

Bilimle,  
Emekle,  
inatla,  
Umutla...



**TMMOB**  
**JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

Hatay Sk. No:21 Kocatepe/ANKARA  
Tel: +90 312 4323085  
web: www.jmo.org.tr e-posta: jmo@jmo.org.tr

II. ÇEVRE JEOLojİSİ ÇALIŞTAYI 01-02 Kasım 2019 ANKARA

## II. ÇEVRE JEOLojİSİ ÇALIŞTAYI

01-02 Kasım 2019

Raymar Hotel/ANKARA

### SONUÇ RAPORU



**TMMOB JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI** Yayın No: 142

# 2. ÇEVRE JEOLojİSİ ÇALIŞTAYI

RAYMAR OTEL, ANKARA

01-02 Kasım 2019

**SONUÇ RAPORU**

**Editör**

Ali YILMAZ



**TMMOB**

**JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI**

CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

550.4 jeo

II. Çevre Jeolojisi Çalıştay Sonuç Raporu

Ankara: Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 2019

219 s.: 24 cm

çevre, çevre jeolojisi, termik santral, nükleer, iklim değişimi, tıbbi jeoloji, yer bilimleri, jeoloji

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

**ISBN: 978-605-01-1365-5**

**TMMOB JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
YÖNETİM KURULU**

|                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| <b>Hüseyin ALAN</b>   | Başkan                    |
| <b>Yüksel METİN</b>   | II. Başkan                |
| <b>Faruk İLGÜN</b>    | Yazman Üye                |
| <b>D. Malik BAKIR</b> | Sayman Üye                |
| <b>M. Emre KIBRIS</b> | Mesleki Uygulamalar Üyesi |
| <b>Buket ECEMİŞ</b>   | Yayın Üyesi               |
| <b>Gonca ŞAHİN</b>    | Sosyal İlişkiler Üyesi    |

**DÜZENLEME KURULU  
TMMOB JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
ÇEVRE KOMİSYONU**

|                        |            |
|------------------------|------------|
| <b>Ali YILMAZ</b>      | Başkan     |
| <b>A. Vedat OYGÜR</b>  | II. Başkan |
| <b>H. Ayla ÇELENK</b>  | Yazman     |
| <b>İ. Necla ŞAYLAN</b> | Üye        |
| <b>Nusret GÜNGÖR</b>   | Üye        |
| <b>Melisa KAYA</b>     | Üye        |
| <b>Paşa ALEMDAR</b>    | Üye        |
| <b>Rıza SOYPAK</b>     | Üye        |
| <b>Rukiye ALAN</b>     | Üye        |
| <b>Serkan TEKİN</b>    | Üye        |





## II. ÇEVRE JEOLJİSİ ÇALIŞTAYI GENEL PROGRAMI

| 1. GÜN (1 Kasım 2019 Cuma)      |                                                                                                                                             |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9:00 - 10:00                    | Kayıt                                                                                                                                       |
| 10:00 - 11:30                   | Açılış Konuşmaları                                                                                                                          |
| 11:30 - 12:00                   | SUNUŞ: II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı'nın Amacı ve Hedefleri, Ali YILMAZ                                                                     |
| 12.00-13.30                     | Öğle Yemeği                                                                                                                                 |
| 13:30 - 18.00                   | Tüm çalışma gruplarınca ayrı masalarda 'Konu Başlıkları'na göre hazırlanmış SUNUMLARIN yapılması ve tartışılması.                           |
| 19:00                           | Akşam Yemeği                                                                                                                                |
| 2. GÜN (2 Kasım 2019 Cumartesi) |                                                                                                                                             |
| 09:30 - 12:00                   | Tüm çalışma gruplarınca ayrı masalarda 'Konu Başlıkları'na göre hazırlanmış SORUNLARIN tartışılması ve çözüm önerilerinin ortaya koyulması, |
| 12:00 - 13:30                   | Öğle Yemeği                                                                                                                                 |
| 13:30 - 16:00                   | Tüm çalışma gruplarının ayrı masalarda kendi konularında ortak değerlendirmeler yapması ve ortak raporlarını hazırlaması                    |
| 16:00 - 16:30                   | Çay/Kahve Arası                                                                                                                             |
| 16:30 - 18:00                   | Gruplarca hazırlanan raporların ortak platformda sunulması; Genel Tartışma ve Sonuç Bildirgesi                                              |
| 18:00                           | Kapanış ve Akşam Yemeği                                                                                                                     |



## ÖNSÖZ

---

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, tüm sektörlerde, ülke, toplum ve mesleki çıkarları gözeterek kapsamlı çalışmalar yapmaktadır. Bu çerçevede, Odamız, üyelerinin bilimsel, teknik ve mesleki gelişmeleri için, sürekli ve kapsamlı çalışmalarını ülke genelinde etkin bir şekilde sürdürmektedir. Etkinlikler arasında, pek çok sayıda konferans, seminer, sempozyum, kongre ve çalıştay yer almaktadır. Etkinliklerde varılan sonuçların kalıcı olması için, temel bilgiler mutlaka kitap, dergi, bülten, rapor haline getirilmektedir. Söz konusu etkinliklerin bir uzantısı olarak, ilki 03-04 Kasım 2017 tarihinde yapılan Çevre Jeolojisi Çalıştayı'nın ikincisi de, 01-02 Kasım 2019 tarihinde gerçekleştirilecektir.

