu tedbirler kaza yönetimi, tasarlanmış güvenlik özellikleri ve tesis dışı karşı önlemler olarak üç başlık altında incelenebilir.

Kaza yönetimi, önceden planlanmış ve geçici operasyonel uygulamaları kapsamakta olup birincil hedef, santrali, reaktörün durdurulmuş olduğu, yakıt soğutma sisteminin sürekli çalışmasının sağlandığı, radyoaktif maddelerin sınırlandırıldığı ve sınırlandırma fonksiyonunun korunduğu güvenli bir duruma getirmektir. Bu gibi durumlarda, fiziksel bariyerlerle beraber tasarlanmış güvenlik özellikleri, çevreye sızmanın minimum düzeyde olmasını sağlayacak şekilde radyoaktif maddelerin reaktör kalbinden salımını sınırlandıracaktır.

Tesisteki güvenlik önlemlerinin başarısız olabileceği ihtimalini telafi etmek üzere tesis dışı karşı önlemlerin planlanması ve hazır olması gerekmektedir. Böyle bir durumda, civardaki halk veya çevre üzerindeki etkilerin (korunak sağlama, koruyucu ekipmanların dağıtılması veya halkın tahliyesi gibi) koruyucu eylemlerle ve radyoaktif maddelerin gıda zincirleri veya diğer yollardan insanlar geçmesini önleyerek hafifletilmesi gerekmektedir.

3.5 Tesisin Konumuyla İlgili Sorunlar ve İlişkili Riskler

Tesisin konumuyla ilgili sorunlar ve ilişkileri riskler arasında aşağıdakiler yer almaktadır;

- Santrali Etkileyen Harici Faktörler;
- Halk ve Yerel Çevre Üzerindeki Radyolojik Etki;
- Acil Durum Planlarının Olabilirliği (ve Uygulanabilirliği);
- Soğutma Sistemlerinin Temini.

Bu gibi riskler, nükleer tesis sahibi, tasarımcısı, işletmecisi ve Türk Devleti arasında paylaşılır. Tesisin konumlandırmasına ilişkin kararlardan kaynaklanan veya bunlarla ilgili olan tehlikelere ve ihtiyaçlara yanıt verilmesinde işletmeci ve geliştiricinin paylaşılan sorumlulukları sonraki bölümlerde tartışılacaktır. Ancak, tesisin yerinin belirlenmesinde birincil karar Türk devletine ait olduğundan, Türk devleti de ilgili riskleri paylaşmaktan kaçınmaz. Ayrıca, (özellikle güç kaynağı kesintileri, güvenilir olmayan operasyonlar, çevre ve sağlık üzerinde istenmeyen etkiler gibi konularda) bu risklerin gerçekleşmesi Türk devletini ve muhtemelen yerel ve küresel çevreyi etkileyeceğinden, uygun tesis konumlandırma seçeneklerinin oluşturulması, bunların (özellikle aşağıda ana hatlarıyla belirtilen faktörler açısından) dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi ve karşılaştırılması ve nihai seçimin dikkatli ve sistematik bir şekilde yapılması gerekecektir.

Tesis seçimiyle ilgili stratejik kararlarda dikkate alınması gereken birincil harici faktörler doğal ve insan kaynaklı tehlikelerdir. Doğal tehlikeler arasında aday tesisin konumuna ilişkin jeolojik ve sismolojik özellikler ve hidrolojik ve meteorolojik sorun potansiyeli yer almaktadır. İnsan kaynaklı tehlikeler arasında ise yakın civardaki kimyasal tesislerde meydana gelen tehlikeler ile toksik ve yanıcı gazların salımı yer almaktadır.

Radyoaktif maddelerin insanlara, hayvanlara ve bitkilere geçme olasılığı halk ve yerel çevre üzerindeki radyolojik etkiyle ilgili başlıca sorunu oluşturmaktadır. Hava, gıda zincirleri ve su kaynakları buna imkan verdiğinden, araştırılması gereken tesis özellikleri bu yolları etkileyen özelliklerdir. Bu açıdan, topoğrafya, meteoroloji ve hidroloji gibi fiziksel özellikler; baskın bitki türü ve hayvan hayatı gibi çevresel özellikler; toprak ve su kaynaklarının kullanımı; ve tesis etrafındaki halkın dağılımı, tesisi konumlandırma kararlarında dikkate alınmalıdır.

Nükleer santral için seçilen saha radyoaktif maddelerin kazara salımının etkilerini sınırlandırmak üzere gerekli olabilecek harici ve dahili karşı önlemlerle uyumlu olmalı ve bunlara izin vermelidir. Bu bağlamda, seçilen sahanın şu konular açısından uygunluğu değerlendirilmelidir: i) ağır ekipmanların/ acil durum ekiplerinin (yolda, limanda ve havaalanındaki potansiyel hasarda bile) erişilebilirliği ve hızlı girişi ve kazazedelerin dışarı taşınması, ii) fenni ve sıhhi tesislerle bağlantılı hasar görmüş dağıtım sistemlerinin hızlı bir şekilde onarılmasını engellemeyecek yedek iletim hatları ve su kaynakları ve/veya coğrafi koşulların mevcudiyeti, iii) acil durum ekipmanlarının ve temel malzemelerinin depolanması için uygun alanların olması, kazazedelerin barındırılması, sağlık hizmetlerinin sunulması.

Nükleer santral için seçilen sahanın, hem kapatıldıktan hemen sonra, hem de daha uzun vadede olmak üzere, kapandıktan sonra santralde oluşan enerjiyi giderebilecek güvenilir ve uzun vadeli bir soğutma tertibatına sahip olmalıdır. Deprem, sel ve hortum gibi ekstrem tehlikelerin uygun tasarım önlemleri alınmadığı takdirde, radyoaktif atıkların geçici olarak depolandığı havuzların kullanılabilirliğini tehdit edebileceği dikkate alınmalıdır.

3.6 Tasarımla İlgili Sorunlar ve İlişkili Riskler

Tasarımla ilgili sorunlar ve ilişkili riskler ele alınırken aşağıdaki konulara özellikle dikkat edilmelidir;

- **Santral Süreç Kontrol Sistemleri ve Kontrol Kapasitesinin Korunması:** Santralin tasarımı, santral ve sistem değişkenlerinin önceden tanımlanmış ve net bir şekilde belirlenmiş çalışma aralıkları içerisinde kalmasını sağlayacak şekilde, normal operasyonların ve öngörülen operasyonel olayların rutin ve sürekli kontrolüne imkan tanınmalıdır (böylece güvenlik sistemlerine yönelik talep sıklığı azalır). Bu bağlamda, santralin önemli nötronik ve termal-hidrolik değişkenlerde çalışma aralıkları, durma ayar noktaları ve güvenlik sınırları belirlenmiş olmalıdır (değişkenler çalışma aralığından uzaklaşmaya başladığında, bunlar, elektrik ve mekanik kontrolleri etkiler). Ayrıca, kontrol odasının tasarımı,

normal çalışma koşullarında, öngörülen anormal olaylarda ve bütün potansiyel kazalarda yaşanabilir durumda olmalıdır.

- **Otomatik Güvenlik ve Kapanma Sistemleri:** Çalışma koşullarının önceden belirlenmiş ayar noktalarını aşması durumunda, otomatik sistemler reaktörü güvenli bir şekilde kapatacak, bunu kapalı ve soğutulmuş durumda tutacak ve fisyon ürünlerinden meydana gelebilecek herhangi bir sızıntıyı önleyecek şekilde tasarlanmalıdır. Buna ek olarak, bu gibi güvenlik durdurma sistemleri reaktörün normal çalışması için kullanılan reaktivite kontrol sistemlerinin fonksiyonundan bağımsız olmalıdır.
- **Reaktör Kalbinin Bütünlüğü:** Reaktör kalbinin yüksek mekanik stabiliteye sahip olacak ve operasyonel parametrelerde geniş bir aralıktaki öngörülen varyasyonu tolere edecek şekilde tasarlanmış olması çok önemlidir. Reaktör kalbinin tasarımı, bir kaza esnasında reaktör kalbinde beklenen bozulma veya hareketin reaktivite kontrolünün veya güvenlik durdurma sistemlerinin etkinliğini bozmayacak ya da yakıtın soğumasını engellemeyecek şekilde olmalıdır.
- **Reaktör Soğutma Sisteminin Bütünlüğü:** Nükleer araçlara ve boru donanımına ilişkin kural ve standartların bu önemli alt sisteme ilişkin ek önlemlerle desteklenmelidir. Ayrıca, sistemin yapımı ve kurulumu esnasında ve sonrasında (ultrasonik, radyografik ve yüzeye ilişkin yöntemler kullanılarak) birden çok denetim yürütülmelidir. Sistem radyoaktif hale gelmeden önce çalışırken oluşması beklenen düzeyden çok daha yüksek basınçlarda hidrolik aşırı basınç testi uygulanmalıdır. Buna ek olarak, (soğutma sisteminin korunmasına ve bu sistemin uzun bir süre boyunca maruz kaldığı çevresel koşullara büyük bir önem verildiğinden) birincil soğutma sisteminin çalışırken denetlenmesi mümkün olmalıdır.
- **Tasarımda Radyasyondan Korunma:** Tasarım, santraldeki radyoaktif maddeleri içeren bütün parçaların uygun bir şekilde korunmasını ve radyoaktif maddenin doğru bir şekilde tutulmasını sağlamalıdır.
- **Güvenirlilik Hedefleri:** Güvenlik sistemlerinin ve fonksiyonlarının yüksek güvenirliliği, gereken performans süresi boyunca talep üzerine ve çalışırken gerçekleşen performansını garantilemek üzerine belirlenen spesifik güvenirlilik hedefleri aracılığıyla, tasarım sayesinde takip edilmelidir. Güvenlik sistemleri ve fonksiyonlarında gereken güvenirliliği belirlerken güvenirlilik kuramı, uygulamalar ve olasılıklı yöntemler kullanılmalıdır.
- **Bağımlı Arızalar:** Birkaç parçadaki hasardan dolayı güvenlik fonksiyonlarının kaybı; (dahili veya harici) ortak bir nedenden kaynaklanan sistemler veya yapıardan tasarım koşulları ile mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Bu amaçla kullanılacak birincil yöntem ve ilkeler şunlardır; i) bariyerler veya mesafe ile fiziksel ayrılma, ii) koruyucu bariyerler, iii) çeşitlilikle bağlantılı artıklık, iv) hasara dayanma özelliği. Sismik olaylar, birden çok arızayı tetikleyebilme kapasitelerinden dolayı özel bir ilgi görmelidir.
- **Ekipmanların Kalifikasyonu:** Yaşlanmanın normal veya anormal çalışma üzerindeki etkileri tasarımda dikkate alınmalıdır.

- **Voltaja Bağlı Geçici Kazalara Karşı Koruma:** Kontrol ve güvenlik çubuklarının sabit ve esnek çalışmasını (güvenli bir şekilde devreye alınması veya çıkarılması) teminen otomatik kontrolü güvenliğe en duyarlı şekilde tasarlanmalıdır.
- **Normal Koşullarda ve Acil Durumlarda Isıyı Giderme Sistemleri:** Isı nakil sistemleri normal çalışırken ve acil durumlarda ya da kaza koşullarında güvenilir biçimde ısıyı giderecek şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca, normal ısı giderme sisteminin çalışmaması veya birincil soğutma sistemi sınırının zarar görmesi durumunda bile, kaza koşullarında yakıt soğutma sistemini düzeltip koruyacak alternatif yollar olmalıdır.
- **Başlatma, Kapatma ve Düşük Güçte Çalışma:** Bu durumlar tanımları itibariyle “geçici durumlardır” ve dolayısıyla özel bir itina gerektirir. Başlatma, düşük güç ve kapatma işlemlerinde kullanılan parçalar, yapılar ve sistemler söz konusu işlemler esnasında anormal koşulların veya kazaların oluşmasını önleyecek şekilde tasarlanmalıdır.
- **Radyoaktif Maddenin Sınırlandırılması:** Tasarımda dikkate alınan bütün kaza türleri açısından, santral, yakıttan sızabilecek radyoaktif madde hacmini tutabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Sınırlandırma fonksiyonu sunan özel sistemler şu ortak özelliklere sahiptir. Nükleer yakıttaki radyoaktif maddenin olağanüstü şartlarda sızabileceği bölgenin etrafını çevreleyen ve koruma kabı olarak adlandırılan yapının yüksek bir dahili basınca dayanabilecek derecede sağlam olması gerekmektedir. Koruma yapısı genelde talep üzerine kapatma sürecini tamamlayan bir alt sisteme ve yapıyı koruyan diğer alt sistemlere sahiptir. Bunlar birlikte bir koruma sistemini oluşturur. Sınırlandırma, yapıya bir kazadan kaynaklanan basıncın dışa çıkarılmasını ve aynı zamanda yakıttan sızan herhangi bir radyoaktif madde kitlesinin örneğin filtrelerin üzerinde tutulmasını sağlayan cihazlarla donatılarak gerçekleşir. Yapı, basınç altında ve tasarımda öngörülen kazalarda oluşabilecek sıcaklık koşullarında kısa vadede ve uzun vadede bütünlüğünü korur. Güvenliğe alındıkları zaman, delikler ve penetrasyonlar, ve yapıdaki diğer bireysel noktalar, radyoaktif maddenin salımı için potansiyel yol olarak yapıyı hassas bir hale getirmeyecek şekilde tasarlanır. Bulguların kalıntı reaktör ısısının koruma içerisindeki atmosferik sıcaklıkta bir artışa neden olabileceğini ve dolayısıyla yapının bütünlüğünü tehdit eden bir basınç oluşturduğunu göstermesi durumunda, bu ısının giderilmesine yönelik önlemler alınmalıdır.
- **Santralin Güvenlik Durumunun İzlenmesi:** Kontrol odasında izlenecek parametreler seçilmeli ve bunların ekranları, özellikle bir güvenlik sisteminin otomatik harekete geçmesi ve çalışmasını veya derinlemesine savunmanın degradasyonunu belirlemek ve teşhis etmek amacıyla, operatörlerin güvenlik açısından önemli olan tesis koşullarının durumu hakkında açık ve net göstergelere sahip olmalarını sağlayacak şekilde düzenlenmelidir.
- **Santralde Elektrik Kesintisi:** Nükleer santraller tesis içi ve tesis dışı alternatif akımlı elektrik gücünün eşzamanlı olarak yitilmesi durumunda (santralde elektrik kesildiğinde) bu durumun kısa sürede yakıt hasarına neden olmamasına sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Elektrik gücü üreten ek kaynaklar (örneğin, bir hidroelektrik santrale bağlantı veya gaz türbin jeneratörünün kurulması) santraldeki elektrik kesintisine tepkiyi iyileştirmek için kullanılmalıdır.

- **Yeni ve Kullanılmış Yakıt Deposu:** Santral tasarımları, yeni ve kullanılmış yakıt yönetiminin ve depolanmasının şunları yerine getirecek şekilde yapılmasını sağlamalıdır; i) kazara veya kasten, izinsiz malzemeye erişimi önlemek, ii) çalışanların korunmasını sağlamak, iii) radyoaktif maddelerin sızmasını engellemek, iv) soğutma, hidrasyon gibi, çevresel ihtiyaçların kesintisiz olarak karşılanmasını sağlamak.
- **Santralin Fiziksel Olarak Korunması:** Nükleer güç santralının tasarımı ve işletimi santrali hasarlardan korumak ve izinsiz girme, nükleer malzemelerin izinsiz saptırılması veya çıkarılması ve santralin sabote edilmesi dahil, bireyler veya gruplar tarafından gerçekleştirilen izinsiz eylemlerden kaynaklanan radyoaktif maddelerin izinsiz olarak sızmasını önleyecek uygun önlemleri kapsmalıdır.

Öte yandan, geçtiğimiz yirmi yıl içerisinde (özellikle Batı Avrupa’da ve Kuzey Amerika’da) Nükleer Güç Santrali siparişlerinin azlığı birçok nükleer tesis yatırımcısının kendi tasarım kadrolarının minimuma indirmesine neden olmuştur (mevcut santralleri tasarlayan birçok uzman artık emekli olmuştur). Dolayısıyla, uygun tasarım kadrosunu işe almak ve eğitmek, özellikle bu faaliyet, yeni bir santral için sözleşmenin imzalanmasının sonrasına geciktirilirse, geliştirici için kritik bir sorun olabilir. Ayrıca, sayısal arayüz ve kontrol sistemleri gibi yeni teknolojiler için yeni yetkinlik türlerine ihtiyaç vardır. Dolayısıyla, geçmişte kazanılmış iyi bir şirket ismi başarı için garanti değildir; daha da önemlisi, projeye tahsis edilen kişilerin deneyimi ve yetkinliğidir. Bu sorun, Fransız menşeli Areva’nın kadrosunun daha önceki inşaat dönemine kıyasla büyük oranda azaltılmış olması, Finlandiya’da Olkiluoto 3 Santralının tasarım ve inşaatında önemli gecikmelere neden olmuştur. Özellikle tasarımcı sayısı ayrıntılı tasarıma hemen başlamak için çok yetersiz kalmıştır. Öte yandan, Areva bu zaafı oldukça kısa bir sürede kapatmak için yetkin bir yönetime ve büyük ekonomik kaynaklara sahip olduğundan nükleer santral inşaatını oldukça hızlı bir şekilde yeniden başlatmak üzere gereken kapasiteyi toplamıştır. Ancak, sözleşme imzalandığı zaman tasarım halen kavramsal bir aşamada olduğundan ilgili taraflar bunu tamamlamak için ne kadar ek çalışmaya ihtiyaç olduğunu pek bilemiyorlardı. İnşaat başlamadan önce yüzlerce tasarımcıyı işe alma ve eğitme zorunluluğu ve tasarımın ve mühendislik çalışmalarının yetersiz bir şekilde tamamlanması gecikmeleri daha da arttırmıştır (Laaksonen 2011).

Buna ek olarak, günümüzün üçüncü nesil santralleri daha önce inşa edilen santrallerden daha büyük ve karmaşıktır; ancak çoğu nükleer tesis yatırımcısı daha yalın organizasyonları ön plana çıkararak birçok tasarım görevini dağıtma (alt yükleniciye verme) yoluna gitmektedir (tasarım görevlerini belirli bir tedarik projesinde alt yükleniciye vermek özellikle arayüz ve kontrol sistemlerinin tasarım sürecinin çeşitli adımlarında yaygın bir uygulama gibi görünmektedir). Tasarım çalışması, tasarımın belirli bölümlerinin farklı şirketler tarafından yapılması durumunda, çok zor koordine edilir. Tasarımcılar arasındaki iletişim eksikliği güvenlik sistemlerinde uyumsuzluklara neden olabilir. Tasarım çalışması farklı organizasyonlar tarafından farklı yerlerde (veya hatta farklı ülkelerde) yürütülürse, tasarımcılar arasında iyi bir koordinasyon ve iletişim sağlayacak düzenlemeler başarılı bir sonuç için şarttır. Tasarımcıların tasarımın sonucuyla ilgili olasılıklı güvenlik analizi yapan kişilerle iletişim kurması şarttır.

Teoride, bütün bu risklerin nükleer tesis yatırımcısı tarafından üstlenilmesi gerekmektedir. Ancak, bu risklerin gerçekleşmesi (özellikle inşaat/kurulumdaki gecikmeler, güç kaynağı kesintileri, gelecekte güvenilir olmayacak işletmeler, çevre ve sağlık üzerinde istenmeyen etkiler, memnun kalmayan müşteriler ve yerel toplum açısından) kamuyu ve muhtemelen yerel ve küresel çevreyi etkileyecektir. Dolayısıyla, bütün tasarımların net bir şekilde belgelendirilmesi, iyice anlaşılması ve tüm paydaşlarca üzerinde uzlaşılması şarttır. Her halükarda, ürün ve hizmeti belirleyen tasarım olduğundan, (kamu ile istişarede bulunarak geliştirici tarafından hazırlanmış olan) bütün genel ve ayrıntılı tasarımlar kamu tarafından açık bir şekilde onaylanmalıdır. Yani, kamunun ilgili kurumlarının genel ve ayrıntılı tasarımları inceleyebilmesi ve bunları teyit etmesi son derece önemlidir. Bu bağlamda, kamu, tasarımı incelemeye, bununla ilgili değişiklikler önermeye ve bunu onaylamaya yetkili olan ulusal kurumun personelini, ekipmanlarını ve eğitim ihtiyaçlarını titizlikle ele almalıdır.

3.7 Lisans ve Düzenlemelerle İlgili Sorunlar ve Bunlarla İlişkili Riskler

Lisans verme ve düzenlemeyle ilgili riskler aşağıdakiler tarafından tetiklenmektedir;

- Çevresel etki değerlendirme (ÇED) bulguları;
- Nükleer tesislerin inşaatı ve işletmesiyle ilgili çeşitli belediyelerin ve Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun (TAEK) lisans prosedürleri;
- Nükleer tesislerin işletmesiyle ilgili Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun (EPDK) çeşitli lisans prosedürleri;
- Nükleer tesislerin işletmesiyle ilgili çeşitli uluslararası (öncelikle IAEA'nın önderlik ettiği) çeşitli anlaşmalar ve önerilen prosedürler;
- Radyoaktif maddelerin ithalatı ve ihracatına ilişkin muhtemel lisans prosedürleri (nükleer yakıt ithalatı ve nükleer atık ihracatı).

Genel olarak, sıkı bir şekilde düzenlenen herhangi bir sektörde, lisans ve düzenleme çerçevesi, düzenleyici kararların i) öngörülebilir, ii) değişmez, iii) zamanında, iv) ulusal çapta koordine edilen ve, v) uluslararası uygulamalara uygun olmasını sağlamalıdır. Öngörülebilir olmak, bir başvuru sahibinin yerine getirmesi gereken başlıca gereksinimlerin önceden net ve açık biçimde belirlenmiş olması ve düzenlemelerde belirtilmiş olması gerektiği anlamına gelir (bu gereksinimlerin başvuru sahibi tarafından yerine getirilmesi durumunda, lisans usulüne uygun olarak verilir). Değişmez olmak, düzenleyici kararların verilmesinin ardından, bunların (önemli yeni bilgiler güvenliği sağlamak üzere ek önlemlerin alınması gerektiğini göstermediği sürece) daha sonra değiştirilmeyeceği anlamına gelir. Zamanında olmak, lisans ve düzenleme kararlarının önceden belirlenmiş bir takvime dayalı olarak alınması anlamına gelir. Ulusal çapta koordine edilen, sektörün verdiği lisans ve (örneğin, çevre izni gibi) tesisin işletilmesi için gereken bütün diğer farklı izin prosedürleri arasında etkin bir koordinasyon olmasını gerektirir. Uluslararası uygulamalara uygun

olmak düzenleyici kararların bu gibi tesislerin kullanılmasına ilişkin çokuluslu uygulamaları mümkün olduğunca yansıtması gerektiği anlamına gelir. Maalesef, yukarıda belirtildiği gibi, bu ilkeler nükleer enerji üretimi sektöründe zaman zaman tatbik edilmemektedir.

Öncelikle, nükleer enerji üretimine ilişkin güvenlik düzenlemelerinin sık sık değiştiği, çoğunlukla da (yerel, ulusal ve uluslararası düzeylerde) giderek katılaştığı ve son düzenleme ve gereksinimlerin geliştirme aşamasında olan açık tesislerin ve hatta işlemekte olan işletmelerin üzerinde uygulandığı vurgulanmalıdır (işin gerçeği şu ki dünya genelindeki bütün düzenlemeler dünyanın herhangi bir yerindeki bir nükleer tesiste küçük veya büyük bir kaza meydana geldiğinde değişmektedir). Bu durumun ciddi gecikmelere ve maliyet artışına yol açacağı muhtemeldir. Buna ek olarak, nükleer enerjinin “siyasileştirilmesi”, siyasi müdahale veya seçim sonrası yeni hükümetin nükleer enerjiye verdiği destekte ani bir sapma önemli bir siyasi risk getirmektedir (yirmi yıllık planlama ve en az 9 milyar dolarlık bir masrafın ardından Amerika’da Obama yönetiminin yakın bir tarihte Nevada’daki Yucca Dağı’nda nükleer atık depolama sahasını reddetmesi bu duruma bir örnektir). Nükleer inşaat projelerinin uzun süreli olması, onları bu gibi düzenleme ve/veya siyasi gündeme göre değiştirilme risklerine maruz bırakmaktadır.

Yeni ve karmaşık üretim tekniklerinin ve yeni ekipman türlerinin tasarımcı ve düzenleyici kurum tarafından belirlenen spesifikasyonlara uyduğunu doğrulamak için katı bir düzenleyici yaklaşıma ve denetimlere ihtiyaç vardır. Yeni lisans çerçevelerinin çoğu bir dizi kantitatif denetim ve testi kapsamakta olup bunlar da bir şirketin önemli miktarda zaman ve para harcamasının ardından (aniden eskiyen düzenlemeler/gereksinimlerden dolayı) düzenleyicilerin işi durdurma olasılığına neden olmaktadır.

Bir başka sorun da nükleer sektördeki lisans başvurularının standart olmamasıdır (çoğu düzenleyici kurum temel alınan tasarımlar incelenip onaylanmadan önce bireysel lisans başvurularını kabul etmektedir). Dolayısıyla, bireysel başvuru incelemeleri tasarımdaki temel sorunlar çözülmeden önce başlatıldığından genellikle lisans sürecinde büyük bir belirsizlik oluşur.

Sözleşme imzalanmadan önce (yani ihale sürecinde) ve tasarım aşamasında, geliştiriciler, işletmeciler ve düzenleyici kurum arasında gerçekleştirilen erken temasların ve iletişimin, güvenlik, kalite ve projenin uygulanması açısından yararlı olduğu görülmüştür. Bu gibi temaslar bütün tarafları aşağıda örnekleri verilen yararlı öngörüler sağlayabilir;

- Geliştiricinin ve düzenleyicinin kaynaklarının alternatif tasarımların güvenlik değerlendirmesine erken bir aşamada tahsis edilme imkanı;
- Önemli güvenlik sorunlarının kritik kararlardan önce ve bunlar esnasında belirlenmesi;
- Düzenleyici kurumun öne sürebileceği güvenlik sorunlarının geliştirici tarafından değerlendirilmesi ve değerlendirme ve lisans sürecine paralel olarak tasarımın iyileştirilmesi veya ek güvenlik unsurlarının oluşturulması.

Finlandiya’daki Olkiluoto 3 Santrali örneğinde, geliştirici ve STUK arasındaki erken temaslar onay için sunulan nihai tasarımı büyük oranda iyileştiren bir dizi tasarım değişikliklerinin yapılmasını ve değerlendirilmesini sağlamıştır (Laaksonen 2011).

Buna ek olarak, birçok ülke tarafından benimsenen ve endüstri tarafından tercih edilen kombine inşaat izni ve işletme lisansı (COL) süreci henüz test edilmemiştir. Bir COL başvurusuna dahil edilmeden veya referans gösterilmeden önce ulusal ve uluslararası düzeyde onaylanması/kabul edilmesi gereken artan sayıda reaktör tasarımından dolayı gecikmeler oluşabilir.

İnşaat ve işletme lisansları verildikten sonra bile, düzenleyici kurum (kısa veya uzun süreli) geçici kapatma ve hatta erken emeklilik (daimi kapatma) emri verebileceğinden, düzenleyici riskler oldukça fazladır.

Düzenleyici kurumun deneyimi ve düzenleyici çerçevenin olgunluğu da bu açıdan önemli bir faktördür. Finlandiya’da Olkiluoto 3 Santrali örneğinde, nükleer tesis yatırımcısı ve işletmecisi 10 yılı aşkın bir sürede Avrupa’daki önde gelen nükleer tesisleri tarafından ortak bir çalışma olarak geliştirilen Avrupa Kamu Hizmeti Gereksinimleri’nden büyük oranda yararlanmış (teknik gereksinimlerin yaklaşık %85’i doğrudan bu belgeden alınmıştır). Finlandiya düzenleme kurumu STUK inşaat izni incelemesini planlanan zamanda gerçekleştirmek için uygun büyüklükte bir kadroya ve deneyime sahipti. Güvenlik analizini gözdengeçirmeyi ve tasarımı ve ilgili tarafların yönetim sistemlerini değerlendirmeyi kapsayan güvenlik değerlendirmesini gerçekleştirmek için kurum içindeki yetkinliğine güvenebilirdi. Ayrıca, yapıların ve parçaların denetimini yürütecek kadroya sahipti. Ayrıca, STUK malzeme testi ve bağımsız güvenlik analizlerini yürütebilecek organizasyonlardan uzman desteği alabilecek düzenlemelere sahipti. Yirmi yılı aşkın bir süre boyunca STUK, çalışan tesislerin modernleştirilmesine ilişkin planları gözden geçirmiş ve değerlendirmişti. Yeni inşaata başlamayı hedefleyen birkaç fizibilite çalışmasına da katkıda bulunmuştu. STUK, bu gibi incelemelerde farklı Nükleer Santral tasarımları hakkında geniş kapsamlı bilgi toplamıştı (Laaksonen 2011).

Bu riskler nükleer tesis yatırımcısı ve işletmeci tarafından da üstlenilmelidir; ancak, bu risklerin gerçekleşmesi (özellikle inşaat/kurulumdaki gecikmeler, güç kaynağı kesintileri, gelecekte güvenilir olmayacak işletmeler, çevre ve sağlık üzerinde istenmeyen etkiler, memnun kalmayan müşteriler ve yerel toplum) kamuyu etkileyeceğinden, geliştirici ve işletmecinin çeşitli lisans otoriteleri tarafından yapılacak incelemeler hakkında ön çalışma yapması teşvik edilmelidir (örneğin, bu gibi tesislere ilişkin belediyelerin inşaat kuralları ve düzenlemelerinin kıyaslamalı ve teknik olarak araştırılması; ETKB, TAEK ve EPDK’nın nükleer tesislerin işletilmesine ilişkin kural ve düzenlemeler hakkında kıyaslamalı ve teknik olarak araştırılması; radyoaktif maddenin ithalatı ve ihracatına ilişkin kural, düzenleme ve prosedürlerin araştırılması).

Bazı durumlarda, (mevcut kuralların/düzenlemelerin/prosedürlerin açıkça ihlal edilmesi veya mevcut olmayan ya da net olmayan/belirsiz kurallar ve düzenlemelerden dolayı) tam bir uzlaşma olmaması muhtemeldir. Bu gibi durumlarda, i) geliştirici/işletmeci, mevcut teknik planlarını ve tasarlanmış prosedürlerini mevcut kural ve düzenlemelere daha iyi uyacak şekilde

değiştirmeye teşvik edilmelidir; ii) belediye, ETKB, TAEK ve/veya EPDK kural ve düzenlemelerini değiştirmeye/genişletmeye teşvik edilmelidir; iii) çeşitli kural ve düzenlemelerin bu yeni teknolojiyle ilgili anlaşılmaz/belirsiz olması durumunda, ilgili belediye, ETKB, TAEK ve/veya EPDK mevcut kural ve düzenlemeleri netleştirmeye veya ek kural ve düzenlemeler çıkarmaya çağrılmalıdır.

Devletin doğrudan sorumluluklarıyla ilgili olarak, herhangi bir ülkede nükleer enerjinin geliştirilmesine ilişkin bir önkoşulun aşağıdaki konuları doğrudan ele alan, net ve sağlam bir düzenleme çerçevesi olduğu unutulmamalıdır;

- i) Güvenlik gereksinimleri ve kontrol;
- ii) Reaktör lisansı;
- iii) Tesis izinleri;
- iv) Yakıt boşaltma izinleri;
- v) Atık yönetimi ve imhası;
- vi) Hizmetten çıkarma kuralları;
- vii) Finansman.

Bu bağlamda, nükleer enerji ile ilgili çeşitli düzenleyici kurumların yetki ve sorumluluklarını netleştirmek, yetkilendirmek, gerekli uzmanlığa sahip yeterli sayıdaki personeli işe almalarını sağlamak, bağımsızlıklarını temin etmek ve onları olumsuz siyasi etkilerden korumak, düzenleyici kurumların dünya standartlarında, net bir şekilde tanımlanmış ve sağlam düzenleme, lisans ve kontrol prosedürlerine sahip olmasını sağlamak, Devletin sorumluluğundadır.

Buna ek olarak, ulusal güvenlik gereksinimlerinin lisans ve düzenleme çerçevesinin bir parçası olarak net bir şekilde belirtilmesi gerekmektedir (lisans ve düzenleme yönetiminde belirsizliklerden kaçınmak için güvenlik gereksinimlerinin geliştiriciler ve işletmeciler tarafından net bir şekilde anlaşılmasını sağlamak şarttır). Yalnızca ulusal gereksinimlere ve düzenleyici rehberlere referans yapmak gereksinimlerin geliştiriciler ve işletmeciler tarafından doğru bir şekilde anlaşılmasını sağlamak yeterli değildir. Finlandiya’daki Olkiluoto 3 Santralinde, STUK’nın düzenleyici rehberinde güncel gereksinimler mevcuttu, ancak açıkçası geliştirici projenin erken aşamasında bunların etkisi tam olarak anlayamamıştı (Laaksonen 2011).

3.8 Genel Teknik İlkeler

3.8.1 Kanıtlanmış Mühendislik Uygulamaları

Bu basit ancak son derece önemli olan ilke, nükleer enerji teknolojisinin, onaylanmış kural ve standartların ve uygun şekilde belgelendirilmiş diğer beyanların eşlik ettiği, sağlam, iyi test edilmiş ve deneyimli mühendislik uygulamalarına dayanması gerektiğini belirtmektedir.

Sağlam üretim ve inşaat yöntemleri kullanılmalı; deneyimli ve onaylanmış tedarikçilere bağlı kalınmalı; işgücünün dikkatli bir şekilde taranması, seçilmesi ve eğitilmesi gerekmektedir.

Standartlaştırma konusu özel bir itina gerektirmektedir. Standartlaştırma bir yandan hem tasarım hem de işletmede ekonomik avantajlar sunarken işletme deneyiminin doğrudan paylaşılması ve ortak eğitim ile daha etkin bir işletmeyi (ve dolayısıyla güvenliği) teşvik etmektedir. Ancak, standartlaştırmanın jenerik sorunlara neden olma riski de vardır. Bu risk standartlaştırılmış tesislerin tasarımında evrimsel iyileştirme yaklaşımının benimsenmesi ile azaltılabilir.

3.8.2 Kalite Güvence

Kalite güvence ilkeleri, teslim edilen bütün kalemlerin, sunulan hizmetlerin ve gerçekleştirilen işlerin belirtilen gereksinimlere uymasını çok emin bir şekilde sağlayan kapsamlı bir sistemin bir parçası olarak nükleer santraldeki faaliyetlere uygulanmalıdır.

Kalite güvence uygulamalarının kapsadığı konular tasarımların validasyonu, tedarik, malzeme arzı ve kullanımı, üretim ve kurulum, denetim ve test yöntemleri, operasyonel prosedürlerin ve spesifikasyonların yerine getirilmesini sağlayan diğer prosedürlerdir.

Kalite güvencenin çok önemli bir unsuru görevlerin gerektiği gibi yerine getirildiği, sapmaların belirlenip düzeltildiği ve hataların yeniden oluşmasını engellemek üzere önlem alındığına dair belgelere dayalı doğrulamadır. Ürün numunelerini içeren kalite kontrol prosedürleri, fiili uygulamaların gözlemlenmesi ve test ve denetimlere tanıklık edilmesi konularını kapsayan bu iş için yeterli kaynak, kadro ve ekipman sağlanmalıdır.

3.8.3 Akran Değerlendirmeleri (Peer Reviews)

“Akran değerlendirme” enformel bir inceleme yapmak amacıyla bir bağımsız uzmanlar ekibi tarafından gerçekleştirilen tesis ziyaretleridir. Bunlar uluslararası çapta kabul edilmiş iyi uygulamalara sahip organizasyonlar tarafından uygulanan kapsamlı bir karşılaştırmayı ve uzmanlar arasında görüş alışverişini kapsamaktadır. Bu yöntem iyi bir performans sergileyen tesislerdeki uygulamalara ve programlara erişim sağlamak ve bunların başka tesisler tarafından uygulanmasına imkan tanımaktadır.

3.8.4 İnsan Faktörü

Nükleer tesis güvenliği ile ilgili faaliyetlerde yer alan personelin eğitilmesi ve görevini yapacak kalifikasyona sahip olması gerekmektedir. Nükleer santral işletmelerinde insan hatası olasılığı, i) iyi tanımlanmış, net ve sağlam karar verme prosedürlerinin desteklenmesi ve teşvik edilmesiyle, ii) hataları tespit etme ve düzeltme veya telafi etme yollarının sağlanmasıyla, mümkün olduğunca azaltılmalıdır.

Hata telafisi, otomasyon dahil tasarım aracılığıyla ve beklenen davranışları belirleme, görev öncesi inceleme yapma, hataya benzer koşulları belirleme ve sonuçları ve yanıtları konuşma ihtiyacı dahil, iyileştirilmiş insan performansı aracılığıyla sergilenen iki kademeli bir yaklaşımdır.

3.8.5 Güvenlik Değerlendirmesi ve Doğrulaması

“Güvenlik değerlendirme” altta yatan tasarım zaafalarını ortaya çıkarmaya yönelik faaliyetleri kapsar, yapıların, sistemlerin ve parçaların sistematik ve kritik bir incelemesini içerir ve arızaların sonuçlarını belirler. Sonuçlar, kritik incelemenin kapsamının, derinliğinin ve sonuçlarının bağımsız bir şekilde teftiş edilmesine imkan tanımak üzere ayrıntılı bir şekilde belgelendirilmelidir.

Deterministik ve olasılıklı yöntemler tasarım ve işletmenin güvenliğinin değerlendirilmesi ve iyileştirilmesinde birlikte kullanılmalıdır.

Deterministik yöntemde, santralin güvenliğini zorlayabilecek çok sayıda muhtemel başlatıcı olayın varsayımsal olarak meydana geldiği varsayılır ve santral ile güvenlik sistemlerinin bu varsayımsal olaylara yanıtının tesisin kendi performansı ve güvenlik hedeflerine ulaşılması açısından önceden belirlenmiş spesifikasyonlara uyduğunu göstermek amacıyla bir analiz yapılır. Olayların ve bunların sonuçlarının seyrini tahmin etme üzere kabul edilmiş mühendislik analizleri kullanılır.

Herhangi bir sekansın ve bunun sonuçlarının gerçekleşme olasılığını değerlendirmek ve özellikle de tasarımda veya işletmedeki ya da riske katkıda bulunabilecek potansiyel kaza sekanslarındaki herhangi bir muhtemel zaafı belirlemek üzere olasılıklı analiz kullanılır. Olasılıklı yöntem deterministik analiz gerektiren olayların seçiminde yardımcı olup tam tersi durumda geçerlidir.

3.8.6 İşletme Deneyiminin Paylaşılması

Nükleer santraller işletme deneyimlerinin ve emniyetle ilgili araştırma sonuçlarının paylaşılmasını, incelenmesini, analiz edilmesini ve bundan ders çıkarılarak bunların uygulanmasını sağlamalıdır.

Bir nükleer enerji santralini işletenler operasyonel deneyimlerini toplamak ve yorumlamak üzere etkin bir sisteme sahip olmalı ve kendi kadrosu ve diğer ilgili organizasyonlar ile güvenlik ve emniyet açısından önemli bilgileri ivedilikle paylaşmalıdır. Güvenlik ve emniyet açısından önemli olan ve toplanıp dağıtılan bu bilgiler arasında, kazaların temel nedenleri, kazaları tetiklediği düşünülen olaylar ve bunların yeniden oluşmasını önleyecek önlemler yer almalıdır. Bu verilerin paylaşılması ulusal ve uluslararası düzeyde koordine edilmelidir.

3.9 Güvenlik ve Emniyet Kültürü

Nükleer enerji ile ilgili faaliyetlerde yer alan bütün bireyler ve organizasyonlar çok iyi yerleşmiş bir “Güvenlik ve Emniyet Kültürü”nü benimsemeli ve buna göre hareket etmelidir. Bunların kişisel adanmışlığı ve hesap verebilirliği nükleer enerji tesislerinin emniyeti üzerinde önemli bir etki yaratacaktır.

İlgili bütün organizasyonlardaki üst yönetimin bu kültürü benimsemesi başlangıç noktası olmalı, emniyetle ilgili konular onların tam dikkatine mücehhez olmalıdır.

Bu bağlamda, nükleer tesis emniyetini etkileyen en üst düzey, ulusal politikaların ve güvenlik ve emniyet kültürünün temelini belirlediği yasama düzeyidir. Çevreyi şekillendiren ve emniyeti sağlayan tutumları besleyen organizasyon politikalarının ve uygulamalarının oluşturulması ve yürürlüğe konulması ilgili organizasyonların tepe yönetiminin birincil sorumluluğudur. Bu uygulamaları kendi organizasyonlarının güvenlik ve emniyet politikaları ve hedeflerine göre belirlemelidir.

Buna ek olarak, bütün paydaşlar, özellikle aşağıdaki konularla ilgili olarak, sorgulayıcı bir tutum ve titiz, iletişimci ve temkinli bir yaklaşım sergileyerek, nükleer emniyeti etkileyen konularda mükemmelliği hedeflemelidir.

İyi bir Nükleer Güvenlik ve Emniyet Kültürünün özellikleri:

- Önceliklerde herhangi bir ihtilaf oluşması durumunda, güvenlik ve emniyet kalite, takvim ve maliyetlerin önüne geçmelidir.
- Hatalar ve kıl payı atlatılan durumlarda, bunlar yalnızca bir endişe kaynağı olarak değil aynı zamanda yarar çıkarılabilecek bir deneyim kaynağı olarak da görülmelidir.
- Kişiler, gelecek sorunların önüne geçilmesinde başkalarına ve kendilerine yardımcı olmak üzere kendi çalışmalarındaki eksiklikleri belirlemeye, bildirmeye ve düzeltmeye teşvik edilmelidir.
- Santraldeki değişiklikler veya faaliyetler ilgili prosedürler uyarınca gerçekleştirilmelidir. Prosedürler konusunda herhangi bir şüphenin doğması durumunda, işlemler santrali güvenli ve stabil bir konuma geri döndürerek tamamlanmalıdır. Daha sonra, prosedürler değerlendirilerek daha fazla ilerlemeden gerekirse değiştirilmelidir.
- Problemler belirlendiğinde, problemlerin temel nedenini bulmaya ve problemi kimin ortaya çıkardığı veya probleme kimin katkıda bulunduğuna bakmadan en iyi çözümleri bulmaya önem verilmelidir; buradaki amaç, ‘kimin haklı olduğunu’ bulmak değil ‘neyin doğru olduğunu’ bulmaktır.
- Gözetim ve yönetim kadrosunun hedefi her bir görevin ilk seferden doğru yapılması olmalıdır. Bu kişilerin her bir çalışma faaliyetinin başarısı için hesap verebilirlik konusunda sorumluluk üstlenmeleri ve bu konuda ısrarcı olmaları ayrıca çalışmalara başarı elde etmek için gereken düzeyde katılmaları beklenmektedir.
- Uygulamalar ve politikalar güvene dayalı bir yaklaşım sergilemeli ve bütün kademelerde ekip çalışmasını destekleyen ve güvenliğe yönelik olumlu tutumları güçlendiren bir tutumu esas almalıdır.
- Santral personeli ve yüklenicilerden endişelerin, engellerin ve iyileşme fırsatlarının belirlenmesine yardımcı olunması için geribildirim talep edilmelidir. Yönetim kadrosunun problemleri ivedilikle ve tam olarak belirlemesini sağlayan kişisel yaklaşımları teşvik edilmelidir.
- Organizasyon, emniyeti sürekli iyileştirmeyi ve değişimi başarıyla yönetmeyi taahhüt etmelidir.
- Kıdemli yöneticiler soyutlanmayı engellemeli ve öğrenen bir organizasyon oluşturulmasını teşvik etmelidir.

- Her bir birey, gözetmen ve yönetici nükleer enerji tesisinin ömrü boyunca ortaya çıkabilecek her fırsatta kişisel bütünlük sergilemelidir.
- Tesisteki her bir değişiklik, toplantı ve güvenlik ve emniyet değerlendirmesi önceki özellikleri ve ilkeleri öğretmek, öğrenmek ve güçlendirmek için bir fırsat olarak görülmelidir.

4 Üretim ve İşletme Riskleri

4.1 Geliştirme/ İnşaatla İlgili Sorunlar ve Bunlarla İlişkili Riskler

Birincil düzeyde bir güvenlik ihtiyacı, nükleer enerji santralının tasarım amacına uygun şekilde inşa edilmesidir. Bu amaca, geniş bir açıdan bakıldığında, ilgili organizasyonların hesap verebilmesinden bireysel çalışanların titizliği, yetkinliği ve özenine kadar uzanan bir dizi hususa dikkat ederek ulaşılabılır. Buna ek olarak, inşaat ancak işletcinin ve düzenleyici kurumun emniyetle ilgili ana sorunların tatmin edici şekilde çözüldüğü ve kalan sorunların işletmeye geçmeden önce çözüme kavuşturulabileceği konusunda tatmin oldukları zaman başlamalıdır.

Santralin güvenlik ve emniyet özelliklerini değiştirmek için tasarımcıların elindeki seçenekler inşaat ilerledikçe daha kısıtlı olacağından, emniyeti artıracak opsiyonların korunabilmesi için güvenlik ve emniyet değerlendirmesini üretim ve inşaatla koordine etmek kritik önem taşımaktadır. Ayrıca, nükleer tesis inşaatında kalite standartlarının son derece yüksek olması ve tolerans marjlarının çok sınırlı olması, sorunu daha da karmaşık bir halde getirmektedir. Emniyetle ilgili ekipmanların tatmin edici ön tasarımının, nihai tasarımının, kurulumunun ve uygunluğunun doğrulanmasının incelenmesi için inşaat süresince kontrol noktalarının oluşturulması şarttır.

Santral üreticileri ve inşaatçıları, kalite güvence uygulamalarıyla desteklenen, kanıtlanmış ve yerleşik teknikler ve prosedürleri aracılığıyla, yüksek kalitede ekipman kullanarak ve inşaat standardı sağlayarak sorumluluklarını yerine getirmelidir.

Geliştirme/ inşaatla ilgili birincil sorunlar ve bunlarla ilişkili riskler arasında aşağıdakiler yer almaktadır;

- Hatalı/ standartların altında inşaat;
- Hatalı/ standartların altında ekipman ve elektrik/ boru tesisatı alımı ve kullanımı;
- Fenni ve sıhhi ihtiyaçlar ile bunların temini arasındaki uyumsuzluk;
- Hatalı/ standartların altında insan/ ekipman arayüzü ve çalışma koşulları;

- Kritik ekipman ve elektrik/boru tesisatında yetersiz yedekleme;
- Karmaşık ve yüksek kalite standartlarından dolayı inşaatta gecikmeler ve maliyet aşırımları;
- Deneyimli (ve emniyet/yüksek kalite konularında bilinçli) çalışan, uzman, alt yüklenici ve tedarikçinin olmaması;
- İnşaat, elektrik ve boru tesisatının kurulumu ve test edilmesi esnasında meydana gelebilecek kazalar.

Öte yandan, geçtiğimiz yirmi yıl içerisinde, deneyimli nükleer ekipman üreticilerinin çoğu işi bırakmış veya spesifik becerileri olan deneyimli çalışanlarını kaybetmiştir. Bu bağlamda, çoğu nükleer santral yatırımcısı için, yeni bir üretici şebekesi oluşturmak ve onlara nükleer işinde nasıl çalışılacağını öğretmek gerekmektedir. Örneğin, spesifik kalite güvence gereksinimleri, birden çok organizasyon tarafından yürütülen düzenleyici kontroller, denetimler ve teftişler üreticiler için yenidir. Bu husus, örneğin Finlandiya’daki Olkiluoto 3 Santrali’nin inşaatında Areva için bir dizi soruna yol açmıştır. Projenin başında daha önceki Areva projelerine katkıda bulunmuş olan deneyimli nükleer malzeme üreticilerinin çoğunun bu sahadan çıktıkları ortaya çıkmıştır. Areva yeni taşeronlar bulup onlara nükleer eğitimi konusunda koçluk yapmak zorunda kalmıştır (Laaksonen 2011).

Buna ek olarak, yeni üçüncü nesil santraller daha önce inşa edilen santrallerden daha büyüktür. Daha büyük yapı ve parçalar teknolojik sınırların zorlanması anlamına gelmektedir. Santrallerin güvenlik, emniyet ve güvenilirliğini iyileştirmek için yeni gelişmiş özellikler ve üretim teknolojileri geliştirilmiştir. Yeni özelliklerin ve teknolojilerin tasarım hedeflerine gerçekten uyduğunu göstermek üzere üretim, kurulum ve inşaatın önce uygun araştırma programlarının ve kalifikasyon testlerinin uygulanması önemlidir. Finlandiya’daki Olkiluoto 3 Santrali örneğinde, Areva ve işletmeci TVO, ana sözleşmeyi imzalamadan önce, projenin başarısı açısından deneyimli bir mimari mühendisin ve deneyimli bir inşaat şirketinin önemini yeterince fark edememişti. Ayrıca, Areva sınırlı geliştirime kapasitesinden ve mevcut tasarımların fiili durumu ve ihtiyaçlarından yeterince haberdar değildi. Dolayısıyla, inşaat süresi için belirlenen hedef gerçekçi değildi; büyük ve karmaşık inşaat projelerini yönetmedeki deneyim eksikliği önemli gecikmelere yol açtı (Laaksonen 2011).

Buna ek olarak, 1970’li ve 1980’li yıllarda, geliştiriciler büyük deneyimli organizasyonlara ve tasarım ve üretim için kapsamlı tesis içi kapasiteye sahipti; bu da alt yüklenicilere olan bağımlılığı azaltıyor ve proje organizasyonu içerisinde iletişimi kolaylaştırıyordu (diğer bir deyişle, nükleer santral inşaat projelerinin yönetimi bugüne göre daha basitti). Günümüzde, bu iş, iyi yönetilmesi gereken uzun alt yüklenici (tedarik) zincirlerine dayanmaktadır.

Yukarıdaki tartışmaların ışığında, inşaat bütün aşamalarında, yerleşik “tedarik zinciri proje yönetimi” kavramları ve ilkelerinin uygulanması büyük bir önem kazanmaktadır. Bu bağlamda;

- Büyük projelerin yönetiminden edinilen kanıtlanmış deneyimin önemi kişisel ve organizasyonel düzeylerde küçümsenmemelidir;
- Geliştiricinin alt yüklenicilerle adil bir ortaklık içinde olması gerekir. Nükleer

alanda daha önce deneyimi olmayan yüklenici tedarikçiler ve alt tedarikçilerle ilgili olarak geliştirici her bir ihale çağrısında nükleere spesifik olan bütün koşulların net bir şekilde belirtilmesini sağlamalıdır;

- Geliştirici, işletmeci ve düzenleyici kurumun temsilcileri arasında proje yönetimi düzeyinde gerçekleştirilen toplantılar taraflardan herhangi birinin bilgi aktarması ve gündeme getirdiği endişelerin ele alınması için etkili bir kanaldır;
- Geliştiricinin proje ekibinin (çoğu zaman yurtdışındaki merkez ofiste çalışmak yerine) tesiste olması ve orada ikamet etmesi kilit sorunların birlikte ele alınmasına katkıda bulunacaktır;
- Proje yönetimine karar verme yetkisi vermek ve sözleşmeyle ilgili sorunları proje yönetiminden ayırmak, inşaatın zamanında ve daha yüksek kalitede gerçekleştirilmesini kolaylaştırır.

Finlandiya’daki Olkiluoto 3 Santralinde, geliştirici ve işletmecinin büyük bir inşaat projesinin yönetiminde becerilerin ve deneyimin önemini fark etmemesi, inşaatın daha uzun sürede başlamasına neden olmuştur; ayrıca, geliştiricinin teknik sorunlarla ilgili kendi merkez ofisinde aldığı ve (bütün taraflar arasında gerçekleştirilen proje toplantılarında oluşan) ortak uzman görüşlerini geri çevirdiği kararların projenin akıcı bir şekilde ilerleyişi üzerinde olumsuz bir etki yarattığı görülmüştür (Laaksonen 2011).

Teoride, bütün bu risklerin nükleer santral yatırımcısı tarafından varsayılmış olması gerekmektedir; ancak, bu gibi risklerin gerçekleşmesi (özellikle inşaat/kurulumdaki gecikmeler, güç kaynağı kesintileri, gelecekte güvenilir olmayacak işletmeler, çevre ve sağlık üzerinde istenmeyen etkiler, memnun kalmayan müşteriler ve yerel toplum açısından) kamuyu ve muhtemelen yerel ve küresel çevreyi etkileyeceğinden, bu gibi riskleri minimuma indirmeyi hedefleyen ayrıntılı ve hassas teknik rehberler hazırlanmalı ve bütün paydaşlar bunlar üzerinde hemfikir olmalıdır. Buna ek olarak, ilgili düzenleyici kurumlar daha önce üzerinde hemfikir olunan rehber, plan ve programlara uyulduğundan emin olmak üzere inşaat ve kurulum dönemi boyunca dönemsel denetimler yapabiliyor olmalıdır. Yakın düzenleyici gözetimin diğer nükleer santral geliştirme projelerinde inşaat kalitesini teşvik ettiği görülmüştür. Örneğin, Finlandiya’daki Olkiluoto 3 projesi boyunca, geliştirici, işletmeci ve Finlandiya’nın düzenleme kurumu STUK tarafından sık sık gerçekleştirilen birden çok kalite kontrolü ve güvenlik ve emniyet denetimi, yüksek bir duyarlılık taşıyan ürün sapmalarının erken tespit edilmesini sağlamıştır. Buna rağmen, yalnızca geliştirici ve işletmecinin işin içinde olduğu bazı durumlarda (ekonomik baskılardan dolayı) çalışmayı durdurma ve zamanında yapılması gereken düzeltmelerde ısrar etme açısından bir isteksizlik olduğu gözlemlenmiştir (Laaksonen 2011).

4.2 Operasyonel Sorunlar ve Bunlarla İlişkili Riskler

Operasyonel Riskler arasında şunlar yer almaktadır;

İnsan hatası, ekipman/elektrik tesisatı/boru tesisatı arızası, standartların altında yakıt veya diğer malzeme ya da fenni ve sıhhi tesisat kullanımından kaynaklanan;

- Ekipmanda/santralde hasar;
- Yangın, patlama;
- Radyoaktif ve/veya radyoaktif olmayan madde sızıntısı;
- Anında veya daha sonra personelin vücudunda oluşan yara veya ölüm;
- Anında veya daha sonra yerel halkın vücudunda oluşan yara veya ölüm.

Bu riskler, Bölüm 3.9’da ele alınan risk kültürü ve genel güvenlik ve emniyet ilkelerine uyarak en iyi şekilde yönetilebilir. Bu bağlamda aşağıdaki konulara özel bir dikkat göstermek gerekmektedir;

- i) Net, iyi tanımlanmış ve kanıtlanmış operasyon ve kontrol prosedürleri;
- ii) İşe alma ve terfilerde yüksek standart;
- iii) Bütün ekipmanların kalite ve bakım düzeyi (yedekler, artıklar ve acil durum ekipmanları dahil),
- iv) Madde ve malzemelerin kalite düzeyi;
- v) İyi tasarlanmış ve ciddi bir şekilde uygulanan eğitim programları;
- vi) Belirlenmiş çalışma ve çevre koşullarına uyum;
- vii) Programlanmış ve programlanmamış denetimler;
- viii) Yüksek kalitede acil durum eğitimi ve sık sık ve ciddi şekilde uygulanan alıştırmalar.

Bu risklerin nükleer santral yatırımcısı ve işletmecisi tarafından da varsayılmış olması gerekmektedir. Ancak, bu gibi risklerin gerçekleşmesi (özellikle inşaat/kurulumdaki gecikmeler, güç kaynağı kesintileri, güvenilir olmayan işletmeler, çevre üzerinde istenmeyen etkiler, memnun kalmayan müşteriler ve yerel halk ve yerel ve/veya küresel toplum için tehlikeli sonuçlar açısından) kamuyu ve muhtemelen yerel ve küresel çevreyi etkileyecektir. Dolayısıyla, bu gibi riskleri minimuma indirgemeyi hedefleyen ayrıntılı ve hassas teknik rehberler hazırlanmalı ve bütün paydaşlar bunlar üzerinde hemfikir olmalıdır. Bu rehber, prosedür ve planlar, kritik açıdan artık/yedek ekipmanları, acil durum/müdahale stoklarını ve ekipmanlarını, acil durum/kurtarma ekiplerini ve bunların kalifikasyonunu ve eğitim programlarını net bir şekilde belirlemelidir. Ayrıca, ilgili düzenleyici kurumları, rehber, prosedür ve üzerinde hemfikir olunan planlara uyulduğundan emin olmak üzere dönemsel denetimler gerçekleştirilmelidir. Buna ek olarak, tesise yönelik ulaşım, iletişim ve fenni ve sıhhi tesisat (özellikle su ve elektrik) bağlantılarının muhtemel operasyonel tehlikelerin gerçekleşmesi durumunda anında verilecek acil yanıtı imkan tanıyacak yeterlilikte bir esnekliğe ve yedek kapasiteye sahip olmalıdır.

4.3 Doğal Riskler

Doğal Riskler arasında deprem, kasırga/fırtına ve benzer tehlikeler vardır. Söz konusu riskler, bu gibi doğal afetlerin en kötü örnekleri açısından nükleer santralin uzun süreli geçmişini (en az 200 yıl veya daha uzun bir süreyi) inceleyerek ve bütün ekipmanları ve fenni ve sıhhi tesisleri dahil, nükleer santralin benzer güçteki afetlere dayanabilecek şekilde tasarlanmasını ve inşa edilmesini sağlayarak en iyi şekilde yönetilebilir. Bu gibi tehlikelerin gerçekleşme olasılığını ve etki düzeyini tahmin etmeye yardımcı olacak bütün muhtemel bilimsel ve mühendislikle ilgili denetimler de (örneğin, en yakın coğrafi fay hattının ve toprak koşullarının belirlenmesi) tasarım ve inşaat aşamalarından önce gerçekleştirilmelidir. Bir doğal tehlikenin beklenen en kötü şekilde gerçekleşmesi durumunda santralin iletişim ve tedarik kanallarının güvenilirliği ve dayanıklılığının ve esnekliğinin analizi de dikkate alınmalı ve buna göre acil durum planları yapılmalıdır. Örneğin, Akkuyu’nun inşa edilmesine ilişkin olarak, nükleer enerji santralının tasarımı, bölgede daha önce kaydedilen herhangi bir depremden Richter ölçeğine göre en 50 baz puan daha yüksek olan bir depreme karşı esnekliği öngörebilmelidir. Dolayısıyla, Akkuyu tesisinin Richter ölçeğiyle en az 9 şiddetinde olan bir depreme dayanması beklenmektedir.

Bir başka kritik sorun da yaşanan doğal afetten dolayı operasyonel ve yedek ekipmanların aynı anda arızalanmasını önleyecek önlemlerin alınmasıdır. Bu gibi aynı anda meydana gelen arızalar normal koşullarda neredeyse imkansız olmakla birlikte afetin yarattığı son derece olağandışı durumlar bu gibi arızaların aynı anda gerçekleşme olasılığını arttırabilir (örneğin, beklenmedik derecede yüksek tsunamiden dolayı bütün acil enerji jeneratörlerinin aynı anda arızalanması gibi).

Bu risklerin nükleer santral yatırımcısı ve işletmecisi ve/veya sigortacısı tarafından da varsayılmış olması gerekir. Ancak, bu gibi riskler muhakkak kamuyu ve yerel ve genel çevreyi etkileyecektir. Bu bağlamda, bu gibi riskleri minimuma indirmeyi hedefleyen ayrıntılı ve hassas teknik rehberler hazırlanmalı ve bütün paydaşlar bunlar üzerinde hemfikir olmalıdır. Bu rehber, prosedür ve planlar, kritik açıdan artık/yedek ekipmanları, acil durum/müdahale stoklarını ve ekipmanlarını, acil durum/kurtarma ekiplerini ve bunların kalifikasyonunu ve eğitim programlarını net bir şekilde belirlemelidir. Ayrıca, ilgili düzenleyici kurumlar, rehber, prosedür ve üzerinde hemfikir olunan planlara uyulduğundan emin olmak üzere, çalışma dönemi boyunca dönemsel denetimler gerçekleştirebilmelidir. Buna ek olarak, tesise yönelik ulaşım, iletişim ve fenni ve sıhhi tesisat (özellikle su ve elektrik) bağlantılarının muhtemel operasyonel tehlikelerin gerçekleşmesi durumunda anında verilecek acil yanıtı imkan tanıyacak yeterlilikte bir esnekliğe ve yedek kapasiteye sahip olmalıdır.

4.4 Hizmetten Çıkarmayla İlgili Riskler

“Nükleer Hizmetten Çıkarma” bir nükleer santralin sökülmesi ve tesisin halkın artık radyasyondan korunmasını gerektirmeyecek bir düzeyde arındırılmasıdır. Diğer enerji santrallerinin sökülmesine kıyasla ana fark özel önlem gerektiren radyoaktif maddelerin olmasıdır.

Hizmetten çıkarma birçok karmaşık ve uzun süreli idari ve teknik eylemleri ve bütün radyoaktivitenin temizlenmesi ve santralin kademeli olarak yıkılmasını kapsamaktadır. Bir tesis hizmetten çıkarıldıktan sonra, artık radyoaktivite kazası tehlikesi veya burayı ziyaret eden kişiler açısından herhangi bir tehlike riski olmamalıdır. Bir tesis tamamen hizmetten çıkarıldıktan sonra, düzenleme kontrolünden çıkar ve tesisin lisans sahibi bunun nükleer emniyetinden artık sorumlu olmaz. Hizmetten çıkarma döneminin ve ilgili faaliyetlerin karmaşıklığı ve çok uzun süresi, bir şekilde örtüşen ancak farklı olan aşama ve alternatiflerin izah edilmesi ile daha iyi anlaşılır (ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu, 2011).

İlk alternatif olan DECON (nükleer lisansı sonlandırmak üzere reaktör durdurulduktan sonra dekontaminasyon / sökme işlemlerinin mümkün olduğunca kısa sürede gerçekleştirilmesi), tesis ve radyoaktif malzemeleri barındıran alanın ekipman, yapı ve bölümlerinin operasyonlar kesildikten kısa süre sonra sınırsız kullanıma imkan tanıyacak düzeyde çıkarıldığı veya arındırıldığı hizmetten çıkarma yöntemidir. Bu, tesisin operasyonlarının kesilmesinden kısa süre sonra tesis lisansının sona erdirilmesi ve tesisin ve sahanın serbest kalmasını sağlayan tek hizmetten çıkarma alternatifidir. DECON faaliyetlerinin yaklaşık 9 yıl (veya daha küçük tesisler için daha kısa bir süre) sürmesi öngörülmektedir. DECON operasyonlarının tesis kapatıldıktan sonraki birkaç yıl içerisinde tamamlanması beklendiğinden çalışanların radyasyona maruz kalma potansiyeli, çalışmalarını geciktirerek veya daha uzun bir süreye yayarak radyoaktif azalmaya imkan tanıyan hizmetten çıkarma yöntemlerine göre genelde daha yüksektir. DECON, diğer hizmetten çıkarma yöntemlerine göre daha maliyetli olup daha geniş bir radyoaktif atık depo alanı tahsis edilmesini gerektirir. DECON'un başlıca avantajı sahanın kısa sürede kullanıma hazır olmasıdır. DECON fiilen dört çalışma dönemini kapsamaktadır: i) kapatma öncesi planlama ve mühendislik, ii) santral deaktivasyonu ve depolamaya ilişkin hazırlıklar, iii) santralde güvenli depolama ve aynı zamanda kullanılmış yakıt havuzunda havuz envanteri sıfırlanana kadar sürdürülen operasyonlar, iv) santralin radyoaktif bölümlerinin dekontaminasyonu ve sökülmesi ve böylece lisansın sona erdirilmesi.

İkinci alternatif olan SAFSTOR (stabilize edilmiş ve yakıtın boşaltıldığı tesiste bir güvenli depolama döneminin ardından nihai dekontaminasyon / sökme işlemi ve lisansın sona erdirilmesi), nükleer tesisin, tesisteki radyoaktif komponentlerin güvenli bir şekilde depolanmasına imkan tanıyacak bir koşulda korunduğu ve akabinde gerçekleştirilen dekontaminasyonların serbest kullanıma izin verecek düzeylerde olduğu bir hizmetten çıkarma yöntemidir. SAFSTOR'un ilk üç aşaması DECON ile birebir aynıdır. Dördüncü aşama, reaktör depolama havuzunda yakıtın olmadığı uzatılmış (50 yıllık) güvenlik depolaması ve beşinci aşama ise tesisin radyoaktif bölümlerinin dekontaminasyonu ve sökülmesidir. Radyoaktif veya kontamine olmuş malzemelerin dekontamine edilmesi ve denetim altındaki bir imha tesisinde imha edilmesi gerekmektedir. Kalıntı radyasyon kabul edilebilir düzeylere geldikten sonra lisans sona erdirilecek ve tesis serbest kullanıma açılacaktır. NRC lisansının sona erdirilmesinin ardından, radyoaktif olmayan tesislerin demonte edilmesi veya yıkılması tesis sahibinin takdirine göre gerçekleştirilecektir. SAFSTOR'un amacı kamu emniyetini maksimum düzeye çıkarmak ve başlangıçta zaman, radyasyona maruz kalma ve atık imha kapasitesine yönelik taahhütlerinin minimum düzeye indirmektir. SAFSTOR aynı alanda işleyen başka nükleer tesislerin olmadığı veya radyoaktif

atık imha kapasitesinde eksiklik olduğu durumlarda da avantaj sağlayabilir. SAFSTOR’un dezavantajları sahanın uzun bir süre boyunca başka kullanıma uygun olmamasıdır; nihai dekontaminasyon tamamlanıncaya kadar bakım ve gözetim gerekir; ve dekontaminasyon zamanında (tesisin kapanmasından sonra 60 yıla kadar) tesisi tanıyan personelin sayısı azdır veya sıfırdır.

Üçüncü alternatif olan ENTOMB’da (yüksek düzeyde aktive edilmiş reaktör kazanının iç bölümlerinin hemen çıkarılması ve kalan radyoaktif bulaşmış malzemelerin yerinin daha sonra sızdırmaz şekilde kapatılacak olan reaktör korunak binasına taşınması) radyoaktif kontaminantlar beton gibi dayanıklı bir malzemenin içerisine gömülür. Gömülmüş olan yapı korunur ve radyoaktivitenin mülkün serbest kullanımına açılmasını imkan tanıyacak düzeyde bozunana kadar gözetilmesi gerekir. ENTOMB beş ayrı çalışma aşamasını da kapsamaktadır: başlangıçtaki üç aşama DECON’daki aşamalarla birebir aynıdır. Dördüncü aşamada gömme işleminin hazırlıkları yapılır ve bütün radyoaktif malzemeler korunak binası içerisinde konsolide edilerek gömülür. Beşinci aşamada gömülerek depolanan malzemeler 60 ila 300 yıl arasında değişen uzun bir süre boyunca gömülerek depolanır. ENTOMB, artık radyoaktivitenin makul bir zaman içerisinde (100 yıl) tesisin sınırsız kullanıma açılmasını sağlayacak düzeylerde kullanıma yöneliktir. Ancak, nükleer reaktörlerde üretilmiş olan birkaç radyoaktif izotop, tesislerin insan yapımı olan herhangi bir yapının öngörülebilir bir ömrü içerisinde sınırsız kullanıma açılmasını önleyen uzun yarılanma dönemlerine sahiptir. Ayrıca, ENTOMB alternatifinin kullanımı, radyoaktif malzemelerin uzun bir dönem boyunca “geçici” depolanmasına odaklanan tesislerin sayısındaki artışla ilişkili sorunlara katkıda bulunmaktadır.

Nükleer enerji santralleri 40 ila 60 yıl arasında bir çalışma süresi için tasarlandığından (daha eski tesisler yaklaşık 30 yıllık bir süre için tasarlanıyordu) hizmetten çıkarma proje onayında ve planlama aşamalarında tam ilgi görmeyen bir sorundur. Ancak, her bir tesis eninde sonunda hizmetten çıkarma işlemiyle yüzleşecektir ve bununla ilgili ekonomik ve sosyal maliyetler çok yüksek çıkabilir.

ABD’de hizmetten çıkarma maliyetlerinin (1998’deki dolar değeriyle) reaktör başına ortalama 325 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir. Fransa’da 70 MW’lık bir enerji santrali olan Brennilis nükleer tesisin hizmetten çıkarılmasının maliyeti şimdiden (başlangıçtaki maliyet tahmininden 20 misli daha yüksek olan) 480 milyon Euro’yu bulmuştur ve 20 yılın ardından halen askıdadır. Sökme işleminin sağlanması için yapılan büyük yatırımlara rağmen son derece zararlı radyoaktif elementler civardaki göle sızmıştır.² Almanya’da, 100 MW’lık bir enerji santrali olan Niederaichbach nükleer tesisinin hizmetten çıkarılması 143 milyon Euro’yu aşmıştır. İngiltere’de, 32 MW’lık küçük bir enerji santrali olan Windscale nükleer tesisi maliyeti ise 117 milyon Euro olmuştur. Diğer hizmetten çıkarma örnekleri Tablo3’te gösterilmiştir.

Bu örnekler, Greenpeace’in santralin hizmetten çıkarıldığı dönemin reaktörün çalışma ömründen iki misli daha uzun olabileceği ve rutin hizmetten çıkarma maliyetlerinin kilovat başına 1000 doları bulduğu yönündeki iddiasına prim vermektedir (Greenpeace 2009). Aslında, Greenpeace’in endişesi başka birçok kişi tarafından paylaşılmaktadır ve ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu’nun 2011 Raporu’nda vurguladığı gibi, hizmetten çıkarmayla ilgili alınabilecek temkinli ve sağlam bir önlem bir nükleer santral operatörünün, nükleer tesis işleme

başlamadan önce, tesisin nihai hizmetten çıkarılma işleminin karşılanması için yeterli para olmasını sağlayacak (örneğin bir vakıf fonu veya ana şirketin sağladığı bir garanti gibi) bir finansal mekanizmayı oluşturması veya elde etmesini gerektirmesidir.

Tablo 2 : Zaten Hizmetten Çıkarılmış veya Hizmetten Çıkarılma Sürecinde Olan Nükleer Tesisler

Ülke	Lokasyon	Reaktör türü	Çalışma süresi	Hizmetten çıkarılma aşaması	Sökme masrafları
Kanada (Québec)	Gentilly-1	CANDU-BWR 250 MWe	180 gün (1966 -1973 arasında)	1986’dan beri”statik durumda”	İkinci aşama: \$ 25 milyon
Kanada (Ontario)	Pickering NGS A2 ve A3 Birimleri	CANDU-PWR 8 x 542 MWe	30 yıl (1974’ten 2004’e kadar)	İki birim halihazırda “cold standby” durumunda 2012’de hizmetten çıkarılacak	\$ 270–430/kWe
ABD	Fort St. Vrain	HTGR (helyum-grafit) 380 MWe	12 yıl (1977–1989)	İvedi Decon	\$ 195 milyon
ABD	Rancho Seco ^[2]	Çoklu birim: PWR 913 MWe	12 yıl (1989’daki bir referandumun ardından kapatıldı)	SAFSTOR : 5–10 yıl 2018’de tamamlanacak	\$ 200–500/kWe)
ABD	Three Mile Island 2	Çoklu birim: 913 MWe PWR	KAZA: çekirdek birleşmesi (1979’da)	Yakıt Boşaltma Sonrası Faz 2 (1979)	\$ 805 milyon (tahmini)
ABD	Shippingport	(İlk BWR) 60 MWe	25 yıl (1989’da kapatıldı)	Decon tamamlandı 5 yılda söküldü (ilk küçük deneysel reaktör)	\$ 98,4 milyon
ABD	Trojan	PWR 1.180 MWe	16 yıl (Sismik hatta yakın olması nedeniyle 1993’te kapatıldı)	SAFSTOR : (soğutma kulesi 2006’da yıkıldı)	
ABD	Yankee Rowe	PWR 185 MWe	31 yıl (1960–1991)	DECON TAMAMLANDI – Yıkıldı (yatırım alanı ziyaretçilere açık)	\$608 milyon; bunun \$8 milyonu yıllık bakım masrafına harcanıyor
ABD	Maine Yankee	PWR 860 MWe	24 yıl (1996’da kapandı)	DECON TAMAMLANDI- 2004’te yıkıldı (yatırım alanı ziyaretçilere açık)	\$ 635 milyon ¹
ABD	Connecticut Yankee	PWR 590 MWe	28 yıl (1996’da kapandı)	Decon -2007’de yıkıldı (yatırım alanı ziyaretçilere açık)	\$ 820 milyon
ABD	Exelon - Zion 1 & 2	PWR - Westinghouse 2 x 1040 MWe	25 yıl (1973 – 1998) (İşlemlerde kaza gerçekleşti; vaporizatörlerin değiştirilmesinin aşırı yüksek maliyeti nedeniyle terk edildi)	Safstor-EnergySolutions (tesis 2018’de ziyaretçilere açılacak)	\$ 900–1,100 milyon (2007 dolar)

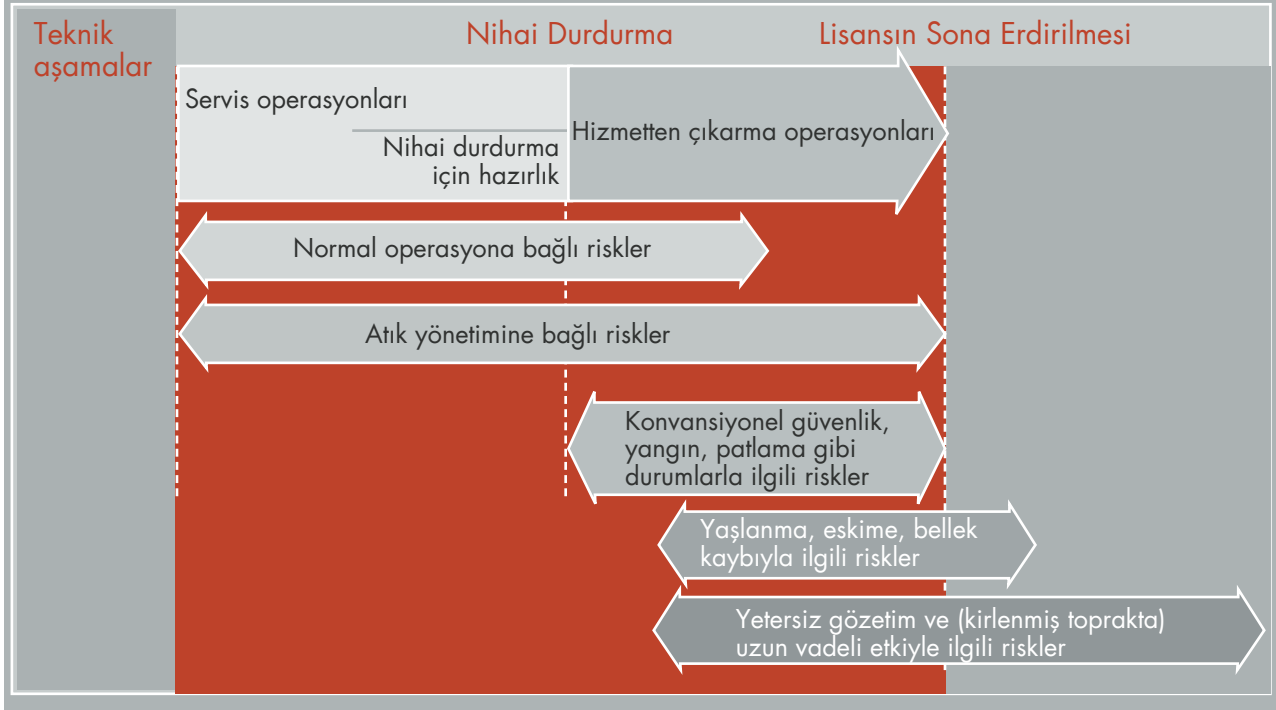
Doğal olarak hizmetten çıkarma işleminin yalnızca finansmanına önem vermek hizmetten çıkarmayla ilgili birçok riski ortadan kaldırmaz. Şekil 2 bir nükleer tesis hizmetten çıkarıldığında karşılaşılabilecek riskleri ve bu risklerin en yüksek düzeyde olabileceği dönemleri göstermektedir.

Atık yönetimiyle ilgili olan ve güvenlik veya radyasyon korumasını ilgilendiren riskler (atık depo sahalarının ve radyasyon yayan atık depolarının sayısındaki ciddi artışlar) büyük miktarda atığın üretildiği aşamalarda ve dolayısıyla da hizmetten çıkarma aşamasında mevcuttur.

Tesisin çalışması süresince mevcut olan riskler hizmetten çıkarma işlemleri ilerledikçe değişir. Reaktörün kritik seviyeye ulaşması gibi bazı riskler kısa sürede ortadan kalksa da, radyasyon korunması (korunak bariyerlerinin kademeli olarak kaldırılması) veya (çok sayıda yüklenicinin birlikte çalışması, yüklerin düşmesi, yüksekte çalışma gibi) konvansiyonel güvenlik riskleri giderek önem kazanmaktadır. Aynı durum yangın veya patlama riski (yapıları keserken kullanılan “hot spot” tekniği) ve örneğin insan ve (işletme aşamasıyla ilgili organizasyon değişiklikleri, harici yüklenicilere sık sık güvenme gibi) organizasyonla ilgili faktörler için de geçerlidir.

30

Şekil 2: Hizmette Çıkarma Süresince Karşılaşılan Başlıca Riskler



Nükleer reaktörlerin hizmetten çıkarılması işlemi genelde 10 yıldan fazla sürer. Ancak söz konusu işlem genelde birkaç on yıl süren bir faaliyet süresini takip eder. Bunun sonucunda, nükleer tesislerin bütün tasarım ve işletmesine ilişkin belleğin yitirilmesi risk çok yüksektir. Özellikle daha eski tesislerin tasarım ve faaliyetlerinin izlenebilirliği her zaman istenilen düzeyde kapsamlı ve güvenilir olmadığından, faaliyet aşamasında yer alan personelin bilgi ve anılarını toplayıp ayrıntılarıyla belgelendirmek çok önemlidir. Hizmetten çıkarma işlemlerinin uzunluğu bazı ekipmanların (örneğin elektrik veya izleme şebekesinin) eskimesiyle bağlantılı

riskleri dikkate alınmasını gerekli kılmaktadır. İşlemlerde varılan aşamaya bağlı olarak, kısmen sökülmüş yapıların potansiyel dengesizliğiyle ilişkili risklerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Tesisin fiziksel durumunda ve mevcut risklerde bazen meydana gelen hızlı değişiklikler tesis gözetim araçlarının daima yeterli ve uygun olmasını sağlama sorununu gündeme getirir. Genelde, merkezi izleme ve gözetim sistemlerinin potansiyel risk kaynaklarına mümkün olduğunca yakın konumlandırılmış olan “saha” radyasyon izleme veya yangın tespit cihazları gibi başka çok daha uygun kaynaklarla geçici veya daimi olarak değiştirilmesi şarttır. Tesisin hızlı ve belirgin şekilde değişen durumunun gözetiminin uygunluğu kontrol etmek zor bir işlemdir ve tehlikeli bir durumun başlangıcı tespit edememe riski son derece yüksektir.

Türkiye’de, hizmetten çıkarma ve tüketilen yakıtın depolanması/ çıkarılmasıyla ilişkili riskler de doğrudan işletmecinin sorumluluğu altındadır. Bu riskleri minimuma indirmeye yönelik ayrıntılı ve uzun vadeli plan ve prosedürler ve ilgili acil durum planlarının hazırlanıp bütün paydaşların bunlarla ilgili hemfikir olması gerekmektedir. Söz konusu plan ve prosedürler, spesifik hizmetten çıkarma aşamalarıyla net bir şekilde ilişkili olmalı, uzun vadeli tehlikeli/ radyoaktif madde depoları/ atık sahalarının büyüklüğü ve yerini belirlemeli ve bunların uzun vadeli korunmasını ve kontrol edilebilirliğini garantilemelidir.

Ancak, şu noktada hizmetten çıkarma ve ilgili risk azaltma önlemlerinin finansmanına yönelik planların yeterliliği konusundaki belirsizlikler devam etmektedir. Türkiye ve Rusya arasındaki hükümetler arası anlaşma, işletmecinin bütün hizmetten çıkarma karar ve çabalarından sorumlu olduğunu ve söz konusu çabaların fonlanması için (geliştirilecek ve işletilecek nükleer tesisten) satılan elektrikten kWh başına 0,0015 dolar ayrılacağını belirtmektedir. İzlenecek hizmetten çıkarma stratejileri, belirgin hizmetten çıkarma aşamaları ve/ veya hizmetten çıkarmayı tetikleyici ilgili mekanizmaların zamanlaması ve ilgili maliyet tahminleri ve acil durum planları halen daha kapsamlı bir şekilde ele alınması gereken alanlardır.

4.5 Tüketilmiş Yakıtın Depolanması/ Kaldırılmasına İlişkin Riskler

Fukushima kazasının da gösterdiği gibi, net bir şekilde tanımlanabilen diğer risk alanları tüketilen yakıtın yönetimiyle ilgilidir. Genel risk iki alt kategoriye bölünebilir. İlk alt kategori tüketilen yakıtın nükleer santral içerisinde veya yakınında geçici olarak depolanmasıdır. İkinci alt kategori, tüketilen yakıtı yeniden işleme (veya işlememe) kararını kapsayan tüketilen yakıtın uzun vadeli depolanmasıyla ilgilidir. Akkuyu örneğinde, uzun vadeli zorluk hükümetler arası anlaşmada tüketilen yakıtın Rusya’ya geri gönderilmesini öngören hüküm ile aşılmış gözükmektedir. Anlaşma, işletmecinin bütün tüketilen yakıtla ilgili depolanması ve ortadan kaldırılmasına dair faaliyetler ve dolayısıyla maliyetler ve risklerden sorumlu taraf olduğunu belirtmektedir. Nitekim, Rusya, dünyada tüketilen yakıtı daimi olarak geri alan tek ülkedir. Diğer ülkeler, tüketilen yakıtın yeniden işlenmesinden sonra ortaya çıkacak yüksek düzeyde toksik atıkları kaynak ülkeye geri göndermektedirler.

Akkuyu örneğinde ana risk tüketilen yakıtın nükleer tesis içerisinde veya yakınında geçici olarak depolanmasıdır. Diğer ilgili risk faktörleri arasında tüketilen yakıtın daimi olarak depolanacak ülkeye nakli bulunmaktadır. Daha da önemlisi, yerel tesiste geçici olarak depolanmış tüketilen yakıtın miktarı, süresi, yeri ve yöntemi ve bunun geçici depodan Rusya’daki nihai adrese nakledilme sıklığı, aracı ve yoluyla ilgili olarak ilgili acil durum planlarının halen ele alınması gerekmektedir.

