



Türkiye, Japonya ve Güney Kore Nükleer Güç Santrali Edinme Süreçlerinin Karşılaştırılması

Ümmühan BARLAK¹ ve Hasan OĞUL²

How to cite: Barlak, Ü., & Oğul, H. (2022). Türkiye, Japonya ve Güney Kore nükleer güç santrali edinme süreçlerinin karşılaştırılması. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 102-115. <https://doi.org/10.33484/sinopfbd.1051512>

Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar

Ümmühan BARLAK
 umbarlak@gmail.com

Yazarlara ait ORCID

Ü.B: 0000-0002-7365-8810
 H.O: 0000-0002-5121-2893

Received: 31.12.2021

Accepted: 09.08.2022

Öz

Enerjide sürekliliği sağlayabilmek ve dışa bağımlılığı en aza indirebilmek için ülkelerin birden çok enerji kaynağını kurulu sistemler halinde yönetebilmesi gerekmektedir. Nükleer enerji düşük karbon salımlı bir enerji kaynağı olması sebebiyle çağımızın iklim değişikliği sorunuyla mücadelede kilit rol oynama potansiyeline sahip bir enerji türü olarak değerlendirilmektedir. Nükleer santraller kullandığı yakıt kütesine oranla yüksek miktarda enerji açığa çıkarabilmesi, hava olaylarından etkilenmeden devamlı olarak enerji üretebilmesi ve elektrik üretim maliyetleri konusundaki öngörülebilirliği gibi kendine özgü özellikleri ile ülkeler tarafından tercih edilmektedir. Türkiye, Japonya ve Güney Kore nükleer güç santrali teknolojilerine sahip olabilmek için erken bir dönemde ve yaklaşık olarak aynı zaman diliminde adımlar atmaya başlayan ülkelerdendir. Japonya ve Güney Kore günümüzde kurulu birçok nükleer santrali ve geliştirmekte olduğu kendi tasarımlarıyla çeşitli alanlarda ulusal ve uluslararası projeler yürütmekte olan iki ülke konumundadır. Türkiye’de başlatılan girişimler için süreç aynı şekilde ilerlememiş ve yapılması planlanan ilk santralin inşaatına 2010’lu yıllarda başlanabilmektedir. Bu çalışmada nükleer güç santrali teknolojilerini elde etme süreçleri birbirine yakın zamanlarda başlamış olan bu üç ülkenin faaliyet süreçleri kronolojik bir düzende ele alınmış ve zaman içerisinde atılan adımlar karşılaştırılmıştır. Türkiye için mevcut durum değerlendirilerek geleceğe yönelik önerilere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nükleer enerji, nükleer güç santrali, Türkiye, Japonya, Güney Kore

Comparison of Nuclear Power Plant Acquisition Processes in Turkey, Japan and South Korea

¹Sinop Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Nükleer Enerji Mühendisliği Anabilim Dalı Sinop, Türkiye

²Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Nükleer Enerji Mühendisliği Anabilim Dalı Sinop, Türkiye

Abstract

Countries should be able to manage multiple energy sources in order to ensure continuity in energy and to minimize foreign dependency. Nuclear energy has the potential to play a key role in dealing with the climate change problem of our age since it is a low-carbon energy source. Nuclear power plants are preferred by countries due to their unique features such as being able to release a high amount of energy compared to the fuel they use, producing energy continuously without being affected by weather events, and predictability in electricity production costs. Turkey, Japan and South Korea are among the countries that have started to take steps in an early period and approximately at the same time to acquire nuclear power plant technologies. Today, Japan and South Korea are two countries that carry out national and international nuclear power projects with many

Giriş

Enerji kaynaklarının sınırlı olması ve maliyetlerindeki sürekli artış nedeniyle dünyada süregelen bir enerji sorunu ortaya çıkmıştır. Mevcut enerji kaynaklarının dünyada eşit olmayan dağılımına ve sınırlı olmasına karşın insanlığın daha yüksek refah beklentisi de bu sorunun asli nedenidir. Temel enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtlar küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır [1]. Sanayi devriminin etkisiyle birlikte özellikle 1750’li yıllardan sonra insan faaliyetleri hız kazanmıştır. Bu durum sera gazı emisyonlarının artmasına, dolayısıyla atmosfer kompozisyonunun değişmesine yol açmıştır [2]. Bu küresel soruna karşı bir önlem alınmaması durumunda yirmi birinci yüzyılın sonundan itibaren küresel sıcaklıkta 1°C ila 4°C’lik bir artış olabileceği öngörülmektedir. Bu küresel ısınma yeryüzünde kuraklıklara, sellere ve çeşitli tropikal hastalıklara zemin hazırlamaktadır. Ayrıca buzulların erimesi sonucu okyanus seviyelerindeki yükselme ve buna bağlı olarak sahile yakın yerleşimlerin su altında kalma tehlikesi oluşmaktadır [1]. Fosil enerji kullanımı, toplam sera gazı salınımının üçte ikisini oluşturmaktadır. Bu nedenle salımları azaltmak ve iklim değişikliğini önlemek üzere çeşitli alanlarda alınan önlemler enerji sektörünü de içermek zorundadır [3]. Nükleer enerji düşük karbon ayak izine sahip bir enerji kaynağı olması nedeniyle geleceğin temiz enerji hedeflerine ulaşmada önemli rol oynayabilecek bir potansiyele sahiptir. Günümüzde nükleer santraller güçlü güvenlik sistemleriyle donatılmıştır. Nükleer santrallerden çevreye salınan radyasyon doğal radyasyonun yaklaşık %1’i kadar bir etkiye sahiptir ve santral çevresinde yapılan tarım, balıkçılık, turizm gibi faaliyetler ve bulunan halk bu durumdan asgari düzeyde etkilenmektedir [4]. Nükleer enerjinin tüketilen miktarına göre sağladığı enerji diğer kaynaklara göre oldukça yüksektir. Enerji üretiminde az miktarda hammadde kullanıldığından tüketilen enerji içinde hammaddenin maliyete katkısı düşük olmaktadır. Diğer santraller ile kıyaslandığında gereksinim duyulan arazi daha küçük olmaktadır. Ayrıca nükleer yakıtlar uzun süre depolanabildiğinden dışa bağımlılığı azaltmaktadır. Buna karşın nükleer enerjinin dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin nükleer atıklardan yayımlanan radyasyonun güvenli seviyelere gelmesi çok uzun yıllar sürebilmektedir. Kullanılmış yakıtların yeniden işlenmesi ve bertarafı hassas bir süreçtir. Olası nükleer kazalar geniş alanları etkileyebilen çok tehlikeli durumlar oluşturabilmektedir [5].