1. Çevre Jeolojisi Çalıştayı sırasında, Çevre Jeolojisi'nin genel içeriği gözetilerek bazı temel konular seçilmişti. Örneğin, planlama ve karar verme sürecinde doğa kaynaklı afetlere dair risklerin yönetimine ilişkin sorunlar ve çözüm önerileri ile çevre jeolojisinin büyük mühendislik yapılarının çeşitli evrelerinde ortaya çıkan sorunlara yaklaşımı ve çözüm önerileri ortaya koyulmuştur. Ayrıca atık yönetiminde ve deponi alanlarının (katı, sıvı ve gaz atıkları için) yer seçiminde ve yönetiminde; çevre jeolojisinin madencilik faaliyetlerinin çeşitli evrelerinde yaşanan sorunlara ve çözüm önerilerine katkısı irdelenmiştir. Çevre jeolojisi ve halk sağlığı: Tıbbi jeoloji'nin koruyucu halk sağlığındaki yeri, önemi ve yaşanmakta olan sorunlar' değerlendirilmiştir.

İlk çalıştay sırasında yapılan anket büyük bir ilgi görmüş ve gelecekte çalıştayların sistemli bir şekilde sürdürülmesinin yararlı olacağı vurgulanmıştır. Ayrıca anketin sonuçlarına göre, gelecekte yapılacak çalıştaylarda daha özel konuların ele alınmasına, özellikle Küresel İklim Değişikliğine, Nükleer Santrallere ve Termik Santrallere yönelik konuların tartışılmasına yönelik öneriler ön plana çıkmıştır. Dolayısıyla, **II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı'nı**, önerilen bu üç konuda gerçekleştirmenin alt yapısını oluşturmak için yoğun bir çaba harcanmıştır. Sonuç olarak, II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı sırasında, aşağıda tanımlanan üç konuda gerçekleştirilecektir:

### **1. Termik santrallerin yer seçimi ve yönetimi**

Termik santrallerin yer seçiminde gözetilmesi gereken faktörler ve bu santrallerle ilgili yönetimin planlanmasında gözetilmesi gereken hususlar irdelenecektir.

### **2. Nükleer santrallerin yer seçimi ve yönetimi**

Nükleer santrallerin yer seçiminde gözetilmesi gereken faktörler ve bu santrallerle ilgili yönetimin planlanmasında gözetilmesi gereken hususlar değerlendirilecektir.

### **3. Küresel iklim değişikliğinin Yerküre'ye ve ülkemize etkileri**

Küresel iklim değişikliklerinin jeolojik tarihi ve sonuçları, Günümüzdeki küresel iklim değişikliğini tetikleyen unsurlar ve nedenleri, Küresel iklim değişikliğinin Yerküre'ye ve ülkemize olası etkileri ve olası sonuçları, Küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini denetlemek üzere alınması gereken önlemler değerlendirilecektir.

Yukarıda sunulan her üç konu, belki de günümüzde en çok tartışılan ve bilgi kirliliği

olan konulardır. Ayrıca, bu konular, her gün yeni bir gelişmeye de gebe olup, söz konusu konuları da içeren daha geniş tartışma alanları da vardır. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, konularında uzman olan çeşitli disiplinlerdeki araştırmacıları bir araya getirerek, çevre jeolojisinin çevrenin korunmasına olan katkısını görünür hale getirme ve paylaşma konusunda, sorumluluğunu yerine getirme çabasıyla **II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı**'nı düzenlemektedir.

Çalıştayın genel amacı, yukarıda sunulan her üç konuyu tüm boyutlarıyla dengeli bir şekilde irdelerken, toplumun da ilgili konulara objektif ve bilimsel bir şekilde bilgilendirilmesine katkıda bulunmaktır. Seçilen konulara, ülkenin enerji politikaları ve geleceği açısından bakıldığında, bu konuların birbiriyle örtüşen hususları da kapsadığı görülmektedir. Dolayısıyla söz konusu konulara farklı ve bütünsel açıdan da bakabilme olanağını da yakalama şansı vardır. Böylece bilgiye dayalı, gerçekçi ve akılcı değerlendirmelerin önünü açarak, seçilen konulara yönelik yeni arayışları da ortaya koymak mümkündür.

