



Nükleer Santrallerden Salınan Termal Suların Su Ekosistemine ve Turizme Etkileri

Hüseyin Enis KARA^{1*}, Nureddin TÜRKAN²

¹Istanbul Medeniyet Üniversitesi İSG Ana Bilim Dalı, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul/ Türkiye

²Istanbul Medeniyet Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul/ Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 10.07.2022

Kabul: 30.08.2022

Yayın: 30.08.2022

Araştırma Makalesi

Öz- Ülkelerin temel sorunlarından birisi olan enerji açığının kapatılması için nükleer güç santralleri son yıllarda oldukça sık gündemde yer almaktadır. Teknolojisi yeterli olan ülkeler, nükleer güç santrallerinin sayısını çoğaltma yoluna giderek artan enerji ihtiyacını ucuz yollarla karşılamaya çalışmaktadırlar. Özellikle ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde enerji ithalatından kaynaklanan cari açığın kapatılması için nükleer güç santrallerinin kurularak bunların sayılarının artırılması ve ayrıca bir opsiyon olarak turizm gelirlerinin de artırılması çalışmalarına önem verilmektedir. Bununla birlikte genellikle denize kıyısı olan yerlerde ya da ırmak kenarlarında kurulan bu güç santrallerinden salınan termal suların ekosistemdeki canlılara ve çevreye etkileri önemli bir konudur. Burada enerjinin elde edilmesi bir zorunluluk olduğu kadar nükleer santrallerin çevreye ve turizme yaptığı etkilerin anlaşılması da önemlidir. Ömrü yaklaşık 50-60 yıl civarında olan nükleer güç santrallerinin termal atık sularının deniz ve ırmak ekosistemine ve küresel iklim değişikliğine etkisi ile ilgili çalışmalar yapılmakla birlikte çoğaltılmalıdır. Bu çalışmada, nükleer güç santrallerinden elde edilen enerjinin yan etkilerinin önemi vurgulanarak bunların çevreye ve su ekosistemine verebileceği zararlar göz önüne alınmış, fayda/zarar ilişkisi gözetilerek sistematik bir inceleme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Deniz ekosistemi, iklim değişikliği, nükleer güç santrali, termal atık su

The Effects Of Thermal Water Released From Nuclear Plants On The Water Ecosystem

Hüseyin Enis KARA^{1*}, Nureddin TÜRKAN²

¹ Istanbul Medeniyet University, Occupational Health and Safety Department, Institute of Graduate Studies, Istanbul, Türkiye

² Istanbul Medeniyet University, Institute of Graduate Studies, Istanbul, Türkiye

Article History

Received: 10.07.2022

Accepted: 30.08.2022

Published: 30.08.2022

Research Article

Abstract – Nuclear power plants have been on the agenda quite frequently in recent years in order to close the energy deficit, which is one of the main problems of the countries. Countries with sufficient technology are trying to meet their increasing energy needs cheaply by increasing the number of nuclear power plants. In order to close the current account deficit arising from energy imports, especially in developing countries such as our country, importance is given to the establishment of nuclear power plants and increasing the number of them and also to increase tourism revenues as an option. However, the effects of the thermal waters released from these power plants, which are generally established in coastal areas or near rivers, on the living things in the ecosystem and on the environment is an important issue. It is important to understand the effects of nuclear power plants on the environment and tourism, as well as the necessity of obtaining energy here. Studies on the effects of thermal waste waters of nuclear power plants, which have a lifespan of around 50-60 years, on the sea and river ecosystems and global climate change, should be carried out and increased. In this study, the importance of the side effects of the energy obtained from nuclear power plants was emphasized, the damage they could cause to the environment and the water ecosystem was taken into account, and a systematic review was made by considering the benefit/harm relationship.

Keywords – Climate change, nuclear power plant, marine ecosystem, thermal wastewater

¹heniskara@gmail.com Orcid id: 0000-0003-3953-1549

²nureddin.turkan@medeniyet.edu.tr Orcid id: 0000-0002-0452-9484

*Sorumlu yazar / Corresponding Author: heniskara@gmail.com, İ.M.Ü. İSG ABD, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul/ Türkiye

Atf Bilgisi: Kara, H. E. & Türkan, N. (2022). Nükleer Santrallerden Salınan Termal Suların Su Ekosistemine ve Turizme Etkileri . OHS ACADEMY , 5 (2) , 57-65 . DOI: 10.38213/ohsacademy.1142913

1. Giriş

Japonya, Fukushima Dachii’de 2011 yılında meydana gelen nükleer reaktör kazasından sonra bütün reaktörlerini kapatmış ancak oluşan enerji maliyetinin ekonomisine getirdiği yüke yaklaşık olarak ancak 3 yıl dayanabilmiştir. Japonya, gelişmiş ekonomisine rağmen kapatmış olduğu nükleer güç santralleri (NGS), bu yüksek maliyet nedeniyle tekrar açmaya başlamıştır. Bu durum göstermektedir ki, teknolojisi yeterli olup enerji açığı fazla olan gelişmiş ülkelerin yanı sıra gelişmekte olan bütün ülkelerde de nükleer güç santrallerinin kurulması ile verimli ve ucuz enerji üretimi temel bir ihtiyaç haline gelmiştir. Ülkelerin temel sorunlarından birisi olan enerji açığının kapatılması için fayda/zarar indeksinde fayda kısmının artırılması ile çevre ile ilgili konularında ele alınması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş. 2020 Enerji Sektörü raporunda yer alan ileriye dönük tahminlerde, Türkiye’ nin Enerji sistemi içerisinde yer alan yapıların esnek hale getirilmesini sağlamak amacıyla kaynak çeşitliliğinin önemine vurgu yapılmıştır. Adı geçen raporda yenilenebilir yerli enerji üretiminde kapasite artırımını, pahalı olmayan, sürekliliğe sahip enerji katkısının yalnızca ülkemizin değil tüm gelişmekte olan ülkelerin öncelikli konuları arasında yer aldığına da vurgu yapılmaktadır.