Dünyada nükleer gücün araştırılması ve geliştirilmesi ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri’nde başlamış ve sonrasında diğer ülkelere de yayılarak büyük oranda genişlemiştir. Bunun başlıca iki nedeni

çoğu ülkenin kömür ve petrol gibi kendi fosil enerji kaynaklarına sahip olmaması ve Fransa örneğinde olduğu gibi bazı ülkelerin nükleer enerjiyi bir devlet politikası olarak incelemesidir [1]. 2021 yılı verilerine göre Fransa, elektrik üretiminin %70.6'sını nükleer enerjiden sağlamaktadır. Ukrayna enerjisinin yaklaşık %51'ini, Belçika yaklaşık %39'unu, Güney Kore %29.6'sını, Rusya %20.6'sını, ABD %19.7'sini ve Japonya enerjisinin %5.1'ini nükleer enerjiden karşılamaktadır [6].

Bu çalışmanın konusu olan ve nükleer enerji alanındaki tarihi süreci incelenen üç ülke -Japonya, Güney Kore ve Türkiye- nükleer enerjiyi edinme girişimlerine sırasıyla 1953, 1957 ve 1955 yıllarında başlamışlardır. Japonya'da Aralık 2021 verilerine göre şu anda işletme halinde olan 33 adet reaktörün toplam elektrik üretim kapasitesi 31679 MWe'dir. Daha önce yapılan 27 adet reaktör kapatılmış olup, 2 adet santral yapım aşamasındadır [7]. Nükleer enerji, toplam elektrik üretiminin yaklaşık %5.1'lik bir bölümünü oluşturmaktadır [6]. Güney Kore 2021 yılı itibariyle işletme halinde olan 24 nükleer reaktörü ile dünyanın önde gelen nükleer enerji ülkeleri arasında yer almaktadır. Kapatılan 2 adet reaktörü ve yapım aşamasında olan 4 adet reaktörü bulunmaktadır. Teknolojisini geniş çapta ihraç eden ülke, Birleşik Arap Emirlikleri'nin ilk nükleer reaktörünün inşasında yer almıştır [8]. Nükleer enerji Güney Kore'nin toplam elektrik üretiminde %29.6'lık bir paya sahiptir [6]. Başlangıç zamanları yaklaşık olarak aynı tarihlerde olmasına rağmen Japonya ve Güney Kore günümüzde nükleer güç santrallerine sahip iken Türkiye henüz sahip değildir. Türkiye'de nükleer teknolojilerin kullanımını geliştirmek adına bazı adımlar atılmakta ve hâlihazırda nükleer santral projeleri yürütülmektedir. 2010 yılında Rusya Federasyonu Hükümeti ile imzalanan iş birliği anlaşması ile aktif proje olan Akkuyu NGS'ye (Nükleer Güç Santrali) başlamıştır [9]. Toplamda 4800 MW kurulu güce sahip olacak nükleer santralin Türkiye'deki teknoloji gelişimine katkı sağlaması, istihdamı arttırması ve insan kaynaklarını geliştirmeye katkı sunmasının yanında ülkenin doğal gaz ithalatını da azaltması beklenmektedir [10]. Nükleer güç santrali teknolojilerini edinme ve geliştirme faaliyetlerinde diğer ülkelerin benzer süreçlerinin incelenmesi ve karşılaştırmalarla yapılan değerlendirmeler ile oluşturulan fikir ve önerilerin çoğaltılması gerekmektedir. Çalışmada nükleer güç santrali teknolojilerini elde etme faaliyetleri birbirine yakın zamanlarda başlamış olan Türkiye, Japonya ve Güney Kore ülkelerinin bu teknolojiyi elde etme süreçleri incelenerek gelişim adımları üzerinden bir değerlendirme yapılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada Türkiye, Japonya ve Güney Kore'nin nükleer güç teknolojilerini edinme ve geliştirme süreçleri kronolojik bir zaman düzeni içerisinde işlenmektedir. Faaliyet süreçleri ve zaman içerisinde atılan adımlar karşılaştırılmalı olarak ve neden sonuç ilişkisi çerçevesinde değerlendirilerek geleceğe yönelik önerilere yer verilmektedir. Süreçlere dair bilgilere ulaşılırken öncelikli olarak Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), Japonya Atom Enerjisi Ajansı (JAEA), Kore Atom Enerjisi Araştırma Enstitüsü (KAERI) ve Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu (TENMAK) verilerinden, ayrıca konuya ilişkin akademik metinlerden yararlanılmıştır. Çalışmada nükleer güç santrali yapım