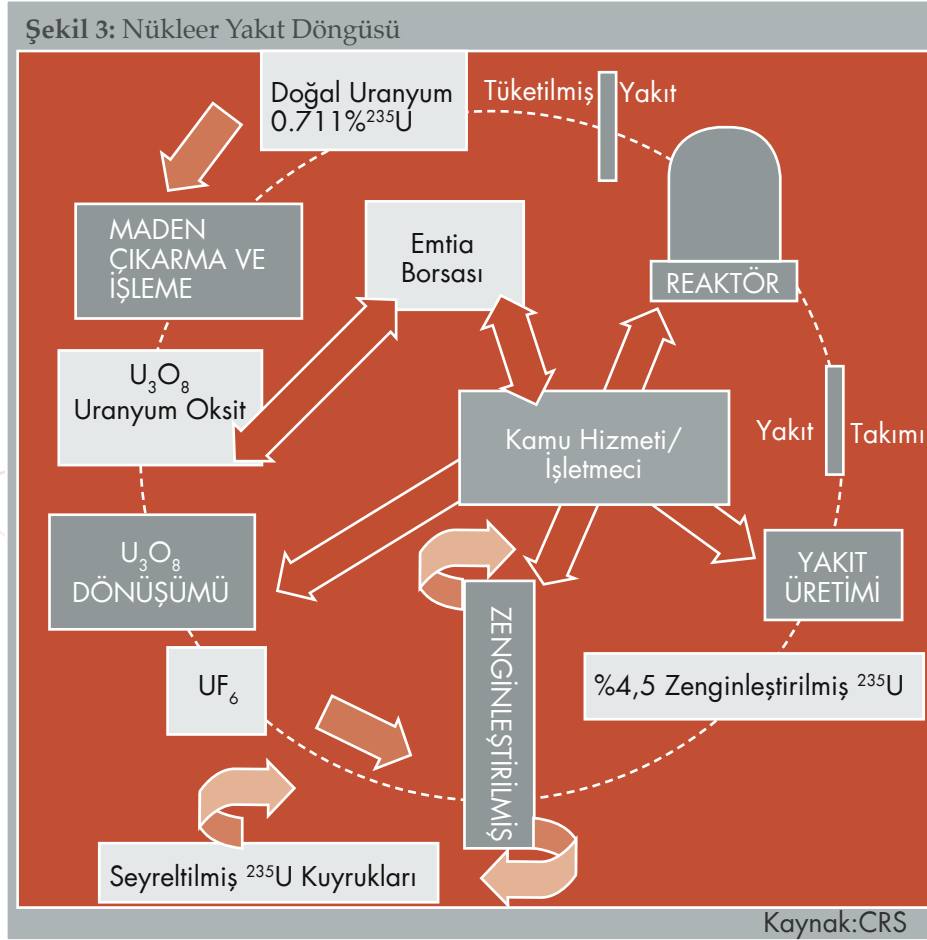
Ancak, yukarıda belirtildiği gibi, Akkuyu nükleer santrali için Rusya ile yapılmış olan anlaşma tüketilen yakıtın yönetimine ilişkin risklerin ele alınması için şablon bir çözüm sunmaz. Diğer durumlarda, işletmeci, tüketilen yakıtın daimi olarak depolanmasını garanti edemeyecektir. Dolayısıyla, Türkiye’nin sivil nükleer enerji geliştirmeye yönelik iddialı bir programı uygulama hedefi, er ya da geç tüketilen yakıtın yönetimiyle ilgili kritik sorunların ele alınacağı bir ulusal bir strateji geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

5 Stratejik Riskler

5.1 Tedarik Güvenliği Sorunları ve İlişkili Riskler

Tedarik Güvenliği, öncelikle, tesisin tasarım kapasitesinde sürekli, güvenli ve güvenilir bir şekilde çalıştırılması için gerekli olan uygun nükleer yakıtın yeterli düzeyde bulunabilirliği ile ilintilidir.

Nükleer yakıtın üretilmesi zordur. Belli bir miktarda düşük oranda zenginleştirilmiş uranyum uygun yerlerde stoklansa bile yakıtın uygun düzeyde zenginleştirilmesi / karıştırılması ve belirli bir nükleer reaktör için spesifik olarak üretilmesi gerekecektir. Uzmanlar, üretim tesisinin (hiçbir bekleme süresi olmadan) hemen hazır olması ve düşük derecede zenginleştirilmiş uranyumun (LEU) reaktör için gereken niteliklere zaten sahip olması durumunda bile, zenginleştirmeden nihai yakıt çubuklarının imalatı aşamasına kadar geçecek olan zaman neredeyse bir yıl sürebileceğine işaret etmektedir (kavramsal nükleer yakıt döngüsünün şematik çizimi Şekil 3’de sunulmuştur). Daha da muhtemel bir senaryoya göre, bu süre bazı durumlarda iki yıl veya daha uzun bir zaman olabilir. Dolayısıyla, yalnızca zenginleştirilmiş uranyumla sınırlı tedarik güvence programları gerekli olmakla birlikte bunlar yetersiz kalmaktadır. Ayrıca, yakıt üreticileri uzmanlaşma eğilimindedir ve alternatif yakıt takımı üreticileri optimum performans açısından muhtemelen daha düşük kalitede takımlar üretecek belirli bir “yakıt takımı” (nihai ürün) sunmaya yetkili bile olmayabilir. Bu durum, işletmecilerin, yakıt stok envanterini koruyarak, siparişlerde uzatılmış teslim sürelerini kullanarak ve (mümkünse) bazı alternatif kaynakları temin ederek ticari ve siyasi yakıt risklerini yönetmelerinin önemini vurgulamaktadır (Decker ve Kerjan 2007).



Buna rağmen, birçok uzman mevcut piyasa düzenlemelerinin nükleer yakıt endüstrisinin bütün yönlerinin tedarikinde çok yüksek bir güvenlik standardı sunduğunu belirtmiştir. Endüstrinin geçmişinde elektrik üretiminde kayba neden olacak bir tedarik kesintisi hiçbir zaman olmamıştır. Son yıllardaki birkaç büyük kesinti durumlarının hepsi konvansiyonel piyasa mekanizmalarıyla çözülmüştür (Dünya Nükleer Birliği, 2006).

Geçmişteki bu mükemmel performansın başlıca nedeni, nükleer reaktörlerin 12-18 ay boyunca yeniden yakıt almadan çalışmaları (durmadan önce aylar boyunca elektrik tedarik etmeleri) ve taze yakıt sevkiyatının gecikmesi durumunda, bir reaktörün programlanan kapatma zamanından 2-6 ay sonrasında kademeli olarak daha düşük bir güçte hala çalışabilmesidir. Buna ek olarak, nükleer enerji santrali işletmecileri genelde yakıt ikmali yapmadan birkaç ay önce yeniden tam yakıt alırlar ve tedarik zincirinde işlenmekte olan malzemenin yakıt tedarik envanterleri gereksinimi aylarca karşılayacak düzeyde olur. Dolayısıyla, nükleer enerji santralleri konvansiyonel rakiplerine kıyasla çok daha bağımsız ve esnek bir elektrik üretimine sahiptir (Euratom Supply Agency, 2005).

Buna paralel olarak, nükleer yakıtın tedarik güvenliğine ilişkin endişeler yeni bir konudur. Bu yeni endişenin başlıca nedenlerinden biri doğal uranyumun birincil üretiminin dünya talebinin yalnızca %60'ını karşılıyor olması ve kalan bölümün de geçmişteki üretimden (envanterlerden ve silahların sökülmesinden) ve zenginleştirme sürecinden atık kalan uranyumun yeniden zenginleştirilmesinden elde edilmesi (Euratom Supply Agency, 2005).

2005'te, farklı hükümetlerin önerilerini özetleyip raporlamak ve ülkelere sivil nükleer yakıt tedariki güvencesi sağlayacak ve nükleer silahların yayılmasının önlenmesini garantileyecek bir çözüm sunmak amacıyla IAEA tarafından bir

uzman grubu oluşturulmuştur (International Atomic Energy Agency, 2005). O tarihten beri, garanti edilen nükleer yakıt tedarikinin farklı yönleriyle ilgili, IAEA himayesinde düşük oranda zenginleştirilmiş uranyum (LEU) stoklarının oluşturulmasından, nükleer endüstri ve ilgili hükümetler tarafından sunulan güvenceler ile uluslararası uranyum zenginleştirme merkezlerinin oluşturulmasına kadar uzanan çeşitli öneriler getirilmiştir

ABD, Fransa, Almanya, Rusya, İngiltere ve Hollanda’dan oluşan altı Devlet, bir tedarikçinin teslimatının nükleer silahlarına yayılması endişeleriyle bağlantılı olmayan siyasi nedenlerden dolayı kesilmesi durumunda kalan zenginleştiricilerin kesinti çözüme kavuşturulana kadar ikame mal kaynağını toplu olarak güncel piyasa fiyatından sunmasını öngören bir zenginleştirilmiş uranyum ikmal güvencesi önermiştir. Bazı uzmanlar başlıca zenginleştiricilerin güvenceyi yedeklemek üzere bir miktar zenginleştirilmiş yakıt ayırmalarını tavsiye etmiştir.

2 Aralık 2010 tarihinde, ilk uluslararası nükleer yakıt deposu Sibiryang Angarsk’taki bir uranyum zenginleştirme tesisinde hizmete alınmıştır. Yakıt bankasında, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı’nın onayı ve gözetimi altında, 120 ton düşük oranda zenginleştirilmiş uranyum bulunmaktadır.

Ancak, güvencelere uygun olmak için ülkelerin zenginleştirme ve yeniden işlemeden ne derece vazgeçeceği net değildir. Ayrıca, bu gibi “yakıt bankalarından” gelecek nükleer yakıt ikmaline ilişkin “uygunluk kriterleri” çok net olmayıp, IAEA tarafından oluşturulan aşağıdaki bir dizi örnek kriter tarafından da gösterildiği gibi, bunlar siyasi değerlendirmelere açıktır (IAEA Yönetim Kurulu, 2010).

Başvurulacak son çare olarak, LEU yalnızca aşağıdaki durumda olan bir Üye Devlete temin edilmelidir;

- Bulunabilirliği ve/veya transfer edilebilirliği etkileyen istisnai durumlardan dolayı bir nükleer enerji santraline yönelik LEU ikmalinde kesinti yaşayan ve LEU’yu ticari piyasadan, Devletler arası düzenlemelerden veya buna benzer başka bir yoldan temin edemeyen bir Üye Devlete;*
- Hakkında, en son Güvenlik Tedbirleri Uygulama Raporu’nda (SIR) Ajansın vardığı sonuca göre deklare edilmiş nükleer malzeme herhangi bir sapma olmadığı ve o ülkedeki güvenlik tedbirlerinin uygulanmasına ilişkin Kurumun Yönetim Kurulu tarafından değerlendirilen hiçbir sorunun olmadığı Üye Devlete;*
- Güvenlik önlemlerinin bütün barışçıl nükleer faaliyetlerine uygulanmasını öngören ve güvenlik önlemlerinin IAEA LEU bankası tarafından tedarik edilen LEU’ya uygulanmasını gerektiren kapsamlı bir güvenlik önlemleri anlaşmasını uygulama koyan Üye Devlete;*
- Genel Müdürün Üye Devletin yukarıda (a), (b) ve (c) bentlerinde listelenen kriterleri yerine getirdiği sonucuna vardığı Üye Devlete.*

Yukarıdaki bilgilerin ışığında, sağlam bir nükleer yakıt tedarik güvencesi, üç kademe garantiden oluşan “derinlemesine garanti” kavramını yansıtmalıdır (World Nuclear Association, 2006).

- **Düzyey I:** Küresel piyasa tarafından sağlanan temel tedarik güvenliği. Tedarikçilerle makul fiyat düzeylerinde çeşitlendirilmiş ve uzun vadeli iş ilişkileri geliştirmek bu kademenin ayrılmaz bir parçasıdır. Buna ek olarak, işin “uzun vadeli” kısmı da önemlidir, çünkü, bu, tedarikçilerinin yeni yatırımlar konusunda karar vermelerini ve/veya kendi tedariklerinin görünürlüğünü ve devamlılığını garanti altına almalarını kolaylaştırır.
- **Düzyey II:** Zenginleştiricilerin tarafından sunulan, IAEA üyesi ülkeler ve IAEA tarafından desteklenen toplu garantiler (bunlar, zenginleştirici ile müşteri Devlet arasında ikili siyasi nedenlerden dolayı normal ticari arzın kesilmesi durumunda uygulanacaktır).
- **Düzyey III:** Ülkelerin zenginleştirilmiş uranyum ürünü (EUP) stokları (bunlar, zenginleştiricilerin Düzyey II’de öngörülen tedarik taahhütlerini yerine getirmeme yönündeki düşük ihtimalde son çare olarak kullanılacaktır).

Acil durum veya yedeklemeye ilişkin düzenlemelerin ya da tedarik garantisi düzenlemelerinin piyasadaki mevcut düzenlemelerin başarısız olması durumunda son çare olarak kullanılması ve pazardaki malların ikamesi olarak kullanılmaması gerektiği vurgulanmalıdır. Buna ek olarak, acil durum veya yedekleme ya da tedarik garantisi düzenlemelerinin tetiklenmesinin, ancak pazarda nükleer silahların yayılmasının önlenmesine ilişkin sorunların haricinde bir nedenden dolayı vuku bulan bir siyasi kesinti durumunda etkili olması beklenmektedir. Diğer bir deyişle, müşteri Devletin kendi nükleer yakıtını üretme yönündeki tek taraflı çabasının tedarik garanti sisteminin ilk iki kademesine zarar vermesi muhtemeldir.

Akkuyu örneğinde, gerekli yakıtı sağlamak ve tedarik güvenliğini sağlamak doğrudan Rus işletmecinin sorumluluğudur. Ancak, özellikle güç kaynağı kesintileri ve operasyonel devamlılık açısından, bu gibi risklerin gerçekleşmesi kamuyu etkileyecektir. Dolayısıyla, bu riskleri minimuma indirmeye yönelik ayrıntılı ve uzun vadeli plan ve prosedürler ve ilgili acil durum planlarının hazırlanıp bütün paydaşların bunlarla mutabık kalması gerekmektedir. Söz konusu plan ve prosedürler, tedarik kaynaklarını, muhtemel yedekleme opsiyonlarını ve hedeflenen stok düzeylerini net bir şekilde belirlemelidir. Gereken yakıtın bir kısmını veya hepsini hemen veya gelecekte üretme planı varsa, söz konusu planın zamanlama, yatırım, ekipman, teknik bilgi ve test ihtiyaçlarıyla ilgili ayrıntıları ve IAEA’nın onayını/tasdikini almaya yönelik plan ve prosedürleri sunmalıdır. Ayrıca, ilgili düzenleyici kuruluşları yakıt stok hedeflerine uyulduğundan emin olmak için işletme dönemi boyunca düzenli denetimler gerçekleştirebilmelidir.

5.2 Terör Riskleri

Nükleer santrallerde bir terör saldırısını önlemek, buna direnmek ve gerekirse bunun etkilerini azaltmak üzere zaten kapsamlı önlemler alındığı dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla, teoride, nükleer santraller, muhtemelen başarısız olacak saldırılar gerçekleştirilmeye isteksiz olan sofistike teröristler için cazip olmayan hedefler olarak görülmelidir. Ancak, nükleer santraller aynı zamanda kamuoyu tarafından son derece iyi bilinen tesislerdir ve toplum bunların zarar görmemesi konusunda son derece duyarlıdır. Dolayısıyla, en küçük hasar veya bu yönde en küçük çaba büyük bir dikkat çekecektir. Bu özellik, anılan tesislerin terör saldırılarına hedef olma açısından cazibelerini büyük oranda artırmaktadır. Öte yandan, nükleer tesislerin terör saldırısına karşı dayanıklılıklarını azaltan bazı tasarım hatalarına geçmişte işaret edilmiş ve yetkililer teröristler tarafından kullanılacak hassas bilgilerin açığa çıkmasını engellemek için zaman zaman haber ambargoları getirilmesini talep etmişlerdir.

Terör Riskleri arasında aşağıdakiler unsurlar yer almaktadır,

- Patlayıcı veya yanıcı malzeme, kimyasal ve/veya biyolojik maddeler taşıyan uçak, helikopter, kamyon, araba veya hızlı botlarla tesise veya kullanılmış yakıt/atık depolama alanlarına çarpma girişimleri;
- Tesise veya kullanılmış yakıt/atık depolama alanları ya da elektrik hatlarına yönelik füze veya bomba saldırıları;
- Tesis sahasında veya binaların dış yüzeyinde patlayıcı, yanıcı madde ya da kimyasal veya biyolojik madde yerleştirme ve patlatma girişimleri;
- Tesise sızarak tesis içerisinde veya kullanılmış yakıt/atık depolama alanlarında patlayıcı veya yanıcı madde yerleştirme ve patlatma girişimleri;
- Tesise sızarak ekipmanlara ve/veya elektrik hatlarına zarar verme girişimleri;
- Radyoaktif madde çalma ve/veya radyoaktiviteyi yayma amacıyla içeri giren ya da dışarı çıkan radyoaktif/toksik malzemelerinin nakliyesini önleme girişimleri;
- Güç iletim sistemini sızarak ekipmanlara ve/veya elektrik hatlarına zarar verme girişimleri;
- Siber saldırılar (bir kazaya neden olmak üzere öncelikle santralin kontrollerini uzaktan ele geçirip manipüle etmeye yönelik girişimler).

Yukarıda listelenen girişimler, küçük veya büyük harici ekiplerini, intihar bombacılarını, içeriden destek veren kişileri, ağır ekipmanları ve küçük veya kapsamlı askeri stilde eğitimi kapsayabilir.

Bu noktada, nükleer enerji santrallerinin fiziksel güvenliğinin ve bunların kasıtlı terör eylemlerine karşı savunmasızlığının 11 Eylül 2001’deki saldırıların ardından bir emniyet endişesi haline geldiği vurgulanmalıdır. Nükleer güç santralleri, kasırga, deprem ve diğer ekstrem olaylara dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak, Dünya Ticaret Merkezi ve ABD Savunma Bakanlığı binası Pentagon’a çarpan uçaklar gibi yakıtla dolu büyük uçakların kasıtlı saldırıları, üçüncü nesil reaktörler bile dahi, bugünkü reaktörlerin tasarım gereksinimleri belirlenirken dikkate alınmamıştı. 10 Eylül 2002’de Arap televizyon kanalı Al-Jazeera’da

banttan gösterilen bir röportajda El Kaide'nin 2001'de saldırılacak yerler listesinde başlangıçta bir nükleer santrali de dahil etmeyi planladığına dair bir ifade yer almıştı. Havadan bir saldırının bir nükleer santralin veya bir kullanılmış yakıt deposunun korunaklı yapısına girmesi durumunda bir erimenin meydana gelmesi veya kullanılmış yakıt sıcaklığının artması ve radyasyon yayılması imkansız değildir (Holt ve Andrews 2007, Martin 2000).

Bir uçak kazası, sel, terör saldırısı veya, Fukushima'da olduğu gibi, enerji tedarikinin kesilmesi bir nükleer enerji santralinde böyle bir kazaya neden olabilir. Dolayısıyla, Avrupa Komisyonu, doğal ve insan kaynaklı tehlikeleri kapsayan, uçak çarpmaları ve terör saldırılarının etkilerini de içeren stres testi olarak adlandırılan kapsamlı testlerin yapılmasını öngörmüştür. AB'deki 143 nükleer enerji santralinin hepsi AB genelindeki kriterler kullanılarak yeniden değerlendirilecektir (Avrupa Enerji Komisyonu).

Bu risklerin çoğu nükleer tesis yatırımcısı, işletmecisi, sigortacısı ve Devletler tarafından paylaşılmaktadır. Geliştirici ve işletmeci öncelikle tesis alanının emniyet ve güvenliğinden sorumludur. Kamu, uçak, helikopter, kamyon, araba çarpmaları, füze ve uzun menzilli bomba saldırılarına karşı koruma sağlamak, izinsiz grupların tesise yaklaşmalarını önlemek ve tesisten emniyet desteğine yönelik çağrılara yanıt vermekle sorumludur. Kamu, terör risklerinin indirgeme konusunda doğrudan sorumlu olduğundan bu riskleri minimuma indirmeye yönelik ayrıntılı ve hassas plan, teknik rehber ve prosedürlerin ve ilgili beklenmedik durum planı, ve acil durum ve toparlanma planlarının hazırlanıp bütün paydaşlarla bu konuda mutabakat sağlanmalıdır.

Kamu ile ilgili olarak, söz konusu rehber, prosedür ve planlar net bir şekilde şunları kapsamalıdır;

- i) Tesis etrafında uçuşa yasak bölge / teknelere yasak bölge, kısıtlı uçuş bölgesi / tekne bölgesi ve bunların nasıl izleneceği ve uygulanacağı ve gerektiğinde bunlara nasıl müdahale edileceğine dair bilgiler; izleme ve müdahale etme kapasitesi, insanlı veya insansız küçük, hızlı, alçaktan uçan araçlar ve hızlı tekneleri de dahil etmelidir;
- ii) Tesis etrafındaki kısıtlı araziler ve yollar ve bu kısıtlamaların nasıl izleneceği ve uygulanacağı ve gerektiğinde bunlara nasıl müdahale edileceğine dair bilgiler;
- iii) Yakında bulunan ve tesisle bağlantılı güvenli iletişim hatlarının olduğu bir komuta ve iletişim merkezi, yeterli emniyet ekipmanı ve personel (silahlı taktik kuvvetleri dahil) hemen bulunmaya ve dağıtılmaya hazır olan, güvenli bir şekilde stoklanmış malzemeler;
- iv) İçeri giren radyoaktif yakıtın ve dışarı çıkan radyoaktif / toksik atıkların ve kullanılmış yakıtın nakliyesinde emniyet desteğinin sunulması;
- v) Tesisten 15 km. uzaklığa kadar bulunan civar halkının kısmen veya tam olarak tahliye edilmesine yönelik beklenmedik durum planları kapasitesi;
- vi) Canlı eğitim programları ve alıştırmaları ve eğitim ve testlere dayalı simülasyon.

İşletmeciyile ilgili olarak, bu rehber, prosedür ve planların net bir şekilde aşağıdakileri kapsaması gerekmektedir;

- i) Bomba, füze, uçak ve kamyon çarpmalarına dayanıklı dış kaplama ve kullanılmış yakıt/ atık alanları;
- ii) Kara araçları tarafından çarpma / araç bombalama girişimlerini yasaklama yönelik yol bariyer sistemi;
- iii) Su yoluyla taşınan araçlara karşı koruma;
- iv) Kontrol odasına özel ilgi (işletmecilerin, bir patlayıcı, biyolojik veya kimyasal saldırının ardından tesisi güvenli bir şekilde kapamalarını sağlamak için); örneğin, sıkı kapatma ve/veya filtreleme, ayrı ısı kontrolü, bağımsız solunum cihazı; kontrol odasının dışındaki bir yerden reaktörü kapatma kapasitesi;
- v) İzinsiz girenleri tespit etmek ve kritik ekipmanların güvenli bir şekilde çalışmasını izlemek için ses, görüntü sistemleri ve diğer sistemler;
- vi) Gizlenmiş patlayıcı ve/veya yanıcı malzemelerin tespit edilmesine yönelik ekipman ve hayvanlar;
- vii) Emniyet ekibinin büyüklüğü, ekipmanları, malzemeleri ve kapasitesi (net tanımlanmış fiziksel uygunluk standartları, zorunlu testler için minimum kalifikasyon skorları ve iş başında eğitim gereksinimleri dahil);
- viii) Rutin denetimlerin sıklığı ve içeriği;
- ix) Tesis personeli üzerinde uygulanan kapsamlı taramalar ve dönemsel emniyet kontrolleri (tarama sürecine özgeçmiş kontrolü, psikolojik değerlendirme, uyuşturucu ve alkol taraması, sürekli davranış gözlemi dahildir);
- x) Tüm ziyaretçiler emniyet kontrolü;
- xi) Devletin komuta/emniyet merkeziyle güvenli iletişim;
- xii) Güvenilir yedek enerji bulunabilirliği;
- xiii) Kapsamlı acil durum yanıtı kapasitesi (özellikle ekipman hasar kontrolü, patlama, yangınla mücadele, eşgüdümlü kısmi veya tam tahliye, yedek iletişim, tıbbi kapasite);
- xiv) Tesis içerisindeki duyarlı alanlara çok katmanlı, kontrollü ve kısıtlı erişim;
- xv) İçeri giren ve dışarı çıkan bütün ikmal ve malzemelerin denetimi;
- xvi) İçeri giren yakıt ve diğer kritik ikmallerin nakliye güvenliği (araç türü ve büyüklükleri, yetkililerle eşgüdüm ve talep edilen kapsama, program, rota ve ilgili iletişimlerin güvenliği);
- xvii) Dışarı çıkan kullanılmış yakıt ve diğer radyoaktif / toksik atıkların nakliye güvenliği (araç türü ve büyüklükleri, yetkililerle eşgüdüm ve talep edilen kapsama, program, rota ve ilgili iletişimlerin güvenliği);
- xviii) Dijital bilgisayar ve iletişim sistemlerinin ve güvenlikle ilgili şebekelerin siber saldırılardan nasıl korunduğunu anlatan güvenlik planları;
- xix) Canlı eğitim programları, alıştırmaları ve eğitim ve testlere dayalı simülasyon.

Buna ek olarak, ilgili düzenleyici kuruluşlar, rehber, prosedür ve üzerinde hemfikir olunan planlara uyulduğundan emin olmak üzere, dönemsel denetimler gerçekleştirebilmelidir. Ayrıca, tesis alanıyla ilgili ulaşım ve iletişim bağlantıları muhtemel terör eylemlerine ivedilikle ek acil yanıt verilmesine imkan tanıyacak esnekliğe ve yedek kapasiteye sahip olmalıdır.

6 Türkiye’nin Nükleer Güçle İlişkili Güvenlik Risklerini Yönetme Kapasitesine İlişkin Değerlendirme ve Öneriler

Nükleer güç santrallerinin şu ana kadar tasarlanmış en sofistike ve karmaşık enerji sistemleri olduğu söylenebilir. 1979 yılında Three Mile Adası’nda olduğu gibi, bir arıza diğerine ve daha sonra bir dizi başka arızaya neden olarak reaktörün kalbi erimeye başlayabilir ve dünyanın en iyi eğitilmiş nükleer mühendisleri bile bunlara nasıl yanıt vereceklerini bilemeyebilir (Cooke 2009). Yakın geçmişte dünya, dünyanın teknolojik açıdan en gelişmiş ülkelerinden biri olan Japonya’nın Fukushima’daki nükleer kazayı önleyemediğine ve yönetemediğine şahit olmuştur. Nükleer güç santrallerinden çıkan atıklar yüzyıllar boyunca aktif kaldığından, nükleer enerji santrali kazaları küresel çevre ve kamu sağlığı açısından en yıkıcı tehditler haline gelebilir. Bunun sonucunda, nükleer enerji santrallerinin işletilmesi ağır riskler getirebildiğinden burada sofistike bir risk yönetimine ihtiyaç vardır. Nükleer risklerin doğru değerlendirilip güvenli bir şekilde yönetilmesi için de sofistike risk analizine ve yönetim tekniklerin kullanılmasına ve gerekli yüksek becerilere ve uzmanlıklara sahip insan kaynaklarına ihtiyaç vardır. Türkiye’nin güvenli bir şekilde nükleer enerjiye geçmesini sağlayacak gereksinimleri yerine getirme becerisiyle ilgili başlıca zorluklar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- İnsan kaynaklarındaki açık.

Geniş ölçekli bir nükleer enerji kapasitesini yönetme konusunda deneyimi olmayan bir ülke olarak, Türkiye’de halihazırda, özellikle güvenlikle ilgili sorunlar olmak üzere, devletin düzenleyici fonksiyonlarını etkin bir şekilde yürütecek insan kaynakları eksikliği vardır. Elbette bu sorun nükleer enerjiye geçiş birçok devlet için ortak bir sorundur. Bunun çözümü örneğin mesleki eğitim alanında IAEA ile çok daha yakın ve kapsamlı bir işbirliği gerektirecek uzun vadeli bir insan kaynaklarını geliştirme politikasını gerektirecektir. AB’nin TAIEX programı, ilgili düzenleyici kuruluşlar ve AB üyesi devletlerin nükleer makamları arasında eşleştirme programlarının yapılması için uygulanabilir. Ancak, kısa vadede, kamu en azından Akkuyu projesi için güvenlik ve güvenlik analizini üstlenmek üzere uluslararası uzmanlara başvurmaya karar verebilir.

- Düzenleyici Çerçevedeki Eksiklikler

Türkiye, nükleer enerji santrallerinin denetimi ve bu alandaki sorumlulukların net bir şekilde tanımlanması için yeterli derecede gelişmiş ve sofistike bir yasal ve düzenleyici çerçeveye sahip değildir. Nükleer güce geçişi gözetebilecek bağımsız bir düzenleyici kurum henüz oluşturulmamıştır. Aynı şekilde, nükleer enerji güvenliği sağlayacak etkin bir risk yönetimi sistemi henüz tam olarak kurulmamıştır.

Nükleer güce ilişkin mevcut düzenleyici yapı iki yasadandır; 2690 sayılı ve 9 Temmuz 1982 tarihli Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu ve uygulama yönetmeliği. Türkiye’nin ilk nükleer enerji kanunu olan 5710 sayılı Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ile Enerji Satışına İlişkin Kanun (“Nükleer Kanunu”) 9 Kasım 2007’de yürürlüğe girmiştir.

Hem çok taraflı hem de ikili olmak üzere, çok çeşitli uluslararası anlaşmalar da bu bağlamda geçerlidir (TAEK). Türkiye 1980 yılından beri Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Anlaşması’na (NPT) taraftır ve 1957 yılından beri de Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı’na (IAEA) üye devletler arasında yer almaktadır. NPT dışında, Türkiye nükleer gücün barışçıl kullanımının çeşitli yönlerini düzenleyen Tablo 3’te sunulan çok taraflı anlaşmalara taraf bir devlettir. Kullanılmış Yakıt Yönetimi ve Radyoaktif Atık Yönetimi Emniyeti hakkındaki Ortak Anlaşmaya ilişkin onay süreci devam etmektedir.

Tablo 3: Türkiye’nin Taraf Olduğu Uluslararası Anlaşmalar

Başlık	Yürürlük Tarihi	Durum
Kuzey Atlantik Anlaşmasına Taraf Devletler Arasında Atom İlgili Malumat Sahasında İşbirliğine Dair Anlaşma ve Ekinin Tasdikine Ait Kanun	10 Eylül 1956	İmza: 22 Haziran 1955 Onay: 22 Haziran 1955
Nükleer Enerji Alanında Üçüncü Şahıslara Karşı Hukuki Sorumluluğa İlişkin Paris Sözleşmesi	13 Mayıs 1961	İmza: 29 Temmuz 1960
Nükleer Enerji Alanında Üçüncü Şahıslara Karşı Hukuki Sorumluluğa İlişkin Paris Sözleşmesi’ni Yenileyen 29 Temmuz 1964 Ek Protokolü	13 Haziran 1967	İmza: 28 Ocak 1964 Onay 13 Haziran 1967
Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu Ayrıcalıklar ve Dokunulmazlıklar Anlaşması (P&I)	26 Haziran 1978	Kabul: 26 Haziran 1978
28 Ocak 1964 tarihli Ek Protokol tarafından değiştirildiği şekliyle, Nükleer Enerji Sahasında Hukuki Mesuliyete Dair 29 Temmuz 1960 tarihli Protokol	23 Mayıs 1986	İmza: 16 Kasım 1982 Onay: 23 Mayıs 1986
Nükleer Malzemelerin Fiziksel Korunması Sözleşmesi (CPPNM)	8 Şubat 1987	İmza: 23 Ağustos 1983 Yayımlanma Tarihi: 27 Şubat 1985
Nükleer Kaza Halinde Erken Bildirim Sözleşmesi (NOT)	3 Şubat 1991	İmza: 26 Eylül 1986 Onay: 3 Eylül 1990 Yayımlanma Tarihi: 3 Ocak 1991
Nükleer Kaza veya Radyolojik Tehlike Durumunda Yardım Sözleşmesi (ASSIST)	3 Şubat 1991	İmza: 26 Eylül 1986 Onay: 3 Eylül 1990 Yayımlanma Tarihi: 3 Ocak 1991
Nükleer Emniyet Sözleşmesi (NS)	24 Ekim 1996	İmza: 20 Eylül 1994 Onay: 8 Mart 1995
Viyana ve Paris Protokollerinin Uygulanmasına İlişkin Ortak Protokol (JP)	26 Haziran 2007	İmza: 21 Eylül 1988 Onay: 26 Mart 2007

Ayrıca, Türkiye halen, IAEA tarafından çıkarılan en son güvenlik standartları serisini kendi ulusal mevzuatına ekleyerek kendi nükleer mevzuatını oluşturma ve güncelleme aşamasındadır.

Tablo 4: TAEK Mevzuatı

Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük	19.12.1983 tarihli, 18256 sayılı RG[1]
Radyasyon Güvenliği Tüzüğü	07.09.1985 tarihli, 18861 sayılı RG
Özel Nükleer Malzemelerin Fiziksel Korunma Önlemleri Yönetmeliği	20.07.1979 tarihli, 16702 sayılı RG
Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği	24.03.2000 tarihli, 23999 sayılı RG
Nükleer Maddelerin Sayım ve Kontrolü Yönetmeliği	10.09.1997 tarihli, 23106 sayılı RG
Radyoaktif Maddenin Güvenli Taşınması	10.09.1997 tarihli, 23106 sayılı RG
Nükleer Güvenlik Danışma Komitesinin Kuruluş ve Çalışma Yöntemleri Yönetmeliği	10.09.1997 tarihli, 23106 sayılı RG
Araştırma Reaktörlerinde İşletme Organizasyonu, Personel Nitelikleri ve İşletici Personel Lisanslarına İlişkin Yönetmelik,	21.10.2005 tarihli, 25973 sayılı RG
Nükleer Tesislerin Emniyeti için Kalite Yönetimi Temel Gereklere Yönetmeliği	13.09.2007 tarihli, 26642 sayılı RG
Nükleer Güvenlik Denetimleri ve Yaptırımları Yönetmeliği	13.09.2007 tarihli 26642 sayılı RG
Nükleer ve Nükleer Çift Kullanımlı Eşyaların İhracatında İzne Esas Olacak Belgenin Verilmesine İlişkin Yönetmelik	13.09.2007 tarihli, 26642 sayılı RG
Nükleer Güç Santrallerinin Güvenliği İçin Özel İlkeler Yönetmeliği	17.10.2008 tarihli, 27027 sayılı RG
Nükleer Güç Santrallerinin Güvenliği İçin Tasarım İlkeleri Yönetmeliği	17.10.2008 tarihli, 27027 sayılı RG
Nükleer Güç Santrali Sahalarına İlişkin Yönetmelik	21.03.2009 tarihli, 27176 sayılı RG
Araştırma Reaktörlerinin Güvenliği için Özel İlkeler Yönetmeliği	17.02.2009 tarihli, 27144 sayılı RG
Araştırma Reaktörlerinde Olağandışı Olay Bildirim ve Raporlama Yönetmeliği,	17.02.2009 tarihli, 27144 sayılı RG
Araştırma Reaktörleri için Kayıt ve Raporlama Yönetmeliği	17.02.2009 tarihli, 27144 sayılı RG

TAEK Tarafından Onaylanan Düzenleyici Belgeler:

- Nükleer Güç Santrallerinde Yangından Korunma Kılavuzu
- Nükleer Güç Santrallerinin Tasarımında İnsan Kaynaklı Dış Olayların İlişkisine Dair Kılavuz
- Nükleer Tesislere Yer Lisansı ve Sınırlı Çalışma İzninin Verilmesinde Aranacak Deprem ile İlgili Konular Hakkında Kılavuz
- Nükleer Güç Tesislerinin Sismik Tasarım ve Kalifikasyonuna İlişkin Kılavuz
- Nükleer Tesislerin Güvenliği için Kalite Yönetim Sisteminin Oluşturulması ve Uygulanmasına İlişkin Kılavuz
- Nükleer Tesislerin Güvenliği için Belge ve Kayıtların Kontrolüne İlişkin Kılavuz
- Nükleer Tesislerin Güvenliği için Kabul Muayene ve Testleri Kılavuzu

- Teknolojik açık.

Akkuyu için seçilen reaktör modeli olan VVER-1200 dünyanın hiçbir yerinde daha önce işletmeye alınmamıştır ancak inşa halinde olanlar bulunmaktadır. Bunun farklı versiyonları halihazırda Rusya’daki iki yerde inşa edilmektedir. VVER-1200 bir üçüncü nesil teknolojisi olup dünyanın mevcut reaktör filosundan daha güvenli olarak görülebilir; ancak yalnızca kağıt üzerinde var olduğundan bu kanıtlanmamıştır. VVER-1200 daha eski VVER-1000 tipindeki reaktörlerden geliştirilmiştir. Birçok kanıtlanmamış özellik sunuluyor olduğundan, operasyonel bir performans geçmişiyle sahada güvenlik önlemlerinin tam olarak uygun olduğu gösterilmemiştir. Dolayısıyla, VVER-1200’ün tasarımı, inşaatı, hizmete sunulması, hizmetten çıkarılmasına ilişkin tatmin edici bir bilginin olmamasının yanı sıra, bunun güvenlik değerlendirmesini destekleyecek yeterli veri de yoktur. Bu belirsizlik güvenlik risklerinin artmasına neden olmakta ve güvenlik yönetimini çok daha zor kılmaktadır. Deneyim eksikliğine ek olarak belgelendirme eksikliği de mevcuttur. VVER-1200 için, güvenlik değerlendirmesini yapmak üzere gereken araçlar, gerekli güvenlik analizi bilgisayar kodları ve güvenlik marjları hakkındaki bilgileri sunan yöntemler tam olarak mevcut değildir. Bu araçlara, ayrıntılı teknik tarifleri içeren belgelere ve ön güvenlik analizine erişmeden VVER-1200 için güvenlik değerlendirmelerini düzgün bir şekilde yapmak mümkün değildir. Bu durum nükleer güvenlik değerlendirmelerinde önemli bir zaaf oluşturmakta ve dolayısıyla nükleer emniyetle ilgili riskleri arttırmaktadır.

- Kanıtlanmamış bir “Güvenlik Kültürü”

Kamunun, enerji alanındaki idareciler, düzenleyici kurum, geliştiriciler ve işletmecilerin her şeyden önce bir güvenlik kültürünü önceliklendirmeleri gerekmektedir. Güvenlik ve kalitenin, maliyet ve zamanlamadan daha yüksek önceliğe sahip olduğu aşağıdaki durumlarda kanıtlanmalıdır;

- Kalifiye alt yüklenici seçimi;
- Son teknoloji araç ve yöntemler;
- Belirlenen ihtiyaçlara tavizsiz uyum;
- Yönetici kadro tarafından denetimler.

Daha da önemlisi, nükleer enerjiyle ilgili her bir kurumun (düzenleyici, işletmeci, geliştirici, alt yüklenicinin) her bir düzeyinde yapıcı bir şüphecilik yaklaşımı geliştirilmelidir. Çalışanlar, yetkiyi sorgulamaya, yerleşmiş kural ve uygulamaları tartışmaya açmaya ve potansiyel güvenlik endişelerini dile getirmeye teşvik edilmelidir. Nükleer güce geçiş yapan ülkelerdeki önemli bir zorluk böyle bir ortamın oluşturulması olacaktır. Söz konusu gözlem, kültürel geleneklerin bu tip sorgulayıcı bir yaklaşımın ihdas edilmesini zorlaştırdığı bir ülke olan Türkiye açısından özellikle önem taşımaktadır.

Bu saptamaların ışığında, Türkiye’nin nükleer enerjiye geçiş aşamasında gözönüne alması gereken bazı adımları şu şekilde özetlemek mümkündür.

Türkiye’de nükleer enerji gibi son derece karmaşık ve yüksek riskler içeren bir teknolojinin emniyetli bir şekilde hayata geçirilmesinin garantisi, bu süreci

denetleyecek yetkin, bağımsız ve yeterli insan kaynağı ile donatılmış bir kurumsal kapasitenin oluşturulmasından geçmektedir. Bu çalışmada yeralan Prof. Dr. İzak Atiyas’ın analizinde de belirtildiği üzere, Akkuyu için seçilmiş bulunan yatırım modeli, sabit fiyatla elektrik alımını öngördüğünden, yatırımcıyı kar marjını artırmak adına maliyetleri kısma özendirilmektedir. Öte yandan, nükleer santrallerle ilgili tasarım, kuruluş, işletme, doğal felaketler, terörizm, arz güvenliği, nükleer atıklar, santral devreden çıkarma gibi son derece önemli risklerde esas sorumluluk ve risk yönetimi işletici kuruluşun üstünde iken, bu risklerin gerçekleşmesinin son derece vahim olumsuz etkilerini ülkemiz yaşamak durumundadır; dolayısı ile “bu riskleri zaten işletici kuruluş üstlenmiş durumdadır, bizi ilgilendirmez” demek mümkün değildir. Bu tespitlerin nükleer enerji santralinin emniyeti açısından sakınca yaratmaması için denetleyici konumdaki kurumsal kapasiteye daha da iş düşecektir.

Bu alanda gerekli insan kaynağı ile kültürel, organizasyonel ve yasal altyapıların kısa sürede yaratılması mümkün değildir. Dolayısıyla, insan kaynağı gereksinimi için, ilk aşamada yurtdışı kaynaklı kurum ve uzmanlardan destek alınması gerekebilecektir. Ancak, orta vadede iddialı bir insan kaynakları politikasının oluşturulması ve IAEA gibi uluslararası kurumlardan mesleki eğitim için destek alınması kaçınılmaz görülmektedir. Bu doğrultuda, i) yurdumuzda kurulmakta olan nükleer santrallerde, gerek kuruluş aşamasında, gerekse de faaliyete geçtikten sonra, mümkün olduğunca yerli teknik personel çalıştırılmasının teşvik edilmesi, ii) IAEA gibi kuruluşlarla en kısa zamanda işbirliğine gidilerek, denetim bilgi, beceri ve tecrübesine haiz yerli insan kaynaklarının hızla yetiştirilmesine yönelik programların hazırlanıp uygulamaya başlaması, iii) Nükleer santral kurmakta veya işletmekte olan ülkeler ve kuruluşlarla bağlantıya geçilip, bir miktar teknik eğitime ve donanımına sahip yerli teknik elemanların bu santrallerde düşük teknik düzeyde (hatta stajyer olarak) geçici sürelerle çalışıp tecrübe kazanmalarına imkan sağlanması, iv) Üniversitelerimizin nükleer santral teknolojisi, işletimi ve denetimi konularında eğitim veren yurt dışı üniversitelerle bağlantıya geçip bu konularda ortak lisans/lisansüstü programlar ihdas etmelerinin teşvik edilmesi, v) TÜBİTAK gibi araştırma kurumlarının nükleer santral teknolojisi, işletimi ve denetimi konularında, yurtdışı işbirliğine açık uygulamalı araştırma projelerini desteklemesinin teşvik edilmesi, vi) Gerekli idari ve mali düzenlemelerle gerekli teknik eğitim, donanım ve tecrübeye sahip personelin oluşturulacak denetleyici kurumlarında çalışmalarının teşvik edilmesi, gibi önlemler uygulamaya konulmalıdır.

Öte yandan, gerekli güvenlik standartlarını yakalamak için halihazırdaki kurumsal yapıda da eksiklikler görülmektedir. Türkiye’de henüz nükleer alanda faaliyet gösteren bağımsız bir denetleyici kurum bulunmamaktadır. Bu aşamada bu hassas görev TAEK tarafından yerine getirilmektedir. Ancak, TAEK’ın aynı zamanda bir operatör de olduğu gözönüne alındığında, bu görevin operatörlerden bağımsız yetkin bir idari kurum tarafından yürütülmesinin gereği ortadadır. Türkiye’de denetleyici kurumların bağımsızlığını tehlikeye atan idari, organizasyonel ve yasal düzenlemeler, nükleer enerji alanında da gerekli güvenlik standartlarının yakalanması açısından bir handikap teşkil etmektedir. Zira düzenleyici otoritenin idareden bağımsızlığı, ileride kamunun da ortak olabileceği bir yatırım modelinde, kamunun karlılığını tehdit edebilecek güvenlik standartlarında diretilmesini veya inşa halindeki bir nükleer santralin biran önce hayata geçirilmesini zorlayabilecek

siyasi iradeye karşı güvenlik standartlarından ödün vermeyerek işin gecikmesine dahi yol açabilecek kurumsal yapının ana özelliği niteliğindedir. Öte yandan, denetleyici kurumların personel işe alma, çalıştırma, maaş ve terfii mevzuatı da klasik kamu kurumlarından farklı oluşturulmalı ve tamamen yetkinlik ile beceriyi ön plana çıkartacak, bu konulardaki son derece kısıtlı insan kaynağını denetleyici kurumlarda çalışmaya özendirerek, kurumun personel seçiminde kadro sorunu yaşamadan bağımsız hareket edebilmesini sağlayacak mekanizmalar kurulmalıdır.

Nükleer güvenlik alanında oluşturulacak idari ve beşeri kapasitenin ilk aşamada tek bir nükleer teknoloji alanında denetim yetkinliğini elde etmesine odaklanması faydalı olacaktır. Nükleere geçiş aşamasında olan bir ülkede bu nitelikteki bir kapasitenin çok çeşitli nükleer teknolojileri birden gerekli yetkinlikte denetlemesini beklemek gerçekçi olmayabilir. Bu açıdan bakıldığında, Rusya ile yapılan hükümetlerarası anlaşma neticesinde Akkuyu’da inşa edilmesi beklenen nükleer santral basınçlı su reaktör kategorisinde olduğundan, olası ikinci bir santral için de aynı teknolojinin seçimi, denetleyici kapasitenin üzerinde daha az baskı yaratacaktır. Nitekim ikinci santral için Japon hükümeti ile yapılan görüşmelerde Türkiye’nin kaynar su yerine basınçlı su reaktör tipini tercih ettiğinin dile getirilmiş olması bu açıdan bir avantaj olarak görülmelidir.

Öte yandan, Türkiye zaman içinde oluşturacağı ve iyileştireceği denetim kapasitesini ek olarak dünyada yaygın olarak kullanılan “akran değerlendirmesi” yaklaşımına da açık olmalıdır. Zira bu sayede örneğin düzenleyici çerçevenin nükleer güvenlik ve güvenliğin sağlanması için yeterli olup olmadığı bu alanda yetkinlik sahibi IAEA tarafından incelenebilecektir. Veya benzer şekilde inşa edilen bir nükleer santralin faaliyete geçmeden önce yerli otoriteler tarafından denetlenmesinin yanısıra dünyadaki nükleer santral operatörlerinin şemsiye kuruluşu olan World Association of Nuclear Operators tarafından da ayrıca ve bağımsız olarak denetlenmesi mümkün olabilecektir. Henüz bir nükleer enerji santraline sahip olmamakla birlikte, Türkiye’nin Avrupa Birliği tarafından başlatılan nükleer santrallerin stres testine dahil olmak istediğini açıklamış olması olumlu bir gelişmedir.

Kamu otoritesinin nükleer enerjiye geçişte güvenlik ve güvenlik kriterlerinin sağlanması için atılan adımlar hakkında kamuoyunu daha kapsamlı ve düzenli şekilde bilgilendirilmesi de nükleer enerji konusu çevresinde oluşan polemiklerin azaltılmasına yarar sağlayacaktır. Kamuoyunda nükleer enerjinin güvenliğine dair varolan haklı endişelerin giderilmesi yönünde adım atılması ancak kapsamlı, uzun vadeli ve gerçeklere dayalı bir stratejik iletişim kampanyası ile mümkün olabilecektir.

Öte yandan, çalışmanın içinde de vurgulandığı gibi, nükleer santrallerin kuruluş, işletim ve sökülme aşamalarında doğabilecek risklerin en aza indirilebilmesi için, gerek kuran ve işleten kurumu, gerek denetleyici kurumu, gerekse de çevrede yaşayanları ve tüm diğer paydaşları kapsayan bir “riskten kaçma kültürü” oluşması son derece önemlidir. Bu “riskten kaçma kültürü”nün en önemli öğeleri, i) kadercilikle mücadele, ii) karmaşık teknolojilere karşı sürekli tedbirli ve sorgulayıcı olma, iii) risk içermesi muhtemel ortam ve süreçlerde ilgili kural, prosedür ve önlemleri harfiyen uygulama, uygulatma, aksama görüldüğünde inisiyatif alarak uyarma, iv) küçük veya büyük yaşanan tüm kazalardan,

istenmeyen durumlardan ve gerçekleşen risklerden ders çıkarma, v) en yerleşmiş süreçleri bile “acaba daha iyi olabilir mi?” diye sorgulama, gibi bir yaşam biçimini tarifler. Bu yaşam biçiminin kazanılması da ancak uzun vadede eğitim ve etkin medya kampanyaları ile gerçekleştirilebilecek bir toplumsal değişimle olur.

Sorumluluğu ve risk yönetimi işletici kuruluş üstünde olan risklerden arz güvenliği, nükleer atıklar ve santral devreden çıkarma riskleri ile ilgili bir önemli sorunun da tekrar altını çizmekte yarar vardır. Akkuyu nükleer santral projesi ile ilgili hükümetlerarası ve diğer anlaşmalarda bu konularda takip edilecek süreçler, ilgili risklerin en aza indirilmesi ile ilgili önlemler ve acil müdahale planları hemen hemen hiç gündeme gelmemektedir. Proje uygulaması başlamadan önce bu konulara açıklık getirilmesi gerekir.

Bu çalışmada yeralan diğer incelemelerde de vurgulandığı üzere, Türkiye’nin ilk nükleer santrali olmaya aday Akkuyu yatırımı, nükleer enerjiye geçiş bakımından daha sonra da tekrarlanabilecek nitelikte bir model teşkil etmemektedir. Gerek yatırım riskinin paylaşılması, gerek üzerinde mutabık kalınan elektrik fiyatı, gerekse de nükleer atık yönetimi açısından bu saptamanın altı çizilmektedir. Ancak Akkuyu yatırımı, Türkiye’nin nükleer güvenlik ve güvenlik açısından gerekli kurumsal ve beşeri altyapıyı oluşturmasını gerekli kılmaktadır. Nükleer enerji alanında açıklanan iddialı hedeflerin gerçekleşebilmesi için bu vazgeçilemez ön şartın yerine getirilmesi hükümetin öncelikli hedefleri arasında yer almalıdır.

Referanslar

Checchi A. (2009), “Long Term Energy Security Risks for Europe: A Sector Specific Approach”, Security of Energy Considering its Uncertainty, Risks and Economic Implications-SECURE, Center for European Policy Studies, Brüksel, Belçika.

Cooke S. (2009), *In Mortal Hands: A Cautionary History of the Nuclear Age*, Black Inc.

Cooper M. (Kasım 2009), “The Economics of Subsidizing the Nuclear Renaissance with Loan Guarantees and Construction Work in Progress”, Institute for Energy and the Environment, Vermont Law School,

Decker D.K. Michel Kerjan E.O. (2007), “A New Energy Paradigm: Ensuring Nuclear Fuel Supply and Nonproliferation through International Collaboration with Insurance and Financial Markets”, Working Paper 07-06, Wharton Risk Center, University of Pennsylvania.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (2010), “Nükleer Santrallar,” DEK-TMK Yayın No: 0018/2010, ISBN: 978-605-89548-6-1, Ankara, Türkiye.

Euratom Supply Agency (2005), “Analysis of the Nuclear Fuel Availability at EU Level from a Security of Supply Perspective”, Final Report, Task Force on Security of Supply.

Fritsch A.J., Purcell A.H., and Davis M.B.(2004), “Critical Hour: Three Mile Island, The Nuclear Legacy and National Security”, Yggdrasil Institute, ISBN 1-878721-05-4, Georgetown KY, ABD.

Greenpeace (2009), “The Financial Risks of Nuclear Power.”

Greenpeace Media Briefing (Ocak 2006), “Nuclear Power and Terrorism.”

Foss N.(1999), “Nuclear Safety and International Governance: Russia and Eastern Europe”, Report SP11, Oxford Institute for Energy Studies, ISBN 1901795 10 1.

Gaukler P., Barnett D.S., and Rosinski D.J. (2002), “Nuclear Energy and Terrorism”, NR&E, Kış.

Health and Safety Executive (Nisan 2007), “The Licensing of Nuclear Installations.”

Holt M., Andrews A. (2010), “Nuclear Power Plant Security and Vulnerabilities”, Congressional Research Service 7-5700, CRS Report for Congress, Washington, ABD.

IAEA Board of Governors (2010), “Assurance of Nuclear Fuel Supply”, Resolution No: GOV/2010/20,

IAEA (2010), “Cost Aspects of the Research Reactor Fuel Cycle”, IAEA Nuclear Energy Series No: NG-T-4.3, IAEA, Viyana, Avusturya.

International Atomic Energy Agency (2005), “Multilateral Approaches to the Nuclear Fuel Cycle”, Expert Group Report INFCIRC/640.

International Nuclear Safety Advisory Group – INSAG, International Atomic Energy Agency IAEA (1999), “Basic Safety Principles For Nuclear Power Plants”, INSAG-12, , Viyana, Avusturya.

Irie K. (Nisan 2009) , “The Economics of Nuclear Energy”, The Institute of Energy Economics, Japan – IEEJ.

Laaksonen J. (2011), “Lessons Learned from the Olkiluoto 3 Plant Construction for the Next Projects in Finland”, STUK - Radiation and Nuclear Safety Authority, Finlandiya.

Lockbaum D. (2011), “The NRC and Nuclear Power Plant Safety in 2010”, Union of Concerned Scientists, Cambridge, USA.

Koplow D. (2011), “Nuclear Power: Still Not Viable Without Subsidies”, Union of Concerned Scientists, Cambridge, ABD.

Nikas D. (Şubat 2008) , “How the NRC’s New Licensing Process will (and won’t) Smooth the Way for Nuclear Plant Construction”, Ratings Direct, Standard and Poor’s.

Nikitin M.B., Parillo J.M., Squassoni S., Andrews A., Holt M.(2008), “Managing the Nuclear Fuel Cycle: Policy Implications of Expanding Global Access to Nuclear Power”, CRS Report for Congress, Washington, ABD.

Nuclear Energy Agency (2003), “The Regulatory Challenges of Decommissioning Nuclear Reactors”, Report 4375, , OECD, ISBN 92-64-02120-5, Paris, Fransa.

Nuclear Energy Agency (2010), “The Security of Energy Supply and the Contribution of Nuclear Energy”, Rapor No: 6358, OECD, ISBN 978-92-64-09634-9.

Nuclear Safety and Civil Protection, European Commission (1988), “Decommissioning of Nuclear Installations in the European Union”, Rapor No: EUR 18860, Nuclear Safety and the Environment Series, Directorate General for Environment, Lüksemburg.

Parliament Office of Science and Technology (Temmuz 2004), Rapor No: 222, “Assessing the Risk of Terrorist Attacks on Nuclear Facilities.”

Pasqualetti M., Pijawka K.D. (1996), “Unsitng Nuclear Power Plants”, Cilt 48, No:1, s. 57-69.

Seward A., Wood T.(2010), “Redundancy of Supply in the International Nuclear Fuel Fabrication Market A Technical Question in Political Perspective”, PNNL.

TAEK Teknoloji Dairesi (2010), “Kore’de Nükleer Güç Programı’nın Gelişimi,” Ankara.

Tanter R. (2009), Imhoff A. and Hippel D., “Nuclear Power, Risk Management and Democratic Accountability in Indonesia”, Austral Policy Forum 09-22A, Nautilus Institute.

Taylor M.(2009), “The Financing of Nuclear Power Plants”, NEA News, No: 27/2.

Technical Report Series (2006), “Management of Problematic Waste and Material Generated During Decommissioning of Nuclear Facilities,” No: 441, IAEA, Viyana, Avusturya.

TNS Opinion and Social, Directorate-General for Communication, AB (2004), “Europeans and Nuclear Safety”, Special Eurobarometer 324, Brüksel, Belçika.

U.S. Nuclear Regulatory Commission (2011), “Decommissioning Nuclear Power Plants”, Fact Sheet.

Weisser D., Howells M., Rogner H.(2008), “Nuclear Power and Post-2012 Energy and Climate Change Policies”, Environmental Science and Policy, Cilt 11, s. 467-477.

World Energy Counsel - WEC (2007), “The Role of Nuclear Power in Europe”, İngiltere, ISBN 0 946121 230.

World Nuclear Association (2006), “Ensuring Security of Supply in the International Nuclear Fuel Cycle”, Report, , Londra, İngiltere.

World Nuclear Association (2011), “Nuclear Power in South Korea.”

Wood T., Seward A (2010)., “Nuclear Fuel Fabrication in the Context of Reliable Nuclear Fuel Services”, Pacific Northwest International Conference on Global Nuclear Security, Portland, USA.

Bölüm II

Büyük Nükleer Kazalar ve Nükleer Enerji Teknolojisinin Evriminde Doğurdukları Sonuçlar



Prof. Dr. Hasan Saygın

Yönetici Özeti

52

Nükleer felaket, insanları fiziksel, zihinsel, duygusal ve ekonomik hasar vererek ayrıca da gelecek nesiller üzerinde ciddi etkilere yol açacak biçimde genetik olarak derinden etkileyen bir afettir. Üç Mil Adası kazası (1979), Çernobil faciası (1986) ve şimdi de Fukuşima I nükleer kazası (2011) nükleer enerjinin gelişimini ve reaktör teknolojisinin evrimini güçlü bir biçimde etkilemiştir. Dünyadaki ilk ciddi kaza ve bugüne kadar Batı ülkelerindeki en kötü nükleer kaza, 1979'da Üç Mil Adasındaki tesiste bulunan basınçlı su reaktöründe gerçekleşmiştir.

Bu kaza, INES seviye 5 olarak ölçeklendirilmiştir. Üç Mil Adası kazası nükleer enerjinin küresel gelişiminde önemli bir dönüm noktasıydı. 1963-1979 arasındaki dönemde yapım aşamasındaki reaktörlerin sayısı her yıl sürekli artmaktaydı. Kaza sonrasında, ABD'de yapım aşamasındaki reaktörlerin sayısı hızla düşmüştür. 1980-1984 arasında toplam 51 Amerikan nükleer reaktörü iptal edilmiştir. Küresel olarak, nükleer enerji santrallerindeki artış, 1986 yılında çok daha yıkıcı olan Çernobil felaketi ile durmuştur. Çernobil kazası tüm dünyada nükleer enerji sektörü açısından bir dönüm noktasıydı. Dünya Nükleer İşletmeciler Birliğine göre (WANO); "Bu kaza nükleer enerjinin yeterince güvenli olmadığını açıkça göstermiştir. Kaza, nükleer enerji hakkında öylesine olumsuz bir yargının oluşmasına neden olmuştur ki, bu nitelikte bir kazanın tekrarlanması halinde nükleer enerjinin bütün dünyadaki mevcudiyeti hatta geleceği tehlikeye girecektir."

1979'daki Üç Mil Adası ve 1986'daki Çernobil kazalarını izleyen onlarca yıllık durgunluk sonrasında, iklim değişikliği ve enerji bağımlılığına ilişkin ciddi endişeler nedeniyle nükleer enerji yeniden gündeme girmiş bulunmaktaydı. Sektör son yıllarda yeniden canlanmaya çalışıyordu. Fukuşima kazası tam da bu esnada ve sektör temsilcilerinin enerjiye aç bir dünyada nükleer enerjinin büyük çapta yayılmasını kaçınılmaz hale geldiğini ileri sürdükleri bir aşamada gerçekleşmiştir. Bu kaza, Çernobil'den bu yana, belki de tarihte yaşananların en kötüsü olarak nitelendirilmektedir.

Dünyadan meydana gelen çeşitli nükleer kazalar sonrasında, gerek kamu otoriteleri gerek santral üreticileri bu kazalardan ders çıkararak, nükleer enerjinin daha güvenli bir enerji kaynağı haline gelmesine katkıda bulunmuşlardır. Nitekim 1980'lerin başından bu yana nükleer enerji kullanan birçok ülke, nükleer güvenliği düzenleyerek denetim altına almıştır. Sektör, kendinden güvenli olarak adlandırılan reaktörlerin geliştirilmesi üzerinde çalışmaktadır. Gelişmiş (Nesil III ve III+) reaktörler, bu dönemde geliştirilmiştir. Akkuyu santrali için öngörülen VVER 1200 tipi reaktörleri de içeren bu yeni nesil reaktörler, daha güvenli ve daha fazla yakıt tasarruflu olup sermaye maliyetini düşüren daha basit bir tasarıma haizdir.

1 Giriş

Nükleer felaket, insanları fiziksel, zihinsel, duygusal ve ekonomik hasar vererek ayrıca da gelecek nesiller üzerinde ciddi etkilere yol açacak biçimde genetik olarak derinden etkileyen bir afettir. Üç Mil Adası kazası (Three Mile Island) (1979), Çernobil faciası (1986) ve şimdi de Fukushima I nükleer kazası (2011) nükleer enerjinin gelişimini ve reaktör teknolojisinin evrimini güçlü bir biçimde etkilemiştir (IAEA 2009).

Dünyadaki ilk ciddi kaza ve bugüne kadar Batı ülkelerindeki en kötü nükleer kaza, 1979'da Üç Mil Adasındaki tesiste bulunan basınçlı su reaktöründe gerçekleşmiştir (Teeghman). Bu kaza, INES seviye 5 olarak ölçeklendirilmiştir. Üç Mil Adası kazası nükleer enerjinin küresel gelişiminde önemli bir dönüm noktasıydı. 1963-1979 arasındaki dönemde yapım aşamasındaki reaktörlerin sayısı her yıl sürekli artmaktaydı. Kaza sonrasında, ABD'de yapım aşamasındaki reaktörlerin sayısı hızla düşmüştür. 1980-1984 arasında toplam 51 Amerikan nükleer reaktörü iptal edilmiştir. Küresel olarak, nükleer enerji santrallerindeki artış, 1986 yılında çok daha yıkıcı olan Çernobil felaketi ile durmuştur. Çernobil kazası tüm dünyada nükleer enerji sektörü açısından bir dönüm noktasıydı. Dünya Nükleer İşletmeciler Birliğine göre (WANO); "Bu kaza nükleer enerjinin yeterince güvenli olmadığını açıkça göstermiştir. Kaza, nükleer enerji hakkında öylesine olumsuz bir yargının oluşmasına neden olmuştur ki, bu nitelikte bir kazanın tekrarlanması halinde nükleer enerjinin bütün dünyadaki mevcudiyeti hatta geleceği tehlikeye girecektir."¹

1980'lerin başından bu yana nükleer enerji kullanan birçok ülke, nükleer güvenliği düzenleyerek denetim altına almıştır. Sektör, kendinden güvenli olarak adlandırılan reaktörlerin geliştirilmesi üzerinde çalışmaktadır. Gelişmiş (Nesil III ve III+) reaktörler, bu dönemde geliştirilmiştir. Daha yeni reaktörler, daha güvenli ve daha fazla yakıt tasarrufu özelliklerine sahip olup sermaye maliyetini düşüren daha basit bir tasarımı haizdir.

1979'daki Üç Mil Adası ve 1986'daki Çernobil kazalarını izleyen onlarca yıllık durgunluk sonrasında, iklim değişikliği ve enerji bağımlılığına ilişkin ciddi endişeler nedeniyle nükleer enerji yeniden gündeme girmiş bulunmaktaydı. Sektör son yıllarda yeniden canlanmaya çalışıyordu. Fukushima kazası tam da bu esnada ve sektör temsilcilerinin enerjiye aç bir dünyada nükleer enerjinin büyük çapta yayılmasını kaçınılmaz hale geldiğini ileri sürdükleri bir aşamada gerçekleşmiştir. Bu kaza, Çernobil'den bu yana, belki de tarihte yaşananların en kötüsü olarak nitelendirilmektedir. Japonya'da Fukushima'daki reaktörlerin tasarımcıları, bir deprem tarafından yaratılan tsunaminin, deprem sonrası reaktörü stabilize etmesi beklenen yedek sistemi etkisiz hale getireceğini öngörmediler.

Nükleer enerji sektörü, reaktör güvenliği ve performansını iyileştirdi ve daha güvenli (fakat genellikle test edilmemiş) yeni reaktör tasarımlarını oluşturdu. Ancak, reaktörlerin doğru biçimde tasarlanacağı, inşa edileceği ve çalıştırılacağına dair hiçbir garanti bulunmamaktadır. Kaza, Üç Mil Adası ve Çernobil kazaları gibi, nükleer reaktör teknolojisindeki ciddi sorunların varlığını bir kez daha ortaya koydu.²

1- <http://clonemaster.homestead.com/files/cancel.htm>

2- "Nükleer Enerjinin 50 Yılı", IAEA. http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC48/Documents/gc48inf-4_ftn3.pdf.

Bu kazaların ardından tüm nükleer tesisler, kendi reaktör tasarımlarını ve operasyonlarını, deneyimler ışığında ne gibi değişiklikler yapılması gerektiğini belirlemek üzere gözden geçirdiler.

Bu çalışmada, dünyadaki büyük nükleer reaktör kazaları ve nükleer teknolojinin evrimi açısından etkileri incelenmektedir.

2 Dünyadaki En Büyük Nükleer Kazalar

Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA), nükleer ve radyasyon kazasını / felaketini “herhangi bir biçimde ve sebeple kazayla veya planlı gerçekleşmiş olmasından bağımsız olarak bireyler üzerinde öldürücü etkiler, çevreye büyük radyoaktif salımı veya reaktör çekirdeğinin erimesini kapsayacak biçimde insanlar, çevre veya tesis üzerinde önemli sonuçlar doğuran bir olay” olarak tanımlamaktadır.

IAEA, etkilerini esas almak suretiyle nükleer kazaların şiddetini belirlemede Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeğini (INES) kullanmaktadır. Bu skala nükleer kaza durumunda güvenliğe ilişkin önem bilgilerinin hızla iletilebilmesi için oluşturulmuştur. Ölçek logaritmiktir ve her artan seviye, bir önceki seviyede yer alandan yaklaşık on kat daha şiddetli bir kazayı temsil etmektedir (IEAE 2009).

Şekil 1: INES ölçeğinde nükleer olayların hiyerarşisi



Seviye 7, planlı ve uzun süreli karşı önlemlerin uygulanmasını gerektiren geniş alana yayılmış sağlık ve çevresel etkileri olan büyük miktarda radyoaktif madde salımı ile tanımlanan büyük kazaları temsil eder. Büyük kaza, radyolojik açıdan atmosfere onbinlerce terabequerel üzerindeki seviyelerde I-131 salımı ile eşdeğer radyoaktivitede çevresel bir salımla sonuçlanan olaydır. Bu, tipik olarak kısa ve uzun ömürlü radyonükleidlerin bir karışımını içeren bir güç reaktörünün çekirdek mevcudunun büyük bir kısmına tekabül etmektedir. Böyle bir salımda, belki birden fazla ülkeyi kapsayan geniş bir alanda stokastik (rastlantısal) sağlık etkileri beklenir ve belirleyici (deterministik) sağlık etkileri olasılığı bulunur. Uzun dönemli çevresel etkiler de olasıdır ve bireyler üzerindeki sağlık etkilerini önlemek veya sınırlamak üzere korunak veya tahliye gibi koruyucu tedbirler alınmasının gerekli olarak değerlendirilmesi son derece muhtemeldir. Şimdiye kadar iki adet seviye 7 kaza gerçekleşmiştir: Çernobil ve Fukuşima kazaları (IAEA 2009).

Seviye 6, planlanmış karşı önlemlerin uygulanmasını gerektirmesi muhtemel önemli miktarda radyoaktif madde salımın yol açtığı insanlar ve çevre üzerindeki etki ile tanımlanan önemli kazayı temsil eder. Ciddi kaza, radyolojik açıdan atmosfere binlerce ila onbinlerce terabequerel seviyelerde I-131 salımı ile eşdeğer radyoaktivitede çevresel bir salımla sonuçlanan olaydır. Böyle bir salımda, bireyler üzerindeki sağlık etkilerini önlemek veya sınırlamak üzere korunak veya tahliye gibi koruyucu tedbirler alınmasının gerekli olarak değerlendirilmesi son derece muhtemeldir. Şimdiye kadar sadece bir kaza bu eviyede sınıflandırılmıştır: Kyshtym (Mayak) Kazası (IAEA 2009).

Seviye 5, geniş sonuçları olan kazaları temsil etmektedir. İnsanlar ve çevre üzerindeki etkileri, planlanmış karşı önlemlerin bir kısmının muhtemelen uygulanmasını gerektirecek sınırlı miktarda radyoaktif madde salımı ve radyasyon nedeniyle münferit ölümler şeklinde tanımlanır. Radyolojik bariyerler ve kontroller üzerindeki etkisi, reaktör çekirdeğinde ciddi hasar ve buna bağlı olarak, muhtemel bir büyük kritiklik kazası veya yangın nedeniyle halkı etkileme olasılığı yüksek olan, büyük miktarda radyoaktif madde salımı (IAEA 2009).

Geniş sonuçları olan kaza, radyolojik açıdan atmosfere yüzlerce ila binlerce terabequerel seviyelerde I-131 salımı ile eşdeğer radyoaktivitede çevresel bir salımla sonuçlanan olaydır. Windscale yangını (İngiltere - 1957) ve Üç Mil Adası kazası (ABD - 1979), nükleer enerji santrali kazaları arasında seviye 5 kapsamındadır (IAEA 2009).

Tablo 1: INES ölçeği

INES Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği			
INES Seviyelerinin Genel Tanımı			
INES Seviyesi	Halk ve Çevre	Radyolojik Bariyerler ve Kontrol	Derinliğine Savunma
Büyük Kaza Seviye 7	<ul style="list-style-type: none"> Planlı ve uzun süreli karşı önlemlerin uygulanmasını gerektiren geniş alana yayılmış sağlık ve çevresel etkileri olan büyük miktarda radyoaktif madde salımı 		
Ciddi Kaza Seviye 6	<ul style="list-style-type: none"> Planlanmış karşı önlemlerin uygulanmasını gerektirmesi muhtemel önemli miktarda radyoaktif madde salımı 		
Geniş Sonuçları Olan Kaza Seviye 5	<ul style="list-style-type: none"> Planlanmış karşı önlemlerin bir kısmının uygulanmasını gerektirmesi muhtemel sınırlı miktarda radyoaktif madde salımı Radyasyon sebebiyle münferit ölümler 	<ul style="list-style-type: none"> Reaktör çekirdeğinde ciddi hasar meydana gelmesi Tesis içerisinde halkı etkileme olasılığı yüksek olan, büyük miktarda radyoaktif madde salımı. Büyük bir kritiklik kazası ya da yangın bu tür bir olaya sebep olabilir 	
Yerel Sonuçları Olan Kaza Seviye 4	<ul style="list-style-type: none"> Yerel besin kontrolünden başka bir karşı önlem uygulanması beklenmeyen az miktarda radyoaktif madde salımı Radyasyon sebebiyle en az bir ölümün gerçekleşmesi 	<ul style="list-style-type: none"> Yakıt erimesi veya yakıt hasarı sonucu çekirdek mevcudunun %0,1'inden fazlasının salımı Tesis içerisinde halkı önemli oranda etkileme olasılığı olan, önemli miktarda radyoaktif madde salımı 	
Ciddi Olay Seviye 3	<ul style="list-style-type: none"> Çalışanlar için izin verilen yıllık doz miktarının on katını aşan radyasyona maruz kalma Radyasyon kaynaklı ölümcül olmayan deterministik sağlık etkileri (yanık gibi) 	<ul style="list-style-type: none"> Bir çalışma alanında 1 Sv/saat'in üzerinde doz hızına maruz kalma Bir alanda, tasarımda beklenmeyen şekilde, halkın etkilenme olasılığı düşük olan ciddi kontaminasyon olması 	<ul style="list-style-type: none"> Bir nükleer tesiste alınacak güvenlik önleminin kalmadığı, kazaya yakın durum Kayıp ya da çalınmış yüksek aktiviteli, zırhlı radyasyon kaynağı Gönderildiği adrese ulaşmamış, bulunduğu yerde kaynağı idare etmek için yeterli prosedürlerin olmadığı, yüksek aktiviteli zırhlı radyasyon kaynağı
Olay Seviye 2	<ul style="list-style-type: none"> Halktan bir bireyin 10 mSv'in üzerinde radyasyon dozuna maruz kalması Bir çalışanın yıllık izin verilen miktarın üzerinde radyasyon dozu alması 	<ul style="list-style-type: none"> Bir çalışma alanında doz hızının 50 mSv/saat'in üzerinde olması Tesis içinde, tasarımda öngörülmemiş bir alanda önemli bir kontaminasyon olması 	<ul style="list-style-type: none"> Güvenlik önlemlerinde gerçek bir sonuca yol açmayan önemli aksaklıklar oluşması Güvenlik önlemleri hasar görmemiş, yüksek aktivitedeki kayıp kaynak, cihaz ya da taşıma paketi bulunması Yüksek aktiviteli radyasyon kaynağının uygun olmayan şekilde paketlenmesi
Anomali Seviye 1			<ul style="list-style-type: none"> Halktan birinin yıllık izin verilenin üzerinde radyasyon dozu alması. Derinliğine savunmanın önemli miktarda hasar görmediği, güvenlik bileşenlerindeki küçük problemler Düşük aktiviteli kaynak, cihaz ya da taşıma paketinin kaybolması veya çalınması
Güvenlik Açısından Önemsiz (Ölçeğin Altında / Seviye 0)			

Tablo 2: INES ölçeğindeki derecelerine göre nükleer olaylar

	Halk ve Çevre	Radyolojik Bariyerler ve Kontrol	Derinliğine Savunma
7	Çernobil, 1986 – Geniş alana yayılmış sağlık ve çevre etkileri. Reaktör çekirdeği mevcudunun büyük bir kısmının dışarıya salımı		
6	Kyshtym, Rusya, 1957 – Yüksek aktiflikteki atık tankının patlaması sonucu önemli miktarda radyoaktif maddenin çevreye salımı		
5	Windscale Atom Reaktörü, İngiltere, 1957 - Reaktör çekirdeğindeki yangın sonrası radyoaktif maddenin çevreye salımı	Üç Mil Adası, ABD, 1979 – Reaktör çekirdeğinde şiddetli hasar	
4	Tokaimura, Japonya, 1999 – Nükleer tesisteki ciddi olay sonrası işçilerin ölümcül dozlarla maruz kalması	Saint Laurent des Eaux, Fransa, 1980 –Reaktördeki yakıt kanallarından birisinin bölgede salıma yol açmadan erimesi	
3	Örnek mevcut değil	Sellafield, İngiltere, 2005 – Tesis içinde sınırlandırılan büyük miktarda radyoaktif madde salımı	Vandellos, İspanya, 1989 – Yangın nedeniyle oluşan ve nükleer enerji santrali güvenlik sistemlerinin kayıpla neticelenen kazaya yakın olay
2	Atucha, Arjantin 2005 –Bir güç reaktöründe bir işçinin yıllık miktarı aşan miktarda aşırı doza maruz olması	Cadarache, Fransa, 1993 – Kontaminasyonun tasarımıda öngörülmeyen bir alana yayılması	Forsmark, İsveç, 2006 – Nükleer enerji santrali acil durum güç kaynağındaki genel arızalara ilişkin güvenlik fonksiyonlarının bozulması
1			Nükleer tesisteki çalışma limitlerinin ihlal edilmesi

Seviye 4, yerel sonuçları olan kazaları temsil etmektedir. Yerel sonuçları olan kaza, radyolojik açıdan atmosfere onlarca ila yüzlerce tera becquerel seviyelerde I-131 salımı ile eşdeğer radyoaktivitede çevresel bir salımla sonuçlanan olaydır. Seviye 4 kazaları, Japonya'daki Tokaimura Kazası ile Fransa'daki Saint Laurent des Eaux Kazasıdır (IAEA 2009).

INES ölçeğindeki en büyük beş nükleer kaza, aşağıda verilmiştir:

- **Çernobil Kazası (Seviye 7)**

Ukrayna'nın kuzeyinde Çernobil Nükleer Enerji Santralindeki kaza, nükleer enerjinin barışçıl kullanım tarihindeki en büyük kazadır. Reaktörde, buhar patlaması ve yangının neden olduğunu erime ile çok büyük miktarlarda radyoaktif madde salımı yaşanmıştır. Patlama, 4 numaralı reaktör koruma binasında gerçekleşti ve radyoaktif maddenin havaya yayılmasına yol açacak biçimde binanın çatısını uçurdu. Bu kaza neticesinde reaktörün dördüncü ünitesi tamamen tahrip oldu. Reaktör çekirdeği mevcudunun büyük kısmının salındığı ve kontaminasyona yol açtığı yerler Beyaz Rusya (Belarus), Ukrayna ve Rusya Federasyonuydu. Patlamalar sonrasındaki 10 gün esnasında reaktörün aktif

çekirdeğinden etrafa yayılan radyonükleidlerin toplam aktivitesi yaklaşık olarak 1019 Bq olarak tayin edilmiştir. Geniş bir alanayayılmış sağlık ve çevresel etkiler mevcuttu. Çernobil Nükleer Enerji Santralinden kaynaklanan radyasyon, enerji santralindeki ve çevresindeki ve hatta Avrupa'nın birçok kısmındaki çok sayıda insanı etkiledi. Sonuçta Çernobil şehri (nüfus; 14.000) büyük oranda, daha büyük bir şehir olan Pripyat (nüfus; 49.400) tamamen terk edildi ve 30 km'lik bir yasak bölge oluşturuldu (IAEA 2009; Teeghman; Malko).

• Fukuşima Nükleer Kazaları (Seviye 7)

Kaza, 11 Mart 2011 tarihinde başlayan bir dizi olay neticesinde gerçekleşti. 2011 Tōhoku depremi ve tsunamisinin neden olduğu yedek güç ve muhafaza sistemlerindeki büyük hasar, Fukuşima I nükleer tesisi reaktörlerinin bazılarında aşırı ısınma ve kaçaklara yol açtı. Reaktörlerin her birindeki kaza ayrı ayrı derecelendirildi; üç tanesi seviye 5, bir tanesi seviye 3 ve durumun bütünü ise seviye 7 olarak derecelendirildi. Santral etrafında 20 km'lik bir yasak bölge ve 30 km'lik gönüllü bir tahliye bölgesi oluşturuldu (IAEA 2009; Teeghman).

• Kyshtym Kazası (Seviye 6)

Sovyetler Birliği Mayak'ta 29 Eylül 1957 tarihinde gerçekleşti. Bir askeri nükleer atık işleme tesisindeki soğutma sistemi hasarı, 70-80 ton yüksek radyoaktivitede maddenin çevreye salınmasına yol açan bir buhar patlamasına sebep oldu. Yerel nüfus üzerindeki etkisi tam olarak bilinmiyor. Bu kaza, Çernobil ve Fukuşima'dan sonra gelen ve seviye 5'in üzerine çıkan tek kazadır (IAEA 2009).

• Üç Mil Adası kazası (Seviye 5)

Kaza, 28 Mart 1979 tarihinde Middletown, Pensilvanya (Amerika Birleşik Devletleri) yakınındaki Üç Mil Adası Ünite 2 (TMI-2) Nükleer Enerji Santralinde gerçekleşti. Tasarım ve operatör hatalarının birleşimi, soğutucunun kademeli olarak kaybına ve kısmi erimeye neden oldu. Radyoaktif gazlar atmosfere salındı. Santral çalışanları veya yakındaki kişiler arasında hiçbir ölüme yol açmamış olmakla beraber bu, ABD'nin ticari nükleer enerji santralleri işletme tarihindeki en ciddi kazaydı (IAEA 2009; Teeghman).

• Windscale yangını (Seviye 5)

Kaza, 10 Ekim 1957 tarihinde İngiltere'de gerçekleşti. Askeri bir hava soğutmalı reaktördeki grafit yavaşlatıcının (moderatör) tavlanması, grafit ve metalik uranyum yakıtın yanmasına yol açarak, radyoaktif reaktör maddesinin toz halinde çevreye salınmasına neden oldu (IAEA 2009; Teeghman).

Bu kazaların ardından tüm nükleer tesisler, kendi reaktör tasarımlarını ve operasyonlarını, deneyimler ışığında ne gibi değişiklikler yapılması gerektiğini belirlemek üzere gözden geçirdiler. 1979'daki TMI-2 Kazasından bu yana, şiddetli kaza fenomeninin anlaşılması ve nükleer enerji santrallerindeki şiddetli kaza (ŞK) fenomeni bünyesinde bulunan çok sayıda belirsizliği azaltmak üzere önemli miktarda araştırmalar yapıldı (USNRC, 1980). Reaktör tasarımındaki başlıca amaç,

reaktörün belirlenen güvenlik limitlerini aşmadan gerçekleşeceği kabul edilen çok çeşitli olaylara karşı dayanabilmesini sağlamaktır. Farazi olarak birincil devredeki soğutucu kaybı kazasının (LOCA) sonuçlarının tayin edilmesi, kabul kriterlerini karşılamaında esas unsurdur.

Yukarıda dünyadaki en büyük beş nükleer kazadan bahsedilmiş olsa da burada sadece, bu çalışmanın amacı bağlamında, sivil olanlar detaylı bir biçimde değerlendirilecektir. Söz konusu kazalar, sivil nükleer enerji üretiminin 50 yıllık tarihinde en büyükleri olan Çernobil, Fukuşima ve Üç Mil Adası kazalarıdır.

3 Üç Mil Adası Kazası ve Nükleer Enerji Teknolojisi Üzerindeki Sonuçları

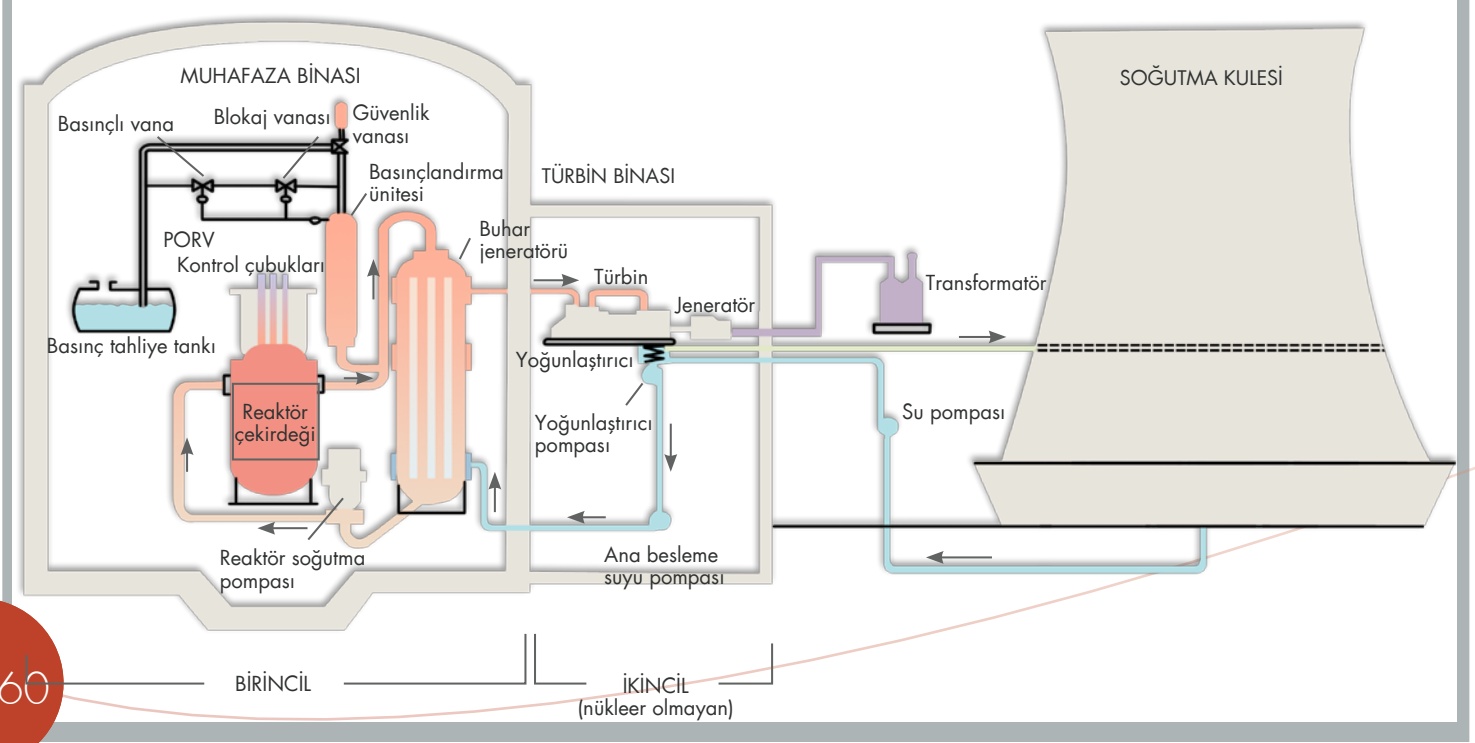
3.1 Üç Mil Adası Reaktörü –Genel Özellikleri

Üç Mil Adası Ünite 2 (TMI-2), Akron'daki First Energy şirketinin sahibi olduğu ve 1979'da bir teknoloji kazası sonucu hasar gören ve bir daha hiç açılmayan testistir.

Şekil 2: Üç Mil Adası Nükleer Enerji Santrali



Şekil 3: Üç Mil Adası Nükleer Enerji Santrali şematik gösterimi



TMI-2, Babcock ve Wilcox tarafından tasarlanmış, 2.720 MWt ısı güce sahip bir basınçlı su reaktörüdür (PWR) (Henry 2007). PWR, yüksek sıcaklık işleminin verimi ile reaktör çekirdeğini sürekli devir daim edilen su ile dolu yüksek basınçlı bir tank içine yerleştirmek suretiyle kapalı bir sistemin güvenliğini bir araya getirir. Su, yaklaşık 150 atmosferlik yüksek basınca maruz kaldığından, su sıcaklığı, kaynama olmaksızın 300 °C üzerine çıkabilir. Reaktör soğutucu pompaları, ısınmış bu suyun buhar jeneratörlerinde devir daim edilmesini sağlarlar. Burada ısı, ikincil sistemde çok daha düşük basınçla devir daim olan soğuk suya aktarılır. İkincil sistemdeki ısınmış su, düşük basınçlı buhara dönüşür ve elektrik jeneratörlerini çalıştıran türbinleri çalıştırır. Kapalı reaktör sisteminde üretilen büyük miktardaki ısı sadece ikincil sistemde buhar oluşumu vasıtasıyla bertaraf edilebilir.