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, mesleki bir sorumlulukla tek başına bu eksikliği gidermek amacıyla kendi örgütlüğü çerçevesinde, II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı'nı da düzenlemiştir. Çalıştayda davetimize yanıt vere tüm katılımcılara, açılışımızı onurlandıran konuklarımıza ve çalıştayın düzenlenmesi sırasında emeği geçen JMO Çevre Jeolojisi Komisyonu üyelerimize teşekkür ediyoruz.

**TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası**  
**Yönetim Kurulu**

## İÇİNDEKİLER

---

### GENEL PROGRAM

#### ÖNSÖZ



**TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Başkanı Hüseyin ALAN'IN açılış konuşması**

**SUNUŞ:** II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı'nın konuları, içeriği, amacı ve hedefleri

**Ali YILMAZ**

#### 1-TERMİK SANTRALLERİN YER SEÇİMİ VE YÖNETİMİ

**Eş başkanlar:** Oğuz TÜRKYILMAZ, Orhan AYTAÇ İlker ŞENGÜLER

**Yazmanlar:** Rıza SOYPAK, Paşa ALEMDAR

#### PROGRAM

Açılış Konuşması

**Orhan AYTAÇ**

Termik Santrallerin Yer Seçimi ve Çevre Sorunları

**İsmail SALICI**

Termik Santrallerin Yer Seçiminde ve Yönetiminde Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Önerileri

**Tevfik Fikret TEKİN ve Ali YILMAZ**

Kömür Santralleri ve çevresel Etkileri

**Handan DÖNMEZ ve Nilgün ERCAN**

Türkiye'de Kömürlü Termik Santraller ve Çevre Teknolojileri

**Muzaffer BAŞARAN**

Türkiye'de Kömürlü Termik Santrallerin Hava Kirliliği Emisyonları ve Sağlık Etkileri

**Funda GACAL**

Ülkemizde Kömür Yatırımları ve Hidrojeolojik Sistemin Karşılıklı Etkileri

**Özlem KATISÖZ**

Termik Santral Planlamasında Gerekli ÇED Raporunun

CBS ile Hazırlanması: Eskişehir-Alpu Örneği

**Can AYDAY**

ÇAĞRILI KATILIMCILAR LİSTESİ

Termik Santraller SONUÇ BİLDİRGESİ

#### 2-NÜKLEER SANTRALLERİN YER SEÇİMİ VE YÖNETİMİ

**Eş başkanlar:** Gürdal GÖKERİ, Yılmaz BEKTUR

**Yazmanlar:** Melisa KAYA, Serkan TEKİN

#### PROGRAM

Enerji, Nükleer Santraller ve Yer Seçimi

**Yılmaz BEKTUR**

Nükleer Santraller için Yer Seçiminde Acil Durum Planlarının  
Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi.

**Gürdal GÖKERİ**

Nükleer Emniyet Açısından Nükleer Santrallerde Saha Seçimi

**Şebnem UDUM**

Nükleer Santrallerde Saha Onayı, Meteorolojik Çalışmalar, Çevresel Etki ve  
Radyolojik Etki Değerlendirmesi

**Özge ÜNVER ve Cemil KOCAR**

Radyoaktif Atık Bertaraf Tesisleri için Saha Seçimi

**Banu ACAR**

Akkuyu ve Nükleer Güvenliğine Dair Deneyimler ve Sorunlar

**İrfan UÇAR**

ÇAĞRILI KATILIMCILAR LİSTESİ

Nükleer Santraller SONUÇ BİLDİRGESİ

### **3-KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YERKÜRE'YE VE ÜLKEMİZE ETKİLERİ**

**Oturum Başkanı:** Yüksel Örgün TUTAY

**Yazmanlar:** H. Ayla ÇELENK, Ayşegül ÇETİN

PROGRAM

Açılış Konuşması

**Yüksel Örgün TUTAY**

Değişen İklim ve Algı Yönetimi

**İsmail KÜÇÜK**

İklim Ne Zaman Değişmedi Ki?