faaliyetlerine odaklanılmış, nükleer enerjinin diğer kullanım alanları kapsam dışında bırakılmıştır. Nükleer teknoloji, büyük yatırım ve çalışma gerektiren bir alandır. Nükleer alanda gelişme ve ilerlemenin sağlanması farklı disiplinler arası detaylı inceleme ve araştırmalar ile mümkün olabilmektedir. Bu araştırmalar yapılırken nükleer teknolojilere sahip olan veya birbirinden farklı prosedürlere sahip ülkelerde süreçlerinin incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Literatürde nükleer enerji ile ilgili ülkeler bazında karşılaştırmalı olarak gerçekleştirilen ve kronolojik düzende süreçler hakkında bilgiler verilen benzer akademik metinler bulunmaktadır. Örneğin Bredimas ve Nuttall [11] tarafından yapılan çalışmada Kanada, Fransa, Almanya, Japonya, İsviçre, Birleşik Krallık ve ABD olmak üzere yedi farklı ülkenin lisanslama prosedürleri karşılaştırılarak geliştirilecek yeni nükleer santrallerin uygun bir şekilde lisanslanabilmesi için gereken önlemlerin alınması amaçlanmıştır. Yoon vd. [12] tarafından yapılan çalışmada Kore ve Japonya'nın nükleer, sosyal ve teknolojik alanlarda izlediği yolların farklılık sebepleri analiz edilmektedir. Jin ve Park [13] tarafından yapılan başka bir çalışmada Fukushima Nükleer Kazası'na farklı tepkiler veren Almanya ve Kore'nin nükleer politikaları karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmektedir. Oğul ve Karaağaç [14] tarafından yapılan çalışmada Türkiye'nin farklı şehirleri için nükleer güç santrallerinin (NGS) halk tarafından kabul edilebilirliğini değerlendirmek üzere bir anket yapılmıştır ve elde edilen sonuçlar daha önce Türkiye'de ve diğer ülkelerde yapılmış çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Shim ve Park [15] tarafından yapılan çalışmada; ABD, İngiltere, Almanya, Fransa, Japonya ve Güney Kore politika çerçeveleri araştırılmıştır. Konuya ilişkin akademik metinler incelendiğinde çeşitli olay, durum ve süreçlerin karşılaştırmalı olarak ele alınması sonucunda güncel fikirlere ışık tutma, yorumlama ve sorulara cevap bulma süreçlerinin daha etkin bir şekilde gerçekleştirilebildiği görülmektedir. Bu kapsamda bu çalışmanın Türkiye'de nükleer teknolojileri geliştirme faaliyetleri için yararlı olması beklenmektedir.

Japonya'da Nükleer Teknolojileri Edinme ve Geliştirme Süreci

Japonya'nın nükleer teknolojileri geliştirme süreci, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın (IAEA) temelini atıldığı 8 Aralık 1953 tarihinde başlamıştır. Hemen ertesi yıl Japonya Ulusal Diyet'i (parlamento) tarafından nükleer araştırmalar için 235 milyon JPY bütçe ayrılmıştır. 1956 yılında IAEA üye devletlerine katılmasının ardından JAERİ (Japonya Atom Enerjisi Araştırma Enstitüsü), Atom Enerjisi Komisyonu, Bilim ve Teknoloji Ajansı, Atomik Yakıt Kurumu gibi ulusal organlar kurulmuştur. Nükleer teknolojinin Japonya'ya hızlı bir şekilde girmesi amacıyla JAERİ tarafından yapımı gerçekleştirilen Japonya Araştırma Reaktörü No.1 (JRR-1) 1957 yılında ilk kritikliği elde etmiştir. 50 kW gücündeki bu araştırma reaktörü temel bilimsel araştırmalarda kullanılmak üzere radyoizotop üretimi ile mühendis ve araştırmacıların eğitimleri için kullanılmıştır. Bir sonraki adım olarak yüksek performanslı bir araştırma reaktörü olan 10 MW gücündeki Japonya Araştırma Reaktörü No.2 (JRR-2) inşa edilmiş ve 1960'ta ilk kritikliğe ulaşmıştır. Bu reaktör radyoizotop üretiminin yanı sıra nötron deneyleri, yakıt ışınlanması, nötron aktivasyon analizi gibi uygulamalar için de kullanılmıştır.

Yerli olarak inşa edilen ilk araştırma reaktörü JRR-3 (Japonya Araştırma Reaktörü No.3) olmuş ve nükleer teknoloji ve nötron bilimine katkılardan dolayı Amerikan Nükleer Topluluğu'nun Tarihi Dönüm Noktası Ödülü'nü almıştır [16]. Japonya Araştırma Reaktörü No. 4 (JRR-4) ilk olarak Japon nükleer gemisi 'MUTSU' için deneyler yapmak amacıyla kurulmuş ancak tıbbi ışınlama, aktivasyon analizi, radyoizotop üretimi ve eğitim gibi çeşitli amaçlarla kullanılmıştır. "TRIGA reaktörü" olarak adlandırılan araştırma reaktörlerinden biri NSRR reaktörüdür [17]. Reaktivite kazalarına karşı reaktör güvenliğini incelemek üzere özel bir reaktör olarak yapılmıştır. Günümüzde de NSRR reaktöründe yakıt erimesi gibi ciddi kaza olaylarının simülasyon çalışmaları yürütülmektedir [18]. Nisan 1968'de Japonya Malzeme Test Reaktörü (JMTR) ilk kez kritik olmuştur. Bu reaktör hafif su reaktörleri (LWR) için yakıt ve malzeme ışınlama testleri gibi çeşitli amaçlarla kullanılmıştır [19]. JMTR aracılığıyla farklı radyoizotoplar üretilmiş ve bunlar tıbbi tedavilerde yaygın olarak kullanılmıştır [16]. Japonya'da elektrik üreten ilk reaktör, prototip bir kaynar su reaktörü (BWR) olan Japon Güç Gösterme Reaktörü'dür (JPDR). Bu reaktör, 1963 yılından 1976 yılına kadar çalışmıştır ve daha sonra yapılacak ticari reaktörler için büyük miktarda bilgi edinilmesini sağlamıştır [7]. Japonya'nın ilk ticari nükleer enerji reaktörü Birleşik Krallık'tan ithal edilen 160 MWe gücünde gaz soğutmalı bir reaktör olan Tokai-No'dur. Reaktör 1966'da çalışmaya başlamış ve Mart 1998'e kadar çalışmaya devam etmiştir [16]. Daha sonra zenginleştirilmiş uranyum kullanan hafif su reaktörleri (PWR ve BWR) inşa edilmiştir. Japon kamu kuruluşları, ABD'li satıcılardan tasarımlar satın almış ve bunları Japon şirketlerinin iş birliğiyle inşa etmiştir. Sonrasında da benzer tesisler kurmak için lisans alınmaya başlanmıştır. Hitachi Co. Ltd., Toshiba Co. Ltd. ve Mitsubishi Heavy Industry Co. Ltd. gibi şirketler kendi LWR'lerini tasarlama ve inşa etme kapasitelerini geliştirmiştir [7]. Japon endüstrisi 1970'li yılların sonuna gelindiğinde büyük ölçüde kendi yerli nükleer enerji teknolojilerini geliştirmiştir ve bugün diğer ülkelere ihracat yapabilmektedir [16]. Ekim 2005'te Japonya Atom Enerjisi Ajansı (JAEA) kurulmuştur [20]. Japonya'da ilk gelişmiş kaynar su reaktörleri (ABWR) Tokyo Electric Power Co.'nun (TEPCO) Kashiwazaki-Kariwa üniteleri 6 ve 7'dir. Bu tesisler 1996-1997 yıllarında çalışmaya başlamıştır ve şu anda da ticari olarak işletmededir. Japonya'da nükleer enerjinin barışçıl kullanımı için radyasyon ve radyoizotop uygulamaları üzerine çeşitli Ar-Ge faaliyetleri yürütülmüştür. Radyasyon ve radyoizotoplar endüstri, tarım ve tıbbi tedavi gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır [16]. Japonya, enerji gereksiniminin %90'ından fazlasını ithalat yoluyla karşılamaktadır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra toparlanarak endüstriyel tabanını hızla genişletmiş, böylece fosil yakıt ve özellikle Orta Doğu'dan petrol ithalatına bağımlı hale gelmişti. Nitekim 1974 yılında elektrik üretiminin %66'sı petrole dayanmaktaydı. Bu sırada Japonya zaten beş adet çalışan reaktör geliştirmişti ve nükleer endüstrisini büyütmekteydi. Dolayısıyla ülke, petrol ithalatının azaltılmasına öncelik vermiş ve nükleer programlara yönelmiştir [7]. Japonya insanlığın artan ortak enerji ihtiyacına cevap verme arayışında olan ve gelecek için uzun vadeli bir enerji kaynağının en çekici seçeneklerinden biri olarak görülen ITER (Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktör) projesine katılmış ve bu alanda da çalışmalar yürütmekte ve geliştirmektedir [16].