Reaktör çekirdeğindeki suyun kaynamasına asla izin verilmezken, sadece basınç tankındaki suyun kaynamasına izin verilir. Kapalı birincil sistemde devir daim olan su burada buhara dönüştürülür. Basınç tankının üst kısmında her zaman basınçlı buhar vardır; bu bölgeyi genişletmek veya daraltmak suretiyle (elektrikli ısıtıcılar veya su spreylere ile) operatörler aynı zamanda reaktör basıncını kontrol ederler.

TMI-2 reaktör haznesi, çevresini ve üzerini kuşatan beton bir korunaktan ibaret bir reaktör muhafazasına sahiptir. Muhafaza veya reaktör binası, yaklaşık 2 milyon fit küp (56640 metre küp) hacme sahip çelik astarlı silindirik beton bir yapıdır. Bu bina, en az 55 psi basınç muhafaza etmek üzere tasarlanmıştır.

3.2 TMI-2 Kazası: Olaylar Dizisi

Üç Mil Adası Kazası, Ünite 2’de gerçekleşen kısmi bir çekirdek erimesiydi. 28 Mart 1979 tarihinde kazadan önceki saatlerde TMI-2 reaktörü, eşi olan TMI-1 reaktörü yakıt ikmali için kapatılmışken %97’lik tam güçle çalışmaktaydı. Çekirdek erimesine yol açan olaylar zinciri gece yarısından sonra saat 4’te başladı³:

- Basıncı su reaktörünün üç ana su/buhar devresinden birisi olan TMI-2’nin ikincil devresinde, halen daha bilinmeyen bir nedenle tutucuları besleyen pompalar durmuşken çalışanlar, sekiz tutucudan (ikincil devre suyunu temizleyen gelişmiş filtreler) birisindeki tıkanıklığı temizliyordular.
- Bir baypas vanası açılmayınca su, kapalı olan ikincil sistem ana besleme suyu pompalarına akmamaya başladı.
- Su akışı kesildiğinden reaktör çekirdeğindeki sıcaklık yükseldi. Bu durum, reaktör içindeki suyun genleşmesine, basınçlandırma ünitesindeki basıncın normalden 100 psi daha yüksek olan 2200 psi değerine çıkmasına neden oldu. Bu da, reaktörün otomatik olarak durmasına neden oldu.
- Nükleer zincir reaksiyonunu durdurmak üzere sekiz saniye içinde kontrol çubukları çekirdeğe batırıldı. Ancak, radyoaktif çekirdeği bölünebilir ürünler ısı üretmeye devam ettiler, dolayısıyla sıcaklık ve basınç artmaya başladı. Basıncı düşürmek için pilot kumandalı tahliye vanası (PORV) olarak adlandırılan basınçlandırma ünitesindeki vana açıldı. O ana kadar her şey, tasarımdaki gibi çalıştı.

Bunun ardından olağandışı bir olaylar dizisi başladı:

- PORV vanasının, öngörüldüğü şekilde basınç belli bir seviyenin altına düştükten yaklaşık 10 saniye sonra kapanması gerekirdi. Ancak kapanmadı. Kaza artık oluşum aşamasındaydı.
- Operatörler, tahliye vanasının kapandığını düşündüler çünkü cihazlar, vanaya “kapa” sinyalinin gittiğini gösteriyordu. Gerçekte PORV açık pozisyonda takılı kalmıştı. Ne yazık ki operatörlerin elinde vananın fiili pozisyonunu gösteren bir cihaz yoktu.
- Vana açık haldeyken buhar ve su basınçlandırma ünitesinden kaçtı; bu su, bir tahliye tankında birikti. (Bu, bir Soğutucu Kaybı Kazasını ifade ediyor.)
- Soğutma suyu kaybına cevaben acil durum besleme pompası, suyun türbine akmaya devam etmesi için Acil Durum Püskürtme Suyu (EIW) sitemine su basmak üzere otomatik olarak aktif hale geçmeliydi. Pompa, reaktöre dakikada yaklaşık 1000 galon su göndermeliydi. Ancak bu mümkün olmadı. Söz konusu pompa, bu olaydan 42 saat önce test edilmişti ve işlevini yerine getiriyordu.

3- NRC’ye (Nükleer Düzenleme Komisyonu) bakınız: Üç Mil Adası Kazasına İlişkin Basın Konferansı, www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/3mile; USNRC Teknik Eğitim Merkezi Reaktör Konseptleri Kılavuzu Basıncı Su Reaktör Sistemleri <http://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/teachers/04.pdf>; Dünya Nükleer Birliği, Üç Mil Adası Kazası, <http://www.world-nuclear.org/info/inf36.html>, (Mart 2001, minör güncelleme Ocak 2010); http://www.threemileisland.org/science/what_went_wrong/index.html; <http://www.threemileisland.org/downloads/354.pdf>; <http://americanhistory.si.edu/tmi/tmi03.htm>; <http://americanhistory.si.edu/tmi/03-01.htm>; NRC: Üç Mil Adası – Ünite 2”. <http://www.nrc.gov/info-finder/decommissioning/power-reactor/three-mile-island-unit-2.html>.

Ancak, testin yapılması için bir vananın kapatılması ve ardından yeniden açılması gerekiyordu. Ancak testi yapan çalışanlar, vanayı açmayı unuttmuşlardı, buna bağlı olarak da acil durum pompası çalışmamış ve su akışı sağlanamamıştı.

- Reaktör artık su kaybediyor sıcaklığı gittikçe daha da yükseliyordu. Su kaybı nedeniyle (ve basınçlandırma ünitesinde hava veya buhar olamadığından) basınç düştü.
- Basınç düşünce reaktördeki suyun bir kısmı buhara dönüştü. Bunun iki önemli sonucu oldu; ilk olarak bu durum, suyun basınçlandırma ünitesine doğru zorlanmasına ve onu tamamen doldurmasına ve ikinci olarak da, reaktör yakıtının bir kısmının su yerine buhar ile çevrelenmesine sebep oldu. Buhar, ısıyı su kadar iyi iletmemektedir, bundan ötürü yakıt peletleri ısındı.
- Bir nükleer enerji santralinde, bir kaza esnasında reaktörü soğutmak üzere suyun kolayca aktarılmasını sağlayan pompalara sahip su tankları bulunur. Bunlardan birisi otomatik olarak çalışmıştır. Bu, operatörler tarafından not edilmiştir fakat basınçlandırma ünitesine ait göstergelere baktıklarında, basınçlandırma ünitesinin suyla dolu olduğunu görmüşlerdir (bunun sebebi, reaktör çekirdeği bölgesindeki buhardır).
- Çekirdekdeki soğutucu seviyesini gösteren hiçbir cihaz yoktu. Operatörler, çekirdekdeki su seviyesini basınçlandırma ünitesindeki seviyeye bakarak değerlendiriyorlardı ve buradaki seviye yüksek olduğundan çekirdeğin uygun bir biçimde soğutucuyla kaplı olduğunu düşündüler. Söz konusu acil durum pompalarının sebepsiz çalıştığı daha önceki durumları hatırlayarak su eklemeye gerek görmediler. Bunun aksine ise aşırı kaynayan su, basınçlandırma ünitesinin suyla dolu olduğu görüntüsünü yaratıyordu ki bu, operatörlerin engellemek üzere eğitim aldıkları bir durumdu.
- Operatörler belirtilen sebeple pompaları kapattı ve suyun girmesini engellediler. Bunun ardından durum, daha da kötüye gitti.
- Kazanın başlamasından yaklaşık 100 dakika sonra soğutucu pompalarında buhar kabarcıkları oluşarak pompalarda titreşime yol açtı.
- Pompaların tamamen bozulmasından korkan operatörler bunları kapattı.
- Reaktöre hiç su girişi mevcut değilken ve reaktörden su ve buhar kaçacağı mevcutken, reaktörün büyük bölümünde soğutma olmamıştır.
- Isıyı giderecek hiç su olmadığından yakıt peletleri, kısmi bir erimeye yol açacak biçimde erimeye başladı.
- En sonunda operatör verileri gözden geçirdi ve PORV'nin açık olduğu sonucunu çıkardı, nihayet öğleden sonra 6:18'de vanayı kapattılar ve reaktöre su girişi oldu ve böylelikle öncelikli acil durum sona erdi.

Ancak, operatörlerin pompaları kapattıkları zaman ile vananın kapatıldığı zaman arasında bir miktar yakıtın erimesine yetecek kadar bir süre çekirdekte soğutma olmamıştır. Aslında kaza esnasında hiç kimse yakıtın büyük bölümünün eridiğini düşünmüyordu. Reaktör aylar sonra açıldığında, çekirdeğin fiilen %60'ının erimiş olduğu anlaşıldı.

Şekil 4 TMI-2 Kazasına Ait Olaylar Dizisinin Tamamı

TMI-2 KAZASINA
AİT OLAYLAR DİZİSİ

28 Mart 1979'da Üç Mil Adası tarihindeki yerini, ABD tarihindeki en kötü ticari nükleer enerji kazasının yeri olarak sağlama aldı. Tıpkı radyatöründe delik olan bir otomobil motoru gibi Ünite 2 reaktörü, acil durum tahliye vanası açılıp ardından kapatılmayınca aşırı ısındı. Kumanda odasındaki operatör, problemi tanımlamakta ve düzeltmekte başarısız olunca mekanik sorun daha da kötüleşti. Sonuç ise, reaktör çekirdeğinin kısmen erimesi idi. Kazadan bu yana kullanılmayan Ünite 2 "izlenen depodur". Eylül 2014'te faaliyetine son verilip, zararlı maddelerden arındırılması planlanmıştır..

6 Reaktördeki basınçlı buhar, pilot kumandalı tahliye vanasının (PORV) açılmasına neden oldu. Basınç düştüğünde kapanması gereken vana 2 saat 22 dakika açık kaldı.

4 Saat öğleden önce 4:00:08 Basınçlandırma ünitesi içindeki basınç artmaya devam etti. Acil durum sistemleri reaktörü durdurdu.

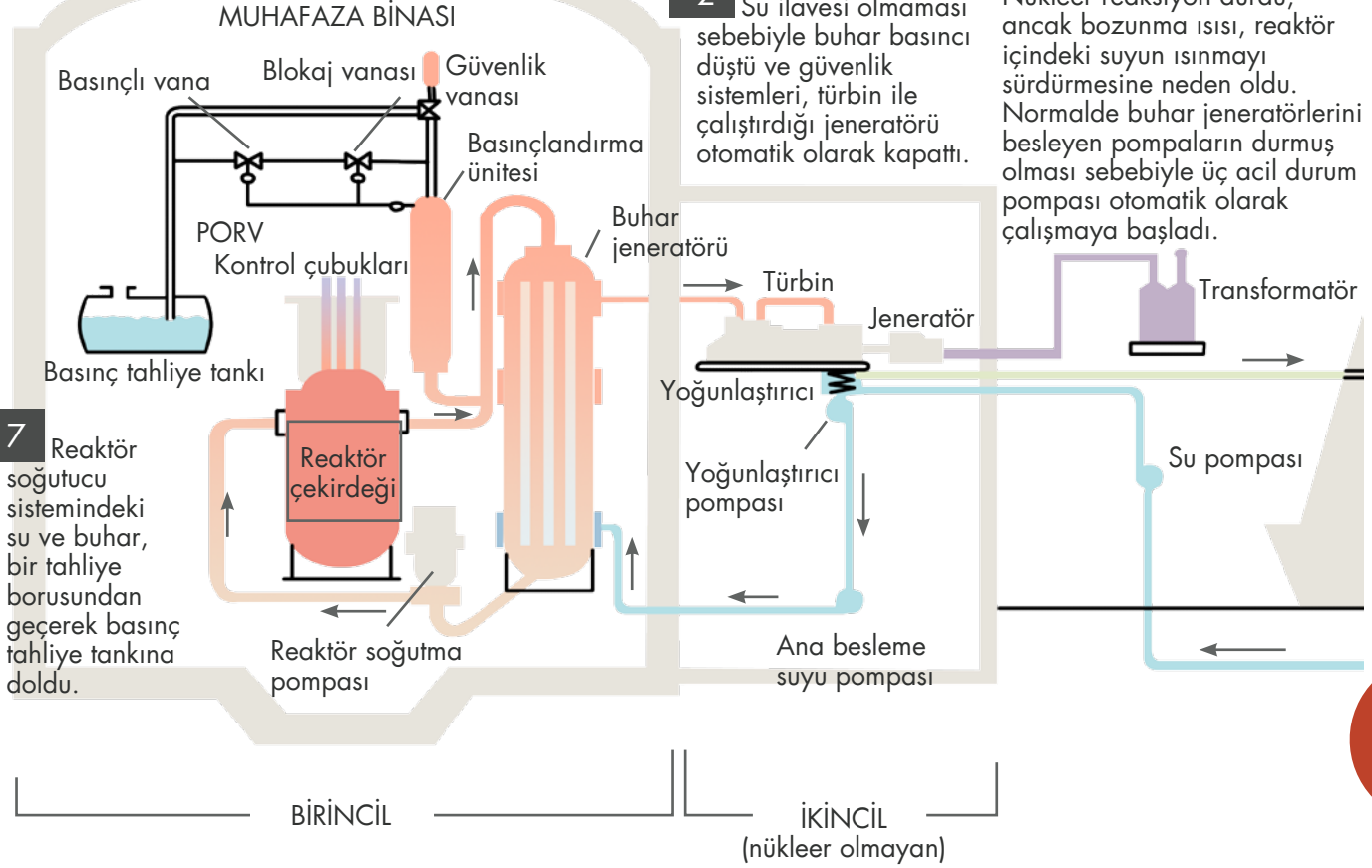
2 Su ilavesi olmaması sebebiyle buhar basıncı düştü ve güvenlik sistemleri, türbin ile çalıştığı jeneratörü otomatik olarak kapattı.

5 Saat öğleden önce 4:00:09 Nükleer reaksiyon durdu; ancak bozunma ısı, reaktör içindeki suyun ısınmaya sürdümesine neden oldu. Normalde buhar jeneratörlerini besleyen pompaların durmuş olması sebebiyle üç acil durum pompası otomatik olarak çalışmaya başladı.

7 Reaktör soğutucu sistemindeki su ve buhar, bir tahliye borusundan geçerek basınç tahliye tankına doldu.

Reaktör soğutma pompası

Ana besleme suyu pompası



3 Saat öğleden önce 4:00:02 Buhar akışındaki düşüş, reaktör soğutucusunun sıcaklığını yükselterek suyun genişmesine neden oldu.

8 Saat öğleden önce 4:05:30 Reaktör içinde buhar suyun yerini aldı ve bunun neticesinde çekirdekte soğutma olmadı. Kazanın ilk 100 dakikasında, toplam soğutucu kapasitesinin üçte birlik miktarına tekabül eden 32.000 galon kaçak oldu. Çekirdeğin takriben yarısı eridi.

1 Saat öğleden önce 4:00:00 Mekanik veya elektrik arızası sonucu pompaların çalışması durdu ve bu durum, buhar jeneratörünün ısıyı bertaraf etmesini önledi.

3.3 TMI-2 Kazasından Çıkarılan Dersler

Ticari bir Amerikan nükleer enerji santralindeki en kötü kaza olan TMI kısmi erimesi, hem ABD’de nükleer enerji sektörünün düzenleyici çerçevesine dair politikaların değişmesine neden oldu hem de halkın nükleer teknolojiye olan güvenini sarstı (NRC).

Kaza, mekanik problem ve operatör hatasına atfedildi. Reaktörün diğer koruma sistemleri de tasarlandığı biçimde işlev gösterdi. Operatörlerin müdahalesi olmasaydı acil durum çekirdek soğutma sistemi reaktörün herhangi bir biçimde hasar görmesini engelleyebilirdi (Dünya Nükleer Topluluğu, 2011).

Nuclear Regulatory Commission NRC’nin düzenlemeleri ve gözetimi, daha kapsamlı ve zorlu bir hale geldi ve santrallerin yönetimi mercek altına alındı. O günlerdeki olayların dikkatle analiz edilmesi sonucu tanımlanan problemler, NRC’nin ruhsat sahiplerinin işleyişini nasıl düzenlediğine ilişkin kalıcı ve geniş kapsamlı değişiklikler yapmasına yol açtı; bu da akabinde halk sağlığı ve güvenlik risklerini azalttı. Kazadan bu yana gerçekleşen bazı önemli değişiklikler aşağıdadır (NRC).

- Santral tasarımı ve ekipman gereksinim düzeylerinin yükseltilmesi ve bunların güçlendirilmesi. Yangın koruma sistemi, boru ağları, yardımcı besleme suyu sistemleri, muhafaza binasının izolasyonu, tek başına bileşenlerin güvenilirliği (basınç tahliye vanaları ve elektrik devre kesicileri) ve santrallerin otomatik olarak çalışmayı durdurma yeterliliklerini içermektedir;
- İnsan performansının santral güvenliğinin kritik bir parçası olarak tanımlanması, operatör eğitimleri ile personel gereksinimlerinin revizyondan geçirilmesi, akabinde santralin çalışmasına ilişkin enstrümantasyon ve kontrollerin iyileştirilmesi ve alkol veya madde alımına karşı koruma sağlamak üzere santral çalışanlarına yönelik göreve uygunluk programlarının oluşturulması;
- Kaza esnasında operasyonları engelleyen şaşırtıcı sinyalleri engellemek üzere talimatların iyileştirilmesi;
- Santral olaylarına ilişkin acil NRC bildirim gereksinimlerini içerecek biçimde acil durumlara hazırlık prosedürlerinin geliştirilmesi ve günün 24 saati personel bulunan bir NRC operasyon merkezi. Şu anda, ruhsat sahipleri ile yılda birkaç kez tatbikatlar yapılmakta ve müdahale planları test edilmektedir ve Federal Acil Durum Yönetimi Kurumu ile NRC ile yapılan tatbikatlara eyalet ve yerel düzeydeki idareler de katılmaktadır;
- Ruhsat sahiplerinin performans ve yönetim etkinliklerine ilişkin NRC gözlemlerini, bulgularını ve değerlendirme sonuçlarını periyodik bir kamu raporunda birleştirmek üzere bir program oluşturulması;
- Düzenleme makamı tarafından ilave bir dikkat gerektiren santrallerin performansının kıdemli NRC yöneticileri tarafından düzenli olarak analiz edilmesi;
- İlk kez 1977 yılında yetki verilen NRC’nin yerleşik denetleyici programının,

ruhsat sahiplerinin NRC düzenlemelerine uygun davranıp davranmadıklarına dair günlük teftiş yapmak üzere ABD'deki her santral yakınına en az iki denetçinin yerleşerek, sadece o santralle ilgili çalışma yürütecek biçimde genişletilmesi;

- Performans ve güvenlik odaklı teftişlerin yanı sıra santrallerin şiddetli kazalara açık olup olmadığını belirlemek üzere risk değerlendirme tekniklerinin kullanımının yaygınlaştırılması;
- NRC bünyesinde yürütmenin ayrı bir daire olarak güçlendirilmesi ve yeniden yapılandırılması;
- Kapsamlı nükleer düzenleme meselelerinde ortak bir sektör yaklaşımı sunmak, NRC ve diğer hükümet kurumları ile etkileşimde bulunmak üzere sektörün kendi gözetim grubu olan Nükleer Enerji Operasyonları Enstitüsünün (INPO) ve şu anki adıyla Nükleer Enerji Enstitüsünün kurulması;
- Ruhsat sahipleri tarafından kaza sonuçlarının hafifletilmesi ve radyasyon seviyesi ve santral durumunu izlemek üzere ilave ekipmanların kurulumu;
- Ruhsat sahipleri tarafından önemli güvenlik problemlerinin erken teşhisi ve bunlara dair verilerin toplanması ve değerlendirilmesine ilişkin önemli inisiyatiflerin uygulanması ve böylelikle deneyime ilişkin derslerin paylaşılması ve buna göre hızla harekete geçilmesi ve
- NRC'nin, nükleer güvenliğe ilişkin pekişmiş bilgileri, bir dizi önemli teknik alanda diğer ülkelerle paylaşmak üzere uluslararası faaliyetlerini genişletmesi.

Reaktör tasarımı açısından Üç Mil Adası Kazası, santral bünyesinde bulunan güvenlik özelliklerinin önemini gösterdi. Reaktör çekirdeğinin yarısının erimiş olması olgusuna rağmen, eriyen yakıttan salınan radyonükleidlerin çoğu, santral içinde birikti veya yoğunlaşan buharda çözüldü. Ayrıca, reaktörü çevreleyen muhafaza binası da radyoaktif maddelerin önemli miktarda salımını engelledi (Dünya Nükleer Topluluğu).

TMI-2 kazasından sonra, güvenlik performansına ilişkin endişeler, şiddetli kaza güvenliği- bu kazaların önlenmesi ve hafifletilmesi bağlamında ele alındı. Bu, birçok Hafif Su Reaktöründe uygulanan (LWR) Şiddetli Kaza Yönetimi (SAM) programları şeklinde formüle edildi. Şiddetli kaza araştırmaları sonuçları; santral güvenliğinin iyileşmesini sağlayacak biçimde santrallerin yeni veya iyileştirilmiş ekipmanlarla güncellenmesinin yanı sıra kaza yönetimi tedbirleri ve prosedürlerinin oluşturulmasına yol açmış veya herhangi bir güncelleme veya SAM tedbirleri gerektirmeyen ihtiyatlı kararlara gerekçe sağlamıştır (Sehgal 2006).

4 Çernobil Kazası: Çernobil Reaktörünün Tasarım Özellikleri ve Bunların Kaza Üzerindeki Etkileri

Nisan 1986'daki Çernobil Nükleer Enerji Santralindeki kaza, Soğuk Savaş kaynaklı izolasyon ve bunun doğurduğu güvenlik kültürünün eksikliğinin doğrudan sonucu olarak bir Sovyet RBMK reaktöründeki tasarım hatası ile santral çalışanları tarafından yapılan ciddi hataların birleşmesinin ürünüydü. Çernobil Nükleer Enerji Santrali, Kiev-Ukrayna'nın 130 km kuzeyinde Beyaz Rusya ile olan sınırın 20 km güneyinde yer alan RBMK-1000 tasarımı dört nükleer reaktörden oluşmaktaydı; Ünite 1 ve 2, 1970 ila 1977 yılları arasında inşa edilmiş, aynı tasarıma sahip Ünite 3 ve 4'ün yapımı ise 1983'te tamamlanmıştı. Çernobil felaketinin yaşandığı RBMK tasarımının önemli birkaç eksiği bulunmaktaydı.

RBMK (reaktor bolshoy moshchnosty kanalny) baş harfleri, kabaca "suyla soğutulan ve grafitle yavaşlatılan reaktör" olarak çevrilebilecek bir Rusça kısaltmadır. Sovyetlerin enerji üretimi için inşa ettiği iki tip reaktörden birisini tanımlamakta olup, diğeri Birleşik Devletler basınçlı kap reaktörüne benzerdir. RBMK tipi reaktör, bu iki tasarımdan eski olanıdır. Bu tasarım, öncelikle plütonyum üretimine yönelik bir tasarımdan türetildiği ve Rusya'da hem plütonyum hem de enerji üretimi için kullanıldığından, Batı tipi güç reaktörü tasarımlarından çok farklıdır. Bu tip reaktörler sadece Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nde inşa edildiler ve işletildiler (NUREG 1987, Smolensk NPP 2008).

İlk RBMK (Leningrad NPP), ticari işletmeye Kasım 1974'te alındı. Kazadan önce 14 başka RBMK reaktörü daha işletmeye alındı. Böylece Çernobil kazası sırasında SSCB'de 15 RBMK işletilmekteydi. RBMK reaktörleri, tek bina kompleksinin zıt iki yönünü işgal eden iki ünite halinde çift olarak inşa ediliyordu. Leningrad'taki ilk iki ünite ile Çernobil ve Kursk NES'lerindeki reaktörler RBMK'ların ilk nesliydi. Diğerleri, ikinci nesil RBMK'lerdi. 1960'larda geliştirilen ilk RBMK reaktörünün teknik projeleri kullanılarak inşa edilmişlerdi. Bu da bütün RBMK'lerin benzer zayıflıklara sahip olduğu ve Çernobil kazasına benzer bir kazanın, kanal tipi reaktöre sahip bütün Sovyet NES'lerinde yaşanabileceği anlamına gelmektedir. (Malko; Dünya Nükleer Birliği,1986)⁴

4.1 Kazanın Ana Nedenleri

4.1.1 Tasarım Hataları

Çernobil reaktörleri, kazaya katkıda bulunmuş birkaç tehlikeli özelliğe sahipti. En önemlileri aşağıda verilmiştir (Malko;Howieson 1989; IAEA 1992; Denton 1987)⁵

- **Pozitif boşluk katsayısı**

Hemen hemen bütün reaktörlerde, sıcaklık arttığında çarpım faktörü ve dolayısıyla reaktör gücü düşer. Bu, çoğu Batı tipi reaktördeki temel güvenlik özelliğidir. Su, LRW'lerde hem soğutucu hem de yavaşlatıcı olarak davranır, böylelikle soğutucu kaybı aynı zamanda fisyon reaksiyonunu durdurur. RBMK'de yavaşlatıcı, sert grafitir ve su soğutucu, zehir gibi davranır. Başka bir anlatımla, suyun varlığı nötronları absorbe eder ve reaksiyonu yavaşlatır. Eğer soğutucu kaybı olur veya buhara dönüşürse reaktör gücü yükselir. Bu, pozitif boşluk katsayısı olarak bilinir ve ciddi bir tasarım hatasını temsil eder. Belirli işletme şartlarında güç, reaktör parçalanana kadar kontrolsüz bir şekilde artabilir. Çernobil'de olan budur. "Pozitif boşluk katsayısı" terimi çoğunlukla RBMK reaktörleri ile bağlantılıdır. Boşluk katsayısı, reaktivite güç katsayısının bütününe katkıda bulunan bileşenlerden sadece bir tanesi olmakla beraber, RBMK reaktörlerinde baskın olan bileşendir. Çernobil'deki kaza sırasında reaktivite boşluk katsayısı o kadar pozitif ki, güç katsayısının diğer bütün bileşenlerini bastırdı ve güç katsayısı pozitif oldu. Güç artmaya başladığında daha fazla buhar üretildi ve bu da akabinde güçte artışa yol açtı. Güçte yaşanan artıştan dolayı üretilen ilave ısı, soğutma devresinde sıcaklığı yükseltti ve daha fazla buhar üretildi. Daha fazla buhar, daha az soğutma ve daha az nötron absorpsiyonu demektir; bu da reaktörün nominal kapasitesinin 100 katı büyüklüğünde bir enerji artışıyla neticelenmiştir.

Boşluk katsayısı değeri, reaktör çekirdeğinin konfigürasyonu tarafından belirlenir. RBMK reaktörlerinde bunu etkileyen önemli bir faktör, işletme reaktivite marjıdır.

- **İşletme reaktivite marjı**

Tanımı kesin olmamakla beraber işletme reaktivite marjı (ORM) temel olarak, reaktör çekirdeğinde geriye kalan nominal değerdeki "eşdeğer" kontrol çubuklarının sayısıdır. Çernobil'deki operatörlerin, fiili çekirdek konfigürasyonundan bağımsız olarak 15 eşdeğer çubuk olan ORM alt sınırına sadık kalındığı sürece güvenlik kriterlerinin karşılanacağına inandıkları görülüyor. Bir ani durdurma sinyali sonrasında kontrol çubukları çekirdeğe ilk daldırıldığında, kontrol çubuklarının çekirdeğin alt bölgelerinde reaktifliği arttırdığı "pozitif ani durdurma" etkisinin farkında değillerdi.

5- Dünya Nükleer Birliği, "Çernobil Kazası Olaylar Dizisi Ek 1; Dünya Nükleer Birliği "RBMK Reaktörleri", <http://www.world-nuclear.org/info/inf31.html>; U:S: NRC Çernobil Nükleer Enerji Santrali Kazası Basın Konferansı, <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/chernobyl-bg.html>; <http://users.owt.com/smsrpm/Chernobyl/RBMKvsLWR.html> farklar

Kazaya doğru koşan Çernobil 4'ün çekirdek konfigürasyonunda olduğu gibi ORM, reaktivite boşluk katsayısı üzerine muazzam bir etkide bulunabilir. Fazla reaktivitenin sabit emiciler ile dengelenmesinin yanı sıra yakıt zenginlik seviyesinin arttırılmasıyla ilk çekirdeklerde kabul edilemez büyüklükte boşluk katsayıları önlenir. Ancak, yakıtın yanması arttıkça söz konusu emiciler, yakıtın ışınum seviyelerini muhafaza etmek üzere uzaklaştırılabilirler; bu durum, boşluk katsayısını pozitif yöne kaydırır ve katsayının, kontrol ve koruma çubuklarının batırılma miktarına olan hassasiyetini yükseltir.

• **Kontrol çubuklarının yetersiz kalması**

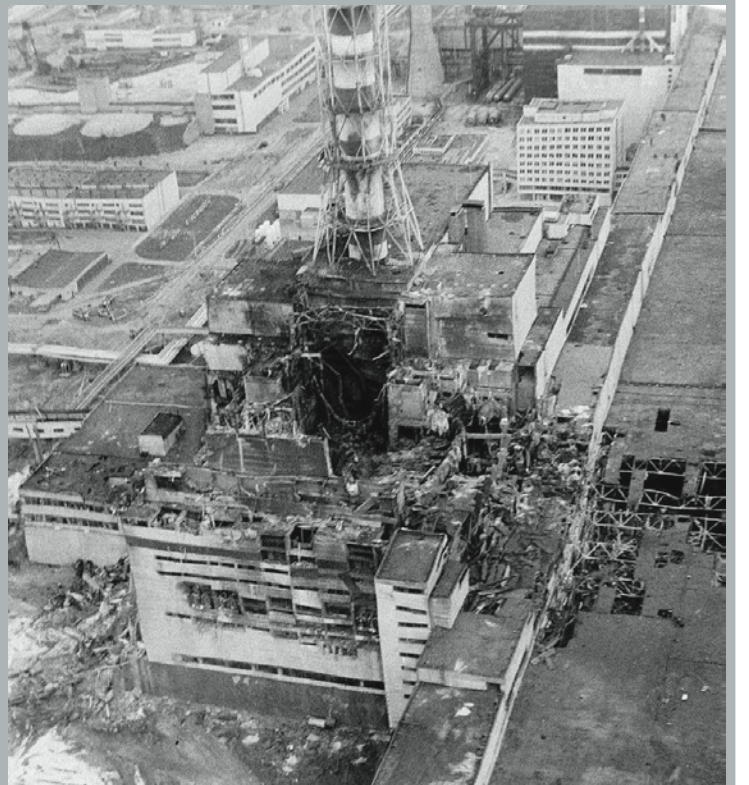
Operatörler, güçteki ani artışı fark ettiklerinde çekirdeğe kontrol çubuklarını daldırma girişiminde bulundular. Bu, yardımcı olmadı çünkü:

- Çubuklar yeterince hızlı hareket ettirilemezdi.
- Bütün çubukların alt kısmı, bor karbürden değil grafitten yapılmıştı. Bunun nedeni, çubuklar geri çekildiğinde boş alanın zehir gibi davranan su ile dolmasıydı; böylelikle geri çekilen çubukların etkisi azaltılıyordu. Bu istenen bir şey değildi, dolayısıyla her kontrol çubuğunun alt kısmına suyu dışarda tutmak için bir grafit çubuk ekleniyordu.

Operatörler, kontrol çubuklarını çekirdeğe daldırmaya başladıklarında bor karbür kısımlar çekirdeğin tamamen dışındaydılar. Grafit kısmın altında ise bir su sütunu vardı. Başlangıçta çubukların batırılması, zehir miktarının azalması demek olan suyun itilmesi yönünde etkide bulundu.

Aşırı sıcaklık çekirdeği deforme etti ve kontrol çubukları tamamen batırılmadan kımıldamaz hale geldiler.

Şekil 5 :
Kazadan sonra
Çernobil NES



- **Muhafaza olmaması**

RBMK reaktörlerinin muhafaza yapıları bulunmamaktadır. Normalde reaktörün üzerinde bulunan beton ve çelik kubbe, bir kaza anında radyasyonu santral içinde tutmak üzere inşa edilir. Çernobil santrali, muhafaza donanımı olmadan inşa edilmişti. Çoğu Batı tipi reaktörün etrafı güçlü beton binalarla çevrilidir. Eğer **Çernobil de böyle olsaydı, radyasyon çevreye yayılmayabilirdi.**

- **Grafit yavaşlatıcı**

Grafit blokların kendileri de yüksek sıcaklıklarda tutuşma özelliğine sahiptir. Patlamanın yol açtığı yangını söndürülürken bazı Sovyet vatandaşları öldü. Geniş bir alana iyot, stronsiyum ve sezyum saçılımı oldu. RBMK'de yavaşlatıcı malzeme olarak kullanılan grafit bloklar, radyoaktif maddelerin çevreye yayılmasına katkıda bulunacak biçimde reaktör çekirdeğine hava girdikçe yanmaya başladılar.

4.1.2 Operatör hataları

Viyana'daki Kaza Sonrası Değerlendirme Toplantısının Sovyet katılımcılarına göre 25-26 Nisan 1986'da Çernobil NES'ndeki Ünite 4'ün personeli tarafından yapılan ağır ihlaller Çernobil kazasının ana sebebiydi. Söz konusu ihlallerin şunlar olduğu ifade edilmiştir:

- Reaktörün çok düşük işletme reaktivite fazlası (ORS) ile çalıştırılması,
- Güç, test için öngörülen seviyenin altındayken deney yapılması,
- Buhar ayrıştırıcılardaki su seviyesi ve buhar basıncına dayanarak koruma sisteminin bloke edilmesi,
- İki turbo jeneratörden gelen kapatma sinyaline dayanarak koruma sisteminin bloke edilmesi,
- Bütün devir daim pompalarının reaktöre bağlanması,
- Acil durum çekirdek soğutma sisteminin (ECCS) kapatılması.

Ancak Sternberg komisyonu, yukarıda ifade edilen ihlallerden ancak birincisine kanaat getirdi. Mevcut teknolojik düzenlemeler uyarınca reaktörün, 25 Nisan 1986 günü zaten saat 07:10'da operatör tarafından kapatılmasının gerekli olduğu belirtildi. Reaktörün gücü o saatte 1,500 MW ısı ve OSR değeri de 13,2 çubuktu. Ünite 3 ve Ünite 4'ün çalışmasına ilişkin mevcut teknolojik gereksinimler, işletme reaktivite fazlasının belirtilen güç seviyesinde belirtilen değere düştüğünde reaktörün kapatılmasını gerektiriyordu. Operatör bu şartı yerine getirmemiştir. Ancak Sternberg komisyonu, bu ihlalin kazayı başlatamayacağını veya etkileyemeyeceğini belirtmiştir (IAEA). Operatör tarafından işletme kayıt defterine yapılan kayıtlar, 25 Nisan 1986 günü saat 23:10'da ORS değerinin 23 tam çubuk olduğunu göstermektedir. Bu, saat 07:10'dan saat 23:10'a kadar geçen zaman diliminde reaktörün dördüncü ünitesinin teknolojik gereksinimlere uygun olarak çalıştığı anlamına gelmektedir.

Kaza, operatörler birkaç ciddi hata yapmamış olsaydı gerçekleşmezdi. İlk olarak bütün testlerin, işler planlandığı gibi gitmediğinde durdurulması gerekirdi.

Test, bazı güvenlik sistemleri kapalıyken başlatıldı. Güç seviyesi, pozitif boşluk katsayısının önemini artıracak biçimde planlanmış olandan düşüktü. Çekirdekte, şiddetli bir xenon zehirlenmesi vardı, dolayısıyla kontrol çubuklarının, çok düşük bir güvenli marjı bırakacak biçimde hemen hemen tamamen geri çekilmiş olması gerekiyordu. Operatörler, güç seviyesi arttığında xenon zehirlenmesinin etkisinin hızla azalacağı olgusundan tamamen habersiz görünüyordular.

4.2 Sonuçlar

Çernobil kazası dış koşullar, mühendislik tasarım hataları ve kötü eğitim almış operatörlerin yaptığı hataların birleşimi sonucu gerçekleşti. Test, uç işletme şartlarında başlatıldı. Türbinlere giden vananın kapatılması soğutucunun kaynamasını arttırdı. Pozitif boşluk katsayısı, akı artışıyla çekirdeğin zehirlenme oranı azaldıkça şiddetlenen bir güç dalgalanması başlattı. Bu durum, eğer çekirdekte çok uzakta bulunmasalar ve o kadar kötü tasarlanmış olmasalardı kontrol çubukları ile durdurulabilirdi. Aksine kontrol çubukları son darbeyi vurmuştu. Yakıt çubukları akkor haline gelip tamamen parçalanmışlardır. Sıcak yakıt, suyun hidrojen ve oksijen olarak ayrışmasına yol açmıştır. Soğutma sistemi buhar basıncı nedeniyle patlamış, böylelikle hidrojen dış ortamdaki hava ile reaksiyona girebilmiş ve bir kimyasal reaksiyon oluşmuştur.

Çernobil kazasının ana sebepleri; önemli tasarım eksikleri, reaktör yapımına ilişkin güvenlik yönetmeliklerinin ağır bir biçimde ihlali ve kaza öncesinde SSCB’de güvenlik kültürünün zayıf oluşuydu. Çernobil Ünite 4 kapalı olduğu esnada elektromekanik bir deney yapan operatörlerin çeşitli hatalarından bu faktörler mesuldür.

Reaktör, operatörler tarafından, çekirdekte pozitif bir reaktif güç dalgalanmasına yol açan kararsız bir çalışma rejimine sokulmuştur. Muhtemelen kaza, küçük bir sıcaklık dalgalanması nedeniyle çekirdeğin alt kısmındaki bazı yakıt kanallarında suyun kaynaması nedeniyle başlamıştır. Bütün kontrol ve koruma çubuklarının çekirdeğe batırılmasını sağlayan AZ-5 düğmesine basılması, pozitif reaktif güç dalgalanmasını azaltmak yerine yükseltmiştir. Bu, hızlı nötronlarla zincir fisyon reaksiyonlarına ve gücün kontrolsüz bir biçimde dalgalanmasına sebep olmuştur. Çekirdekte birtakım patlamaların gerçekleşmiş olması yüksek bir ihtimaldir. Bunlardan birisi, Çernobil Ünite 4’ü tahrip eden nükleer patlamaydı. Çernobil kazasını başlatan gerçek faktörleri belirlemek ve buna ilişkin gerçek bir senaryo oluşturmak için başka çalışmalar yapılmasına ihtiyaç vardır.

4.3 RBMK Üzerindeki Kaza Sonrası Değişiklikler ⁶

Çernobil kazasını ışığı altında diğer RBMK reaktörleri üzerinde değişiklikler yapılmıştır. Eski Sovyetler Birliğindeki reaktörlerde, işletme güvenliğini iyileştirmek üzere aşağıdaki değişiklikler uygulamaya konmuştur:

- Reaktivite boşluk katsayısının düşürülmesi,
- Acil durum koruma sistemi müdahale veriminin iyileştirilmesi,

- İşletme reaktivite marjı (ORM; çekirdekte geriye kalan kontrol çubuklarının efektif sayısı) değerini tayin etmek üzere kumanda odasına hesaplama programları dahil edildi.
- Reaktör çalışır durumdayken acil durum güvenlik sistemlerinin baypas edilmesi engellendi,
- Çekirdek girişinde yeterli alt soğutmayı temin etmek üzere reaktör girişindeki soğutucunun nükleer kaynama oranından sapmada (DNB) düşüşe yol açan çalışma modlarından kaçınılması,

RBMK tipi santrallerde kaza sonrası gerçekleştirilen en önemli değişikliklerden birisi, kontrol çubuklarının yenilenmesiydi. (otomatik kontrol amaçlı kullanılan 12 çubuk hariç) her çubuktaki emicilerin uzunluğu boyunca iki uçtan bir grafit “yer değiştirici” eklidir. Alttaki yer değiştirici, çubuk aşağıya indirildikçe soğutma suyunun boşalan alana girmesini engeller, böylece çubuğun reaktivite değerini artırır. Ancak çubuğun ve yer değiştiricinin ebatları, çubuk tamamen batırılmış haldeyken, 4,5 metrelik yer değiştiricinin her iki ucunda 1,25 metre su bulunacak biçimde çekirdeğin yakıt bulunan kısmının tam ortasında duracak biçimdeydi. Bir ani durdurma sinyalinde, çubuk düştüğünden, kanalın alt kısmındaki su grafit yer değiştiricinin tabanı ile yer değiştirmekteydi, bu da ilk olarak çekirdek tabanının reaktivitesini arttırmaktadır. Çernobil kazasından sonra bu “pozitif ani durdurma” etkisi, kontrol çubuklarının yenilenmesi ile hafifletildi; çubuklar tamamen geri çekildikleri durumda çekirdek tabanında su bulunan bir bölge bulunmamaktadır.

FAEP sistemi, 24 acil durum koruma kontrol çubuğu en az 2β değerinde negatif reaktivite 2,5 saniyenin altında bir sürede ilave edilecek biçimde tasarlanmıştır. Ignalina ve Leningrad santrallerinde (yeni FAEP sistemi ile teçhiz edilen ilk RBMK tipi santraller) 1987-1988 yıllarında yapılan testler, bu özellikleri teyit etmiştir.

Yukarıdaki değişikliklere ilaveten, RBMK tipi santrallerde değişiklikler de yapıldı. Bu tedbirler şunları içermektedir:

- Bütün ünitelerde yakıt kanallarının yenileriyle ikamesi (Smolensk 3 hariç).
- Dağıtım kolektörü gruplarının yenileriyle ikamesi ve çek valflerin ilavesi
- Acil durum çekirdek soğutma sistemlerinde iyileştirmeler
- Reaktör boşluğu aşırı basınçtan koruma sistemlerinde iyileştirmeler
- SKALA süreç bilgisayarının yenisiyle ikamesi.

Şu anda, Çernobil’deki bütün reaktörler kapalıdır. Yaklaşık 17 adet Çernobil tipi reaktör halen faaliyettedir; bunların Çernobil’e en yakın olanları Ignaline ve Litvanya’daki iki büyük reaktördür.

4.4 Batı Tipi Reaktörlere İlişkin Sonuçlar

RBMK tipi reaktörler, Batıdakilerden çok farklı olması sebebiyle Çernobil kazasından öğreneceğimiz çok az şey var. Ünite 4’teki gibi kontrolsüz bir güç

artışı diğer reaktörlerin çoğunda neredeyse imkansızdır. Ayrıca, bütün Batı tipi reaktörlerin neredeyse tümü güçlü muhafaza binalarına sahiptir. Üç Mil Adasındaki kazada çekirdek kısmen erimiş olsa da, finansal bir felaketin aynı zamanda çevresel bir felaket olması gerekmeyeceğini göstermiştir.

5 Fukuşima Kazası / Kazaları ve Doğurduğu Sonuçlar

72

Fukuşima kazası, Ohkuma-Japonya'da 11 Mart 2011 tarihinde, 9.0 şiddetindeki Tōhoku depremi neticesi oluşan tsunami sonrasında gerçekleşmiştir. INES ölçeğinde, Çernobil gibi "geniş alana yayılan sağlık ve çevre etkilerinin" eşlik ettiği büyük miktarda radyoaktif madde salımı gösteren en yüksek seviyede (seviye 7) derecelendirilmiştir.

Ancak, Fukuşima ile Çernobil arasında çok önemli farklar bulunmaktadır. Bunlar özetle; salınım miktarı (Çernobil'in yaklaşık %10'u), muhafaza yapılarının mevcudiyeti, salınan radyonükleidler (çekirdek mevcudunun tamamı yerine çoğunlukla iyot ve sezyum izotopları), salınan maddelerin fiziksel formu (uçucular yerine çoğunlukla sıvı), bölgedeki avantajlı akıntı ve rüzgarlar ve genel neticelerinin çok daha az olmasıyla sonuçlanan nüfusun tahliyesi bakımından salınımın zamanlaması olarak açıklanabilir (Buongiorno ve arkadaşları).

Deprem vurduğunda, bölgedeki dört nükleer enerji santralindeki yedi reaktör o sırada çalışıyordu ve otomatik olarak durdular. Çalışır haldeyken duran üniteler; toplamda net 9377 MWe güce sahip Tepco Fukuşima Daiçi 1, 2, 3, Fukuşima Daini 1, 2, 3, 4, Tohoku Onagawa 1, 2, 3 ve Japco Tokai idi. Toplamda 2587 MWe (üniteler 4-6) güce sahip Fukuşima Daiçi 4-6 üniteleri o esnada çalışmamakla beraber durumdan etkilendiler. Onagawa 1, türbin binasındaki bir yangından etkilendi ancak ana problem, öncelikle Fukuşima 1-3 ünitelerinde yoğunlaşmıştı. Ünite 4, beşinci günde bir problem haline geldi.⁷

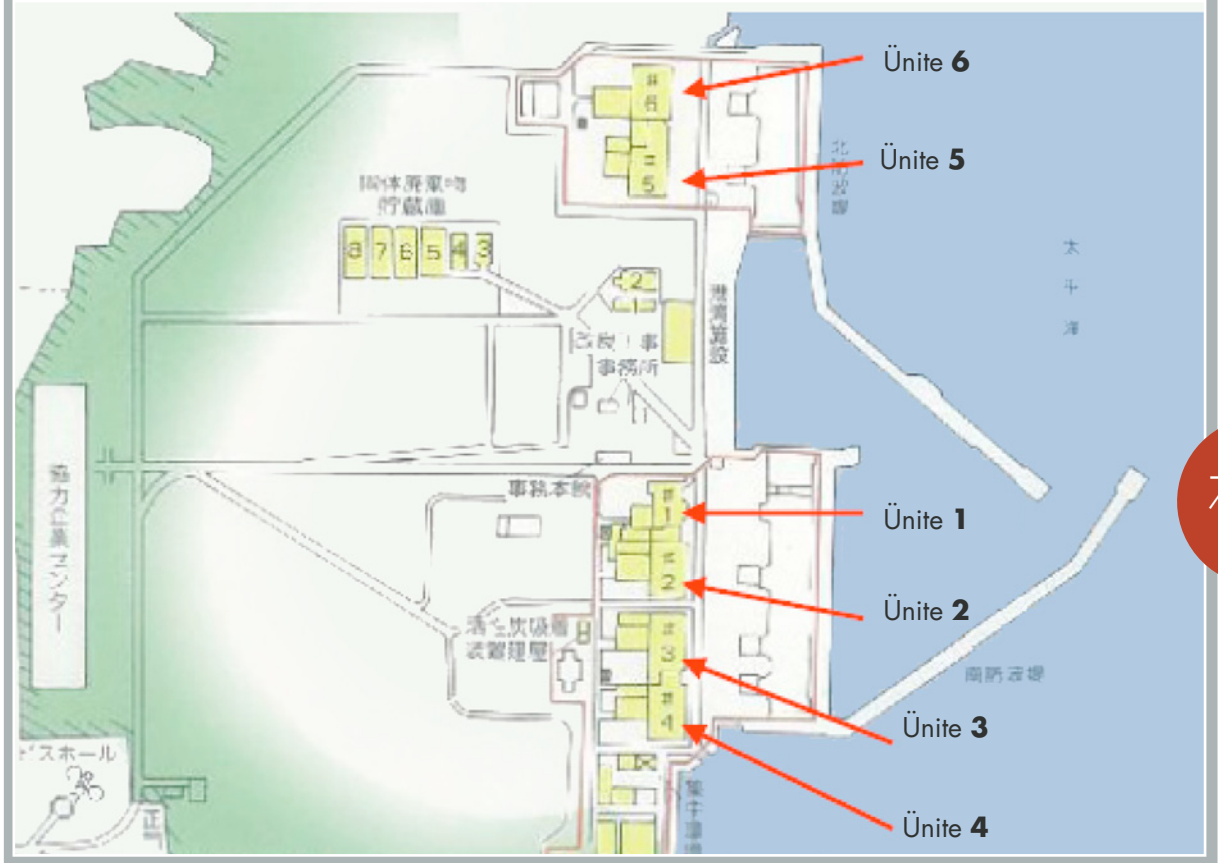
7- Dünya Nükleer Birliği, "Fukuşima Kazası 2011" http://www.world-nuclear.org/info/fukushima_accident_inf129.html; Japon Hükümetinin IAEA Nükleer Güvenlik Bakanlar Konferansına Sunduğu Rapor "TEPCO Fukuşima Nükleer Enerji Santrallerindeki Kaza", Haziran 2011 <http://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima/japan-report/cover.pdf>,

5.1 Fukuşima Daiçi Nükleer Enerji Santrali

Fukuşima Daiçi NES, neredeyse kare şeklinde bir sahadır ve yüzey alanı yaklaşık 1,47 milyon metrekaredir. Ünite 1'in Nisan 1982'de işletmeye alınmasından itibaren ilave reaktörler inşa edilmiş olup, şu anda dört reaktör bulunmaktadır. Tesislerin toplam enerji üretim kapasiteleri 4,4 milyon kilowatttır.⁸

Fukuşima Daiçi reaktörleri, GE, Toshiba ve Hitachi tarafından tedarik edilen ve Mark I muhafazalı olarak bilinen (1960'lar) erken dönem tasarıma sahip Kaynar Su Reaktörleridir (BWR'ler). 1-3 reaktörleri ticari olarak işletilmeye 1971-1975'te başlamışlardır.

Şekil 6 : Fukuşima Daiçi NES Genel Yerleşim Planı⁹



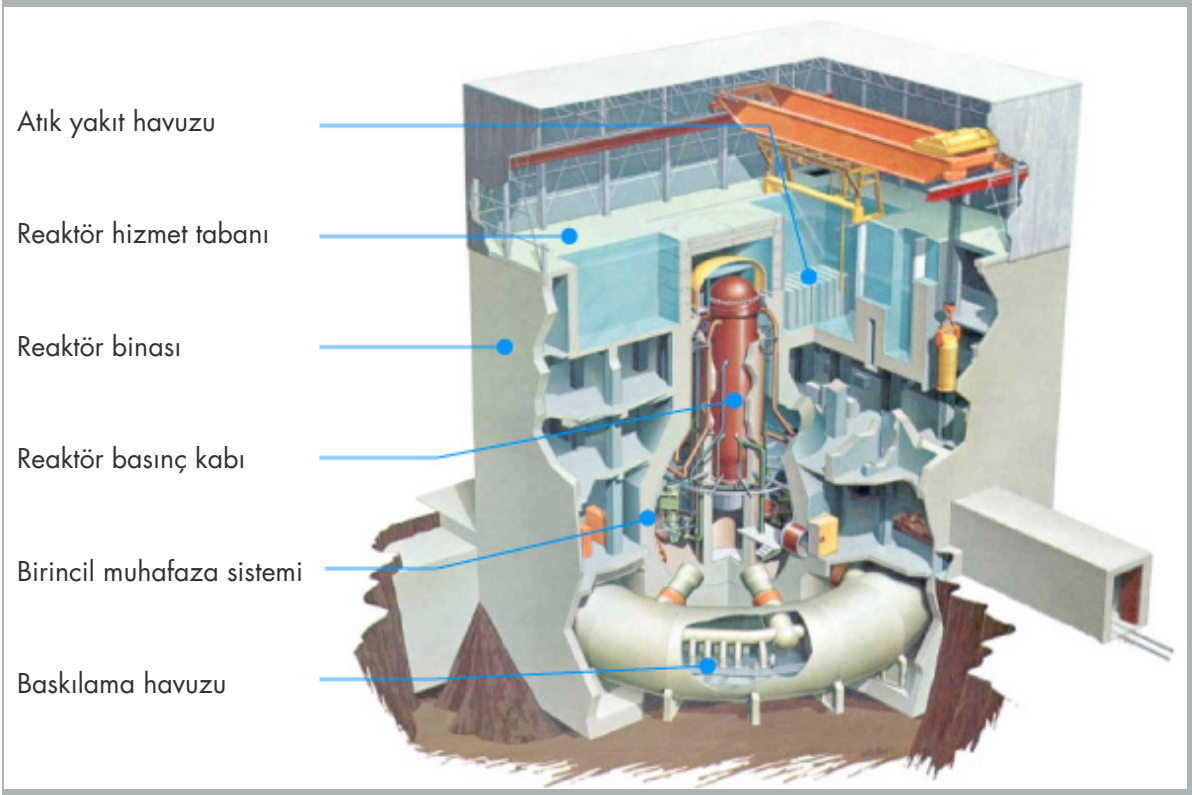
BWR Mark I Birincil Muhafaza Sistemi, takviyeli beton donanım üzerine 30mm çelikten ampul biçiminde müstakil Birincil Muhafaza Kabından (PCV; aynı zamanda kuru kuyu olarak bilinmektedir) oluşmaktadır. PCV, reaktör basınç kabını (PRV) içermekte ve altında baskılama havuzu (üniteler 2-5'te 3000 m³ suyla

8- Japon Hükümetinin IAEA Nükleer Güvenlik Bakanlar Konferansına Sunduğu Rapor "TEPCO Fukuşima Nükleer Enerji Santrallerindeki Kaza", Haziran 2011 <http://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima/japan-report/cover.pdf>,

9- Aynı kaynak.

beraber) bulunan yumru biçimli bir sulu kuyuya bağlıdır. Bakılama havuzundaki su, bir kaza anında enerji emici bir ortam gibi davranmaktadır. Sulu kuyu kuru kuyuya, baskılama havuzu suyunu kuru muhafazada yüksek basınç olması durumunda tahliye eden bir menfez sistemi ile bağlanmıştır. Birincil muhafaza sisteminin işlevi, her ebattaki reaktör soğutucu borusunda meydana gelen herhangi bir soğutucu kaybı kazasında açığa çıkan enerjiyi tutmak ve reaktörü dış saldırılardan korumaktır.¹⁰

Şekil 7: BWR-3 Reaktörü¹¹



74

5.2 Kazanın Sebepleri ve Mevcut ve Gelecekte Yapılacak Santrallere Yönelik Muhtemel Düzeltici Faaliyetler

Kazanın sebepleri ile mevcut ve gelecekte yapılacak santrallere yönelik muhtemel düzeltici faaliyetler MIT Raporunda özetle aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

1. DC bataryaların hızla boşalmasıyla birleşen saha dışı enerji kaybı (deprem nedeniyle) ve saha içi AC enerji kaybı (tsunami nedeniyle), reaktörün tümünde bir elektrik kesintisine yol açmış ve bu da akabinde yakıtın aşırı ısınmasına ve hasarına neden olmuştur.

10- Dünya Nükleer Birliği, "Fukuşima Kazası 2011" http://www.world-nuclear.org/info/fukushima_accident_inf129.html

11- Buongiorno ve arkadaşları

Mevcut santraller için muhtemel düzeltici faaliyetler

- Tsunami veya sel baskınları durumunda saha içi AC enerji kaybını önlemek üzere dizel jeneratörler, bunların yakıtları ve bağlantılı şalt tesislerinin yeterli yükseklikteki odalarda ve/veya su yalıtımlı odalar içine alınabilir.
- AC enerjinin yeniden devreye alınması için hızla sahaya iletilebilecek (örneğin havadan, karadan veya sudan) dizel jeneratörler veya gaz türbinli jeneratörler bulundurulabilir

Gelecekteki santrallere yönelik muhtemel tasarım iyileştirmeleri:

- Tetikleyici dış olayın gerçekleşmesi üzerine pasif sistemlerin muhtemel arıza modlarını da dikkate alan risk değerlendirmesi de dahil olmak üzere analiz yapmak suretiyle doğru kararın belirlenmesi yoluyla dış müdahaleye dayanmaksızın elektrik kesintisi senaryosunun üstesinden gelmek için pasif ve aktif güvenlik sistemlerinin bir karması cazip olabilir.

2. Yetersiz yakıt soğutmanın neden olduğu aşırı yakıt ısınması, hızlı oksitlenmeye ve büyük miktarlarda hidrojen oluşumuna yol açmış, bu da nihayetinde Ünite 1 ve 3'teki reaktör binalarının infilak etmesine/tahrip olmasına ve Ünite 4'ün de muhtemelen yanmasına sebebiyet vermiştir. Ancak, reaktör binalarında hidrojen birikimine yol açan mekanizma bu ana kadar netleşmemiştir.

Mevcut ve gelecekte yapılacak santraller için muhtemel düzeltici faaliyetler:

- Basıncılı kaplarda tahliyenin ABD'de uygulandığı üzere bacaya bağlı güçlü borularla yapılması. Tahliye güç kullanılmadan yapılabilmelidir.
- Santrallerin havuz bölgelerinde, santral bacalarına daha doğrudan bağlantılarla hava ortamı bulunmalıdır. Ayrıca, binalarda (güç kaybı durumunda) arıza durumunda açılan havalandırma panjurları kullanılabilir.
- Hidrojenin birikebileceği binanın üst bölgelerindeki küçük salımlar için daha fazla miktarda hidrojen birleştiriciler (pasif) ve tutuşturucular (aktif) değerlendirilebilir. Ayrıca, zaten sağlanmış olduğu üzere havalandırma sisteminde ve muhafaza içinde katalitik birleştiriciler kullanılabilir.
- Muhafazadaki gazların kütleli tahliyesi için hidrojen tutuşturucular araştırılabilir.
- Buharla oksitlenme sonucu hidrojen üreten maddelerin kullanımı azaltılabilir veya bırakılabilir; örneğin Zinkonyum alaşımı kaplamanın daha düşük reaktiflikteki malzemelerle ve nihayetinde SiC gibi seramik malzeme ile değiştirilmesi.

3. Reaktördeki elektrik kesintisi nedeniyle operatörler muhafazada aşırı basınç oluşmaması için muhafazayı (soğutmak yerine) tahliye ettiler. Tahliye edilen bazı gazlar, (yine reaktördeki elektrik kesintisi nedeniyle) hiç havalandırma bulunmayan reaktör binasına sızdı, bu da hidrojen birikmesine ve nihayetinde Ünite 1 ve 3'teki reaktör binalarının infilak etmesi/tahrip olması ile sonuçlandı.

Mevcut santraller için muhtemel düzeltici faaliyetler

- Muhafazanın soğutması çalışmadığında muhafaza muhteviyatı, doğrudan bacaya tahliye edilmelidir. Enerji kesintisi durumunda otomatik olarak aktifleşen bir katalitik birleştirici sistemi de araştırılabilir.

Geleceğe yönelik muhtemel iyileştirmeler:

- Pasif muhafaza soğutma sistemi, AC enerji kesintisi durumunda muhafaza basıncını düşürmek amacıyla muhafaza muhteviyatının tahliye edilmesi ihtiyacını ortadan kaldırabilir.
- Filtreli/havalandırılmalı muhafaza konsepti (Fransız-İsveç örnekleri), muhafaza soğutması devre dışıyken muhafaza basıncının ve atmosfere yapılan radyoaktivite salımının kontrol edilmesine dengeli bir yaklaşım sunabilir.

4. Fukuşima santralinden en büyük radyoaktivite salımları, tüketilmiş yakıt havuzlarından olabilir. Tüketilmiş yakıt havuzlarında:

Tüketilmiş yakıt havuzlarının yükseltilmiş yerleşimi, Ünite 1, 3 ve muhtemelen 4'teki reaktör binalarının hidrojen patlamaları kaynaklı hasara maruz bırakmıştır.

Tüketilmiş yakıt havuzu soğutma sisteminin iş göremez hale gelmesi Ünite 4'teki havuz yangınına yol açmış ve bir hafta süreyle gayri nizami soğutma çabalarını zorunlu kılmış olabilir (örneğin; helikopterler, tazyikli su araçları).

Deprem yol açtığı havuzlardan su sızıntısı (bu ana kadar teyit edilmemiştir) durumu kötüleştirmiş olabilir.

Mevcut santraller için muhtemel düzeltici faaliyetler:

- Tüketilmiş yakıt yapıları, mümkün olduğunca kısa sürede kuru stoka alınmalıdır. Kuru kapların, daha sıcak yakıt yapılarında hava soğutması sağlamak üzere "şapkalı" baca ile yeniden tasarlanması. Ancak,
 - (i) Bir deprem veya kasırga / tayfun nedeniyle kapların devrilmemesi temin edilmelidir; eğer kaplarda gedik açılırsa (suyun bir miktar temizleme etkisi gösterdiği havuzların aksine) radyoaktivite salımı hafifletilemez,
 - (ii) Havuzlardaki bozunma ısısının yeni tahliye edilen yakıtla bastırılması, böylelikle eski yakıtın kuru kaplara alınması bir kaza esnasında havuzun ısınma süresi üzerinde o kadar önemli bir etkide bulunmayabilir. Söz konusu belirsizlikler hızlandırılmış kuru depolamanın, saha içi kullanılan yakıt havuzları veya merkezi ara depolama gibi diğer seçenekler için de gerçekten tercih edilebilir olup olmadığı hususunun netlik kazanamamasına yol açmaktadır.
- Mevcut kullanılan yakıt havuzları, tetikleyici dış olaya karşı koyabilecek bir pasif soğutma sistemi ile yenilenebilir.
- Yakıt ikmali nedeniyle duruşlar esnasında çekirdek yükünün tamamen

havuzlara boşaltılması ve kullanılmış yakıt havuzlarının konumlandırılmasına ilişkin politikalar yeniden gözden geçirilmelidir.

Geleceğe yönelik muhtemel iyileştirmeler:

- Kullanılmış yakıt havuzları, reaktör binasından ayrı bir muhafaza benzeri yapı içine alınabilir. (Bazı PWR santrallerinde kullanılmış yakıt havuzları mevcut muhafazanın içerisinde yer almaktadır.)
- Bölgesel veya ulusal birleşik kullanılmış yakıt ara depolama tesisleri, santraldeki tüketilmiş yakıt mevcudunu azaltacak ve bunun sonucu olarak da kullanılmış yakıt havuzu kazalarındaki riski düşürecektir. İlginç biçimde Japonlar yakın bir zamanda Rokkasho'da bir yeniden işleme tesisini tamamlamışlardır ve 10-15 yıl içinde kullanılmış yakıtlarını, uzun sürelerle reaktör sahalarında tutmak yerine tümüyle buraya sevk etmeleri muhtemeldir.

5. Bu sahanın kompakt tasarımından ötürü, bir üniteadaki sorunlar komşu ünitelere de sıçramış ve güvenlik riskleri yaratmıştır. Ünite 3'teki hidrojen patlaması, Ünite 2'de deniz suyu enjeksiyonu için kullanılan bazı yangın pompalarını iş göremez duruma getirmiştir. Ayrıca Ünite 4'teki yangına/ patlamaya, Ünite 4 ile ortak kullanılan borular nedeniyle Ünite 3'ten salınan hidrojen kaçağının neden olduğu iddia edilmiştir. 1-4 ünitelerinden uzak olan Ünite 5 ve 6, Ünite 1'deki hidrojen patlamalarından etkilenmemişler ve tek bir dış olay (tsunami), santraldeki 13 dizel jeneratörün hepsini aynı anda çalışmaz duruma getirmiştir. Fukuşima-Daiçi yakınında bulunan Fukuşima-Daini ve Onagawa santrallerinin her ikisi de büyük bir hasar olmaksızın depremi ve tsunamiyi atlattımlardır.

Mevcut santraller için muhtemel faaliyetler:

- Yerleşim planının farklılaştırılması ve çok üniteli sahalarda reaktörlerin konumlandırılması gözden geçirilmelidir. Örneğin, en az bir jeneratör odası zeminin yeterince üstünde bir konuma (tsunamilerden korunmak üzere) ve bir tanesi de zemin altına (uçak kazalarından korunmak üzere) yerleştirilebilir. Ayrıca gelecekte yapılacak santrallerde, idari binalar ve park alanları üniteler arasındaki fiziksel ayrımı artırmak üzere üniteler arasına yerleştirilebilir.

Geleceğe yönelik muhtemel iyileştirmeler:

- Gelecekte yapılacak santrallere ilişkin bir yaklaşım, büyük depremler, tsunamiler ve sellerin yol açacağı hasar olasılığını büyük oranda düşürmek (ve belki de bertaraf etmek) üzere yapılacakları sahanın sismik alanlardan ve kıyılardan uzakta seçilmesidir.
- İnsanların kıyılara ve faylara (nehir vadileri) yakın yerlere toplanma eğiliminde oldukları not edilmiştir; bundan ötürü olumsuz dış olay olasılığını minimize etmek ve yoğun nüfuslu bölgelere mesafenin maksimize edilmesi arasında güçlü bir sinerji bulunmaktadır. Japonya, Tayvan ve Kaliforniya'daki santraller haricinde tüm dünyada nükleer santrallerin büyük bölümü yüksek sismik değerdeki alanlardan uzaktadır. Bu bölgelerde beklenen daha yüksek

yer hareketlerinin üstesinden şu anda, bu alanlara inşa edilmiş santrallerin daha zorlayıcı sismik tasarımları ile gelinmektedir.

- Bir santralde izin verilebilecek ünitelerin sayısı, çoğu kez çelişen aşağıdaki faktörleri dikkate alan bir analize dayanarak belirlenebilir:

- (i) Aynı faktörden kaynaklanan kırılmalıkların azaltılması,
- (ii) Bütün üniteleri etkileyen şiddetli bir kazada kullanılacak personel ve kaynakların hazır bulundurulması,
- (iii) Yüksek standartlaştırma (paylaşımlı öğrenme),
- (iv) Paylaşımlı ekipman (ekonomik ve güvenlik açısından doğurdukları sonuçlarıyla birlikte),
- (v) Çok üniteli soğutmanın düşük çevresel etkisi.

Referanslar

AEA (1994) Yeni nesil su reaktörlerine yönelik gelişmiş muhafaza sistemlerinin durumu, IAEA-TECDOC-752, Viyana

AREVA, EPR – Nükleer Santral Kesiti

http://www.eprreactor.co.uk/ssmod/liblocal/docs/EPR%20Interactive/Brochures/EPRFeatures_32x34.pdf

Buongiorno, J. Ve arkadaşları, “Fukuşima-Daiçi Kazasından Öğrenilen Teknik Dersler ve Nükleer Endüstri için Muhtemel Düzeltici Faaliyetler: Bir İlk Değerlendirme”, MIT Fakülte Raporu MIT-NSP-TR-025.

Castleberry, G. W. Babcock ve Wilcox Basınçlı Reaktörler, Doktora dersi E183. Babcock ve Wilcox P.

Corradini, M.L. (2003), Gelişmiş Nükleer Enerji Sistemleri, Isı Transfer Sorunları ve Eğilimler, Isı Transferinde Gelecekteki Eğilimler Hakkında Rohsenow Sempozyumu: MIT, 16 Mayıs <http://web.mit.edu/html/www/papers/CORRADINI.pdf>

Denton, H.R.(1987), “Çernobil nükleer kazasının sebepleri ve neticeleri ile ABD nükleer enerji santralleri yönetmeliği üzerinde doğurduğu sonuçlar”, Nükleer Enerji Yıllıkları, Cilt 14, Sayı 6, sayfa 295-315.

Dünya Enerji Kurumu, Gelişmiş Nükleer Enerji Reaktörleri, <http://www.world-nuclear.org/info/inf08.html>

Dünya Nükleer Topluluğu, Nükleer Enerji Reaktörlerinin Güvenliği, (24 Haziran 2011 tarihinde güncellenmiştir) <http://www.world-nuclear.org/info/inf06.html>.

Dünya Nükleer Birliği, “Fukuşima Kazası 2011” http://www.world-nuclear.org/info/fukushima_accident_inf129.html

Dünya Nükleer Birliği, Üç Mil Adası Kazası, <http://www.world-nuclear.org/info/inf36.html>, (Mart 2001, minör değişiklik 2010).

http://www.threemileisland.org/science/what_went_wrong/index.htm

Dünya Nükleer Birliği (1986), Çernobil Kazası <http://www.world-nuclear.org/info/chernoby1/inf07.html>

Dünya Nükleer Birliği, “Rusya’da Nükleer Enerji <http://www.world-nuclear.org/info/default.aspx?id=26576&terms=floating>.

Dünya Nükleer Birliği, “Çernobil Kazası Olaylar Dizisi Ek 1”

Dünya Nükleer Birliği “RBMK Reaktörleri”, <http://www.world-nuclear.org/info/inf31.html>

Ekonomik ve Basitleştirilmiş Kaynar Su Reaktörü (ESBWR) Tasarım Belgelendirme Başvurusu İncelemesi <http://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/design-cert/esbwr.htm>

"Energoatom Concern OJSC " Smolensk NES " Santral Hakkında " Nesil" Snpp. rosenergoatom.ru <http://snpp.rosenergoatom.ru/eng/about/production/> Retrieved 2010-03-22.

Frogatti, A., (2005), "Üç Mil Adası Sırasında Gerçekleşen Olayları Gösteren Zaman Çizelgesi", Nükleer Reaktörlerin Riskleri, Nükleer Sorunlar Makale No. 2, Heinrich Böll Vakfı [18] K.E. Holbert, Üç Mil Adası (TMI-2) <http://holbert.faculty.asu.edu/eee460/TMI-2.pdf>

Henry, R. E. (2007). "TMI-2: Şiddetli Kaza Yönetimi Ders Kitabı", Uluslararası ANS/ENS Toplantısı, www.nanodata.com/.../ThreeMileIsland-severe-accident-management-2007.pdf

IAEA (2011), Fukuşima Nükleer Kazası Güncelleme Günlüğü 2 Haziran 2011 Tarihli Güncellemeler.

IAEA (2008), INES Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay Ölçeği Kullanıcı Kılavuzu 2008 Basımı, Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu Viyana, http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/INES-2009_web.pdf.

IAEA, Nükleer Enerji Santrallerinde Derinlemesine Savunma Değerlendirmesi, http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1013e_web.pdf

IAEA (1992), "Çernobil Kazası: INSAG 1 Güncellemesi"-, GÜVENLİK SERİSİ No. 75-INSAG-7, Uluslararası Nükleer Güvenlik Tavsiye Grubunun Raporu, IAEA Viyana, (http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub913e_web.pdf)

Lee, S., ve K. Suhi (2009), "Gelişmiş Enerji Reaktörü 1400'ün Tasarım Özellikleri" Nuclear Engineering and Technology, Cilt 41, No 8

Malko, M. V. 'Çernobil Reaktörü: Tasarım Özellikleri ve Kazanın Sebepleri' <http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/reports/kr79/kr79pdf/Malko1.pdf>

Misak, J., "Yeni nesil reaktörlerin uygulaması ile bağlantılı güvenlik değerlendirme sorunları", http://www.eurosafe-forum.org/userfiles/1_09_Jozef%20Misak%20EUROSAFE%20presentation.pdf.

Mitchell, R. ve G.T: Frampton (1980). Üç Mil Adası: Komisyon Üyeleri ve Halk Raporu, Cilt I, Nükleer Düzenleme Komiyonu, Özel Tahkikat Grubu. <http://www.threemileisland.org/downloads/354.pdf>

Modro, S. M. ve M. W. Jankowski (2006), "Nükleer Enerji Santralleri Güvenlik Güncellemelerinde Sağlanan Kazanımlar, Polonya NPPP Nükleer Enerji Santralleri

Morozov, A., A. Soshkina (2008), "Yeni Nesil NES'leri için Pasif Çekirdek Soğutma Sistemleri: Özellikler ve Teknolojinin Bilinen Durumu", Makale No. 236 Interlaken, İsviçre

NRC, Çernobil Nükleer Enerji Santrali Kazası Raporu,NUREG-1250 Washington, DC , Ocak 87.

NRC Çernobil Nükleer Enerji Santrali Kazası Basın Konferansı, <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/chernobyl-bg.html>

Sehgal, B. R. (2006). "Hafif Su Reaktörü (LWR) Safety, Nuclear Engineering and Technology, Cilt.38, No:8

Snell J., V.G..Q. Howieson (1989) AECL, 1989. Çernobil- Kanadalı Bakış Açısı <http://canteach.candu.org/library/19910101.pdf>

Japon Hükümetinin IAEA Nükleer Güvenlik Bakanlar Konferansına Sunduğu Rapor "TEPCO Fukushima Nükleer Enerji Santrallerindeki Kaza", Haziran 2011 <http://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima/japan-report/cover.pdf>,

Teeghman, D. "En kötü 5 Nükleer Felaket", <http://news.discovery.com/tech/top-five-nuclear-disasters.html>

USNRC Teknik Eğitim Merkezi Reaktör Konseptleri Kılavuzu Basınçlı Su Reaktör Sistemleri <http://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/teachers/04.pdf>

Bölüm III

Türkiye Açısından Nükleer Enerji Ekonomisi



Doç. Dr. Gürkan Kumbaroğlu

Yönetici Özeti

Bu raporda nükleer enerji üretiminin ekonomik incelemesi yapılmakta, Türkiye ile Rusya arasındaki Akkuyu'da 4.800 MW'lık bir kurulu güce sahip dört üniteli bir tesis inşa edilmesine ilişkin anlaşmanın mali değerlendirmesi yer almaktadır.

2010 yılının Mayıs ayında Rusya Federasyonu Hükümeti ve Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti, Türkiye'nin Akdeniz sahilinde Akkuyu bölgesinde, her biri 1.200 MW kurulu güce sahip dört adet VVER ünitesinden oluşan bir nükleer güç santralının kurulup sahiplenilerek işletilmek üzere Rus Devlet Atom Enerjisi Kuruluşu Rosatom'un yetkili tayin edildiği bir hükümetlerarası anlaşma imzalamıştır. Kurulacak santralin ilk ünitesinin 2019'da hizmete girmesi, diğer üç ünitenin de sonrasında aralıklarla faaliyete alınması beklenmektedir.

Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi (TETAŞ), ilk iki ünitenin üreteceği enerjinin %70'ini, üçüncü ve dördüncü ünitenin üreteceği enerjinin %30'unu, 15 yıllık bir satın alma anlaşması süresince, KDV hariç 12,35 ABD senti / kWh ortalama fiyattan satın almayı garanti etmiştir.

0,1235 ABD doları / kWh şeklindeki elektrik satın alma anlaşması ortalama fiyatı, 2009 yılı vergi hariç sanayi elektriği son kullanım fiyatının (0,1125 ABD doları / kWh) çok az üzerindeyken, vergi hariç konut elektriği son kullanım fiyatının (0,1295 ABD doları / kWh) çok az altındadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu açıklamalarının ışığında ülkenin 2010 yılı ortalama toptan elektrik fiyatı 9,38 ABD senti / kWh olarak hesaplanmaktadır. Akkuyu anlaşmasının 2010 reel değeri model varsayımlarının 2010 reel değeri ile karşılaştırıldığında, toptan fiyatın Akkuyu anlaşmasına yönelik en yüksek fiyat tahmininden (Düşük iskonto oranlı senaryo 5.84 ABD senti / kWh) %60 daha yüksek olduğu görülmektedir. Düşük fiyat senaryosu için ise aradaki fark çok daha yüksektir (%284).

Sözleşmenin 2020-2035 yıllarını kapsayan dönemdeki bir fiyatın ortalamasına, dolayısıyla 9-24 yıl sonrasına atıfta bulunduğu göz önünde bulundurulursa; reaktörün inşası, işletimi ve bakımının yanı sıra atık nakliyesine ve yönetim faaliyetlerine ilişkin güvenlik önlem ve düzenlemelerinin doğru şekilde tanımlanması ve kaza ve nükleer sızıntı riskine karşı tatminkar düzeyde güven ve güvenilirlik sağlanması koşuluyla, imzalanan sözleşmenin ekonomik açıdan (kararlaştırılan ortalama satın alma fiyatının ilgili yıllarda nihai tüketici yansıtacak elektrik fiyatlarından çok daha düşük kalması beklendiğinden) Türkiye için avantajlı olduğu görülmektedir. Üstelik hükümetlerarası anlaşmaya göre santralin ticari işletmeye alınmasından sonraki 15 yılı kapsayacak olan elektrik satın alma anlaşmasının sona ermesini müteakip Proje Şirketinin net karının %20'si santralin ömrü boyunca yıllık bazda Türk tarafına verilecektir.

Öte yandan Rusya ile Türkiye arasında yapılan hükümetlerarası anlaşmanın aslında bağımsız bir ticari anlaşma olarak yapılmasının, ekonomik koşullar ve Rus tarafınca üstlenilen tüm riskler göz önünde bulundurulduğunda, ne

derece mümkün olabileceği tartışmalıdır. Enerji sektöründe Rusya ile Türkiye arasındaki kuvvetli işbirliği, yükselen yeni piyasalarda Rus nükleer teknolojisinin yaygınlaşmasının desteklenmesi gibi başka hususlar, bu anlaşmanın Rus tarafınca ticari kaygı ön planda tutulmadan imzalanmasında etkin olmuş olabilir. Türkiye'nin uzun vadeli resmi enerji stratejisinde öngörüldüğü üzere nükleer enerji alanında bir geleceği söz konusu olacaksa, sızıntı ve ciddi nükleer kaza olasılıkları bertaraf edildiği, atık yönetimi herhangi bir endişeye mahal vermediği ve gerekli düzenleyici ve kontrol edici mekanizmalar başarıyla yürürlüğe konduğu müddetçe anlaşma ekonomik açıdan iyi bir başlangıç noktası olarak görünmektedir. Diğer yandan Fukushima kazası sonrasında, nükleer enerjinin yer almadığı bir geleceğin ekonomik koşullarının, fizibilite ve sürdürülebilirlik unsurlarıyla birlikte tüm dünyada tartışıldığı ve daha kapsamlı olarak ele alınır hale geldiği belirtilmelidir.

1 Giriş

Bu raporda nükleer enerji üretiminin ekonomik incelemesi yapılmakta, Türkiye ile Rusya arasındaki Akkuyu'da 4.800 MW'lık bir kurulu güce sahip dört üniteli bir tesis inşa edilmesine ilişkin anlaşmanın mali değerlendirmesi yer almaktadır. Bu çalışmanın Türkiye'nin ilk nükleer güç santralini tesis edip etmeme kararını sorgulama amacı gütmeye, nükleer enerji üretiminin sonuçlarının daha iyi anlaşılması için bu kararın uluslararası standartlar ve tecrübelerin ışığında farklı yönleriyle değerlendirildiğinin altı çizilmelidir. Bu amaca uygun olarak aşağıda kapsamlı bir ekonomik değerlendirmeye yer verilmiştir.

Öncelikle geçmişten günümüze hayata geçirilen santrallere dayanarak, dünya genelinde nükleer enerji üretiminin maliyetine ilişkin uluslararası veriler değerlendirilmektedir. Daha sonra Türkiye'nin Rusya ile yaptığı hükümetlerarası anlaşma mali açıdan uluslararası verilerle de kıyaslanarak değerlendirilmektedir. Ardından resmi arz/talep beklentilerine dayalı olarak nükleer enerjinin Türkiye'de elektrik tedariki ve fiyatları üzerindeki beklenen etkisi tartışılmaktadır. Son bölümde çalışmanın genel bir değerlendirmesi yapılarak en önemli bulgular özetlenmektedir.

2 Dünyada nükleer enerji üretiminin maliyeti

2.1 Yatırım Maliyetleri Ve Geri Dönüşü Etkileyen Faktörler

Bir nükleer santral yatırımının tüm planlama, mühendislik, inşaat ve lisanslandırma faaliyetlerine ilişkin ön aşama harcamalarının, işletim aşaması esnasında kendini amorti edecek şekilde maliyet hesaplaması yapılır; bu çerçevede sermayenin geri dönüşü için ön aşama harcamalar santralin ekonomik ömrüne yayılmakta ve yıllık bazda diğer yıllık işletme, bakım vs. maliyetlerine eklenmektedir. Sabit maliyetler santralin tüm ömrü boyunca yapacağı üretimle

amorti edileceğinden, ekonomik ömür ve iskonto oranı tahminine ek olarak bir yaşam boyu kapasite faktörü de maliyetlerin amortismanını etkilemektedir. Tüm bu konulara bu bölümde açıklık getirilmektedir.

2.2 Tesis Dönemi Faizleri Hariç Yatırım Maliyetleri

Bir nükleer santralin yatırım maliyetleri; genellikle mühendislik-satın alım-inşaat olarak tanımlanan bir santral tesisinin yalın maliyetine ek olarak, ayrıca arsa, soğutma sistemi altyapısı, idare ve müştemilattaki binalar, şantiye çalışmaları, şalt sahası, proje yönetimi ve ruhsat maliyetini de içermektedir. Bu tanım, tesis dönemi faizleri hariç yatırım maliyetleri (overnight capital cost) olarak tanımlanan terime uygun düşmektedir. Dünya Nükleer Birliği'nin son raporunda (WNA, 2011a), 2008 yılı ortasında tedarikçilerden alınan rakamlara göre tesis dönemi faizleri hariç yatırım maliyetleri, Gelişmiş Kaynar Su Reaktörü (ABWR) tipi reaktörler için 3000 ABD doları/kW'nin biraz üzerinde, Ekonomik Basitleştirilmiş Kaynar Su Reaktörü (ESBWR) tipi reaktörler için 3000 ABD doları/kW'nin biraz altında ve AP1000 (Westinghouse Electric Company'nin ticari markası) Basınçlı Su Reaktörü (PWR) tipleri için 3000 ABD doları/kW civarındaydı. Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü OECD'nin yakın zamanda yapılan bir çalışmasına (OECD, 2010) göre, tesis dönemi faizleri hariç yatırım maliyetleri (2008 yılı rakamları); Güney Kore'de Gelişmiş Güç Reaktörü (APR)-1400 tipi reaktörleri için 1556 ABD doları/kW ile Japonya'da ABWR reaktörleri için 3009 ABD doları, Fransa, Flamanville'de Basınçlı Avrupa Reaktörü (EPR) için 3860 ABD doları ve İsviçre'de EPR reaktörleri için 5863 ABD doları/kW arasında değişmekteyken Dünya genelindeki ortalama 4100 ABD doları/kW düzeyindeydi. Belçika, Hollanda, Çek Cumhuriyeti ve Macaristan rakamlarının hepsi 5000 ABD doları/kW üzerindeydi. Çin'de tesis dönemi faizleri hariç yatırım maliyetleri, Çin Basınçlı Reaktör (CPR)-1000 (bir Generation II + basınçlı su reaktörü) için 1748 ABD doları/kW üzerinde ve AP1000 tipi reaktörler için 2303 ABD doları/kW üzerindeydi. Bir Rus Vodo-Vodyanoi Energetichesky Reaktörü (VVER-1150 tipi reaktör) için tesis dönemi faizleri hariç yatırım maliyetlerinin 2933 ABD doları/kW olduğu belirtilmektedir.

Reel yatırım maliyeti, genellikle, son zamanlarda çeşitli deneyimlerde görüldüğü üzere (örn. Romm, 2009; Kanter, 2009) finansman maliyeti ile malzeme ve işçilik maliyetlerindeki artış nedeniyle tesis dönemi faizleri hariç yatırım maliyetlerinin üzerine çıkmaktadır. Kennedy (2007) tarafından temin edilen maliyet tahminleri özetine göre, İnşaat Dönemi Faizleri (IDC) hariç inşaat maliyetlerinin 500-1000 İngiliz sterlini/kW (2004 yılı rakamları) arasında olduğu tahmin edilmekteyken İnşaat Dönemi Faizleri dahil inşaat maliyetleri 3000 İngiliz sterlini/kW'ye (2004 yılı rakamları) çıkabilmekteydi. Daha çok Fransız reaktörlerine ilişkin resmi olmayan kamu kayıtlarına dayanarak, Grubler (2010) belirli reaktör maliyetlerini ve bu maliyetlerde zaman içinde meydana gelen değişiklikleri araştırmış ve gerçek zamanlı inşaat maliyetlerinin önemli oranda arttığını tespit etmiştir. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü MIT'nin bir raporunda (MIT, 2009), ortalama nükleer santral yatırım maliyetinin 4.000 ABD doları/kW düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir (Josdkow/Parson, 2009). Diğer yandan ABD Enerji Bakanlığı (2010) ise, bir nükleer

üretim tesisinin toplam yatırım harcamalarının 5.000–6.000 ABD doları/kW düzeyinde olduğu tahminine yer veren Moody's Investors Service (Moody's, 2007) tarafından hazırlanan bir raporun sonuçlarına kıyasla bir miktar daha yüksek bir tahminde bulunarak nükleer üretim tesisinin toplam yatırım maliyetinin 5.300 ABD doları/kW düzeyinde olduğunu belirtmiştir.