**Murat Sungur BURSA**

İklim Değişikliğinin Jeolojik Tarihi

**M. Akif SARIKAYA**

Türkiye Kıyılarında Göreceli Deniz Seviyesi Değişimleri: İklimsel ve Tektonik Çıkarımlar

**Cengiz YILDIRIM**

İklim Değişimi ve Tarım

**Nurdan ŞAHİN DEMİRBAĞ**

İklim Değişikliği ve Sağlık

**Çağatay GÜLER**

ÇAĞRILI KATILIMCILAR LİSTESİ

Küresel İklim SONUÇ BİLDİRGESİ

**SONUÇ BİLDİRGESİ ÖZETİ**

**II. ÇEVRE JEOLJİSİ ANKETİ SONUÇLARI**

## **TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Başkanı Hüseyin ALAN'IN açılış konuşması**

Kamu kurumlarımızın, meslek örgütlerimizin, STK'larımızın çok değerli yöneticileri, saygıdeğer hocalarım, Değerli katılımcılar, Odamız tarafından düzenlenen II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı'na hepiniz hoş geldiniz. Hepinizi şahsım ve TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yönetim kurulu adına saygıyla, sevgiyle ve dostlukla selamlıyorum.

TMMOB jeoloji mühendisleri odası ana yönetmeliğinde belirtilen iki temel amaç üzerinden çalışmalarını yürütmektedir. Bunlardan biri mesleğin ve mesleğin yararlarına faaliyetler yürütmek, ikincisi ise meslek alanlarımızla ilgili toplumsal boyutu olan konularda ülke ve toplum yararına çalışmalar yapmak, bu çalışmalara katkı koymak ve içinde yer almaktır. İşte bu amaçlar çerçevesinde bugün burada toplumun genelini ilgilendiren ve her geçen yıl önemi daha bir artan çevre jeolojisi ile nükleer ve termik santraller ile iklim değişimi arasındaki etki ve iletişimin gerek ulusal gerekse uluslararası çalışmaların geldiği boyutlarda dikkate alınarak değerlendirilmesi, odamız bu konulara ilişkin görüş ve politikaların oluşturulmasına yardımcı olunması amacıyla toplanmış bulunuyoruz. İki gün sürecek olan bu çalıştayı düzenlenmesinde emeği geçen Odamız Çevre Jeolojisi Çalışma Gurubu Üyeleri ile bu çalıştayda görev almayı kabul ederek, buraya gelen siz değerli dostlarımıza ve meslektaşlarımıza çok teşekkür ediyorum.

Bir özel teşekkürü de hepinizin huzurunda son iki dönemdir odamızın Çevre Jeolojisi Komisyonu Başkanlığı ile bu çalıştayı da düzenleme kurulu başkanlığını yürüten Sayın Prof Dr. Ali Yılmaz hocama yapmak isterim. O olmasaydı bu güzel çalışmayı bugünlere taşımak oldukça zor olacaktı. Ali hocam çok teşekkür ederim.

### **Değerli katılımcılar, değerli meslektaşlarım**

İlkel insanın iki taşı birbirine vurarak keskin kenarlı aletleri yapmaya başladığı günden günümüzün gelişmiş teknolojilerinin ihtiyaç duyduğu hammadde ve enerji kaynaklarına ulaşmaya kadar, her tarihsel evrede insanların temel gereksinimleri için ilk başvurdukları kaynak alanı daima jeolojik çevreleri olmuştur. İnsan topluluklarının yaşam kalitesiyle ilgili birçok konu jeoloji ve jeolojik çevre koşulları ile yakından ilişkilidir.

İnsanoğlunun son 200.000 yıllık yaşam serüvenine bakıldığında, doğa kullanma anlayışında sürekli değişiklikler yaşandığı görülmüştür. Özellikle son üç yüz yıllık süreçte, sanayi toplumundan, endüstri toplumuna ve oradan günümüzdeki bilgi toplumuna geçiş süreçlerinde doğa kullanma anlayışında önemli değişiklikler meydana gelmiştir.



Bu dönemde endüstride yaşanan yoğunlaşma, enerji ve hammaddeye olan talebi artırmıştır, üreticiler ve sanayiciler ekonomik değer taşıdığını düşündükleri her şeyi sorumsuzca kullanmaya başlamışlardır. Hammadde ve enerji kaynakları ile bu kaynakların bulunduğu bölgeler stratejik alanlar olarak tanımlanmış ve bu kaynakları denetim altında tutmak, sadece şirketler için bir rekabet konusu olmakla kalmamış, aynı zamanda devlet egemenliğinin belirtisi haline gelmiştir. Yani başımızda Suriye’de bu durum tüm çıplaklığı ile görülmektedir.

Değerli katılımcılar, Endüstriyel kapitalizmin gelişmesiyle ticari faaliyetler ikinci plana düşerken üretim faaliyetlerinin insan- doğa ilişkisinde neden olduğu asimetri; “kaynakları” kullanmak (sömürmek) ve tüketmek, üretim atıklarını doğaya bırakarak onu kirletmek, faunayı ve florayı değiştirmek şeklinde kendini göstermiştir. Bu asimetri irdelendiğinde; doğal varlıkları üretimin bir ögesi (kaynak) olarak gören, onlara üretim sürecine olan katkıları oranında değer veren ve onların varlık değerini piyasa değeri üzerinden değerlendiren kâr merkezli bir anlayış ortaya çıkmıştır.