Görüldüğü üzere Japonya uzun yıllardır kullanılan ve ticari olarak yaygın hale gelmiş fisyon reaktörlerine erişmesinin yanı sıra geleceğin nükleer enerjisi olarak düşünülen ve henüz ticarileşmemiş füzyon reaktörleri çalışmalarına da katılmaktadır.

Güney Kore’de Nükleer Teknolojileri Edinme ve Geliştirme Süreci

Güney Kore 1957 yılında IAEA’ya üye olarak nükleer alandaki faaliyetlerini başlatmıştır. 1958 yılında devlet tarafından Atom Enerji Yasası kabul edilmiş, 1959’da Atom Enerjisi Dairesi (OAE) ve Atom Enerjisi Araştırma Enstitüsü (AERI) kurulmuştur. Kore Atom Enerjisi Araştırma Enstitüsü (KAERI)’nin temeli bu kurumlar ile oluşmuştur [21]. 19 Mart 1962’de ilk araştırma reaktörü olan TRIGA Mark-II reaktörünün inşaatı tamamlanmıştır [22]. Bu reaktör küçük bir araştırma birimi olmakla beraber ülkede kritikliğe ulaşan ilk reaktör niteliğini taşımaktadır [8]. 10 Mayıs 1972’de TRIGA Mark-III reaktörünün inşaatı tamamlanmış, 1973’te Radyolojik Araştırma Enstitüsü (RRI) ve Tarımda Radyasyon Araştırma Enstitüsü (RRIA) birleştirilerek KAERI kurulmuştur [22]. İlk nükleer güç santrali olma özelliği taşıyan Kori tesisinin 1. Ünitesi Kori-1’in inşaatı 1975 yılında başlamıştır. Aynı yıl KAERI bir yan kuruluş olarak Kore Güç Mühendisliği Şirketi KOPEC’i kurmuştur. KOPEC günümüzde de nükleer santrallerin mimari ve mühendislik alanlarından sorumludur [21]. Kori-1 1978 yılında ticari olarak işleme başlamıştır [23]. Kore’de 1980’li yılların başında yapım aşamasında olan 8 adet nükleer reaktör ile bir faaliyet patlaması yaşanmıştır [8]. Kori 3-4, Yonggwang 1-2 ve Ulchin 1-2 olmak üzere 6 ünite ülkenin ikinci nesil nükleer reaktörlerini oluşturmuştur. Bu sırada ülkede ABD’nin Combustion Engineering firmasından 6, Avrupa’nın Framatome firmasından 2 ve Kanada AECL Firmasından 1 adet CANDU olmak üzere farklı tasarımlara sahip basınçlı su reaktörü üniteleri bulunmaktaydı. 1987 yılında nükleer enerjide kendine yeterlilik oluşturmak istenmiş ve daha sonra Westinghouse firması tarafından satın alınan Combustion Engineering (CE) firmasıyla bir teknoloji transferi programı başlatılmıştır. 1987 yılında “CE System 80” isimli buhar sistemi standartlaşmanın temeli olarak alınmış ve bu sistemin özelliklerinden bazılarını içeren ABD’nin İleri Hafif Su Reaktörü (ALWR) tasarımından da özellikler alınarak Kore Standart Nükleer Santrali (KSNP) tasarımı oluşturulmuştur [21]. 1961 yılından Nisan 2001’e kadar Güney Kore’nin tek elektrik kuruluşu bir devlet kuruluşu olan KEPCO (Korea Electric Power Company) idi. Daha sonra altı birime bölünen kurumun nükleer üretim kapasitesi Kore Hidro ve Nükleer Enerji (KHNP)’nin bir parçası haline gelmiştir [8]. Projesi 1992 yılında başlatılan APR-1400 (Advanced Pressurised Reactor-1400) “Kore Gelecek Nesil Reaktörü” olarak bilinmekteydi ve temel tasarımı 1999 yılında tamamlandı. KAERI nükleer enerjinin farklı alanlarda kullanımlarına katkılar sunmuş ve sunmaktadır. Örneğin 2001 yılında tıbbi cerrahi olmadan karaciğer kanserini tedavi etmek için yeni bir radyofarmasötik geliştirmiştir. Güney Kore, 2011 yılında ABD ve Japonya’dan sonra yüksek güçlü bir proton lineer hızlandırıcı geliştiren üçüncü ülke olmuştur. 2012 yılında birincil bileşenleri ile tek bir sızdırmaz basınçlı kap içerisine yerleştirilen SMART Reaktörü tasarımı, entegre bir reaktör için ilk standart tasarım onayını almayı başarmıştır. Reaktörü ticarileştirmek için 2015 yılında