2.3 Kapasite Faktörü

Kapasite faktörü üretilen elektrik miktarını belirlemede, dolayısıyla birim üretim maliyetleri üzerinde önemli bir etki yaratmaktadır. Kapasite faktörünün düşük olması durumunda daha az enerji üretildiğinden tesisin ömrü boyunca yapacağı enerji üretiminin amorti ettiği yatırım maliyetleri, daha yüksek bir birim maliyetine sahip daha düşük miktar üretimle karşılanır. Sabit maliyetler tesisin ömrü boyunca amorti edileceğinden, birim maliyet hesaplamalarında ömür boyu kapasite faktörü önem ifade etmektedir.

Joskow /Parsons (2009) ABD'deki nükleer santrallerinin %80'den düşük bir kapasite faktörüne sahip olduğunu tespit etmiştir. Uluslararası düzeyde yaptıkları analiz sonucu ise, 2007 itibarıyla ortalama kapasite faktörünün dünya genelinde yaklaşık %82 düzeyinde olduğunu ortaya koymuştur. Sadece Finlandiya'nın yüzde 90'dan yüksek ömür boyu kapasite faktörüne sahip bir nükleer santral filosuna sahip olduğu ve yüzde 85'ten yüksek ömür boyu kapasite faktörüne sahip dört ülkenin bulunduğu belirtilmektedir.

MIT tarafından hazırlanan "Nükleer Enerjinin Geleceği" başlıklı çalışma, baz senaryosunda kullanılan %85 ve %75 düzeyindeki ömür boyu kapasite faktörleriyle en makul tahminleri yansıtmaktadır. Ancak 2009 yılında yapılan güncellemede (MIT, 2009) santral filusunun ortalama kapasite faktörünün 2003'ten itibaren %90 düzeyinde gerçekleştiği belirtilmektedir. Nükleer enerji maliyeti konusunda yapılan güncelleme raporunda %85 düzeyinde bir kapasite faktörü tahminine yer verilmiştir. OECD çalışmasında da (OECD, 2010) %85 düzeyinde genel bir tahmin kullanılmıştır.

Koomey /Hultman'ın ABD'de 99 reaktör üzerinde gerçekleştirdiği analiz (2007), daha eski reaktörler için %72 düzeyinde bir medyan kapasite faktörü ortaya koyarken ana örneklem için %82 düzeyinde bir kapasite faktörü ortaya koymuştur.

2.4 Ekonomik ömür

Ekonomik ömür, yatırım maliyetlerinin amorti edilmesini sağlayacak ömür boyu enerji üretiminde belirleyici olduğundan, birim üretim maliyetlerinin belirlenmesinde de önemli bir rol oynamaktadır. Şüphesiz, santralin ömrü ne kadar uzun olursa birim üretim maliyeti de o kadar yüksek olmakta; aynı şekilde birim üretim maliyeti ne kadar yüksekse, santralin ömrü de o kadar uzun olmaktadır.

OECD'nin düzenleyici reformlar konusunda hazırladığı raporda (OECD, 1997) nükleer güç santrallerinin tipik ekonomik ömrünün 40 yıl olduğu ifade edilmiştir. Bu rakam, yakın zamanlı modelleme çalışmalarında (örn. Vaillancourt ve ark., 2008; Lenzen, 2008) genel olarak kullanılan tahminlerle de paralellik göstermektedir. Ancak pratikte, aşağıda Amerika Birleşik Devletleri'yle ilgili verilen örnekte ifade edildiği gibi santral ömrünün uzatılması uygulamasına sıkça rastlanmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri Nükleer Düzenleme Komisyonu NRC, işletme ruhsatlarını maksimum 40 yıllık bir süre için vermektedir. Ancak NRC 1991 yılında işletme ruhsatlarına ilave bir yirmi yıllık süre uzatımı getiren bir dizi prosedür geliştirmiştir. NRC, o tarihten bu yana 66 reaktör (Amerika Birleşik Devletleri'nde faaliyet gösteren 104 reaktör arasından) için ruhsatları yenilemiştir ve 16 adet başvuru halen değerlendirme aşamasındadır. Ülkenin en büyük üç üniteli güç santralının işletme ruhsatı, yakın bir tarihte yenilenmiştir (Reuters, 21 Nisan 2011).

2.5 İskonto Oranı

89

Doğal olarak faiz oranları ve dolayısıyla yatırımcıların kullandıkları iskonto oranlarının enerji üretimine yapılan yatırımların maliyeti üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Seviyelendirilmiş üretim maliyetleri hesaplanırken yatırım maliyetleri, tahmini bir iskonto oranı kullanılarak yıllara yayılır. İskonto oranı ne kadar yüksekse seviyelendirilmiş üretim maliyetleri de o kadar yüksek olmaktadır. Genel olarak reel iskonto oranının %5-10 aralığında varsayılmaktadır. OECD raporunda (OECD; 2010), yatırım, işletmeden çıkarma ve toplam seviyelendirilmiş maliyet rakamları hem %5 hem %10 iskonto oranı için bildirilmektedir ve sonuçlar iskonto oranı tahmininin önemini ortaya koymaktadır. Örneğin Belçika için nükleer enerji üretiminin seviyelendirilmiş maliyeti %5'lik bir iskonto oranıyla 61,06 ABD doları/MWh olarak hesaplanırken, iskonto oranı %10 olarak alındığında bu rakam 109,14 / MWh'ye yükselmektedir.

2.6 İşletme ve Bakım Maliyeti

OECD çalışmasına (OECD, 2010) göre, nükleer güç santrallerinin İşletme ve Bakım maliyetleri (2008 rakamları) Çin'de CPR-1000 tipi reaktörler için 7.04 ABD doları/MWh iken Macaristan'da PWR (Basınçlı Su Reaktörü) tipi reaktörler için 29.8 ABD doları/MWh'ye çıkmaktadır. Diğer yandan Almanya'da PWR reaktörlerinin İşletme ve Bakım maliyeti 8.8 ABD doları/MWh kadar düşmektedir. Ülkeye özgü maliyet dağıtım tablolarının İşletme ve Bakım maliyetleri kalemi üzerinde önemli bir etkisi olduğu belirtilmelidir. Bir Rus VVER-1150 tipi reaktörün İşletme ve Bakım maliyeti 16.8 ABD doları/MWh olarak belirtilmektedir.

2.7 İnşaat Süresi Ve İnşaat Süresinin Ekonomik Sonuçları

İnşaat süresi ilk betonun atılmasıyla elektrik şebekesine bağlantı arasında geçen süre olarak tanımlanmaktadır. İnşaat faiz maliyetleri, faiz oranına ve inşaat süresine bağlı olarak toplam sermaye maliyetlerini belirleyen önemli bir unsur olabilmektedir. Chicago Üniversitesi'nde gerçekleştirilen bir çalışma (2004), inşaat sırasındaki faiz ödemelerinin beş yıllık bir inşaat planı çerçevesinde genel giderlerin %30'unu ve yedi yıllık bir inşaat planı çerçevesinde genel giderlerin yüzde %40'ını oluşturabileceğini ortaya koymuştur. Uzun bir inşaat süresi finansman maliyetlerini arttırmakta; dolayısıyla santral tesisinin ekonomisini de etkilemektedir.

Dünya Nükleer Birliği nükleer güç santrallerinin ortalama inşaat süresinin yedi yıl olduğunu bildirmektedir (WNA, 2011a). Diğer yandan, Koomey /Hultman (2007) ABD'deki nükleer santrallerin ortalama inşaat süresinin dokuz yıl olduğunu belirtmektedir. Kennedy tarafından pek çok çalışma üzerinde gerçekleştirilen bir değerlendirme (2007) inşaat süresinin 60-120 ay aralığında değiştiğini ortaya koymaktadır.

2.8 Bir Nükleer Kazanın Maliyeti ve Sigorta Teminatı

Nükleer güç santrallerinin işletmecileri, kusur olup olmadığına bakılmaksızın kendilerinin sebep olduğu tüm zararlardan sorumlu tutulmaktadır. Bu nedenle işletmeciler genellikle üçüncü şahıslara karşı sorumluluk için sigorta yaptırmaktadır ve pek çok ülkede bu sigortanın yapılması zorunludur.

Ciddi bir nükleer kazanın ekonomik sonuçları, radyasyondan kaynaklanan ölümlerin ve hastalıkların (uzun vadeli ve nesiller arası), iş kaybı tazminatının, deniz ve karadaki radyoaktif kirliliğin ve yıllar içerisindeki toplu tahliyelerin bedelinin hesaplanmasını gerektirmektedir. Bunlarla ilgili maliyet tahminleri bir ülkenin iflası anlamına gelebilecek, hiçbir sigorta teminatının karşılamadığı ağır bir fatura olarak ortaya çıkmakta ve sektörün kilit önem taşıyan zayıf yönlerinden birinin altını çizmektedir.

Örneğin Almanya'da bir santralde en kötü senaryonun gerçekleşeceği bir nükleer kazanın maliyeti, 11 trilyon ABD Doları olarak hesaplanmıştır (Baetz, 2011). 90'li yıllarda devlet tarafından yaptırılan başka çalışmalarda yer alan daha ılımlı tahminler 7.2 trilyon ABD Doları tutarında bulunmaktadır (Paulitz, 2008). Buna karşılık Almanya'da zorunlu sigorta tutarı (sigortalı tutarının üstü için her bir reaktör işletmecisi tüm mal varlığı ile sorumludur) 3.7 milyar ABD Doları düzeyinde bulunmaktadır.

İsviçre'de zorunlu sigorta 1,8 milyar İsviçre Frankı (2 milyar Dolar) düzeyindedir;

ancak bir kamu kurumunun tahminine göre büyük bir nükleer felaket, ülkenin gayri safi yurtiçi hasılasının yaklaşık on katına karşılık gelen 4.3 trilyon İsviçre Frankına mal olabilecektir (Guggenbühl, 2011).

Amerika Birleşik Devletleri'nde nükleer işletmecilerinin sorumluluğunun tavanı, federal hukuk çerçevesinde 375 milyon ABD doları olarak belirlenmiştir. Ayrıca oluşturulan sektörel bir sorumluluk havuzunca ek talepler karşılanmakta, bunlar da maksimum 12.6 milyar ABD doları tutarında olabilmektedir. Ancak büyük bir nükleer kazanın faturasının oluşacak maddi hasarın yaklaşık 55 katı olacağı tahmin edilmektedir; Sandia National Laboratories tarafından 1982'de Nükleer Düzenleme Komisyonu (NRC) için gerçekleştirilen bir çalışmaya göre bir nükleer yakıt erimesinin sonuçlarının, sadece maddi zarar bakımından 314 milyar ABD doları (2011 yılı rakamlarıyla 720 milyar ABD dolarına karşılık düşmektedir) tutarında olacağı tahmin edilmektedir. 1982'de gerçekleştirilen bu çalışma bildiğimiz kadarıyla ABD için yapılmış olan en güncel maliyet tahminidir. Ancak NRC'de çalışan uzmanlar kurumun, nükleer enerjinin sağlık açısından sonuçlarına odaklanan yeni bir çalışma üzerinde çalıştığını duyurmuştur (Hargreaves, 2011).

Baetz (2011), nükleer enerji sektörü için tüm dünya çapında yeterli düzeyde sigorta sağlanmadığını bildirmektedir. Fransa'da devlet sadece 338 milyon ABD doları tutarına kadar olan sorumluluklar için teminat verirken Fransa'nın santral işletmecilerinden 134 milyon ABD doları tutarında bir sigorta talep ettiği vurgulanmaktadır. Birleşik Krallık ve Çek Cumhuriyeti için de sigorta tutarları ve teminat tutarları rakamları benzer seviyelerde bulunmaktadır.

3 Türkiye'de Nükleer Enerji Üretiminin Maliyeti

3.1 Türkiye'nin Rusya'yla İmzaladığı Anlaşma Kapsamında Nükleer Enerji Üretiminin Öngörülen Maliyeti

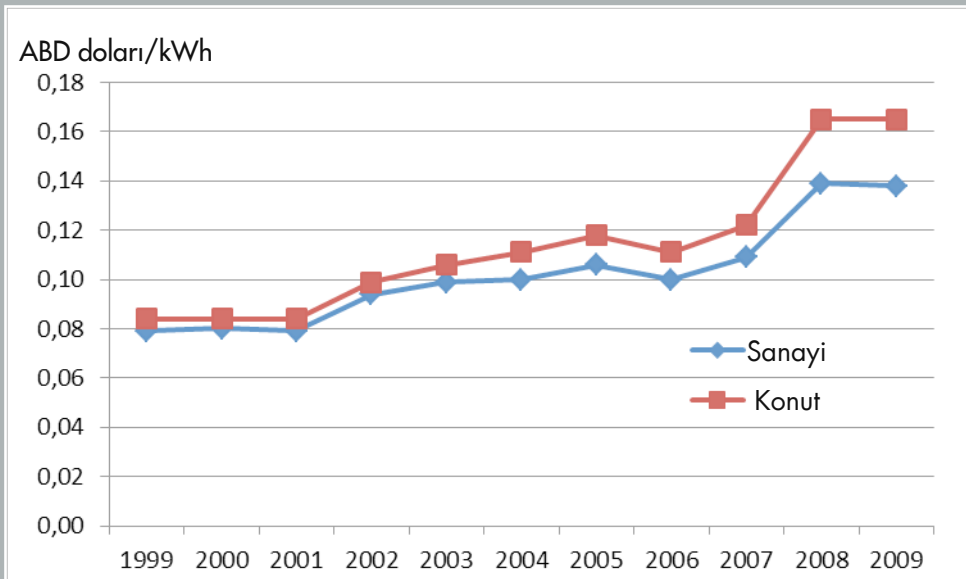
2010 yılının Mayıs ayında Rusya Federasyonu Hükümeti ve Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti, Türkiye'nin Akdeniz sahilinde Akkuyu bölgesinde, her biri 1.200 MW kurulu güce sahip dört adet VVER ünitesinden oluşan bir nükleer güç santralının kurulup sahiplenilerek işletilmek üzere Rus Devlet Atom Enerjisi Kuruluşu Rosatom'un yetkili tayin edildiği bir hükümetlerarası anlaşma imzalamıştır.

Kurulacak santralin ilk ünitesinin 2019'da hizmete girmesi, diğer üç ünitenin de sonrasında aralıklarla faaliyete alınması beklenmektedir.

Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi (TETAŞ), ilk iki ünitenin üreteceği enerjinin %70'ini, üçüncü ve dördüncü ünitenin üreteceği enerjinin %30'unu, 15 yıllık bir satın alma anlaşması süresince, KDV hariç 12,35 ABD senti/kWh ortalama fiyattan satın almayı garanti etmiştir. Bu fiyat, ilgili üretim yılında ortalaması alınmış enerji bedelinin nominal değeri olarak belirlenmiştir. Şekil 1'de gösterilen Türkiye'de nominal elektrik bedellerinin yıllar içindeki gelişiminin incelenmesi, bu rakamın daha iyi yorumlanmasına yardımcı olacaktır. 1999-2009 yılları arasında, ortalama yıllık büyüme oranı (ABD senti/kWh cinsinden) vergiler dahil sanayi elektriği fiyatı için %5,75 olurken, konut elektriğinin vergiler dahil fiyatı için %6,98 (bu rakamlar büyüme oranında sanayi son kullanım fiyatı için toplam %18,5'lik ve konut son kullanım elektriği fiyatı için toplam %21,5'lik bir artış ifade etmektedir) olmuştur.

0,1235 ABD doları/kWh şeklindeki elektrik satın alma anlaşması ortalama fiyatı, 2009 yılı vergi hariç sanayi elektriği son kullanım fiyatının (0,1125 ABD doları/kWh) çok az üzerindeyken, vergi hariç konut elektriği son kullanım fiyatının (0,1295 ABD doları/kWh) çok az altındadır. Sözleşmenin 2020-2035 yıllarını kapsayan dönemdeki bir fiyatın ortalamasına, dolayısıyla 9-24 yıl sonrasına atıfta bulunduğu göz önünde bulundurulursa; reaktörün inşası, işletimi ve bakımının yanı sıra atık nakliyesine ve yönetim faaliyetlerine ilişkin güvenlik önlem ve düzenlemelerinin doğru şekilde tanımlanması ve kaza ve nükleer sızıntı riskine karşı tatminkar düzeyde güven ve güvenilirlik sağlanması koşuluyla, imzalanan sözleşmenin ekonomik açıdan (kararlaştırılan ortalama satın alma fiyatının ilgili yıllarda nihai tüketici yansıyacak elektrik fiyatlarından çok daha düşük kalması beklendiğinden) Türkiye için avantajlı olduğu görülmektedir.

Şekil 1 : Türkiye Son Kullanım Elektrik Fiyatlarında Zaman İçindeki Değişim (vergi dahil nominal tutarlar)



Veri kaynağı: Uluslararası Enerji Kurumu (2010)

Üstelik hükümetlerarası anlaşmaya göre santralin ticari işletmeye alınmasından sonraki 15 yılı kapsayacak olan elektrik satın alma anlaşmasının sona ermesini müteakip Proje Şirketinin net karının %20'si santralin ömrü boyunca yıllık bazda Türk tarafına verilecektir.

3.2 Türkiye’de Tahmini Üretim Maliyetlerinin (Seviyelendirilmiş Maliyet, İşletme ve Bakım Maliyetleri) Diğer Reaktör Düzeyindeki Uluslararası Verilerle Kullanılan Teknoloji Özelinde Karşılaştırılması

Koomey/Hultman’ın (2007) reaktör düzeyindeki analizinde, ABD’deki 99 nükleer reaktör için 1970-2005 yılları arasındaki enerji dağıtım hattı¹ maliyetleri değerlendirilmektedir. Yatırım masraflarının seviyelendirilmesi için bir sermaye geri dönüşüm faktörünün hesaplanmasında

- %6 oranındaki reel iskonto oranı
- AP1000 tipi reaktörleri için 60 yıllık ve tüm diğer reaktörler için 40 yıllık bir ömür varsayımı temelinde, 1983’te veya daha önce tamamlanan 57 reaktörün biri hariç hepsinin enerji dağıtım maliyetlerinin 7 ABD senti (2004)/kWh veya daha düşük olduğunu ve 1983’ten sonra tamamlanan reaktörlerin biri hariç enerji dağıtım hattı maliyetlerinin 5 ABD sentinden daha fazla olduğunu ve enerji dağıtım hattı maliyeti en yüksek olan reaktörün kWh başına 15 sentlik üretim gerçekleştirdiğini tespit etmiştir.

Kennedy’nin (2007) nükleer üretime yönelik maliyet tahminleri özeti, 12-60 İngiliz sterlini/MWh aralığında ve 32 İngiliz sterlini/MWh (2004 rakamları) düzeyinde bir ortalama seviyelendirilmiş maliyet ortaya koymaktadır.

OECD çalışmasına (OECD, 2010) göre, %10’luk iskonto oranı kapsamında nükleer güç santrallerinin seviyelendirilmiş üretim maliyetleri (2008 rakamları) Kore’de APR-1400 tipi reaktörler için 42,09 ABD doları/MWh iken, İsviçre’de PWR reaktörleri için 136,5 ABD doları/MWh düzeyindeydi. Bir Rus VVER-1150 tipi reaktörün seviyelendirilmiş üretim maliyeti 68,15 ABD doları/MWh olarak belirtilmektedir. OECD raporunda belirtildiği üzere bir Rus nükleer reaktörünün seviyelendirilmiş üretim maliyeti Avrupa’daki nükleer reaktörlere kıyasla çok daha düşük olmakta, sadece Çin ve Kore yapımı reaktörlerin maliyetleri Rus yapımı nükleer reaktörlerden düşük seviyede bulunmaktadır.

OECD raporunda yer aldığı üzere Rus teknolojisinin seviyelendirilmiş üretim maliyeti Akkuyu anlaşmasında karşılaştırılmış olan ortalama alım fiyatıyla

1- Seviyelendirilmiş maliyetler olarak bilinen enerji dağıtım hattı maliyeti, jeneratörün ötesindeki ancak santral şalt sahasında voltaj dönüştürme noktası öncesindeki elektrik dağıtım maliyetini tanımlamaktadır.

kiyaslandığında, paranın zamansal değerine (dolayısıyla iskonto oranına) bağlı olarak, yatırımcılara yönelik oldukça sınırlı bir kar marjı yaratabilmektedir. Kararlaştırılan alım fiyatı (2020-2035 dönemi ortalaması olarak) 2027 yılı için 12,35 ABD senti/kWh alındığında, %3,6'lık bir iskonto oranıyla 2010 yılının 6,815 ABD sentine karşılık gelecektir. Diğer bir ifadeyle, 2010-2027 yılları arasındaki reel iskonto oranının %3,6'dan yüksek olması halinde Rus tarafı (OECD raporunda verilen maliyet rakamları altında) Türkiye'ye yapmış olduğu nükleer yatırım nedeniyle ekonomik bir zarara uğrayacaktır.

3.3 Türkiye'de Tahmini Üretim Maliyetlerinin Modelleme Çalışmalarında Kullanılan Tahminlerle, Kullanılan Teknoloji Özelinde Karşılaştırılması

Tablo 1'de modelleme çalışmalarında kullanılan teknoloji bazında seviyelendirilmiş maliyet belirleyici kalemlere ilişkin varsayımların özeti sunulmaktadır. Burada en ucuz nükleer enerji seçeneğinin 4,09 ABD senti/kWh düzeyindeki seviyelendirilmiş üretim maliyetiyle (2006 rakamları) AP1000 tipi reaktör olduğu görülebilir. Bu durum, önceki bölümde ana hatlarıyla açıklandığı şekilde OECD tarafından sağlanan Çin ve Kore'den alınan (bu tür teknolojinin kullanıldığı) reaktör verileriyle paralellik göstermektedir. Diğer yandan PWR tipi reaktöre ilişkin tahminler, OECD tarafından bildirilen rakamların altında kalmaktadır.

Tablo 1 Modelleme Çalışmalarında Kullanılan, Teknolojiye Özgü Nükleer Enerji Maliyet Varsayımları (2006 rakamları)

Teknoloji	Sabit İşletme ve Bakım Maliyeti [Milyon £ / (GW x a)]	Değişken İşletme ve Bakım Maliyeti [Milyon £ / PJ]	Kapasite Faktörü	Yatırım Maliyeti [Milyon £ / GW]	Ekonomik Ömür [a]	Üretim Maliyetleri [ABD \$ / kWh]
Geliştirilmiş Gaz Soğutmalı Reaktör (AGR)	42,8	0,045	%90	1913	35	5,33
AP1000 – 2010	0	0,77	%85	1625	50	4,09
EPWR – 2010	35	0,066	%85	1482,7	40	4,88
GTMH reaktörü - 2030	14,7	0,099	%90	1786,5	50	9,58
Çakıl Yataklı Reaktörü (PBR) – 2030	0	0,385	%95	1786,5	50	6,93
PWR	42,8	0,045	%90	1913	40	5,18

Kaynak: AEA Technologies

Tablo 1'de bildirilen seviyelendirilmiş maliyet rakamları, Türkiye ile Rusya arasındaki anlaşmada kararlaştırılan 12,35 ABD senti/kWh şeklindeki ortalama alım fiyatı ile karşılaştırılabilir niteliktedir: hem seviyelendirilmiş maliyet rakamlarına hem de ortalama alım fiyatına vergiler ve altyapı (iletim ve dağıtım) bedelleri dahil değildir. Anlaşma en erken 2019'daki fiyatlara atıfta bulunurken

Tablo 1’de verilen rakamların 2006 yılına ait rakamlar olduğu için rakamların kıyaslanmasında paranın zamansal değeri göz önünde bulundurulmalıdır. Tablo 2’de maliyet tahminlerinin, yıllık %4,5 (“Düşük”), %7 (“Orta Düzey”) ve %10 (“Yüksek”) şeklindeki üç reel iskonto oranına dayalı olarak 12,35 ABD senti / kWh düzeyinde kararlaştırılan ortalama alım fiyatıyla karşılaştırılmasına yer verilmektedir. Her iki durum için de 2010 yılına ait reel tutarlar göz önünde bulundurulduğunda, Akkuyu için “Orta” ve “Yüksek” tutarların modelleme çalışmalarında kullanılan tüm maliyet varsayımlarından daha düşük düzeyde olduğu görülmektedir. Sadece düşük düzeydeki iskonto oranı, bazı modelleme varsayımlarından bir miktar daha yüksek düzeyde bir tutar ortaya çıkarmaktadır (bu durumdaki fark kısıtlı kalmakta, en ucuz teknolojiye (AP1000) kıyasla %33 düzeyinde olmaktadır). Akkuyu’da kurulacak olan santralin ömrü ile modelleme çalışması varsayımları da benzerlik göstermektedir: Akkuyu’da tesis edilecek olan santralin 2071’de işletmeden çıkarılmasının planlandığı Enerji Bakanı tarafından belirtilmiş olup (NTVMSNBC, 2011), buna göre santral için yaklaşık 50 yıllık ekonomik ömür öngörülmektedir.

Tablo 2 Modelleme Çalışmalarında Kullanılan Seviyelendirilmiş Üretim Maliyetlerinin Akkuyu Anlaşma Fiyatıyla karşılaştırılması

Teknoloji	Seviyelendirilmiş Üretim Maliyeti Varsayımları [US ¢ / kWh]		Akkuyu Anlaşması 2020-2035 Ortalama Alım Fiyatı [US ¢ / kWh]	
	2006 nominal değeri	2010 reel değeri ¹	2010 reel değeri	2027 nominal değeri
AGR	5,33	5,71	Düşük (%4,5 iskonto oranı): 5,84	12,35
AP1000	4,09	4,38		
EPWR	4,88	5,23	Orta (%7 iskonto oranı): 3,91	
GTMH	9,58	10,27		
PBR	6,93	7,43	Yüksek (%10 iskonto oranı): 2,44	
PWR	5,18	5,55		

1 Kullanılan deflatör endeksi 2006 yılı için 103,257 ve 2010 yılı için 110,659’dur (1929-2010 ABD Doları Gayri Safi Yurtiçi Hasılaya İlişkin Örtülü Fiyat Deflatörleri, 2005=100, Ekonomik Analiz Bürosu, ABD)

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu EPDK tarafından ülkenin 2010 yılı ortalama toptan elektrik fiyatının 14,07 Krş/kWh olduğunu açıklanmıştır (2930 sayılı, 16 Aralık 2010 tarihli EPDK Kararı). Aynı yılın ortalama döviz kurunun da 1,5004 TL / ABD doları düzeyinde olmuştur (Kalkınma Bakanlığı, 2011). Bu verilere dayalı olarak 2010 yılı ortalama toptan elektrik fiyatı 9,38 ABD senti / kWh olarak hesaplanmaktadır. 2010 yılına ilişkin olarak Tablo 2’de belirtilen Akkuyu anlaşmasının 2010 reel değeri model varsayımlarının 2010 reel değeri ile karşılaştırıldığında, toptan fiyatın Akkuyu anlaşmasına yönelik en yüksek fiyat tahmininden (Düşük iskonto oranlı senaryo – 5.84 ABD senti / kWh) %60 daha yüksek olduğu görülmektedir. Düşük fiyat senaryosu için ise aradaki fark çok daha yüksektir (%284) Buradan hareketle Akkuyu için kararlaştırılan ortalama alım fiyatının, modelleme çalışmalarında kullanılan maliyet varsayımlarının altında kalarak Türkiye için avantajlı gözüktüğü söylenebilir.

3.4 Atık Yönetimi Maliyetleri: Türkiye İçin Karşılaştırmalı Analiz

Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti arasında imzalanan hükümetlerarası anlaşma gereği Proje Şirketi, Elektrik Satış Anlaşması çerçevesinde TETAŞ tarafından alınan elektrik için kullanılmış yakıt ve radyoaktif yakıt yönetimi hesabına 0.15 ABD senti/kWh ödeme yapmakla yükümlüdür. Anlaşmaya göre atık yönetiminden Proje Şirketi sorumlu olup ayrı bir anlaşma ile Rus menşeli kullanılmış nükleer yakıt Rusya Federasyonu'nda yeniden işlenebilir. Bu çerçevede işletme esnasında ortaya çıkacak nükleer atıkların Rusya Federasyonu'na taşınması ve yeniden işlenmesi öngörülebilir. Bu durumda ilgili fon tarafından yakıt yönetimi hesabında biriktirilen paranın Proje Şirketi'ne ödenmesi beklenebilir.

Dünya Nükleer Birliği'ne göre (WNA, 2011a), bir atık deposunda kullanılmış yakıt depolama veya imhası dahil yakıt döngüsünün arka aşaması, kWh başına genel üretim maliyetinde %10'luk bir artışa neden olmaktadır. ABD kullanılmış yakıt programının finansmanının MWh başına 1 ABD doları tutarındaki bir ücretle sağlandığı belirtilmektedir.

OECD raporuna göre, yakıt döngüsü maliyetleri 4-11,6 ABD doları/MWh aralığında ve mod değeri 9,33 ABD Doları/MWh düzeyinde bulunmaktadır. Bu rakamların atık yönetimine ilişkin hem ön aşama hem arka aşama maliyetlerini içerdiği bildirilmektedir. Dünya Nükleer Birliği (2011a) yakıt döngüsünün ön aşama maliyetinin yaklaşık değerinin 7,7 ABD Doları/MWh olduğunu bildirmektedir. Son aşama maliyetler için 1,5 ABD Doları/MWh eklendiğinde ulaşılan toplam 9,2 ABD Doları/MWh tutar, Akkuyu anlaşmasında yer alan radyoaktif atık yönetimi muhasebesinin uluslararası tecrübelerle paralel olduğunu göstermektedir.

3.5 İşletmeden Çıkarma Maliyetleri: Türkiye İçin Karşılaştırmalı Analiz

Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti arasında imzalanan anlaşma gereği Proje Şirketi, Elektrik Satış Anlaşması çerçevesinde TETAŞ tarafından alınan elektrik için işletmeden çıkarma hesabında birikmek üzere 0.15 ABD senti/kWh tutarında ayrı bir ödeme yapacaktır. Anlaşmaya göre santralin sökülümünden Proje Şirketi sorumludur. Bu durumda ilgili fon tarafından yakıt yönetimi hesabında biriktirilen paranın bu amaçla Proje Şirketi'ne ödenmesi beklenebilir.

Dünya Nükleer Birliği'nin raporuna (2011a) göre, iskontosuz işletmeden çıkarma maliyetleri bir nükleer güç santralının başlangıç sermaye maliyetinin %9'u ile %15'ini teşkil etmektedir. Bu maliyetlerin Amerika Birleşik Devletleri'nde 0,1-0,2 sent/kWh civarında seyrettiği aynı raporda belirtilmektedir.

Kennedy'nin (2007) nükleer üretime ilişkin maliyet tahminleri özeti, işletmeden çıkarma maliyetlerinin 195-500 milyon İngiliz sterlini aralığında olduğunu göstermektedir. Kennedy, bir ortalama senaryosunda bu maliyetlerin 0,7 İngiliz sterlini/MWh düzeyinde olduğunu tahmin etmektedir (2006 rakamları).

3.6 Üçüncü Şahıslara Karşı Sorumluluk: Türkiye ve Uluslararası Standartlar

Nükleer enerji alanında üçüncü şahıslara karşı sorumluluk açısından uygulamada olan iki temel uluslararası rejim bulunmaktadır:

- i. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) himayesinde 1963 yılında imzalanmış olan ve 1977'de yürürlüğe girmiş olan Nükleer Zararlardaki Sivil Sorumluluğa İlişkin Viyana Sözleşmesi.
- ii. OECD himayesinde 1960 yılında imzalanmış ve 1968'de yürürlüğe girmiş olan Nükleer Enerji Alanında Üçüncü Taraf Sorumluluğuna İlişkin Paris Sözleşmesi.

Paris Sözleşmesinin kapsamı Nükleer Enerji Alanında Üçüncü Taraf Sorumluluğuna İlişkin Ek Sözleşme (Brüksel Ek Sözleşmesi) ile 1963 yılında genişletilmiştir. Ayrıca Viyana Sözleşmesi ve Paris Sözleşmesinin uygulanmasına ilişkin Ortak Protokolle Paris ve Viyana Sözleşmeleri birbirine bağlanmış ve bu Ortak Protokol 1992'de yürürlüğe girmiştir. Ortak Protokolün taraflarına iki Sözleşmenin de tarafıymışçasına muamele edilmekte ve aynı olaya ilişkin olarak iki sözleşmeden hangisinin geçerli olacağını belirlemek için bir amir hukuk hükmüne yer verilmektedir.

Gerek Paris Sözleşmesi gerek Brüksel Ek Sözleşmesi, daha geniş kapsam elde etmek, bir nükleer tesisin işletmecisinin sorumluluğunu arttırmak ve yeterli ve adil ücretlendirme sağlamaya yönelik gelişmiş yöntemler elde etmek amacıyla pek çok kez ek protokoller vasıtasıyla tadil edilmiştir (NEA, 2007). 2004'te imzalanmış olan Paris Sözleşmesini tadil eden en güncel protokol "nükleer zarar" tanımını genişleterek çevresel ve ekonomik zararları da dahil etmiştir. Sorumluluk sınırları ise İşletmeciler için 700 milyon Euro (sigortalı), tesisi gerçekleştiren Devlet için 500 milyon Euro (kamu fonları), Toplu Devlet Katkısı için 300 milyon Euro (AB fonu) olmak üzere toplam en az 1.500 milyon Euro olarak belirlenmiştir (Dünya Nükleer Birliği, 2011b). 2004 yılında yapılan tadilatın, devletlerin bir nükleer işletmecisinin maksimum sorumluluğunu kısıtlama şartını ortadan kaldırarak devletlere sözleşmeye sınırsız sorumluluğa yönelik bir poliçe seçeneğiyle katılma imkanı vermektedir.

Uluslararası sözleşmeler asgari sorumluluk şartları öngörmekte olup ülkeye özel teminatlar bu miktarları aşabilecektir. Ancak pek çok ülkede sorumluluk sınırları halen, Tablo 3'te görülebileceği üzere 2004 yılındaki tadilatın getirdiği asgari şartların altında bulunmaktadır.

Tablo 3 Uluslararası sorumluluk ve tazminatların kapsamı – ülke örnekleri

Ülke	İşletmeci Sorumluluk Sınırı	Finansal Teminat Sınırı	Diğer Tazminatlar: Devlet + Uluslararası Fon
Arjantin	\$ 80 m	\$ 80 m	-
Brezilya	\$ 160 m	\$ 160 m	-
Avusturya	\$ 106 m + 10% (I+L)*	\$ 406 m + 10% (I+L)*	-
Belçika	\$ 433.2 m	\$ 433.2 m	0 + \$ 197.6 m
Kanada	\$ 70.7 m	\$ 70.7 m	-
Çin	\$ 43.9 m	\$ 43.9 m	\$ 117.1 m + 0
Çek Cumhuriyeti	\$ 445.7 m	\$ 445.7 m	-
Finlandiya	\$ 276.6 m	\$ 276.6	0 + \$ 197.6 m
Fransa	\$133.3 m	\$133.3 m	\$ 144 m + \$ 197.6 m
Almanya	Sınırsız	\$ 2.5 b	\$ 2.5 b + \$ 197.6 m
Macaristan	\$ 158.1	\$ 158.1	\$ 316.2 + 0
Japonya	Sınırsız	\$ 1.3 b	-
Kore	\$ 474.2 m	\$ 43.2 m	-
Fas	\$ 158.1 m		\$ 7.9 m + 0
Hollanda	\$ 495.3 m	\$ 495.3 m	\$ 2.8 b + 197.6 m
Romanya	\$ 237.1 m	\$ 237.1 m	\$ 237.1 m + 0
Rusya Federasyonu	Belirtilmemiştir	\$ 350 m	-
Güney Afrika	\$ 322.4 m	\$ 322.4 m	
İspanya	\$ 1 b + \$1b (çevresel zarar)	\$ 1 b + \$1b (çevresel zarar)	0 + \$ 197.6 m
İsveç	\$ 474.2 m	\$ 474.2 m	0 + \$ 197.6 m
İsviçre	\$ 960.7 m + 10% (I+L)*	\$ 960.7 m + 10% (I+L)*	
BK	\$ 227.6 m	\$ 227.6 m	\$ 49.6 m + \$ 197.6 m
ABD	\$ 11.6 b	\$ 11.6 b	-

* I + L: Faiz ve mahkeme masrafları

Kaynak: OECD'nin Nükleer Enerji Kurumu'nun Aralık 2009 verilerine dayalı olarak IDSA (2010).

Türkiye, Paris Sözleşmesini 1961’de ve Ortak Protokol’ü 2007’de TBMM onayından geçirmiş olmakla birlikte henüz ne Paris Sözleşmesi Tadilat Protokollerini ne de Brüksel Ek Sözleşmesini onamıştır.

Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti arasında imzalanan anlaşmada nükleer kaza durumunda Proje Şirketi’nin üstleneceği sorumluluğa ilişkin bir üst sınır getirilmemiştir. Anlaşmanın 16ncı maddesinde işbirliği çerçevesinde oluşabilecek nükleer zarara ilişkin üçüncü taraf sorumluluğu, Türkiye’nin taraf olduğu veya olacağı uluslararası anlaşmalara, belgelere ve Türk tarafının ulusal kanunları ve düzenlemelerine göre düzenleneceği belirtilmiştir. Halihazırda Türkiye’de geçerli olan Borçlar Kanunu’na göre yükümlülüğün bir üst sınırı bulunmamaktadır. Bu çalışma kapsamında yapılan görüşmelerde konuya ilişkin düzenlemelerin yapılması için müzakerelerin Temmuz 2011’de başlamasının öngörüldüğü öğrenilmiştir.

4 Nükleer Enerjinin Türkiye’de Elektrik Arzı ve Fiyatları Üzerindeki Tahmini Etkisi

Türkiye’de elektrik sektörü talep tarafındaki hızlı artış ve arz tarafında ağırlıklı olarak hidrolik ve fosil yakıt bazlı termal elektrik üretimin ile karakterize edilebilmektedir. Elektrik talebi son 40 yıldır ortalama %11,3 gibi yüksek bir oranda artış göstermiş ve bu durum üretim, iletim ve dağıtım altyapılarına yıllık 4-5 milyar ABD doları tutarında yatırım ihtiyacı doğurmuştur. Ekim 2011 itibarıyla ülkenin mevcut toplam kurulu gücü 51 GW seviyesinde bulunmaktadır (EÜAŞ, 2011). Toplam kurulu gücün 31,8 GW’ı termik elektrik üretimi santrallerinden oluşmaktadır. Üretim payları bakımından dağılım şu şekildedir: 2010 yılındaki toplam elektrik üretiminin %45,9’u doğal gaz kullanılarak üretilmiştir; %18,4’ü evsel kömürle çalışan elektrik santrallerinde üretilmekte; %6,9’u ithal kömürle çalışan santrallerde; %2,5’i sıvı yakıtla çalışan elektrik santrallerinde; %1,35’i rüzgar enerjisinden üretilmekte; %0,47’si jeotermal santrallerde ve %24,5’i hidroelektrik santrallerde üretilmektedir. Ulusal politikanın öncelikli bir hedefi olarak, ithalata bağımlılığın artmaması, dolayısıyla ithal kömür ve gazla çalışan elektrik santrallerin payının artmaması hedeflenmektedir. 2010 yılında Türkiye’deki doğal gaz tedarikinin sadece %2’si ülke içi kaynaklardan karşılanmış, kalan doğal gaz ithal edilmiştir; ithal doğal gazın %46’sı Rusya’dan, %20’si

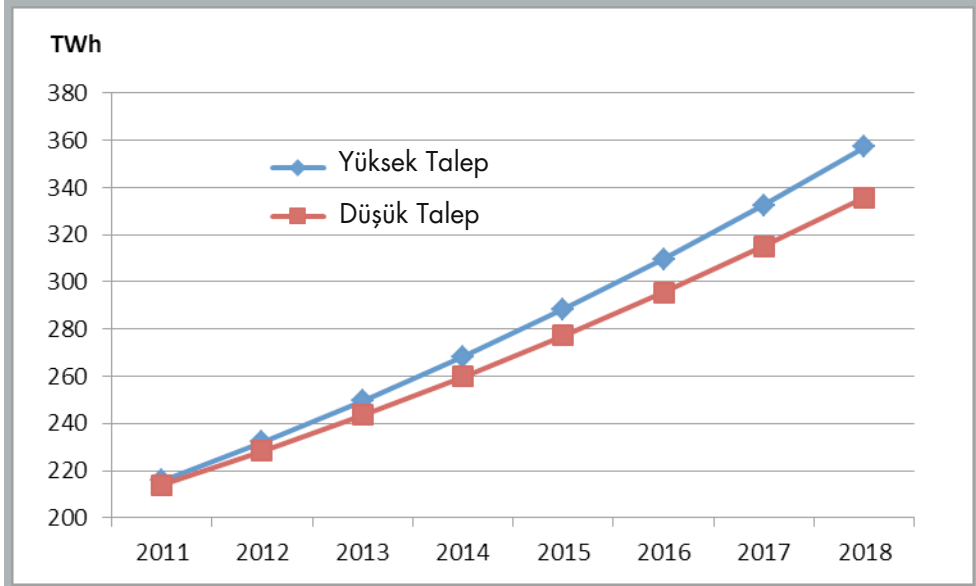
İran'dan, %12'si Azerbaycan'dan, %10'u Cezayir'den, %3'ü Nijerya'dan, kalanı da spot piyasadan tedarik edilmektedir (EPDK, 2011). Kömür kullanımı sera gazı ve diğer kirlenici emisyonlara neden olduğundan ülkenin artan elektrik talebini karşılamak için nükleer ve yenilenebilir enerji üretiminin payının artırılması hedeflenmektedir. Nükleer kapasitenin genişlemesine ilişkin planlama; uzun inşaat hazırlık süreleri ve özel satın alma anlaşmaları dolayısıyla çok daha önceden yapılmaktadır.

Diğer yandan yeni yenilenebilir enerji teknolojilerin benimsenmesi ve yaygınlaşması, teşviklere ve/veya birim üretim maliyetlerini bu teknolojilerin geleneksel teknolojilerle rekabet edebileceği bir düzeye indiren gelişmelere bağlıdır. Bu gelişmeler, kümülatif üretim hacmi artarken birim maliyetinde gittikçe artan azalmayı ifade eden öğrenme eğrileriyle gösterilmektedir (örn. IEA, 2000). Ancak yenilenebilir enerji teknolojilerinin yaygınlaşmasına ilişkin potansiyel, ayrıca liberalleştirilmiş elektrik piyasalarını karakterize eden yüksek düzeydeki (özellikle elektrik fiyatına ve talebine ilişkin) belirsizlikten ve yatırımcıların belirsizlik ortamında yatırım seçeneklerini değerlendirme şekllinden de etkilenmektedir.

4.1 Arz Kapasitesi ve Elektrik Fiyatları Üzerindeki Kısa Vadeli Etki (2018'e dek)

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi TEİAŞ'ın güncel kapasite tahmini raporunda 2018 yılına kadarki arz / talep projeksiyonları yer almakta olup, Akkuyu elektrik santralının birinci ünitesinin 2019 yılında elektrik şebekesine elektrik vermesi planlandığından, bu yıl nükleer enerji bakımından bir referans noktası olarak görülebilir. 2011 ile 2018 yılları arasında düşük talep senaryosunda talebin yılda ortalama %6,7 oranında artması ve 2018 yılında 336 TWh'ye ulaşması, yüksek talep senaryosunda %7,5 oranında artarak 357 TWh'ye ulaşması beklenmektedir. Şekil 2'de görülebileceği üzere büyüme oranının neredeyse sabit kalacağı varsayılmıştır.

Şekil 2: 2018 Yılına Kadarki Resmi Elektrik Talebi Tahminleri

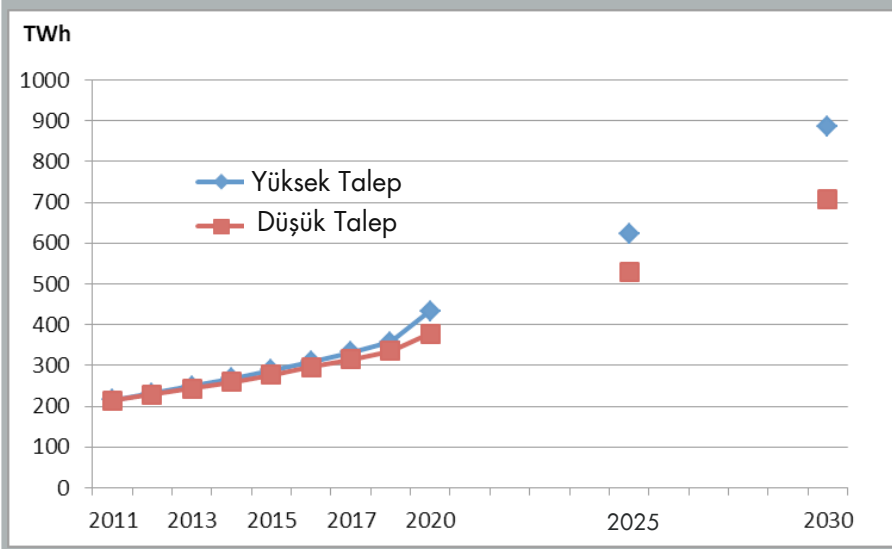


Arz kapasitesine ilişkin projeksiyonlar inşaat ruhsatı başvurularını ve inşaat aşamasındaki santralleri gözönüne almaktadır. İnşaat süresine ilişkin farklı tahminlerin yer aldığı iki senaryo tanımlanmıştır. Hidroelektrik enerji üretimine ilişkin ılımlı tahminleri (yani kurak yıllarda güvenilir üretim kapasitesi varsayımında) ve inşaat süresinin öngörülenden daha uzun olacağı tahmininin yapıldığı senaryo göz önünde bulundurulduğunda, yüksek talepli büyüme senaryosunun gerçek olması halinde 2014'te ve düşük talepli büyüme senaryosunun gerçek olması halinde 2015'te kapasite yetersizliğinin söz konusu olacağı tespit edilmiştir. İnşaat sürelerinin daha kısa olduğu senaryoda yüksek talepli büyüme için yetersizliğin 2015'te, düşük talepli büyüme içinse 2016'da söz konusu olacağı tahmin edilmektedir. İlimli olmayan üretim düzeyi tahminlerinin (proje üretimi kapasitesi faktörlerini temel alan) kullanılması halinde arz kapasitesinde yetersizliğin söz konusu olduğu yıllar iki yıl daha erken başlamaktadır. Her halükarda nükleer güç santrali işletmeye girmeden önce ilave kapasiteye ihtiyaç olduğu görülmektedir. Ancak ileriki yıllarda önemli miktarda bir nükleer enerji kapasitesinin (garantili satın alma anlaşması ve nispeten düşük marjinal maliyetle) arz tarafına eklenecek olması, özel sektördeki yatırımcıların karlılık endişesi nedeniyle yatırım cesaretlerinin kırılmasına neden olabilir. Bu nedenle nükleer çağının arifesinde olası bir tedarik yetersizliğinden kaçınmak üzere önlemlerin alınması gerekebilecektir.

4.2 Arz Kapasitesi ve Elektrik Fiyatları Üzerindeki Uzun Vadeli Etki (2019-2030)

2018 sonrasına yönelik uzun vadeli elektrik arzına ve talebine ilişkin projeksiyonlar, Şekil 3'de görüldüğü şekilde Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunca (EPDK) 5 yıllık aralıklarla temin edilmiştir. Diğer ülkelerdeki deneyimlere ve ekonomideki yapısal değişiklik beklentilerine uygun olarak elektrik talebinin büyümesinde uzun vadede az bir yavaşlama olması tahmin edilmektedir. Buna uygun olarak, yüksek büyüme oranı senaryosunda ortalama yıllık büyüme oranı 2020-2025 döneminde %7,5'ten 2025-2030 döneminde %7,3'e gerilemektedir. Diğer yandan düşük büyüme oranı senaryosunda, ortalama yıllık büyüme oranı 2020-2025 döneminde %6,9'dan 2025-2030 döneminde %5,9'a gerilemektedir.

Şekil 3: 2030'a Kadarki Resmi Elektrik Talebi Tahminleri



Arz tarafında iki senaryo göz önünde bulundurulmaktadır: ilave 10.000 MW'lik doğal gaz ve 5.000 MW'lik akaryakıtla çalışma kapasitesiyle fosil yakıt ağırlıklı senaryo ve ilave 25.000 MW'lik rüzgar, 9.000 MW'lik güneş ve 8.000 MW'lik biyoyakıt kapasitesiyle yenilenebilir enerji ağırlıklı senaryo. Her iki senaryoda da 12.000 MW'lik bir nükleer kapasite öngörülmekte ve tüm hidrolik ve yerli kömür potansiyeli kullanılmaktadır. Buna uygun olarak 2030 yılında nükleer kapasitesinin payının fosil yakıt ağırlıklı senaryoda %7,4'e, yenilenebilir enerji ağırlıklı senaryoda %6,4'e yükselmesi beklenmektedir. Nükleer kapasitenin uzun vadede elektrik fiyatlarına etkisi bu nedenle bu payla sınırlıdır; ekonomisi ise yeni nükleer güç santrallerinin 12.000 MW kapasite düzeyine ulaşması için Akkuyu'nun kapasitesinin (4.800 MW'lik toplam kapasiteye sahip olacağı öngörülmektedir) üzerindeki kısımlar için yapılacak yeni enerji satın alma anlaşmalarındaki ekonomik koşullara bağlıdır. Akkuyu santrali için ilk iki ünitenin yapacağı üretimin %30'unun ve son iki ünitenin yapacağı üretimin %70'inin Proje Şirketi tarafından serbest elektrik piyasasında bir enerji perakende tedarikçisi vasıtasıyla satılması kararlaştırılmıştır. Türk elektrik piyasasının uzun vadeli tasarımı ve yapısı, makul bir kar marjı ve kontrol edilebilir bir piyasa enerji potansiyeli için belirleyici olacaktır.

4.3 Alternatif Enerji Üretimi Teknolojilerine Yapılan Özel Sektör Yatırımı Üzerindeki Etki

Elektrik ve diğer enerji piyasalarının liberalleşmesi özellikle yatırımların karlılığına ilişkin olarak belirsizlik yaratmaktadır. Belirsizlikle beraber belirli bir teknolojinin risk profili; teknolojilerin ticari açıdan kanıtlanmış olması ve seviyelendirilmiş maliyetlerinin eşit olması durumunda dahi enerji üretimi karması tercihini etkilemektedir. Tablo 4'te seçilmiş bir dizi üretim teknolojisinin maliyet ve risk özelliklerine ilişkin nitel bir karşılaştırma sunulmaktadır.

Tablo 4 : Farklı üretim teknolojilerine ilişkin nitel maliyet ve risk değerlendirmesi

Teknoloji	Ünite boyutu	İnşaat Süresi	kW başına sermaye maliyeti	İşletme maliyeti	Yakıt maliyeti	Düzenleme riski
CCGT (Kombine Çevrim Gaz Türbini)	Orta	Kısa	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük
Kömür	Büyük	Uzun	Yüksek	Orta	Orta	Yüksek
Nükleer	Çok büyük	Uzun	Çok yüksek	Orta	Düşük	Yüksek
Su	Çok büyük	Uzun	Çok yüksek	Çok düşük	Sıfır	Yüksek
Rüzgar	Küçük	Kısa	Yüksek	Çok düşük	Sıfır	Orta

Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı'ndan uyarlanmıştır (2003)

Elektrik üretimine yönelik güneş, rüzgar gibi yeni yenilebilir enerji teknolojileri bir taraftan kısa vadeli planlama ve inşaat hazırlık süreleri dahil cazip düşük riskli özelliklere, sıfır veya çok düşük yakıt, işletme ve bakım maliyeti ile yok sayılabilecek sera gazı ve kirletici emisyonlarına sahipken; diğer taraftan kısmen bu teknolojilerin halen öğrenme eğrisinin oldukça yüksek kısmında yer alması ve kısmen dağınık bir enerji kaynağının bir araya toplanması gerekmesi nedeniyle nispeten sermaye yoğun olmaktadır. Bu durum yüksek sermaye gereksinimi ve uzun hazırlık süreleri olan, uzun sermaye geri dönüşü süreleri gerektiren ve dolayısıyla yüksek yatırım riskine sahip hidro veya nükleer enerji sistemlerine tezat teşkil etmektedir. Esneklik özelliklerine ek olarak yatırımdan doğan risklerin, özel sektör yatırımcılarının teknolojik tercihleri üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Üretilen enerjinin satın alınmasını garanti eden bir satın alma anlaşması (Türkiye'nin Rusya'yla yaptığı nükleer enerji anlaşmasında olduğu gibi) sermaye-yoğun yüksek riskli teknolojilere yatırımın önünü açmaktadır. Bu, yeni teknolojilerin yaygınlaşmasına olanak sağlayacak bir stratejik sübvansiyon olarak görülebilir. Sübvansiyon olmaması durumunda Türkiye'de bu teknolojinin benimsenmesi mümkün olamayacaktır. Ancak önemli miktarda bir nükleer kapasite artırımına karar verilmiş olması, başta yüksek sermaye maliyetlerine sahip yenilebilir enerji olmak üzere alternatif teknolojilere yapılan yatırımları, bu teknolojilerin yatırım maliyetleri düşüş göstermedikçe ve/veya sübvansiyonlar makul bir kar marjı sağlamadıkça olumsuz etkileyebilir.

5 Sonuçlar

103

Nükleer enerji ekonomisinin Türkiye'ye özgü, Akkuyu nükleer güç santrali için yapılan anlaşmaya ilişkin olarak, bu çalışmada varılan sonuçlar aşağıda özetlenmektedir:

- Nominal değer olarak KDV hariç 12,35 ABD senti/kWh'lik ortalama alım fiyatının; seviyelendirilmiş üretim maliyetleri, elektrik fiyatlarının zaman içerisinde gösterdiği değişim, söz konusu olan uzun vadeli (tüm mali riskin proje şirketi tarafından üstlenildiği) "Yap-İşlet" yatırım modeli değerlendirildiğinde Türkiye için ekonomik açıdan avantajlı olduğu görülmektedir.
- Radyoaktif atık yönetimi için ödenecek olan 0,15 ABD senti/kWh şeklindeki fiyat, uluslararası rakamlarla uyumlu gözükmektedir. Proje Şirketi atık yönetiminden sorumlu olup atıkların yeniden işlenmek üzere Rusya

Federasyonu'na gönderilmesi öngörülmektedir. Atıkların nakliyesine yönelik güzergah, araç ve güvenlik planları henüz netlik kazanmamıştır. Bu durum, uzun uluslararası nakil mesafesi ve olası kamuoyu muhalefeti nedeniyle atık yakıt yönetimine ilişkin ekonomik koşulları değiştirebilecek bir faktör olarak kabul edilebilir. Ancak atık yönetimi ile ilgili sorumluluğu taşıyan taraf olarak Proje Şirketi ilgili mali riski de taşımaktadır.

- Nükleer santralin ekonomik ömrünü tamamladıktan sonra sökülmesi için ödenecek olan 0,15 ABD senti/kWh şeklindeki fiyat, uluslararası rakamlarla uyumlu gözükmektedir. Santral sökülmesinden Proje Şirketi sorumludur.
- Ciddi bir nükleer kazanın (uzun vadeli/ nesiller arası sağlık etkilerine ve ölümlere, kara ve denizde radyoaktif kirliliğe ve yıllar boyu süren toplu tahliyelere yol açan) maliyeti, kazanın sonuçlarının getireceği manevi yıkım bir yana, gayri safi milli hasıla rakamlarının katları büyüklüğünde tahmin edilmekte olup hiçbir sigortayla teminat altına alınabilecek durumda değildir.² Bu nedenle sigorta teminatlarında sorumluluğu sınırlayan bir üst limit getirilmektedir; teminat miktarına bağlı olarak sigorta ücretleri değişmekte ve üretim maliyetleri üzerinde etkileyici bir parametre olmaktadır. Akkuyu projesi için bir teminat sınırı belirlenmemiştir. Anlaşmaya göre, nükleer zarara ilişkin üçüncü taraflara karşı sorumluluk Türkiye'nin taraf olduğu ve olacağı uluslararası anlaşmalara ve Türk tarafının ulusal kanunları ve düzenlemelerine göre düzenlenecektir. Konuyla ilgili olarak Türkiye'de halihazırda geçerli olan uygulama olan Borçlar Kanunu uyarınca herhangi bir sorumluluk üst sınırı mevcut değildir. Ancak konu şu an müzakere edilmekte olduğundan gelecekte buna ilişkin bir düzenleme yapılması beklenebilir. Türkiye'nin Paris Sözleşmesini Tadil Eden Protokolü onaylaması halinde, işletmeci sorumluluğunun en az 700 milyon Euro düzeyinde olacak şekilde düzenleme yapılma zorunluluğu olacaktır.
- İnşaat süresinin uzaması finansman maliyetlerini arttırmakta ve dolayısıyla ekonomik koşulları etkilemektedir. Akkuyu'daki ilk güç ünitesinin 2019'da ticari faaliyete başlaması planlanmaktadır. Bu da inşaatın 2012'de başlaması halinde inşaat süresinin yedi yıl olarak öngörülmekte olduğunu göstermektedir. Yatırım süresi zarfında oluşabilecek risklere karşı sigorta yaptırma sorumluluğu Proje Şirketine aittir. Şirketin başarısızlığı halinde tüm gerekli yetkinlik ve kabiliyete sahip bir halef atama sorumluluğu Rus Tarafına aittir. Buna göre inşaatta meydana gelebilecek olası gecikmeler, maliyet aşmaları ve kredi düşürmelere ilişkin olarak Türk tarafının herhangi bir mali sorumluluğu bulunmamaktadır.
- Hükümetlerarası anlaşmaya göre inşaatın genel yüklenicisi olarak atanan JSC Atomstroyexport ürün ve hizmet alımlarında Türk şirketleri mümkün mertebe istihdam edilecektir. Buna göre, ekonomik olduğu ve kaliteden emin olunabildiği sürece santral (çekirdek hariç) inşaatında yurtiçinde üretilen malzeme ve ekipman kullanılması beklenebilir. Yerel ekonomiyi güçlendirebilecek bu durum, Türk şirketlerinin gereken kalite standartlarında ekonomik olarak üretim yapmak için gerekli uzmanlık bilgisi ve üretim düzenlemeleri bulunamayabileceğinden, ancak bir dereceye kadar mümkün gözükmektedir.

- Santralin tasarım itibarıyla Richter ölçeğine göre 9 büyüklüğünde bir depreme kadar güvenli olması öngörülmektedir. Tasarım detayları sahanın özelliklerine göre belirlenmekte olup Akkuyu özelinde sahanın sismik özellikleri üzerinde yıllar önce yapılmış olan çalışmalarda parametreler Proje Şirketi tarafından güncellenmektedir. Proje Şirketi sahaya özel güvenlikte tasarım yapabilmek için sismik hareketlerle birlikte sıcaklık, nem ve havadaki tuz oranı gibi ilgili değişkenlere ilişkin bağımsız ölçümler yaptırılmaktadır. Sismik hareketliliğin artmış olmasının tespiti halinde tasarımda bir değişiklik gerekli olabilecek, bu da ilave maliyet doğurabilecektir. Bununla ilgili mali risk Proje Şirketi'nin üstünde görülmektedir.
- Türkiye'nin ekonomik kalkınmasına paralel olarak elektrik talebi geçmiş yıllarda hızlı artış göstermiş ve artmaya devam etmesi beklenmektedir. Mevcut lisans başvurularının ötesinde yeni yatırımlar için özendirici adım atılmazsa nükleer çağın arifesinde arz yetersizliği oluşabilir. Önemli miktarda bir nükleer enerji kapasitesinin (garantili satın alma anlaşması ve nispeten düşük marjinal maliyetle) arz tarafına eklenecek olması başta yüksek sermaye maliyetlerine sahip yenilebilir enerji olmak üzere alternatif teknolojilere yatırım yapacak özel sektör yatırımcılarının karlılık endişesi nedeniyle yatırım cesaretlerinin kırılmasına neden olabilir. Bu nedenle nükleer çağının arifesinde olası bir tedarik yetersizliğinden kaçınmak üzere önlemlerin alınması gerekebilecektir.

Sonuç olarak, ekonomik analiz bulgularını değerlendiren nihai bir yorum özeti olarak, Rusya ile Türkiye arasında yapılan hükümetlerarası anlaşmanın Türkiye için ekonomik açıdan avantajlı görüldüğünü söylemek mümkündür. Aynı anlaşmanın hükümetler arası nitelik taşımaksızın bağımsız bir ticari anlaşma olarak yapılmasının, ekonomik koşullar ve Rus tarafınca üstlenilen tüm riskler göz önünde bulundurulduğunda, ne derece mümkün olabileceği tartışmalıdır. Enerji sektöründe Rusya ile Türkiye arasındaki kuvvetli işbirliği, yükselen yeni piyasalarda Rus nükleer teknolojisinin yaygınlaşmasının desteklenmesi gibi başka hususlar, bu anlaşmanın Rus tarafınca ticari kaygı ön planda tutulmadan imzalanmasında etkin olmuş olabilir. Türkiye'nin uzun vadeli resmi enerji stratejisinde öngörüldüğü üzere nükleer enerji alanında bir geleceği söz konusu olacaksa, sızıntı ve ciddi nükleer kaza olasılıkları bertaraf edildiği, atık yönetimi herhangi bir endişeye mahal vermediği ve gerekli düzenleyici ve kontrol edici mekanizmalar başarıyla yürürlüğe konduğu müddetçe anlaşma ekonomik açıdan iyi bir başlangıç noktası olarak görünmektedir. Diğer yandan Fukushima kazası sonrasında, nükleer enerjinin yer almadığı bir geleceğin ekonomik koşullarının, fizibilite ve sürdürülebilirlik unsurlarıyla birlikte tüm dünyada tartışıldığı ve daha kapsamlı olarak ele alınır hale geldiği belirtilmelidir.

Referanslar

ABD Kongresi (Eylül 1993), "Aging Nuclear Power Plants: Managing Plant Life and Decommissioning," OTA-E-575 , Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

Baetz, J. (Mayıs 2011), "Insurance Cost vs. Nuclear Power Risk," Associated Press, http://www.pittsburghlive.com/x/pittsburghtrib/business/s_734814.html

Cooper, M.(2009),The Economics of Nuclear Reactors: Renaissance or Relapse ?

Dünya Nükleer Birliği, 2011a." Nükleer Enerji Ekonomisi",<http://www.world-nuclear.org/info/inf02.html>.

Dünya Nükleer Birliği, 2011b." Nükleer Hasara İlişkin Sorumluluk,<http://www.world-nuclear.org/info/inf67.html>.

EPDK, 2011. "Doğal Gaz Sektör Raporu 2010."

EÜAŞ, 2011. "Elektrik Üretim Sektör Raporu 2010."

Grubler, A. (2010), "The Costs of the French Nuclear Scale-Up: A case of Negative Learning By Doing," Energy Policy,38

Guggenbühl (March 2011), "Ein schwerer Atomunfall bleibt am Volk haften", Infosperber, <http://www.infosperber.ch/Wirtschaft/Ein-schwerer-Atomunfall-bleibt-am-Volk-haften>

Hargreaves, S. (2011), "Nuclear Industry Shielded from Big Disaster Costs," CNNMoney – http://money.cnn.com/2011/03/25/news/economy/nuclear_accident_costs/index.htm

IEA (2010), "Electricity Information 2010", OECD/IEA, Paris.

IEA (2003), "Power Generation Investment in Electricity Markets,"OECD/IEA, Paris.

IEA (2000)," Experience Curves for Energy Technology Policy", OECD/IEA, Paris.

Joskow, P.L, Parsons, J.E. (2009), "The Economic Future of Nuclear Power," Daedelus, The Global Nuclear Future, Cilt 1.

Kanter, J.(28 Mayıs 2009), "Nuclear Renaissance Runs into Trouble", The New York Times.

Kennedy, D., (2007), "New Nuclear Power Generation in the UK: Cost Benefit Analysis," Energy Policy, 35.

Koomey, J., Hultman, N.E., (2007), "A Reactor-Level Analysis of Busbar Costs for US Nuclear Plants", 1970–2005, Energy Policy,35.

Lenzen, M., (2008), "Life Cycle Energy and Greenhouse Gas emissions of Nuclear Energy: A Review," *Energy Conversion and Management* ,Cilt No. 49, Sayı 8.

MIT (2003), "The Future of Nuclear Power," An Interdisciplinary MIT Study,<http://web.mit.edu/nuclearpower/>

MIT (2009), "Update of the MIT 2003 Future of Nuclear Power Study,"<http://web.mit.edu/nuclearpower/>

Kalkınma Bakanlığı (Haziran 2011), "Temel Ekonomik Göstergeler."

NEA (2007), "International Nuclear Third party Liability" – *Press Kit*,<http://www.oecd-nea.org/press/press-kits/nuclear-law.html>.

Moody's (Ekim 2007), "New Nuclear Generation in the United States: Keeping Options Open vs Addressing An Inevitable Necessity, Moody's Global Credit Research", Research Report.

NTVMSNBC (7 Haziran 2011), "Nükleer Santraller 2071'de kapatılacak,"<http://www.ntvmsnbc.com/id/25220653/>

OECD (1997), The OECD Report on Regulatory Reform – Volume I: Sectoral Studies (Düzenleyici Reformlar Konulu OECD Raporu – Cilt I: Sektörel Çalışmalar.

OECD (2010), "Projected Costs of Generating Electricity"

Paulitz, H. (2008), Die Atomstrom-Lüge: Verschwiegene Kosten, getäuschte Verbraucher, *Frontal*".<http://frontal21.zdf.de/ZDFde/inhalt/2/0,1872,7380194,00.html>.

Ramachandran (Nisan 2010), "The Civil Nuclear Liability Bill," Institute for Defence Studies and Analyses (IDSA) Issue Brief http://www.idsa.in/issuebrief/TheCivilNuclearLiabilityBill_rramachandran_150410

Reuters (21 Nisan 2011), "NRC Extends Life of Largest U.S. Nuclear Station," <http://www.reuters.com/article/2011/04/21>.

Romm, J.(Ekim 2009), "Toshiba Tells San Antonio its New twin 13 Billion Nukes will Cost 4 Billion More - The City balks," *Climate Progress*.

Strip D. R.(Eylül 1982), "Estimates of the Financial Consequences of Nuclear Power Reactor Accidents," NUREG/CR-2723, Sandia National Laboratories.

Vaillancourt, K., Labriet, M., Loulou, R. ve J-P. Waaub 2008. "The Role of Nuclear Energy in Long-Term Climate Scenarios: An Analysis with the World-TIMES Model," *Energy Policy* Cilt 36, Sayı 7.

Nükleer Santrallerde
Riskler, Özendirimler ve
Finansman Modelleri:
Uluslararası Deneyim ve
Akkuyu Modeli



IV

Doç. Dr. İzak Atiyas

Yönetici Özeti

Türkiye, nükleer enerjiye geçiş amacıyla Rusya ile yürüttüğü müzakereler sonucunda bir Rus şirketi olan Rosatom'un Mersin Akkuyu'da bir nükleer santral kurmasına yönelik bir hükümetlerarası anlaşma imzalanmıştır. Risklerin paylaşılması açısından bakıldığında Akkuyu modeli uç bir "ticari santral" modeline benzemektedir: finansal risklerin çok büyük bir çoğunluğu proje şirketinin üzerinde kalmaktadır. Fakat santrali kurmak üzere bu riskleri üstlenen elektrik şirketi gerçek bir özel şirket değil, mülkiyeti Rusya devletine ait olan bir kamu şirketidir. Yani proje gelirlerinin proje maliyetini karşılamaması ve ek finansmana gereksinim doğması durumunda karşılıklı anlayış bu finansmanın son kertede Rusya devleti bütçesinden karşılanacağı şeklindedir. Bir anlamda Akkuyu projesinde, başka ülkelerde ve ortamlarda oldukça zor ve karmaşık kurumsal mekanizmalarla çözülmeye çalışılan zor bir risk paylaşımı sorusuna görünürde çok kolay bir çözüm bulunmuştur: bu çözüm tüm riskleri şirkete ve o vasıta ile Rusya devletine yüklemektir.

Öte yandan finansal risklerin büyük bir bölümünün proje şirketine yüklenmiş olduğu durumlarda projenin ortalama maliyetinin oldukça yüksek olması beklenir. Oysa alım sözleşmesinde belirlenen sabit fiyat aşırı yüksek görünmemektedir. Demek ki ya proje serbest piyasada oluşacak toptan satış fiyatlarının oldukça yüksek seyredeceği, ya da bir biçimde Rusya hükümeti bütçesi tarafından destekleneceği varsayımı altında yapılmıştır. Genel kanı ikincisi yönündedir, yani bir anlamda bu projenin "siyasi" nitelikte bir proje olduğu ve Rusya hükümetinin yönlendirmesi ve desteği altında yapıldığına dair yaygın bir kanı var gibidir.

Projenin ekonomik ve toplumsal muhtemel sonuçlarını, daha somut olarak proje şirketinin proje uygulaması süresince davranış saiklerini irdelerken karşımıza projenin "ticari" bir proje mi yoksa siyasi nitelikleri öne çıkan bir proje mi olduğu sorusu çıkmaktadır, çünkü bu iki farklı varsayım farklı davranış biçimleri ima etmektedir.

Ticari bir şirket, oldukça yüksek bir miktarda finansal risk üstlenerek bir nükleer santral kurmak üzere girişimde bulunmaktadır. Belirli bir süre için (her bir ünite için 15 yıl) üretilen elektriği yaklaşık yarısı bir sabit fiyat sözleşme altında kamuya satılacaktır. Elektriğin geri kalanı rekabete dayalı piyasa mekanizması içinde değerlendirilecektir. Bu kısmi bir sabit fiyat sözleşmesi gibidir. Bu tür bir sözleşme altında kamu yararı açısından önemli olan sorulardan birine verilecek cevap olumludur: sabit fiyat makul bir fiyattır, fazla yüksek değildir. Gerek sabit fiyat sözleşmesinin, gerek piyasa mekanizmasının önemli özelliği, şirketi maliyetlerini en düşük düzeye indirmeye özendirmesidir çünkü fiyat verili iken maliyetteki her birim düşüş, kârda bir birim artış anlamına gelecektir. Kuşkusuz bunun çok olumlu yönleri vardır. Örneğin proje şirketi yapım aşamasında gecikme olmaması için çaba gösterecektir. Proje yönetimi tedarik zincirinin zamanında işlemesi için elinden geleni yapmaya çalışacaktır.

Ancak kâr dürtüsünün güçlü olmasının ciddi olumsuz yönleri de vardır. Nükleer santral projelerinde maliyet unsurlarının birçoğu güvenlik önlemleri ile ilgilidir. Maliyetleri azaltma güdüsünün güçlü olmasının en önemli olumsuz sonuçlarından biri, şirketin emniyet ve güvenlik konularına daha düşük önem verme potansiyeli olacaktır.

Şirketlerin kâr dürtüsüne göre hareket etmeleri piyasa mekanizmasının en önemli özendirim mekanizmasıdır. Piyasaların etkin çalıştığı durumlarda şirketlerin kâr dürtüsüne göre hareket etmeleri toplumsal açıdan arzu edilir sonuçlar doğurur, bu öngörü piyasa mekanizmasını çekici kılan en önemli unsurlardan biridir. Bu öngörünün altında önemli bir varsayım yatar: şirketlerin faaliyetlerinin tüm sonuçlarının içselleştirilmiş olması yani bir başka ifade ile dışsallıkların olmaması. Nükleer santral özelinde durum böyle değildir. Herhangi bir arıza veya kaza durumunda santralin çevreye vereceği zarar, özellikle şirketlerin mali sorumluluğunun sınırlandığı durumlarda, şirketin kendi zararından çok daha yüksek olacaktır. Kendi zararı yatırım maliyetleri ve vazgeçilen kârdır. Oysa topluma zararı çok daha yüksektir. Bu nedenden dolayı şirketlerin yapım ve işletme aşamasında toplumsal refahı tümüyle gözetilen bir davranış biçimi içinde olması beklenemez. Zaten o yüzden yeterli güvenlik önlemlerinin alınması için mutlaka bir düzenleyici ve denetleyici bir otoriteye gerek duyulmaktadır.

Demek ki proje şirketinin ticari saiklerle harekete edeceği varsayımı altında Akkuyu modelinin nasıl sonuçlar vereceği özellikle emniyet ile ilgili denetimin nasıl yapılacağı ile sıkı sıkıya bağlı olacaktır. Yani emniyet ve güvenlik riski unsuru ile finansal ve bunu çevreleyen düzenleme unsuru Türkiye’de özellikle yakından bağlantılıdır. Oysa Türkiye’deki ortamda düzenleme ve denetim unsuru ciddi zaafılar taşımaktadır. Bir kere düzenleme ve denetim çerçevesi konusunda yasal çerçeve eksiktir: Bugün uluslararası düzeyde kabul gören kurumsal model denetimin gerek hükümetten gerek denetlenecek şirketlerden bağımsız çalışacak, onları etkisi altında bulunmayacak bir özerk idari otorite tarafından yerine getirilmesidir. Türkiye’de henüz bu otorite ortada yoktur. Öte yandan denetimin yerine getirilmesi aynı zamanda ciddi insan kaynağı gerektirmektedir, Türkiye’de bu açıdan da ciddi eksiklikler vardır. Bir yandan tüm risklerin şirket üzerinde olması, bir yandan tam da bu nedenle maliyet azaltma dürtülerinin çok güçlü olması, aynı zamanda denetim kapasitesinin sınırlı olması güvenlik açısından ciddi zaafılar içerebilecek bir bileşim gibidir.

Proje şirketi hakkında yapılabilecek bir başka varsayım, davranışlarının ticari saiklerin yanı sıra (veya büyük ölçüde) Rusya devletinin siyasi önceliklerine göre de şekillendiği biçiminde olabilir. Siyasi saiklerin rol oynaması kısa dönemde projeyi Türkiye için daha avantajlı bir hale getirmiş olabilir. Sonuç olarak Türkiye görece az miktarda risk üstlenerek ve proje şirketinin üstlendiği risklere karşı da görece pahalı olmayan ve kısmi bir alım garantisi taahhüt ederek elektrik üretim kapasitesine ciddi bir ekleme yapabilmeyi öngörmektedir. Ancak orta ve uzun dönemde siyasi saiklerin varlığının ciddi bir ek risk olarak görülmesi gerekir. Ticari saikler ile davranan bir oyuncunun farklı ortamlarda ne tür seçimler yapacağını tahmin etmek ve bu seçimlerin toplumsal refah maksimizasyonu ile uyuşmadığı durumlarda buna göre düzenleyici önlemler

almak en azından kavramsal olarak mümkündür. Siyasi saiklerin mevcut veya egemen olduğu durumlarda ise oyunun dinamiklerine benzer biçimde hâkim olmak mümkün olmayabilir. Siyasi gelişmelerin “normal” olduğu durumlarda bir sorun çıkmayacaktır. Fakat düşük bir ihtimal ile olsa da siyasi gerginliklerin ortaya çıktığı durumlarda bu oyunun dinamikleri ve sonuçları olağan düzenleyici önlemlerin baş edemeyeceği ciddi belirsizlikler içerecektir. Bu belirsizliklere karşı ne tür önlemler alınabileceği hakkında yerleşmiş bir bilgi birikiminin varlığından söz edilemez.

Sadece finansal parametreler ile değerlendirildiğinde Akkuyu projesi Türkiye için avantajlı bir proje gibi görünmektedir. Ancak bu parametrelerin özendirildiği davranış biçimleri ve Türkiye'nin denetim kapasitesinin yetersizliği de göz önünde bulundurulduğunda tüm riski şirketin üstlendiği bir nükleer projenin emniyet ve güvenlik zaaflarının olması yüksek bir ihtimal olarak ele alınmalıdır. Burada temel sorun finansal değil kısa dönemde denetim için gerekli yasal ve beşeri altyapının bulunmaması, orta-uzun dönemde ise Türkiye'nin toplumsal mutabakata dayalı bir nükleer enerji politikasının olmamasıdır.

1 Giriş

Son 50 yılda nükleer santrallere ilgi büyük dalgalanmalar göstermiştir. ABD’de nükleer santraller ilk olarak 1960’larda ve 1970’lerin ilk yarısında yapılmıştır. 1980’lere gelindiğinde yeni nükleer santral yapımı hemen hemen durmuştur. Daha genel olarak gelişmiş ülkelerin önemli bir bölümü yaklaşık 30 yıl önce yeni nükleer santral yatırımlarına son vermiştir. Son on yılda inşa edilmiş olan nükleer santrallerin hemen hepsi Japonya, Güney Kore, Çin ve Hindistan’da bulunmaktadır (Joskow ve Parsons, 2009).

Nükleer santrallerin 1980’lerde gözden düşmesinin birçok nedeni vardır. Son derece sermaye yoğun olan nükleer santrallerin ekonomik olması için, yılın önemli bir bölümünde (örneğin yüzde 85-90’ında) elektrik üretmeleri gerekir. Halbuki 1985’te ABD’de kapasite faktörü yüzde 58 idi (Joskow ve Parsons, s. 46). Santral inşaat süreleri ve santral maliyetleri beklenenin çok üzerinde gerçekleşmiştir. Bu maliyet artışının en önemli nedenlerinden biri güvenlik kaygılarının zaman içinde artmasıdır. Özellikle 1979’da ABD’de Three Mile Island santralinde ve daha sonra 1986’da Ukrayna’da Chernobyl santralinde meydana gelen kazalardan sonra güvenlik kaygıları nedeniyle hem hükümetlerin veya düzenleyici otoritelerin onaylarında gecikmeler yaşanmış, hem de santral tasarımlarında değişiklikler meydana gelmiştir.

Bir yandan nükleer santral maliyetleri beklenenin çok üzerinde gerçekleşirken, özellikle 1980’lerde ve 1990’larda kömür ve doğal gaz fiyatları ya düşmüş ya da yavaş artmış, dolayısıyla kömür ve doğal gaz santralleri ekonomik olarak daha çekici hale gelmiştir. Buna paralel olarak özellikle doğal gaz türbin teknolojisinde meydana gelen gelişmeler ve bu tür santrallerin görece ucuzlaması sonucu 2000’li yıllara gelindiğinde nükleer santraller ticari çekiciliğini büyük ölçüde yitirmiştir.

Bu ekonomik gelişmelerin yanı sıra özellikle ABD ve Avrupa’da nükleer silahlara ve çevre sorunlarına karşı toplumsal farkındalığın gelişmesi ile nükleer teknolojiye karşı siyasal ve toplumsal bir muhalefet de oluşmuştur.

Son olarak, 1990’larda ve 2000’li yıllarda elektrik sektörleri bir yeniden yapılanma sürecine girmiş, dikey bütünleşik teknelci üretim modelinin yerini rekabete dayalı piyasa modeli almaya başlamış, bu ise üretim faaliyetlerinin riskini arttırmış, yüksek sabit yatırım gerektiren nükleer santraller bu gelişmelerden özellikle olumsuz bir biçimde etkilenmiştir. Sonuç olarak dünya çapında nükleer üretim kapasitesine yapılan yıllık eklemeler 1980 ortalarında yaklaşık 30 gigawatt iken 2000’li yıllarda bu sayı ortalama 4 gigawatt dolayına düşmüştür (Kessides, 2009: 348).

Son yıllarda nükleer santrallerin yeniden gündeme geldiği gözlemlenmektedir. Bunun nedenlerinden biri, muhtemelen mevcut nükleer santrallerin etkinliğinde sağlanan artışlardır. Örneğin 2000’li yıllarda ABD’deki nükleer santrallerin

performansında ciddi iyileşmeler meydana gelmeye başlamıştır. Joskow'a (2006) göre nükleer santrallerin işletme ve bakım maliyetleri 1997-2005 arasında yaklaşık 2.7 ABD senti/kWh düzeyinden 1.7 ABD Senti/kWh düzeyine inmiştir. Santral kapasite faktörleri yüzde 60'lar düzeyinden yüzde 90'lar düzeyine çıkmıştır. Bu kadar dramatik olmasa da kapasite faktörlerinde küresel düzeyde de artış gözlemlenmiştir (Joskow ve Parsons, 2009, s. 47).

Aynı dönemde (en azından 2008 küresel krizine kadar) doğal gaz fiyatlarının da artış eğilimi içine girmesi mevcut santrallerin ticari fizibilitesini arttırmış, bu santrallerin ekonomik ömürleri hakkındaki algıların da değişmesine yol açmış, örneğin ABD'de birçok santral lisans sürelerinin uzaması için başvuruda bulunmuş ve bu başvurular kabul edilmiştir. Fosil yakıtların fiyatlarındaki artış, yeni nükleer santral yatırımlarını da ekonomik açıdan daha çekici hale getirmiştir.

Bir başka önemli etken, küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunlarına yönelik politikalar ile ilgilidir. Nükleer santraller küresel ısınmaya yol açtığına inanılan karbon gazı salımına yol açmazken kömür ve gaz santralleri karbon gazı üretirler. Karbon üretimine sınır getirmeye çalışan bir politika çerçevesi içinde nükleer enerjiye dayalı elektrik üretimi daha temiz görülmektedir.

Nükleer enerjiye yönelimin artmasının bir başka nedeni "enerji güvenliği" veya "enerji bağımsızlığı" kavramları ile ilgilidir. Gerek Avrupa ülkelerinde gerek Türkiye'de bu kavram genellikle Rusya doğal gazına bağımlılığın azaltılması bağlamında kullanılmaktadır. Doğal gaz ithalatına bağımlılığa duyulan endişe özellikle 2009 yılında Rusya'nın Ukrayna'ya doğal gaz arzını kesmesi ile daha da artmıştır. Sadece Avrupa değil, Japonya, Hindistan ve Çin gibi ülkeler de nükleer santralleri doğal gaza dayalı elektrik üretimine ikame olarak görmüşler, böylece doğal gaz ithalatını azaltmayı öngörmüşlerdir.

ABD özelinde nükleer santrallere ilginin artmasının bir başka nedeni de lisanslama süreçlerinin değiştirilmesi ve sadeleştirilmesidir. Örneğin Nükleer Düzenleme Komisyonu (NRC) santral tiplerini onaylama yolunu seçmiştir. Buna göre bir santral tipini (veya tasarımını) onayladıktan sonra aynı tasarım başka santral yapımında da kullanılabilen, her seferinde tasarım incelemesinden geçmek zorunda kalmamaktadır.

Bu gelişmeler sonucunda, 2000'li yıllarda, en azından Japonya'da Fukushima santralinde meydana gelen kazaya kadar, birçok ülke nükleer santral yapımını yeniden gündeme alacağını veya nükleer santral yapımını durduran kararlarını gözden geçireceklerini belirtmiştir. ABD bir adım ileri gitmiş ve 2005 yılında kabul edilen bir yasa ile nükleer santral yapımına bazı mali ve finansal destekler sağlamıştır. Avrupa Birliği'nde 2007 yılında yayınlanan *An Energy Policy for Europe* adlı doküman, nükleer enerjinin düşük karbonlu en ucuz enerji kaynaklarından biri olduğunu vurgulanmıştır (European Commission, 2007, s. 16). 2010 yılında yayımlanan *Energy 2020* (European Commission, 2010) adlı belgede, nükleer enerjinin katkısının "açık ve objektif" bir biçimde ele alınması gerektiği¹ vurgulanmıştır. Birleşik Krallık'ta 2008 yılında hükümet tarafından yayımlanan bir raporda nükleer enerjinin düşük karbonlu, ucuz, güvenilir ve güvenli olduğu

belirtilerek, karbon fiyatının hükümetin beklediği düzeylere ulaşması halinde nükleer santrallerin en ucuz elektrik üretme biçimi haline geleceği vurgulanmıştır. (BEER 2008).

Fukushima sonrası ise nükleer santrallere yaklaşımda yeniden ciddi bir değişimin ortaya çıkması muhtemeldir. Nitekim Fukushima sonrası Avrupa Birliği'ndeki 143 nükleer santralin her birinin 1 Haziran 2011 tarihinden başlayarak stres testinden geçeceği açıklanmıştır.² Buna göre nükleer santraller 3 adımda değerlendirilecektir: Önce nükleer santral işletmecileri stres testine ilişkin anketi cevaplandıracaklar ve gerekli belgeleri teslim edeceklerdir. İkinci adımda düzenleyici otoriteler birer ulusal rapor hazırlayıp bu cevapların inandırıcı olup olmadığını değerlendirecektir. Üçüncü adımda ise bir "akran değerlendirmesi" (peer review) yapılacak, ulusal raporlar bir uluslararası ekip tarafından değerlendirilecektir. Bu ekipte bir Avrupa Komisyonu temsilcisi ile ulusal düzenleyici otoritelerden altı temsilci olacaktır.³ Bu arada Almanya 30 Mayıs 2011'de zaman içinde tüm nükleer santrallerini kapatacağını açıklamıştır.⁴ İsviçre parlamentosu da 8 Haziran'da 2034 yılına kadar nükleer enerjiye son verme kararı almıştır. 13 Haziran 2011'de İtalya'da yapılan bir referandumda yeni nükleer santral yapımına yönelik politikalar reddedilmiştir.