Dünya genelinde yüzlercesi bulunan nükleer güç santralleri de tıpkı diğer enerji üretim tesisleri gibi soğutma işlemini su ile gerçekleştirmektedir. Bu nedenle son derece çevreci ve karbon içermeyen enerji üretim tesisleri olan nükleer güç santrallerinin elektrik reaktör üniteleri, su kaynaklarının yoğunluğunun yüksek olduğu nehir, göl ve deniz gibi su kenarlarına konuşlandırılmaktadır. Santral tesisindeki nükleer güç çubuklarının soğutulma süreçlerinde, bazı çubuk tiplerinde saniyede 50 m³ su temini gerekirken diğer bazı çubuk tiplerinde saniyede 4 m³ soğutma suyu gerekmektedir. Soğutma suyu, bu nükleer tesislerin yanı sıra kimya tesisleri, demir döküm, çimento fabrikaları ve elektrik üretim tesisleri gibi diğer bazı tesislerde de kullanılır. Soğutulacak suyun miktarı m³/h veya kcal/h olarak da hesaplanabilmektedir. Nükleer tesisin soğutma işleminin suyla sağlanmasıyla birlikte, aynen termik santrallerdekine benzer biçimde atık termal su açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu atık termal su, yasal düzenlemeler ile izin verilen yere veya bölgeye deşarj edilir. Salınan termal su, salınımın yapıldığı suya oranla daha yüksek sıcaklıktadır. Deşarjda bulunan atık sular bazı çevre koruma yasaları ile düzenlenen şartlarda, sıcak suyun bırakıldığı ekosistemin olumsuz yönde etkilenmemesi için minimize edilerek alıcı suya bırakılmaktadır.

Nükleer santrallerde kullanılarak denize bırakılan suyun deniz ve çevre ekosistemine etkileri ile ilgili olarak kamuoyuna yönelik bilgilendirme amaçlı çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmada da, geçmişte yapılan çalışmalar gözden geçirilerek elde edilen sonuçların analizi yapılmış, bütün bu tecrübe ve birikimlerden yola çıkılarak nükleer güç santrallerinin çevre ve turizme yapabileceği muhtemel olumsuz etkilerle ilgili bir bilinç oluşturulması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma literatüre dayalı olarak hazırlanmış olup günümüze kadar nükleer güç santralleri (NGS)’nden salınan termal suların doğal ekosisteme hem çevre hem de canlı bazında yapmış olduğu etkiler ele alınmıştır. Bu konu hakkında literatür taraması yapılmış olup kaynaklar incelenerek elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler analiz edilerek, alınabilecek tedbirler incelenmiştir.

3. Araştırma Bulguları

3.1. Nükleer Tesislerde Soğutma Suyu ile Yapılan Çalışmalar

Carvalho ve arkadaşlarının (Carvalho, 2007) yaptığı atık termal suya seyrek ölçülerde eser boya eklenerek saha ölçümlerine göre atık suyun tabakalaşma değerleri ve seyrelme tipleri ölçümlenmiştir. Atık suyun tabakalaşmasını ölçmek için geliştirilen boya yöntemi sayesinde çevre koruma yasalarında bazı değişimlere gidilmiştir. 2007’de yapılan bu çalışmadaki boya deneyi ile termal suyun deşarj edilen yerdeki akıntı, tabakalaşma ve seyrelme değerleri ölçümleri sonucunda; termal suyun bir bulut gibi kümeleştiği ve alıcı sudaki yoğunluk tabakalaşmasından etkilenerek, alıcı suyun içinde belli bir derinlikte hapsedildiği gözlenmiştir. Termal seyrelmenin düşük seviyelerde kalarak alıcı deniz suyunun yapısını etkilediğine dikkat çekilmiştir.

Bu duruma karşılık Demirören ve Yaylı (Demirören ve Yaylı, 2018)’ nin yaptığı sıcak su deniz deşarjlarının yakın alan dağılımının modellenmesinde deşarj debisi, difüzör uzunluğu, delik detayları, akıntı gibi birçok kriterin denizde yakın alan dağılımına etki derecelerinin olduğu belirlenmiştir. Teknolojinin ilerlemesi ile kule tipi soğutma gibi yöntemler ile termal atık su yönetiminin de ilerleyerek çevresel zararlar minimize edilmeye devam etmektedir.

Deşarjı derin deniz bölgelerine yapılabilecek atık suların özellikleri, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) gereğince çeşitli kriterlere bağlanmıştır. Sıcak su deşarjı için izin verilen sıcaklık, adı geçen yönetmelikte 35 °C olarak belirlenmiştir. Adı geçen yönetmelikte deniz ortamının seyreltme potansiyelinin ne olduğuna bakılmaksızın, denize verilecek atık su sıcaklığının 35 °C'yi aşmaması gerektiğine yönelik bir ibare yer almaktadır. Bu durum, denizin sıcaklık kapasitesinin sınırlı olması anlamına gelmektedir. Ayrıca nükleer tesisler sadece deniz kenarlarına değil, göl ve ırmak kenarları, yapay göllerin kenarlarına da yapılmaktadır. Burada, nükleer çubukların aşırı ısınmasını önlemek için soğutma suyuna ihtiyaç duyulmaktadır.