Bu kapitalist dünya görüşü içinde ekolojik varlıkların rolü, insanların bir dizi ekonomik ihtiyaçlarını karşılamak ve üretim girdisi olarak sanayiye kaynaklık etmek olarak görülmüştür. Bu bakımdan sanayi devrimi ve kapitalist ekonomik sistem, insanlığın geleneksel doğa görüşünde köklü bir değişime neden olarak ekolojik varlıkları araçsal bir değere indirgemiş ve piyasada alınıp satılabilen bir “meta” haline getirmiştir. Bu durum ekolojik varlıkların birer üretim faktörü olarak görülmesi çerçevesinde bir “kaynak” deposu olarak algılanmasına neden olmuştur.

### **Değerli katılımcılar, değerli meslektaşlarım**

Ülkemizde de egemen bakış açısı ve mevzuat düzenlemelerimiz, doğayı bir kaynak deposu olarak algılayan bir çerçevede ve vahşi bir şekilde sürdürülmektedir. Bu anlayış çerçevesinde bugün Edirne’den Kars’a, Artvin’den, Muğla’ya, Hakkari’den Sinop’a, Çanakkale-Kaz dağlarından Munzurlara, Aydın’dan Hasankeyf’e kadar bütün kentlerimiz talan altındadır.

Bu durumu göz önüne alan odamız, 03-04 Kasım 2017 tarihinde 1.Çevre Jeolojisi Çalıştayı gerçekleştirmiştir. Bu çalıştay sırasında, Çevre Jeolojisi’nin genel içeriği gözetilerek bazı temel konular seçilmiştir. Örneğin, planlama ve karar verme sürecinde doğa kaynaklı afetlere dair risklerin yönetimi, çevre jeolojisinin büyük mühendislik yapılarının çeşitli evrelerinde ortaya çıkan sorunlara yaklaşımı, atık yönetiminde ve deponi alanlarının (katı, sıvı ve gaz atıkları için) yer seçiminde ve yönetimin de çevre jeolojisinin etkileri, çevre jeolojisinin madencilik faaliyetlerinin çeşitli evrelerinde yaşanan sorunlara ve çözüm önerilerine katkısı konuları irdelenmiştir. Ayrıca, Tıbbi Jeoloji’nin koruyucu halk sağlığındaki yeri, önemi ve yaşanmakta olan sorunlar’ değerlendirilmiştir. Çalıştay sırasında yapılan değerlendirmelerin sonuçlarını içeren **1. Çevre Jeolojisi Çalıştayı Sonuç Raporu’da**, aynı yıl içinde yayınlanmıştır.

## Değerli katılımcılar, değerli meslektaşlarım

1. Çevre Jeolojisi Çalıştayı sırasında yapılan anket büyük bir ilgi görmüş ve gelecekte çalıştayların sistemli bir şekilde sürdürülmesinin yararlı olacağı vurgulanmıştır. Ayrıca anketin sonuçlarına göre, gelecekte yapılacak çalıştaylarda daha özel konuların ele alınmasına, özellikle Küresel İklim Değişikliği, Nükleer Santraller ve Termik Santrallere yönelik konuların tartışılmasına yönelik öneriler ön plana çıkmıştır. Dolayısıyla, **II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı**'nı önerilen bu üç konuda gerçekleştirmenin alt yapısı Odamız tarafından oluşturmaya karar verilmiştir. Her üç konu da son derece tartışmaya açık konulardır. Bu üç konu sadece ülkemizde değil dünyada da en çok tartışılan konuların başında gelmektedir.

Küresel iklim değişimi günümüzde Birleşmiş Milletler dahil olmak üzere, sıklıkla toplumların ve ülkelerin gündemine gelmekte, yapılan çeşitli küresel toplantılarda konu tartışılmaktadır. Ancak yapılan tüm bu tartışmalara rağmen, antropojenik etkilerin küresel iklim değişimi üzerine etkileri ile biyolojik yaşam üzerinde meydana getireceği yıkım yeterince anlaşılmış veya anlatılabilmiş değildir.

2017 yılında ABD başta olmak üzere bazı ülkelerin 2015 yılında 197 taraf ülkeden 147'si tarafından imzalamış Paris İklim sözleşmesinden çekilmesi, bu konuda hayata geçirilmesi gereken düzenleme ve stratejilerin kadük kalmasına yol açmıştır. Ancak küresel iklim değişimi etkilerin her geçen gün daha fazla hissediliyor olması, iklim değişimi sonucu artan yağışlar veya kuraklık sonucu yaşanan doğal afetler, kıtlık ve göçler, yine küresel ısınma nedeniyle özellikle kıyı bölgelerinde kurulan yerleşim alanlarında deniz seviyesi değişikliğine bağlı etkileri, toplumları bugünden kaygılandırmaya başlamıştır. Örneğin Endonezya başkenti Cakarta'yı, terk ederek BORNEO adasına taşınma kararı almıştır.