Suudi Arabistan ile ortaklık kurulmuştur. 2017 yılında Kore'nin ihraç ettiği ilk nükleer tesis olan JRTR Reaktörü Ürdün'de 6 yıl 10 ayda tamamlanmıştır [22]. Güney Kore'de nükleer reaktörlerin büyük bir kısmı ülkenin yoğun nüfuslu güneydoğu kesiminde başlıca elektrik talep merkezlerini bulunduran ve birçok ağır üretim tesisine ev sahipliği yapan Gyeongju, Ulsan ve Busan şehirlerine yakın iki komplekste yer almaktadır. Kori-1 reaktörü 2017 yılında devre dışı bırakılmış ve 2019'da kalıcı olarak kapatılmıştır [24].

Türkiye'de Nükleer Teknolojileri Edinme ve Geliştirme Süreci

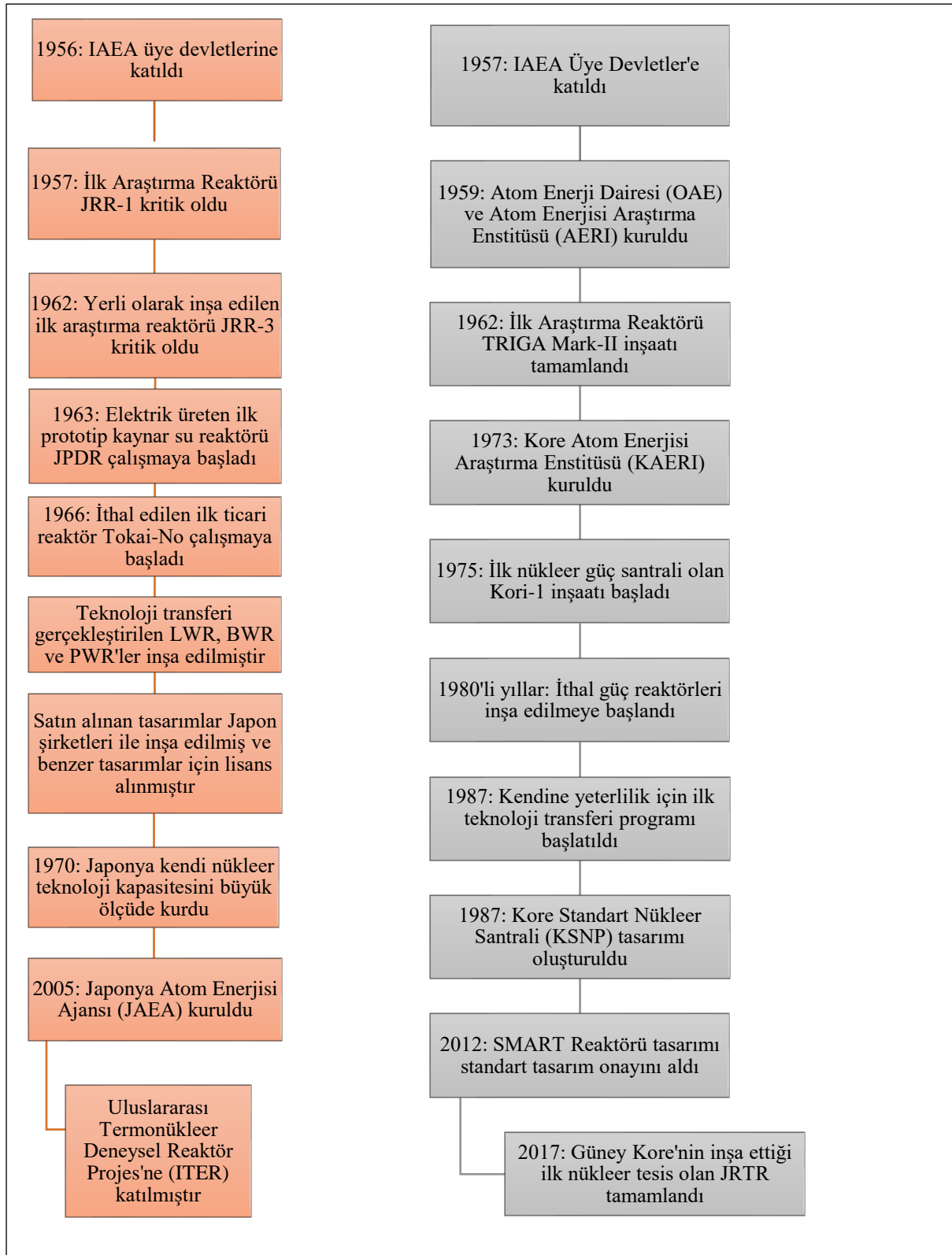
Türkiye'de nükleer konulara ilişkin imzalanan ilk diplomatik anlaşma, nükleer enerjinin barışçıl kullanımı ile ilgili bir iş birliği anlaşması olan ve Mayıs 1955'te ABD ile imzalanan Atom Enerjisi Yasası'dır [25]. Ülke içindeki ilk ve önemli girişim ise 1956 yılında Başbakanlık'a bağlı olarak Atom Enerjisi Komisyonu (AEK)'nin kurulmasıdır [25]. Kurulan ilk nükleer tesis 1 MW gücündeki TR-1 Araştırma Reaktörü'dür. İstanbul Küçükçekmece bölgesine kurulan tesisin temeli 1959 yılında atılmış ve proje "Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi" olarak adlandırılmıştır [26]. 1965 yılında nükleer güç santralleri kurulması ile ilgili ilk çalışmalar başlatılmıştır. 1977 yılında faaliyete geçmesi planlanan 300-400 MWe gücünde bir CANDU tipi güç reaktörü için fizibilite çalışması yapılmış fakat yer seçimiyle ilgili sorunların yanı sıra 1968 yılında yapılan II. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda bu santralin yerine eğitim amaçlı prototip bir santral kurulması planlandığından proje gerçekleştirilememiştir [27]. Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) tarafından planlanan bu prototip reaktörün daha sonra büyük kapasiteye sahip bir güç reaktörünün inşasını geciktirebileceği düşünülerek proje iptal edilmiş ve yapılan yer seçimleri sonucu Mersin Akkuyu bölgesinde 600 MWe gücünde bir NGS yapılmasına karar verilmiştir. 1976 yılında bölge Atom Enerjisi Komisyonu'ndan yer lisansı almış ve 1977 yılında ihalesi yapılmıştır ancak verilen kredi garantisinin geri çekilmesinden dolayı 1980 yılının eylül ayında proje iptal edilmiştir [28]. 1970'li yıllara gelindiğinde Türkiye'nin nükleer alandaki çalışmalarının artması ve bununla birlikte oluşan radyoizotop ihtiyacının karşılanması amacıyla TR-2 Araştırma Reaktörü'nün kurulmasına karar verilmiştir. 5 MW gücündeki araştırma reaktörü tıpta kullanılan radyoizotop üretimi, nötron aktivasyon analizleri için örnek ışınlamaları, nükleer konularda öğrenim görmekte olan öğrencilerin eğitimi gibi amaçlara hizmet etmektedir [26]. İTÜ TRIGA Mark-II Araştırma ve Eğitim Reaktörü var olan TRIGA reaktörlerinin 54.'sü olarak Türkiye'de kurulmuş ve 11 Mart 1979 tarihinde kritik yapmıştır. [29]. 1982 yılında Atom Enerjisi Komisyonu, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) ismini alarak yeniden düzenlenmiştir ve nükleer güç reaktörü inşaatı konusunda yeni bir adım daha atılmıştır. Atomic Energy of Canada Limited (AECL), Kraftwerk Union AG (KWU) ve General Electric firmalarıyla anlaşmalar yapılmış, Akkuyu ve Sinop'a reaktör üniteleri kurulması planlanmıştır ancak Türkiye'nin yap-işlet-devret modelini uygulamak istemeyen KWU firması görüşmelerden çekilmiştir. AECL firması ile kurulması planlanan CANDU reaktörü için görüşmeler devam etmiş ancak firmanın yap-işlet-devret kredisini devlet garantisinde almak istemesi ve