Demirören ve Yaylı (Demirören ve Yaylı, 2018)'ya göre nükleer endüstri tesislerinde kullanılacak malzemeler, aynı zamanda güvenli olma zorunluluğu olan nükleer santrallerin hem reaktör kısımları hem de soğutma sistemleri ile birlikte üstün kalitede olmalıdır. Zirkonyum alaşımları, grafit, düşük karbonlu çelikler, paslanmaz çelikler, nikel alaşımları çok sayıdaki üstün özelliklerinden dolayı farklı nükleer uygulamalar için tercih edilmektedir (Demirören ve Yaylı, 2018). Yüksek sıcaklıktaki suda iyi korozyon davranışı nedeni ile birlikte sahip oldukları düşük termal nötron tesir kesiti özellikleri, hafif su reaktörlerinde kaplama malzemesi olarak kullanılmalarının muhtemel sebepleridir (Cattant, 2008). Termal suyun nükleer tesise vereceği korozif hasarında hesaplamalara dâhil edilerek yüksek kalitede malzeme kullanımı önemlidir. Bu durum suya termal su deşarjını da etkilemektedir.

Halen dünya çapında elektrik üretiminin %11,7'si, toplam 443 adet ticari nükleer reaktörden elde edilmektedir. Dünyadaki 12 ülke, enerji ihtiyacının %30'undan fazlasını nükleer santrallerden karşılamaktadır. Bu bağlamda nükleer güç santrallerinde yapılan soğutma faaliyetleri oldukça fazla olduğu düşünülebilir. Bir hesaplama (Yılmaz ve İnan, 2018) göre; 2000 MW güç üretecek şekilde kurulu bir santral sisteminde tek geçişli soğutma sistemi ile 90m³/s su çekilmesi gerektiği ve çekilen sudan 1m³/s'ye kadara kayıp olduğu bulunmuştur. Ayrıca soğutma kulesi sistemi kullanılarak yapılan işlemlerde ise çekilen suyun 4m³/s ve kayıp edilen miktarında 2m³/s olduğunu hesaplamışlardır. Bu noktada elde edilen ısınmış suyun miktarının yapılan tesislerin üstün malzemeler ile daha az kayıplar yaşattığı düşünülebilir.

SKK yönetmeliğinde, “Deşarjları yapılan sıcak su; dağıtıcının sağladığı ilk seyreltme sonrasında sıcak suyun deşarj edildiği deniz suyu sıcaklığını Haziran-Temmuz-Ağustos ve Eylül aylarını içeren sıcak dönemde 1 °C'den, geriye kalan zamanlarda ise 2 °C den fazla arttırmaması” gerektiğine dair ibarenin yanında; “Sadece sıcaklığı 28 °C'nin üzerinde olan denizlerde soğutma için faydalanılan deniz suyunun deşarj sıcaklığı için bir sınırlama getirilmeden, deşarj yapılan suyun sıcaklığını 30°C'den fazla yükseltmeyecek şekilde bir deşarjı izin verilebilir” maddesi bulunmaktadır.

3.2. Üçüncü Nesil Avrupa Basınçlı Su Reaktörü (EPR) Soğutma Prensipleri

Üçüncü Nesil Avrupa Basınçlı Su Reaktörü (European Pressurized Reactor-EPR) oldukça geniş çevrelerce dünyanın en güvenli ve en ileri basınçlı su reaktörü olarak kabul görmektedir (Taner, 2009). Fransız EPR Reaktöründe termal atıkları gidermek için zincirleme reaksiyon durduktan sonra da dâhil olmak üzere yakıtın soğutulması sağlanmakta ve ikincil bariyer proseslerinde reaktör soğutma sistemi, metal bir muhafaza içinde yer alarak güvenlik altında kalması sağlanmaktadır (Teller, 2009). Buna göre EPR gibi basınçlı su reaktörleri son derece güvenli endüstriyel tesisler olduğu düşünülebilir (EPR,2022). Çekirdek net termal güç çıkışı ~ 1600 MWel olan reaktörün soğutma kapasitesi reaktör soğutma sistemi çalışma basıncı 155 bar ABS olan ve döngü başına toplam soğutma sıvısı akışı 28330 m³/h olan bir yapıda olup, – RPV giriş/çıkış sıcaklığı 295,9 / 327,2 °C'dir (IAEA, 2022).

3.3. Uluslararası Anlaşmalarda İklim Değişikliği ve Deniz Suyu Sıcaklığının İncelenmesi

Yeryüzü atmosferinde meydana gelen hava olaylarının asıl kaynağı okyanus ve denizler gibi devasa su kütleleri ve bunlar içerisinde yer alan sıcak ve soğuk su akıntılarıdır. Kyoto Protokolü'ne imza atmış olan ülkeler atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun, mevcut iklim kriterlerine yok edici veya tehlikeli katkı vermeyecek seviyelerde tutulması için bir dizi tedbir almışlardır. Belirtilen sera gazının atmosferdeki seviyesinin dengede kalmasını sağlamak amacı ile aldıkları tedbirler ve aldıkları bir dizi politik karar gereğince “deniz suyu sıcaklığının iklim değişikliğine etkisi” ile ilgili bir ibare olmamakla birlikte “Güneş enerjisinin önü açılacak, nükleer enerjide karbon sıfır olduğu için dünyada bu enerji ön plana çıkarılacak” ibaresi yer almaktadır.