Elektrik piyasaları küresel düzeyde bir yeniden yapılandırma süreci içindedir. Bu yeniden yapılandırma sürecinin hedefi elektrik sektörünü rekabete açmak, bunun için gerekli düzenleyici önlemleri almaktır. Türkiye'de de elektrik sektörü benzer bir yeniden yapılandırma süreci içinden geçmektedir. Bu çalışmanın amacı nükleer santrallerin ekonomik özelliklerini ve finansal risklerini irdelemek, bu santrallerin elektrik piyasalarında ve süregelen yeniden yapılandırma süreçlerindeki yerini incelemek, nükleer santrallere yönelik finansman modellerini ve düzenleyici politikaları tartışmak ve bunun ışığında Türkiye'deki nükleer enerji politikalarını ve özel olarak Akkuyu projesini değerlendirmektir.

2- Press Release IP/11/640: "After Fukushima: EU Stress tests start on 1 June".

3- 23 Haziran 2011'de yapılan bir basın açıklaması ile içinde Türkiye'nin de bulunduğu Avrupa Birliği'ne komşu 7 ülkenin enerji bakanlığı temsilcileri ve nükleer enerjiden sorumlu ulusal otoriteleri, bu stres testi sürecine gönüllü bir biçimde katılacaklarını açıklamışlardır. Dolayısıyla Türkiye de stres testi sürecine katılacağını taahhüt etmiştir. http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/doc/20110623_stress_test_joint_declaration_eu_neighbouring_countries.pdf

4- Daha bir yıl önce Alman hükümeti nükleer santralleri 2022 yılına kadar devre dışı bırakmayı hedefleyen 110 yıllık bir kararı askıya almıştı. "Nuclear? Nein Danke", the Economist, 2 Haziran 2011.

2 Nükleer Elektrik Üretiminin Özellikleri

116

Bu bölümde nükleer santrallerin temel ekonomik özellikleri ve karşı karşıya olduğu riskler ele alınacaktır. Bu risklerin bir bölümü (örneğin fiyat riski) başka yakıtlara dayalı santraller için de geçerlidir, fakat nükleer santrallerin sermaye yoğun olma özelliği bu fiyat riskine santrallerin hassasiyetini arttırmaktadır. Bazı riskler ise nükleer santrallere özgüdür (örneğin atıklara yönelik politikalarda meydana gelebilecek değişiklikler).

2.1 Yüksek Sabit Maliyetler, Düşük Değişken Maliyetler

Nükleer santrallerin en önemli özelliklerinden biri, sabit maliyetlerin çok yüksek buna karşılık değişken maliyetlerin görece düşük olmasıdır. Örnek olarak Joskow ve Parsons (2009) tarafından hazırlanan aşağıdaki tablo gösterilebilir:

Tablo 1 Elektrik Üretim Maliyet Yapıları

	Gecelik Maliyet \$/kW	Yakıt Maliyeti \$/MMBtu
Nükleer	4,000	0.67
Kömür (düşük)	2,300	1.60
Kömür (orta)	2,300	2.60
Kömür (yüksek)	2,300	3.60
Gaz (düşük)	850	4.00
Gaz (orta)	850	7.00
Gaz (yüksek)	850	10.00

Kaynak: Joskow ve Parsons (2009)

Bu tabloda nükleer, kömür ve gaza dayalı elektrik üretiminin inşaat maliyeti ile değişken maliyetlerin en önemli unsurlarından biri olan yakıt maliyeti gösterilmektedir.⁵ Görüldüğü gibi nükleer santralin "gecelik" inşaat maliyeti kömürün yaklaşık 2, gaz santralının ise neredeyse 4.5-5 katıdır. Tabloda yakıt maliyeti ise çeşitli kömür ve gaz fiyatı senaryolarına göre karşılaştırılmaktadır. En düşük yakıt fiyat senaryolarında bile nükleer santral yakıt maliyeti kömürün

5- Tablodaki veriler belirli varsayımlar altında türetilmiştir. Örneğin sermayenin maliyeti finansman modeline göre değişecektir. Kamu mülkiyeti altında kurulan bir santralin sermaye maliyeti, remel riskleri özel sektörün üstlendiği "ticari model" altında inşa edilen bir santralinkine göre daha düşük olacaktır. Tablodaki rakamlar nükleer santralin ticari modele göre kurulduğu varsayımına göre yapılmıştır (Joskow ve Parsons, 2009, s.53). Burada amaç rakamları mutlak olarak değerlendirmek değil, sabit maliyetler ile değişken maliyetlerin farklı yakıt türlerinde nasıl farklılaştığına dikkat çekmektir. Bu çalışmanın 3. Bölümünde Kumbaroğlu nükleer santral maliyetlerini karşılaştırmalı bir biçimde ayrıntılı olarak tartışmaktadır.

nerdeyse yüzde 40'ı, gazın ise yüzde 15'i kadardır. Bir başka karşılaştırmaya göre (Finon ve Roques, 2006) nükleer enerjiye dayalı elektrik üretiminde inşaat maliyetinin toplam maliyet içindeki payı yüzde 65-80, işletme maliyetinin payı yüzde 10-20, yakıt maliyetinin payı ise yüzde 5-10 arasındadır. Kombine çevrim gaz türbini üretiminde ise bu paylar sırasıyla yüzde 20-30, yüzde 5-10 ve yüzde 60-80'dir.

Nükleer santrallerin bir başka özelliği ise asgari verimli ölçeğin özellikle gaz santrallerine göre çok yüksek olmasıdır. Nükleer santrallerde etkin ölçek en az 1000 MW olarak düşünülürken, bu doğalgaz santrallerde birkaç yüz MW olabilmektedir. Bu da asgari yatırım miktarını arttıran bir etkidir.

2.2 İnşaat Süresi ve Maliyetlerinde Belirsizlik

Nükleer santral yapımının karşı karşıya olduğu en önemli risklerden biri inşaat maliyetlerine ilişkin belirsizliktir. Tablo 2'de görüldüğü gibi 2000'li yıllardan önce nükleer santrallerin inşaat süreleri sürekli bir biçimde artmıştır. Nükleer santrallerin maliyet yapısında sabit maliyetlerin çok yüksek bir yer tutması sonucu, inşaat süresindeki büyüme aynı zamanda yapım maliyetlerinin ciddi biçimde artması anlamına gelmiştir.

Tablo 2 Dünya Çapında Nükleer Enerji Santrali İnşaat Süreleri

Referans Periyodu	Reaktör Sayısı	Ortalama İnşaat Süresi (ay)
1965 - 70	48	60
1971 - 76	112	66
1977 - 82	109	80
1983 - 88	151	98
1995 - 2000	28	116
2001 - 05	18	82

Aktaran: Kessides (2009)

Geçmiş inşaatlara ilişkin maliyet göstergeleri geleceğe ilişkin kestirim yapmakta önemli girdi olabilir. Ancak son 20-30 yılda yapılan yeni santral sayısının düşük olması geleceğe yönelik öngörülerin ciddi belirsizlik içermesine neden olmaktadır. Benzer şekilde, yeni santral tasarımlarına ilişkin inşaat maliyeti öngörülerini de ciddi belirsizlik içermektedir.

Bu durumda yakın zamanda farklı ülkelerin inşaat deneyimleri maliyetler hakkında önemli ipucu sağlayabilir. Kore ve Japonya'da 2004-2006 yılları arasında yapılan santrallerin gecelik maliyetlerinin⁶ görece düşük olduğu (kW başına ortalama 3,100 ABD doları) belirtilmektedir.⁷ Her ne kadar Avrupa'da yakın zamanlarda daha fazla nükleer santral inşaat çabası olmuş ise de bu santrallere ilişkin deneyimler de aslında inşaat maliyetlerine ilişkin belirsizliğin

6- Gecelik maliyet kavramı santralin bir gecede kurulması varsayımı altında gerçekleşecek sermaye maliyetinden oluşur, bu nedenle de inşaat sırasında oluşan finansal ve diğer maliyetleri içermez.

7- Du ve Parsons'dan (2009) aktaran Davis (2011).

ne kadar yüksek olduğuna ilişkin örnek teşkil etmektedir. Davis (2011) Fransa ve Finlandiya’da yapılmakta olan iki nükleer santrali örnek göstermektedir. Finlandiya’da Olkiluoto nükleer santralının inşaatına 2005 yılında başlanmış, santralin 2009 yılında tamamlanması ve maliyetinin kW başına 2,800 ABD doları olması öngörülmüştü. Ancak sorunların ortaya çıkması ve meydana gelen gecikmeler yüzünden santralin tamamlanma tarihi 2013 yılına uzatılmıştır. Bu santralin maliyetinin ise baştaki tahminin iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir. Bu santralde ortaya çıkan sorunlardan biri, reaktör binasının beton temelının fazla geçirgen bulunması olmuştur. Fransa’da Flamanville santralının inşaatı ise 2007 yılında başlamış ve 2011 yılında kW başına 2900 ABD doları maliyet ile tamamlanması planlanmıştır. Bu santralin tamamlanma tarihi 2014 yılına ötelenmiş olup, maliyetinin ise planlananın yüzde 50 üstüne çıkması beklenmektedir. Burada ise beton temelde çatlaklar bulunmuş, çelik desteklerin ise yanlış yerlerde yapıldığı sonucuna varılmıştır. Yani her iki santralde de gecikmelerin önemli nedenlerinden biri, yapım süresinde güvenlik denetimlerinde ortaya çıkan sorunlar olmuştur. Davis’e göre her iki santralde de proje yöneticileri deneyimsiz müteahhitler kullanmakla suçlanmışlardır.

İnşaat maliyetlerine ilişkin zikredilen bir başka önemli mesele de (Davis, 2011 s. 11) santral bileşenlerini yapan imalatçı firma sayısında 1970’lere göre ciddi bir azalma olmasıdır. Bu nedenle tedarik zincirinde sorunlar çıkmakta, bu da gecikmelere yol açabilmektedir. Benzer şekilde, Joskow ve Parsons (2009, s. 57) yeni santral yapımı için gerekli olan beşeri donanım ve imalat altyapısının son yıllarda ciddi bir biçimde azaldığını, nükleer santral talebinde meydana gelebilecek bir artışın bu tür altyapı eksikliğinden dolayı zorluklarla karşılaşabileceğini belirtmişlerdir.

Sabit maliyetlerin ve minimum ölçeğin yüksek, inşaat süresinin de uzun olması, nükleer santral yatırımlarının maliyetini sermaye maliyeti ve ıskonto oranına son derece hassas hale getirmektedir. İnşaat süresi uzadıkça ve sermayenin maliyeti yükseldikçe finansman maliyetleri toplam inşaat maliyetinin yüksek bir oranına ulaşmaktadır. Tablo 3’ten görüldüğü gibi sermayenin maliyeti yüzde 10 olarak alınır, 5 yılda tamamlanacak bir santralin finansman maliyetleri toplam inşaat maliyetinin yüzde 22’si olmakta, inşaat süresi 10 yıla çıktığında, bu oran yüzde 40’ı bulmaktadır.

Tablo 3: Finansman Maliyetinin Toplam Yapım Maliyetine Oranı

	İnşaat Süresi		
	Bir Yıl	Beş Yıl	On Yıl
Sermaye Maliyeti % 5	% 2	% 12	% 22
Sermaye Maliyeti % 10	% 4	% 22	% 40
Sermaye Maliyeti % 15	% 6	% 30	% 54

Kaynak: Davis (2011)

Yapım riskini geleneksel olarak proje sahibi elektrik işletmeleri üstlenmiştir (Finon ve Roques, 2008, s. 6). Bu çözüm rekabetin olmadığı dikey bütünlük ortamlarda

fazla sorunlu görülmemiştir. Son zamanlarda bu riskin aktörler arasında nasıl daha etkin bir biçimde dağıtılabilceği tartışılmaktadır. Örneğin santralin anahtar teslim bir proje halinde inşa edilmesi, riski önemli ölçüde sağlayıcı şirketin üzerine atacaktır.

2.3 Enerji Politikası ve Düzenleyici Politikaların Yarattığı Riskler

Nükleer santrallerin ekonomik fizibilitesi hükümetlerin politikalarına yakından bağlı olacaktır. Politik veya düzenleyici kararların zaman içinde değişebileceği gerçeği, nükleer enerji yatırımlarını riskli kılmaktadır. Bu tür riskler diğer elektrik üretim teknolojileri için de geçerli olmakla birlikte, son derece karmaşık süreçleri içeren ve özellikle güvenlik açısından düzenleyici otoritelerin çok daha yakından denetim ve müdahalesini gerektiren nükleer enerji alanında daha da yüksektir. Örneğin lisanslama, nükleer atık politikası, kaza olması halinde mali sorumluluk gibi alanların her biri düzenleyici müdahalelere ve kararlara tabi olacaktır. Hükümetlerin ve düzenleyici otoritelerin bu konularda düzenleyici riskleri azaltma konusunda önemli işlevleri vardır.

Nükleer santral yatırımlarının değerini etkileyen başka politikaların başında karbon salımlarına vergi konusu gelmektedir. Karbon dioksit gazına bir karbon vergisi yüklenmesi halinde kömür ve gaz santralleri tarafından üretilen elektriğin birim maliyetleri yükselecek, bu durumda nükleer santraller tarafından üretilen elektrik daha rekabetçi bir konuma gelecektir. Örneğin Joskow ve Parsons (2009, s.53) karbondioksit gazına ton başına 50 ABD doları vergi yüklenmesi halinde nükleer santraller tarafından üretilen elektriğin ortalama birim maliyetinin kömür santrallerinde üretilen elektriğin maliyetinin altına düşeceğini, bazı yüksek doğal gaz fiyatı senaryoları altında doğal gaza dayalı elektrikten de daha ucuz hale geleceğini savunmaktadırlar.

Politikalar hakkındaki beklentiler, yatırımcıların davranışlarını şimdiden etkilemeye başlamıştır. Örneğin Davis'e göre (2011) 2007 ve 2008 yıllarında ABD'de nükleer enerjiye karşı yeniden ilginin ortaya çıkmasının önemli nedenlerinden biri, karbon emisyonlarına tavan getirileceğine ilişkin beklenti olmuştur.⁸ Sonra beklenen yasanın 2009 yılında Kongre'de takılması, nükleer santrallerin geleceğine için önemli bir kayıp olarak görülmüştür.

Bu durumdan çıkarılması gereken sonuç şudur: politika riski veya düzenleyici riski azaltmanın en emin yolu, hükümetlerin temel politika alanlarında şeffaf ve inandırıcı bir biçimde yönelimlerini belirlemeleri ve bu politika seçimlerini zaman içinde tutarlı bir biçimde uygulamalarıdır. Kuşkusuz bu da yüksek bir yönetim kapasitesi gerektirmektedir.

8- 2007 ve 2008 yıllarında ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu'na (Nuclear Regulatory Commission) yaklaşık 30 yıllık bir aradan sonra ilk defa 24 santral için 16 lisans başvurusu yapıldı.

2.4 İşletme Riskleri

Nükleer santral inşa edildikten sonra sorunsuz ve yüksek kapasite faktöründe çalıştırılıp çalıştırılmayacağı bir başka risk faktörüdür. Daha önce inşaat ve işletme deneyiminin olmadığı yeni santral tasarımlarında bu risk daha da önemli olacaktır ve yatırımın finansman maliyetini arttıracaktır. Pratikte bu riski yatırımcı açısından azaltmanın bir yolu, satıcı şirket ile yapılan sözleşmede belirli kapasite oranlarını hedef veya performans kriteri olarak belirlemektir. Yukarıda sözü edilen Olkiluoto santralinde bu yol seçilmiştir ve nominal kapasite faktörü yüzde 91 olarak belirlenmiştir.

2.5 Piyasa Riskleri

Nükleer santrallerin karşı karşıya olduğu bir önemli risk, fosil yakıtların fiyatlarına ilişkindir. Örneğin birçok ülkede elektriğin marjinal maliyetleri doğal gaz fiyatlarına belirlenir. Doğal gaz fiyatlarında bir düşüş, elektriği toptan piyasalarda satmayı öngören nükleer santrallerin kârlılığını olumsuz bir biçimde etkiler. Daha genel olarak, toptan elektrik fiyatlarında dalgalanmalar, nükleer santral yatırımlarının riskini arttıran önemli etkenlerden biridir.

Kuşkusuz fiyat riski tüm elektrik üretim birimlerini etkiler ancak ölçeğinden ötürü nükleer enerjiye dayalı elektrik üretiminin fiyat riskinden etkilenme düzeyi daha küçük ölçekteki üretim teknolojilerine göre daha yüksektir (Finon ve Roques, 2008, s. 6).

Piyasa riskini azaltmanın birkaç yolu vardır. Bunların bir tanesi özellikle büyük alıcılar ile yapılabilecek uzun dönemli satış sözleşmeleridir. Büyük alıcılar ile üreticiler bir yere kadar fiyat riskine karşı birbirlerini koruma konusunda istekli olabilir. Kuşkusuz toptan fiyatların çok düşmesi halinde alıcıların bu sözleşmelerden vazgeçme dürtüleri olacaktır ama uzun dönemli sözleşmeler risk paylaşımında önemli bir rol oynayabilirler. Finlandiya'daki örnekte olduğu gibi alıcıların nükleer santrale ortak olmaları ve santralin elektriği bu konsorsiyuma bir tür maliyet artı makul kâr formülü ile satması bir başka yol olabilir (bu seçenek aşağıda daha ayrıntılı bir biçimde tartışılacaktır). Fiyat riskini azaltmanın bir başka yolu da özellikle üretim ve perakende satış arasında dikey bütünleşmedir. Dikey bütünleşme toptan fiyatlardaki aşırı dalgalanmaların dikey bütünleşik yapı içinde içselleştirilmesine meydan verir.

2.6 Teknoloji Riskleri

Nükleer santrallerin ekonomik ömürlerinin uzun (kırk yıl veya daha uzun) olması, bu santralleri teknoloji risklerine karşı da duyarlı kılmaktadır. Kırk yıl içinde teknolojik gelişmeler sonucunda güneş veya rüzgara dayalı elektrik üretimi daha

etkin hale gelebilir. Elektrik üretiminde salınan karbonu etkin bir biçimde azaltan teknolojiler ortaya çıkabilir.

2.7 Nükleer Yakıtın Elden Çıkarılması ve Santralin Hizmetten Çıkarılması⁹

Nükleer santrallere özgü maliyet kalemlerinden biri nükleer atıkların elden çıkarılması sorunudur. Bu atıklar için nihai çözüm hala bulunamamıştır ve şimdilik en emin çözümün jeolojik elden çıkarma (yer altında saklanması) olduğuna inanılmaktadır. Santralin hizmetten çıkarılması (decommissioning) uzun dönemli bir faaliyettir ve hizmetten çıkarma aşamasının toplam gecelik maliyetinin %10-20'sine ulaştığına inanılmaktadır. Hizmetten çıkarma için önemli meselelerden biri hizmetten çıkarmanın başladığı dönemde yeterli finansal fonların mevcut olmasıdır. Bunun için takip edilen yöntemlerden bir tanesi santralin devrede olduğu dönemde gerekli finansmanın bir fonda toplanmasıdır. Hükümetlerle veya düzenleyici otoriteler ile yapılan anlaşmalara göre bu fonun oluşması şirketin sorumluluğunda olabilir veya kamunun katkısını içerebilir.

121

2.8 Nükleer Yükümlülükler ve Sigorta

Nükleer santraller herhangi bir kaza halinde meydana çıkacak zarara ilişkin yükümlülüklerle yönelik özel uluslararası yasal çerçeveye tabidirler. Nükleer programları olan ülkelerin çoğu bu konuda Paris ya da Viyana Konvansiyonu'nu imzalamışlardır. Bu Konvansiyonlar hükümetlerin zararın bir bölümünü karşılamalarını, zararın kalanı için de şirketlerin sigorta yaptırmalarını şart koşarlar. Son yıllarda bu tür sigortaların fiyatlarının arttığı gözlenmiştir (OECD 2009). Sigorta yaptırma ihtiyacı, nükleer santral yatırımlarını zorlaştıran etkenlerden biri haline gelmektedir.

3 Nükleer Santrallerin Finansmanında Model Alternatifleri

Nükleer santrallerin ilk ortaya çıktığı 1960'lar ve 1970'ler ile günümüz elektrik piyasaları arasında çok önemli farklar vardır. 1960'larda ve 1970'lerde elektrik piyasalarına çoğunlukla kamu mülkiyetinde, ABD'de ise özel sektöre ait olan dikey bütünsel tekeller hakim olmuştur. Bu modelde elektriğin perakende fiyatı ya doğrudan hükümetler tarafından belirlenmiş, ya da düzenleyici otoriteler tarafından düzenleme altında tutulmuştur; tüketicilerin ise kendi tedarikçilerini seçme hakkı veya imkanı olmamıştır. Nükleer santrallerin karşı karşıya olduğu riskler ya doğrudan merkezi hükümetin bütçesi tarafından finanse edilmiş, ya da o zamanlar yaygın olan "hizmet maliyeti regülasyonu" (veya "getiri oranı regülasyonu") modelinde tarifeler yolu ile tüketicilere yansıtılabilmektedir.

Oysa 2000'li yıllara gelindiğinde birçok ülke elektrik sektöründe serbestleşme politikaları uygulamış, üretim ve perakende satış aşamalarında rekabet tesis edilmeye çalışılmış, bazı ülkelerde de dikey bütünsel yapı tümüyle terk edilmiştir. Avrupa Birliği'nde dikey ayrıştırma elektrik sektörünün ana hedeflerinden biri haline gelmiş, bu politika ile doğal tekel özelliklerinin hüküm sürdüğü iletim ve dağıtım aşamalarında faaliyet gösteren şirketlerin rekabete açılabilen üretim ve perakende satış aşamalarında varlık göstermeleri ya sınırlandırılmış ya da yasaklanmıştır. Daha da önemlisi, elektriğin toptan satış fiyatları tamamen serbestleştirilmiş, perakende satış tarifelerine düzenleyici müdahaleye ise rekabetin gelişmesine bağlı olarak son verilmeye çalışılmıştır. Bu ise eski modelde devletin veya tüketicilerin üstlendiği risklerin önemli bir bölümünün artık piyasada varlık gösteren çeşitli aktörler tarafından üstlenileceği anlamına gelmiştir. Dolayısıyla nükleer santrallerin yeniden popüler hale geldiği 2000'li yıllarda en fazla tartışılan konulardan biri, bu risklerin farklı aktörler ve devlet arasında nasıl dağıtılabileceği ve serbestleşmiş elektrik piyasalarında nükleer santrallerin herhangi bir mali desteğe gerek duymadan yaşayıp yaşayamayacağı konusu olmuştur.

Bu bölümde farklı kurum ve sözleşme türlerinin bu soruya nasıl cevap verdiği tartışılacaktır. Aşağıda tartışılan modeller her zaman birbirini dışlayan modeller olarak değil, nükleer santrallerin karşılaştığı riskleri ve dürtüleri yönetmenin farklı yönleri olarak görmek doğru olacaktır. Herhangi bir somut durumda düşünülecek çözümde tartışılan unsurların birden fazlası bir arada bulunabilir.

3.1 Geleneksel Model: Dikey Bütünleşik Kamu İşletmeleri

Yukarıda belirtildiği gibi 20-30 yıldır birçok ülkede elektrik sektörleri serbestleşme ve özelleştirme yönünde reformlar yapılmaya çalışılmaktadır. Bu reformların birkaç hedefi olmuştur. Birincisi, sektörü mümkün olduğu kadar rekabete açarak rekabetin getirmesi beklenen etkinlik artışlarından faydalanmaktır. İkincisi, kamu mülkiyetinin neden olduğuna inanılan verimsizliklere son vermektir. Özelleştirmenin bir yandan politizasyona son vererek, bir yandan da bütçe kısıtlarını sıkılaştırarak¹⁰ etkinliği artırması beklenmiştir. Elektrik sektöründeki reformların bir başka hedefi ise elektrik yatırımlarında kamu kesiminin rolünü azaltmak, yatırımlar için özel kesim kaynaklarını seferber etmek, böylece kamu bütçelerini rahatlatmak olmuştur. Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde bu “kamu maliyesi” hedefinin reformlarda önemli bir rol oynadığı görülmektedir.

Öte yandan dikey bütünleşik modelin nükleer yatırımların finansmanında bazı faydalar sağladığı da kabul edilmektedir. Bu tür şirketlerin genellikle kendilerine bağlı bir müşteri havuzu olmaktadır. Perakende düzeyde başka tedarik imkanları olmayan müşterilerin varlığı, büyük sermaye gerektiren yatırımların finansmanını kolaylaştırmaktadır.

Bu anlamda yakın dönemde üstünde durulan bir örnek Fransa’daki Flamanville 3 nükleer santral projesidir. Bu projenin uzun dönemli bir “yeni öğrenme” stratejisinin bir parçası olduğu belirtilmektedir (Finon ve Roques, 2008, s. 18). Projenin genel amacı 1970’lerde ve 1980’lerde inşa edilmiş olan santrallerin yenilenmesidir. Bu projede reaktör AREVA tarafında sağlanmıştır ancak projenin sahibi Fransız elektrik şirketi EDF¹¹ (*Electricite de France*) mühendislik ve yapım hizmetlerini kendisi yerine getirecektir. Böylece yapım riski de EDF üzerinde olacaktır. Finon ve Roques’a göre mühendislik ve yapım hizmet bedelinin “maliyet-artı” biçiminde ödenecek olması, şirket ile güvenlik konularından sorumlu düzenleyici otoritenin arasındaki çıkar çelişmesini azaltmaktadır; maliyet nasıl olsa karşılanacak olduğundan şirket otoritenin güvenlik konusundaki endişelerini gidermeye yönelik harcamaları yapmaktan kaçınmayacaktır.¹²

Açıktır ki bu modeldeki temel sorun, söz konusu modelin son 20-30 yıldır çoğu ülkenin edinmeye çalıştığı rekabetçi modele ters olmasıdır. Birçok ülke perakende düzeyde serbestleşmeyi hedeflemektedir. Yasal olarak Fransa’da bile piyasa açılma oranı yüzde 100’dür. Ancak Fransa müşterilerin tedarikçi değiştirme oranının çok düşük olduğu ülkelerden biridir, yani fiili olarak perakende satış aşamasında rekabet düzeyi yüksek değildir. Fransa aynı zamanda toptan piyasalarda yoğunlaşma düzeyinin en yüksek olduğu ülkelerden biridir (European Commission 2010).

10- Literatürde kamu mülkiyetinin yol açtığı en önemli sorunlardan birinin “yumuşak bütçe kısıtları” (soft budget constraints) olduğu kabul edilmiştir. Bütçe kısıtlarının katı olmaması, verimsiz çalışan ve örneğin zarar eden şirketlerin zararlarının kamu tarafından karşılanması, yani bir anlamda kötü performansın cezalandırılmaması ve/veya ödüllendirilmesidir.

11- 2008 yılı itibari ile devletin EDF’deki payı yüzde 85’tir.

12- Aşağıda tartışılacağı gibi Akkuyu santralinde çok farklı bir yaklaşım benimsenmiştir.

Dikkat edilirse risk dağılımı açısından bakıldığında bu modelin ayırt edici unsuru mülkiyet boyutundan çok rekabet boyutundadır. Herhangi bir biçimde maliyet-artı düzenlemesine tabi olan bir dikey bütünleşik özel şirket ile hükümet veya düzenleyici otorite arasındaki ilişki de benzer risk dağılımı özellikleri gösterebilecektir.

3.2 Alım Garantileri

Tüketiciler veya araçlar (toptancılar, perakendeciler) ile yapılabilecek alım sözleşmelerinin muhtemel rolüne yukarıda değinilmişti. Sadece nükleer santral bağlamında değil, genel olarak enerji yatırımlarında gündeme sıklıkla gelen bir başka yöntem kamunun alım garantisi sağlamasıdır. Aşağıda görüleceği gibi Akkuyu santrali özelinde kısmen bu yöntem uygulanmıştır.

Yukarıda da tartışıldığı gibi alım garantilerinin üreticilerin fiyat riskini azalttığı açıktır. Türkiye'nin bu konudaki deneyimi çıkabilecek sorunlar hakkında bir fikir vermektedir. Enerji sektöründe Yap İşlet (Yİ) ve Yap İşlet Devret (YİD) modelleri 1990'larda uygulanmaya çalışılmıştır. Bu tür sözleşmelerde genellikle elektrik üretim birimine sabit veya önceden belirlenmiş bir formüle göre değişen bir tarife üzerinden belirli miktarda elektrik satın alma garantisi verilir. Geçmişte Türkiye bu tür sözleşmelerle ciddi sorunlar yaşamıştır. Genel olarak bu sorunların iki nedenden kaynaklandığı söylenebilir. Birincisi, alım garantileri kurulması planlanan rekabete dayalı elektrik piyasasının mantığı ile çelişmekte idi. Özellikle talebin düşme ihtimalinin küçük olmadığı durumlarda Yİ ve YİD santrallerinin rekabet etmek zorunda olmadan elektrik satabilmesi onlardan daha etkin santrallerin devre dışı kalması sonucunu doğurabilmektedir. Altını çizmek gerekir ki bu tür ex-post bir etkinlik kaybı riski her tür uzun dönemli sözleşmelerde mevcuttur; ex-ante makul olan bir sözleşme çevre değişkenlerinin değerlerine bağlı olarak ex-post etkin olmayabilir. Dolayısıyla bu tek başına çok haklı bir eleştiri değildir. Ancak burada söz konusu olan henüz yeni gelişmekte olan bir piyasada talebin önemli bir bölümünün bu şekilde kapatılmış olmasının, yeni girmeye hazırlanan bağımsız özel sektör girişimcilerinin yatırımlarını daha riskli hale getirmesi idi.

Bu sözleşmelerin bir başka sorunu bir bölümünün hiç şeffaf olmayan bir biçimde ve ihaleye başvurmadan verilmesi olmuştur. Bu durum sözleşmeleri şaibe altında bırakmıştır. Bu sözleşmelerin eleştiri almalarının bir başka nedeni de iyi denetlenmedikleri ve uygulama sırasında usulsüzlüklerin ortaya çıktığı şeklindeki iddialardır. Bu iddiaların bir bölümü Sayıştay raporlarında yer almıştır (Atiyas, 2006, s. 80-81).

3.3 Ticari Finansman ve Borç Garantileri

ABD'de 2005 yılında kabul edilen yeni enerji kanunu ile nükleer enerji yatırımlarına bazı destekler getirildi. Bu desteklerden bir tanesi ilk 6 GWe yatırımı

(belirli tarihlerden önce) sipariş eden elektrik şirketlerine yöneliktir ve yatırımların yüzde 80'ine kadar verilebilecek borç garantisi içermektedir. Bu garanti sayesinde elektrik şirketinin borçlarını ödeyememesi durumunda alacaklılar ödemelerini devletten almaktadırlar. Garantinin amacı ilk 6 GWe yatırımın içerdiği öğrenme maliyetlerini ve riskleri azaltmaktır. Kanun ayrıca 8 sene için \$18/KWh üretim vergisi kredisi içermektedir.

Bu modeli kullanan projelerden biri Güney Texas Projesi'dir. Bu projede ayrıca fiyat riskini azaltacak biçimde belediyeler ile alım sözleşmeleri de imzalanmıştır (Roques ve Finon, 2008).

3.4 Büyük Alıcılar Konsorsiyumu

Bu model özellikle Finlandiya'da yapımı süren Olkiluoto III nükleer santrali ile gündeme gelmiştir.²⁸ Bu santralin işletmecisi elektrik şirketi TVO'nun yüzde 60'ı kağıt ve kağıt hamuru üreticilerinin bir kooperatifi olan PVO'nundur. Şirketin geri kalanı ana elektrik şirketi Fortum (%25), dağıtım şirketi EPVO (% 6.6) ve Helsinki şehrine (% 8.1) aittir. Proje iki sözleşme kümesi üzerine oturtulmuştur. Birincisi, kağıt ve kağıt hamuru üreticileri ile yapılan uzun dönemli sabit fiyatlı (60 yıl) alım sözleşmeleridir. Buna göre santral ürettiği elektriği maliyetten kağıt üreticisi ortaklarına satacaktır. Böylece alıcı ile satıcı piyasa fiyatlarından tamamen yalıtılmış olmaktadır. Kuşkusuz bu durum kolektif bütünlüğün fiyat riskinden tamamen arınmış olduğu anlamına gelmez çünkü piyasa fiyatlarının sözleşme fiyatının altına düşmesi halinde, ex-post, ve fırsat maliyeti anlamında kağıt üreticileri zarar ediyor demektir. İkinci sözleşme ise reaktör satıcısı AREVA ile yapılan anahtar teslim sözleşmedir. Böylece yapım riski sağlayıcı AREVA'ya aktarılmıştır. İşletme riski de yüzde 91 düzeyinde kapasite faktörü taahhüdü ile AREVA'ya aktarılmıştır. Bu sözleşmeler sayesinde proje son derece düşük faizden borç alabilmiştir. Projenin ağırlıklı ortalama sermaye maliyetinin yüzde 5 olduğu belirtilmektedir ki bu da oldukça düşük bir düzeydir.

Bu modelin başka ülkelerde ve ortamlarda taklit edilmesi mümkün müdür? Kuşkusuz modelin kilit noktası uzun dönemli elektrik sözleşmesi imzalama isteği gösteren alıcıların varlığıdır. Üstelik bu alıcılar santralin mülkiyetine ortak olmuşlardır. Bu tür alıcıların başka serbestleşmiş piyasalarda bulunması belki imkânsız değildir ancak tüketicilerin çoğunun uzun dönemli bir biçimde kendilerini bağlamayı tercih etmeyecekleri daha yüksek ihtimaldir. Yine de konsorsiyum veya kooperatif modelinin kimi şartlarda geçerli bir model olacağı söylenebilir.

Öte yandan uygun bir finansman modelinin bulunmuş olması projenin başarılı olacağı anlamına gelmez. Nitekim yukarıda da belirtildiği gibi Olkiluoto santralinin yapımı ciddi sorunlarla karşı karşıya kalmıştır. Bu sorunlar nükleer santral yapımında proje yönetimi kapasitesinin veya becerisinin de önemli olduğunu göstermiştir.

4 Türkiye’de Nükleer Enerji

4.1 Kısa Tarihçe

Türkiye’de nükleer santral kurma girişimlerinin 30-40 yıllık bir tarihi vardır ama mevcut yasal çerçeve 2007 yılında 5710 numaralı Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması Ve İşletilmesi İle Enerji Satışına İlişkin Kanun’un kabul edilmesiyle oluşturulmuştur. Kanun, santral yapımında ihale esasını temel almaktadır. İhale süreçleri ve teşvikleri ile ilgili düzenlemeler ise 2008 yılında yayımlanmıştır (Şirin 2010). Kanun’a göre ihaleyi kazanan şirket TETAŞ ile bir enerji alım sözleşmesi imzalayacaktır. Sözleşme süresi 15 yıl olacaktır ve en geç 2020 yılında devreye girecek santralleri kapsayacaktır. Atık yönetimi ve santralin sökülmesi için Ulusal Radyoaktif Atık Hesabı ile İşletmeden Çıkarma Hesabı (İÇH) oluşturulacaktır ve şirket bu hesapların her birine 0.15 ABD senti/kWh katkıda bulunacaktır. Söküm maliyetinin İÇH’den karşılanması öngörülmektedir. Bu işlemler için İÇH kaynaklarının yetersiz kalması durumunda maliyetler İÇH’de oluşmuş kaynakların yüzde yirmi beşine kadar Hazine tarafından, bunun da yetmemesi halinde şirket tarafından karşılanacaktır.

Santral için ihale 2008 Eylül ayında yapılmıştır. İhaleye sadece bir grup katılmıştır. Katılan grubun verdiği teklif 21.16 ABD senti/kWh gibi yüksek bir rakam olmuştur. Teklif veren şirket bu fiyatı daha sonra 15 sente indirmiştir. Ancak teklif değerlendirilirken Danıştay ilgili yönetmeliğin bazı maddeleri hakkında yürütmeyi durdurma kararı almış, bundan sonra da ihale iptal edilmiştir.

İhale sürecinden bir sonuç alınamaması üzerine Rusya ile müzakerelere başlanmış, sonunda bir Rus şirketi olan Rosatom’un Mersin Akkuyu’da bir nükleer santral kurmasına yönelik bir hükümetlerarası anlaşma imzalanmıştır.

4.2 Akkuyu Modeli

Akkuyu Santralı’nın kurulmasına ve işletilmesine ilişkin hükümetlerarası anlaşma 6 Ekim 2010 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. Türkiye Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti arasında imzalanan anlaşma santralin tasarımı, inşası, işletilmesi, santral tarafından üretilen elektriğin alımı ve satımı, nükleer yakıt tedariki, santralin sökülmesi ve nükleer yakıt döngüsü gibi konularda iki tarafın işbirliği yapmasını öngörmektedir. Anlaşmanın başlıca hükümleri aşağıdaki gibidir:

- Santral, Rus tarafınca kurulacak olan bir proje şirketi tarafından yürütülecektir. Söz konusu proje şirketi Akkuyu Nükleer Güç Santralı Elektrik Üretim A.Ş. 2011 yılında kurulmuştur. Anlaşmaya göre Rus tarafının proje şirketindeki payı yüzde 51’den az olamayacaktır. Şirketin geri kalan hisselerinin dağılımı ve “şirket yönetimine ilişkin konular” Türk tarafının rızasına tabiidir. Rus

tarafı, proje şirketinin başarısız olması halinde anlaşmadan kaynaklanan yükümlülüklerini yerine getirecek halefini belirlemede tüm sorumluluğu üstlenmektedir.

- Akkuyu santralının eşit kapasiteye sahip 4 üniteden oluşması öngörülmektedir. Anlaşmaya göre ilk ünitenin, inşaat için gerekli olan tüm onay ve izinlerin alınmasından itibaren 7 yıl içinde devreye girmesi öngörülmektedir. Kalan üniteler de birer yıl ara ile devreye girecektir. Ünitelerin devreye erken veya geç girmesi halinde taraflarının sorumlulukları anlaşmada belirlenmemiştir; anlaşmada sadece bu yükümlülüklerin Elektrik Satın Alma Anlaşması'nda belirleneceği belirtilmiştir. Dolayısıyla yukarıda tartışılan riskler arasında mali açıdan çok önemli bir yer tutan inşaat süresi riskinin çözümlenmesi kanunda belirlenmemiştir. İnşaat için genel yüklenici olarak Atomstroyexport şirketi belirlenmiştir. Ancak inşaat süresinin uzaması Proje Şirketinin istemeyeceği bir durumdur.
- Proje şirketi ile TETAŞ arasında elektrik satış anlaşması (ESA) imzalanacaktır. Bu anlaşma ile TETAŞ, Ünite 1 ve 2'de üretilmesi planlanan elektriğin yüzde 70'i ile Ünite 3 ve 4'te üretilmesi planlanan elektriğin yüzde 30'unu her ünitenin devreye girmesinin ardından 15 yıl süresince satın almayı garanti etmektedir. Proje şirketi üretilen elektriğin geri kalanını ya doğrudan kendisi ya da enerji perakende tedarikçileri yoluyla elektrik piyasasına satacaktır. TETAŞ tarafından yapılacak satın almanın ağırlıklı ortalama fiyatı KDV hariç 12.35 ABD senti/kWh olacaktır. Fiyatlardaki yıllık farklılıklar projenin geri ödenmesini sağlayacak ve 15.33 ABD senti/kWh üst sınırını geçmeyecek bir biçimde hesaplanacaktır.
- Ayrıca, her bir Güç Ünitesi için ESA'nın sona ermesini müteakip, ancak her bir Güç Ünitesinin ticari işletmeye giriş tarihinden sonra 15 (on beş) yıldan sonra, Proje Şirketi, NGS ömrü boyunca, NGS Ünite 1, Ünite 2, Ünite 3 ve Ünite 4 için, Türk Tarafı'na yıllık bazda Proje Şirketi'nin net kârının % 20'sini verecektir.
- Anlaşmada göre birim fiyatın şu ilkelere göre hesaplandığı belirtilmiştir: Dört ünitenin ticari işletmeye girmesi için gerekli olan tüm sermaye harcamaları ünitelerin işletmeye girmesinden sonra 15 yıl içinde geri ödenecektir. Buna karşılık tüm işletme maliyetleri, ünitelerin devreye girmesi için alınan borçlar "gerçekleşmesine dayalı olarak" finanse edilecektir. Ünitelerin devreye girmesi ile ilgili olarak proje şirketine doğrudan ve dolaylı yatırımcılar tarafından yapılan yatırımlar 15 yıl içinde eşit oranlı amortisman yöntemi bazında geri ödenecektir. ESA dönemi içinde birim fiyatta değişiklik talep edilemez. Türk mevzuatında yapılan değişiklikler sonucu ortaya çıkacak maliyetteki değişiklikler TETAŞ'ın aldığı elektriğin oranı kadar TETAŞ'a yansıtılacaktır. Mevzuattaki değişiklikler dışında birim fiyatın hangi şartlar altında değiştirilebileceği konusunda anlaşma çok açık değildir.

Herhangi bir kaza durumunda şirketin sorumluluğu şu anda sınırlı değildir. Anlaşmaya göre projenin yatırım ve işletim dönemlerini kapsayan risklerin sigortalanması sorumluluğu Proje Şirketi'ne aittir. Ancak bu sigortanın miktarı ve ayrıntıları anlaşmada belirlenmemiştir.

Anlaşmaya göre atık yönetimi ve santralin sökülmesinden proje şirketi sorumludur. Kanun'da da öngörüldüğü gibi, şirket bu faaliyetlerin finansmanı için oluşturulan fona 0.15 ABD senti/kWh katkıda bulunacaktır.

4.3 Akkuyu Modelinin Değerlendirilmesi

Risklerin paylaşılması açısından bakıldığında Akkuyu modeli uç bir “ticari santral” modeline benzemektedir: şöyle ki, önceki bölümlerde sıralanan finansal risklerin çok büyük bir çoğunluğu proje şirketinin üzerinde kalmaktadır. Fakat santrali kurmak üzere bu riskleri üstlenen elektrik şirketi gerçek bir özel şirket değil, mülkiyeti Rusya devletine ait olan bir kamu şirketidir. Yani proje gelirlerinin proje maliyetini karşılamaması ve ek finansmana gereksinim doğması durumunda karşılıklı anlayış bu finansmanın son kerte de Rusya devleti bütçesinden karşılanacağı şeklindedir.¹⁴ Bir anlamda Akkuyu projesinde, başka ülkelerde ve ortamlarda oldukça zor ve karmaşık kurumsal mekanizmalarla çözülmeye çalışılan zor bir risk paylaşımı sorusuna görünürde çok kolay bir çözüm bulunmuştur: bu çözüm tüm riskleri şirkete ve o vasıta ile Rusya devletine yüklemektir.¹⁵

Türkiye devletinin üstlendiği bazı riskler kuşkusuz vardır. Kanun’a göre işletmeden çıkarma maliyetleri İÇH fonundaki birikimden yüksek olursa Hazine fonda biriken paranın yüzde 25’ine kadar katkıda bulunmayı taahhüt etmektedir. Alım sözleşmesinin geçerli olacağı 15 yıl içinde elektriğin piyasa fiyatının 12.35 ABD centi/kWh düzeyinin altına düşmesi halinde TETAŞ pahalı elektrik almış olacaktır, bu da fırsat maliyeti anlamında bir maliyet unsurudur. Ancak aşağıda tartışılacağı gibi genel olarak anlaşmada belirlenen alım fiyatı makul görünmektedir. Ünitelerin devreye girmesinde gecikmeler olursa bu da piyasada yeterli kapasitenin bulunmaması anlamında bir maliyet ortaya çıkarabilir. Bu durumda muhtemelen fiyatlar artacağından ünitenin devreye girmesindeki gecikmenin yükü muhtemelen tüketicilere binecektir. Daha önemlisi, bir kaza olması durumunda bunun maliyeti ağırlıkla vatandaşlar ve devletin üzerine binecektir.

Finansal risklerin büyük bir bölümünün proje şirketine yüklenmiş olduğu durumlarda projenin ortalama maliyetinin¹⁶ oldukça yüksek olması beklenir. İlk 15 yıl için elektriğin yaklaşık yarısının TETAŞ tarafından alınacağı göz önünde bulundurulursa alım sözleşmesinin proje gelirleri içinde hatırı sayılır bir payı olacağı sonucu çıkarılabilir; dolayısıyla alım sözleşmesindeki alım fiyatının da bu riskleri karşılamak üzere yüksek tutulması beklenebilir. Oysa alım sözleşmesinde belirlenen sabit fiyat aşırı yüksek görünmemektedir.¹⁷ Demek ki ya proje serbest piyasada oluşacak toptan satış fiyatlarının oldukça yüksek seyredeceği, ya da bir biçimde Rusya hükümeti bütçesi tarafından destekleneceği varsayımı altında yapılmıştır. Genel kanı ikincisi yönündedir, yani bir anlamda bu projenin “siyasi” nitelikte bir proje olduğu ve Rusya hükümetinin yönlendirmesi ve desteği altında yapıldığına dair yaygın bir kanı var gibidir.

14- Rus proje şirketi yetkilileri ile yaptığımız görüşmede, şirketin Rusya bütçesi ile bu ilişkisi özellikle vurgulanmıştır.

15- Or ve Saygın ve Ülgen’de (2011) vurgulandığı gibi Akkuyu için seçilen reaktör modelinin daha önce inşa edilmemiş olması, gerek finansal gerek emniyet ve güvenlik risklerinin daha da büyük olması sonucunu doğurmaktadır.

16- Ortalama maliyet kavramı “levelized cost” anlamında kullanılmaktadır, yani projenin başabaş kalması için proje ömrü boyunca satılacak elektriğin ulaşması gereken birim fiyat.

17- Ayrıntılı analiz için bkz. Kumbaroğlu (2011).

Projenin ekonomik ve toplumsal muhtemel sonuçlarını, daha somut olarak proje şirketinin proje uygulaması süresince davranış saiklerini irdelerken karşımıza projenin “ticari” bir proje mi yoksa siyasi nitelikleri öne çıkan bir proje mi olduğu sorusu çıkmaktadır, çünkü bu iki farklı varsayım farklı davranış biçimleri ima etmektedir.

Proje şirketinin ticari saikler ile davranacağı varsayımı altında karşımıza şöyle bir tablo çıkmaktadır. Ticari bir şirket, oldukça yüksek bir miktarda finansal risk üstlenerek bir nükleer santral kurmak üzere girişimde bulunmaktadır. Belirli bir süre için (her bir ünite için 15 yıl) üretilen elektriği yaklaşık yarısı bir sabit fiyat sözleşme altında kamuya satılacaktır. Bu fiyat gerçekleşen maliyetlerden veya yatırımlardan etkilenmeyecektir. Elektriğin geri kalanı rekabete dayalı piyasa mekanizması içinde değerlendirilecektir. Bu kısmi bir sabit fiyat sözleşmesi gibidir. Bu tür bir sözleşme altında kamu yararı açısından önemli olan sorulardan birine verilecek cevap olumludur: sabit fiyat makul bir fiyattır, fazla yüksek değildir. Gerek sabit fiyat sözleşmesinin, gerek piyasa mekanizmasının önemli özelliği, şirketi maliyetlerini en düşük düzeye indirmeye özendirir çünkü fiyat verili iken maliyetteki her birim düşüş, kârda bir birim artış anlamına gelecektir. Kuşkusuz bunun çok olumlu yönleri vardır. Örneğin proje şirketi yapım aşamasında gecikme olmaması için çaba gösterecektir. Proje yönetimi tedarik zincirinin zamanında işlemesi için elinden geleni yapmaya çalışacaktır. Ancak kâr dürtüsünün güçlü olmasının ciddi olumsuz yönleri de vardır. Nükleer santral projelerinde maliyet unsurlarının birçoğu güvenlik önlemleri ile ilgilidir. Maliyetleri azaltma güdüsünün güçlü olmasının en önemli olumsuz sonuçlarından biri, şirketin emniyet ve güvenlik konularına daha düşük önem verme potansiyeli olacaktır.¹⁸

Şirketlerin kâr dürtüsüne göre hareket etmeleri piyasa mekanizmasının en önemli özendirim mekanizmasıdır. Piyasaların etkin çalıştığı durumlarda şirketlerin kâr dürtüsüne göre hareket etmeleri toplumsal açıdan arzu edilir sonuçlar doğurur, bu öngörü piyasa mekanizmasını çekici kılan en önemli unsurlardan biridir. Bu öngörünün altında önemli bir varsayım yatar: şirketlerin faaliyetlerinin tüm sonuçlarının içselleştirilmiş olması yani bir başka ifade ile dışsallıkların olmaması. Nükleer santral özelinde durum böyle değildir. Herhangi bir arıza veya kaza durumunda santralin çevreye vereceği zarar, özellikle şirketlerin mali sorumluluğunun sınırlandırıldığı durumlarda, şirketin kendi zararından çok daha yüksek olacaktır. Kendi zararı yatırım maliyetleri ve vazgeçilen kârdır. Oysa topluma zararı çok daha yüksektir. Bu nedenden dolayı şirketlerin yapım ve işletme aşamasında toplumsal refahı tümüyle gözeten bir davranış biçimi içinde olması beklenemez. Zaten o yüzden yeterli güvenlik önlemlerinin alınması için mutlaka bir düzenleyici ve denetleyici bir otoriteye gerek duyulmaktadır.

Peki bu durumda şirketlerin menfaatleri ile toplumsal refah arasındaki potansiyel gerginliği azaltan ve piyasa mekanizmasına içkin olan başka etkenler yok mudur? Teoride bir potansiyel unsurun altı çizilmiştir: Şirketin geleceğe önem vermesi ve piyasada bir marka değeri oluşturma dürtüsü.¹⁹ Sonuç olarak Rosatom’un uzun

18- Maliyetleri düşürme dürtüsünün güçlü olmasının toplumsal refah açısından her zaman olumlu sonuçlar vermeyebileceği literatürde tartışılan bir konudur. Bkz. Hart et. al. (1997).

19- Literatürde buna “şöhret etkisi” (reputation effect) denilmektedir.

önemli hedeflerinden biri bu tür santralleri gelecekte de başka ülkelere satmaktır; şirketin uzun dönemli kâr maksimizasyonu bunu gerektirir. Bu dürtünün, şirketi güvenlik sorunlarına da gereken önemi vermeye iteceği iddia edilebilir. Ancak bu dürtünün yukarıda sözü edilen dışsallıkların tümüyle içselleştirilmesine yol açacağı şüphelidir. Nükleer santrallerin ekonomik ömrü çok uzundur, şirketin mevcut yönetiminin ufkunun bu kadar uzun dönemli olduğunu varsaymak gerçekçi değildir.²⁰

Demek ki proje şirketinin ticari saiklerle harekete edeceği varsayımı altında Akkuyu modelinin nasıl sonuçlar vereceği özellikle güvenlik ile ilgili denetimin nasıl yapılacağı ile sıkı sıkıya bağlı olacaktır. Yani emniyet ve güvenlik riski unsuru ile finansal ve bunu çevreleyen düzenleme unsuru Türkiye’de özellikle yakından bağlantılıdır. Oysa Türkiye’deki ortamda düzenleme ve denetim unsuru ciddi zaafılar taşımaktadır (Or, Saygın ve Ülgen 2011). Bir kere düzenleme ve denetim çerçevesi konusunda yasal çerçeve eksiktir: Bugün uluslararası düzeyde kabul gören kurumsal model denetimin gerek hükümetten gerek denetlenecek şirketlerden bağımsız çalışacak, onları etkisi altında bulunmayacak bir özerk idari otorite tarafından yerine getirilmesidir. Türkiye’de henüz bu otorite ortada yoktur. Öte yandan denetimin yerine getirilmesi aynı zamanda ciddi insan kaynağı gerektirmektedir, Türkiye’de bu açıdan da ciddi eksiklikler vardır (*ibid*). Bir yandan tüm risklerin şirket üzerinde olması, bir yandan tam da bu nedenle maliyet azaltma dürtülerinin çok güçlü olması, aynı zamanda denetim kapasitesinin sınırlı olması güvenlik açısından ciddi zaafılar içerebilecek bir bileşim gibidir.

Proje şirketi hakkında yapılabilecek bir başka varsayım, davranışlarının ticari saiklerin yanı sıra (veya büyük ölçüde) Rusya devletinin siyasi önceliklerine göre de şekillendiği biçiminde olabilir.²¹ Siyasi saiklerin rol oynaması kısa dönemde projeyi Türkiye için daha avantajlı bir hale getirmiş olabilir. Sonuç olarak Türkiye görece az miktarda risk üstlenerek ve proje şirketinin üstlendiği risklere karşı da görece pahalı olmayan ve kısmi bir alım garantisi taahhüt ederek elektrik üretim kapasitesine ciddi bir ekleme yapabilmeyi öngörmektedir. Ancak orta ve uzun dönemde siyasi saiklerin varlığının ciddi bir ek risk olarak görülmesi gerekir. Ticari saikler ile davranan bir oyuncunun farklı ortamlarda ne tür seçimler yapacağını tahmin etmek ve bu seçimlerin toplumsal refah maksimizasyonu ile uyuşmadığı durumlarda buna göre düzenleyici önlemler almak en azından kavramsal olarak mümkündür. Siyasi saiklerin mevcut veya egemen olduğu durumlarda ise oyunun dinamiklerine benzer biçimde hâkim olmak mümkün olmayabilir. Siyasi gelişmelerin “normal” olduğu durumlarda bir sorun çıkmayacaktır. Fakat düşük bir ihtimal ile olsa da siyasi gerginliklerin ortaya çıktığı durumlarda bu oyunun dinamikleri ve sonuçları olağan düzenleyici önlemlerin baş edemeyeceği ciddi belirsizlikler içerecektir. Bu belirsizliklere karşı

20- Nitekim bu tür şöhret etkilerinin uzun dönemde güçlü bir disiplin etkisi yaratmadığı mali son küresel mali krizde ortaya çıkmıştır.

21- Rusya’nın ticari anlaşmaları siyasi önceliklere ile yönlendirdiği literatürde sıkça tartışılan bir durumdur. Örneğin 2010 yılında Ukrayna ile Rusya arasında imzalanan ve Gazprom’dan gaz tedarikinde ciddi bir iskonto içeren anlaşmanın siyasi içeriği için bakınız Pirani et. al. (2010).

ne tür önlemler alınabileceği hakkında yerleşmiş bir bilgi birikiminin varlığından söz edilemez.²²

Peki siyasi saiklerin önemli olması projenin içerdiği “aşırı maliyet azaltma dürtüsünü” dizginleyebilir mi? İlk bakışta böyle bir sonuca varılabilir: siyasi saikler kâr maksimizasyonu dürtüsünü ve dolayısıyla maliyetleri en aza indirme dürtüsünü zayıflatır, bu da güvenlik tedbirlerinden tasarruf etme eğilimini dizginleyebilir. Ancak bu etkinin ortaya çıkıp çıkmayacağı veya ne kadar ortaya çıkacağı da hükümet ile şirket arasındaki çıkar ilişkisi ve çelişkinin niteliğine bağlıdır. Normalde bu ilişkinin ciddi bilgi asimetrisi içermesi beklenir. Örneğin maliyetler arttığında proje şirketinin zararı beklendiği gibi bütçeden karşılanacak mıdır? Şirketin maliyetler hakkındaki beyanları hükümet tarafından gerçekçi bulunacak mıdır? Bu soruların cevapları bilinmemektedir ancak eğer bu soruların cevabı olumlu değilse o zaman bir anlamda şirketin maliyetleri düşürme dürtüsü hakkında yukarıda söylenenlerin en azından bir bölümü siyasi saiklerin egemen olması durumunda da geçerli olacaktır.

4.4 Türkiye Elektrik Piyasası Modeli ve Nükleer Santraller

131

Türkiye elektrik piyasası bir yeniden yapılanma süreci içindedir. Bu yeniden yapılanma sürecinin hedefinde oldukça adem-i merkezîyetçi, devlet müdahalesinin sınırlı olduğu ve özellikle yatırım ve risk konularında devletin fazla bir rol almadığı bir piyasa modeli hedeflenmektedir. Bu modelde nükleer santrallerin yeri ne olabilir?

Rekabetçi piyasalarda saf ticari²³ nükleer santrallerin yaşayabilir olup olmadığı konusundaki tartışma henüz tam olarak sonuçlanmış olmasa da yapılan birçok araştırma mevcut karbon ve alternatif yakıt fiyatları veri alındığında bu santrallerin rekabetçi olmadığını ortaya koymaktadır.²⁴ Bu tür santrallerin ekonomik olarak yaşayabilir hale gelmesi için ne tür politikaların etkili olabileceği bir tartışma konusudur.

Bu bağlamda Akkuyu santrali için de öngörülen kısmi alım garantilerinin bu piyasa yapısı içindeki olası etkilerinden de söz etmek gerekir. Kuşkusuz alım

22- Akkuyu özelinde durum yukarıda aktarıldığından daha karmaşık da olabilir. Bir ihtimalle Rosatom bu tür siyasi nitelikli bir projeyi kendi rızasıyla değil hükümetin zorlaması sonucu üstlenmiştir. Yani bu durumda Rosatom ile Rusya hükümeti arasında da potansiyel bir çıkar çelişkisi vardır. Bu çıkar çelişkinin proje uygulaması için ne ima ettiği cevabı çok açık olmayan bir başka sorudur. Bu arada Rosatom ile hükümetin arasındaki mali ilişkilerin bizzat Rusya içindeki nükleer yatırımlar bağlamında da açık ve şeffaf olmadığı literatürde vurgulanmaktadır. Bkz. Andreev (2011).

23- Burada “saf ticari” deyimini herhangi bir finansal desteği haiz olmayan, “kendi ayakları üzerinde duran”, “taşıdığı riskleri piyasa mekanizması içinde farklı finansal modeller içinde dağıtmaya çalışan” anlamında kullanılmaktadır.

24- Örneğin Roques et. Al. (2006), Joskow ve Parsons (2009), Thomas

garantilerinin varlığı nükleer santral üretim faaliyetlerini tümüyle rekabetçi olmaktan çıkarmaktadır. Öte yandan Türkiye’de nükleer santrallerin 2023 yılına kadar toplam kurulu gücün yüzde 5’ine ulaşması planlanmaktadır (EPDK, 2010 s. 17). Bu payın bir bölümünün alım sözleşmeleri ile bağlı olmasının piyasa üzerinde rekabeti bozucu doğrudan bir etkisinin olma ihtimali yüksek değildir. Hatta daha genel bir ifade ile nükleer santral yapımına verilecek iyi düşünülmüş bir desteğin öngörülen piyasa mekanizmasını bozmadan tasarlanması ve uygulanması imkânsız değildir.

Nükleer enerji konusunda esas sorun, Türkiye’nin bu konuda iyi düşünülmüş, paydaşlar arasında tartışılmış ve uzlaşma sağlanmış uzun dönemli bir politikasının olmamasıdır. Bu ciddi eksikliği tartışan Şirin’in (2010) belirttiği gibi, sigorta, yakıt döngüsü ve devre dışına çıkarma konusunda yasal çerçevede ciddi eksiklikler mevcuttur. Emniyet ve güvenlik denetimi için gerek yasal gerek beşeri altyapının eksik olması daha da ciddi bir sorundur. Son olarak, nükleer enerji seçimi toplumdun onay almış veya topluma mal edilmiş bir proje haline de gelmemiştir. Şu anda nükleer enerji projesi, 2-3 kamu kurumunun toplumsal katılım olmadan yürüttüğü bir proje halinde devam etmektedir. Bakanlığın nükleer enerji konusunda bir politika metninin bile olmaması Türkiye’nin ne kadar hazırlıksız olduğunun en iyi göstergelerinden biridir.²⁵ Yukarıda belirtildiği gibi bu genel hazırlıksızlık ve denetim kapasitesindeki ciddi eksiklikler ile risklerin hemen tümüyle elektrik şirketine yüklediği bir finansman modeli mekanizması optimal düzenleyici mekanizma bir gibi durmamaktadır. Daha optimal bir risk dağılımının nasıl olabileceği hakkında dünyada çeşitli modeller tartışılmaktadır fakat Türkiye’de henüz bu tartışma yapılmamıştır.

5 Sonuç

Sadece finansal parametreler ile değerlendirildiğinde Akkuyu projesi Türkiye için avantajlı bir proje gibi görünmektedir. Ancak bu parametrelerin özendirildiği davranış biçimleri ve Türkiye’nin denetim kapasitesinin yetersizliği de göz önünde bulundurulduğunda tüm riski şirketin üstlendiği bir nükleer projenin emniyet ve güvenlik zaafalarının olması yüksek bir ihtimal olarak ele alınmalıdır. Burada temel sorun finansal değil kısa dönemde denetim için gerekli yasal ve beşeri altyapının bulunmaması, orta-uzun dönemde ise Türkiye’nin toplumsal mutabakata dayalı bir nükleer enerji politikasının olmamasıdır.

25- Karşılaştırma için şunlara bakılabilir: Birleşik Krallık hükümetinin yayınladığı “A White Paper on Nuclear Power” (BEER 2008), Finlandiya İstihdam ve Ekonomi Bakanlığı web sitesinin enerji ile ilgili sayfaları (<http://www.tem.fi/index.phtml?l=en&s=183>) veya ABD Enerji Bakanlığı’nun Nükleer Enerji Ofisi web sayfası (<http://www.ne.doe.gov/>).

Referanslar

- Andreev, L. (2011). "The Economics of the Russian Nuclear Power Industry", Bellona Foundation, http://bellona.org/filearchive/fil_Economics-of-the-Russian-Nuclear-Power-Industry-English.pdf
- Atiyas, İ. (2006). Elektrik Sektöründe Serbestleşme ve Düzenleyici Reform, İstanbul: TESEV.
- BEER (Department of Business, Enterprise and Regulatory Reform) (2008). Meeting the Energy Challenge: A White Paper on Nuclear Power, <http://www.official-documents.gov.uk/document/cm72/7296/7296.pdf>
- European Commission (2007) "Communication From The Commission To The European Council and The European Parliament: An Energy Policy For Europe"
- Davis, L. W. (2011) "Prospects for Nuclear Power After Fukushima" <http://faculty.haas.berkeley.edu/ldavis/Prospects%20for%20U.S.%20Nuclear%20Power.pdf>
- Du, Y. Ve J. E. Parsons (2009) "Update on the Cost of Nuclear Power". MIT Center for Energy and Environmental Policy Research Working Paper 09-004.
- EPDK (2010). Elektrik Piyasası Raporu 2010.
- European Commission (2010) 2009-2010 Report on progress in creating the Internal Gas and Electricity Market, Technical Annex.
- Finon, D. ve F. Roques (2008). "Financing arrangements and industrial organization for new nuclear build in electricity markets" EPRG Working Paper EPRG 0826.
- Hart, O., A. Shleife ve R. Vishny (1997) "The Proper Scope of Government: Theory and an Application to Prisons", Quarterly Journal of Economics, 112 (4) 1127-61.
- Joskow, P. (2006). "The Future of Nuclear Power in the United States: Economic and Regulatory Challenges", AEI-Brookings Joint Center for Regulatory Studies, Working Paper 06-25.
- Joskow, P. ve J. E. Parsons (2009). "The Economics of Future Nuclear Power" *Daedalus*, Fall 2009, s. 45-59.
- Kessides, I. (2009) "Nuclear Power and Sustainable Energy Policy: Promises and Perils", The World Bank Research Observer, 25 (2) 323-362.
- Kumbaroğlu (2011). "Türkiye açısından nükleer enerji ekonomisi". Türkiye'nin nükleer enerjiye geçiş modeli, EDAM yayınları.
- OECD (2009). The Financing of Nuclear Power Plants, Paris: OECD.

Or, İ., H. Saygın ve S. Ülgen (2011). "Türkiye'de Nükleer Enerjiye Geçişin Emniyet ve Güvenlik Yönlerine İlişkin Değerlendirme", Türkiye'nin nükleer enerjiye geçiş modeli, EDAM yayınları.

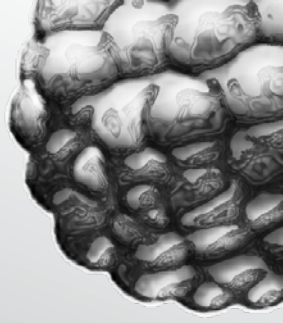
Roques, F., D. Newbery, W. Nuttal, R. de Neufville ve S. Connors (2006). "Nuclear Power: a hedge against uncertain gas and carbon prices?" *The Energy Journal* 27 (4) 1-24.

Pirani, S., J. Stern ve K. Yafimava (2010) "The April 2010 Russo-Ukrainian gas agreement and its implications for Europe" *The Oxford Institute of Energy Studies* NG 42.

Şirin, S. M. (2010). "An Assessment of Turkey's Nuclear Policy in Light of South Korea's Nuclear Experience", *Energy Policy* 38 (10) 6145-6152.

Thomas, S. (2010). "The Future of Energy: Are Competitive Markets and Nuclear Power the Answer?" <http://www.psir.org/reports/2010-02-E-future.pdf>

Türkiye'nin Nükleer
Programının Güvenlik
Boyutu: Nükleer
Diplomasi ve Nükleer
Silahların Yayılmasını
Önleme Politikaları



Sinan Ülgen

Yönetici Özeti

Tarih, birçok Ortadoğu devletinin bir noktada füze ve kitle imha silahları (KİS) ile bağlantılı diğer teknolojileri satın alma teşebbüsünde bulunduğunu göstermiştir. Bunlara ek olarak, El Kaide ve Kürdistan İşçi Partisi (PKK) gibi devlet dışı aktörlerin oluşturduğu tehditler de vardır. Tarihinin büyük bir bölümünde terörizm tehdidiyle karşı karşıya kalan Türkiye devlet dışı aktörlerin teşkil ettiği tehlikelere hiç yabancı değildir ve terörle mücadele etmek ve ayrıca KİS teknolojilerinin devlet dışı aktörlere ve haydut rejimlere yayılmasını önlemek üzere uluslararası ortaklarıyla yoğun bir şekilde çalışmıştır. Son yıllarda Türkiye'nin bu çabaları, yabancı enerji tedarikçilerine olan bağımlılığın azaltılması ve karbon salımlarının kısıtlanması amacıyla nükleer enerjiye yönelik ilginin artışıyla aynı döneme denk gelmiştir. O dönemden beri, Ankara nükleer silahları yayılmasını önlemeye yönelik politikalar ile nükleer güç sahibi olmayan devletlerin barışçıl nükleer teknolojiye erişim hakları arasında bir denge bulmak için yoğun bir çaba sergilemiştir.

İran ile yakınlaşan ilişkiler ve akabinde Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi'nde (BMGK) hayır oyununun kullanılması, küresel dikkati Türkiye'nin silahsızlanma ve nükleer silahların yayılmasını önleme politikalarına yöneltmiştir. Öte yandan Ankara'nın taktik nükleer silahlar ve füze savunma sistemine dair pozisyonu uluslararası toplum tarafından halen büyük ölçüde anlaşılmamış olup uzmanların Türkiye'nin nükleer silahların yayılmasını önleme politikasını yanlış yorumlamalarına neden olmaktadır. Bu durum Türkiye'nin kendi nükleer silahlanma programını hayata geçireceği yönünde spekülasyonların yapılmasına bile neden olmuştur.

Türkiye, nükleer silahların yayılmasına set çekmeyi amaçlayan uluslararası politikaları uzun zamandan beri desteklemektedir. Soğuk Savaş döneminde bu çabalar NATO'nun Varşova Paktı karşıtlarıyla stratejik stabiliteyi ve askeri eşitliği korumaya yönelik daha geniş kapsamlı girişimlerinin bir parçası olmuştur. Yayılma karşıtı rejimin gelmesiyle, Ankara, büyük ölçüde NATO üyeliği, Ortadoğu'daki konumu ve Soğuk Savaş dönemindeki ön cephe durumundan dolayı, güçlü yayılmayı önleme politikaları yürütmüştür. Türkiye KİS yayılmasına kesinlikle karşıdır, nükleer silahtan arındırılmış bölge oluşturulmasını desteklemekte ve nükleer silah sahibi devletlerin nihayetinde silahsızlanmasını savunmaktadır. Türkiye, KİS'in yayılmasını yöneten en kapsamlı üç Anlaşma olan NPT'yi, Kimyasal Silah Sözleşmesi'ni (CWC) ve Biyolojik Silah Konvansiyonu'nu (BWC) imzalamıştır.

Türkiye'nin nükleer diplomasisi, yerli nükleer enerji programını geliştirmeyi amaçlayan, nükleer silah sahibi olmayan bir devlet olması gerçeğinden büyük oranda etkilenmektedir. Ankara, NPT'de 4. Madde'yi katı bir şekilde yorumlamaya devam ederken kendisini yayılmanın önlenmesi alanında önde gelen ülkeler arasında konumlandırmıştır. 4. Madde, anlaşmaya imza atan her tarafa barışçıl

nükleer faaliyetleri yürütme hakkını vermekte ve nükleer tedarikçi ülkelerin nükleer teknolojilerin ve malzemelerin değişiminde kolaylık sağlamalarını hüküm altına almaktadır. Son yıllarda, 4. Madde'nin Türkiye tarafından yorumu, özellikle nükleer enerjiye geçişe istekli ülkelerin zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojilerine erişmelerini sınırlamaya yönelik uluslararası çabalar söz konusu olduğunda, Türkiye ve bazı Batılı müttefikleri arasında bir sürtüşme nedeni olmuştur. Türkiye bu çabaları kendi nükleer programı için bir tehdit olarak görmüş ve NPT'ye taraf devletlerin nükleer teknolojilerine erişmesini zorlaştıracak önerilere karşı çıkmıştır.

Öte yandan Türkiye, NATO taahhütleri çerçevesinde, yaklaşık altmış yıl Amerikan nükleer silahlarına evsahipliği yapmıştır. Silahlar NATO'nun kolektif savunma doktrininin bir parçası olarak Türkiye topraklarına konuşlandırılmış ve Soğuk Savaş döneminde Varşova Pakti'nden bir istilayı engelleme amacını taşımıştır. Sovyetler Birliği'nin dağılmasından sonra silahların stratejik değeri azalırken, askeri değerleri ve Avrupa'da kalan taktik nükleer silahların (TNS) NATO güvenliğini pekiştirip pekiştirmediği konusu sorgulanmaya başlamıştır. Lizbon'daki 2010 NATO Zirvesi öncesinde, Belçika, Almanya, İtalya, Hollanda ve Türkiye'deki TNS'lerin durumu ve kullanılabilirliği hararetli tartışmalara konu olmuştur. İttifak içinde birçok ülke bu silahların geri çekilmesini savunurken, diğer bazı ülkeler bu öneriye karşı çıkmış ve NATO'ya yönelik nükleer tehdit ortadan kalkana dek bu silahların yerlerinde kalmaları gerektiğini öne sürmüşlerdir. Türkiye topraklarındaki nükleer silah bulundurmaya devam etmekte ve diğer NATO ülkelerinin de İttifakın yük paylaşımı ilkesi gereği TNS'leri barındırmaya devam etmelerini beklemektedir.

Türkiye için Amerikan nükleer silahlarının Avrupa'da konuşlandırılması Atlantik ötesi güvenlik ittifakını güçlendirmekte ve caydırıcılığa katkıda bulunmaktadır. Ankara nükleer silahlardan arındırılmış bir dünyaya olan desteğini vurgularken bu çabaların büyük olasılıkla yıllar süreceğini ve bunun da silahsızlanma gerçekleşene dek inanılır bir asgari caydırıcı güç bulundurma zorunluluğuna yol açtığını ifade etmektedir. Türkiye'deki güvenlik politikası yapıcılar, nükleer silahları aynı zamanda bir statü sembolü olarak görmekte, bunların varlığının Amerikan-Türk savunma ortaklığının sağlamlığını gösterdiğine inanmaktadır. Silahların kaldırılması durumunda Türkiye'nin NATO içindeki konumunun olumsuz etkilenmesi varsayımı da sözkonusudur. Kısacası bu silahlar yalnızca caydırıcılık amacıyla bulunmamakta, ABD'nin Türkiye savunmasına olan taahhüdünü simgeleyen bir dizi siyasi anlam da içermektedir.

Türkiye'nin TNS'lerle ilgili konumu ayrıca bu konunun siyasileştirilmemesiyle de ilintilidir. Türkiye Jüpiter füzelerinin konuşlandırıldığı ülke olarak 1962'de Küba füze krizinin en ön cephesinde olmasına rağmen, nükleer silahlar meselesi ülkede bir iç tartışma konusu olmamıştır. Batı Avrupa ülkelerinin aksine, ülkede belirgin bir nükleer karşıtı siyasi güç bulunmamaktadır. Yeşil hareket siyasi açıdan zayıftır, hemen hemen hiç yoktur. Kalan partiler de açıkça tartışmanın ulusal güvenlik boyutuna öncelik vermiş ve nükleer karşıtı bir platform geliştirmemişlerdir. Ayrıca İngiltere ve Almanya'nın aksine, Türkiye ekonomik açıdan Çift Yetenekli Uçaklarının (DCA) geleceği konusunda ivedi bir kararla karşı karşıya değildir.

Türk Hava Kuvvetleri'nin elindeki F-16'ların 2030 ortalarına kadar yenilenmesi gerekmemektedir. Bu nedenle, Türk politika yapıcılarını karar vermeye zorlayan herhangi bir ekonomik baskı bulunmamaktadır.

Lizbon'daki 2010 NATO Zirvesi sırasında yirmisekiz müttefik Balistik Füze Savunma Sistemi (BFSS'yi) ittifak genelinde bir misyon olarak benimseyip benimsememe konusunda sert tartışmalara girmiştir. Tartışmalar sırasında Türkiye'nin tutumu büyük şaşkınlığa ve yanlış anlamalara yol açmıştır. Türkiye, BFSS sisteminin komşu ülkelerle olan ilişkilerini daha kötüye götürmemesi, bütün Türkiye coğrafyasını kapsaması ve Türk topraklarındaki BFSS unsurlarının Türk ordusu tarafından kontrol edilmesi gerektiğini öne sürmüştür. Müttefiklerin Türk tarafının taleplerine uygun olarak İran ve Suriye'yi ismen tehdit olarak zikretmemeyi ve sistemi kimin kullanacağı konusundaki kararları ertelemeyi kabul etmeleri üzerine mutabakata varılmıştır. Türkiye ayrıca topraklarında bir erken uyarı radarı bulundurmayı kabul etmiştir.

Türkiye'nin İran ve Suriye'yi spesifik birer tehdit olarak isimlendirmekteki isteksizliği uluslararası basın ve diğer NATO müttefikleri tarafından büyük ölçüde yanlış anlaşılmıştır. Ankara, özellikle İran'ın İttifaka karşı tehdit olarak ifade edilmesinin Tahran'daki muhafazakarları füze ve nükleer programlarını hızlandırmaya teşvik edeceğinden kaygı duymuştur. Bu saptamaların ışığında Türk tarafı dikkatli davranarak, İranlıları füze ve KİS programlarını hızlandırmaya teşvik edecek saldırgan bir söylemi benimsememeye özen göstermiştir. Türkiye kabiliyetleri esas alan bir yaklaşımı benimsemiş ve NATO'daki ortaklarına sistemi uygularken balistik füze kabiliyeti olan tüm ülkeleri gözönünde tutma çağrısında bulunmuştur. Buna ek olarak, yetkililer sistemin savunma amaçlı olması ve herhangi bir ülkeyi hedef olarak belirlememesi gerektiğine inanmaktadır. Türkiye tehditleri adlandırmanın yalnızca BFSS'yi alt etmek için karşı önlemler geliştirme isteğini hızlandıracağına inanmaktadır.

Kaynak ve zaman ayırmaya istekli devletlerin teknik engellerin üstesinden gelebildiğini ve birinci nesil nükleer silahları başarıyla geliştirebildiğini tarih göstermiştir. Ancak tarih aynı zamanda nükleer olanaklara sahip olmasına rağmen nükleerden uzak kalmayı tercih etmiş ülkelerle de doludur. Nükleer silahlara yönelme kararı teknik olanaklarla beraber karar vericinin niyetiyle de ilgilidir. Şu anda politika yapıcılar İran'ın nükleer silahlarının komşularını da nükleer seçeneği araştırmaya iteeceğinden kaygı duymaktadırlar. Sık tekrarlanan bir gerekçeye göre, İran'ın nükleer silahı bölgede bir silahlanma yarışına yol açacaktır. Türkiye, Mısır ve Suudi Arabistan İran'a karşı yerli nükleer olanaklar geliştirmesi en muhtemel ülkeler olarak gösterilmektedir.

Ancak Türkiye'nin böylesine bir kararı uluslararası konumunda ciddi komplikasyonlar yaratacak, ekonomisine darbe vuracak, ABD ve diğer NATO müttefikleriyle ilişkilere ciddi hasar verecektir. Ayrıca, Türkiye'nin herhangi bir nükleer silahlanma girişimi ABD'nin sert tepkisini çekecek ve büyük olasılıkla Amerika'dan güvenlik garantilerini güçlendirme teklifi gelecek, bunun yanı sıra Türkiye silahlanma çabalarını sürdüreceği olursa yaptırım tehdidi sözkonusu olacaktır. Türkiye'nin nükleere sahip olmayan geçmişi ve uzun yıllardır NATO güvenlik taahhüdüne güvenmesi dikkate alındığında, bağımsız bir silah kabiliyeti

uğruna köklü nükleer silahsızlık politikasını kolayca bir kenara atacağı bir senaryo hayal etmek güçtür.

Bir bütün olarak bakıldığında Ankara'nın açıklamaları ve hareketleri Türkiye'nin NATO'nun güvenlik garantisine sadık kalacağını, bir yandan da haberalma, izleme ve bilgi yönetimi yeteneğini arttırmak için yerli kabiliyetler geliştireceğine işaret etmektedir. Türkiye'de NATO nükleer silahlarının varlığı ve Türkiye'nin İttifaka üyeliği uzun vadeli savunma stratejisinin temelini oluşturmaktadır. İttifaktan ayrılmak veya yasadışı bir nükleer programa girişmek, savunma planlamalarını ciddi biçimde saptıracak ve Türkiye'nin güvenliğini sarsacaktır. İran'ın nükleer silahına karşı çok daha muhtemel bir tepki İncirlik hava üssündeki B-61'lerin savaşa hazırlıklarını sağlamak ve nükleer kabiliyetli önhat muharebe uçaklarının alınması ve bunlarla eğitiminin sağlanmasıdır. Bu iki girişim bir arada nükleer silah kullanma isteği ve becerisine dayanan caydırıcılık ilkesini pekiştirecektir. Türkiye ayrıca büyük olasılıkla BFSS'nin konuşlandırılmasını ve geliştirilmesini de hızlandıracaktır. Daha geniş perspektifte, Ankara ABD'yle daha yakınlaşacak ve Amerika'nın İran'ı kontrol altına alma çabalarına katılacaktır.

Türkiye'nin nükleer enerji ve nükleer silahların yayılmasının önlenmesiyle ilgili bir dizi konuda Batı'daki geleneksel ortaklarıyla olan uyumsuzluğu Türk siyaset yapıcılarının nükleer silah programı geliştirme düşünceleri olduğu şeklinde algılanmamalıdır. Türkiye'nin ulaştığı demokratik olgunluk düzeyi ve Ankara'nın uzun süredir Batı'yla olan birlikteliği böyle bir sonucu olanaksız kılmaktadır. Dış politikada gizli bir nükleer silah programının geliştirilmesi herhangi bir mantıktan yoksundur. Türkiye'nin hedefi, yumuşak ve akıllı gücüne dayanan önemli ve merkezi bir ülke olarak konumunu pekiştirmektir. Bu vizyon kuşkusuz bölgenin bir sonraki haydut devleti olmakla uyumlu değildir ve aksi demokratik toplumlarda seçimleri kaybetmenin kesin bir reçetesini oluşturmaktadır. İran'ın uluslararası toplumun tüm çabalarına rağmen nükleer silah sahibi olması senaryosunda bile, Türkiye'nin tepkisi tümüyle Tahran'ı kontrol etmek üzere belirlenen stratejide rol almak şeklinde olacaktır.

1 Giriş : Tehdit Algılarının Değişmesi

Soğuk Savaşın bitiminden beri, devletler terörizm ve kitle imha silahlarının yayılması gibi asimetrik tehditlerle mücadele etmek için daha fazla kaynak ayırmaya başlamışlardır. Terörizme yoğunlaşan dikkatler, özellikle 11 Eylül'deki yıkıcı saldırıların ardından, doğal olarak kitle imha silahlarını kullanan devlet dışı aktörlerin dahil olduğu potansiyel senaryoları gündeme taşımıştır. Artan endişeler, 1990'ların başında Irak'ın gizli nükleer programı hakkındaki keşifler, A.Q. Khan'ın nükleer silahların yayılmasına yönelik kapsamlı şebekesinin ortaya çıkarılması ve Kuzey Kore ve İran'ın nükleer programları hakkında tartışmalarla üst üste gelmiştir. Son iki konu, nükleer silahların yayılmasında uzun bir geçmişe sahip bir bölge olan Ortadoğu'yu küresel silahsızlanma gündeminin ilk sıralarına çıkarmıştır.

Tarih, birçok Ortadoğu devletinin bir noktada füze ve kitle imha silahları (KİS) ile bağlantılı diğer teknolojileri satın alma teşebbüsünde bulunduğunu göstermiştir. Bunlara ek olarak, El Kaide ve Kürdistan İşçi Partisi (PKK) gibi devlet dışı aktörlerin oluşturduğu tehditler de vardır. Tarihinin büyük bir bölümünde terörizm tehdidiyle karşı karşıya kalan Türkiye devlet dışı aktörlerin teşkil ettiği tehlikelere hiç yabancı değildir ve terörle mücadele etmek ve ayrıca KİS teknolojilerinin devlet dışı aktörlere ve haydut rejimlere yayılmasını önlemek üzere uluslararası ortaklarıyla yoğun bir şekilde çalışmıştır. Son yıllarda Türkiye'nin bu çabaları, yabancı enerji tedarikçilerine olan bağımlılığın azaltılması ve karbon salımlarının kısıtlanması amacıyla nükleer enerjiye yönelik ilginin artışıyla aynı döneme denk gelmiştir. O dönemden beri, Ankara nükleer silahları yayılmasını önlemeye yönelik politikalar ile nükleer güç sahibi olmayan devletlerin barışçıl nükleer teknolojiye erişim hakları arasında bir denge bulmak için yoğun bir çaba sergilemiştir.

Dış dünyada devlet dışı aktörler ve KİS yayılımına odaklılık, ülke içinde Adalet Kalkınma Partisi'nin (AKP) seçilmesi ve partinin "komşularla sıfır sorun" a dayalı dış politikasıyla büyük oranda eş zamana denk gelmiştir. İran ile yakınlaşan ilişkiler ve akabinde Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi'nde (BMGK) hayır oyunun kullanılması, küresel dikkati Türkiye'nin silahsızlanma ve nükleer silahların yayılmasını önleme politikalarına yöneltmiştir. Türkiye'nin İran'ın nükleer programı konusunda izlediği tutum yakından takip edilmektedir. Öte yandan Ankara'nın taktik nükleer silahlar ve füze savunma sistemine dair pozisyonu uluslararası toplum tarafından halen büyük ölçüde anlaşılmamış olup uzmanların Türkiye'nin nükleer silahların yayılmasını önleme politikasını yanlış yorumlamalarına neden olmaktadır. Bu durum Türkiye'nin kendi nükleer silahlanma programını hayata geçireceği yönünde spekülasyonların yapılmasına bile neden olmuştur.

Bu incelemenin amacı Türkiye'nin nükleer silahların yayılmasını önleme politikalarını, İran'ın nükleer sorunu, NATO'nun taktik nükleer silahları ve genel olarak nükleer caydırıcılık konusundaki politikalarını inceleyerek Ankara'nın nükleer alandaki politikalarına ışık tutmaktır. Bu makalenin sonunda Türkiye'nin nükleer geleceği ve Ankara'nın geleneksel Batı müttefiklerinden bağımsız olarak nükleer politikaları izlemeye eğilimli olup olmadığı konusunda bir analiz yer alacaktır.

2 Nükleer Yönetişim

2.1 Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme Rejiminin Gelişimi

Nükleer silahların ve teknolojinin yayılmasını kontrol etmeye yönelik çabalar 1950'lilerin ortalarında başlamış ve Küba Füze Krizi ve Amerika Başkanı John F. Kennedy'nin gelecek on yıl içinde yirmibir ülkenin nükleer silah geliştirebileceği yönündeki uyarısının ardından hız kazanmıştır (Kennedy 1964, 280). Soğuk Savaş'ın ilk yıllarında, silahların kontrolü Amerika Birleşik Devletleri ve SSCB'nin menfaatlerinin örtüştüğü nadir alanlardan biri olmuştur. 1950'lilerin başında iki rakip süper güç nükleer silahların yayılmasıyla mücadele etmek üzere bir dizi anlaşma müzakere etmeye başlamıştır. Başlangıçta, müzakereler nükleer silahların diğer ülkelere yayılmasını önleyerek stratejik stabiliteyi koruma amacına yönelik olmuştur.