Türk Hükümeti'nin bunu reddetmesi sebebiyle proje iptal olmuştur [28]. 1996 yılında Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. (TEAŞ) Akkuyu Nükleer Santrali için tekrar uluslararası bir ihaleye çıkmıştır ancak girişimden sonuç alınamamış ve projenin ertelenmesine karar verilmiştir [27]. TETAŞ, Akkuyu'da kurulması planlanan NGS'nin inşası, işletilmesi ve enerji satışı için 2008 yılında bir yarışma düzenlemiştir fakat yapılan değerlendirmeler sonucu Kasım 2009'da yarışmayı iptal ettiğini duyurmuştur [28]. 12 Mayıs 2010 tarihinde Rusya Federasyonu ve Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti arasında Akkuyu Nükleer Santralinin inşası konusunda karar kılınmış ve anlaşma imzalanmıştır. Böylece Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş. Türkiye'nin ilk nükleer güç santralini hayata geçirmek üzere tescil edilmiştir. 2 Nisan 2018'de TAEK tarafından 1. Güç ünitesi için inşaat lisansı verilmiştir. Ertesi gün düzenlenen temel atma töreniyle birlikte tam kapsamlı inşaat çalışmalarına resmen başlanmıştır. Yap-sahip ol-işlet modeline göre gerçekleştirilen ilk nükleer güç santrali olma özelliği inşaat kalitesi için ek güvence anlamına gelmektedir. Akkuyu NGS Rus tasarımı VVER V-509 modelinde her biri 1200 MWe kapasiteye sahip 4 adet üniteye sahiptir. İlk ünitenin 2023 yılında, diğer ünitelerinin ise birer yıl aralıklarla 2026 yılı sonuna kadar işletmeye alınması beklenmektedir. İnşaat tamamlandığında santralin yılda 35 milyar kWh elektrik üretimi sağlaması ve Türkiye'nin elektrik ihtiyacının yaklaşık %10'unu karşılaması öngörülmektedir [30]. Sinop NGS için süreç 3 Mayıs 2013 tarihinde başlatılmış ve Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) tarafından yürütülen proje için Japonya'ya ait Mitsubishi Heavy Industries (MHI) ve Fransız şirketi Areva ortaklığı ile tasarlanmış olan ATMEA1 tipi bir basınçlı su reaktörü (PWR) inşaatına karar verilmişti [27]. 2018 yılında saha uygunluk değerlendirmesi ve finansal model geliştirme için fizibilite çalışmaları yapılmıştır [28]. Enerji Bakanlığı tarafından fizibilite çalışmalarının değerlendirilmesi sonucu inşaat bütçesi ve tamamlama takvimi için beklentilerin karşılanmadığı bildirilmiş ve projenin ortak karar olarak ertelenmesine karar verilmiştir. Ekim 2015'te üçüncü nükleer santral inşaatı için Kırklareli'nin İğneada bölgesinin planlandığı açıklanmıştır [31]. Türkiye'de Ulusal Enerji ve Maden Politika'sının elektrik üretimi hedefleri yerli enerji üretimini arttırmak amacıyla yenilenebilir enerjinin enerji üretimindeki payını en az %30'a çıkarmak (2019'da bu hedefe ulaşılmıştır) ve nükleer santrallerin elektrik üretimindeki payını en az %10'a çıkarmaktır [28]. 2019 yılında oluşturulan 11. Beş Yıllık Kalkınma Planı, nükleer alanda yapılması planlanan teknolojik yenilikleri içermektedir. Örneğin içerikte nükleer santraller için üretilen kompozit malzemeler için yerli üretimin desteklenmesi, radyofarmasötik hammadde üretimine yönelik altyapının geliştirilmesi ve NGS'lerde teknoloji transferi ile dışa bağımlılığı azaltma gibi hedefler yer almaktadır [32].