2020 sonrası süreç için Paris Anlaşması, sosyal ve ekonomik anlamda iklim değişikliğinin getireceği tehlikelere karşı küresel olarak dayanıklılığın artırılmasını hedeflemektedir. Bu anlaşmanın vizyonunda, dünyadaki endüstriyelleşme öncesi dönem ile karşılaştırıldığında, küresel çapta gerçekleşecek sıcaklık artışının 2°C'nin oldukça altında tutulması gerekliliği öne çıkarılmaktadır. Bu perspektifte petrol, kömür, doğal gaz ve kaya gazı gibi yanma reaksiyonu sonucunda CO₂ çıkışından kaynaklanan yakıt kullanımının azaltılması amaçlanmaktadır. Kyoto Protokolü'nde belirtildiği gibi CO₂ çıkışını azaltacak enerjilerin elde edilme yollarına yönelimlerin gerekliliği vurgulanmıştır.

NGS'ler ile ilgili olarak termal su deşarjının etkileri koruma altındaki deniz canlıları açısından da ele alınmalı ve deşarj edilen termal suyun deniz suyuna, canlılara, deniz ekosistemine ve küresel ısınmaya etkisi olup olmadığı mevcut santraller ve çevresinde araştırılmalıdır. Gemici ve arkadaşlarının 2000 yılında yapmış olduğu araştırmada Akdeniz'e kıyıdaş olan ülkelerde görülen deniz canlılarından koruma altında olan ve Uluslararası Doğayı Koruma Birliği (IUCN) tarafından

yayımlanan kırmızı listede de soyu kritik derecede yok olma tehdidi ile karşı karşıya olan tür olarak Akdeniz foku (*Monachus monachus*), yer almaktadır. Ülkemiz Bern ve Barcelona sözleşmelerine taraf olduğundan bu sözleşme yükümlülükleri ve ulusal mevzuatımız kapsamında 2872 Sayılı Çevre Kanunu ve 1380 Sayılı Su Ürünleri Kanunu başta olmak üzere diğer ilgili kanunlarla da, *Monachus monachus* türü koruma altına alınmıştır (Gemici ve arkadaşları, 2000).

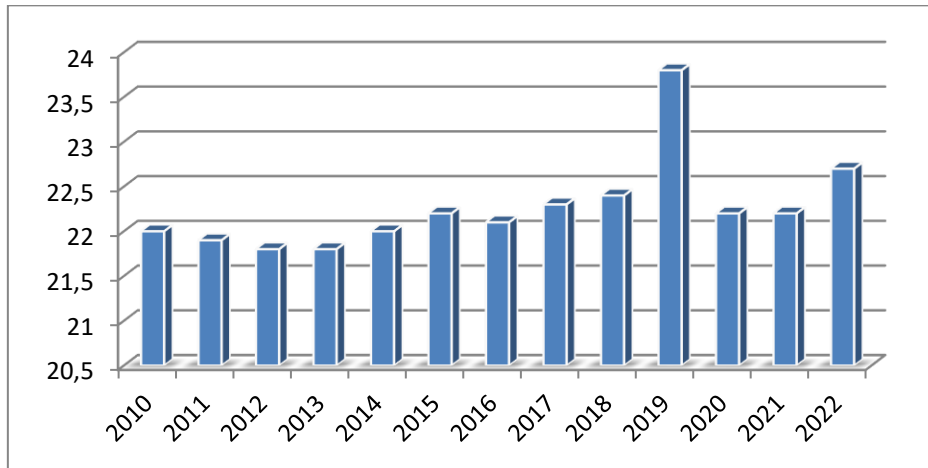
Tablo.1 Enerjinin Elde Edilme Yollarının Atmosfere Verdiği CO₂ Emisyonları (Penth, 2006).

TEKNOLOJİ	KAPASİTE	TAHMİNİ (CO ₂ /kWh)
Rüzgâr	2,5 MW/Açık deniz	9
Hidroelektrik	3,1 MW/Rezervuar	10
Rüzgâr	2,5 MW/Karada	10
Biyogaz	Anaerobik yıkım ile	11
Hidroelektrik	340kW/Nehir üzeri	13
Güneş Isısı	80MW/Parabolik	13
Biokütle	Orman ağacı/Kömür ile birlikte yanma	14
Biokütle	Orman ağacı/Buhar tribünü	22
Biokütle	Atık ağaç/Buhar tribünü	31
Biokütle	Orman ağacı/Pistonlu motor	27
Biokütle	Kısa dönüşlü ormancılık/ Buhar tribünü	35
Güneş Isısı	Polikristalin Slikon	32
Jeotermal	80MW	38
Biokütle	Kısa dönüşlü ormancılık/ Kömür ile birlikte yanma	23
Biokütle	Kısa dönüşlü ormancılık/ Pistonlu motor	41
Nükleer	Çeşitli reaktör tipleri ile	66
Doğal gaz	Çeşitli tribün tipleri ile	443
Dizel	Çeşitli tribün ve jeneratör tipleri ile	778
Kömür	Çeşitli tribün tipleri ile ovmalı	960
Kömür	Çeşitli tribün tipleri ile ovmasız	1050

Yukarıda Tablo.1’ de, 1 kWh elektrik enerjisinin elde edilmesi sırasında çeşitli enerji elde edilme yöntemlerinin atmosfere verdiği CO₂ miktarları verilmiştir. Nükleer santrallerde 1 kWh’lik elektrik enerjisi üretmek için 66 g CO₂’ e denk bir salınım yapıldığı görülmekte olup bu değer tüm yenilenebilir enerji kaynaklarına ile kıyaslandığında yüksek ancak kömür ve fosil türevli sıvı yakıtlardan elde edilen enerji miktarlarına göre ise oldukça düşüktür.