KİS'nin yayılmasına ilişkin enstrümanlar üç farklı kategoriye ayrılabilir:

- 1) Silahların Kontrolü,
- 2) Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme,
- 3) Nükleer Silahların Yayılmasına Karşı Olma.

- **Silahların Kontrolü (Arms Control)**– Nükleer silahların ve bunların fırlatma araçlarının sayısını sınırlamaya yönelik anlaşmalar. Özünde bu anlaşmalar ABD – Rusya arasındaki nükleer dengeyi korumayı hedeflemektedir. Söz konusu anlaşmaların temelinde caydırıcılık ve karşılıklı olarak kaçınılmaz görülen imha prensipleri yer almaktadır.

- **Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme (Non Proliferation) – İhracat kontrolleri, antlaşmalar ve ad-hoc işbirlikleri aracılığıyla nükleer teknolojinin yayılmasını sınırlamayı hedefleyen anlaşmalar.**
- **Nükleer Silahların Yayılmasına Karşı Olma (Counter Proliferation)–** Nükleer silahların yayılmasına önlemeye yönelik diplomasi başarısız olduğunda, KİS bulunduran düşman ülkeleri etkisiz hale getirmek için güç kullanımının gerekli olduğu durumlarda sunulan bir dizi politika seçeneği.

Nükleer silahların yayılmasıyla ilgili en önemli ve kapsamlı Anlaşma, Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Anlaşması'dır (NPT). NPT, Birleşik Krallık, Çin, Fransa, Rusya ve Amerika Birleşik Devletleri dışında, anlaşmayı imzalayan tüm tarafların nükleer silah bulundurmasını veya almasını yasaklayan dünya çapında bir anlaşmadır.¹ Buna karşılık, nükleer güçler, nükleer teknolojinin barışçıl uygulamalarının arayışında nükleer silahı olmayan devletlere teknik destek vermeyi, nükleer silah yarışının sonlandırılması için müzakere etmeyi, nükleer silah sayısını azaltmayı ve nihayetinde silahsızlanmayı kabul etmiştir. Özünde, NPT, nükleer silahı olan ve olmayan devletler arasında, temelde nükleer silahı olmayan devletlerin nükleer teknolojiye erişim karşılığında nükleer silah haklarından vazgeçmelerini ve gelecekte hiçbir ülkenin elinde nükleer silah bulundurmayacağı ilkelerini içeren bir pazarlıktır. Nükleer silahı olmayan devletler nükleer enerjiye geçişte, nükleer malzemenin silah kullanımı için saptırılmamasını sağlamak üzere Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın (IAEA) nükleer tesislerde yapacağı denetime izin vermesi gerekmektedir. Nükleer silahı olan devletler, nükleer silahları nükleer silahı olmayan devletlere transfer etmemeyi ve nükleer silahları olmayan devletler ise teklif edilmesi durumunda bunları kabul etmemeyi taahhüt eder. Anlaşma üç temel direğe dayanmaktadır: nükleer silahların yayılmasını önleme, silahsızlanma ve barışçıl nükleer teknolojiyi kullanma hakkı. NPT anlaşmasını 1979'da imzalamış olan Türkiye, NPT rejiminin hararetle bir savunucusudur ve üç direğin korunmasını savunmaktadır.

Barışçıl nükleer teknolojinin yayılmasını denetleyecek uluslararası bir örgüt hakkındaki görüşmeler İkinci Dünya Savaşı'ndan kısa bir süre sonra başlamıştır. Nükleer teknolojiyi denetim altına alacak uluslararası gözetim düşüncesi ilk kez Acheson-Lilienthal Raporu'nda ana hatlarıyla ifadesini bulmuş, söz konusu raporda dünya genelindeki nükleer enerji kullanımını gözlemlemek için uluslararası denetimler önerilmiştir. Raporunda, ayrıca, çekirdeği bölünebilir malzeme stoklarının uluslararasılaştırılmasına yönelik bir hüküm de yer almakta olup bu konu nükleer silahı olan ve olmayan devletler arasında bugün halen tartışılmaktadır. Bu öneriler, Amerikan Başkanı Dwight D. Eisenhower'ın 1953'te Birleşmiş Milletler Genel Kurulu (UNGA) "Barış için Atom" konuşmasında yer almadan önce Baruch Planı'na dahil edilmiştir. Söz konusu konuşma, uluslararası bir kurumun himayesinde barışçıl nükleer teknolojinin paylaşılmasına yönelik bir öneri sunmuş ve bu kurum, ayrıntılı müzakerelerin ardından Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) olarak hayata geçmiştir.

1- Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Anlaşması'nda (NPT) nükleer silah ülkeleri 1 Ocak 1967'den önce bir nükleer silahı test etmiş olan ülkeler şeklinde tanımlanmıştır. Beş resmi nükleer silah ülkesi Amerika Birleşik Devletleri, Rusya, Birleşik Krallık, Fransa ve Çin'dir. Hindistan ve Pakistan'ın nükleer silaha sahip olduğu bilinmektedir ve İsrail'in nükleer silaha sahip olduğu yönünde güçlü şüpheler vardır, ancak bu ülkelerin hiçbiri NPT anlaşmasını imzalamamıştır.

IAEA'nın iki temel fonksiyonu üye devletlerin nükleer teknoloji geliştirmelerine yardımcı olmak ve çekirdeği bölünebilir malzemenin askeri kullanım yönünde saptırılmamasını sağlamaktır. IAEA'nın güvenlik tedbirleri sistemi "nükleer malzeme ve diğer belirtilmiş malzemelerin barışçıl nükleer kullanımdan sapmamaları yönünde uluslararası topluma yönelik inanılır bir güvence" sunmayı amaçlamaktadır. Herhangi bir devlet nükleer teknoloji almadan önce Ajans ile bir güvenlik tedbirleri anlaşması yapmak durumundadır. Daha sonra, IAEA, alıcı devlet tarafından yapılmış nükleer beyanları bağımsız olarak doğrulayacak birbiriyle bağlantılı bir dizi protokole dayanarak çalışmalarını yürütmektedir. Temel kayıt sistemini kullanarak denetçiler çekirdeği bölünebilir malzemenin saptırılarak silah amaçlı kullanılmadığından emin olabilmektedir.

Güvenlik tedbirleri, nükleer altyapının silah amaçlı kullanılmamasını sağlayacak güvenilir güvenceler sunmak üzere tasarlanmıştır. Ancak, Irak'ın gizli nükleer programının kapsamının 1991'de ortaya çıkarılması neticesinde yetkililer güvenlik tedbirleri sistemini güçlendirmenin yollarını araştırmaya başlamıştır. BM denetçilerine göre, Irak 39,3 kilogram silah sınıfı uranyum (Hiroşima tipindeki bir nükleer silahta 25 kilogram silah sınıfı uranyum kullanılır) ve işe yarayacak ancak test edilmemiş bir bomba tasarımı satın almıştır. Irak, programını saklamış ve faaliyetleri ilk Körfez Savaşı'na kadar IAEA tarafından tespit edilmemiştir (FAS). 1997 yılında IAEA Yönetim Kurulu, Model Ek Protokolü (AP) onaylamıştır.

AP'nin hedefi IAEA denetçilerine daha fazla araştırma yetkisi vererek onları nükleer kayıt uzmanlarından nükleer dedektife dönüşmelerini sağlamaktır. Protokol, çekirdeği bölünebilir malzemenin saptırılmamasını sağlamak üzere denetçilerin elindeki araçları büyük oranda genişletmiştir. Bir devletin AP'yi onaylamasının ardından ilgili devlet, nükleer yakıt döngüsünün tüm yönlerini açıklamak, IAEA denetçilerini bir nükleer tesisteki tüm binalarda 24 saat içerisinde kısa süreli denetimler yapmalarına yeşil ışık yakmak ve IAEA'nın uydu görüntülerini denetim amacıyla kullanmasına izin vermek zorundadır. Ek Protokol, taraf devletlere hassas nükleer teknolojilerin üretimi ve ihracatını bildirim yükümlülüğü getirmektedir. Türkiye AP'yi Temmuz 2000'de imzalamıştır. AP TBMM tarafından onaylanmasının ardından bir yıl sonra yürürlüğe girmiştir.

NPT'ye ve bunun güvenlik tedbirleri çerçevesine ek olarak, nükleer silahların yayılmasını ve geliştirilmesini sınırlamayı amaçlayan devletler, nükleer test konusunda kapsamlı bir yasak getirilmesi çabvası içinde olmuşlardır. Her ne kadar söz konusu yasağın Hiroşima'da kullanılan gibi basit çekirdeği bölünebilir silahlarının geliştirilmesini önleme kapasitesi bulunmasa da, savunucuları kapsamlı bir test yasağının daha güçlü nükleer silahların ve bir füze monte edilebilecek kadar küçük savaş başlıklarının geliştirilmesini önleyebileceğini ileri sürmektedirler. 1954'te Hindistan Başbakanı Jawaharlal Nehru kapsamlı bir nükleer deneme yasağı anlaşmasını (CTBT) öneren ilk kişi olmuş, ancak Soğuk Savaş politikaları böyle bir ilerleme kaydetmesini engellemiştir.

Soğuk Savaş sonrasında, 1995 yılındaki NPT Gözden Geçirme Konferansı'nda (Revcon), üye devletler NPT'nin süresiz olarak geçerlilikte kalmasına karar vermiş ve Nihai Belge'ye bir hüküm ekleyerek CTBT hakkında müzakerelerin 1996 yılına

kadar başlaması için çağrıda bulunmuştur.² Müzakereler esnasında Anlaşma'nın yürürlüğe girmesi için IAEA'nın operasyonel nükleer reaktörleri olan ülkeler listesine dahil edilen 44 Devlet tarafından imzalanıp onaylanması gerektiği konusunda hemfikir kalınmıştır. İstanbul Teknik Üniversitesi ve Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇNAEM) iki küçük araştırma reaktörüne evsahipliği yapması nedeniyle, Türkiye IAEA listesine dahil edilmiştir. Türkiye CTBT'yi 24 Eylül 1996'da imzalamış, aynı gün anlaşmayı imzaya açmış ve TBMM bunu 16 Şubat 2000'de onaylamıştır. Türkiye'nin imzasına rağmen, gereken 44 Devletin CTBT'yi imzalamaması veya onaylamaması nedeniyle, anlaşma henüz yürürlüğe girmemiştir.

Buna paralel olarak, çekirdeği bölünebilir nükleer malzemelerin askeri amaçlarla üretimini yasaklama anlaşması (FMCT) da gündemde bulunmaktadır. Söz konusu anlaşma silahlarda kullanılan çekirdeği bölünebilir nükleer malzemelerin üretimini yasaklayacaktır. FMCT'ye ilişkin hükümler, Başkan Dwight D. Eisenhower döneminde 1956'da ilk önce Acheson-Lillenthal raporunda ve daha sonra Baruch Planı'nda önerilmiştir. Sovyetler Birliği, FMCT'nin Amerika Birleşik Devletleri'yle nükleer eşitliğini koruma kapasitesini engelleyebileceği korkusuyla, 1989 yılına kadar buna itiraz etmiştir. Sovyetler Birliği'nin itirazını kaldırmasının ardından bu kez zamanın ABD Başkanı George H.W. Bush, ABD'nin nükleer caydırıcılığını olumsuz etkileyeceği korkusuyla öneriyi reddetmiştir.

Birleşmiş Milletler Genel Kurulu zamanın ABD Başkanı Bill Clinton'ın önerisi üzerine 48/75L sayılı Kararı ile nükleer silah veya diğer nükleer patlayıcı cihazlar için çekirdeği bölünebilir nükleer malzeme üretimi yasaklayan, ayrımcı olmayan, çok taraflı, uluslararası çapta ve etkin bir şekilde doğrulanabilecek bir anlaşma çağrısında bulunmuştur. İki yıl sonra, 1995'de, Silahsızlanma Konferansı FCMT'yi tartışmak üzere bir komite kurmuştur. 2000 NPT Gözden Geçirme ve Genişleme Konferansı'nda üye devletler FCMT'yi beş yıl içerisinde tamamlamak üzere müzakereleri başlatmayı kabul etmiştir. Bu taahhüde rağmen, Pakistan, İsrail, Kuzey Kore ve Çin gibi devletlerden kaynaklanan bir dizi itiraz nedeniyle, FMCT'nin dili konusunda uzlaşmaya varılamamıştır.

Nükleer silah devletleri FMCT konusunda ciddi çekincelere sahiptir. Bu devletler söz konusu anlaşmanın yalnızca çekirdeği bölünebilir malzemelerin üretimini yasaklayacağını ve nükleer silah elde etmek isteyenleri nükleer silah üretimi için gerekli teknolojiyi satın almalarını engellemeyeceği endişesini taşımaktadır. Nükleer silaha sahip olmayan devletler (NNWS), FMCT'nin resmi ve gayriresmi nükleer silaha sahip devletlerin (NWS) nükleer güçlerinin genel olarak yasaklanmasını kapsayacak daha geniş bir silahsızlanma sürecinin bir parçası olduğuna inanmaktadır.

Bu çabalara ek olarak, devletler hassas nükleer teknolojilerin yayılmasını yönetmek üzere bir dizi ittifak oluşturmak amacıyla bir araya gelmiştir. Söz konusu ittifakların en önemlisi Nükleer Tedarikçiler Grubu'dur (NSG). NSG ilk kez 1974 yılında Hindistan'ın "barışçıl nükleer patlaması"nın ardından oluşturulmuştur. Daha sonra, kullanılan plütonyumun Kanada tarafından tedarik edilen bir nükleer reaktörden

geldiği ortaya çıkarılmıştır. Hindistan'ın nükleer testinin ardından nükleer tedarikçi devletler bir araya gelerek nükleer malzeme ve teknoloji ihracatını denetim altına almak ve diğer devletlerin Hindistan'ın izinden gitmesini önlemek amacıyla hassas çift kullanımlı teknolojilerini içeren bir "tetikleyici liste" taslağı oluşturmuşlardır. İhraç edilen malzemenin bu listede yer alması durumunda, malzemeyi satın alan devletin IAEA ile tam kapsamlı bir güvenlik tedbirleri anlaşmasına sahip olması ve nükleer silah üretilmeyeceğine dair yasal olarak bağlayıcı bir taahhüt sunması gerekmektedir. Türkiye de 46 üyelik ittifakın bir üyesidir. Her ne kadar bir nükleer güç devleti olmasa da, Türkiye üyeliğe nükleer endüstride potansiyel kullanımı olan malzemelerin üretim kapasitesinden dolayı davet edilmiştir.

Türkiye, konvansiyonel silah ihracatının güvenlik ve istikrara zarar vermemesini sağlamak için devletlerin katı ihracat kontrolü rejimlerini uygulamalarını teşvik ederek çift kullanımlı teknolojilerin ve konvansiyonel silahların ihracatını düzenleyen Wassenaar anlaşmasının 1996 yılında kurucu üyesi olmuştur. Bundan kısa süre sonra, Türkiye 1997'de Füze Teknolojileri Kontrol Rejimi'ne (MTCR) katılmıştır. MTCR, KİS'nin sevk sistemlerinin geliştirilmesine destek olabilecek teknolojilerin ihracatını önlemeye yardımcı olacak ulusal ihracat lisansı çabalarını koordine etmek üzere bir araya gelmiş enformel bir devletler topluluğudur. Ayrıca, Türkiye, 2000 yılında, yayılmayı önlemek amacıyla ihracat kontrol yasalarını ve teknoloji kontrol listelerini uyumlaştırmak üzere tasarlanmış bir anlaşma olan Avustralya Grubu, Zangger Komitesi'ne üye olmuştur.

Hassas nükleer teknolojilerin yayılmasını sınırlamaya yönelik bir başka çaba çerçevesinde, Amerika Birleşik Devletleri, Küresel Nükleer Enerji Ortaklığı'nı (GNEP) ilk kez 2006 yılında önermiştir. Programın orijinal amacı enerji bağımlılığı ve iklim değişikliği ile mücadele etmek üzere nükleer enerji kullanımının dünya genelinde beklenen artışını yönetmek olmuştur. Bu önerinin sunulmasından beri GNEP'nin ismi Uluslararası Nükleer Enerji Çerçevesi (IFNEC) şeklinde değiştirilmiş, ancak misyon aynı kalmıştır. Esas hedef nükleer yakıt tedarikini sağlayıp hızlı reaktörlerin araştırma ve geliştirilmesine devam ederken yayılmaya dirençli yakıt döngüsü teknolojilerini yaygınlaştırmaktır (WNA 2010). Zenginleştirme ve tekrar işleme teknolojilerini uygulama hakkını sınırlama amacını da içerdiği düşüncesiyle Türkiye, GNEP'ye katılmamayı tercih etmiştir. Türkiye, NPT'den kaynaklanan yükümlülüklerini ve güçlü yayılmayı önleme politikalarını kendi barışçıl nükleer enerji programını uygulama arzusuyla dengelemek istediğini sık sık ifade etmektedir.

Türkiye ayrıca yasadışı nükleer tedariki engellemeye yönelik uluslararası çabaların güçlü bir savunucusu olmuştur. 2003 yılında geçmiş Bush Yönetimi tarafından lanse edilen Nükleer Silahların Yayılmasına Karşı Güvenlik Girişimi (PSI), nükleer silahların yayılmasını önlemek üzere yasal, diplomatik, ekonomik ve askeri araçlar geliştirmeye yönelik bir girişimdir. Bu kapsamda, üye ülkeler denizde, havada veya karada sevkiyatları tespit etmek üzere eğitim alırlar. Bu girişim yayılma politikalarının sorumlularının karşılaşıcağı maliyetleri yükseltmek amacını taşımaktadır.

2006 yılında Türkiye, karada/denizde/havada tespit eğitimi için 37 üye devlete evsahipliği yapmıştır. PSI şemsiyesi altında, Türk yetkililer, KİS teknolojisinin

yasadışı sevkiyatından şüphelenerek Suriye'ye giden bir İran uçağını Mart 2011'de Türkiye'ye indirmiştir. Türk yetkililer Suriye'ye götürülmesi planlanan patlayıcı malzemeleri ve güdümlü roketleri açığa çı karmıştır (RIA Novosti 2011).

KİS kaçakçılığının önlenmesi amacıyla Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyi (BMGK) bütün devletlerin ve devlet dışı aktörlerin nükleer, kimyasal veya biyolojik silah veya malzemeleri ya da bunları sevk edecek sistemleri satın almalarını engelleyecek önlemleri uygulamalarını şart koşacak, hukuken bağlayıcı nitelikte Birleşmiş Milletler Şartının VII. Başlığı altında 1540 sayılı kararı almıştır. Türkiye söz konusu kararı kısa sürede desteklemiş ve 1540 sayılı kararı sınırsız bir süreye uzatan BMGK 1810 sayılı kararını da kabul etmiştir.

Bu çok sayıdaki örgüt, ittifak ve Anlaşmaya rağmen, İran, 1991 öncesi Irak, Pakistan ve Kuzey Kore gibi devletler uluslararası düzenlemeleri başarılı bir şekilde atlatmış ve gizli olarak nükleer teknolojileri almıştır. Yasadışı yayılma şebekelerinin teşkil ettiği tehditler karşısında bu tehlikeli malzemelerin akışını durdurmak için uluslararası çapta daha büyük bir işbirliğine ihtiyaç vardır. Ancak, nükleer silaha sahip olmayan devletlerin barışçıl nükleer ve çift kullanıma uygun teknolojilere erişim haklarını anlamlı oranda azaltma çabaları nükleere istekli olan devletlerin yoğun direnciyle karşılaşmıştır. Nükleer enerjiyi geliştirmeye yönelik kapsamlı planları olan Türkiye bu konuda Batılı müttefiklerinden ayrılmış ve nükleer silahların yayılmasını önlemeye yönelik taahhütlerin her bir NPT tarafının nükleer teknolojilere erişme hakkıyla dengelenmesi gerektiği düşüncesini savunmuştur. Bu bakış açısı yayılmayla etkin bir şekilde mücadele etmeye yönelik stratejilerin geliştirilmesi için ülkelerin bireysel nükleer diplomalarını anlamaya önem vermektedir.

2.2 Türkiye'nin Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme Politikaları

Türkiye, nükleer silahların yayılmasına set çekmeyi amaçlayan uluslararası politikaları uzun zamandan beri desteklemektedir. Soğuk Savaş döneminde bu çabalar NATO'nun Varşova Paktı karşıtlarıyla stratejik stabiliteyi ve askeri eşitliği korumaya yönelik daha geniş kapsamlı girişimlerinin bir parçası olmuştur. Yayılma karşıtı rejimin gelmesiyle, Ankara, büyük ölçüde NATO üyeliği, Ortadoğu'daki konumu ve Soğuk Savaş dönemindeki ön cephe durumundan dolayı, güçlü yayılmayı önleme politikaları yürütmüştür. Türkiye KİS yayılmasına kesinlikle karşıdır, nükleer silahtan arındırılmış bölge oluşturulmasını desteklemekte ve nükleer silah sahibi devletlerin nihayetinde silahsızlanmasını savunmaktadır. Türkiye, KİS'in yayılmasını yöneten en kapsamlı üç Anlaşma olan NPT'yi, Kimyasal Silah Sözleşmesi'ni (CWC) ve Biyolojik Silah Konvansiyonu'nu (BWC) imzalamıştır.

Genel olarak, Ankara nükleer silahsızlanmayı desteklese de, bu sürecin gerçekleştirilmesinin on yıllar alacağına inanmaktadır. Bu süre zarfında, NATO'nun nükleer caydırıcılık gücüne bağlı kalmakta ve Avrupa'daki Amerikan

taktiksel nükleer silahların İttifak'ın yük paylaşma ilkelerine katkıda bulunduğu ve Türkiye'nin güvenliğini güçlendirdiğine inanmaktadır. Ankara, Amerikan Başkanı Barack Obama'nın nükleer silahsızlanma taahhüdünde bulunmakla birlikte bu sürecin "kendi ömrü boyunca gerçekleşmeyeceği"ni belirttiği Prag Konuşması'nı sıcak karşılamıştır.³ Amerikan Başkanının konuşmasının tonu Türkiye'nin nükleer görüşüne uymakta ve Türkiye'nin konu hakkındaki düşüncesini pekiştirmektedir.

Soğuk Savaş esnasında ve bitiminde, Türkiye'nin nükleer silahların yayılmasını önleme politikaları NATO müttefikleriyle ve Amerika Birleşik Devletleri'ninkiyle yakından bağlantılı olmuştur. Ancak, son yıllarda, Türk yetkililer bölgedeki gerilimi azaltmayı hedefleyen genel stratejilerinin bir parçası olarak nükleer silahlardan arındırılmış bir bölge uygulamasını daha kesin bir dille savunmaya başlamışlardır. Nükleer silahların yayılmasını önleme gündemine olan sıkı bağlılığına ek olarak silahsızlanmayı desteklemek Ankara'ya güvenilir ve sadık bir uluslararası ortak imajı vermekte ve değişken Ortadoğu'daki gerilimleri azaltmaya yardımcı olmaktadır. İstikrarı destekleme çabaları, "stratejik derinlik" kavramının dış politikaya etkisi ile Türkiye'nin güvenlik ve dış politikalarının merkezini oluşturmuştur.

Bölgesel ayaklanmalar ve bölgedeki diğer devletlerin Türkiye örneğini izlemekte başarısız kaldığı gerçeği Türkiye'nin nükleer silahlara ilişkin görüşünü şekillendirmeye devam etmektedir. Örneğin, İsrail, Hindistan ve Pakistan NPT çerçevesinin dışındaki nükleer silaha sahip devletlerdir ve Anlaşmayı imzalamamayı tercih etmişlerdir. Cezayir, Sudan ve İsrail Bijolojik BWC'yi imzalamamıştır ve Mısır ve Suriye bugüne kadar CWC'yi imzalamayı reddetmiştir. İran, nükleer ve füze programlarında ilerlemektedir. Bölgedeki hiçbir devlet MTCR'nin resmi bir üyesi değildir ve bölgedeki birçok devletin geçmişte konvansiyonel olmayan silahlara sahip olduğu bilinmektedir. Türkiye, nükleer silahlardan arındırılmış bir Ortadoğu bölgesi oluşturulmasına yönelik uluslararası çabaların gerilimi azaltmaya yardımcı olacağını ve nihayetinde küresel bir silahsızlanmaya götüreceğini ümit etmektedir. Ankara her ne kadar daima bu sürecin on yıllar süreceğine inanıyor olsa da, bölgesel gerilimlerin azaltılmasının bu hedefin gerçekleştirilmesindeki ilk adım olduğuna inanmaktadır.

İhracat Kontrolleri: İlk Savunma Hattı

Nükleer silahların yayılmasını önleme stratejisinin merkezinde, bir ülkenin KİS üretimi için hassas olan teknolojilere erişiminin sınırlandırılmasının yayılmayı önlemeye yardımcı olabileceği düşüncesi yatmaktadır. Bu stratejide bir devletin ihracat kontrol sistemi ön planda yer almaktadır. İhracat kontrolleri, hassas teknolojilerin, malzemelerin veya bilgilerin yayılmasını kontrol etmeyi amaçlayan ulusal yasalar, uygulama yönetmelikleri ve uygulayıcı kuruluşlardan oluşan bir mekanizma ile yürütülmektedir. Kontrol edilen ticaretin büyük bir bölümü çift kullanımlı teknolojilerdir – yani, askeri ve sivil uygulamaları olan nükleer, kimyasal veya biyolojik teknolojiler. Çift kullanımlı malların devletin ihracat kontrol yasaları çerçevesinde sivil amaçlı mı kullanılacağı veya askeri uygulamalar için mi saptırılacağını tespit etmek ihracat kontrolü yetkilisinin görevidir.

3- Başkan Obama'nın konuşma metninin tamamına erişmek için bkz: <http://prague.usembassy.gov/obama.html>

Ankara'nın nükleer silahların yayılmasını önlemeye verdiği önemin bir kanıtı olarak Türkiye, sıfır yayılma politikasını duyurmuş, ilgili tüm anlaşmalara katılmış ve hükümet yayılmayı önlemek üzere yerel mevzuatı güçlendirmek üzere bir dizi adım atmıştır. 26 Eylül 2004'te Türkiye Büyük Millet Meclisi ihracat kontrolü ve KİS hakkında – 6., 172., 173. ve 174. Maddeler olmak üzere – bir diziyi maddeyi içeren yeni bir ceza kanunu kabul etmiştir (Exportcontrol).

6. Madde silahları “yakıcı, aşındırıcı, yaralayıcı, boğucu, zehirleyici, sürekli hastalığa yol açıcı nükleer, radyoaktif, kimyasal, biyolojik maddeler” diye tanımlamaktadır (Exportcontrol). 172. Madde, bir “kirli bomba” senaryosu çerçevesinde, radyoaktif malzemelerinin kasten salınması durumunda belirli cezaların uygulanmasını öngörmektedir. 173. Madde “Atom Enerjisiyle Patlamaya Neden Olma” konusunu ele almakta ve patlamanın kasten olduğunun belirlenmesi durumunda ilgili kişinin en az beş yıl hapisle kalmasını öngörmektedir.

174. Madde çift kullanımlı malzemelerin Türk makamlarının açık onayı olmadan ihracatını, ithalatını, taşınmasını ve başka gemiye aktarılmasını cezalandırmaktadır. “Harp Araç ve Gereçleri ile Silah, Mühimmat ve Patlayıcı Madde Üreten Sanayi Kuruluşlarının Denetimi Hakkında Yönetmelik” (5201 Sayılı Yönetmelik) 4 Temmuz 20004'te kabul edilmiş ve Milli Savunma Bakanlığı'nın (MSB) silah ve mühimmat ihracatı için ruhsatlandırma kurumu olarak yetkisini yenilemiştir. Nükleer ve biyolojik silahlar da bu yasanın kapsamına ve MSB'nin yetki alanına da girmektedir (Exportcontrol).

Çift kullanımlı malzemeler Türkiye'nin daha geniş kapsamlı ihracat kontrolü rejimi çerçevesinde “her şeyi kapsayan” hükümde yer almakta ve herhangi bir uluslararası ihracat kontrol listesinde spesifik olarak yer almasalar bile, hassas teknolojiler ile olan bağlantılarından dolayı ihracatları denetim altında tutulmaktadır. Nihai kullanıcının malzemeleri kötü amaçlı kullanmasından şüpheleniliyorsa, ihracatçı şirketin Dış Ticaret Müsteşarlığı'nın (DTM) iznini alması gerekmektedir. İhraç edilen malın kısıtlı ihracat listesinde olması durumunda, söz konusu süreç MSB ve DTM tarafından idare edilmektedir. Bu durumlarda, MSB ihracat izninden, DTM ise Türkiye'nin ihracat politikasının gözetiminden sorumludur. Çift kullanımlı malzemelerin ve hassas malların ihracatı için İstanbul Maden ve Metal İhracatçı Birlikleri'ne (İMMİB) üyelik şartı aranmaktadır (Exportcontrol).

Yetkili makamlar, hassas çift kullanımlı malzemelerin gerekli izin ve nihai kullanıcı anlaşmaları (ithalatçı kuruluşun verdiği ve bunların ihraç edilen malzemelerin son varış noktası olmasını ve malzemenin askeri amaçlı kullanılmamasını sağlayan bir onay belgesi) olmadan yayılmasını önlemek üzere bir izleme mekanizması ve etkili bir kurumlar arası işbirliği oluşturmuştur. Yukarıda belirtilen ihracat kontrol sistemi, AB, Birleşmiş Milletler (BM) ve Avrupa Güvenlik ve İşbirliği Teşkilatı (AGİT) ihracat kontrol listeleriyle örtüşmektedir.

Bu çabalara rağmen, Türkiye, uluslararası yayılmayı önleme kontrollerini atlatmayı amaçlayan yasadışı tedarik şebekeleri için bir hedef ülke olmaya devam etmektedir. Türkiye'nin Avrupa ve Asya'nın birleştiği noktada olması çift kullanımlı malzemelerin aktarılması açısından onu ideal bir konum haline

getirmektedir. Nitekim yasaklı malzemeleri yasadışı ithal etmek isteyen bazı şebekeler üçüncü bir ülkede kurdukları paravan bir şirketi Batılı tedarikçilerden yasaklı malzemeleri ithal etmek için kullanmaktadır. Şirketler kontrollü ürünlerin nihai kullanım sertifikasında yaptıkları tahrifatın ardından, bunları aldıktan sonra, sevkiyatı yeniden etiketlendirerek ve malzemeleri anavatanlarına göndermektedirler. Türkiye'nin Batı ile yakın ilişkisi ve NATO, MTCR ve NSG' üyelikleri bu yasadışı şebekeler için konumunu daha cazip kılmaktadır, çünkü Türk şirketleri İran'daki kısıtlamalara benzer kısıtlamaları yaşamamaktadır. (Marashi ve Goren 2009).

Örneğin, çift kullanımlı füze parçaları 2006 yılında Türkiye'den İran'a geçirilmeye çalışırken ABD Merkezi İstihbarat Teşkilatı'nı (CIA) ve Türk Milli İstihbarat Teşkilatı (MIT) tarafından ortak bir operasyonla tespit edilmiştir. İran'ın sahip olduğu ve işlettiği şirket STEP-SA İran'ın nükleer ve füze programı için İstanbul'u önemli bir aktarma merkezi olarak kullanmaktaydı (IISS). Bu vaka, iki Türk şirketi olan Elektronik Kontrol Aletleri ve ETİ Elektronik tarafından A. Q. Khan şebekesine santrifüj teknolojisi tedarik edildiğine dair haberlerin hemen ardından ortaya çıkmıştır. Santrifüj, uranyumu nükleer silah veya nükleer enerji santrallerinde kullanmak üzere ayırmak için kullanan hassas teknolojidir. Khan şebekesi Pakistan'ın nükleer silah teknolojisini Ortadoğu'da ve başka yerlerdeki bir dizi ülkeye yasadışı yollardan tedarikini sağlamaktaydı. Khan ihracat kontrollerini atlatmayı ve dünyanın birçok yerine büyük miktarda nükleer malzemeyi gizli olarak taşıyabiliyordu. Bu malzeme öncelikle Dubai'ye ihraç ediliyor ve burada Khan şebekesinin üyeleri Dubai'in gevşek ihracat kontrollerinden istifade ederek bunları İran, Libya ve Kuzey Kore'ye aktarıyordu.

Bu yasadışı tedarik şebekelerini çökertme girişimleri, 14 Haziran 2005'te İhracat Kontrolü ve Bağlantılı Sınır Güvenliği (EXBS) diye adlandırılan bir anlaşmanın imzalanmasına neden olmuştur. EXBS, KİS'nin ve atış araçlarının yayılmasını önlemeye yardımcı olacak ekipmanları ve eğitimi sağlamaktadır (CPB 2008). Türkiye Büyük Millet Meclisi, 2005 yılında, sınır güvenliğini arttırmak ve KİS'nin yayılmasını önlemeye yönelik bir teknik destek anlaşması olan *Türkiye Cumhuriyeti ile Amerika Birleşik Devletleri Hükümeti Arasında Yayılmanın Önlenmesi Amaçlarına Yönelik Yardım Sağlanmasının Kolaylaştırılması İçin İşbirliğine İlişkin Anlaşmanın Onaylanmasının Uygun Bulduğuna Dair Kanun Tasarısı*'ni onaylamıştır.

Bu aksiliklere rağmen, Ankara'nın KİS'in yayılmasını önlemeye odaklandığı net bir şekilde görülmektedir. Türkiye yayılma ile ilgili yeni ortaya çıkan zorlukları aşmak üzere ihracat kontrolü stratejilerini değiştirmeye istekli olduğunu kanıtlamıştır. Artan sayıda yeni potansiyel nükleer tedarikçileri, büyüyen küresel ticaretle birlikte çift kullanımlı malzemelerin kontrolünü zorlaştırmıştır. Ayrıca, bu faktörlerin tahrip edici gücü NPT ve yayılmanın önlenmesiyle ilgili diğer konular hakkındaki Türk diplomasisinin özellikle bir nükleer enerji programını geliştirme isteği dikkate alındığında, daha da fazla önem kazanmasına neden olmuştur.

2.3 Türkiye'nin Nükleer Diplomasisi

Türkiye, 2006'dan itibaren, yeni veya uzun süreden beri durağan olan nükleer enerji programını geliştirmeye başlama niyetini duyuran onüç Ortadoğu ülkesi arasında yer almıştır (Fitzpatrick 2008). Kırk yılı aşkın bir süredir, Türk hükümeti yabancı enerji tedarikçilerine olan bağımlılığı azaltmak üzere bir yerli nükleer enerji programının geliştirilmesini amaçlamıştır. Türkiye, nükleer enerjiyi karbon salımlarını düşürmenin ve aynı zamanda istikrarsız yabancı enerji tedarikçilerine bağımlılığı azaltmanın bir yolu olarak seçen artan sayıda gelişmekte olan ve gelişmiş devletler hareketinin bir parçasıdır.

Türkiye'nin nükleer diplomasisi, yerli nükleer enerji programını geliştirmeyi amaçlayan, nükleer silah sahibi olmayan bir devlet olması gerçeğinden büyük oranda etkilenmektedir. Ankara, NPT'de 4. Madde'yi katı bir şekilde yorumlamaya devam ederken kendisini yayılmanın önlenmesi alanında önde gelen ülkeler arasında konumlandırmıştır. 4. Madde, anlaşmaya imza atan her tarafa barışçıl nükleer faaliyetleri yürütme hakkını vermekte ve nükleer tedarikçi ülkelerin nükleer teknolojilerin ve malzemelerin değişiminde kolaylık sağlamalarını hüküm altına almaktadır. Son yıllarda, 4. Madde'nin Türkiye tarafından yorumu, özellikle nükleer enerjiye geçişe istekli ülkelerin zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojilerine erişmelerini sınırlamaya yönelik uluslararası çabalar söz konusu olduğunda, Türkiye ve bazı Batılı müttefikleri arasında bir sürtüşme nedeni olmuştur. Türkiye bu çabaları kendi nükleer programı için bir tehdit olarak görmüş ve NPT'ye taraf devletlerin nükleer teknolojilerine erişmesini zorlaştıracak önerilere karşı çıkmıştır.

Bu durum, Türkiye'nin büyüyen ekonomisinin ve artan nüfusunun ülkenin mevcut elektrik altyapısını zorladığı bir dönemde ortaya çıkmıştır. Elektrik talebi geçtiğimiz on yıl içerisinde ortalama olarak yüzde 8'den fazla artış göstermiş ve Türkiye'nin yalnızca yurtiçi talebini karşılaması için birincil yakıt kaynaklarının neredeyse yüzde 75'ini ithal etmesine neden olmuştur. Elektrik Piyasası Düzenleyici Kurumu'nun tahminlerine göre, elektrik talebindeki artış 2030'a kadar yılda ortalama yüzde 6,5 olacaktır. Doğal gaz bütün enerji ithalatının yüzde 48'ini oluşturmakta, Türkiye'yi fiyat dalgalanmalarına ve pazardaki çalkantılara karşı son derece kırılgan kılmaktadır. Bu kırılganlıklarla mücadele etmek için Türk hükümeti agresif bir şekilde mevcut enerji santrallerinin kapasitesini arttırmaya ve aynı zamanda çok sayıda alternatif enerji projesinin hayata geçirilmesini hedeflemiştir. Hükümet yenilenebilir enerji, fosil yakıtlar, doğal gaz ve nükleer enerjinin her birinin 2040 yılına kadar Türkiye'deki elektriğin yüzde 25'ini sağlamasını hedeflemektedir. En azından nükleer enerji açısından iddialı görülen bu hedef bakımından zamanlamanın gerçekçi olmadığı eleştirileri yapılmaktadır. (Türkyılmaz 2010, 49-54).

Bu iddialı hedefler Türkiye'yi dünyanın potansiyel olarak en karlı ve aktif nükleer pazarlarından biri haline getirmiştir. 2008'de hükümet, ülkenin ilk nükleer enerji santrali için bir ihale açmıştır. 2009'da, Rusya ile Akkuyu'da dört adet 1.200 megavatlık (MW) reaktör inşa edip operasyonel hale getirmesini öngören bir nükleer enerji anlaşması imzalamıştır. İnşaatın 2013'de başlaması ve 2019'da

bitirilmesi planlanmaktadır. Hükümet, nükleer enerjinin 2023 yılına kadar Türkiye'nin elektrik üretiminin yüzde 5'ini sağlamasını planlamaktadır. Rusya, reaktör için yakıt tedarik etmeyi ve nükleer atığı geri almayı kabul etmiştir. Ancak bu husus Türkiye'nin enerji alanında Rusya'ya mevcut bağımlılığını daha da artıracığına yönünde eleştirilere neden olmuştur.

Türkiye nükleer yakıt döngüsü hakkındaki yaklaşımını henüz açıklamamış, ancak bu alandaki teknolojilere erişme hakkının ihlal edilmemesine yönelik adımlar atmıştır. Zenginleştirme ve yakıt atığının yeniden işlenmesine yönelik teknolojiler büyük çaplı bir nükleer programı için yararlıdır, ancak aynı zamanda nükleer silah için gerekli çekirdeği bölünebilir malzemelerinin üretimi için de şarttır. Çekirdeği bölünebilir malzemenin ve bu teknolojilerin satın alınması nükleer yakıt döngüsünün en zor ve en pahalı bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenden dolayı, bu teknolojilerin yayılmasını sınırlamak nükleer silahların yayılmasını önlemeye yönelik uluslararası çabaların odak noktasını oluşturmuştur. Ancak, Türkiye açısından, nükleer teknolojilere ilişkin haklarının korunması ülkenin nükleer diplomasininin merkezi haline gelmiştir.

2.3.1 Türkiye, Hassas Nükleer Teknolojilerin Karakutuya Sokulması Çabalarına İtiraz Etmektedir

NPT'nin üç direği arasındaki dengeyi koruma arzusu, Türkiye'nin barışçıl nükleer teknolojilere erişim hakkının ihlallerine yönelik duyarlılığını arttırmıştır. İran'ın nükleer programına ilişkin kriz ve bazı Ortadoğu devletlerinin hassas nükleer teknolojileri satın alma girişimleri neticesinde nükleer tedarikçiler, ihracat kontrollerini sıkılaştırmak üzere bir dizi önlem almışlardır. Bu kapsamda en sert öneri 2004'te Amerika Birleşik Devletleri tarafından ortaya atılmıştır. Söz konusu öneri, hassas zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojilerinin halihazırda bu nitelikte tesisleri olmayan devletlere ihracatını sınırlandırmayı amaçlamıştır. Bush Yönetimi, özellikle A.G.Khan'ın nükleer silah kaçakçılık şebekesinin ortaya çıkması ve İran'ın nükleer programının görünürlük kazanmasının ardından, bu zecri önlemlerin zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojilerinin yayılmasını engellemek için şart olduğunu ileri sürmüştür. Söz konusu öneri nükleere istekli devletleri, uluslararası bir konsorsiyum veya yakıt bankasından nükleer yakıt almaya zorlamaktaydı. Söz konusu öneri NSG'de dört yıl boyunca tartışılmış ancak üzerinde mutabakat sağlanamamıştır (Boese 2008). Nihayetinde, ABD, zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojilerinin transferi için somut kriterlere dayalı bir sistemin hayata geçirilmesini NSG'nin diğer 44 ülkesi ile birlikte kabul etmiştir. İlk önce Kanada tarafından ileri sürülen bu öneri, hassas nükleer teknolojilerin transferini talep eden alıcı devletlerin yerine getirmesi gereken bir dizi tarafsız ve sübjektif kriter oluşturmaktadır (Boese 2005).

ABD, Kanada önerisine prensipte katılmış, ancak kısıtlamaları güçlendirmek üzere buna bir dizi şart eklemiştir. ABD'nin önerisi teknoloji transferinin "karakutu" şeklinde uygulanmasını ve alıcı ülkeye "anahtar teslim" tesisler kurulmasını öngörmektedir. Bu tesisler alıcı ülkenin onayıyla o ülkeden olmayan personel tarafından yönetilecek ve alıcı ülkenin, hassas parçalar dahil, tesisi taklit edemeyeceği şekilde inşa edilecektir" (Nikitin et al.2011).

Türkiye dahil bazı ülkeler, bu katı ihracat ilkelerine NPT'nin IV. Maddesinin ruhunu ihlal etmesinden dolayı itiraz etmişlerdir. Öneriye karşı çıkanlar, halihazırda bile NSG ilkelerinin tedarikçileri zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojilerinin transferinde dikkatli hareket etmeye zorladığını ve bu teknolojilerin nükleer silah imalatında kullanılmak üzere saptırılmayacağını garantileyen düzenleyici çerçevenin var olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, sübjektif ilkelere de itirazlar edilmiştir. Birçok uzmana göre bunlar kasten belirsiz bırakılarak hassas teknolojilerin bir dizi ülkeye satışını engelleyecek şekilde tasarlanmıştır. NSG ilkelerine göre:

2.3.1.1 Hassas İhracatlar Üzerindeki Özel Kontroller

Tedarikçiler hassas tesislerin, teknolojilerin ve nükleer silah veya diğer nükleer patlayıcı cihazlarda kullanılacak malzemelerin transferinde özenli hareket etmelidirler. Zenginleştirme veya yeniden işleme tesisleri, ekipmanı veya teknolojilerinin transfer edilmesi durumunda tedarikçiler alıcıların, ulusal üretim tesislerine alternatif olarak, sürece tedarikçilerin müdahil olmasını ve/veya diğer uygun çokuluslu katılımı kabul etmelerini teşvik etmeleri beklenmektedir. Tedarikçiler çokuluslu bölgesel yakıt döngü merkezleriyle ilgili (IAEA dahil) uluslararası faaliyetleri de teşvik etmelidir.

2.3.1.2 Zenginleştirme Tesisleri, Ekipmanı ve Teknolojisi İhracatında Özel Kontroller

Bir zenginleştirme tesisinin ya da teknolojisinin transferi için alıcı ülke, ne transfer edilen tesisin, ne de bu teknolojiye dayalı herhangi bir tesisin tedarikçi ülkenin onayı olmadan yüzde 20'den fazla zenginleştirilmiş uranyum üretimi için kullanılmayacağını beyan etmelidir. Ayrıca bu onay da IAEA'ya bildirilmelidir (Nuclear Suppliers Group 2007).

Bunlar gönüllü ilkeler olmakla beraber, bugüne kadar zenginleştirme veya yeniden işleme tesislerinin yeni ülkelere satışını ya da transferini önlemiştir.

NSG, yıllar süren müzakerelerin ardından, Haziran 2011'de zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojilerinin yayılmasını önlemek üzere tasarlanmış daha sıkı kısıtlamaları kabul etmiştir. Yeni kurallar bu hassas teknolojilerin NPT'yi imzalamayan ve Ek Protokol çerçevesinde daha sıkı IAEA denetimlerine izin vermeyen ülkelere satışını engellemektedir. NSG anlaşması Hindistan'a NSG ilkelerinde istisna tanıyan bir karara tepki olarak görülmektedir. Eski anlaşma çerçevesinde, Hindistan NPT'yi imzalamamış olmasına rağmen hassas zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojilerini alabilecekti.

Yeni kurallar zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojilerinin satışında bu elle tutulur şartların getirilmesini her zaman desteklemiş bulunan Ankara'nın politikasını yansıtmaktadır. Ancak, söz konusu kriterleri uygulama konusundaki tartışmalar kolay olmamış ve pek çok ülke daha zecri kısıtlamalar istemiştir. Ayrıca, NSG'de zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojilerinin transferinin kontrolü konusundaki çabalar büyük olasılıkla devam edecektir.

Türkiye, tedarikçi ülkelerin alıcı ülkenin davranışının komşularını da benzer teknolojiler aramaya teşvik edip etmeyeceğini, veya alıcı devletin istikrarsız bir bölgede olup olmadığını hesaba katmaları çağrılarında karşı çıkmıştır (Bunn et al. 2011). Yetkililer, Türkiye'nin İran'a ve Ortadoğu'ya olan yakınlığından dolayı cezalandırılacağından ve bulunduğu bölgenin istikrarsız olarak nitelendirileceğinden kaygı duymaktadırlar. Türkiye kendi gerekçelerini öne sürmüş ve yalnızca "kötü" davranışlarda bulunan devletlerin zenginleştirme ve yeniden işleme yapamamaları gerektiğini belirtirken, bu "kötü" devletlerin kimler olduğunu açıklamamıştır (Bunn et al. 2011).

NSG'nin Haziran 2011 tarihli anlaşması Fransa'nın 2008'de öne sürdüğü tekliflerle ilgili tartışmalara son vermiştir. Bu teklifler çerçevesinde aşağıdaki şartların eklenmesiyle teknoloji transferi kriterlerinin güçlendirilmesi çağrısı yapılmıştır:

- Tam uyum içinde bir NPT üyesi;
- Geniş kapsamlı bir Güvenlik Tedbirleri (Safeguards) Anlaşması ve Ek Protokolün yürürlükte olması;
- Güvenlik yükümlülüklerinin ihlal edilmemesi, barışçıl niyetlere yönelik güven eksikliğini yansıtan herhangi bir IAEA Yönetim Kurulu'nun bulunmaması;
- NSG kurallarına bağlılık;
- Tedarikçilerle, patlayıcı olmayan kullanımlar, etkin koruma tedbirlerinin süresiz devam etmesi ve yeniden transfer kontrolleri konularında güvenceler içeren ikili anlaşmalar,
- Fiziksel mükemmeliyet için uluslararası standartların uygulanması taahhüdü; ve
- IAEA güvenlik standartlarının taahhüdü

Ankara yukarıda özetlenen teklifi kabul etmeye istekli olduğunu, ancak bundan başka subjektif kriterleri desteklemeye hazır olmadığını belirtmiştir. Sonuç olarak NSG gündemi, Ankara'nın tutumu paralelinde gelişmiş ve bu ilkeler üzerinde mutabakat sağlanmıştır.

Türkiye ayrıca "karakutu" ve "anahtar teslim" kavramlarının getirilmesine de NPT nezdinde konumu iyi olan ülkeler arasındaki sivil işbirliğini engelleyebileceği kaygılarıyla karşı çıkmaktadır. Ankara, NSG'nin spesifik kriterler getirmesinden ve bu kriterlerin silahların yayılmasıyla ilgili haklı endişelere dayandırılmasından yanadır. Ankara'ya göre, spesifik olmayan subjektif kriterlerin kabul edilebilir bir rasyonele oturtulması mümkün olmayacağı gibi, bunlar devletler arasındaki nükleer işbirliğine zarar verebilecektir.

Ayrıca Ankara, NPT nezdinde konumu iyi olan üye ülkelere zenginleştirme teknolojisiyle ilgili uygulanacak kısıtlamaların aynı zamanda 4. Madde çerçevesindeki hakları ihlal edeceğinden kaygı duymaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nin "karakutu" teklifi konusunda Türkiye, bunun alıcıların tedarikçi devletlerle işbirliği yapma olanağını kısıtladığını öne sürmüştür. Ankara, NSG'nin öne sürdüğü kriterleri karşılasalar bile, bu kısıtlamaların çoğunun Ortadoğu

ülkeleri için geçerli olacağına inanmaktadır. Yetkililer kendi nükleer programlarını gözönünde tutarak bu şartların Türkiye'nin kendi yeni nükleer sektörünü geliştirme çabalarını engelleyeceğinden kaygı duymaktadır. Buna ek olarak, bu kısıtlamaların alıcı ülkeleri enerji için nükleer tedarikçilere bağımlı yapacağı ve böylelikle sıkça dile getirilen enerjide bağımsız olma arzusunu imkansız kılacağı korkusu vardır. Türkiye, Ek Protokolün nükleer ihracat kriterlerine dahil edilmesini olumlu karşılamakta, EP'nin "karakutu" ya da "anahtar teslim tesislerin" kullanımı olmadan yayılmayı durdurmaya yeterli olduğuna inanmaktadır.

Türkiye, nükleer tedarikçi devletlerin nükleer işbirliğini önleyen ayrımcı politikalar uygulamalarını sağlamalarına özen göstermeleri çağrısında bulunmaktadır. Türkiye'nin itirazlarının özünde, ülkenin kendi nükleer programını daha iyi sürdürebilmesi için NPT'nin üç temel direği arasında denge kurma arzusu ve bu zorlayıcı önlemlerin NPT ruhuna aykırı olduğu düşüncesi yatmaktadır.

2.3.2 NPT Haklarının Korunması

Nükleer teknoloji ve malzeme tedarikçisinin denetlenmesine yönelik eğilimler Türkiye'nin mevcut nükleer diplomasisinin yönünü belirlemektedir. 2000'li yılların başından beri Amerika Birleşik Devletleri, Fransa, Japonya ve Kore gibi nükleer tedarikçi ülkeler alıcı devletlere nükleer teknoloji transferini kontrol etmek için net bir çaba göstermiştir. Nükleer silahların yayılması açısından, zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojileri doğaları itibarıyla çift kullanımlıdır. Reaktör yakıtı elde etmek için uygulanan uranyum zenginleştirme süreci nükleer bir silah için yakıt üretmekle neredeyse aynıdır. Aradaki fark uranyumun saflığındadır. Hafif su reaktörleri yüzde 3-5 oranında zenginleştirilmiş uranyum yakıtı kullanırken nükleer silahın çekirdeği yüzde 90 oranında zenginleştirilmiş uranyum kullanmaktadır. Reaktör yakıtında kullanılan düşük zenginleştirilmiş uranyuma (LEU), nükleer silahlarda kullanılan yüzde 90 oranında zenginleştirilmiş uranyuma ise yüksek zenginleştirilmiş uranyum (HEU) denmektedir. Her iki durumda da, uranyum zenginleştirilmesi gerekmektedir ve bunun için uranyum²³⁵'i uranyum²³⁸'den ayıran hızla dönen tüplerden oluşan bir dizi santrifüj kullanılır. Daha ağır olan U-238 doğal olarak santrifüjün duvarına doğru hareket ederken daha hafif olan U-235 merkezde toplanır. Daha hafif U-235 bir kepçede toplanıp bir başka santrifüje aktarılır. Bu süreç uranyum istenilen saflık derecesine ulaşılan kadar tekrar edilir.

Geri planda, devletler de alıcı ülkelerin yeniden işleme teknolojisine erişimini sınırlamaya çalışmaktadır. Yeniden işleme, plütonyumu tüketilmiş reaktör yakıtından ayıran süreçtir. Yüzde 90 zenginleştirilmiş uranyuma benzer şekilde, plütonyum bir nükleer bombada kullanılabilir. Birçok silah kontrolü savunucusu, santrifüj, zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojilerinin yayılmasının kontrol edilmesinin nükleer silahların yayılması tehdidinin azaltılmasında çok önemli olduğuna inanmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri ve Birleşik Arap Emirlikleri arasında yakın bir zamanda imzalanan nükleer işbirliği anlaşması bu yeni çabaların en çarpıcı örneğidir. Söz konusu anlaşma BAE'nin zenginleştirme ve yeniden işleme uygulamalarına hakkından feragat ettiğini kayıt altına almaktadır (Stein 2009).

Ankara, nükleer teknolojilerin transferini sınırlamaya yönelik küresel çabalara artan düzeyde duyarlı hale gelmiştir. Ankara bu çabaları bir devletin NPT'de barışçıl nükleer teknolojisini hakkını spesifik olarak belirten 4. Madde'nin ihlali olarak görmektedir. Hükümetin iddialı sivil nükleer programı ve yabancı enerji kaynaklarına olan bağımlılığını azaltmak iradesi ışığında Türkiye'nin gelecekteki yakıt döngüsü hedefleri belirsizliğini korumaktadır. Şu ana kadar Türkiye, zenginleştirme veya yeniden işleme yapacağına dair herhangi bir açıklama yapmamıştır, ancak Ankara bu alandaki haklarını saklı tutmaktadır. Nitekim, İran bağlamında NPT devletlerinin uranyum zenginleştirme hakkından bahsederken, Başbakan Erdoğan sivil nükleer programı için gerekli olması durumunda Türkiye'nin de yerli uranyum zenginleştirilmesi konusunda adım atacağını belirtmiştir (Habertürk).

Zenginleştirme ve yeniden işleme süreçlerini sınırlamaya yönelik öneriler İkinci Dünya Savaşı'ndan bitiminden kısa bir süre sonra ortaya çıkmış olsa da İran ve Kuzey Kore'nin nükleer programları hakkındaki endişelerle ivme kazanmıştır. En fazla ilgi çeken fikirlerden biri IAEA nezdinde konumu iyi olan NPT üyesi devletlere nükleer yakıt sağlamak üzere çok taraflı bir zenginleştirme merkezinin kurulmasıdır. IAEA, yakın bir tarihte, Rusya ve Nükleer Tehdit Girişimi (NTI) tarafından önerilen iki uluslararası yakıt bankasını onaylamıştır (Harvey 2011).. NTI modeli, IAEA'ya belli koşullarda salınabilecek düşük zenginleştirilmiş uranyum rezerv stoklarını koruma sorumluluğunu vermektedir, zenginleştirme merkezleri uluslararası düzeyde kontrol edilecek ve işletilecektir. Buna göre, nükleer enerji geliştiren devletlerin zenginleştirme veya yeniden işleme teknolojilerine veya merkezlerine ihtiyaç duymaması, nükleer silahların yayılma olasılığını büyük oranda azaltacaktır.

Çok taraflı yakıt bankası girişimi IAEA Yönetim Kurulu tarafından Eylül 2009'da tartışıldığında, Türkiye girişime destek verdiğini açıklamamıştır. Türkiye'deki karar vericiler, zenginleştirme dahil hassas teknolojilerin böyle bir altyapıya halihazırda sahip olmayan ülkelere transferini yasaklamayı öngören Bush dönemi ABD girişiminden etkilenmişlerdir. O dönemde, bu girişime NPT'den kaynaklanan egemen hakların bir ihali olarak görülerek birçok devlet tarafından karşı çıkmıştır. Çok taraflı yakıt bankası önerisi başlangıçta Türkiye gibi ülkelerin korkularını yeniden alevlendirmiş ve bu öneri hassas teknolojilerin bu teknolojiler sahip olmayan istekli ülkelere transferini yasaklama taleplerine büyük oranda yardımcı olabilecek bir önlem olarak yorumlanmıştır. Benzer şekilde, çok taraflı yakıt bankaları kurulması fikri uranyum zenginleştirilmesine yönelik egemen hakların erozyona uğratılması endişesini de tetiklemiştir.

Sonuçta Türkiye, NPT'den kaynaklanan zenginleştirme haklarını korumayı istemektedir. Türkiye'nin NPT 4. Madde'deki hakları açıkça desteklemesi, İran'ın nükleer programına ilişkin görüşünü de büyük oranda etkilemiştir. Kendi nükleer geleceğini de düşünerek, Türkiye, Batı'nın İran'a bu haktan vazgeçmesi yönündeki baskılarına rağmen, İran'ın zenginleştirme hakkını desteklemiştir.

Türkiye açısından, İran'ın nükleer meselesindeki temel sorun, uranyum zenginleştirme hakkından ziyade, Tahran'ın IAEA'in talep ettiği nükleer faaliyetlerine ilişkin bir dizi soruyu yanıtlamaması ve IAEA'ya nükleer tesislerini

2.4 İran ve Türkiye: Zor Bir Denge Politikası

açmamasıdır. İran'a yaptırım uygulama çabalarının yoğunluk kazandığı 2003'ten bu yana, nükleer faaliyetleri hakkındaki IAEA'nin taleplerine cevap vermesi için İran üzerinde uluslararası bir baskı uygulanırken, Türkiye 4. Madde'ye verdiği güçlü destek ve İran'ın NPT yükümlülükleri arasında hassas bir denge tutturmaya çalışmıştır.

Türkiye ve İran arasındaki ilişkilerde uzun zaman boyunca imparatorlukların nüfuz alanı ve din temelli farklılıklardan kaynaklanan bir rekabet geçmişi hakim olmuştur. Osmanlılar, Sünni inancın tarihi koruyucusu ve Mekke ve Medine'nin hamisi olmuşlardır. Osmanlı Padişahı Halife olarak görülmüştür; bu durum Osmanlı İmparatorluğu'nu günümüz İran'da Şii-Safevi İmparatorluğu ile ihtilafa düşürmüştür. Bu iki imparatorluk, Ortadoğu'nun büyük bir bölümünün kontrolü için yaşanan savaşlar ve rekabetle dolu bir geçmişe sahiptir. Ancak, iki imparatorluk ve halef devletleri arasındaki ilişkiler, İran ve Türkiye arasındaki mevcut sınırları çizerek Irak topraklarının kontrolünü Osmanlılara devreden, 1639 tarihli Kasr-ı Şirin Anlaşması'ndan bu yana istikrar kazanmıştır.

1979'dan 1990'ların sonuna kadar, Türk tarafı, rejimin laik Türkiye Cumhuriyeti'ni devirmeyi amaçlayan aşırı İslamcılara verdiği iddia edilen destek ve İran'ın Kuzey Irak ve Güney Anadolu'daki Kürt bölücülere sağladığı iddia edilen destekten dolayı, İran'a olumsuz bir gözle bakmıştır. İki ülkenin Kürt terörizmiyle mücadele etmek üzere birlikte çalışmaya karar vermesinin ardından ilişkilerdeki buzlar erimeye başlamıştır. Bu anlaşma, İran'da Kürdistan İşçi Partisi'nin (PKK) bir kolu olan Kürdistan Özgür Yaşam Partisi'nin (PJAK) ortaya çıkışıyla aynı döneme denk gelmiştir.

Batı'nın İran'a yaptırım uygulamaya yönelik son çabaları, AKP'nin iktidara gelmesi ile aşağı yukarı aynı döneme denk gelen 2003'te başlamıştır. Türkiye'nin daha önceki İran politikasının tersine, AKP, İran İslam Cumhuriyeti'ni kucaklamış ve diplomatik ve ekonomik işbirliğini arttırmanın yollarını aramıştır. İran'ın IAEA ile işbirliği yapması ve nükleer faaliyetlerinin şeffaf olmasının gerektiği konusunda ısrar ederken, Başbakan Erdoğan İran'ın zenginleştirme ve nükleer programını desteklemiş ve önceki nükleer faaliyetleri hakkındaki bir dizi sorunun yanıtlanmamasından dolayı İslam Cumhuriyeti'ni finansal ve diplomatik olarak izole etmek üzere büyük bir çaba gösteren Amerika Birleşik Devletleri ve Batılı müttefiklerinin tepkisine neden olmuştur.

İran ve Türkiye arasındaki diplomatik ilişkiler artan bir ekonomik ilişki ve ortak tehditlere karşı gerçekleştirilen güvenlik işbirliğinden dolayı gelişmiştir. 1991-2008 yılları arasında, Türkiye'nin İran'a ihracatı 87 milyon dolardan 2 milyar dolara ve aynı dönemde İran'dan ithalat, Türkiye'nin İran doğal gazı için artan talebiyle, 91 milyon dolardan 8 milyar dolara yükselmiştir. İki ülke arasındaki ticaret hacmi Türkiye'nin 6 milyar ticaret açığına rağmen, son zamanlarda 10 milyar dolara ulaşmıştır. Ticaret hacmi doğal gaza bağlıdır, ancak İran ekonomisini Türk yatırımlarına açmak için kapıyı aralamıştır. İran'daki yeni Humeyni havaalanının

inşaatı için önce TAV ile anlaşma yapılmıştır. Ancak, İran Devrim Muhafızları Ordusu müdahale ederek bir dizi siyasi ve ekonomik nedenden dolayı TAV'ın inşaatı bitirmesine izin vermemiştir. Buna benzer şekilde, Turkcell İran'ın ikinci GSM lisansını satın almaya çok yaklaşmış, ancak İran hükümetinin projenin çoğunluk mülkiyetine sahip olmak üzere ısrar etmesiyle anlaşma bozulmuştur. İran hükümetinin her iki projeye müdahale etmesi, İran-Türkiye arasındaki yakınlaşma konusunda şüphe duyan birçok kişinin şu ana kadar ilişkinin daha çok İran lehine olduğuna işaret etmesine neden olmuştur.

Türk yatırımcılar, Türk enerji şirketlerine İran'ın devasa Güney Pars gaz sahasının geliştirilmesi için imtiyaz veren İranlı mevkidaşlarıyla bir dizi anlaşma imzalayarak İran'ın enerji sektöründen pay almayı hedeflemişlerdir. Söz konusu anlaşmalar, İran'ın petrol ve gaz sektöründeki yatırımları sınırlamayı hedefleyen bir dizi tek taraflı yaptırım onaylayan Amerika Birleşik Devletleri'ni rahatsız etmiştir. Diğer önemli bir sektör de turizmdir. Her yıl 1 milyon İranlı Türkiye'yi ziyaret etmektedir. İran, Orta Asya'ya ürün götüren Türk kamyonları için de önemli bir yoldur. 2007'de 92.000 Türk kamyonu İran'dan geçip İran üzerinden diğer ülkelere gitmiştir.

Dışişleri Bakanlığı'na göre, Türkiye-İran ilişkisi, içişlerine müdahale etmeme, dostane komşuluk ilişkileri ile ekonomi ve güvenlik alanlarında işbirliği ilkeleri üzerine bina edilmiştir. Bu ilkeler Türk hükümetinin İran'ın nükleer krizini çözümlemede diyalog ve yoğun diplomasiyi tercih ettiğini açıkça beyan etmesine neden olmuştur. Nitekim Ankara Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'nın İran'a yönelik yaptırım politikasını desteklememektedir.

Türkiye'nin yaptırımlarla ilgili politikası Türkiye'nin genel nükleer diplomasisinin küçük bir şablonudur aynı zamanda. Türkiye, İran'a yönelik BM yaptırımlarını , Tahran'ın bağlayıcı BMGK kararlarına uymamış olmasından ve yaptırımların Birleşmiş Milletlerin meşruiyeti ile desteklenmesinden dolayı uygulamayı kabul etmiştir. Ancak, Türkiye, Amerikan ve Avrupa yaptırımlarını İran'daki muhafazakarları güçlendireceğine ve Türk ekonomisini orantısız şekilde etkileyeceğine inanması nedeniyle, şu ana kadar uygulamayı reddetmiştir. Ayrıca, hükümet Batının İran'ın zenginleştirmeyi durdurması yönündeki talebini İran'ın NPT çerçevesindeki haklarının bir ihlali olarak görmektedir. Ankara'daki yetkililer, bu meselenin devletlerin nükleer teknolojileri uygulama haklarını sınırlayan bir emsal oluşturabileceği dolayısıyla temkinli hareket etmektedirler.

Ancak, Türkiye'nin nükleer silah edinmiş bir İran potansiyelinden rahatsızlık duymadığı sonucuna varmak doğru olmaz. Ankara, Tahran'ın nükleer silah geliştirme olasılığı hakkında büyük endişe duymaktadır. Nükleer silaha sahip İran, Türkiye'nin dış ve güvenlik politikalarının temel ilkesi olan bölgesel istikrarı baltalayacaktır. "Sıfır soruna" dayalı dış politikanın merkezinde bölgesel istikrarın Türk ekonomisinin gelişimi için çok önemli olduğu inancı yatmaktadır. Ayrıca, AKP, zorla baskı yerine seçenek sunulmasıyla istediğinizi alabilmenizi sağlayan diplomatik yetenek olan "yumuşak gücün" değişken Ortadoğu'daki sorunlarla başa çıkmanın en etkili yollarından biri olduğuna inanmaktadır. Türkiye, demografik kurumları ve çoğunluğu Müslümanlardan oluşan nüfusu ile bölgenin kalan bölümü için bir model oluşturabilir (Taşpınar 2008).

Kuşkusuz, nükleer silaha sahip bir İran Türkiye'nin dış politikası ve bölgesel hedefleri için de problemlidir. Her ne kadar Türkiye, İran'ın doğrudan bir tehdit olduğuna inanmasa da, nükleer silaha sahip bir İran bölgesel dengeleri altüst edecek ve stratejik stabiliteyi baltalayacaktır. Ayrıca, İran'ın nükleer silahlarının Körfez'deki diğer devletlerin kendi güvenliklerini garantiye almak üzere bir dizi adım atmalarına neden olma ihtimali de vardır. Bölgesel bir silah yarışı ihtimali bölgenin istikrarına da ciddi zarar verebilir. Son olarak, İran'ın nükleer programı İsrail'in bir askeri saldırıda bulunmasına ve İsrail'in İran topraklarındaki nükleer tesislerini hedeflemesine neden olabilir.

İran krizinin başından bu yana Türkiye ve Batılı müttefikleri İran'ın nükleer silaha sahip olmaması gerektiği konusunda hemfikirdir. Ancak, Türkiye'nin İran'ı daha fazla işbirliği yapması yönünde ikna etme çabaları birçok geleneksel Batılı müttefiklerinden farklılık göstermektedir. 1979'dan beri Amerika Birleşik Devletleri genelde İslam Cumhuriyeti'nin izole etmeyi amaçlayan baskıcı ve yaptırımlara dayalı bir politika uygulamaktadır. Her ne kadar Başkan Barack Obama İran'ı doğrudan diyalog kurmaya davet etmeye çalışmış olsa da, İran bu teklifi kabul etmemiştir. Bunun sonucunda, Washington yaptırım tehdidi ve nihayetinde yaptırımlarla İran rejiminde yaklaşım değişikliğini zorlama stratejisine geri dönmüştür. Türkiye bunun aksi bir yaklaşım benimsemiştir. Ankara, yaptırımların İranlı muhafazakarları güçlendirmeye yarayacağına inanmakta, yaptırımların, aceleci davranışları teşvik etmesi nedeniyle, ters teptiğini dile getirmektedir. Ayrıca, yaptırımların Amerika Birleşik Devletleri veya İsrail'in askeri bir harekate zemin hazırladığı inancı da vardır. Bir askeri saldırıdan kaynaklanacak potansiyel nükleer serpinti, Ortadoğu'nun bölgesel bir savaşın içine çekilme tehdidi ve Türkiye'nin bir karşı saldırıda İran füzelerine hedef olma ihtimali Ankara'nın krizde daha aktif bir rol oynamaya iten nedenler arasında yer almaktadır.

Türkiye'nin çıkarları da gözönüne alındığında, Batılı güçler İran'la müzakere ederken Türkiye'nin kendi köşesine çekilip bu büyüyen kriz karşısında kayıtsız kalmayacağı beklenmemeliydi. Başbakan Erdoğan, İran'ın zenginleştirme hakkını savunurken İran'ın nükleer silah edinmemesi gerektiğini de vurgulamaktadır. Dışişleri Bakanı Davutoğlu Tahran ve Batı arasında önemli bir aracı olmuştur. Davutoğlu diplomasiin tıkandığı dönemlerde krizi çözmek için çaba göstermiş ve siyasi engelleri aşmaya çalışmıştır. Nitekim Türkiye, Brezilya ile birlikte hareket ederek Tahran Araştırma Reaktöründe kullanılmak üzere İran'ı elinde bulunan 1.200 kg LEU'yu zenginleştirme ve yakıt imalatı için ülke dışına çıkarılmasını öngören bir anlaşmaya aracılık etmiştir. Brezilya, İran ve Türkiye'nin ortak bildirgesinde, İran'ın buna karşılık Tahran araştırma reaktörü için 120 kg. uranyum yakıtı alacağı belirtilmiştir. Bu anlaşma, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupalı müttefiklerinin daha önce üzerinde çalıştıkları anlaşma ile paralellik taşımaktadır. İran, bir önceki sene Ekim ayında Batının önderlik ettiği ve desteklediği benzer nitelikteki yakıt takası önerisini kabul etmiş ancak yurtiçindeki siyasi baskı nedeniyle geri adım atmak durumunda kalmıştır (Dunlop 2009).

İran-Brezilya-Türkiye nükleer takas anlaşması, BM Güvenlik Konseyi'nin İran'a karşı yaptırımları ağırlaştıran 1929 sayılı kararından birkaç gün önce duyurulmuştur. Türkiye ve Brezilya, anlaşmanın ruhuna karşı olması ve

anlaşmanın getirdiği güveni zedelediği inancıyla, nihayetinde yaptırımlara karşı oy kullanmıştır. Öte yandan, Türkiye'nin girişimiyle imzalanan yakıt takası anlaşması Batıda zamanlamasının ötesinde de eleştirilere konu olmuştur. İran'ın Türkiye'ye sevk edeceği LEU miktarının İran'ın kısa sürede bir nükleer silah geliştirme kapasitesini ciddi şekilde engellemeyeceği argümanı ileri sürülmüştür. Benzer şekilde İran'ın LEU'sunu yüzde 90'a zenginleştirme kararı alması durumunda, Tahran yine de bir nükleer silah için yeterli miktarda LEU'ya sahip olacaktır. Ayrıca, anlaşma Tahran'ın elindeki yüzde 20 zenginleştirilmiş uranyumu kapsamamaktadır. ABD ve Avrupa stratejisi İran'ın kısa sürede bir nükleer silah geliştirmesini önlemek üzere ülkeden gerekli miktarda LEU'nun çıkarılması hedefine dayanmaktaydı. Böylelikle müzakereler için 2 yıllık bir fırsat penceresi oluşturabilecektir. Öte yandan Türkiye, anlaşmanın önemli bir güven artırıcı tedbir olduğunu ve büyük güçlerin başaramadığı bir konuda kendisinin başarı kazandığına inandığını belirtmiştir.

Türkiye'nin hayır oyu, Washington'un İran'ın nükleer alandaki uzlaşmazlığını cezalandırma çabalarını desteklemesi için Ankara'ya güvenen Amerika Birleşik Devletleri ile ilişkilerinde gerginliğe neden olmuştur. Yakıt takası anlaşmasının imzalanması sonrasında Batılı müttefiklerinden gelen eleştiriler neticesinde Türkiye taktik değiştirmiş ve İran krizinde arabuluculuk yerine kolaylaştırıcılık rolünü benimsemiştir. Sonrasında Ankara Batı'dan Tahran'a ve tersi yöndeki mesajların iletilmesinde sık sık aracı olmuştur. Ocak 2011'de P5 + 1 ülkelerinden (ABD, Fransa, İngiltere, Çin, Rusya ve Almanya'dan) diplomatlar İran'ın nükleer programını ele almak üzere İranlı mevkidaşlarıyla İstanbul'da buluşmuştur. Türkiye müzakerelerde yer almamış ve organizasyona evsahipliği yapmakla yetinmiştir. Birleşmiş Milletler Güvenlik Konseyinin beş daimi üyesi ve Almanya'dan oluşan bu grup ile İran arasındaki bir sonraki toplantının da Türkiye'de gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

Önümüzdeki dönemde Ankara, Batı'nın İran nükleer krizini çözümü arayışlarında muhtemelen aktif bir diplomatik ortak olmaya devam edecektir. Ancak, Türkiye, İran'ın zenginleştirme ve nükleer teknoloji edinmeye hakkı olduğunu beyan etmektedir. Ankara'nın tutumu son derece nettir; BMGK yaptırımlarını destekleyecek, ancak tek taraflı Amerikan ve Avrupa yaptırımlarının uygulanmasını, bu tek taraflı yaptırımlarına uyulmasına yönelik yoğun baskıya rağmen, özel şirketlere bırakacaktır. Ayrıca, Ankara herhangi bir askeri eyleme karşı olacak ve bütün diplomatik yolların denenmesi gerektiğini savunacaktır.

Net bir şekilde görüldüğü gibi, bölgesel bir güç olma ve bölgesel konular üzerinde daha fazla etki yaratma arzusu Ankara'nın İran'a ilişkin siyasasının oluşumunda etkili olmuştur. Keza kendi yerli nükleer programını geliştirme arzusu, politika tercihlerini büyük oranda etkilemiştir. İleriye bakıldığında Türkiye, İran cephesinde aktif bir oyuncu olmaya devam edecek ve kapsayıcı ve yapıcı politika çözümlerini gündemde tutmaya çalışacaktır.

2.5 NATO Tartışması ve Taktik Nükleer Silahların Geleceği

Türkiye, NATO taahhütleri çerçevesinde, yaklaşık atmış yıl Amerikan nükleer silahlarına evsahipliği yapmıştır. Silahlar NATO'nun kolektif savunma doktrininin bir parçası olarak Türkiye topraklarına konuşlandırılmış ve Soğuk Savaş döneminde Varşova Paktı'ndan bir istilayı engelleme amacını taşımıştır. Sovyetler Birliği'nin dağılmasından sonra silahların stratejik değeri azalırken, askeri değerleri ve Avrupa'da kalan taktik nükleer silahların (TNS) NATO güvenliğini pekiştirip pekiştirmediği konusu sorgulanmaya başlamıştır. Lizbon'daki 2010 NATO Zirvesi öncesinde, Belçika, Almanya, İtalya, Hollanda ve Türkiye'deki TNS'lerin durumu ve kullanılabilirliği hararetli tartışmalara konu olmuştur. İttifak içinde birçok ülke bu silahların geri çekilmesini savunurken, diğer bazı ülkeler bu öneriye karşı çıkmış ve NATO'ya yönelik nükleer tehdit ortadan kalkana dek bu silahların yerlerinde kalmaları gerektiğini öne sürmüşlerdir.

Türkiye topraklarındaki nükleer silah bulundurmaya devam etmekte ve diğer NATO ülkelerinin de İttifakın yük paylaşımı ilkesi gereği TNS'leri barındırmaya devam etmelerini beklemektedir. Türkiye, İncirlik hava üssünde tahminen 90 B-61 güdümsüz bombaya evsahipliği yapmaktadır. 50 bomba Amerikan Hava Kuvvetleri'nin kullanımına ayrılmış, diğer 40'ı Türk Hava Kuvvetleri'nin kullanımına ayrılmıştır (Kibaroglu 2011). Bu senaryo anılan silahların operasyonel hazırlık durumu hakkında bir dizi soruya yol açmaktadır, zira ABD İncirlik'te nükleer bomba kullanmaya yetkin uçak filosu bulundurmamaktadır; Türk Hava Kuvvetleri ise NATO içinde nükleer misyonlar için sertifikalı olmayan tek güçtür. Bu silahların kullanılması gerektiği takdirde, ABD'nin bir başka Avrupa ülkesinden gerekli uçak filosunu getirmesi gerekecektir.

Türkiye için Amerikan nükleer silahlarının Avrupa'da konuşlandırılması Atlantik ötesi güvenlik ittifakını güçlendirmekte ve caydırıcılığa katkıda bulunmaktadır. Ankara nükleer silahlardan arındırılmış bir dünyaya olan desteğini vurgularken bu çabaların büyük olasılıkla yıllar süreceğini ve bunun da silahsızlanma gerçekleşene dek inanılır bir asgari caydırıcı güç bulundurma zorunluluğuna yol açtığını ifade etmektedir. Türkiye'deki güvenlik politikası yapıcılar, nükleer silahları aynı zamanda bir statü sembolü olarak görmekte, bunların varlığının Amerikan-Türk savunma ortaklığının sağlamlığını gösterdiğine inanmaktadır. Silahların kaldırılması durumunda Türkiye'nin NATO içindeki konumunun olumsuz etkilenmesi varsayımı da sözkonusudur (Kibaroglu 2011). Kısacası, silahlar yalnızca caydırıcılık amacıyla bulunmamakta, ABD'nin Türkiye savunmasına olan taahhüdünü simgeleyen bir dizi siyasi anlam da içermektedir.

Türkiye'nin TNS'lerle ilgili konumu ayrıca bu konunun siyasileştirilmemesiyle de ilintilidir. Türkiye Jüpiter füzelerinin konuşlandırıldığı ülke olarak 1962'de Küba füze krizinin en ön cephesinde olmasına rağmen, nükleer silahlar meselesi ülkede bir iç tartışma konusu olmamıştır. Batı Avrupa ülkelerinin aksine, ülkede belirgin bir nükleer karşıtı siyasi güç bulunmamaktadır. Yeşil hareket siyasi açıdan zayıftır, hemen hemen hiç yoktur. Kalan partiler de açıkça tartışmanın ulusal güvenlik

boyutuna öncelik vermiş ve nükleer karşıtı bir platform geliştirmemişlerdir. Ayrıca İngiltere ve Almanya'nın aksine, Türkiye ekonomik açıdan Çift Yetenekli Uçaklarının (DCA) geleceği konusunda ivedi bir kararla karşı karşıya değildir. Türk Hava Kuvvetleri'nin elindeki F-16'ların 2030 ortalarına kadar yenilenmesi gerekmemektedir. Bu nedenle, Türk politika yapıcılarını karar vermeye zorlayan herhangi bir ekonomik baskı bulunmamaktadır.

Avrupa'daki TNS'lerin Amerikalı savunucuları bunların varlığının potansiyel nükleer güç olabilecek ülkeleri kendi nükleer silahlanma programlarını izlemekten caydırdığını ve bunların geri çekilmesi durumunda bu ülkelerin de beliren tehditleri engellemek için kendi silahlarını geliştirmek üzere harekete geçireceğini savunmaktadırlar. Hatta bazıları ABD nükleer silahlarını zamanından önce Türkiye'den çekecek olursa, İran'ın nükleer silah edinmesi durumunda Türkiye'nin de de nükleer silahlanma gayreti içine gireceğini öne sürmektedir. Susi Snyder ile Wilbert van der Zeijden IKV Pax Christi için hazırladıkları bir raporda bu iddialara karşı çıkmış, Türk yetkililerin "bu ihtimalin dillendirilmesinden bile alındıklarını" yazarak "Türk hükümetinin NPT taahhütlerini ihlal ederek kendi nükleer silahlarını geliştirme düşüncesini her daim reddettiklerine" dikkat çekmişlerdir (2011). Aslında Türkiye kendisiyle önceden istişarede bulunulması ve NATO içinde konsensus oluşması durumunda Amerikan TNS'lerinin geri çekilmesini destekleyeceğini belirtmiştir. Tek taraflı kararlarla bu silahların geri çekilmesi ittifaka zarar verecek; ancak eğer bir konsensusa varılırsa, Ankara ittifak genelinde bir anlaşmaya karşı çıkmayacaktır. Ankara, NATO'nun caydırıcılık için konvansiyonel güçlerine veya stratejik veya stratejik olmayan nitelikteki Amerikan nükleer güçlerine dayanabileceğine inanmaktadır.

TNS'lerin Avrupa topraklarından geri çekilmesiyle ilgili tartışmalar son yıllarda ağırlık kazanmış, NATO'nun nükleer misyonunun geleceği meselesi bir dizi tartışmaya yol açmıştır. Şu ana kadar Türk yetkililer bu konudaki suskunluklarını bozmuşlardır. Buna rağmen NATO içinde yoğunluk kazanan tartışmalar büyük olasılıkla ittifakı bu konuyu pek uzak olmayan bir gelecekte ele almaya zorlayacak ve NATO'nun yük paylaşımı ilkesinin ciddi bir şekilde yeniden değerlendirilmesi ihtiyacını doğuracaktır. Türkiye açısından Amerikan TNS'lerinin Avrupa'da konuşlandırılması, Türkiye'nin nükleer caydırıcılık ile ilgili tutumu ile yakından bağlantılı olup ve Ankara'nın ivedi güvenlik endişeleri ile silahsızlanmaya olan taahhüdünü nasıl harmanlayacağı ile ilintilidir.

2.6 Nükleer Caydırıcılıkla İlgili Türkiye'nin Bakış Açısı

Caydırıcılık teorisi ilk olarak Sovyetler Birliği'nin 1949 yılındaki ilk nükleer patlamasından kısa bir süre sonra ortaya atılmıştır. Rusya'nın nükleer ve roket alanındaki ilerlemelerinden ve nükleer savaş ihtimalinden korkan Amerikalı nükleer planlama uzmanları, atom çağında savaşı yeniden tanımlamak için çok çalıştılar. Diğerlerinin yanı sıra Bernard Brodie, William Kaufmann, Albert

Wohlstetter ve Herman Kahn gibi Amerikalı strateji uzmanları en sonunda topyekûn nükleer misilleme tehdidinin Sovyetler Birliği'nin ya da Birleşik Devletler'in birbirlerine karşı nükleer silahları kullanmalarını önleyeceği konusunda uzlaştılar. Caydırıcılık teorisi, ilk başlangıç saldırısında hepsinin ortadan kaldırılmasını önlemek için her iki tarafın da birden fazla erken uyarı sistemi ve çok sayıda silah sevkiyat aracı ve nükleer harp başlığı muhafaza etmesi ilkesine dayandırıldı. Bu şekilde, her iki taraf da farklı nitelikte fırlatma platformları ile ve her iki tarafın da ilk saldırıda karşı tarafın tüm silah stokunu tahrip edebileceğine inanmayacağından emin olmak için dayanıklı bir kumanda ve kontrol sistemi kurdu. Karşılıklı garantili imha tehlikesi Soğuk Savaş sırasında her iki tarafı da rehin almıştı ve nükleer stratejinin oluşturulmasını etkilemişti.

Soğuk Savaş atmosferinde, ABD nükleer silahlarla bir düşmana karşı yapılacak misilleme tehdidinin kapsamını genişletmek için NATO müttefikleri ile anlaşmalar yaptı. Genişletilmiş caydırıcılık olarak bilinen bu anlaşmalar, Birleşik Devletler'i, herhangi bir NATO müttefikine saldırılması durumunda kendi nükleer kuvvetleri bulunan nükleer bir devlete karşı misilleme yapmakla yükümlü kılmaktadır. Güvenirliğini sürdürmek, müttefiklerinin güvenini tazelemek ve bazı Avrupalı güçlerin kendi nükleer silahlarını oluşturma ihtimalini azaltmak için ABD, Avrupa'ya nükleer silahlar konuştu. Eski Sovyetler Birliği de Varşova paktı ülkeleriyle benzer bir düzenleme yaptı.

Geçmişte Türkiye'nin Amerikan nükleer silahlarına ev sahipliği yapmasının başlıca nedeni bölgesindeki tarihi rakibi olan eski Sovyetler Birliği'ni caydırmaktı. Türkiye NATO'nun yük paylaşımı ilkesini, bunun Türkiye'nin güvenliğinin sağlanması için en kritik konu olduğu inancıyla ciddiye almaktadır. Geçmişteki Amerika'nın orta menzilli balistik füzelerini (MRBM'lerini) tek taraflı olarak Türkiye'den kaldırma kararı ve bunun karşılığında eski Sovyetler Birliği'nin aynısını Küba'da yapması gibi olaylar Türkiye'deki güvenlik politikası yapıcılarını ABD'nin SSCB tarafından doğrudan yok edilmekle tehdit edildiğinde müttefiklerine arka çıkmayacağı konusunda ikna etti. Bu duygular, 1974 yılındaki Kıbrıs işgali nedeniyle ABD'nin Türkiye'ye silah ambargosu koyması üzerine derinleşti. Bu şüpheler, Türkiye'nin istikrarsız Orta Doğu'ya olan yakınlığının NATO'yu Orta Doğu'da bir savaşa sürükleyebileceğine dair endişeler nedeniyle birçok NATO üyesi ülkenin Türkiye'yi Müttefikliğe dahil edilmesine çekingen yaklaşmalarına dayandırılabilir. Amerikan TNS'lerin varlığını sürdürmesi, NATO'nun Türkiye'yi savunma taahhüdünü simgeler olmuştur ve önemli bir güven tesisi mekanizmasıdır.