Ülkemizde bu konuda yeterli çalışma bulunmamasına rağmen Akdeniz Havzası'nda 2100 yılı için yapılan senaryo çalışmalarında, deniz seviyesinin yaklaşık 4 m dolayında yükseleceği tahmin edilmektedir. 1 cm deniz seviyesi yükselmesinin, 10 cm yüksekliğinde kıyı erozyonuna neden olacağı düşünüldüğünde, 4m deniz seviyesi yükselmesinin 40 metre yüksekliğe kadar yer alan kıyı alanlarında önemli tahribata neden olacağı kabul edilmektedir. Ülkemizin üç tarafının denizlerle çevrili olduğu, nüfusun önemli bir bölümünün kıyı alanlarında kurulmuş yerleşim bölgelerinde bulunması, önemi sanayi ve liman tesisleri düşünüldüğünde ülkemizin bugünden bu etkileri göz önüne alarak gerekli projeksiyonları ve planlamaları yapması gerektiği düşünülmektedir.

Yine ülkelerin enerji ihtiyaçlarını karşılamak için hala termik ve nükleer santrallere ihtiyaç duyduğu anlaşılmaktadır. Ülkemiz de enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü termik santrallerden sağlarken, yapım çalışmaları devam eden Mersin- Akkuyu nükleer enerji santrali ile önümüzdeki dönem yapılması planlanan Sinop ve İğne Ada nükleer enerji projeleri de bulunmaktadır. Gerek mevcut ya da inşası planlanan termik santraller, gerekse nükleer santral projelerine karşı toplumsal bir kaygının olduğu hepimiz tarafından

bilinmektedir. Bu kaygılarda dikkate alınarak yapılan bu projelerin gereklilikleri, yer seçimleri ile olası çevresel kaygılarının da bütünlüklü bir şekilde çevre çalıştayımızda tartışılacağına inanıyorum.

#### **Değerli katılımcılar, saygıdeğer meslektaşlarım,**

Günümüzde çevre mevzuatı da, yapılan uygulamalar da bir dizi olumsuzluğu içermektedir. Bilimsellikten uzak, gerekli teknik verileri içermeyen, belirlenen sorunlara çözüm üretmeyen çoğu ÇED raporları, projenin uygulanmasının bir aracı haline gelmiş bulunmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, neredeyse bütün sorunlu projelere ÇED Olumlu Kararı'nı verirken, ÇED raporlarında belirtilen önlemlerin alınıp alınmadığını izleme ve denetiminin ne ölçüde yapıldığı ciddi tartışma konusudur. Diğer taraftan, çevre mevzuatı kapsamında hazırlanan raporlar içerisindeki; jeoloji, jeokimya, yapısal jeoloji, hidrojeoloji, jeoteknik gibi çevre jeolojisinin omurgasını oluşturan hizmetlerin jeoloji mühendisleri dışında başka meslek disiplinleri tarafından verildiği, hatta çevre mevzuatı kapsamında jeoloji mühendisliği hizmeti de üreten çoğu firmaların odamıza tescilli olmadığı da belirlenmiştir.

Sonuç olarak, çevreye dair ve Çevre Jeolojisi kapsamında sorunlarımız gerçekten çok büyüktür. Bu anlamda da Çevre Jeolojisi'nin öneminin bir bilince yükselmesi, mevzuatlardaki eksikliklerin giderilmesi ve uygulamaların yaşamda karşılık bulunması, bu gün her zamankinden daha çok önem ve zorunluluk arz etmektedir. Bu konuda da ODA'mız, üniversitelerimiz başta olmak üzere, hepimize önemli görevler düşmektedir. Çünkü, çevre tüm insanlığın ortak alanıdır. Jeolojinin bilim ve uygulama alanlarına, çevre jeolojisine yeterli önemi vermeyen projelere de uygulamalara ilişkin de söyleyecek sözümüz olmalıdır. Ayrıca, kendi uzmanlık alanlarımızdan hem karar vericileri ve uygulamacıları hem de kamuoyunu aydınlatma ve uyarma görevini yerine getirmek gibi bir sorumluluğumuz olduğunu da unutmamalıyız.