3.4. Deniz Suyu Sıcaklığındaki Değişim

Deniz suyunda meydana gelen ısınma ve soğuma gibi değişiklikler, iklim değişikliğinin en temel ve doğru göstergeleri olmaktadır (ÇŞİB, 2022). Doğal iklim arşivleri ve ölçüm sonuçları ile küresel ortalama birleşik kara ve okyanus yüzey sıcaklığı verilerine göre, 1880-2012 döneminde 0,85°C’lik [0,65-1,06°C güven aralığında] bir doğrusal ısınma eğilimi gözlenmiştir (TOKİB, 2020).



Şekil.1 Akdeniz’ de Yıllık Sıcaklık Ortalaması Değişimi (Kaynak: ÇŞİB, 2022).

Deniz suyunun iklim değişikliğine bağlı olarak arttığı düşünülmektedir. Öte yandan deniz suyu sıcaklığının artışının ölçümü ile yapılan çalışma da ise nükleer güç santrallerinin deşarjlarının deniz suyunu kaç derece arttırdığı hesaplanamamıştır. Akdeniz de ölçülen yıllık sıcaklık ortalaması değişimleri Şekil.1 de verilmiştir (ÇŞİB, 2022). T.C Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre 2022 yılının tahmini ortalama deniz suyu sıcaklığı da yukarıda verilen grafiğe bu yaptığımız çalışma gereğince eklenmiştir.

3.5. Turizm Açısından Nükleer Santrallerin Durumu

Bilindiği gibi ülkemizde yapımı devam eden ilk nükleer güç santrali, Akdeniz'e kıyısı bulunan Mersin'in Akkuyu bölgesinde inşa edilmektedir. Bu güç Santralinin devreye girmesi ile ülkenin ilk etapta %6'luk enerji ihtiyacını karşılayacağı düşünülmektedir. Tamamen aktif olduğunda ise bu oranın %10'a çıkması söz konusu olup, bu oran aynı zamanda İstanbul ilinin enerji ihtiyacının %90'ını tek başına karşılayabilecek seviyeye gelmesi anlamı taşımaktadır. Bu santral daha önceki modellere göre farklılık arz eden bir anlayış ile 'yap, işlet, sök, götür' anlaşması çerçevesinde 60 yıllık bir işlem ömrü ile Rusya tarafından yapılmaktadır. Açığa çıkacak atıkların depolanması ve yakıt çubuklarının değişimi işlemleri de yine Rusya sorumluluğunda icra edilecek ve benzer bir prosedür uygulanacaktır.

Ülkemiz tarihi ve kültürel zenginlik ile mevsimsel açıdan ve doğal güzellik açısından bilindiği gibi cazip bir turizm kuşağı ülkesi olma konumunda yer almaktadır. Nükleer santrallerin turizme yapacağı muhtemel negatif etkiler açısından bakıldığında kıyaslamalı olarak ele alınabilecek ülkelerden birisi Fransa'dır. Fransa'daki bir nükleer santral olan Nogent santrali, turistlerin her yıl dünyada en çok ziyaret ettiği ikinci şehir olan başkent Paris'e 70 km uzaklıkta bulunmaktadır. Bu güç santrallerinin en çok kullanıldığı ülkelerden biri olan Fransa'daki 58 adet NGS reaktörü mevcut olup, bunlardan 14'ü Loire nehri üzerinde yaklaşık 1000 km boyunca dizili olarak inşa edilmiş durumdadır. Burada bilinmesi gereken bir bilgi şudur ki, bu nehir dünya kültür mirası listesinde yer almakta olup, bu nehir boyunca rahatlıkla balık avlanabilmekte ve tarlalarda sulamalı tarım yapılabilmektedir.

Turizm açısından ele alındığında, tüm mühendislik yaklaşımlarda olduğu gibi, nükleer güç santrallerinin kurulması ve çalıştırılması aşamalarında azami güvenlik tedbirleri uygulanmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri ve İspanya ile Fransa gibi Avrupa ülkeleri gibi turizm faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerde nükleer güç santralleri mevcuttur (TAEK, 2010). Bu bağlamda nükleer santrallerde, CO₂, SO₂, SO₃, NO₂ ve NO₃ gibi iklim değişikliğine yol açan ve bunda etkili zararlı gazların salınımı yok denecek kadar azdır. Nükleer tesisin soğutma kulelerinden sadece su buharı dışarı salınmaktadır.

Bütün bu durumlar göz önüne alındığında, özellikle gelişmiş ülkelerde, küresel ısınma için bir risk kaynağı olmaması nedeni ile nükleer enerjiye yönelim sürecinin hızlanarak devam ettiği ortaya çıkmaktadır. Soğutma işlemi deniz, nehir ve okyanus gibi büyük su birikintilerinden sağlanacağı için radyasyon sızıntısı olabileceği ve bu sebepten ötürü deniz turizmini bitireceği ihtimali de propagandadan ibarettir (Mert ve Aylıkçı, 2020).

3.6. Türkiye' de Enerji İhtiyacının Karşlanması

Akkuyu Nükleer Güç Santrali Projesi içerisinde dört adet ünite inşa edilmesi ve her bir ünitenin gücünün 1.200 MW, toplam kurulması düşünülen güç miktarının toplam dört adet 4.800 MW olması planlanmaktadır. Akkuyu Nükleer Güç Santralinin, bir yıl içerisinde 35 milyar kW/h üretim yapacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra projenin hayata geçirileceği kıyı boyunca, Akdeniz fokunun üreme alanları mevcut olduğu gibi bu alanlar Adana Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu tarafından da önemli doğa alanı ilan edilmiştir. İkinci Çevresel etki Değerlendirme raporu çalışmaları sırasında, yapılacak saha testleri sonucunda ortaya çıkacak su kalitesi değerleri ve biyolojik çeşitlilik verileri ayrıntılı şekilde literatür araştırmalarıyla da desteklenecektir.