Tartışma ve Sonuç

Türkiye, Japonya ve Güney Kore'nin nükleer teknoloji geliştirme süreçleri incelendiğinde atılan ilk adımların birbirine yakın dönemlerde gerçekleştirildiği görülmektedir. Nitekim Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın kurulduğu 1957 yılında her üç ülke de bu alanda diplomatik ilişkileri kurmaya

başlamıştır. Yapılan ilk faaliyetler nükleer ile ilgili kurumların kurulması ve araştırma reaktörlerinin inşa edilmesi olmuştur. 1960'lı yılların başında her üç ülkenin de araştırma reaktörlerinin olduğu görülmektedir. Japonya ilk elektrik üreten prototip reaktörünü 1963 yılında kurmuştur. Buna yakın bir tarih olan 1965 yılında Türkiye, 1977 yılında işletmeye alınması planlanan bir CANDU tipi güç reaktörü kurulumu için fizibilite çalışması yapmış fakat II. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda bu santralin yerine eğitim amaçlı prototip bir santral kurulması planlandığından projeden vazgeçilmiştir. 1966 yılında Japonya'da ithal edilen ilk ticari reaktör işletmeye açılmıştır. Hemen ardından teknoloji transferi ile farklı reaktör tiplerinin inşasına başlanmış ve 1970'li yıllara gelindiğinde kendi teknoloji kapasiteleri büyük ölçüde kurulmuştur. Güney Kore için ilk nükleer güç santralının inşasının başlaması ise 1975 yılında gerçekleşmiştir. 1976 yılında Türkiye'de bir NGS inşası için Mersin Akkuyu bölgesi seçilmiş ve yer lisansı alınmıştır. Ancak verilen kredi garantisinin geri çekilmesi sebebiyle bu proje iptal olmuştur. 1980'li yıllar Güney Kore için ithal güç reaktörlerinin hızlı bir şekilde inşa edildiği zaman dilimi olmuştur. Bu süreçte Türkiye, Akkuyu ve Sinop için birer NGS inşaatı girişiminde bulunmaktaydı. Ancak görüşme yapılan firmalarla anlaşmaya varılamadığından proje gerçekleştirilememiştir. 1987 yılında Güney Kore kendine yeterlilik için teknoloji transferini başlatmış ve KSNP tasarımını oluşturmuştur. 1996 yılında Türkiye'de Akkuyu NGS için yeniden bir ihaleye çıkılmış ancak bir sonuç alınamamıştır. 2008 yılında ihale için gerçekleştirilen yarışmanın iptal edilmesinden sonra 2010 yılında Rusya ile Akkuyu NGS inşası konusunda karar kılınmış ve anlaşma imzalanmıştır. Şu anda inşası devam etmekte ve ilk ünitenin 2023 yılında işletmeye alınması planlanmaktadır. Güney Kore ve Japonya günümüzde uluslararası birçok projede söz sahibi olan, kendi tasarımlarını geliştiren ve ihraç eden ülkeler konumundadır. Yukarıda belirtilen tüm bu süreçler daha anlaşılır bir şekilde sunulabilmesi için Şekil 1 Japonya ve Güney Kore ve Şekil 2 Türkiye için olmak üzere birer şema haline getirilmiş ve aşağıda verilmiştir.



Şekil 1. Japonya ve Güney Kore nükleer teknolojileri geliştirme tarihi şeması

Nükleer güç reaktörleri ileri teknoloji ve yatırım gerektiren büyük projelerdir. Bu teknolojinin edinilmesi ve devamlılığının sağlanabilmesi için uzun süreçlerde istikrarlı bir ilerleme sağlanması gerekmektedir. Türkiye nükleer enerjinin önemini erken bir dönemde kavrayan ve bu alanda hızlı bir şekilde anlaşmalar yaparak girişimlere başlayan ülkelerden biridir. Ancak nükleer teknolojilerin elde edilme sürecinde çoğunlukla ekonomik tabanlı sebeplerden kaynaklanan bir istikrarsızlık görülmektedir. Nükleer süreçlere Türkiye ile yakın tarihlerde başlayan iki ülke olarak Japonya ve Güney Kore'de bu istikrarın sağlanabildiği ve bu teknolojiyi elde etme, transferini sağlama ve gerekli altyapıyı oluşturma gibi adımların başarıyla uygulandığı görülmektedir. Türkiye'de nükleer alanda oluşturulan politika doğrultusunda girişimlerde bulunmaya devam edilmektedir. Türk öğrenciler ve uzmanlar ülke içinde eğitim almakta ve yurt dışında uzman yetiştirme programlarına katılmaktadır. Yazarların görüşü Türkiye için kendine yeterliliğin sağlanması ve dışa bağımlılığın azaltılması sürecinde nükleer alanlarda gerekli ekipmanların ülke içinde de üretilmesi gerektiği yönündedir. Nükleer programlarda kullanılan laboratuvar ve malzemelerin iyileştirilmesi ve yeni nükleer alanların açılması eğitim faaliyetleri için faydalı olacaktır. Teknoloji transferinin başarılı bir şekilde sağlanmasından sonraki süreçte Türkiye'nin nükleer teknolojileri üreten ve ihraç eden bir ülke haline gelmesi beklenmektedir.