#### **Değerli katılımcılar, değerli meslektaşlarım**

Sözlerimi bitirirken, Çevre Jeolojisi Çalıştay'ının düzenlenmesine büyük katkı ve emek veren Çalıştay Başkanı: Prof. Dr. Ali YILMAZ'a, II. Başkan: Dr. A. Vedat OYGÜR'e, Çalıştay Eş Başkanlarına ve Yazmanlarına, Odamız Çevre Jeolojisi Çalışma Grubu'na ve farklı kurumlardan gelerek çalıştayımıza destek veren siz katılımcılara ayrı ayrı teşekkür ediyorum. Başarılı bir çalıştay olacağına olan inancımla hepinize saygılar ve sevgiler sunuyorum.

**Hüseyin ALAN**

**TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası**

**Yönetim Kurulu Başkanı**

## II. ÇEVRE JEOLojİSİ ÇALIŞTAYI'NIN KONULARI, İÇERİĞİ, AMACI VE HEDEFLERİ

**Ali YILMAZ**, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Bilimsel Teknik Kurulu ve Çevre Komisyonu Üyesi, ANKARA

### ÖZET

1. Çevre Jeolojisi Çalıştayı, 03-04 Kasım 2017 tarihinde TMMOB Jeoloji Mühendislerinin öncülüğünde gerçekleştirilmiştir. Bu çalıştay sırasında, Çevre Jeolojisi'nin genel içeriği gözetilerek bazı temel konular seçilmiştir. Örneğin, planlama ve karar verme sürecinde doğa kaynaklı afetlere dair risklerin yönetimine ilişkin sorunlar ve çözüm önerileri ile çevre jeolojisinin büyük mühendislik yapılarının çeşitli evrelerinde ortaya çıkan sorunlara yaklaşımı ve çözüm önerileri ortaya koyulmuştur. Ayrıca atık yönetiminde ve deponi alanlarının (katı, sıvı ve gaz atıkları için) yer seçiminde ve yönetiminde; çevre jeolojisinin madencilik faaliyetlerinin çeşitli evrelerinde yaşanan sorunlara ve çözüm önerilerine katkısı irdelenmiştir. Çevre jeolojisi ve halk sağlığı: Tıbbi jeoloji'nin koruyucu halk sağlığındaki yeri, önemi ve yaşanmakta olan sorunlar' değerlendirilmiştir. Çalıştay sırasında yapılan değerlendirmelerin sonuçlarını içeren **1. Çevre Jeolojisi Çalıştayı Sonuç Raporu'** da, aynı yıl içinde JMO'nun 133 nolu belgesi olarak yayınlanmıştır.

1. Çevre Jeolojisi Çalıştayı sırasında yapılan anket büyük bir ilgi görmüş ve gelecekte çalıştayların sistemli bir şekilde sürdürülmesinin yararlı olacağı vurgulanmıştır. Ayrıca anketin sonuçlarına göre, gelecekte yapılacak çalıştaylarda daha özel konuların ele alınması-na, özellikle Küresel İklim Değişikliğine, Nükleer Santrallere ve Termik Santrallere yönelik konuların tartışılmasına yönelik öneriler ön plana çıkmıştır. Dolayısıyla, **II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı'nı**, önerilen bu üç konuda gerçekleştirmenin alt yapısını oluşturmaya karar verilmiştir. Sonuç olarak, II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı sırasında, aşağıda tanımlanan üç konuda gerçekleştirilecektir. Her üç konu son derece tartışmaya açıktır. Ancak bu konularda sağlıklı bilgilenmeye gereksinim olduğu da açıktır.

**Anahtar Kelimeler:** Çevre Jeolojisi, Termik santraller, Nükleer santraller, Küresel iklim değişikliği, Türkiye.

## GİRİŞ

Çevre Jeolojisi, Yer'in yüzey şekillerinin, fiziksel Yer süreçlerinin ve doğal kaynakların insan ve toplum üzerindeki etkilerini incelemenin yanı sıra, çevreyi etkileyen beşeri konuları da kapsamına alarak irdeleyen bir ilgi alanıdır. Buradan da çevre jeolojisinin, temel mirasını jeolojiden almakla birlikte, farklı bilim dallarının kavşağında yer aldığı ve çok disiplinli ortak bir çalışmayı zorunlu kıldığı kolaylıkla söylenebilir.