Tablo.2 Dünyada İşletmede Olan Nükleer Enerji Santrali Sayısı (Kaynak: World Nuclear Association, 2014)

Ülke	Reaktör Sayısı	Kurulu Güç (MW)	Karşıladığı Enerji Oranı (%)
Amerika Birleşik Devletleri	96	98.152	19
Fransa	58	63.130	70
Çin	50	47.528	5
Japonya	33	31.679	7,5
Rusya	39	29.503	20
Güney Kore	24	23.150	26
Birleşik Krallık	15	8.923	15
Bulgaristan	2	2.006	38
Ermenistan	1	415	28
Türkiye	1 (yapım aşamasında)	4800	10

Dünyada 1997-2023 yılları arasında inşa edilen ve planlanan NGS'lerin sayıları, kurulu güçlerle birlikte Tablo.2'de verilmiştir. 2023'de devreye alınması planlanan Akkuyu NG santrali de, bu çalışma gereğince Tablo. 2' ye eklenmiştir.

NGS çalışmaları ABD, Fransa ve Birleşik Krallık gibi batılı ülkeler ile Çin, Rusya, Güney Kore ve Japonya gibi Asya-Pasifik ülkelerinde de yaygındır (Arık ve Turan, 2006:25). Ermenistan ve Bulgaristan gibi doğu bloğundan kalma NGS'leri olan ülkelerde de yıllık enerji ihtiyacının oldukça yüksek oranlarda bu santrallerden karşılanması söz konusudur.

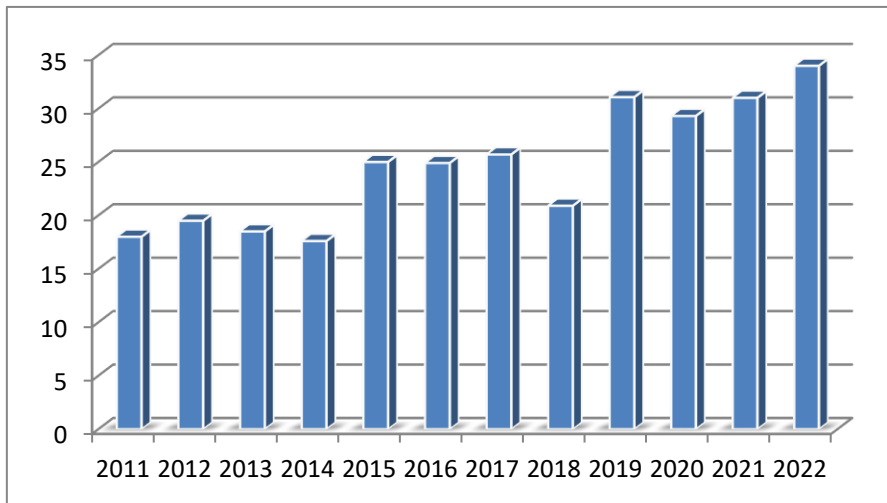
Türkiye'nin yenilenebilir enerji kurulu gücü yıllar itibarıyla; EPDK (EPDK,2020), TÜİK (TÜİK, 2021), TEİAŞ (TEİAŞ, 2022) ve TSKB (TSKB, 2022) verilerinden alınarak oluşturulmuş halde, Tablo.3' de verilmiştir. Bu verilere göre, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kurulu gücü, yıllar itibarıyla gittikçe artan bir yönelim izlemektedir. 2015 yılında 31.6 GW olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulu güç, yıllık ortalama beklenti olan %10 oranını da aşarak 2021 yılında yaklaşık 53 GW düzeyine ulaşmıştır. 2022 yılında ise, bu oranın 65 GW üzerine çıkacağı tahmin edilmektedir. Bu tabloya, TÜİK 2021 yılına ait raporunda yer alan 2022 yılı yılsonu veri beklentileri de bu çalışmada eklenmiştir.

Tablo.3 Yenilenebilir Enerjide Kurulu Güç Gelişimi (MW)

Kaynak	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Hidroelektrik	25868	26682	27275	28291	28503	30.984	31447	36500
Rüzgâr	4498	5751	6516	7005	7591	8.832	10168	13000
Güneş	310	833	3421	5063	5995	6.667	7.534	9250
Biokütle	624	821	1064	1283	1515	1515	1.782	3500
Jeotermal	345	467	575	739	1163	1238	1.650	2750
Toplam	31645	34554	38849	42381	44768	46981	52581	65000

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin enerji talebi arttıkça NGS'lere olan talepte artış göstermektedir. Dünyada meydana gelen enerji talebi patlamasının olası sonuçları projeksiyonlara yansımış olup, enerji açığı ile başa çıkmak amacı ile NGS sayısının artacağı da tahmin edilmektedir. Bu enerji üretiminin payı günümüzde %11,7' lik bir oran olarak karşımıza çıkmaktadır. Tablo.4 de Dünya elektrik planlaması perspektifi verilmiştir.