Teşekkür -

Fon/Finansman bilgileri Herhangi bir kurum ve/veya kuruluş tarafından desteklenmemiştir.

Etik Kurul Onayı ve İzinler Çalışma, etik kurul izni ve herhangi bir özel izin gerektirmemektedir.

Çıkar Çatışmaları/Çatışan Çıkarlar Herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazarların Katkısı Bu çalışma Sinop Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümünde bitirme projesi olarak sunulmuştur. Tüm yazarlar, bu çalışmanın yürütülmesine yazar olarak dahil edilmek üzere yeterince katkıda bulunmuştur. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

Kaynaklar

- [1] Muray, R. L., & Holbert, K. E. (2015). *Nükleer Enerji* (7. Baskı). (A. H. Yılmaz vd., Çev.) Nobel Akademik Yayıncılık. (Orijinal eserin basım tarihi 2015).
- [2] Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2021, Haziran). *İklim değişikliği*. <https://mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx>
- [3] International Energy Agency (2021, Haziran). *Climate Change*. <https://www.iea.org/topics/climate-change>
- [4] Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2021, Haziran). *Nükleer Enerji*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-nukleer-enerji>
- [5] Temurçin, K. & Aliagaoglu, A. (2003). Nükleer enerji ve tartışmalar ışığında Türkiye'de nükleer enerji gerçeği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 1(2): 25-39. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000034
- [6] International Atomic Energy Agency (2021, 18 Aralık). *Nuclear share of electricity generation*.

- <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/NuclearShareofElectricityGeneration.aspx>
- [7] World Nuclear Association (2021, Aralık). *Nuclear power in Japan*. <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/japan-nuclear-power.aspx>
- [8] World Nuclear Association (2021, Ekim). *Nuclear power in South Korea*. <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/south-korea.aspx>
- [9] Akkuyu Nükleer (2021). *Akkuyu NGS inşaat projesi*. <http://www.akkuyu.com/index.php?lang=tr>
- [10] Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2021). *Sıkça sorulan sorular* <https://enerji.gov.tr/sikca-sorulan-sorular>
- [11] Bredimas, A. ve Nuttall, W. J. (2008). An international comparison of regulatory organizations and licensing procedures for new nuclear power plants. *Energy Policy*, 36(4): 1344-1354. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.10.035>
- [12] Yoon, S., Kim, S. & Jeong, M. (2011). Similarities and differences of development paths of the nuclear technological systems of Japan and Korea: Focused on the concepts of momentum and reverse salients. *Hwangyeongsahoehag-yeongu ECO* 15(2), 147-195. <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE01788288#none>
- [13] Jin, S. & Park, J. (2012). A comparative study on the energy policies of South Korea and Germany, Focusing on policy stream model. *Hangugjeongchaeghaghoebo*, 21(3), 265-289.
- [14] Oğul, H., & Karaağaç, M. O. (2019). Public attitudes toward nuclear power plants in Turkey. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(4), 423-429. <https://doi.org/10.5505/pajes.2018.97415>
- [15] Shim, J., & Park, C. (2015). Identifying policy frames through semantic network analysis: An examination of nuclear energy policy across six countries. *Policy Sciences*, (48), 51-83. <https://doi.org/10.1007/s11077-015-9211-3>
- [16] Yamashita, K. (2015). History of nuclear technology development in Japan. *AIP Conference Proceedings*, 1659, 020003. <https://doi.org/10.1063/1.4916842>
- [17] Japan Atomic Energy Agency (2021, Haziran). *JRR-4*. https://www.jaea.go.jp/english/04/ntokai/kasokuki/kasokuki_02.html
- [18] Japan Atomic Energy Agency (2021). *Nuclear Safety Research Reactor*. <https://nsrr.jaea.go.jp/>
- [19] Japan Atomic Energy Agency (2021). *Decommissioning and R&D of JMTR (Japan Materials Testing Reactor)*. https://www.jaea.go.jp/04/o-arai/en/research/research_02.html
- [20] Japan Atomic Energy Agency (2021). *Our history*. <https://www.jaea.go.jp/english/about/history.html>
- [21] Türk Asya Stratejik Araştırmalar Merkezi (2007, 18 Nisan). *Güney Kore Nükleer Teknoloji İnceleme Gezisi*. <https://tasam.org/tr-TR>
- [22] Korea Atomic Energy Research Institute (2018). *History and research achievements*. <https://www.kaeri.re.kr/eng/board?menuId=MENU00734>
- [23] World Nuclear News (2021, 14 Mayıs). *KHNP applies to dismantle Kori 1*. <https://world-nuclear-news.org/Articles/KHNP-applies-to-dismantle-Kori-1>

- [24] United States Energy Information Administration (2021). *Today in energy*.
<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=44916>
- [25] Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (2020). <https://www.taek.gov.tr>
- [26] Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu (2021). *TR-2 Araştırma Reaktörü tesisi*.
<https://nuken.tenmak.gov.tr/tr/tesisler/arastirma-reaktoru.html>
- [27] Eral. M. (2015). Nükleer Güç Santralleri ve Ülkemiz.
https://www.kmo.org.tr/resimler/ekler/1423037b0f99b51_ek.pdf
- [28] International Atomic Energy Agency (2021). *Country nuclear power profiles Turkey*.
<https://cnpp.iaea.org/countryprofiles/Turkey/Turkey.html>
- [29] TRIGA Mark-II Reaktörü (2021). *TRIGA Mark-II Araştırma ve Eğitim Reaktörü*
<http://www.triga.itu.edu.tr>
- [30] Akkuyu Nükleer (2021). *Projenin tarihçesi*. <http://www.akkunpp.com/projenin-tarihcesi>
- [31] World Nuclear Association (2021, Kasım). *Nuclear power in Turkey* <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/turkey.aspx>
- [32] Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2019-2023). *11. Beş yıllık kalkınma planı*. <https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>