Türkiye topraklarında konuşlanmış nükleer silahların Türkiye ile A.B.D. arasında oluşturduğu doğrudan bağlantı da NATO'nun 5. Maddesindeki kolektif savunma taahhütlerini yerine getirme iradesi ve kapasitesinden giderek daha fazla kuşku duyan Türk siyasetçilerinin korumaya özen gösterdikleri bir ilişki olmuştur. 1991 yılındaki ilk Irak savaşı sırasında Türkiye'nin NATO destekli bir füze savunma sistemi elde etmek için işlerlik kazandırmak istediği 5. Maddenin NATO Konseyi tarafından haftalarca engellenmesi Türkiye'nin dış güvenlik siyaseti yapıcılarının zihinlerinde halen canlılığını korumaktadır. Ankara, Saddam'ın KİS cephaneliğinin tehdidi altında olduğuna inandığı bir zamanda İttifak'ın kararlı bir şekilde hareket edememesi Türk siyaset yapıcılarını A.B.D. ile olan imtiyazlı güvenlik ilişkisini sürdürmeleri konusunda ikna etmiştir.

Soğuk Savaşın sona ermesinden bu yana, Türk yetkililer sözkonusu nükleer silahların İran, Suriye ve 2003 öncesi Irak gibi nükleer silahları yayılmasını bir politika olarak benimsemiş komşularını caydırdığına inanmaktadır. Türkiye, aşağıdakilerin ifadelerin yer aldığı NATO'nun en son "Stratejik Konsepti"nin yazımına aktif olarak katkıda bulunmuştu:

Nükleer ve konvansiyonel kabiliyetlerin uygun bir karışımını esas alan caydırıcılık bizim [NATO] genel stratejimizin temel bir unsuru olmaya devam etmektedir. Nükleer silahların herhangi bir şekilde kullanımının gerekebileceği durumlar son derece uzaktır. Nükleer silahlar var olduğu sürece, NATO nükleer bir ittifak olarak kalacaktır (NATO 2010).

NATO'nun nükleer duruşuyla ilgili tartışmalar, İran'ın gelişen nükleer programı ile ilgili oluşan tereddütlerden de etkilendi. Ancak bu silahların Avrupa'da konuşlanmasıyla ilgili tartışma büyümektedir. Bu silahların Avrupa topraklarından kaldırılması çağrıları da son yıllarda daha da yükselmektedir.

Lizbon'daki 2010 NATO Zirve toplantısına kadar geçen sürede, NATO üyeleri olan Belçika, Almanya ve Hollanda Avrupa'daki nükleer silahların yeniden değerlendirilmesi gerektiğini ifade ile NATO'yu nükleer silahlardan arınmış bir dünya yolunda öncülük yapmaya teşvik etti. Söz konusu üç ülkenin Amerikan TNS'lerine ev sahipliği yapması bakımından bu durum önemlidir. TNS'lere evsahipliği yapan diğer iki ülke olan Türkiye ile İtalya'nın ise sessiz kalmaları ve bu ülkelerin silahların kaldırılması çabalarına açıkça destek vermemeleri dikkat çekicidir. Amerikan nükleer güçlerinin hızlı bir şekilde geri çekilmesi olası olmasa da, bunların çekilmesi konusundaki güç kazanan retorik bu konunun öngörülebilir gelecekte yoğun bir şekilde tartışılacağını ve orta vadede Türk savunma politikası için potansiyel olarak sorun yaratacağını göstermektedir.

Kısacası, Türkiye nükleer silahların topraklarında konuşlandırılmasını NATO'nun yük paylaşma taahhüdünün somut simgesi olduğuna ve kaldırılmalarının bunu sarsacağına inanmaktadır. Ancak bu silahların geri çekilmesi kararı NATO içinde konsensus ile alınır ve bazı NATO ülkeleri tek taraflı hareket etmekten imtina ederlerse, Türkiye bu silahların geri çekilmesine engel olmayacaktır. Bazıları TNS'lerin yerine ittifak genelinde bir balistik füze savunma sistemi (BFSS) sisteminin kurulmasının İttifakın yük paylaşımı ilkelerini sembolize edebileceğini öne sürmektedirler.

2.7 Füze Savunma Tartışması: Türkiye'nin Konumunun Batı Tarafından Yanlış Anlaşılması

Sovyetler Birliği'nin çöküşünden sonra Türk güvenlik planlamacıları Ortadoğulu komşularının artan balistik füze cephaneliğinin oluşturduğu tehdidin güçlü bir şekilde farkına varmıştır. Türkiye'nin karşısındaki başlıca güvenlik tehditlerinin bu yeniden değerlendirilmesi, ABD ile İsrail'in Ortadoğu'daki artan füze tehdidine karşı savunma amaçlı bir balistik füze savunma sistemi (BFSS)

geliştirilmesine yeniden vurgu yapılmasıyla aynı döneme denk gelmiştir. Bölgesel liderlerin niyetleri konusunda uzun zamandır kuşku besleyen Türk güvenlik planlamacıları BFSS konusunu daha yakından ele almaları gerektiğine, yoksa Ortadoğu'da çatışmaların çıkması durumunda karşılık olarak yapılacak füze saldırılarına açık olma riskini taşıyacakları sonucuna varmışlardır.

Türkiye'nin yerli savunma sanayisinin teknik kısıtları karşısında, yetkililer BFSS için bir dizi yabancı tedarikçiye yönelmiştir. Türkiye'nin Ortadoğulu komşularının konuştuğudığı füzelere karşılık geliştirilen Amerikan-İsrail ortak Arrow sisteminin Türkiye'nin ivedi güvenlik ihtiyaçlarına en iyi şekilde karşılık vereceği sonucuna varılmıştır. Türk ve İsraili yetkililer 1996'dan 2000'lerin ortalarına dek İsrail'in güçlü Green Pine Radar ve Arrow II interceptor satışlarıyla ilgili onlarca toplantı yapmışlardır. ABD ilk başta sistemin ihracına karşı çıksa da sonunda kabul etmiş ve İsrail'i Türk yetkililerle görüşmeleri ilerletmeye teşvik etmiştir. Arrow programının finansmanının büyük ölçüde ABD tarafından karşılanması ihracat için Amerikan ve İsrail hükümetlerinin resmi onayını gerekli kılmaktadır.

Uzun görüşmelere rağmen diplomatik, finansal ve lojistik sorunlar Ankara'nın BFSS sistemini tedarik etmesine engel olmuştur. Buna rağmen Ankara, BFSS arayışına devam etmiş tir , ancak önceki tedarik sorunlarına rağmen potansiyel tedarikçilerin listesini genişletip Amerikan Patriot, Rus S-400, Çin FD-2000 ve Fransız, İtalyan ortaklığı tarafından üretilen Eurosam Samp-T gibi potansiyel sistemleri de listeye dahil etmiştir. Bu ulusal çapta ilerletilen girişim, NATO'nun ittifakı İran füzelerinden korumak üzere Avrupa genelinde konuşlandırmak istediği füze savunma kalkanından ayrı olarak ele alınmaktadır.

Lizbon'daki 2010 NATO Zirvesi sırasında yirmisekiz müttefik BFSS'yi ittifak genelinde bir misyon olarak benimseyip benimsememe konusunda sert tartışmalara girmiştir. Obama hükümeti, İran'ın balistik füzelerine karşı daha iyi savunma sistemi inşa etmek üzere Amerikan BFSS sistemini Avrupalı müttefiklerinininkiyle birleştirmek istemiştir. Tartışmalar sırasında Türkiye'nin tutumu büyük şaşkınlığa ve yanlış anlamalara yol açmıştır. Türkiye, BFSS sisteminin komşu ülkelerle olan ilişkilerini daha kötüye götürmemesi, bütün Türkiye coğrafyasını kapsamaması ve Türk topraklarındaki BFSS unsurlarının Türk ordusu tarafından kontrol edilmesi gerektiğini öne sürmüştür.

Müttefiklerin Türk tarafının taleplerine uygun olarak İran ve Suriye'yi ismen tehdit olarak zikretmemeyi ve sistemi kimin kullanacağı konusundaki kararları ertelemeyi kabul etmeleri üzerine mutabakata varılmıştır. Türkiye ayrıca topraklarında bir erken uyarı radarı bulundurmayı kabul etmiştir.

Türkiye'nin İran ve Suriye'yi spesifik birer tehdit olarak isimlendirmekteki isteksizliği uluslararası basın ve diğer NATO müttefikleri tarafından büyük ölçüde yanlış anlaşılmıştır. Ankara, özellikle İran'ın İttifaka karşı tehdit olarak ifade edilmesinin Tahran'daki muhafazakarları füze ve nükleer programlarını hızlandırmaya teşvik edeceğinden kaygı duymuştur. Kuvvetli bir sistemin stratejik istikrarı bozma potansiyeli bulunduğundan, BFSS genelde konsept olarak tartışmalıdır. Sistemin karşıtları BFS'nin hedef ülkeyi en ileri BFSS sistemine bile baskın çıkacak sistemler geliştirmeye teşvik edebileceğini öne sürmektedir.

Bu saptamaların ışığında Türk tarafı dikkatli davranarak, İranlıları füze ve KİS programlarını hızlandırmaya teşvik edecek saldırgan bir söylemi benimsemeye özen göstermiştir. Türkiye kabiliyetleri esas alan bir yaklaşımı benimsemiş ve NATO'daki ortaklarına sistemi uygularken balistik füze kabiliyeti olan tüm ülkeleri gözönünde tutma çağrısında bulunmuştur. Buna ek olarak, yetkililer sistemin savunma amaçlı olması ve herhangi bir ülkeyi hedef olarak belirlememesi gerektiğine inanmaktadır. Türkiye tehditleri adlandırmanın yalnızca BFSS'yi alt etmek için karşı önlemler geliştirme isteğini hızlandıracağına inanmaktadır.

2.8 2012 Nükleer Silahlardan Arındırılmış Ortadoğu Konferansı

Türkiye geçmişte Orta Doğu'da Nükleer Silahlardan Arındırılmış bir bölge (NSAOD) kurulma çabalarını sessizce desteklemiş, ancak Amerikan TNS'lerine evsahipliği yaptığı için herhangi bir anlaşmaya taraf olmayı hiç düşünmemiştir. Sovyet önderliğindeki bir istila korkusu güvenlik planlamasını güçlü bir biçimde etkilemiş ve TNS'lerin askeri yararını güçlendirmiştir. Ancak Soğuk Savaşın sona ermesinden bu yana değişen tehdit algıları kaçakçılık şebekelerinin oluşturduğu artan tehditlerle birleşince, devlet dışı oyuncular ve KİS BFS yayılması Türkiye'nin söyleminde bir değişikliğe yol açmıştır.

NPT'nin VII. Maddesi, "herhangi bir Devletler grubunun kendi bölgelerinde hiç nükleer silah bulunmamasını sağlamak için bölgesel anlaşmalar yapma hakkını" korumaktadır. Nükleer silahlardan arındırılmış bir bölge (NSAB) ülkelerin nükleer silahlar üretmemeyi, sahip olmamayı, almamayı veya test etmemeyi kabul ettikleri belirli bir bölgedir. Halen NSAB'ler Güney Yarıkürenin tamamı dahil 116 ülkeyi kapsamaktadır. NSAB'ler nükleer silahların geliştirilmesini yasaklamanın yanı sıra, "anlaşmanın taraflarına negatif güvenlik güvenceleri sağlamaktadır. Bu, NPT kapsamındaki nükleer silahlı beş devletin bölge üyesi ülkelere karşı nükleer silah kullanmayacakları ya da kullanmakla tehdit etmeyecekleri taahhüdüdür" (Clearinghouse 2010).

1974'ten itibaren ilk olarak Mısır ve İran Ortadoğu'da Nükleer Silahlardan Arındırılmış Bölge (NSAOD) kurulmasını teklif etmiştir. BM Genel Kurulu o dönemden beri bu fikri benimseyen bir dizi Karar almış ve 1991'de bir BM çalışması NSAOD'yi kurmak için gereken adımları belirlemiştir. Bu çabalar birinci Körfez Savaşının hemen ardından, BMGK'nin 687 no'lu Kararının çıkarılmasıyla güçlenmiştir. Bu karar bir NSAOD kurulmasını desteklemiştir. 1995, 2000 ve 2010 Gözden Geçirme Konferanslarındaki (Revcon) delegeler de NSAOD'nin uygulanmasını isteyen Kararlar çıkarmıştır.

Bir NSAOD kurma çabaları bölgenin tek nükleer gücü olan İsrail'in güçlü muhalefetiyle engellenmiştir. Mısır ve diğer Arap ülkeleri müzakereler için önkoşul olarak İsrail'in nükleer silahsız bir devlet olarak NPT'ye katılmasında ısrar etmiş, İsrail ise ancak tüm komşularıyla geniş kapsamlı bir barış anlaşmasına varılması durumunda bir NSAOD'yi destekleyeceğini bildirmiştir. 1995 Revcon Eylem Planını

uygulamanın bir yolunu bulmakla görevlendirilen alt komite olan Alt Grup 2 müzakerelerinde bu sorun en önemli gündem maddesini teşkil etmiştir. Sonunda müzakereciler İsrail adına müzakere eden ABD ile Arap ülkeleri tarafından dile getirilen endişeleri de gözönünde bulundurarak, bir NSAOD kurulması için 2012'de bir "ilk" konferans tertiplenmesi çağrısında bulunan bir taslak hazırlamıştır.

Taslaktan unsurlar nihayetinde 2010 Revcon Nihai Belgesine dahil edilmiştir. Nihai Belgede Birleşmiş Milletler, Rusya ve İngiltere (1995 Revcon toplantısındanki Ortadoğu kararının üç sponsoru) tüm bölge ülkelerinin katılacağı, "bölge ülkeleri tarafından özgürce varılan düzenlemelere dayanarak ve nükleer silahlı devletlerin tam desteği ve katılımıyla nükleer silahlardan ve diğer tüm kitle imha silahlarından arındırılmış bir Ortadoğu bölgesinin kurulması" amaçlı bir konferans düzenlemeyi taahhüt etmektedir.⁴

Türkiye, 2010 Revcon öncesi ve sonrasında global toplumun NSAOD'in kurulmasını hızlandırmak üzere somut adımlar atmasını güçlü bir şekilde savunmuştur. Nisan 2011'de Dışişleri Bakanı Davutoğlu, Avustralya, Kanada, Şili, Japonya, Almanya, Meksika, Hollanda, Polonya ve Birleşik Arap Emirlikleri'nden mevkidaşlarıyla Eylem Planının uygulanmasını hızlandırmanın yollarını görüşmüştür. Toplantı sonrasında 10'lar Grubu (G10) uluslararası topluma "nükleer silahsızlandırmayı gerçekleştirmek ve uluslararası yayılmanın önlenmesi rejimini güçlendirmek için çalışma" çağrısında bulunan bir bildiri yayınlamıştır. Teklifleri arasında "nükleer silahlardan ve diğer tüm kitle imha silahlarından arındırılmış bir Ortadoğu" çağrısı da yer almıştır. Türkiye Dışişleri Bakanı G-10'un bir üyesi olarak mevkidaşları arasında 2012 NSAOD konferansının gündemini yürütmek üzere başlıca sorumluluğu üstlenmiştir. Türkiye ayrıca konferansa evsahipliği yapmak da istemektedir. Ancak şu aşamada Hollanda ve Finlandiya'nın adaylıkları daha ön plandadır.

Türkiye'nin bir NSAOD'nun hayata geçirilmesinin hızlandırılmasına yönelik şifahi zorlamaları, Mavi Marmara gemisindeki 9 Türk vatandaşının öldürülmesinin ardından Türk-İsrail ilişkilerinin kötüleşmesiyle aynı zamana denk geldi. Ayrıca Washington ve Brüksel'in ihtilafli nükleer programı nedeniyle İran'ı ayrı tutma çabalarını artırdığı bir zamana denk geldi. Türkiye'nin bulunduğu konum Washington'daki, Erdoğan'ın NSAOD'nun oluşturulmasına yönelik yaptığı konuşmaların İsrail'in nükleer programına açık sitem teşkil ettiğine ve İran'ın nükleer programını kısıtlamaya yönelik küresel çabaları başka yöne çektiğine inanan bazı kişileri öfkeliendirdi. Washington bu iki konuyu birbirinden ayırtmak ve her iki konuyu birbirinden bağımsız olarak takip etmek istediklerini oldukça açık bir şekilde ortaya koydu. Bu zamana kadar, Türkiye İsrail nükleer programı, İran'ın nükleer programı ve Orta Doğu'daki nükleer silahların yaygınlaşması konularını ayırtma konusuna çok az ilgi göstermişti. Türkiye, bir NSAOD'nun oluşturulmasının bölgede dengeyi sağlama ve gerilimleri azaltma konusunda büyük bir yol kat edeceğine inanarak bütün bu konuların birbirine bağlantılı olduğunu düşünmektedir.

4- Ayrıntılı bilgi için bkz, "Final Document," 2010 Review Conference of the Parties to the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, [http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=NPT/CONF.2010/50%20\(VOL.I\)](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=NPT/CONF.2010/50%20(VOL.I)).

3 Türkiye Nükleer Bomba Yapar mı?

3.1 Teorik Bir Tartışma

Kaynak ve zaman ayırmaya istekli devletlerin teknik engellerin üstesinden gelebildiğini ve birinci nesil nükleer silahları başarıyla geliştirebildiğini tarih göstermiştir. Ancak tarih aynı zamanda nükleer olanaklara sahip olmasına rağmen nükleerden uzak kalmayı tercih etmiş ülkelerle de doludur. Nükleer silahlara yönelme kararı teknik olanaklarla beraber karar vericinin niyetiyle de ilgilidir. Şu anda politika yapıcılar İran'ın nükleer silahlarının komşularını da nükleer seçeneği araştırmaya iteeceğinden kaygı duymaktadırlar. Sık tekrarlanan bir gerekçeye göre, İran'ın nükleer silahı bölgede bir silahlanma yarışına yol açacaktır. Türkiye, Mısır ve Suudi Arabistan İran'a karşı yerli nükleer olanaklar geliştirmesi en muhtemel ülkeler olarak gösterilmektedir.

Başkan Gerald Ford ile Başkan George H.W.Bush'un eski Ulusal Güvenlik Danışmanı olan Brent Scowcroft 2009'da Senato Dış İlişkiler komitesine, "Eğer İran'ın devam etmesine izin verilecek olursa bölgede yarım düzine, dünya genelinde de 20 ya da 30 ülke kendini savunmak için veya çeşitli nedenlerden dolayı aynı şeyi yapacaktır," demiştir. (Haaretz 2009). ABD Dışişleri Bakanı Hillary Clinton Senato Tahsisat Alt Komitesi'ne, "Kullanılabilir bir silah sistemiyle nükleer silahlı bir İran Ortadoğu'da ve bütün bölge genelinde bir silahlanma yarışını başlatacaktır," demiştir (Voice of America 2009). ABD'deki şahinler arasında en İran karşıtı olanı, eski Bush hükümeti yetkilisi John Bolton ise ABD Temsilciler Meclisi Dışişleri Komitesi'ne, "Eğer İran nükleer silahlar elde derse, o zaman mutlaka Suudi Arabistan da aynısını yapacak; Mısır, Türkiye ve belki bölgede başkaları da onları izleyecek ve sonunda nükleer silahlara sahip olan demokratik bir İran bile olsa, geniş kapsamlı bir yayılma riskine gireceğiz," demiştir.

Ortadoğu'da bölgesel bir silahlanma yarışıyla ilgili bu uyarılar Soğuk Savaş döneminde global bir nükleer silahlanma yarış uyarılarıyla ürpertici bir benzerlik taşımaktadır. 1957'de gizli bir CIA Ulusal Haberalma Tahmini (NIE) şu sonuca varmıştır: "Önümüzdeki 10 yıl içinde ülkeler nükleer araştırma ve güç programlarının potansiyelinden yararlanarak ve yalnızca yerli kaynakları kullanarak en az birkaç adet nominal (20-40kt) nükleer silah yapabilirler" (1957). Yalnızca Fransa, Kanada, İsveç ve Batı Almanya'nın böyle bir programı üstlenebilecek finansal olanaklara sahip olduğuna inanan ABD, Avrupa'da silahlanma çabalarının Doğu Almanya'da başlayıp Japonya'da sona erecek bir yayılma akımını başlatacağından kaygı duymuştur. Bu kaygılar Amerika'nın Avrupa genelinde askeri üslerde nükleer silahları ileri konuşlandırma kararına katkıda bulunmuştur.

Her iki örnekte de politika yapımcılar herkesin başının çaresine baktığı anarşik bir dünyada devletlerin kendilerini yok olmaktan korumak için nükleer silah arayışına gireceklerini varsaymıştır. Neo-realist / realist güvenlik paradigması yararlı olmakla birlikte, nükleer silahları yapma olanağına sahip çok sayıda ülkeye karşı nükleer silahlı nispeten az sayıda ülke olmasını açıklayamamaktadır. Gerçekte ülkeler bir dizi yayılma kısıtlarına tabidir ve gizli bir silahlanma programının başlatılması kararının alınması genelde pek kolay değildir.

Türkiye'nin böylesine bir kararı uluslararası konumunda ciddi komplikasyonlar yaratacak, ekonomisine darbe vuracak , ABD ve diğer NATO müttefikleriyle ilişkilere ciddi hasar verecektir. Ayrıca, Türkiye'nin herhangi bir nükleer silahlanma girişimi ABD'nin sert tepkisini çekecek ve büyük olasılıkla Amerika'dan güvenlik garantilerini güçlendirme teklifi gelecek, bunun yanı sıra Türkiye silahlanma çabalarını sürdürecektir olursa yaptırım tehdidi söz konusu olacaktır. Türkiye'nin nükleere sahip olmayan geçmişi ve uzun yıllardır NATO güvenlik taahhüdüne güvenmesi dikkate alındığında, bağımsız bir silah kabiliyeti uğruna köklü nükleer silahsızlık politikasını kolayca bir kenara atacağı bir senaryo hayal etmek güçtür.

Türk politika yapımcıları aslında 1990'ların ortalarından beri İran'ın nükleer programının sonuçlarıyla sessiz sedasız uğraşmaktadırlar. Ankara balistik füzelerin yayılmasından kaynaklanan tehditlere karşı bağımsız bir füze kalkanını aktif olarak istemiştir. Buna bağlı olarak, sağlam diplomasi ve ekonomik işbirliğine dayanan uzlaşmacı bir dış politika benimsemiştir. Yetkililerin Türkiye'yi İran füzelerinden koruyacak teknolojiler geliştirirken, İran'ın nükleer olma güdüsünü yatıştıracağına inandıkları bu politika aynı zamanda bölgesel gerilimi azaltmayı da amaçlamaktadır.

Türkiye kendi nükleer silah olanaklarını geliştirmek yerine, teorik olarak nükleer silahlar için ayrılan bazı misyonların yerini alacak sağlam konvansiyonel kabiliyetlerini güçlendirme arayışıyla daha fazla ilgileniyor görünmektedir. Türkiye bunun için yabancı tedarikçilere yönelmiş, ancak aynı zamanda yüksek teknolojili silahları yerli olanaklarıyla tasarlayıp üretmeye başlamayı hedeflemektedir. Türkiye'nin değişen askeri tavrı devlet olmayan oyuncuların oluşturduğu tehditlere karşı koymayı ve Türkiye'nin konvansiyonel savaş olanaklarını güçlendirmeyi hedeflemektedir. NATO güçleriyle birlikte çalışabilirlik ülkenin savunma politikasının kilit unsuru olmaya devam etmektedir ve Türkiye'nin en önemli müttefikleriyle ortak üyeliğini tehlikeye atması olası değildir.

Bir bütün olarak bakıldığında Ankara'nın açıklamaları ve hareketleri Türkiye'nin NATO'nun güvenlik garantisine sadık kalacağını, bir yandan da haberalma, izleme ve bilgi yönetimi yeteneğini arttırmak için yerli kabiliyetler geliştireceğine işaret etmektedir (McGregor 2008). Türkiye'de NATO nükleer silahlarının varlığı ve Türkiye'nin İttifaka üyeliği uzun vadeli savunma stratejisinin temelini oluşturmaktadır. İttifaktan ayrılmak veya yasadışı bir nükleer programa girişmek, savunma planlamalarını ciddi biçimde saptıracak ve Türkiye'nin güvenliğini sarsacaktır. İran'ın nükleer silahına karşı çok daha muhtemel bir tepki İncirlik hava üssündeki B-61'lerin savaşa hazırlıklarını sağlamak ve nükleer kabiliyetli

önhat muharebe uçaklarının alınması ve bunlarla eğitimin sağlanmasıdır. Bu iki girişim bir arada nükleer silah kullanma isteği ve becerisine dayanan caydırıcılık ilkesini pekiştirecektir. Türkiye ayrıca büyük olasılıkla BFS'nin konuşlandırılmasını ve geliştirilmesini de hızlandıracaktır. Daha geniş perspektifte, Ankara ABD'yle daha yakınlaşacak ve Amerika'nın İran'ı kontrol altına alma çabalarına katılacaktır.

Hal böyle olmakla birlikte NATO'nun güvenlik garantisinin kalkması durumunda Ankara'nın güvenlik algısı dramatik ölçüde değişebilir ve hükümeti nükleer silah olanakları geliştirme konusunu araştırmaya zorlayabilir. Türkiye'nin İttifakın ülkenin savunmasına yardım etme taahhüdünün sağlamlığı konusunda pek rahat olmadığı bilinen bir gerçektir. Türkler NATO'nun 1991'de, Birinci Körfez Savaşı'nda interseptör füzeler konuşlandırmadaki çekimserliğini çok net hatırlamaktadırlar. Daha önce belirtildiği gibi, Amerikan TNS'lerinin Türk topraklarında tutulmasının derin bir politik anlamı vardır ve Amerika'nın Türk savunmasına karşı taahhüdünü temsil etmektedir.

Eğer bir nükleer karar verilecekse, Türkiye'nin önce çekirdeği bölünebilir maddeleri üretmek için gerekli altyapıyı edinmesi gerekir. İlk nükleer silah çalışmaları büyük olasılıkla hükümetin yönlendirdiği bir fizibilite çalışması şeklinde olacak, ardından yine hükümet önderliğinde sürdürülen bir nükleer silah gayreti gelecek ve eğer başarılı olursa, sonunda nükleer bir aygıt elde edilecektir.

3.2 Türkiye'nin Nükleer Altyapısı: Türkiye Bomba Yapabilir mi?

Türkiye'nin nükleer silah için çekirdeği bölünebilir maddeleri üretmek için gerekli altyapısı bulunmamaktadır. Uranyum çıkarmak, uranyumu zenginleştirmek veya kullanılmış nükleer yakıtları yeniden işlemek için gerekli altyapı da yoktur. Bu çok önemli altyapının yokluğunda, Türkiye bir nükleer silahın çekirdeği bölünebilir çekirdeğini yerli olarak üretmez. Ancak, birinci nesil nükleer silahların tasarımları yaygın şekilde bilinmektedir ve eğer liderler onay verirse, Türk fizikçiler büyük olasılıkla teknik olarak birinci nesil nükleer silah yapma becerisine sahiptirler. Hükümet bir nükleer silah yapmaya karar verecek olursa, hemen hemen mutlaka basit bir "gun-type", ya da birinci nesil patlama tipi bir düzenek tasarlayarak başlayacaktır.

"Gun-type" bomba, yapımı en kolay olan silahtır. Temel bomba tasarımında bir top namlusu kritik altı yüksek zenginleştirilmiş (HEU) hedefe yönelmiştir. Zincirleme reaksiyonu başlatmak için bir başka kritik altı HEU roket HEU hedefe ateşlenir. Bu iki parça bir kez birleşince nükleer zincirleme reaksiyonu başlatırlar ve sonuçta nükleer patlama oluşur. Yüzde 90 HEU bu tür silah için en etkin malzemedir, ancak yüzde 80 HEU ile de bomba yapılabilir.

"Implosion-type", bomba plütonyum çekirdeğinin konvansiyonel patlayıcılarla sıkıştırıldıktan sonra bunların ateşlenmesi neticesinde çekirdeğin sıkışarak kritik düzeye erişmesi şeklinde çalışır. Patlamanın şok dalgası nükleer inisiyatörü de

sıkıştırır ve füze çekirdeğini nötronlarla doldurup zincirleme reaksiyonu başlatır. Amerikan Manhattan Projesi'ndeki bilimadamlarının 9 Ağustos 1945'te New Mexico çölünde denedikleri silah bu tiptedir. Plütonyum çekirdek Hanford, Washington'daki plütonyum üretim reaktörlerinden gelmişti. Bomba tasarımcıları silahta kullanmak üzere yaklaşık 6 kg yüzde 90 plütonyum-239'a ihtiyaç duymuşlardır. (Pu-239)

Normalde, nükleer silah yapma çabasındaki bir ülke, komple nükleer yakıt döngüsünü geliştirmeye çalışır, zira bu teknolojiler nükleer silahlarda kullanılmak üzere gereken çekirdeği bölünebilir maddeleri bir sivil güç programı kisvesi altında yerli olarak üretmelerine olanak tanımaktadır. Nükleer yakıt döngüsü uranyumun bir nükleer reaktörde ya da nükleer silahta kullanılmak üzere hazırlanmasıdır. Bu süre madeni çıkarmayı, haddelemeyi, dönüştürmeyi, zenginleştirmeyi ve yakıt üretimini kapsar. Bu adımlar nükleer yakıt döngüsünün ön cephesini oluşturur. Nükleer reaktörde bir süre kaldıktan sonra kullanılmış yakıt geçici depolama, yeniden işleme ve geri dönüşüm gibi bir dizi aşamadan daha geçtikten sonra atık olarak bertaraf edilir.

Sivil reaktörler için nükleer yakıt hazırlama ve geri dönüşüm süreci, silahlarda kullanılan çekirdeği bölünebilir maddelerinin üretim süreciyle hemen hemen aynıdır. Geçmişte gelişmekte olan ülkeler yakıt döngüsünü tamamlama çabasına girdiklerinde kuşku uyanmıştır. Türkiye nükleer enerjiye olan kesin taahhüdüne rağmen, bugüne dek yakıt döngüsü teknolojisi geliştirmek ya da elde etmek konusunda herhangi bir plan açıklamamıştır. Ancak, gelecekte zenginleştirme ya da yeniden işleme teknolojileri geliştirme ya da edinme olasılığını da kapıyı kapatmamaktadır.

3.2.1 Türkiye'nin Ön Cephe Kapasitesi

Madencilik: Bu, uranyum ya da Toryum gibi diğer çekirdeği bölünebilir maddelerinin topraktan çıkarılması sürecidir. Türkiye Anadolu genelinde yayılmış uranyum ve toryum yataklarına sahip olmasına rağmen, uranyumu ticari ölçekte çıkaracak altyapıya sahip değildir.

Haddeleme: Uranyum madeni çıkartıldıktan sonra bir haddehaneye götürülür ve orada öğütülüp uranyum "sarı pastasına" dönüştürülür. Ankara'da MTA Laboratuvarı 2009'dan itibaren küçük ölçekte uranyum heksaflorit üretimine başlamıştır. Nükleer Yakıt Tesisi Biriminde küçük ölçekli uranyum pürifikasyonu da yapılmaktadır.

Dönüştürme: Dönüştürme, haddelenmiş uranyumun uranyum heksaflorit (UF₆) gazına dönüştürülmesi işlemidir. Türkiye'nin uranyum dönüştürmek üzere tasarlanmış ve bu işe ayrılmış tesisi yoktur, ancak sınırlı ölçüde doğal uranyumu uranyum oksit'e (UO₂) dönüştürebilmektedir. UO₂ zenginleştirilmiş uranyum gerektirmeyen ağır su reaktörlerinde kullanılabilir.

Zenginleştirme: Doğal uranyum çıkartıldığında yüzde 99.3 uranyum-238 (U-238) ve yüzde 0.7 Uranyum-235 (U-235) şeklindedir. Dünyadaki nükleer reaktörlerin

çoğunda kullanılan yakıt yüzde 3-5 U-235 konsantrasyonu gerektirir. Zenginleştirme gaz difüzyonu, santrifüjle ayrıştırma veya lazer izotop ayrıştırma şeklinde yapılır. Türkiye'de hiçbir ticari ölçekli zenginleştirme merkezi bulunmamaktadır ve ülkede bunu elde etmek ya da yapmakla ilgili bir plan da açıklanmamıştır. Ancak, gelecekte bu teknolojinin elde edilmesi olasılığı da gözardı edilmemektedir.

Silah kalitesinde uranyum zenginleştirme süreci sivil zenginleştirme sürecine çok benzemektedir. Eğer bir ülke nükleer silah geliştirmeyi isterse, arzu edilen saflık elde edilene kadar süreci tekrarlayacaktır. Nükleer bir silah için yüzde 80 ile 90 zenginleştirilmiş uranyum gerekir. Örneğin ABD Tarafından Hiroşima'da kullanılan uranyum bombasında 64 kg yüzde 80 uranyum bulunuyordu. Sonuçtaki verimin 13 ile 18 kiloton arası olduğu tahmin edilmektedir. Zenginleştirilmiş uranyum Oak Ridge, Tennessee'deki gaz difüzyon tesislerinde üretilmiştir.

Yakıt Üretimi: Zenginleştirme sonrasında UF₆ yeniden UO₂'ye dönüştürülüp bir nükleer yakıt çubuğunda kullanılmak üzere peletler haline getirilir. 1986'dan beri Küçükçekmece'deki Yakıt Pilot Tesisinde nükleer reaktörde kullanılmak üzere UO₂ peletleri küçük ölçekte üretilmektedir.

3.2.2 Türkiye'nin Arka Cephe Kapasitesi

▪ Yeniden işleme:

Yüzde 90-95 Plutonyum-239 (PU-239) içeren Plutonyum silah kalitesindedir. Silah kalitesinde PU-239 üretmek için, yakıt çubuğu Plutonyum-240 izotopunun birikimini önlemek amacıyla reaktör çekirdeğinde ancak birkaç hafta tutulmalıdır.

Sivil enerji reaktörleri çekirdeği bölünebilir maddesinin enerji çıktısını azamiye çıkartmak amacıyla daha yüksek yanma düzeyinde çalıştırılırlar. Nükleer silahlar bağlamında ağır su reaktörleri plutonyum üretimine daha uygundur. Dünyadaki reaktörlerin büyük çoğunluğu hafif su reaktörleridir ve bunlar silah kalitesinde plutonyum üretimi için ideal değildir.

Plutonyum reaktör çekirdeğinde ışılandıktan sonra ışılanmış yakıt çubuklarından ayrılır. Buna karşılık, sivil enerji programlarında kullanılmış yakıtların çoğu yeniden işlenip depolanmaktadır (ISIS). PUREX sürecinde plutonyum, uranyum ve uranyumötesi elementler, kullanılmış reaktör yakıtının nitrik asit içinde çözülmesiyle ayrıştırılır. Yakıt çubuklarının kaplaması çıkartılıp ışılanmış yakıt ortaya konur (ENS). Daha sonra yakıt çubuğunun içeriği nitrik asit solüsyonunda çözülür ve kaplama da çıkartılıp nükleer atık olarak atılır. Solüsyon kerosenle karışık tribütil fosfatla bir araya getirildiğinde uranyumötesi elementler plutonyum ve uranyumdan ayrılır. Plutonyum ve uranyum ayrıldıktan sonra solüsyonda plutonyum nitrat ve uranyum nitrat kalır. Plutonyum genelde nakliye ve depolama için bir oksite dönüştürülür, ya da bir nükleer silahın çekirdeğinde kullanılmak üzere işlenir.

Türkiye'nin hızla ve kolayca yeniden işleme kabiliyeti geliştirmesi olası değildir; zira tedarikçi ülkeler ihracat kısıtlamalarını arttırmış ve son yıllarda ancak az

sayıda ekipman transferi yapmışlardır. Ayrıca Türkiye'de herhangi bir nükleer reaktör bulunmamaktadır.

Türkiye'nin Rusya'yla yaptığı anlaşma 4 Standardize VVER-1200 (Avrupa'da MIR-1200 veya Modernized International Reactor olarak bilinmektedir) yapımı içindir. İmkansız olmasa da, bu hafif su reaktörleri silah kalitesinde plutonyum üretimi için ideal değildir (Gillinsky 2004). Bundan başka, Rusya "anahtar teslim" bir reaktör sunmayı ve kullanılmış nükleer yakıtın tamamını geri almayı planlamaktadır. Rusya yakıt çubuklarını sağlayacak, tesisi denetleyip işletecek, sonra da kullanılmış yakıtı alacaktır. Türkiye'nin ne yakıt çubuklarına, ne de birikmiş kullanılmış yakıtı erişimi olacaktır.

Türkiye, sivil bir nükleer enerji programının temelini oluşturmak üzere bir dizi teknolojiye yatırım yapmıştır. Ancak, ticari ölçekte zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojilerinin bulunmaması, Türkiye'nin hızlı bir şekilde nükleer silah geliştirmesini pek olası kılmamaktadır. Nükleer endüstrisi daha yeni doğmakta olduğundan ve ticari ölçekte zenginleştirme ile yeniden işlemenin geliştirilmesindeki güçlükler karşısında, Türkiye yakıt döngüsü teknolojisi için büyük olasılıkla yabancı tedarikçilere dayanacaktır. Yukarıdaki ihracatın kontrolü bölümünde belirtildiği gibi, uluslararası toplum bu teknolojileri sıkı kontrol etmektedir. Ancak, kaçakçılık şebekelerinin artması ve teknolojik bilgi birikiminin yayılması ülkelerin kendi başlarına zenginleştirme teknolojileri geliştirmelerini olanak dışı bırakmamaktadır.

Türkiye'nin nükleer silahların yayılmasını önlemek konusunda çok parlak bir geçmişi vardır ve nükleer teknolojinin yayılması konusunda ilgili tüm IAEA ile uluslararası enstrümanları imzalamıştır. Bundan başka, NATO üyesidir ve AB üyeliğine adaydır. NATO'daki müttefikleriyle ilişkiler kopmadıkça veya güvenlik ortamında büyük bir değişiklik gerçekleşmedikçe, ya da sivil yönetim Ankara'nın ivedi menfaatlerinde köklü bir yeniden değerlendirmeye girişmedikçe, Türkiye'nin gayrimeşru yollardan nükleer silah geliştirmeyi düşünmesi olası değildir.

Türkiye Soğuk Savaşın büyük bölümünde nükleer silahlı düşmanlarla karşı karşıya kalmıştır. Ülke küçük bir nükleer cephanelik geliştirmek yerine, ABD ile ittifakı tercih etmiştir. İran'ın nükleer silahı, güç dengesini değiştirecek ve Türklerin bölgedeki hareket özgürlüğünü büyük ölçüde kısıtlayacaktır. Eğer bu durum gerçekleşirse, Türkiye büyük olasılıkla caydırıcılık için yıllardır olduğu gibi NATO'nun nükleer politikasına güvenmeye devam edecektir.

Türkiye bu senaryoyu önlemek için çok çaba göstermektedir. Türk politika yapıcıları Batılı mevkidaşlarına sürekli yeniden bir "cephe" ülkesi olmak istemediklerini hatırlatmaktadır. Ankara'nın Ortadoğu'ya dönüşü, kısmen ekonomik bütünleşme, karşılıklı bağımlılık ve dostça ilişkilerin yaptırımlardan ve tehditkar bir söylemden daha etkili olmasından kaynaklanmaktadır. Böylelikle Türkiye dış politika sorunlarına yumuşak güce dayanan çözümler arayışında bir devlet olduğunu ortaya koymuştur. Ankara nükleer bir tetikleyici ile karşı karşıya kalırsa, büyük olasılıkla güvenliğinin geleneksel garantörleriyle olan bağlarını güçlendirip neo-liberal yaklaşımını devam ettirecektir.

4 Sonuç: Türkiye, Nükleer Alanda Batıdan "Bağımsız" Bir Politika İzlemeye Ne Ölçüde Meyillidir?

"Sıfır sorun" dış politikasının esas ilkelerinden biri, Türkiye'nin geleneksel Batılı müttefikleriyle bölgedeki komşuları arasındaki ilişkileri dengede tutmaktır. Türkiye önceki politikalarından farklı olarak, komşu ülkelerle daha yakın ilişkiler kurma adına Batı'dan gelen politik baskılara göğüs germeye daha eğilimli olmuştur (The Economist,2010). Bunun en belirgin örneği Ankara'nın İran'ı IAEA'ya karşı geldiği ve nükleer aktiviteleri konusunda önemli bir dizi soruya cevap vermeyi reddettiği için gündeme gelen suçlamalarda Batılı müttefikleri kadar ileri gitmekteki isteksizliğidir. Bu isteksizlik Batı'da bazıları Türkiye'nin hala sadık bir Batı müttefiki olarak görülüp görülemeyeceğini sorgulamaya itmiştir.

Türkiye'nin söylemindeki değişiklik Soğuk Savaş düşüncesinden uzaklaşıp, özünde bölgesel istikrarı ve ekonomik kalkınmayı destekleme çabası bulunan daha kapsayıcı bir bölgesel stratejiye yönelmesiyle aynı zamana denk gelmiştir. Türk hükümeti iç siyasi gündeminin odak noktası olarak büyük ölçekli altyapı geliştirme projelerine yoğun yatırım yapmıştır. Bu projeler bazı örneklerde Türk dış politikasını da etkilemiştir. Örneğin, nükleer enerjiye yönelme kararı dış politika açısından geniş etkileri bulunan dahili bir karardır. Hükümet nükleer enerjiyi açıkça ithal fosil yakıtlara karşı yararlı bir alternatif olarak tanımlamış ve nükleer gücü geliştirmeyi ulusal bir öncelik haline getirmiştir. Ancak ülkenin teknik sınırlamaları karşısında, Türkiye öngörülebilir gelecekte nükleer enerji için yabancı tedarikçilere güvenmek zorunda kalacaktır ve bu da doğal olarak bazı Batılı nükleer tedarikçi ulusların çabalarıyla NPT'nin üç temel direğinin aşınmaması konusundaki önceliği beraberinde getirmektedir. Batı'nın bu alandaki çabalarının aşırılığı Türkiye'nin İran'ın zenginleştirme hakkını teyid etme tercihine yol açmıştır.

Türkiye ve Batılı müttefiklerinin menfaatleri İran'ın nükleer silah geliştirmemesini sağlamak konusunda birleşmektedir. Türk güvenlik ve hükümet yetkilileri İran'ın nükleer silahının bölgedeki güç dengesini bozacağından ve Türkiye'nin güvenlik menfaatlerini sarsacağından kaygı duymaktadırlar. Bu kaygı Washington ve Brüksel'deki yetkililer tarafından da paylaşılmaktadır. Ancak, Türkiye ile Batı'nın İran nükleer krizini nasıl çözmek istedikleri konusunda farklılıklar bulunmaktadır. Batı politika olarak zorlayıcı yaptırımları benimserken, Türkiye "yumuşak güç" yaklaşımı lehine bu politikayı reddetmektedir. İran rejimini izole etmenin uygulanabilirliği, iç politika ve ekonomik konular anlaşmazlığı körüklemektedir.

Türkiye yaptırımların İran'daki nükleer taraftarlarını güçlendireceğine inanmakta; Batı ise yaptırımların İran'ın nükleer programını ilerletme yolundaki iradesini baltalayacağına inanmaktadır. Bu görüş ayrılığı, Batı'nın Türkiye-İran-Brezilya ortak bildirgesinden rahatsızlığı, Türkiye'nin ise BMGK 1929 sayılı kararını desteklemeyi reddetmesi ile sonuçlanmıştır.

Türkiye'nin BMGK'nde ABD'ye karşı çıkmaya istekli olması Ankara'nın yeni güvenlik görüşü ve bölgesel güvenlik hedeflerini elde etmek için daha bağımsız bir politika yürütme istekliliği konusunda çok şey söylemektedir. Bu bağlamda, Batılı güçlerin izlediği politikaların Türkiye'nin ulusal güvenlik menfaatleriyle çatışması durumunda, Ankara'nın bunları desteklemekte tereddüt edeceğini söylemek doğru olacaktır. Ankara'nın son zamanlardaki NSAOD girişimini hızlandırma konulu çabaları, Batı'dan gelen baskılara göğüs germeye hazır olmasının bir başka örneğidir. Türkiye NSAOD girişimini her zaman desteklemiş, ancak son yıllarda çok daha proaktif bir tavır benimsemesine kadar, uygulama konusunda büyük ölçüde sessiz kalmıştır.

176

Ancak, Türkiye'nin TNS politikası açısından tam tersi doğrudur. Türkiye bu silahları NATO'nun kolektif güvenlik ilkesinin bir yansıması olarak gördüğünden, ülkenin savunma stratejisinin de odak noktasını oluşturan, Soğuk Savaş dönemindeki destek politikasını sürdürmüştür. Ankara bir başka NATO üyesi ülkenin TNS'lerin kaldırılmasıyla ilgili müzakerelere başlama çağrısına tam destek vermekte çekimser kalmış, İtalya ile beraber bunların konuşlandırılmasını sürdürmeye sessiz destek vermiştir. Bu açıdan Ankara NATO müttefiklerine ve kolektif güvenlik garantisine sadık kalmaktadır.

Ankara'nın dış politikasındaki denge çabalarının belki de en belirgin örneği, 2010 NATO Zirvesinde BFSS konusundaki tavrı olmuştur. Bir yandan Türkiye'nin geçmişten beri BFSS arayışında olması, balistik füzelerin yayılmasının oluşturduğu tehdidin farkında olduğunu göstermektedir. Ancak, Ankara'nın tıpkı İran'ın nükleer sorununun en iyi nasıl çözülebileceği konusundaki tavrı gibi, İslam Cumhuriyeti'ni tehdit etmenin yalnızca Tahran'ı hızla bir balistik füze arsenali oluşturmaya teşvik etme ihtimalinden dolayı İran'ı sistemin varlık nedeni olarak göstermekte temkinli davranmaktadır. Ankara bu tartışmada BFSS konseptini desteklemiş, ancak nihai belgede İran veya Suriye'nin tehdit olarak gösterilmemesini sağlamıştır. Türkiye Batı'nın talepleriyle İran ve diğer bölge ülkelerinin taleplerini başarılı bir biçimde dengelemiştir.

İleriye bakıldığında, Türkiye büyük olasılıkla kendi ulusal menfaatine dayalı bir dış politika yürütmeye devam edecek ve bu zaman zaman Batı'nın amaçlarıyla çelişebilecektir. Haziran 2011 seçimlerinde AKP'nin yeniden seçilmesi Türk dış politikasında kısa ve orta vadede bir politik devamlılık sağlamıştır. Aynı zamanda, halkın iktidar partisine verdiği güçlü yetki, AKP yönetimi tarafından artık Ankara'nın uluslararası ilişkilere yaklaşımının temelini oluşturan daha girişken ve iddali dış politikanın onaylandığı olarak yorumlanmaktadır. Seçim sonuçları AKP'nin dış politika söyleminin Türk kamuoyunun anlamlı bir kısmında baskın paradigma olduğunu göstermektedir. Kamuoyundan yeni ve güçlü bir yetki alan Ankara hükümeti, zaman zaman ülkenin Batı'daki müttefikleriyle çelişkiye düşmek anlamına gelse de, bölgesel güç rolünde artık daha da rahat olacaktır.

Uzun vadede ordunun ulusal güvenlik politikası üzerindeki etkisi daha da azalabilir ve sivil politikalarla dış politika arasındaki bağ daha da güçlenebilir. Nükleer alanda, Türkiye'nin NPT'nin IV. Maddesi çerçevesindeki haklarla ilgili tavrı ve NSG içinde tedarikçiler için önerilen bazı kısıtlamalara dair muhalefeti büyük olasılıkla değişmeyecektir. Nükleer enerjiye geçilmesi, kendi kendine yeterlilik ve ulusal prestij gibi bir dizi yan veçheleri de olan uzun vadeli bir kalkınma hedefidir. Bu bağlamda Türkiye'nin konumu henüz nükleer gücü olmayıp sivil bir nükleer program geliştirme amacıyla olan diğer devletlerin söylemine yakından benzemektedir. Türkiye tedarik tarafındaki, zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojisinin yayılmasını önleyen sıkı kontrollere ve ABD'nin "karakutu" ve "anahtar teslim" tekliflerine karşı çıkan bir dizi ülke arasındadır.

Ancak, Türkiye'nin nükleer enerji ve nükleer silahlarına yayılmasının önlenmesiyle ilgili bir dizi konuda Batı'daki geleneksel ortaklarıyla olan uyumsuzluğu Türk siyaset yapıcılarının nükleer silah programı geliştirme düşünceleri olduğu şeklinde algılanmamalıdır. Türkiye'nin ulaştığı demokratik olgunluk düzeyi ve Ankara'nın uzun süredir Batı'yla olan birlikteliği böyle bir sonucu olanaksız kılmaktadır. Türk politika yapıcılarını böylesi temelsiz ve basit iddialardan rahatsızlık duymaktadırlar. Dış politikada da gizli bir nükleer silah programının geliştirilmesi herhangi bir mantıktan yoksundur. Türkiye'nin hedefi, yumuşak ve akıllı gücüne dayanan önemli ve merkezi bir ülke olarak konumunu pekiştirmektir. Bu vizyon kuşkusuz bölgenin bir sonraki haydut devleti olmakla uyumlu değildir ve aksi demokratik toplumlarda seçimleri kaybetmenin kesin bir reçetesini oluşturmaktadır. İran'ın uluslararası toplumun tüm çabalarına rağmen nükleer silah sahibi olması senaryosunda bile, Türkiye'nin tepkisi tümüyle Tahran'ı kontrol etmek üzere belirlenen stratejide rol almak şeklinde olacaktır.

Ankara global yayılmanın önlenmesi rejimine bağlı kalmaktadır. Ancak, son girişimler Türkiye'nin nükleer enerjideki geleceği için çok önemli gördüğü konularda taviz vermeye yanaşmadığını açıkça göstermektedir. Ankara bu şekilde, zenginleştirme ve yeniden işleme teknolojilerinin yayılmasını engelleme amaçlı uluslararası taleplere rağmen yerli nükleer yetenekler geliştirme çabasındaki bir dizi nükleer güç adayı ülkeye katılmıştır. Ankara 2020 yılında Rus yapımı ilk reaktörün faaliyete geçmesini ve Türkiye'nin enerjiye aç pazarına enerji sağlamasını ummaktadır. Bu cesur hedefin bir yan ürünü olarak da, Türkiye 4. Madde çerçevesindeki haklarıyla bağlantılı söylemini güçlendirmiş, dünya genelinde benzer düşünen ülkelere katılmıştır. Türkiye'nin pozisyonu enerji kaynaklarında çeşitlenmeye gitmek ve nükleer enerjinin yayılmasından yararlanmak isteyen bir dizi yeni veya nükleer gücü olmayan ülkenin tutumunu da yansıtmaktadır.

Nükleer enerji endüstrisinin Batı'da yoğunlaşmış bir dizi tedarikçiden tüm dünyayı kapsayan yaygın bir sektöre dönüşmesi, potansiyel tedarikçilerin ve nükleer bilgi birikimi kaynaklarının da sayısını arttırmıştır. Bunun nükleer silahların yayılmasını önleme amaçlı uluslararası anlaşmalar üzerinde de somut bir etkisi olmuştur. Nükleer teknolojiye erişim artar ve tedarikçilerin sayısı çoğalırken eski nükleer güçlerin etkinliği azalmış, nükleer teknolojiye erişim kazanmaya kararlı, yeni bir uluslar bloğu ortaya çıkmıştır. İran'ın tartışmalı nükleer programı tüm bu gelişmelere gölge düşürmektedir. Gelecekte bu yeni ve gelişmekte

olan nükleer güç sahibi ülkelerin kendi nükleer güç isteklerini çift kullanımlı teknolojilerin yayılmasını önleme amaçlı uluslararası çabalarla dengelemeleri gerekecektir.

Türk hükümetinin teknik ve enerji alanlarında kendine yeterlilik konusundaki sarsılmaz arzusu, hükümetin nükleer silahların yayılmasını önleme politikasıyla bağlantılı her konuyu da etkilemekte, geleneksel güçlerin talepleriyle yeni gelişen ülkelerinkini dengelemeye zorlamaktadır. Bu bağlamda Türkiye büyük olasılıkla tedarikçi tarafında daha sıkı kontrollerle NPT ruhunun tehlikeye düşmemesini sağlamak, öte yanda da NPT kapsamındaki her ülkenin nükleer teknolojiye erişimini gerçekleştirmek için yoğun çaba gösterecektir. Ancak güvenlik tarafında, NATO üyeliği Türkiye'nin ulusal güvenlik stratejisinin odak noktası olarak korumaktadır. Dolayısıyla Türkiye NATO'nun gelecekteki güvenlik stratejilerini desteklemeye ve hatta biçimlendirmeye yardımcı olmaya devam edecektir. Bu bağlamda Türkiye'nin son zamanlardaki nükleer politikaları da Batı'yla olan geleneksel ilişkilerini Ortadoğulu komşularıyla dengeleme arzusunu yakından yansıtmaktadır. Türkiye'nin yeni dış politikasının halihazırdaki yörüngesinin yakın ve orta vadede büyük olasılıkla değişmeyecek olması Ankara'nın nükleer geleceğini yeni ve eski müttefiklerine anlatmaya devam etmek zorunda kalmaya devam edeceğini göstermektedir.

Referanslar

Boese W. (Eylül 2005), "No Consensus on Nuclear Supply Rules," *Arms Control Today*, http://www.armscontrol.org/act/2005_09/NoConsensusNukeSupply.

Boese,W. (Mayıs 2008), "U.S. Joins Others Seeking Nuclear Export Criteria," *Arms Control Today*, http://www.armscontrol.org/act/2008_05/NuclearExport.

Bunn,M., M. Malin ve Willian H. Tobey (Mayıs 2011), "Limiting Transfer of Enrichment and Reprocessing Technology: Issues, Constraints and Options," Belfer Center for Science and International Affairs, <http://belfercenter.ksg.harvard.edu/files/MTA-NSG-report-color.pdf>.

CBP,"Export Control and Related Border Security (EXBS) Program Overview," 14 Temmuz, 2008, http://www.cbp.gov/xp/cgov/border_security/international_operations/international_training/exbs.xml.

Clearinghouse, James Martin Center for Nonproliferation Studies Nuclear-Weapons Free Zone (Nisan 2010), http://cns.miis.edu/NSAB_clearinghouse/index.htm.

Dunlop, W.G.(Aralık 2009) , "Iran Offers to Swap 400 Kilos of LEU on Kish for Atomic Fuel," AFP.

Exprtcontrol.org: A Resource on Nonproliferation Export Controls, "Turkey's Views on Non-Proliferation and Turkish Export Control System," <http://www.exportcontrol.org/library/conferences/1379/TURKEY.pdf>.

Federation of American Scientists, "IAEA and Iraqi Nuclear Weapons," www.fas.org.

Fitzpatrick, M., (2008), *Nuclear Programmes in the Middle East: In the Shadow of Iran*, Londra: The International Institute for Strategic Studies.

Gillinsky,V. (Ekim 2004) "A Fresh Examination of the Proliferation Dangers of Light Water Reactors," The Nonproliferation Policy Education Center, <http://www.npolicy.org/files/20041022-GilinskyEtAl-LWR.pdf>.

Habertürk,<http://www.haberturk.com/gundem/haber/516636-biz-de-uranyum-zenginlestirecegiz>.

Haaretz (03 Haziran 2009), "Iran Could Trigger Nuclear Arms Race in Middle East," <http://www.haaretz.com/news/iran-could-trigger-nuclear-arms-race-in-middle-east-1.271591>.

Harvey, C. (Mart 2011), "From Theory to Reality: The Evolution of Multilateral Assurance of Nuclear Fuel Supply," *The Nuclear Threat Initiative* http://www.nti.org/e_research/e3_fuel_cycle.html.

IAEA, "The Safeguards of the International Atomic Energy Agency," http://www.iaea.org/OurWork/SV/Safeguards/safeg_system.pdf.

Institute for Science and International Security (Haziran 2011), "Production of Plutonium and Highly Enriched Uranium," http://www.isis-online.org/publications/fmct/primer/Section_II_nopics.html.

International Institute for Strategic Studies, "A.Q. Khan and Onward Proliferation from Pakistan," <http://www.iiss.org/publications/strategic-dossiers/nbm/nuclear-black-market-dossier-a-net-assesment/aq-khan-and-onward-prolifertion-from-pakistan/>

Kibaroğlu, M. (Nisan 2011), "Turkey, NATO & and Nuclear Sharing: Prospects after NATO's Lisbon Summit," Nuclear Policy Paper No. 5, British American Security Information Council, http://www.basicint.org/sites/default/files/Nuclear_Policy_Paper_No5.pdf.

McGregor, A. (Haziran 2008), "Arming for Asymmetric Warfare: Turkey's Arms Industry in the 21st Century," The Jamestown Foundation <http://www.jamestown.org/uploads/media/Jamestown-McGregorTurkishArmsIndustry.pdf>.

Marashi, I ve G. Nilsu (Nisan 2009), "Turkish Perceptions and Nuclear Proliferation," *Strategic Insights*, Cilt. 8, Sayı 2, <http://www.nps.edu/Academics/centers/ccp/publications/OnlineJournal/2009/Apr/marashiApr09.html>.

National Intelligence Estimate (1957), "Nuclear Weapons Production in Fourth Countries - Likelihood and Consequences," <http://www.gwu.edu/~nsarchiv/NSAEBB/NSAEBB155/prolif-2.pdf>.

NATO (2010), "Strategic Concept For the Defence and Security of The Members of the North Atlantic Treaty Organisation," <http://www.nato.int/lisbon2010/strategic-concept-2010-eng.pdf>.

Nikitin, M.B., A Andrews ve M Holt (Mart 2011), Managing the Nuclear Fuel Cycle: Policy Implications for Expanding Access to Nuclear Power, Congressional Research Service, <http://www.fas.org/sgp/crs/nuke/RL34234.pdf>.

Nuclear Suppliers Group Guidelines (Kasım 2007), INFCIRC/254/Rev.9/Part 1a, <http://www.nuclearsuppliersgroup.org/Leng/PDF/infirc254r9p1-071107.pdf>.

Public Papers of the President of the United States: John F. Kennedy, 1963 (1964), Washington, D.C.: Government Printing Office.

PUREX Process, European Nuclear Society <http://www.euronuclear.org/info/encyclopedia/p/purex-process.htm>.

RIA Novosti (Mart 2011), "Turkey suspects nukes on Iranian plane, finds other banned weapons headed to Syria," <http://en.rian.ru/world/20110322/163144440.html>.

Snyder, S. ve Wilbert van der Zeijden (Mart 2011), "Withdrawal Issues: What NATO Countries say About the Future of Nuclear Weapons in Europe," IKV Pax Christi.

Stein,A. (Ağustos 2009). "U.S. – UAE Nuclear Cooperation," *The Nuclear Threat Initiative*, http://www.nti.org/e_research/e3_uae_us_cooperation.html.

Stricker,A. (Şubat 2011), "United States Indicts Man behind Alleged Multi-Million Dollar Iranian Smuggling Network," The Institute for Science and International Security, 11,http://isis-online.org/uploads/isis-reports/documents/Jafari_10Feb2011.pdf.

The Economist (10 Haziran 2010), <http://www.economist.com/node/16333417>.

Taşpınar,Ö. (Eylül 2008), "Turkey's Middle East Policies: Between Neo-Ottomanism and Kemalism," *Carnegie Papers*, No. 10 : 21, erişim için: http://www.carnegieendowment.org/files/cmec10_taspinar_final.pdf.

Türkyılmaz, O.(2010), "Turkey's Energy Policies: Suggestions for a Change," *Insight Turkey*, Cilt:12, Sayı: 3.

World Nuclear Association (Haziran 2010), "International Framework for Nuclear Energy Cooperation (formerly Global Nuclear Energy Partnership)," http://www.world-nuclear.org/info/inf117_gnep.html.

Voice of America News (20 Mayıs 2009), "Clinton: Middle East May Start Arms Race If Iran Gets Nukes," <http://www.voanews.com/english/news/a-13-2009-05-20-voa59-68786472.html>.

Ek I

Türkiye Cumhuriyeti
Hükümeti ile Rusya
Federasyonu Hükümeti
Arasında Türkiye
Cumhuriyeti'nde Akkuyu
Sahası'nda Bir Nükleer
Güç Santralının Tesisine
ve İşletimine Dair İşbirliği
Anlaşması



Ek-1

Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti (**Türk Tarafı**) ve Rusya Federasyonu Hükümeti (**Rus Tarafı**);

Türkiye Cumhuriyeti ve Rusya Federasyonu'nun Uluslararası Atom Enerjisi Ajansına üye oldukları ve 1 Temmuz 1968 tarihli Nükleer Silahların Yayılmasının Önlemesi Antlaşması'na taraf oldukları hususlarını dikkate alarak;

Türkiye Cumhuriyeti ve Rusya Federasyonu'nun 26 Ekim 1979 tarihli Nükleer Maddelerin Fiziksel Korunması Sözleşmesi, 26 Eylül 1986 tarihli Nükleer Kazaların Erken Bildirimine İlişkin Sözleşme ve 17 Haziran 1994 tarihli Nükleer Güvenlik Sözleşmesi'ne taraf olduklarına işaret ederek;

6 Ağustos 2009 tarihli Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti arasında Nükleer Bir Kazanın Erken Bildirimine ve Nükleer Tesisler Hakkında Bilgi Değişimine İlişkin Anlaşma'yı dikkate alarak;

Türkiye Cumhuriyeti'nin katılım sürecinde olduğu, Rusya Federasyonu'nun da taraf olduğu, 5 Eylül 1997 tarihli Kullanılmış Yakıt İdaresinin ve Radyoaktif Atık İdaresi'nin Güvenliği Üzerine Birleşik Sözleşmesi'ne de işaret ederek;

Türkiye Cumhuriyeti'nin Nükleer Enerji Alanında Üçüncü Taraf Sorumluluğuna İlişkin 29 Temmuz 1960 tarihli Paris Sözleşmesi ile Viyana Sözleşmesi ve Paris Sözleşmesi'nin Uygulanmasına İlişkin 21 Eylül 1988 tarihli Ortak Protokol'e taraf olduğunu ve Rusya Federasyonu'nun 21 Mayıs 1963 tarihli Nükleer Zararlar İçin Sivil Sorumluluğa İlişkin Viyana Sözleşmesi'ne taraf olduğunu tanıyarak;

Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ve Rusya Federasyonu Hükümeti arasında 15 Aralık 1997 tarihli Enerji Alanında İşbirliği Anlaşması'na dayalı olarak Nükleer Enerjinin Barışçıl Amaçlarla Kullanımı alanında, Taraflar arasında işbirliğinin daha etkin hale getirilmesi yönünde çabalararak;

Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti arasında 6 Ağustos 2009 tarihli Nükleer Enerjinin Barışçıl Amaçlarla Kullanımına Dair İşbirliği Anlaşması ve Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Rusya Federasyonu Enerji Bakanlığı arasında 6 Ağustos 2009 tarihli Nükleer Güç Mühendisliği Alanında İşbirliğine İlişkin Protokol hükümleri uyarınca;

Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti arasında 15 Aralık 1997 tarihli Yatırımların Karşılıklı Teşviki ve Korunmasına İlişkin Anlaşma kapsamındaki haklar ve yükümlülüklerle işaret ederek ve

Türkiye Cumhuriyeti'nde Bir Nükleer Güç Santrali İnşasında İşbirliğine İlişkin Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı ile Rusya Federasyonu Başbakan Yardımcısının 13 Ocak 2010 tarihli Ortak Bildirisi'ne atıfta bulunarak, aşağıdaki hususlarda mutabakata varmışlardır.

MADDE 1 TANIMLAR

İşbu Anlaşma'nın diğer bölümlerinde tanımlanan terimlere ek olarak, aşağıda belirtilen tanımlar işbu Anlaşma kapsamında uygulanacaktır:

Anlaşma; Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ve Rusya Federasyonu Hükümeti Arasında Akkuyu Bölgesi'nde bir Nükleer Enerji Santrali Tesisi ve İşletilmesine İlişkin Anlaşma anlamına gelir.

Yetkili Kuruluşlar; Yetkili Otoriteler, Türk Kuruluşları ve Rus Kuruluşları anlamına gelir.

Yetkili Otoriteler; işbu Anlaşma'nın 4. maddesi kapsamında taraflarca belirlenen otoriteler (ve ikameleri) anlamına gelir.

Proje Anlaşmaları; Projeye ilgili olarak, Proje Şirketi için Elektrik Satın Alma Anlaşması da dahil, ancak bu anlaşma ile sınırlı olmamak üzere, aşağıdaki her bir anlaşma anlamına gelir:

(a) Türk Tarafı veya Türk Tarafı'nca kontrol edilen (doğrudan veya dolaylı olarak) veya çoğunluk hissesine sahip olunan (doğrudan veya dolaylı olarak) herhangi bir kuruluş (işbu Anlaşma tarihinde veya daha sonra) ve

(b) Proje Şirketi, herhangi bir Proje Katılımcısı ve/veya Rus Tarafı,

UAEA; Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı anlamına gelir.

Ortak Protokol; Viyana Sözleşmesi ve Paris Sözleşmesi'nin Uygulanmasına İlişkin 21 Eylül 1988 tarihli Ortak Protokol anlamına gelir.

ETKB; Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı anlamına gelir.

NGS, nükleer ada(lar), türbin adası(ları), santral dengesi ve sahada bulunan tüm yan hizmetler altyapısı da dahil, ancak bunlarla sınırlı olmamak kaydıyla, Projenin parçası olarak, sahada inşa edilecek nükleer güç santrali anlamına gelir.

Nükleer Yakıt; tam kontrol çubuğu ve yakıt demetleri halindeki nükleer yakıt anlamına gelir.

Paris Sözleşmesi; Nükleer Enerji Alanında Üçüncü Şahıslara Karşı Hukuki Sorumluluğa İlişkin 29 Temmuz 1960 tarihli Paris Sözleşmesi anlamına gelir.

Taraflar; Türk Tarafı ve Rus Tarafı anlamına gelir.

Elektrik Satın Alma Anlaşması (ESA); NGS tarafından üretilen elektriğin alımı ve satışına ilişkin Proje Şirketi ve Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş. (TETAŞ) arasındaki Anlaşma anlamına gelir.

Proje; saha incelemeleri, tasarım, inşaat, hizmete alma ve tüm işletme ömrü boyunca işletme, atık yönetimi ve sökümünü de kapsamak üzere, ancak bunlarla

sınırlı olmamak kaydıyla, Akkuyu Nükleer Güç Santrali Projesi anlamına gelir.

Proje Şirketi; Türkiye Cumhuriyeti kanun ve düzenlemeleri kapsamında, NGS'nin işletilmesi de dahil, ancak bununla sınırlı olmamak kaydıyla, projenin yürütülmesi amacıyla kurulan anonim şirket anlamına gelir.

Proje Katılımcıları; Proje Şirketi'nin her bir yüklenicileri veya alt yüklenicileri (herhangi bir düzeyden) veya kreditorlerinin ve doğrudan veya dolaylı hissedarlarının herhangi birisi de dahil olmak üzere, ancak bunlarla sınırlı olmamak kaydıyla, Proje Şirketi Tedarik Zinciri'nin her bir üyesi anlamına gelir.

Rosatom; Rusya Federasyonu Devlet Atom Enerjisi Kuruluşu "Rosatom" anlamına gelir.

Rus Kuruluşları; Rus Yetkili Otoritesi tarafından ilgili amaca matuf olarak yetkilendirilen Rus devletinin kontrolündeki herhangi bir kuruluş anlamına gelir.

Saha; işbu Anlaşma tarihinde Elektrik Üretim A.Ş.'ye (EÜAŞ) ait olan ve Proje Şirketi'ne tahsis edilecek olan Türkiye Cumhuriyeti Mersin İli sınırları içerisinde Akkuyu'da bulunan bir yer anlamına gelir.

Türk Kuruluşları; Türk Yetkili Otoritesi tarafından ilgili amaca matuf olarak yetkilendirilen Türk devletinin kontrolündeki herhangi bir kuruluş anlamına gelir.

Ünite 1, Ünite 2, Ünite 3 ve Ünite 4; NGS'nin birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü VVER 1200 (AES 2006 Tasarımı) tipi güç üniteleri anlamına gelir.

MADDE 2 PROJENİN ONAYLANMASI

Taraflar, işbu Anlaşma'yla uyumlu olarak Projenin uygulanmasını onaylarlar. İşbu Anlaşmada aksi belirtilmediği sürece, Taraflar işbu Anlaşma'yı, tüm Türk lisans gereksinimleri de dahil olmak üzere Türk ulusal kanunları, düzenlemeleri ile uyumlu olarak uygularlar.

MADDE 3 AMAÇ VE KAPSAM

1. Taraflar Proje'yle ilgili olarak işbirliği yaparlar.
2. Söz konusu işbirliği, belirtilenlerle sınırlı olmamak üzere, aşağıdaki hususları kapsar:
 - 2.1. NGS'nin tasarımı ve inşası;
 - 2.2. Proje'nin uygulanması için gerekli olan, şebeke bağlantılarıyla ilgili altyapı da dahil olmak üzere, ancak bununla sınırlı olmaksızın, altyapının geliştirilmesi ve inşası;
 - 2.3. Proje'nin uygulanmasının yönetilmesi;

- 2.4. NGS'nin tasarımı, inşası ve işletiminin tüm aşamalarında Proje'nin güvenilir kalitesinin temin edilmesi;
 - 2.5. NGS'nin işletmeye alımı;
 - 2.6. NGS'nin emniyetli ve güvenilir işletimi;
 - 2.7. NGS tarafından üretilen elektriğin alımı ve satımı;
 - 2.8. NGS'nin yükseltilmesi, denenmesi ve bakımı;
 - 2.9. Tüm işletme ömrü boyunca NGS ile bağlantılı olarak aşınma ve yıpranmaya yönelik yedek parçaların tedariki;
 - 2.10. NGS için ekipman işletmesiyle ilgili tanı ve inceleme düzenlemelerinin geliştirilmesi ve kullanımı;
 - 2.11. NGS işletme personelinin eğitimi ve yeniden eğitimi;
 - 2.12. NGS işletme personelinin eğitimi için simülatörler de dahil olmak üzere teknik eğitim tesislerinin geliştirilmesi ve kullanımı;
 - 2.13. NGS emniyeti ile ilgili bilimsel destek;
 - 2.14. NGS'nin fiziksel olarak korunması;
 - 2.15. Nükleer ve radyoaktif materyallerin NGS'teki, NGS'ye gelişlerinde veya NGS'den ayrılışlarında bütünlüklerinin ve fiziksel korumalarının sağlanması;
 - 2.16. Taze nükleer yakıt tedariki;
 - 2.17. NGS işletiminden doğan radyoaktif atıkların arındırılması ve emniyetli yönetimi;
 - 2.18. NGS inşası ve işletiminde kullanım için sistemlerin, ekipmanın, bileşenlerin ve materyallerin tasarımı, üretimi, geliştirilmesi ve üretimi;
 - 2.19. NGS işletiminden doğan kullanılmış nükleer yakıtın güvenli yönetimi;
 - 2.20. Kullanılmış nükleer yakıtın taşınması;
 - 2.21. NGS'ye ilişkin acil durum yanıt planlaması;
 - 2.22. NGS'nin sökümü;
 - 2.23. Türkiye'deki nükleer yakıt üretim tesislerinin kurulması ve işletimi de dahil olmak üzere nükleer yakıt döngüsü;
 - 2.24. Teknoloji transferi ve
 - 2.25. Lisanslama alanında bilgi ve deneyim alışverişi ile nükleer tesisler ve aktivitelerin ve radyasyon emniyeti ve güvenliğinin denetimi.
3. İşbu madde kapsamındaki işbirliği konuları, Türk kuruluşları ve Rus kuruluşları tarafından, Türk Tarafı'na mali yük getirilmeden yürütülür. Türkiye Cumhuriyeti'nde nükleer yakıt üretim tesislerinin kurulması ve işletimi de dahil olmak üzere nükleer yakıt döngüsü hakkındaki işbirliği ve teknoloji transferi Taraflarca mutabakata varılacak ayrı koşullar çerçevesinde yürütülecektir.

MADDE 4 YETKİLİ OTORİTELER

1. İşbu Anlaşma'nın uygulanması amacıyla, Taraflar'ca aşağıda belirtilen yetkili otoriteler tayin edilmiştir:
 - 1.1. Rus Tarafı adına, Rosatom ve
 - 1.2. Türk Tarafı adına, ETKB.
2. Taraflar, Yetkili Otorite için bir ikame tayin ettiklerinde veya belirlenen yetkili otoritenin adında bir değişiklik yaptıklarında, diplomatik kanallar vasıtasıyla birbirlerini derhal haberdar ederler.
3. İşbu Anlaşma ile öngörülen işbirliği, Yetkili Otoritelere ek olarak, Türk Kuruluşları ve Rus Kuruluşları tarafından yürütülür.

MADDE 5 PROJE ŞİRKETİ

1. Rus Tarafı, işbu Anlaşma'nın imza tarihinden itibaren 3 (üç) ay içinde Proje Şirketi'nin kurulması için gerekli işlemlerin başlatılmasını sağlar.
2. Proje Şirketi, üretilen elektrik de dahil olmak üzere, NGS'nin sahibidir.
3. Proje Şirketi, Rus Tarafı'nca yetkilendirilen şirketlerin doğrudan veya dolaylı olarak başlangıçta % 100 (yüzde yüz) hisse payı ile birlikte, Türkiye Cumhuriyeti kanunları ve düzenlemeleri kapsamında anonim şirket şeklinde kurulur.
4. Rus Yetkili Kuruluşları'nın Proje Şirketi'ndeki toplam payları, hiçbir zaman %51'den (yüzde elli birden) az olmaz. Proje Şirketi'nin geride kalan azınlık hisselerinin dağıtımı, her zaman, ulusal güvenlik ve ekonomi konularında ulusal çıkarların korunması amacıyla Taraflar'ın rızasına bağlıdır.
5. Hisselerin dağıtımı, yöneticilerin atanması, paydaşların yatırım biçimi, hisselerin transferine ilişkin kısıtlamalar, Proje Şirketi ve Proje'ye uygulanabilir finansman mekanizmaları da dahil; ancak, bunlarla sınırlı kalmamakla birlikte, Proje Şirketi'nin şirket yönetimine ilişkin konular, ulusal güvenlik ve ekonomi konularında ulusal çıkarların korunması amacıyla Türk Tarafı'nın rızasına bağlıdır.
6. Bu projenin yatırım ve işletim dönemlerini kapsayan risklerin sigortalanması sorumluluğu Proje Şirketi'ne aittir.

Rus Tarafı, Proje Şirketi'nin başarısızlığı halinde, işbu Anlaşma hakkındaki yükümlülüklerini yerine getirmeyi temin etmek amacıyla gerekli tüm yetkinlik ve kabiliyete sahip olması öngörülen Proje Şirketi'nin halefini belirlemede tüm sorumluluğu üstlenecektir. Türk Tarafı, yürürlükteki Türkiye Cumhuriyeti kanun ve düzenlemelerinin izin verdiği ölçüde, Türkiye Cumhuriyeti kanun ve

düzenlemelerine uygun olarak, gerekli tüm izin ve lisansların zamanında ve uygun şekilde alınmasının temini açısından sırasıyla gerekli tüm önlemleri alacaktır.

Her bir Güç Ünitesi için ESA'nın sona ermesini müteakip, ancak her bir Güç Ünitesinin ticari işletmeye alanma tarihinden sonra 15 (on beş) yıldan daha erken olmamak kaydıyla, Proje Şirketi, NGS ömrü boyunca, NGS Ünite 1, Ünite 2, Ünite 3 ve Ünite 4 için, Türk Tarafı'na yıllık bazda Proje Şirketi'nin net karının % 20'sini verecektir.

MADDE 6 PROJENİN UYGULANMASI

1. Rus Tarafı, Proje Şirketi'nin, işbu Anlaşma'nın yürürlüğe giriş tarihinden itibaren bir yıl içinde, NGS inşasının başlaması için gerekli tüm belgeler, izinler, lisanslar, rızalar ve onayları almak için gerektiği şekilde başvurmasını sağlar. Eğer Proje Şirketi, işbu Madde'nin (6) bu bendinde bahsi geçen gerekli belgeler, izinler, lisanslar, rızalar ve onayları almak için başvuruda bulunmaz ise işbu Anlaşma ve Proje Şirketi'ne yapılan arazi tahsisi, Türk Tarafı'na herhangi bir yükümlülük getirmeden feshedilecektir.
2. Proje Şirketi, Rus Tarafı'nın tam desteği ile NGS inşasının başlaması için gerekli tüm belgeler, izinler, lisanslar, rızalar ve onayların alınmasından itibaren yedi yıl içinde Ünite 1'i ticari işletmeye alır. Proje Şirketi, Rus Tarafı'nın tam desteği ile, Ünite 1'in ticari işletmeye başlanmasından itibaren, Ünite 2, Ünite 3 ve Ünite 4'ü ardarda bir yıl aralıklarla ticari işletmeye alır. NGS ünitelerinin ticari işletmeye erken veya geç girişi durumunda, Taraflar'ın sorumlulukları ESA'ya göre belirlenir.
3. NGS inşası için genel yüklenici, JSC "Atomstroyexport" tur.
4. Taraflar, Türk şirketlerinin, ASE tarafından emtiaların tedariki, hizmetlerin icrası ve Proje'nin inşaa aşaması ile bağlantılı olarak çalışmaların yürütülmesinde tedarik zincirinin üyeleri olarak büyük ölçüde istihdam edilmesinde mutabakata varmışlardır. Proje Şirketi, tedarik zincirinin üyelerini istihdam ederken yeni yapılan nükleer güç santrali projelerinin genel ve özel emniyet gereksinimlerini dikkate alır.
5. Taraflar, Türk vatandaşlarının ücretsiz olarak eğitilmesinde ve NGS işletme gereksinimlerinde büyük ölçüde istihdam edilmesinde mutabakata varmışlardır. Söz konusu eğitim, bunlarla sınırlı olmamak kaydıyla, Türk Tarafı'na mali yük getirmeden sahada tam donanımlı simülatör kurulmasını da kapsar.
6. Taraflar, Türkiye Cumhuriyeti'nin ve Rusya Federasyonu'nun yürürlükteki kanun ve düzenlemelerinin izin verdiği ölçüde, Proje'yle ilgili olarak Proje Şirketi'ni destekler ve Proje Şirketi'yle işbirliği yapar.

MADDE 7 ARAZİ TAHSİSİ VE ERİŞİM

1. Türk Tarafı, sahayı mevcut lisansı ve mevcut altyapısı ile birlikte bedelsiz olarak, NGS'nin söküm sürecinin sonuna kadar Proje Şirketi'ne tahsis eder. Santralin kurulacağı ve Türk devletine ait ilave arazi de Proje Şirketi'ne bedelsiz olarak tahsis edilir. Gerekli olursa, Proje Şirketi, ilave arazi için Orman Fonu'na gerekli ödemeleri yapar.
2. Türk Tarafı, Proje Şirketi'ne, yürürlükteki Türkiye Cumhuriyeti kanun ve düzenlemeleri kapsamında, Proje ile ilgili olarak ihtiyaç duyulan, özel mülkiyete konu diğer tüm arazilerin kamulaştırılması hususunda kolaylık sağlar. Türk Tarafı, yürürlükteki Türkiye Cumhuriyeti kanun ve düzenlemelerinin izin verdiği ölçüde, Proje Şirketi adına veya Proje Şirketi rızasıyla, istihdam edilenler, yükleniciler, acenteler, temsilciler için veya böyle bir erişim isteyen diğer kişiler için söz konusu arazilere erişimi garanti eder. Proje Şirketi, söz konusu araziye ulaşımından önce belirtilen kişilere ait kimlik bilgilerini içeren listeleri Türk Tarafı'na verir. Türk Tarafı, yürürlükteki Türkiye Cumhuriyeti kanun ve düzenlemeleri izin verdiği ölçüde, Proje'yle ilgili olarak yabancıların çalışmasına ilişkin gerekli izinlerin alınmasını kolaylaştıracaktır. Türk Tarafı, ulusal güvenlik sebebiyle, belirli kişilerin böyle arazilere erişimlerini reddetme hakkını saklı tutacaktır.

MADDE 8 LİSANSLAMA, ONAYLAR VE DÜZENLEMELER

1. NGS, nükleer güvenlik ve radyasyon koruması kapsamında Türkiye Cumhuriyeti kanun ve düzenlemeleri ile uyumlu olarak lisanslanır ve denetlenir.
2. Proje Şirketi, Türkiye Cumhuriyeti'nin yürürlükteki kanun ve düzenlemeleri uyarınca ihtiyaç duyulabilecek, tüm diğer gerekli lisanslar, izinler ve onayları hükümet kuruluşlarından alır.
3. Türk Tarafı, Türkiye Cumhuriyeti'nin yürürlükteki kanun ve düzenlemelerinin izin verdiği ölçüde, Proje Katılımcılarının Türkiye kanun ve düzenlemeleri ile uyumlu olması kaydıyla, Türkiye Cumhuriyeti kanunları kapsamında Proje'yle ilgili olarak, işbu Anlaşma'da öngörülen, malların teslimatı, çalışmaların yürütülmesi veya hizmetlerin yerine getirilmesi hususları da dahil olmak üzere, ancak bunlarla sınırlı olmamak kaydıyla, herhangi bir Proje Katılımcısı tarafından ihtiyaç duyulabilecek tüm onaylar, izinler, lisanslar, kayıtlar ve rızaları kolaylaştırmak için gerekli önlemleri alır.
4. Proje Şirketi, elektrik iletim sistem bağlantısı, sistem işletmesi ve elektrik piyasa işletmesine ilişkin yürürlükteki Türkiye Cumhuriyeti kanun ve düzenlemelerine tabi olacaktır.

NGS, Proje Anlaşmaları'nda mutabakata varılacak teknik parametreler ile uyumlu olduğu ölçüde, Türk iletim sistemi dengelemesine katılacaktır.

MADDE 9 PROJE FİNANSMANI

NGS'nin tasarım ve inşası finansmanına yardımcı olmak açısından Rus Tarafı, ASE'ye, Proje'de kullanılmak üzere Rus menşeli malların (iş ve hizmetler) alınması için tercihli şartlar ile finansman sağlar.

MADDE 10 ELEKTRİK SATIN ALMA ANLAŞMASI

1. Türk Tarafı, Proje Şirketinin Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'ndan elektrik üretimi lisansı almasından sonraki otuz gün içinde, Ünite 1, Ünite 2, Ünite 3 ve Ünite 4 için sabit miktarlı elektriğin satın alınması amacıyla, TETAŞ'ın, Proje Şirketi ile ESA imzalamasını sağlar.
2. Proje Şirketi, ESA süresince NGS'nin tüm üniteleri için aylık elektrik üretim miktarlarını Ünite 1'in ticari işletmeye alınmasından en az bir yıl önce TETAŞ'a sunar.

Ayrıca, Proje Şirketi, ESA'da belirtildiği şekilde, gelecek yıla ilişkin "uzlaştırma dönemi" elektrik üretim miktarları tablosunu her yıl Nisan ayında sunar. Proje Şirketi, söz konusu tabloların ilkini, NGS'nin her bir ünitesinin ticari işletmeye alınmasından dört ay önce sunacaktır.