Nükleer Güç Santrallerinin ülkemiz açısından önemi ele alındığında, Akkuyu Nükleer Güç Santralının devreye girmesi ile birlikte ülkenin ilk etapta %6' lık enerji ihtiyacını karşılayacağı düşünülmektedir. Tamamen aktif olduğunda ise bu oranın %10'a çıkması söz konusu olup, bu oran aynı zamanda İstanbul ilinin enerji ihtiyacının %90'ını tek başına karşılayabilecek seviyeye gelmesi anlamı taşımaktadır. Bu santral daha önceki modellere göre farklılık arz eden bir anlayış ile 'yap, işlet, sök, götür' anlaşması çerçevesinde işlem ömrü dolduğunda Rusya' ya götürülecektir. Açığa çıkacak atıklar ile ilgili olarak da benzer bir prosedür uygulanacaktır.



Şekil.2 Petrol İthalatının Yıllık Bazda Değişimi (milyon ton)

Yenilenebilir enerjinin Türkiye açısından arttığı düşünülebilir ancak buna karşılık, Şekil.2' de verildiği gibi 2018 yılındaki gerilemeden sonra bile petrol ithalatının belirli oranda ve değişken biçimde artış gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu bağlamda enerji iştahı artan ülkemizin oluşan enerji açığının bir an önce giderilmesi gerekmektedir. Petrol ithalatı 2021 Aralık ayından bu yana yıllık bazda yüzde 42,4 artarak 4 milyon 27 bin 427 ton olmuştur (AA,2022). Sadece yenilenebilir enerjinin değil, her kalem için tüm yerli ve milli enerji elde etme yollarının dışa bağımlılığı en azda tutacak biçimde

arttırılması acil bir ihtiyaçtır. Şekil.2’de; (EPDK,2020), (TÜİK, 2021), (TEİAŞ, 2022), (TPAO, 2022) ve (TSKB, 2022) verilerinin karşılaştırılmasına göre 2011- 2022 yılları arasındaki ham petrol ithalatının yıllara göre miktarları verilmiştir. Bu şekilde ayrıca 2022 yılı verileri de, bu kurumların beklenti artışına göre eklenmiştir (TÜİK 2022).

Tablo.4 Dünya Elektrik Planlaması*

Yıllar	2025	2050	2075	2100
Toplam Elektrik Üretimi (tw-saat)	21250	32400	41200	47300
Nükleer Elektrik Üretimi (tw-saat)	4760	9350	15520	21950
Nükleer Elektrik Üretim- deki Payı (%)	23	30	38	46
Nükleer Kapasite	720	1445	2350	3325

* (Kaynak: Ankara Ticaret Odası Nükleer Enerji Raporu, Ankara, 2004)

Nükleer enerjinin çevresel felaketlere etkisi ele alınırken, gelişmiş ülkelerin bu enerjiyi silah bazında daha çok kullandığı görülmektedir. Oysaki ülkemizde bu enerjinin olumlu ve pozitif anlamda kullanılması isteği ortadadır. Dünya’da tüm gelişmiş ülkelerin 150’ yi aşkın nükleer savaş gemisi, uçak gemisi ve nükleer füze taşıyan denizaltısı olduğu, bilinen 15000’ e yakın nükleer savaş başlıklı füzenin bulunduğu ve bu ülkelerce 70 yılı aşkın bir süredir nükleer denemeler yapılmaya devam ettiği, denizlerde nükleer atıkları uluslararası anlaşmalara uymadan denizlerde bertaraf ettiği hatırlandığında nükleer enerjiden silahlanma dışında, toplumun refahı yararına kullanmak bir ihtiyaç ve zorunluluktur.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada analizi yapılan literatür çalışmalarından elde edilen verilerle birlikte varılan sonuçlar şöyle özetlenebilir;

- Turizm açısından ele alındığında ve NGS’lerin mühendislik açısından inşası nazara alındığında bu tesislerin kurulması ve çalıştırılması aşamalarında azami güvenlik tedbirleri uygulanmaktadır.
- Küresel ısınma için bir risk kaynağı olmaması nedeni ile nükleer enerjiye yönelim sürecinin Dünya’da hızlanarak devam ettiği bir gerçektir.
- NGS’lerde soğutma suyunun denize etkilerine yönelik literatür taraması yapıldığında, denize deşarjın küresel iklim değişikliğine etkisini belirten çalışmalardaki genel tutumun sıcaklığın kümülatif motifte kalmasından kaynaklı olduğuna vurgu yapılmaktadır.
- Dolayısı ile soğutma işleminin deniz, nehir ve okyanuslardan sağlanan su ile gerçekleştirilmesi esnasında radyasyon sızıntısı olabileceği ve bu sebepten ötürü deniz turizmini bitireceği ihtimalinin doğru olmadığı, bu haberlerin ve yaklaşımların ülkemiz ve gelişmekte olan ülkelerin bu teknolojiye sahip olmaması için üretilen bir propagandanın ibaret olduğu düşünülmektedir.
- Uzun vadede NGS’lerin deniz suyu sıcaklığının artışına küresel anlamda, CO₂ emisyonları açısından etkilerinin yanı sıra, deşarj suyu ile kümülatif oranda ne kadar arttırdığının tespitine yönelik bilimsel çalışmaların sayısı arttırılmalıdır. Bunlardan elde edilecek daha detaylı veriler, belirsizliklerin ve soru işaretlerinin önünü almada daha etkin ve daha belirli sonuçlara varılmasını sağlayacaktır.
- Dünya’daki nükleer silahlanma yarışına girmeden, günden güne enerji gereksinimi artan ve büyük ekonomik sıkıntıların olduğu ülkemizde nükleer enerjiyi toplumun refahı ve yararı için kullanmak, bu yolda atılacak her adımı desteklemek bir zorunluluktur.

Kaynaklar

Ankara Ticaret Odası Nükleer Enerji Raporu, Ankara, 2004, s.2

Arık, F. ve Turan, S. (2006). Nükleer Enerji Projesi: Santralin Konya'ya Kurulabilirliği, Getirileri ve Götürüleri, Yeni İpek Yolu Konya Ticaret Odası Dergisi, 19(217):25-32.

Carvalho, A. et.al. (2017) . Imaginaries Of Nuclear Energy in The Portuguese Parliament: Between Promise, Risk, And Democracy, Volume: 26 issue: 3, page(s): 289-306 Article first published online: August 8, 2016; Issue published: April 1, 2017

- ÇŞİB, (2022). T.C Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 4.6. Sıcaklık ve 4.7. Deniz Suyu Sıcaklığı, <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/deniz-suyu-sicakligi-i-85730>, Erişim Tarihi: 07.07.2022
- EPDK. (2020). Petrol Piyasası 2020 Yılı Sektör Raporu, <http://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-107/yillik-sektor-rapor>
- EPR. (2022) An Overview Of Safety Barrier At EPR Reactor In France https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/122/44122698.pdf
- F.Cattant and D.Crusset. (2008). Corrosion Issues In Nuclear Industry Materials Today, 11, 10, 2008, 32-37
- Gemici, Y., Düzenli, A., Tok, V., Çakır, Ö.S., (2000). Akkuyu Nuclear Power Plant Flora-Fauna Inventory, Ege University, İzmir.
- IAEA. (2022). The European Pressurized Water Reactor: A Safe and Competitive Solution for Future Energy Needs, https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/37/086/37086871.pdf
- Kyoto Protokolü. (2005). <https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa>
- Mert, S.O. ve Aylıkçı, N.K. (2020). Nükleer Enerji Santrallerinin Türkiye Turizmi Üzerine Etkisinin Dünya Örnekleri Üzerinden İncelenmesi, International Journal of Contemporary Tourism Research, Vol 4: No: 2, p.135-142, doi: 10.30625/ijctr.760536” Makale Gönderim Tarihi: 30.06.2020 Kabul Tarihi: 22.11.2020
- Paris Antlaşması (2016). <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>
- Pehnt, Marin, 2006. Dynamic lifecycle assessment of renewable energy technologies. Renewable Energy 31 (2006), 55–71.
- Sovacool, B.K. (2008). Valuing The Greenhouse Gas Emissions From Nuclear Power: A Critical Survey Energy Policy Volume 36, Issue 8, August 2008, Pages 2950-2963
- SSB. (2022). Savunma Sanayii Dergisi, <https://www.savunmasanayiidergisi.com/tr/HaberDergilik/Dunya-uzerinde-450-faal-nukleer-santral-bulunuyor>, Erişim Tarihi: 07.07.2022
- TEİAŞ. (2022). TEİAŞ Kurulu Güç Santralleri Raporu, <https://www.teias.gov.tr/kurulu-guc-raporlari>, Erişim Tarihi: 07.07.2022
- TAEK. (2010) Türkiye Atom Enerjisi Kurumu. 2010. “Günümüzde Nükleer Enerji .” : 10–50.
- Taner, A.C. (2009). Fransa; Nükleer Santraller ve Nükleer Reaktörlerin Geleceği, FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- Teller, A. (2010). "The EPR Reactor: Evolution To Gen III+ Based On Proven Technology" (PDF). Areva. <http://www.iaea.org/NuclearPower/Downloads/INPRO/Files/2010-Feb-DFWS/15-Teller.pdf>. Retrieved 19 July 2010.
- TOKİB. (2020). T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı, İklim Değişikliği Ve Uyum, Ankara 2020
- TPAO. (2022). Türkiye Petrolleri A.O. Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu, <https://www.tpa.gov.tr/file/2106/2020-petrol-ve-dogal-gaz-sektor-raporu-47460b743c70c609.pdf>, Erişim Tarihi: 07.07.2022
- TSKB. (2022). Türkiye Sınai Kalkınma Bankası A.Ş., <https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2021.pdf>, Erişim Tarihi: 07.07.2022
- TÜİK. (2021). TÜİK, Çevre ve Enerji Raporu, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Cevre-ve-Enerji-103>. Erişim Tarihi: 07.07.2022
- TÜİK. (2022). Ham Petrol İthalatı, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Dis-Ticaret-Istatistikleri-Ocak-2022-45536>, Erişim Tarihi: 07.07.2022
- Türkeş, V. (2020). T.C. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Programı, Volkan Türkeş, Türkiye’de Kurulması Planlanan III+ Nesil Bir Nükleer Enerji Santrali İçin Termal Verimlilik Hesabı
- World Nuclear Association, 2014. World Nuclear Association, <https://world-nuclear.org/>, Erişim Tarihi: 07.07.2022
- Yılmaz, N. ve İnan. A. (2018). Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 33:3 (2018) 875-886, Modeling Of Near Field Dilution Of Heated Discharges Of Sea Outfalls, Doi: 10.17341/gazimmfd.416390

Araştırmacıların Katılım Oranları

Bu çalışmamızda sorumlu yazar olan KARA H.E., çalışmanın ana kavram ve fikrini oluşturmuş, tasarım ve dizaynını yapmış, literatür taramasını gerçekleştirmiş ve yazıyı kaleme almıştır. Bu nedenle KARA H.E.'nin katılım oranı %70'tir. Çalışmada ikinci yazar olan TÜRKAN, N., çalışmanın veri toplama, istatistiksel analizler ve analizlerin yorumlanmasını sağlamıştır. Bu nedenle TÜRKAN, N.'nin katkı oranı %30'dur.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.