3. Tüm ESA dönemi boyunca ünite başına taahhüt edilen miktardan daha fazla üretim gerçekleşmesi durumunda, fazla üretilen bu elektrik miktarı, ESA hükümlerine uygun olarak satın alınır.
4. ESA'da belirtilen miktardan daha az üretim olması durumunda, Proje Şirketi, eksik üretilen elektrik miktarını temin etmek suretiyle yükümlülüklerini yerine getirir.
5. TETAŞ, Proje Şirketi'nden, ESA'da belirtildiği şekilde, NGS'de üretilmesi planlanan elektriğin sabit miktarını -Ünite 1 ve Ünite 2 için % 70'ini (yüzde yetmiş) ve Ünite 3 ve Ünite 4 için % 30'unu (yüzde otuz)-her bir güç ünitesinin ticari işletmeye alınma tarihinden itibaren 15 (on beş) yıl boyunca 12.35 (on iki nokta otuz beş) Amerika Birleşik Devletleri (ABD) senti/kWh ağırlıklı ortalama fiyattan (Katma Değer Vergisi dahil değildir) satın almayı garanti eder.
6. Proje Şirketi, Ünite 1 ve Ünite 2'de üretilmesi planlanan elektriğin % 30'unu (yüzde otuz) ve Ünite 3 ve Ünite 4'de üretilmesi planlanan elektriğin % 70'ini (yüzde yetmiş), kendisi veya enerji perakende tedarikçileri vasıtasıyla serbest elektrik piyasasında satacaktır.
7. Birim fiyat; yatırım bedeli, sabit işletme bedeli, değişken işletme bedeli ve yakıt bedelinden oluşur. Birim fiyatın detayları aşağıdaki şekildedir:
 - 7.1. Ünite 1, Ünite 2, Ünite 3 ve Ünite 4'ün ticari işletmeye alınmasına ilişkin olarak, Proje Şirketi tarafından yapılan tüm sermaye harcamaları (lisans bedelleri, geliştirme bedelleri ve masrafları ve finansman sağlamaya ilişkin

bedeller dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak kaydıyla) söz konusu Ünitelerin ticari işletmeye alınmasından sonraki 15 yıl içinde geri döner.

- 7.2. ESA süresince Proje Şirketi'nin Projeye ilişkin tüm işletme maliyeti [lisans bedelleri, yakıt tedariki ve yakıt döngüsüne ilişkin maliyet ve karşılıklar (içsel veya dışsal, gönüllü veya zorunlu) kullanılmış yakıt ve atığın taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesi, sökülme ve sahanın yeniden kullanılabilir hale getirilmesi dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak kaydıyla], sigorta primleri ve vergileri, Ünite 1, Ünite 2, Ünite 3 ve Ünite 4'ün modernizasyonuna ilişkin yapılan veya yapılacak olan giderler, gerçekleşmesine bağlı olarak ödenecektir. (Tereddüte mahal vermemek için, gelecekteki maliyetler için ayrılan karşılıklar, söz konusu karşılıklar ayrıldığında gerçekleşmiş olacaktır.)
- 7.3. Projenin Ünite 1, Ünite 2, Ünite 3 ve Ünite 4'ünün ticari işletmeye alınmasını tamamen veya kısmen finanse etmek için temin edilen herhangi bir borç finansmanına ilişkin borç planı ödemesi (faiz, ana para ve harçlar), gerçekleşmesine dayalı olarak finanse edilir.
- 7.4. Projenin Ünite 1, Ünite 2, Ünite 3, Ünite 4'ünün ticari işletmeye alınmasıyla ilgili olarak Proje Şirketi'ne doğrudan veya dolaylı yatırımcılar tarafından yapılan yatırımlar, söz konusu Ünitelerin ticari işletmeye alınmasından sonra 15 yıl içinde eşit oranlı amortisman yöntemi bazında geri ödenir.
8. Birim fiyat bileşenlerine eskalasyon uygulanmaz. ESA dönemi içinde birim fiyatta artış talep edilmez. İşbu Anlaşma'nın imza tarihinden sonra Türk kanunları ve düzenlemelerindeki değişiklikler nedeniyle ortaya çıkabilecek maliyetteki değişiklikler, ESA'ya göre TETAŞ tarafından satın alınan elektrik yüzdesi ile orantılı olarak TETAŞ'a yansıtılır.
9. Proje Şirketi, ESA çerçevesinde TETAŞ tarafından alınan elektrik için kullanılmış yakıt ve radyoaktif yakıt yönetimi hesabına 0.15 ABD senti/kWh ve işletmeden çıkarma hesabı için 0.15 ABD senti/kWh tutarında ayrı bir ödeme yapar. ESA dışında satılan elektrik için Proje Şirketi yürürlükteki Türk kanunları ve düzenlemeleri uyarınca gerekli ödemeleri ilgili fonlara yapacaktır.
10. ESA'nın ayrılmaz bir parçası olarak TETAŞ ve Proje Şirketi arasında mutabakata varılan tarife kademelerinde, elektrik fiyatındaki yıllık değişim, Projenin geri ödemesinin sağlanması açısından, fiyat limiti üst tavanı 15.33 (on beş nokta otuz üç) ABD senti/kWh olmak üzere Proje Şirketi tarafından hesaplanır.
11. NGS'nin ünitelerinden herhangi birinin, işbu Anlaşma'da programlanan tarihten daha geç işletmeye alınması halinde, ESA'da öngörülen mücbir sebep durumları hariç olmak üzere, satılacak elektriğin fiyatı ESA hükümlerine göre ayarlanacaktır.

MADDE 11 VERGİLENDİRME

1. Proje'yle ilgili olan tüm vergiler ve harçlar, işbu Anlaşma ve 15 Aralık 1997 tarihli Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti Arasında Gelir Üzerinden Alınan Vergilerde Çifte Vergilendirmeyi Önleme Anlaşması dikkate alınmak suretiyle, Taraf Devletlerin yürürlükteki kanun ve düzenlemeleri ile uyumlu olarak vergilendirilir.
2. Taraflar, işbu Anlaşma'da başka şekilde belirtilmediği sürece, Türkiye Cumhuriyeti'nin vergilendirmeye ilişkin tüm kanun ve düzenlemelerine uyulmasını temin eder.

MADDE 12 YAKIT, ATIK YÖNETİMİ VE SÖKÜM

1. Nükleer Yakıt, Proje Şirketi ve tedarikçiler arasında yapılan uzun dönemli anlaşmalar bazında tedarikçilerden temin edilir.
2. Taraflarca mutabık kalınabilecek ayrı bir anlaşma ile Rus menşeli kullanılmış nükleer yakıt, Rusya Federasyonu'nda yeniden işlenebilir.
3. Taraflar, devletlerinin yürürlükteki kanunları ve düzenlemeleri izin verdiği ölçüde, nükleer yakıt, kullanılmış nükleer yakıt veya herhangi bir radyoaktif materyalin sınır ötesi hareketi de dahil olmak üzere, ancak bunlarla sınırlı olmamak kaydıyla, nükleer materyallerin sınır ötesi hareketlerine ilişkin gerekli tüm ilgili onay, lisans, kayıt ve rızaların alınmasında Proje Şirketi'ne yardım eder.
4. Proje Şirketi, NGS'nin sökülmesi ve atık yönetiminden sorumludur. Bu çerçevede, Proje Şirketi yürürlükteki Türk kanun ve düzenlemeleri ile öngörülen ilgili fonlara gerekli ödemeleri yapacaktır.

MADDE 13 FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

1. İşbu Madde 13'te:
 - 1.1. "fikri mülkiyet" -14 Temmuz 1967 tarihinde Stokholm'de imzalanan ve 2 Ekim 1979 tarihinde tadil edilen Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü'nü (WIPO) kuran Sözleşmenin 2. Maddesinde ifade edilen anlamda kullanılmıştır ve sınai mülkiyet ve gizli bilgi de dahil olmak üzere, bunlarla sınırlı kalmaksızın, fikri mülkiyet haklarını içerir. 1.2. "sınai mülkiyet" – 14 Temmuz 1967 tarihinde Stokholm'de gözden geçirilen ve 28 Eylül 1979 tarihinde tadil edilen 20 Mart 1883 tarihli Sınai Mülkiyetin Korunmasına Dair Paris Sözleşmesi'nin 1. Maddesinde ifade edilen anlamda kullanılmıştır. 1.3. "gizli bilgi" – üçüncü tarafın erişimine açık olmaması nedeniyle gerçek veya olası ticari değeri olan ve bilim-teknik bilgisi, teknoloji ve imalat bilgisini de içeren üretim sırrına ilişkin tüm bilgiler anlamına gelir.

2. Projenin uygulanması ile ilgili olarak oluşturulan, kullanılan veya transfer edilen fikri mülkiyetin korunmasına ilişkin tüm hususlar, taraflar arasındaki ilgili sözleşmelerde yer alır.
3. Proje ile ilgili herhangi bir sözleşmede aksi belirtilmedikçe, Proje'nin gerçekleştirilmesine ilişkin kullanılan veya oluşturulan fikri mülkiyete ilişkin tüm haklar; Proje Şirketi tarafından Proje'nin uygulanması amacıyla Proje Şirketi'ne bu tür bir fikri mülkiyet hakkının kullanımı için lisans verecek olan Rosatom'a aittir.
4. Proje'ye ilişkin ortaklaşa geliştirilen tüm bilgiler, Tarafların rızasının mevcut olduğu ve projenin uygulanması için böyle bir ifşanın gerekli olduğu durumlar hariç, üçüncü taraflara ifşa edilmez.

MADDE 14 İFŞA KOŞULLARI

1. İşbu Anlaşma'da yer alan hiçbir koşul, Taraflardan herhangi birinden veya Proje'nin uygulanmasına dâhil olan herhangi bir kuruluştan, Türkiye Cumhuriyeti veya Rusya Federasyonu'nun devlet sırlarını oluşturan bilgi alışverişinde bulunmalarını talep etmemektedir.
2. İşbu Anlaşma'da yer alan hiçbir koşul, Projenin kapsamında faaliyet gösteren her iki Tarafı veya herhangi bir kuruluşu, işbu Anlaşma çerçevesinde, Proje ile ilgili genel bilgi alışverişinde ve erişilmesi sınırlı bilgi alışverişinde bulunmalarını kısıtlamaz.
3. Anlaşma çerçevesinde bir Tarafça diğer Tarafa aktarılan veya Anlaşma'nın gerçekleştirilmesi sonucunda elde edilen ve Rus Tarafı veya Rosatom'ca ulaşılması sınırlı olarak nitelendirilen bilgi ile Türk Tarafı veya ETKB tarafından mesleki kısıtlama arz eden bilgi, işbu Anlaşma çerçevesinde net bir şekilde belirlenir.
 - 3.1. Rus Tarafı veya Rosatom tarafından erişilmesi sınırlı olarak nitelendirilen bilgiyi içeren dokümanlar, Rusya Federasyonu mevzuatı uyarınca "Конфиденциально"- "Confidential" ibaresini taşır ve
 - 3.2. Türk Tarafı veya ETKB tarafından ulaşılması sınırlı olarak nitelendirilen bilgiyi içeren dokümanlar, Türkiye Cumhuriyeti mevzuatı uyarınca "Özel"- "Confidential" ibaresini taşır.
4. İşbu Anlaşma çerçevesinde Projeyi gerçekleştirmekte olan Taraflar ve kuruluşlar, erişimi kısıtlı bilgilere ulaşabilen kişi sayısını mümkün olan azami seviyede sınırlayacak ve bu tür bilgilerin ancak Projenin gerçekleştirilmesi için gerekli derecede kullanılması ve dağıtılmasını sağlayacaklardır. Erişimi kısıtlı herhangi bir bilgi, ilgili tarafın önceden yazılı izni olmaksızın, Projenin uygulanmasına ilişkin faaliyetlere iştirak etmeyen üçüncü tarafa aktarılamaz veya ifşa edilemez.
5. Türk Tarafı, Rus Tarafının erişimi sınırlı tüm bilgilerine, Türk Tarafının erişimi sınırlı bilgileriymiş gibi muamele gösterecektir. Rus Tarafı, Türk Tarafının

erişimi sınırlı tüm bilgilerine, Rus Tarafının erişimi sınırlı bilgileriymiş gibi muamele gösterecektir.

6. Erişimi sınırlı Tüm bilgiler, Tarafların ulusal mevzuatlarına göre korunacaktır.

MADDE 15 ULUSLARARASI NÜKLEER ÇERÇEVE

1. İşbu Anlaşma kapsamındaki nükleere ilişkin çift kullanımlı malzeme ve ekipmanlarla birlikte, nükleer maddeler, ekipmanlar ve nükleer olmayan özel maddelerin ve ilgili teknolojilerin ihracı, tarafların 1 Temmuz 1968 tarihli Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Antlaşması ve Türkiye Cumhuriyeti ile Rusya Federasyonu'nun taraf ve üye oldukları çok taraflı ihraç kontrol mekanizmaları kapsamındaki diğer uluslararası sözleşme ve anlaşmalardan kaynaklanan yükümlülüklerine göre uygulanacaktır.
2. İşbu Anlaşma kapsamında alınan nükleer maddeler, ekipmanlar, nükleer olmayan özel maddeler ve ilgili teknolojiler ve hatta bunlardan veya bunların kullanımını sonucunda üretilen nükleer ve nükleer olmayan özel maddeler ve ekipmanlar;
 - 2.1 Nükleer silahlar ve başka nükleer patlayıcılar imal etmek veya herhangi bir askeri amaca ulaşmak için kullanılmayacaktır;
 - 2.2 UAEA'nın "Nükleer Maddeler ve Nükleer Tesislerin Fiziksel Korunması" (INFCIRC/225/Rev.4) dokümanında tavsiye edilen düzeylerden daha düşük olmayan düzeyde, alıcı Tarafın Devletinin ulusal mevzuatına uygun olarak fiziksel koruma altında olacaktır ve
 - 2.3 Ancak öncesinde diğer Tarafın verdiği yazılı onay üzerine, işbu maddenin şartları altında olan Taraf Devletin hükümlerinden başka bir ülkeye ihraç edilebilir, yeniden ihraç edilebilir veya aktarılabilir.
3. İşbu Anlaşma kapsamında alınan nükleer maddeler ile işbu Anlaşma kapsamında alınan nükleer maddelerin, ekipmanların, nükleer olmayan özel maddelerin ve ilgili teknolojilerin kullanılması ile üretilen nükleer maddeler, Rusya Federasyonu'nun topraklarında veya hükümlerinde buldukları süre boyunca uygulanabildikleri ölçüde 21 Şubat 1985 tarihli Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği ile UAEA arasında, NPT çerçevesinde SSCB Topraklarında Güvenlik Denetimi Uygulanması Anlaşmasının şartlarına ve Türkiye Cumhuriyeti topraklarında veya hükümlerinde buldukları süre boyunca 30 Haziran 1981 tarihli Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile UAEA arasında NPT Çerçevesinde Güvenlik Denetimi Uygulanması Anlaşmasının şartlarına tabi olacaklardır.
4. İşbu Anlaşma kapsamında aktarılan nükleer madde ve alıcı Taraf Devletin topraklarında, işbu Anlaşma kapsamında aktarılan nükleer madde, ekipman, özel nükleer dışı maddenin kullanımından elde edilen madde, Uranyum-235 olarak yüzde 20 (yirmi)den fazla zenginleştirilmeyecektir ve öncesinde aktaran Tarafın yazılı onayı olmaksızın Plütonyumu ayırmak amacıyla radyo kimyasal bir şekilde yeniden işlenmeyecektir.

5. İşbu Anlaşma kapsamında herhangi bir tarafça aktarılan nükleer amaçla kullanılan çift kullanımlı ekipman ve malzemeler ve bunların reproduksiyonları ilgili teknolojileriyle birlikte ancak nükleer patlayıcı cihaz imali ile bağlantılı olmayacak şekilde, beyan edilmiş amaçları için kullanılacaktır.
6. Bu Madde'nin 5. Paragrafındaki ekipman, malzeme ve ilgili teknolojiler, diğer Tarafın yazılı izni olmaksızın nükleer yakıt çevirimi faaliyetlerinde ve UAEA güvenlik denetimi anlaşmalarına tabi olmayan herhangi bir başka tesiste kullanılmaz, çoğaltılamaz/kopyalanamaz, değiştirilemez, üçüncü taraflara yeniden ihraç edilemez veya aktarılamaz.

MADDE 16 NÜKLEER SORUMLULUK

İşbu Anlaşma kapsamındaki işbirliği çerçevesinde oluşabilecek nükleer zarara ilişkin üçüncü taraf sorumluluğu, Türkiye'nin taraf olduğu veya olacağı uluslararası anlaşmalara, belgelere ve Türk Tarafı'nın ulusal kanunları ve düzenlemelerine göre düzenlenecektir.

MADDE 17 UYUŞMAZLIKLARIN HALLİ

1. İşbu Anlaşma'nın uygulanması ve/veya yorumlanması ile ilgili, Taraflar arasındaki uyuşmazlıklar ETKB ve Rosatom arasında karşılıklı istişare ve müzakere yoluyla çözülür.
2. Gerekli görüldüğü takdirde, ETKB ve Rosatom, işbu Anlaşma'nın yürütülmesine ilişkin tavsiyeleri gözden geçirmek ve meydana gelmiş olabilecek uyuşmazlıkların çözülmesi amacıyla her iki Taraftan herhangi birinin teklifi ile toplantılar düzenler.
3. Eğer bir uyuşmazlık müzakerelerin başlangıç tarihinden itibaren altı ay içerisinde bu yolla çözülmezse; uyuşmazlık, Taraflardan birinin talebi üzerine tahkim heyetine götürülür.
4. Böyle bir tahkim heyeti her bir durum için aşağıdaki şekilde oluşturulur. Taraflardan her biri, tahkim usulü talebini almasını müteakip iki ay içerisinde tahkim kuruluna bir üye atar. Heyetin bu iki üyesi, atandıkları tarihten sonraki iki ay içerisinde üçüncü bir Devlet uyruğundan ve her iki Tarafın onayı üzerine atanacak olan tahkim heyetinin başkanını seçer.
5. Bu Maddenin 4. Paragrafında belirtilen süreler içerisinde gerekli atamaların yapılmaması durumunda, Taraflardan herhangi biri, başka türlü bir düzenlemenin olmaması halinde, Birleşmiş Milletler (BM) Uluslararası Adalet Divanı Başkanı'na söz konusu atamaların yapılması için başvuruda bulunur. BM Uluslararası Adalet Divanı Başkanı'nın, Taraflardan birinin uyruğunu taşıması veya başka sebeplerden dolayı bu görevi yerine getirememesi halinde, BM Uluslararası Adalet Divanı Başkan Yardımcısı gerekli atamaları yapmak üzere davet edilir. BM Uluslararası Adalet Divanı Başkan Yardımcısı'nın

Taraflardan birinin uyruğunu taşıması veya başka sebeplerden dolayı bu görevi yerine getirememesi halinde, BM Uluslararası Adalet Divanı'nın kıdem sırasına göre takip eden ve Taraflardan hiçbirisi ile aynı uyruğu paylaşmayan üyesi gerekli atamaları yapmak üzere davet edilir.

6. Tahkim heyeti kararını oy çokluğuyla alır. Bu karar, her iki Taraf için de nihai ve bağlayıcıdır. Taraflardan her biri, kendi tahkim heyeti üyesinin masraflarını ve mahkeme sürecindeki kendi temsil masraflarını üstlenir. Tahkim heyeti başkanının çalışmalarına ait masraflar ve diğer giderler, Taraflarca eşit oranda üstlenilir. Ancak, tahkim heyeti, Taraflardan birinin ilgili giderlerin daha fazla oranını karşılayacağına dair karar alabilir ve bu karar, her iki Taraf için de bağlayıcıdır. Tahkim heyeti, kendi usulünü bağımsızca belirler.
7. Taraflarca aksi üzerinde mutabakata varılmadıkça, tahkim heyeti, Lahey'de toplanır ve Daimi Hakemlik Mahkemesinin bina ve tesislerinden yararlanır.
8. Tahkim heyeti, uyuşmazlığı işbu Anlaşma ile uluslararası hukukun uygulanabilir ilke ve kuralları çerçevesinde çözüme bağlar.
9. İşbu Anlaşma ile işbu Anlaşma'da açıkça öngörülen diğer anlaşmalar arasında uyuşmazlıklar söz konusu olduğu takdirde, işbu Anlaşma hükümleri geçerli olur.

MADDE 18 YÜRÜRLÜĞE GİRME, DEĞİŞİKLİK VE FESİH

1. İşbu Anlaşma, Taraflarca, Anlaşma'nın yürürlüğe girmesi için gerekli iç prosedürlerin tamamlanmasına ilişkin son bildirimlerin yazılı olarak ve diplomatik kanallarla alındığı tarihte yürürlüğe girer. İşbu Anlaşma NGS'nin sökümlünün tamamlanmasına kadar geçerlidir.
2. Taraflar, bir yıl önceden karşılıklı bildirim yoluyla işbu Anlaşma'yı her an feshedebilirler. Taraflarca üzerinde bu şekilde mutabakata varıldığı takdirde, Anlaşma'nın feshi, Proje'nin devam eden uygulanmasını (NGS'nin devam etmekte olan işletmesi dahil ancak bununla sınırlı kalmamak kaydıyla) veya işbu Anlaşma'nın yürürlükte olduğu zaman zarfında başlatılan ancak Anlaşma'nın fesih tarihinde tamamlanamayan programların veya projelerin uygulanmasını etkilemez.
3. Anlaşma'nın feshi halinde, 5., 8., 11., 12., 13., 14., 15., 16., 17. ve 18. maddelerinde öngörülen yükümlülükler, Taraflarca aksi kararlaştırılmadığı sürece, yürürlükte kalmaya devam eder.
4. İşbu Anlaşma'ya ilişkin değişiklikler Tarafların yazılı mutabakatı ile yapılabilir. Bu değişiklikler bu Madde'nin 1. paragrafı uyarınca yürürlüğe girer.

İşbu Anlaşma, Ankara'da 12 Mayıs 2010 tarihinde her biri Türkçe, Rusça ve İngilizce olmak üzere, iki orijinal nüsha olarak imzalanmıştır. İşbu Anlaşma metninin yorumlanmasına ilişkin herhangi bir uyuşmazlığın ortaya çıkması halinde İngilizce metin geçerlidir.

Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti Adına

Taner YILDIZ
Kaynaklar Bakanı

Rusya Federasyonu Hükümeti Adına

Igor I. SECHIN Enerji ve Tabii
Rusya Federasyonu
Başbakan Yardımcısı

Ek II

Su Soğutmalı Su Moderatörlü Reaktör ve Evrimsel Tasarımları

Ek-II

Prof. Dr. Hasan Saygın

Giriş

Enerji güvenliği ve iklim değişikliği konularında hızla artan endişelerin sonucunda, nükleer enerjiye gösterilen ilgi son birkaç yılda yeniden canlılık kazandı. Nükleer enerjinin önemli bir karbon emisyonunu azaltma, enerji çeşitliliğini artırma ve dolayısıyla enerji güvenliğine katkı sağlama potansiyeli bulunmaktadır. Ancak çok yakın zamanda Fukuşima'daki nükleer kazanın kanıtlandığı gibi herhangi bir enerji cinsinden farklı olarak aynı zamanda yıkıcı kazalar ve sonucunda geniş alana yayılmış çevresel bir hasara neden olma potansiyeli de bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, nükleer silahların artan yaygınlaşma riskiyle birlikte, nükleer terör daha da büyük bir tehdit haline gelmiştir. Büyük miktarlarda uzun ömürlü radyoaktif atıkların oluşturulması, nükleer enerji kullanımının daha fazla gelişmesini önleyen aşılması en zor problem olmaya devam etmektedir.

Nükleer enerjinin geleceği tutarlı, kanıtlanmış bir operasyonle güvenlik geçmişine bağlıdır. Bu nedenle bu alandaki çalışmalar ileri ve yenilikçi tesisler tasarlamaya yönlendirilmektedir. Yeni reaktörler mevcut reaktörlerden çok daha fazla güvenli ve aynı zamanda alternatif enerji teknolojileriyle ekonomik açıdan rekabet edebilecek düzeyde olmak zorundadır.

Mevcut reaktör tedarikçilerinin planlamanın ileri aşamalarında bulunan bir düzine yeni nükleer reaktör tasarımı bulunurken, diğerleri halen araştırma ve geliştirme aşamasındadır.

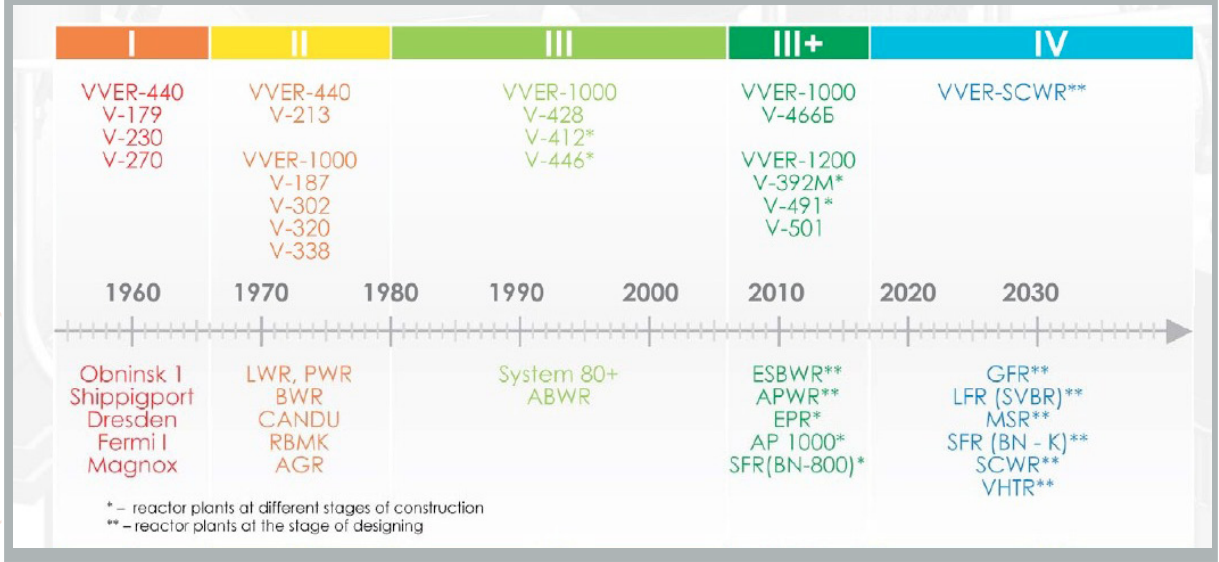
Mevcut ileri reaktörler III. Nesil (ve 3+) olarak adlandırılmaktadır. Rusya Devlet Başkanı Medvedev ile Başbakan Recep Tayyip Erdoğan arasında imzalanan anlaşma kapsamında Rusya'nın yapacağı, sahip olacağı ve işleteceği Türkiye'nin ilk nükleer enerji santrali bu tip reaktörler arasında sayılmaktadır. Anlaşma Akkuyu sahasında dört 1200 MWe Su Soğutmalı Su Moderatörlü Reaktör (VVER) ünitesinin yapılmasını öngörmektedir. Bu makale, VVER serisi nükleer reaktörlere bir genel bakış sağlayacaktır.

Sovyet Tasarımlı Su Soğutmalı Su Moderatörlü Reaktörler (VVER'ler)

Bir VVER(Voda-Vodyanoi Energetichesky Reaktor) ya da WWER (Su soğutmalı ve Su Moderatörlü Güç Reaktörü) Batılı ülkelerdeki Basınçlı (Hafif) Su Reaktörleri'nin (PWR'ler) Sovyet/Rusya versiyonudur. Reaktör tipini tanımlayan kısaltma harflerinin yanındaki rakam çoğunlukla ünitenin anma gücünü gösterir (Örneğin, VVER-1000, 1000 Mw elektrik enerjili bir üniteyi ifade eder). VVER'ler başlangıçta Batı tasarımlarındaki tipik PWR'lerden farklıydı ancak şu an Batı tasarımlarını esas alan pek çok güvenlik iyileştirmesi ile birlikte imal edilmektedir. Şekil 1 VVER nesillerini ve dengi Batı tasarımlı reaktörleri göstermektedir.

İlk prototipler altmışlı yıllarda yapıldı. İlk olarak Sovyetler Birliği'nde, birkaç Doğru Avrupa ülkesinde ve Finlandiya'da VVER-440 ve VVER-1000 tipi reaktörler kuruldu. Halihazırda VVER teknolojisine ait 53 su soğutmalı nükleer reaktör Rusya'da ve yurt dışında Ermenistan, Bulgaristan, Çin, Çek Cumhuriyeti,

Şekil 1 VVER nesilleri ve muadili Batı tasarımı reaktörler.



Finlandiya ve eski Doğu Almanya, Macaristan, Slovakya, Ukrayna, Hindistan ve İran'da işletilmektedir. Bunların 28'i VVER 1000 tipidir. VVER'in başlıca 3 standartlaştırılmış tasarımı bulunmaktadır: İki 6 devreli -440 Megavat [440-230 (eski) ve 440-213 (yeni)] ve 4 devreli- 1000 Megavat çıkışlı tasarımlar. İlk VVER-440 V230 serisinin yalnızca sınırlı acil durum enjeksiyon sistemleri vardır ve kapalı sistem değildir. Daha sonraki VVER-440/213 reaktörlerde, güvenlik sistemleri geliştirildi, pasif bileşenler dahil edildi ve sınırlama fonksiyonu özel bina tasarımlarıyla sağlandı. Daha gelişmiş tasarım olan VVER-1000'in tam basınçlı bir muhafaza ve demet tipi kumanda çubukları dahil olmak üzere Batı tasarımı PWR'lerle ortak olan pek çok özelliği vardır.

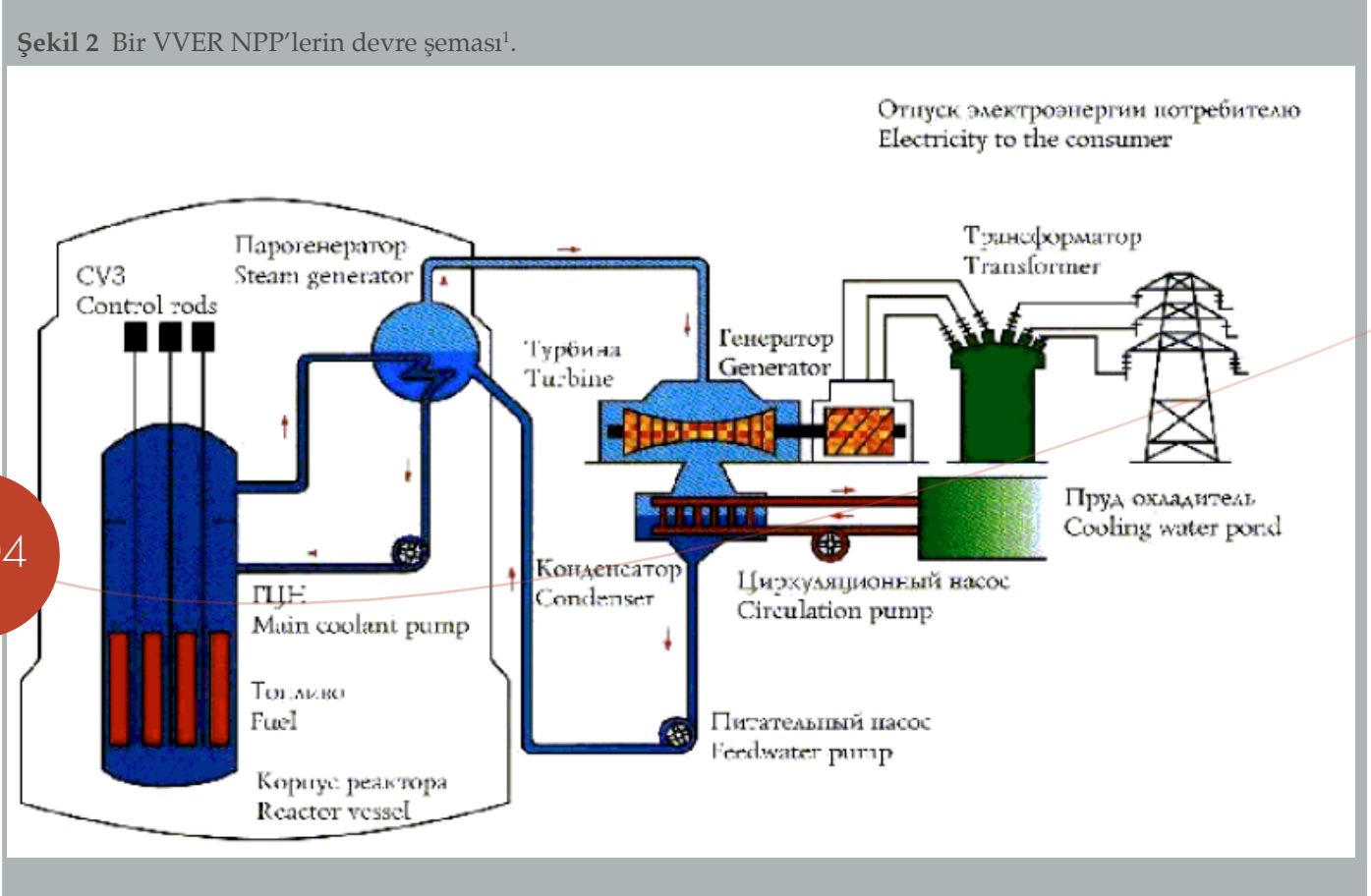
Tablo 1 Rusya'daki VVER Reaktörlerinin evrimsel gelişimi.

Reaktör tipi	Reaktör santral modeli	Tam güç santrali
VVER-300	V-478	(gelişme halinde, VVER-640'ı esas alır), Nesil III+
VVER-440	V-230	
	V-213	
VVER-600	V-40	(gelişme halinde), Nesil III+
VVER-600	V-498	(gelişme halinde, V-491'i esas alır), Nesil III+
VVER-1000	V-320	çoğu Rusya ve Ukrayna santrali
	V-338	Kalinin 1-3, Temelin 1&2, S. Ukrayna 2
	V-446	V-392'yi esas alır, önceki Siemens çalışması, Bushehr'e uyarlanmış
	V-413	AES-91
	V-428	AES-91 Tianwan, V-392'yi esas alır, Nesil III
	V-412	AES-92 Kudankulam, V-392'yi esas alır, Nesil III
	V-392	AES-92 - AVR standartlarını karşılar, Nesil III, Belene uygulaması, Ermenistan
	V-466	AES-91/99 Olkiluoto ihalesi, Belene teklifi, Nesil III+
VVER-1200	V-392M	AES-2006 Novovoronezh, Nesil III+
	V-491	AES-2006 Leningrad, Nesil III+
VVER-1200A	V-501	AES-2006, Nesil III+
VVER-1300	V-488	AES-2006M, Nesil III+
VVER-1500	V-448	(gelişme halinde), Nesil III+

VVER'lerin Temel Tasarım Özellikleri ve Ortak Özellikleri

VVER'ler içerisinde ısı bir nötron spektrumuyla sonuçlandırmak için hem soğutucu madde hem de moderatör olarak kullanılan Sovyet tasarımının tank tipi basınçlı hafif su reaktörleridir.

Şekil 2 Bir VVER NPP'lerin devre şeması¹.



VVER NPP'lerin Temel Prensipleri aşağıdaki gibidir²:

- Yakıt takımlarındaki nükleer fisyon reaksiyonlarından üretilen ısı soğutucu maddeyle (su veya su buharı karışımı) giderilir. Soğutucu madde giriş memeleri (nozzle) yoluyla reaktöre girer, delikli bir taban plakası yoluyla reaktör tankı ile reaktör yakıt haznesi arasındaki bir segman ağız aralığından geçerek reaktör çekirdeğine kurulmuş yakıt takımlarına girer. Soğutucu madde daha sonra delikli plakadan geçerek koruma boruları bloğunun borular arasındaki boşluğuna girer, daha sonra reaktör yakıt haznesiyle tank arasındaki segman ağız aralığına gider ve çıkış memeleri yoluyla reaktör tankından çıkarak "sıcak kısma (hot leg)" girer.

1- IAEA "WWER-1000, Reactor Simulator Workshop Material" Training Course Series, Sayı. 21, 3. Basım, VIYANA, 2009.

2- Aynı yerde.

- Isınan soğutucu madde, “sıcak kısım (hot leg)” olarak adlandırılan ana dolaşım devresinin bir bölümü boyunca devridaim pompaları yoluyla buhar jeneratörüne aktarılır.
- Buhar jeneratörü, içerisinde ana devre soğutucularından çıkan ısının buhar oluşturmak için ikincil devrenin besleme suyuna aktarıldığı bir ısı eşanjörüdür.
- Buhar jeneratöründen sonra, soğutucu madde ana dolaşım devresinin “soğuk kısım (cold leg)” olarak adlandırılan bölümü boyunca tekrar reaktör tankına ulaştırılır.
- VVER-1000 tip reaktörlü santralin ana devresinde dört dolaşım devresi vardır. Soğutucu madde her devreye bir tane yerleştirilen dört ana devridaim pompasıyla pompalanır.
- İkincil devrede, buhar jeneratörlerinde oluşan buhar santral sistemlerinin terazisine ulaştırılır. Çok daha küçük bir kısmı besleme suyu ısıtmasına gönderilirken, buhar jeneratörlerinde oluşan buharın çoğu türbine gönderilir.
- Türbinden sonra, buhar kondansöre dökülür ve yoğunlaştırılır.
- Kondansatörden su düşük basınçlı ısıtıcılar yoluyla yoğunlaşmayan gazların giderilmesi için degazöre taşınır.
- Degazörden, besleme suyu yüksek basınçlı ısıtıcılar yoluyla buhar jeneratörüne taşınır.

VVER reaktörlerinin ana parçaları:

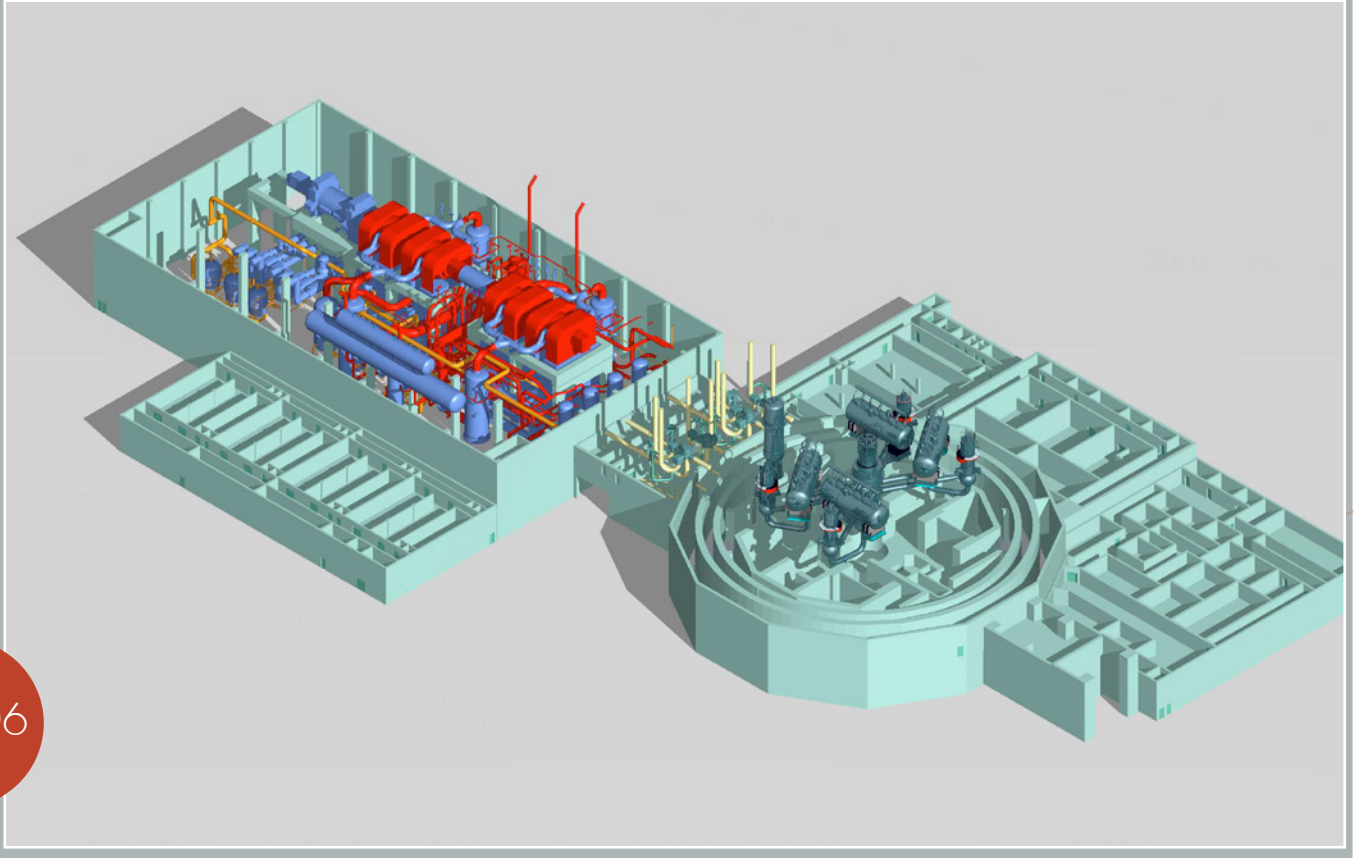
- Reaktör,
- Ana devre,
- Basınçlandırıcı ve ana devre basınç dengeleme sistemi,
- Bor düzenlemesi dahil olmak üzere ana devre besleme ve boşaltma sistemi,
- İkincil devre buhar hatları ve besleme su boru hatları,
- Kontrol ve koruma sistemi,
- Güvenlik sistemleri.

VVER-1200 Reaktörler

VVER-1200 (NPP-2006/ AES-2006) Reaktörler, VVER-1000 tip reaktörlerinin evrimsel ileri versiyonlarıdır. Teknik ve ekonomik performans özellikleriyle ön plana çıkan bu reaktörler, III+ Nesil ve standartlaştırılmış bir nükleer güç santrali oluşturma amacıyla tasarlanmışlardır. Hedef ise, yapım maliyetlerinin optimizasyonu ile çağdaş güvenlik ve güvenilirlik özelliklerini sağlamaktır. İki farklı tasarım firmasından (Hirsch ve Wenisch 2010) çıkan iki farklı tasarım bulunmaktadır.

- St. Petersburg tasarım ofisi: VVER-1200/V491(AES-92).
- Moskova tasarım ofisi: VVER-1200/V392M

Şekil 3 VVER -1200 Nükleer Güç Santrali (Üç Boyutlu görünüm) (Altshuller 2006).



206

VVER-1200 reaktörlerinin başlıca özelliklerindeki iyileştirmeler aşağıdaki gibidir:

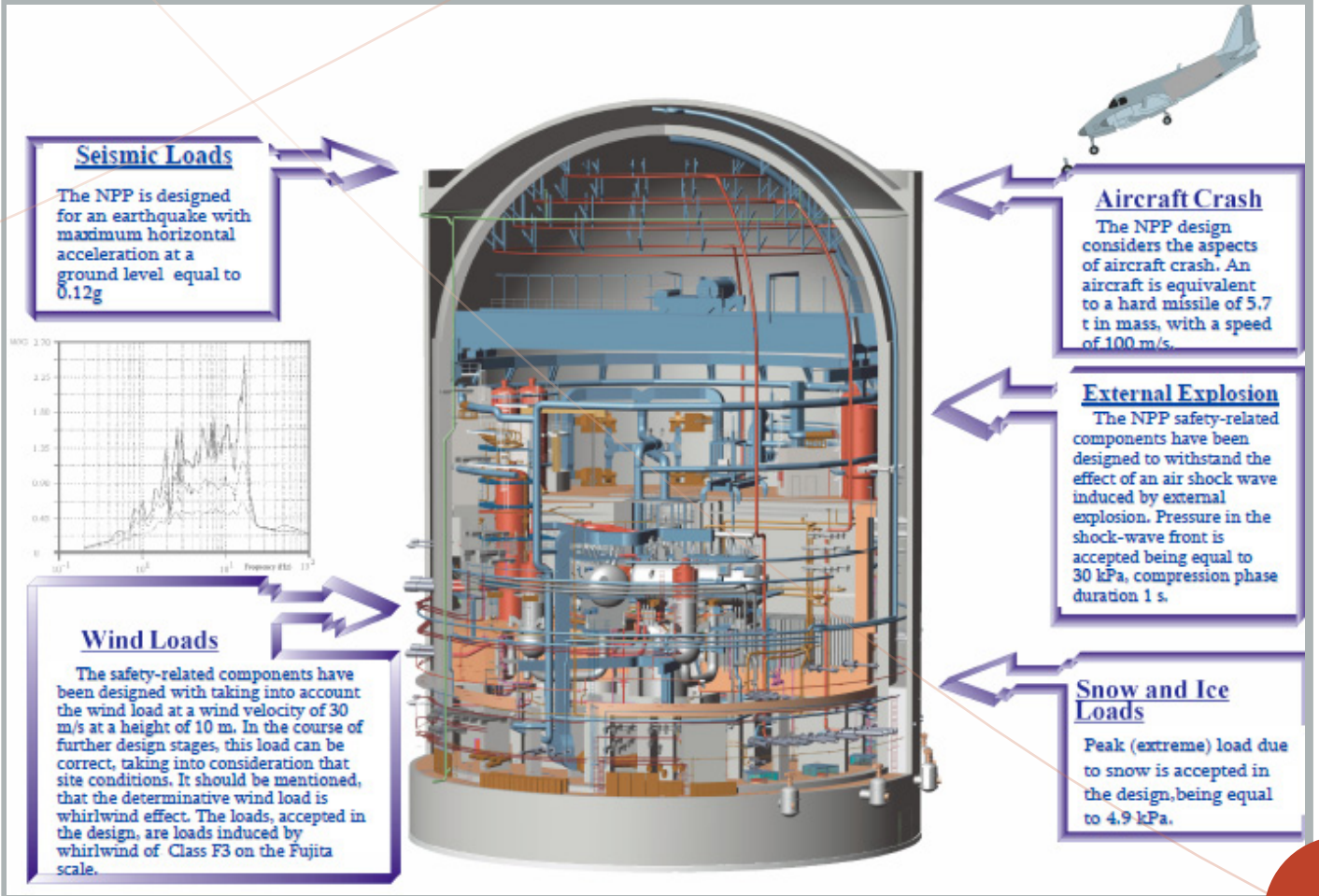
Tablo 2 VVER 1200 ile VVER 1000 reaktörlerinin özelliklerinin karşılaştırılması³

Özellikler	VVER 1000	VVER 1200	Değişim (%)
Elektrik gücü (MWe)	1000	1198	+19.8
Yıllık üretim (TWh)	7.5	9.1	+21.3
Tasarım hizmet ömrü (yıl)	30	50-60	+67-100
Özgül madde tüketimi (nispi)	1.00	0.85	-15
Reaktör ömrü	40	60	50
Yük faktörü	0.80	0.92	15
Yeniden yüklemeler arasındaki dönem (ay)	12	12/18	

Güvenlik Sistemleri Tasarımı

VVER NPP 2006 tasarımları pasif ısı alma sistemi ve çift muhafaza içerir. Çift muhafaza Çernobil Reaktöründe yaşanan deneyimden anlaşıldığı gibi çok önemli bir özelliktir.

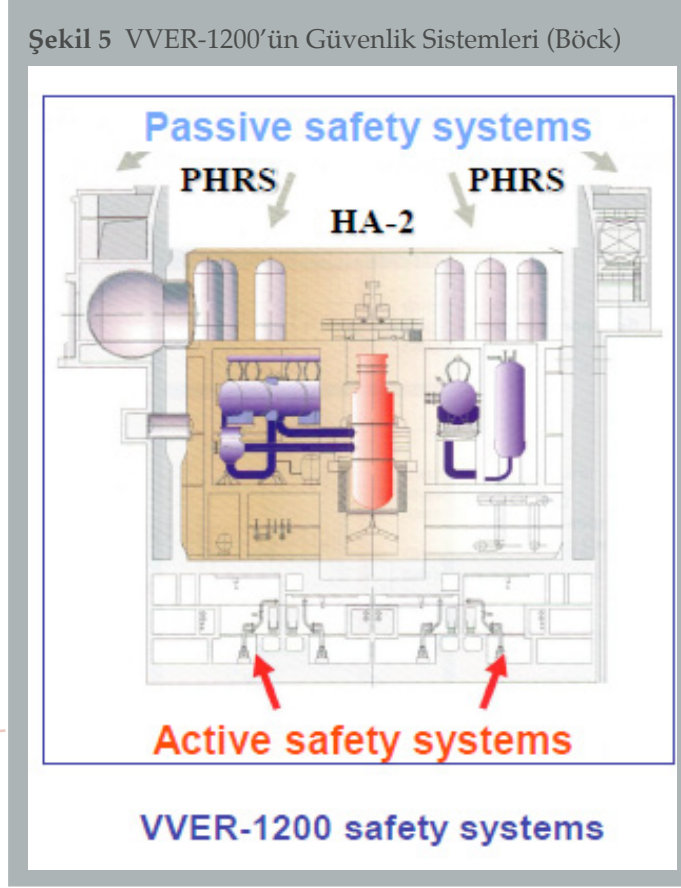
Şekil 4 Dış tehlikelere karşı koruma (Altshuller 2006).



İkinci muhafaza sistemi, reaktör çekirdeğini dış olaylardan korur ve çekirdekle ilgili bir kaza olması durumunda radyoaktiviteyi sınırlamaya yardımcı olur - ve dolayısıyla geniş radyoaktif salım potansiyelini azaltır.

Pasif sistemler güvenlik sistemlerinin maliyeti azaltma, güvenilirliği artırma, insan hatalarının etkisini hafifletme, kriz durumlarıyla başa çıkmak için operatörlerin sahip olduğu zamanı artırma ve güç kaynaklarına olan bağımlılığı azaltma yolu olarak görülür. Pasif sistemlerin yeterli düzeyde test edilmesi, güvenilirliklerini oluşturmak için performanslarını etkileyen koşulları belirlemek için önemlidir. Pasif sistemlerle ilişkili düşük basınç ve düşük itici kuvvetler için özellikle önemlidir (Morozov ve Soshkina 2008).

Şekil 5 VVER-1200'ün Güvenlik Sistemleri (Böck)



208

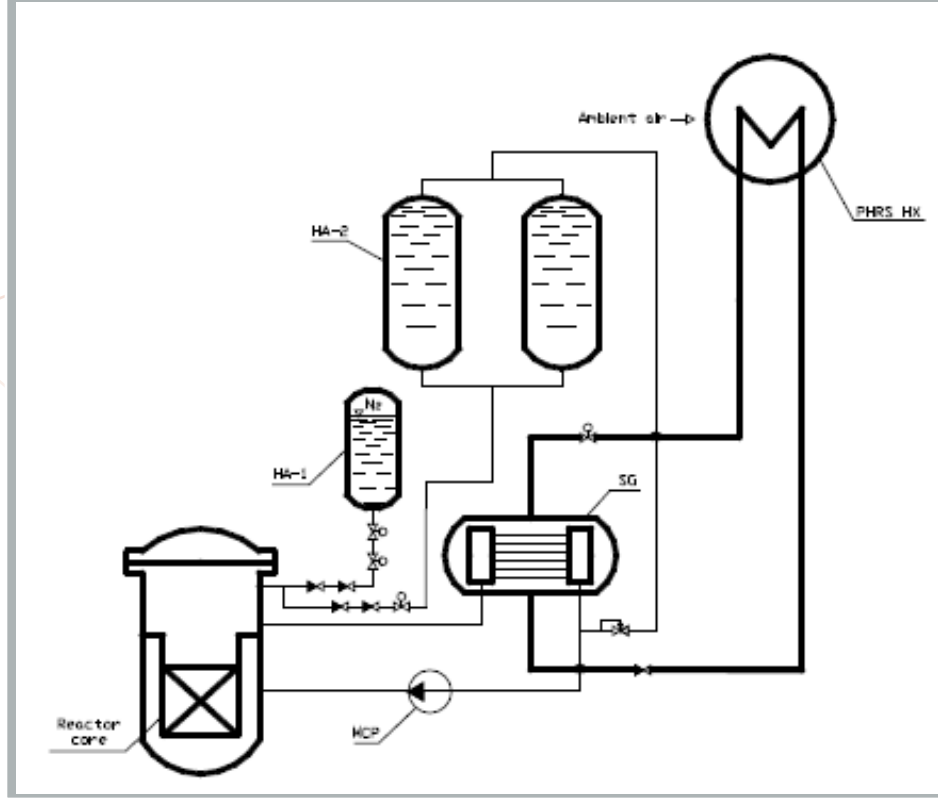
VVER-1200 gerekli çekirdek soğutması için pasif güvenlik sistemlerin kullanılmasını sağlar. Birinci ve ikinci aşamalarda hidro-akümülatörlerden ve pasif ısı alma sistemi (PHRS)'den oluşmaktadır. Ana devrede sızıntı olması durumunda PHR sistemi buhar jeneratörlerinin ana devre buhar yoğunlaştırma modunda çalışmaya geçmesini garanti eder. Sonuç olarak, SG'den çıkan yoğunlaşık madde ona ek soğutma sağlayarak çekirdeğe ulaşır.

Soğutucu Kaybı Kazaları (LOCA) durumunda pasif çekirdek soğutma sisteminin başlıca iki fonksiyonu vardır. Öncelikle, normal işletim sırasında yakıt çubuklarında saklanan ısının boşaltılmasını ve varsayılan LOCA'ların ilk, rahatlatma aşamasında Reaktör Basınç Tankında (RPV) yeterli suyun tutulmasını sağlamak zorundadırlar. Bu ise, çekirdekteki yeterli ısıl-hidrolik koşulları muhafaza ederek ve rahatlatma sürecinde soğutucu kaybını takviye ederek gerçekleştirilir. Bu bakımdan, normal işletim sırasında RPV'deki geniş su stoklarının bulunması faydalıdır. İkinci görev ise, RPV'deki çekirdekten ve ana sistemden rahatlatma sürecinin sonuna kadar çıkan bozunma ısısının tahliyesidir, sonra ana sistemin durumu sabitleştirilir (Morozov ve Soshkina 2008).

VVER-1200 pasif ECCS aşağıdakileri kapsar (Morozov ve Soshkina 2008).

- İlk aşama hidro akümülatörler sistemi (HA-1).
- İkinci aşama hidro akümülatörlerinden yeniden taşan pasif çekirdek sistemi (HA-2).
- Pasif artık ısı giderim sistemi (PHRS).

Şekil 6: VVER-1200 (V-392M) pasif çekirdek soğutma sisteminin devre şeması



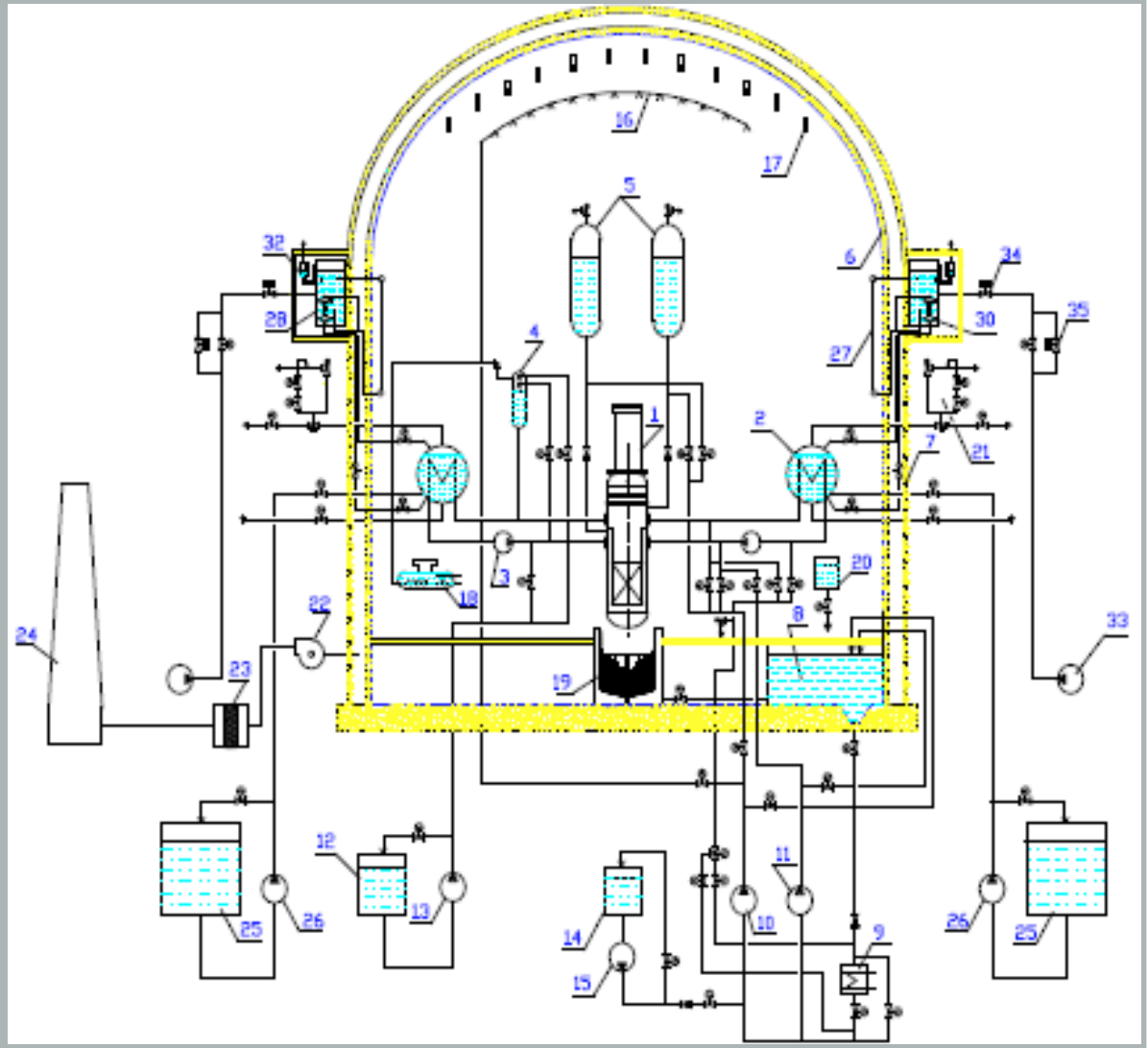
1. aşama hidro akümülatörler sistemi, ana devredeki basıncın 5.9 MPa'nın altına düştüğü, LOCA koşulları altında çekirdeğin soğutulması ve taşırılması için suyun reaktöre verilmesini sağlar. Hidro akümülatörlerdeki toplam su stoku, kazanın ilk döneminde gereken reaktör düzenini sağlayan 200 cu.m'ye eşittir. Hidro akümülatörlerden çıkan borular doğrudan reaktör tankına bağlanır. Normal işletim koşullarında, her hidro akümülatör art arda dizilmiş şekilde yerleştirilmiş iki kontrol vanasıyla reaktörden ayrılır. Reaktördeki basınç hidro-akümülatördeki nitrojen basıncının altına düştüğünde, kontrol vanaları açılır ve b suyu reaktöre akar (Morozov ve Soshkina 2008).

HA-2 sistemi, acil durum soğutma sisteminin aktif bir parçasının arızasıyla (örneğin; istasyon karartmasıyla birlikte LB LOCA durumunda) birlikte ana devredeki LOCA durumunda uzun süreli (24 saate kadar) yakıt soğutma işlemi için reaktör çekirdeğine pasif su beslemeye yöneliktir. Sistem, atmosferik basınç altındaki dört grup (sekiz tank) hidro akümülatörden oluşur. Toplam soğutucu stoku 960 cu.m'dur. Ana dolaşım borularında maksimum sızıntı olması durumunda 24 saat boyunca reaktör telafisi sağlamak için tercih edilir. Boşaltım hattında, ikinci aşama hidro akümülatörler, ilk aşama hidro akümülatörleri reaktöre bağlayan borulara takılır. Boşaltım borularına, bekleme modundaki hidroakümülatörlerdeki basınç artışı önlemek için kontrol vanaları temin edilir. İkinci aşama hidro akümülatörlerin üst kısımları özel geri dönüşsüz açılış kontrol vanalarıyla, buhar jeneratör kolektörlerine yakın bölgelerdeki ana devridaim borularının soğuk kısımlarına (cold leg) bağlanır. Bu özel kontrol vanaları, devredeki basınç 1.5 MPa'nın altına düştüğünde açılmaya ayarlanır; bundan sonra hidroakümülatörlerdeki basınç ana basınca kadar artar ve su hidrostatik basıncın

faaliyeti altında reaktöre akar. Azalan ısı bozunma gücüyle paralel olarak gerekli beslemeyi sağlamak için kullanılan hidro akümülatörlerinden su akışının geçici profili, drenaj hattına yerleştirilen orifis plakaları seçilerek çıkarılır (Morozov ve Soshkina 2008).

Reaktör santralinden ısıyı gidermek için tasarıma bir PHRS sistemi dahil edilmiştir. PHRS'nin tasarım dayanağı, acil durum güç kaynağının kaybı dahil olmak üzere bir istasyon kararması durumunda, sınırsız süre esnasında reaktör çekirdeğine ve ana sistem sınırına zarar verilmeden artık ısının giderilmesinin sağlanmasının gerekli olmasıdır. Sistem, her biri buhar jeneratörünün ikinci tarafıyla reaktör santralinin ilgili devresine bağlı olan dört bağımsız doğal dolaşım devresinden oluşmaktadır. Her takımda buhar beslemesi ve yoğuşuk maddenin giderilmesi için borular, vanalar ve muhafazanın dışında hava soğutmalı ısı eşanjörü bulunmaktadır. Buhar jeneratörlerinde çekirdekte salınan ısıdan dolayı oluşan buhar yoğuşur ve ısını ortama havasına atar. Yoğuşuk madde buhar jeneratörüne geri verilir. En kötü dış koşullar altında (ortam hava sıcaklığı +50 °C olduğunda) üç kanal yoluyla ısı giderme kapasitesi nominal reaktör gücünün en az % 2'si miktarındadır (Morozov ve Soshkina 2008).

Şekil 7 VVER-1200 Güvenlik Sistemleri Bileşenlerinin Şematik Gösterimi (Altshuller 2006)



Güvenlik sistemleri bileşenleri aşağıdakileri kapsar

- 1 – reaktör,
- 2 – buhar jeneratörü,
- 3 – RCP,
- 4 – basınçlandırıcı,
- 5 – HT ECCS ,
- 6 – muhafaza,
- 7 – dış muhafaza,
- 8 – tank çukuru (düşük konsantrasyonda boratlanmış su deposu),
- 9 – ısı eşanjörleri,
- 10 – düşük basınçlı emniyetli enjeksiyon pompası,
- 11 – yüksek basınçlı emniyetli enjeksiyon pompası,
- 12 – yüksek konsantrasyonda boratlanmış su depolama tankı,
- 13 – emniyetli bor enjeksiyon pompası,
- 14 – kimyasal besleme tankı,
- 15 – kimyasal besleme pompası,
- 16 – çekirdek püskürtme kolektörü,
- 17 – pasif hidrojen yeniden birleştirici,
- 18 – gaz verici,
- 19 – Çekirdekteki yakıtın erimesini yerelleştiren tesis,
- 20 – Alkali acil durum depolama tankı,
- 21 – Ana Buhar Vana Birimi ,
- 22 – Halkadaki acil durum düşük basınç için havalandırma ünitesi
- 23 – filtre,
- 24 – havalandırma bacası ,
- 25 – Demineralize su depolama tankı,
- 26 – Acil durum besleme suyu pompası,
- 27 – Kapalı PHRS kondansatörü,
- 28 – PHRS tankı,
- 30 – SG PHRS ısı eşanjörü,
- 32 – hidrolik conta,
- 33 – PHRS tankları telafisi için pompa,
- 34 – PHRS tanklarındaki seviye kontrol birimi (pasif faaliyet),
- 35 – PHRS tanklarının telafisi için vana (enerji kesici koşullar altındaki BDBA için).

Tablo 3 V-392M ve V-491 tasarımlarının parametre, özellik ve hedef gösterge listesi (Morozov ve Soshkina 2008).

Parametre	Değer
Ünitenin kurulu nominal elektrik kapasitesi (MWe)	1200
RI'nın nominal ısı kapasitesi (MWt)	3212
Reaktörün nominal ısı kapasitesi (MWt)	3200
Ana soğutucu basıncı (MPa)	17.64
Buhar jeneratörü basıncı (MPa)	7.0
Nominal güçte işletimde reaktör girişindeki soğutucu sıcaklığı (° C)	298.2
Nominal güçte işletimde reaktör çıkış dolaşım devrelerinde soğutucu sıcaklığı (° C)	328.9
Hizmet ömrü	
Santralin hizmet ömrü (yıl)	60
RI ana ekipman hizmet ömrü (yıl)	60
RI değiştirilebilir ekipman hizmet ömrü (yıl)	≥ 30
Santralin yapım süresi (yıl)	4.5
Performans	
Yük Faktörü (%)	En fazla 90
Güç yararlanım faktörü (%)	En fazla 92
RI Ekipman bulunma faktörü (%)	99
Verim, net (%)	35.7
Yakıt	
Yakıt çevrim süresi (yıl)	4-5
Yakıt ikmal aralıkları (ay)	12-18
FA maksimum yanma (MW gün/kgU)	En fazla 60-70
Kesintiler arasındaki süre (yıl)	4.8
Yıllık ortalama planlanan kesintiler (yakıt ikmal, rutin bakım için), (gün)	16-40
Yakıt ikmal kesintilerinin süresi (gün)	≤16
Bir yıl boyunca planlanmayan reaktör kesintilerinin sayısı	≤ 1.0
Güvenlik	
Buhar jeneratör borusunun delik mastarı kenarı (%)	2
Her yıl her reaktör başına reaktör yakıtının ciddi hasar görme olasılığı	≤10 ⁻⁴
Her yıl her reaktör başına acil durum salınımını sınırlama olasılığı	≤10 ⁻⁷
Operatörün müdahalesi ve güç kaynağı olmadan pasif güvenlik ve kaza yönetim sistemlerinin etkili tepki süresi (saat)	≥ 24
Tasarım temelli deprem ve emniyetli durdurma depremi (DBE ve SSE)	6 ve 7*
Kırılmadan önce sızıntı (LBB) konseptinin geçerli olduğu ana boru çapları (mm).	351x36 426x40 990x70

*Not: RI ana ekipman 8 dereceli SSE'ye dayanacak şekilde tasarlanmıştır.

VVER 1200 Tasarımları: V-302M ve V-491

VVER-1200 Reaktörünün, bir Atomenergoprom kuruluşu olan merkezi Moskova'da bulunan Deneysel Tasarım Bürosu Hidropress, Podolsk tarafından tasarlanan iki farklı versiyonu bulunmaktadır. İki VVER 1200 reaktör tasarımı, V-392M ve V-491, geniş ölçüde benzerdir ancak reaktör güvenlik sistemlerine yönelik farklı mühendislik yaklaşımlarına dayanır. Her iki tasarımın da oldukça çok sayıda ortak yapısal bileşenleri, ekipmanı ve borularının yanı sıra tasarım temellerine yönelik ortak ana mühendislik çözümleri ve reaktör sistemleri ve ekipmanın ortak özellikleri vardır. Aktif ve pasif güvenlik bariyerlerinin kombinasyonu açısından, her ikisi de III+ Nesil teknolojilerinin güvenilirlik düzeyini karşılar (Morozov ve Soshkina 2008).

V-392M ve V-491'in tasarımlarının yapısal rekabet avantajları vardır. Modernize edilmiş yeni V-392M tasarımında, pasif güvenlik sistemleri hakimdir. Güvenlik sağlamak için insan hatalarına bağlı olmayan koruma pasif sistemler bu modelde yaygın olarak kullanılır. Bunların arasında ikinci aşama hidro tankları ve pasif ısı alma sistemi bulunmaktadır. Buna karşılık, V-491 tasarımında aktif güvenlik sistemleri hakimdir. V-392M'in bu nedenle iki aktif güvenlik kanalı bulunurken, V-491'de dört aktif güvenlik kanalı vardır. Türbin dairesi planları da farklıdır.

Tablo 4 V-392M ve V-491 güvenlik sistemlerinin karşılaştırılması (Morozov ve Soshkina 2008).

	V-392M Tasarımı	V-491 Tasarımı
CPS çubuklarının sayısı	121	121
ECCS aktif bölüm	Kombine, ejektör pompaları ve kanallardaki iç fazlalıkla birlikte iki kanallı yüksek ve düşük basınçlı sistem	Her birinde 4 x %100 artıklıkla birlikte ayrılmış, dört kanallı yüksek ve düşük basınçlı sistemler
ECCS pasif bölüm	Pasif dört kanallı sistem	Pasif dört kanallı sistem
Acil durum bor asidi enjeksiyon sistemi	Kanallardaki 2 x %100 artıklıkla ve 2 x % 50 artıklıkla iki kanallı sistem.	4 x %50 artıklıkla birlikte dört kanallı sistem
Acil durum besleme suyu besleme sistemi	Bulunmaz	4 x % 100 artıklıkla ve acil durum besleme suyu depolama tanklarıyla birlikte dört kanallı sistem
Acil durum SG soğutma sistemleri	2 x %100 artıklıkla kapalı iki kanallı sistem	Bulunmaz.
Acil durum pasif çekirdek taşma sistemi (GE-2)	Her kanalda iki tank olmak üzere pasif dört kanallı sistem	Bulunmaz
Pasif ısı alma sistemi	Her kanalda iki hava soğutmalı ısı eşanjörü olmak üzere pasif dört kanallı sistem	

Aynı zamanda, güvenlik sistemlerine ve tasarım dışı temelli kaza (BDBA) yönetim sistemlerine getirilen mühendislik çözümleri farklıdır. V-392M tasarımında odak, santral yapımı ve işletiminde daha yüksek maliyet etkinliğini amaçlayarak artıklılıktan kaçınmaya çevrilmiştir. Bu hedef daha yüksek nominal güç, ana ve ikincil parametreler, daha iyi yakıt tüketimi ve işletim özellikleri sayesinde yerine getirilir (Morozov ve Soshkina 2008).

VVER-1200/ 491'in düzen prensipleri aşağıdaki gibidir (Altshuller 2006)

- Nükleer ada binalarını reaktör binasına bitişirme veya yakınına yerleştirme.
- Binanın fiziksel olarak yangına dayanıklı yapısal bariyerlerle ayrılan güvenlik takımlarına ayrılması.
- Onları birbiriyle ilişkili olarak optimal bir konfigürasyona yerleştirerek iletişim hatlarının ve binalar arasındaki iletişim hacminin azaltılması
- Çeşitli binalara fazla ekipmanı yerleştirerek NPP fiziksel korumasını artırma.
- Nükleer ada binalarına kontrollü erişim sağlama.
- Süreç verimliliğini artırmak ve yapım maliyetlerini düşürmek için binalardaki sistem düzenini ve sistem yerini optimize etmek.

Sonuç ve Değerlendirme

VVER'ler, bir Batı PWR reaktörüyle aynı temel prensipler üzerinden çalışan Rusya tasarımı basınçlı bir hafif su reaktörüdür. Onunla benzer teknolojik sistemleri kullanır. Her ne kadar modern VVER tipi reaktör kurulumları tasarımları açısından Batı tasarımlı reaktörlere en yakın tasarım olsa da, aralarında belirli farklılıklar vardır. En önemli farklı tasarım özellikleri yatay buhar jeneratörleri ve altıgen yakıt takımı ve çekirdek yapılarıdır.

VVER tipi reaktörlerini tasarımlarının ana prensibi:

- Kaza şekilleri dahil olmak üzere farklı geçişler sırasında yakıt çubuklarındaki ısı transferiyle ilgili olarak büyük ölçüde majlar sağlayan reaktör çekirdeğinin orta dereceli ısı yoğunluğu,
- Güvenlik sağlamada önemli bir rol oynayan kendini koruma prensibine dayalı pasif iç güvenlik olarak özetlenebilir.

PWR reaktörleriyle karşılaştırıldığında yüksek derecede kendini koruma prensibine dayanma, VVER tipi reaktörlerin en önemli özelliklerinden biridir. Özellikle aşağıdaki özelliklerin vurgulanması gerekmektedir

- Ana devredeki ve basınçlandırıcıdaki çekirdeğin üstündeki soğutucu hacimleri artırılır.
- İkincil devredeki yatay buhar jeneratörü büyük bir miktarda su içerir,
- Çekirdeğin üst seviyesinde hiçbir yapısal deliğe izin verilmez.

Çekirdeğin nispeten düşük enerji yoğunluğu ile ana ve ikincil devrelerdeki geniş bir soğutucu deposu nedeniyle, VVER tipi reaktörlerin acil durum koşulları altında daha uzun bir süre boyunca emniyetli reaktör işletimi koşullarını muhafaza ettiği ve reaktör çekirdeği kurummasının meydana gelmediği; böylece operatör müdahalesine gerek kalmadığı öne sürülmektedir.

Rusya temel tasarımını muhafaza ederken aşamalı olarak VVER Reaktörleri geliştirmektedir.

Tablo 5 Ükelere göre VVER'ler

Ülke	İlk Ünitenin İşletmeye Alınması	Kurulan ünitelerin sayısı	İşletimde bulunan ünitelerin sayısı	VVER-440/VVER-1000
Rusya	1964	18	16	6/10
Doğu Almanya	1966	6	0	5/0
Bulgaristan	1974	6	6	4/2
Ermenistan	1976	2	1	2/0
Finlandiya	1977	2	2	2/0
Slovakya	1978	6	6	6/0
Ukrayna	1980	13	13	2/11
Macaristan	1982	4	4	4/0
Çek	1985	6	6	4/2
Çin	2005	2	2	0/2
İran	2008	1		0/1
Hindistan		2		0/2

Kaynak : Dünya Nükleer Birliği, "Nuclear Power in Russia", (<http://www.world-nuclear.org/info/inf45.html>)

Şu anda, Rus VVER teknolojili 53 su soğutmalı nükleer reaktör Rusya'da ve bunlardan 28'i VVER 1000 olmak üzere yurtdışında Ermenistan, Bulgaristan, Çin, Çek Cumhuriyeti, Finlandiya, eski Doğu Almanya, Macaristan, Slovakya, Ukrayna, Hindistan ve İran'da işletilmektedir.

Daha uzun ömrü, daha yüksek gücü ve daha yüksek verimiyle (%31.6 yerine %36.56) VVER-1000'in geliştirilmiş bir modeli olarak, 1150-1200 MWe'lik üçüncü nesil standartlaştırılmış bir VVER-1200 reaktörü geliştirme aşamasındadır. Pasif emniyet özellikleri, çift muhafaza ve reaktördeki yakıt hasarı sıklığı dahil olmak üzere depremlere ve uçak etkisine karşı daha iyi koruma sağlamak için geliştirilmiş güvenlik özelliklerini bünyesinde barındırır.

Geniş ölçüde benzer olan ancak reaktör güvenlik sistemlerine yönelik farklı mühendislik yaklaşımlarını esas alan VVER 1200 reaktörünün iki farklı tasarımı V-392M ve V-491 şu anda yapım aşamasındadır. V-491 ve V-392M tasarımlarının önümüzdeki yıllarda sırasıyla Leningrad Nükleer Enerji Santrali II ve Novovoronezh Nükleer Enerji Santrali II' de işletmeye konulması planlanmaktadır.

Ancak VVER 1200 Reaktörleri için standartlaştırılmış bir tasarım henüz belirlenmemiştir. Bu iki versiyon arasında yapılacak nihai seçimin ilk VVER 1200 reaktörlerinin yapım sonuçlarına bağlı olarak yapılması beklenmektedir. Seçilen reaktör tasarımı, Rusya'da standart nükleer enerji santrallerinin yapımına yönelik büyük çaplı bir girişimin temelini oluşturacaktır: 2030 yılına kadar, ülkenin enerji karışımındaki nükleer pay %25'i geçebilecektir.

Kurulacak ilk nükleer enerji santrali için Türkiye, içerisinde aktif güvenlik sistemlerinin hakim olduğu VVER-1200/V491 tasarımını seçmiştir. VVER V 320 ile yaşanan olumlu deneyimin de gösterdiği gibi bu aktif sistemlerin oldukça verimli olacağı ileri sürülmektedir. Aktif ve pasif güvenlik sistemlerine dayanan VVER'lerin EWR'lerle karşılaştırılabilir bir güvenlik düzeyinde olması mümkündür. Ancak şu an işletimde olan hiçbir VVER-1200 olmadığını vurgulamak gerekir. Bu tasarımlar henüz kağıt üzerindedir. Bu nedenle henüz itimat edilecek hiçbir işletim deneyimi de bulunmamaktadır. Beklenmeyen santral arızaları veya öngörülmeleyen fiziksel veya kimyasal süreçler nedeniyle yapım ve/veya işletim sırasında yeni ve beklenmeyen sorunlar ortaya çıkabilir.

Referanslar

AES-2006 (VVER-1200) http://www.old.rosatom.ru/en/about/projects/npp_2006/

AES-92 for Belene: The Mystery Reactor, http://www.ecology.at/files/pr529_1.pdf

Altshuller,A., "NPP-2006 with reactor VVER-1200/491", http://www.reak.bme.hu/MTAEB/files/konferencia_20070308/tpresent/Atomstroyexport_03_SPbAEP_NPP-2006.pdf.

Asmolov, V.G. (2009), "Development of the NPP based on VVER Technology" Paris, 10 - 11 Eylül, www.oecd-nea.org/mdep/events/conf_sept_2009/conference-presentations/Session_4_-1-4_-_ROSATOM.pdf.

Böck, H., "WWER/ VVER Soviet designed Pressurized Water Reactors," (http://www.ati.ac.at/fileadmin/files/research_areas/ssnm/nmkt/04_WWER_Overview.pdf).

Chatterjee, B., ve diğerleri (2010), "Brief description of VVER-1000 reactor", Annals of Nuclear Energy 37, 359–370.

Chatterjee, B. ve diğerleri (2010). "Analyses for VVER-1000/320 reactor for spectrum of break sizes along with SBO" ,Annals of Nuclear Energy 37, 359–370.

Dragunov, Y. G. ve diğerleri (2007), "Prospects for Development of VVER-type Pressurized Light-Water Reactor Installations" ,Thermal Engineering, Cilt. 54, Sayı. 5, syf. 343–347.

Ermolaev,V., "AES-2006" Atomstroyexport"

Elemash, VVER-1000 nuclear fuel, <http://www.elemash.ru/en/production/Products/NFCP/VVER1000>

Hirsch, H. ve A. Wenisch (2010), "Construction of a NPP in Belarus", Rapor, REP-0291, Viyana, www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/.../REP0291.pdf.

IAEA (2009) "WWER-1000, Reactor Simulator Workshop Material" Training Course Series, Sayı. 21, 3. Basım, VİYANA

Uluslararası Nükleer Güvenlik, VVER-440 Model 213, insp.pnnl.gov/-profiles-reactors-vver213.htm

Uluslararası Nükleer Güvenlik (2001), Uluslararası Nükleer Güvenlik, durum Raporu http://insp.pnnl.gov/-reports-status-2001status_rpt-statrpt2001_appa_node.htm

Matejovic, P. ve M. Barcraty, "Natural circulation and use of passive heat removal principles in VVER/V213 reactors"

Mokhov, V., ve N. Trunov, "VVER reactors: clean and reliable source of energy in the past and in the future" International Conference on Opportunities and Challenges for WaterCooled Reactors in 21-st Century", (<http://www.scribd.com/doc/33557606/VVER-Reactors>).

Mokhov, V., "Advanced Design of VVER Reactor Plant", (<http://www.slideshare.net/myatom/advanced-designs-of-vver-reactor-plant>)

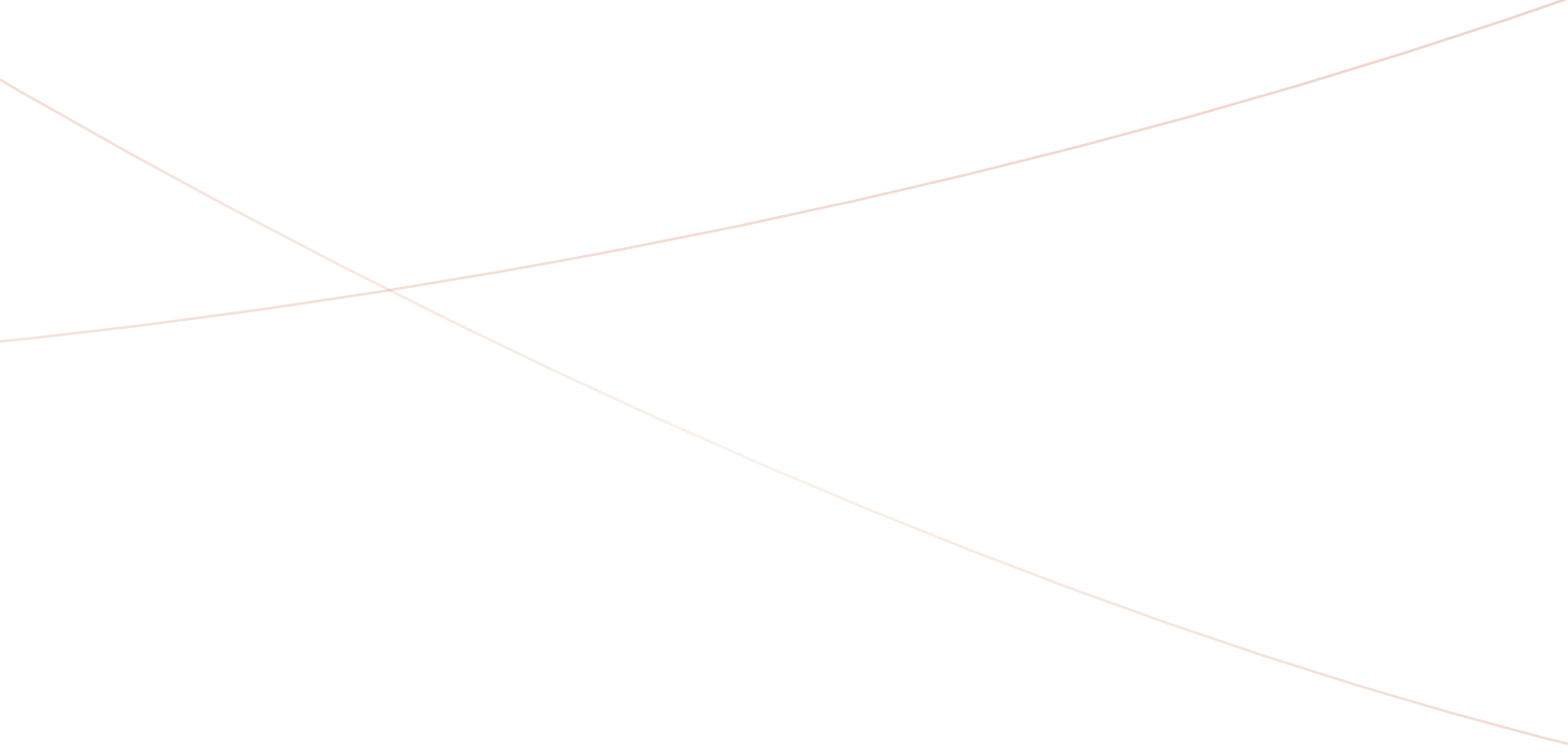
Morozov, A., ve A. Soshkina (2008), "Passive Core Cooling Systems for Next Generation NPPs: Characteristics and State of the Art, Proceedings of IYNC 2008, Makale No. 236 Interlaken, İsviçre

Nükleer Enerji Ajansı (1998), Nükleer Tesisatların Güvenliği Komitesi, "VVER Specific Features Regarding Core Degradation", Durum Raporu, NEA/CSNI/R(98)20

Rusya'nın sonraki VVER Tabloları http://www.neimagazine.com/journals/Power/NEI/October_2009/attachments/Tables.pdf

Tiitta, A., ve diğerleri (2002), "VVER-1000 SFAT Final Report on Task FIN A 1073 of the Finnish Support Programme to the IAEA Safeguards" STUK- YTO-TR 192, Helsinki

Dünya Nükleer birliği, "Nuclear Power in Russia", (<http://www.world-nuclear.org/info/inf45.html>)



NÜKLEER ENERJİYE GEÇİŞTE TÜRKİYE MODELİ

Ekonomi ve Dış Politika Araştırmalar Merkezi (EDAM)
İstanbul merkezli bağımsız bir düşünce kuruluşudur.

EDAM'ın temel amaçları,

- Türk dış politikası ve güvenlik politikaları,
- Türkiye-AB ilişkileri ,
- Küreselleşmenin yönetimi ve etkileri,
- Enerji ve iklim değişikliği politikaları.

konularında bilimsel temelli araştırmalar yapmak suretiyle Türkiye içinde ve dışındaki karar alma sürecine katkıda bulunmaktır. EDAM bu çerçevede bu konu başlıkları altındaki araştırmaların yanısıra, yuvarlak masa toplantıları ve konferanslar düzenlemektedir. EDAM aynı zamanda Avrupa Birliği ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki çeşitli kuruluşlar ile ortak araştırma ve yayın konularında işbirliği yapmaktadır.

ISBN : 978-9944-0133-2-1



Ekonomi ve Dış Politika Araştırmalar Merkezi

Seheryıldızı sokak 23/5
34337 Etiler- İstanbul
Tel : 0212-352 1854
Email : info@edam.org.tr
www.edam.org.tr