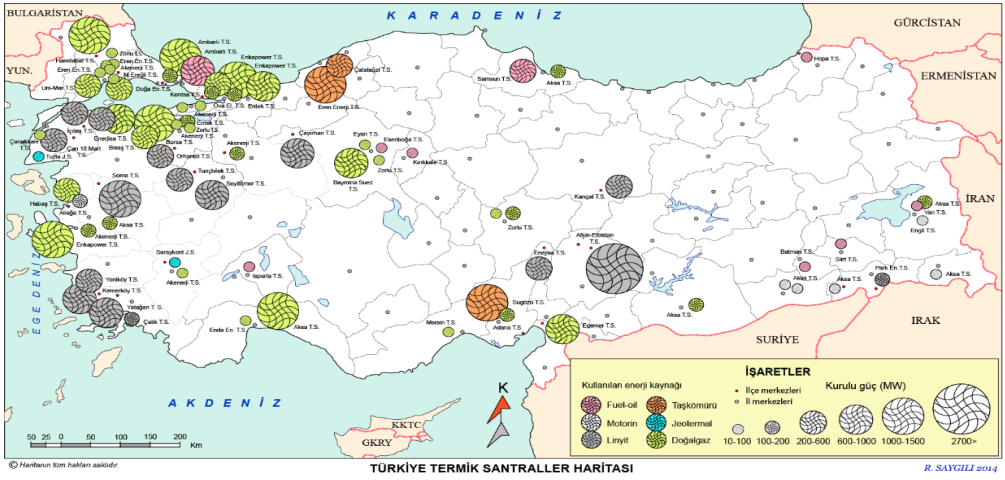
Çevre jeolojisi için mekân YERKÜRE'DİR, DÜNYA'dır, YER'dir. Dolayısıyla Çevre jeolojisi, YER'de gelişen doğa kaynaklı süreçlerin beşeri yaşama ve beşeri yaşamın da yeryüzünde gelişen doğal ortama etkilerini irdeler. Çevre Jeolojisi, Temel bilimler ve Sosyal bilimlerin yanı sıra Sağlık bilimlerinin ve çeşitli mühendislik alanlarının kavşağında yer alır. Çevre Jeolojisi, bir yönüyle de Yerküre'yi ya da doğayı anlamayı kolaylaştıran ve çevrenin korunmasına katkı sağlayan bir uygulamadır. Böyle bir katkı, kıyısında yaşadığımız sürdürülebilir bir yaşam için de gereklidir. Dolayısıyla, Çevre jeolojisi Çalıştaylarının sürdürülmesinde yarar görülmektedir. II. Çevre jeolojisi Çalıştayı'nın başlıca konuları: 1.Termik santrallerin yer seçimi ve yönetimi, 2.Nükleer santrallerin yer seçimi ve yönetimi. 3. Küresel iklim değişikliğinin Yerküre'ye ve ülkemize etkileri'dir.

Çalıştayı gerçekleştirmek üzere Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) Yönetimi ve JMO Çevre Komisyonu Üyeleri birlikte yoğun bir çaba göstermiştir. Öncelikle jeoloji mühendisliğinin ve yerbilimlerinin söz konusu alanlara yönelik birikimleri ve bu birikimlerin diğer meslektaşlarla olan ilişkilerle geliştirilebileceği değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, TM-MOB'nin konulara vakıf komisyonları ile iletişime geçilmiştir. Özellikle Makine Mühendisleri Odası enerji komisyonu üyeleri ile bazı üniversitelerin katkısı sağlanmıştır. Günümüzde emekli olan, ancak mesleki geçmişlerinde enerjiye dair konularda emeği geçen uzmanların katkısı da yadsınmaz.

Bu arada, Termik santraller, Nükleer santraller, Küresel iklim Değişikliği konularında birçok çalışma taranmıştır. Özellikle sorunları belirleme konusunda yoğun bir çaba harcanmıştır. Aşağıda söz konusu ayrıntılara ve sorunlara yönelik bazı temel bilgiler sunulmuştur:

### 1.TERMİK SANTRALLERİN YER SEÇİMİ VE YÖNETİMİ

Türkiye'nin termik santraller haritasına bakıldığında santrallerin çoğunun Marmara ve Ege Bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 1). Bu bölgeler aynı zamanda insan faaliyetlerinin ve sanayinin geliştiği ve enerji gereksinimi olan bölgelerdir. Ancak, termik santrallere yönelik yer seçiminin ve yönetiminin birçok açıdan istenilen düzeyde yürütülmediği bilinmektedir. Örneğin, Şekil 2' de görülen Zonguldak Çatalağzı Termik Santraller dizisinin aynı vadide planlanmasının hangi amaçla yapıldığını anlamak mümkün değildir. Böylesi bir planlama için, bu vadinin tümüyle gözden çıkarılması anlamına gelir.



**Şekil 1.** Türkiye 'nin termik santraller haritası (www.cografyaharita.com).



**Şekil 2.** Zonguldak Çatalağzı Termik Santraller dizisi

<http://www.diken.com.tr/arka-bahcenizde-termik-santral-hayal-edin-catalagzina-hos-geldiniz/>

Oysa termik santrallerin yer seçiminde ve yönetiminde gerekli özenin bir bütünsel-lik içinde gösterilmesi gerekmektedir. Yani, sadece tesislerin değil, söz konusu tesislerde kullanılacak enerji türünün üretim süreçlerinde de gerekli özen gösterilmelidir. Örneğin, sanayide de çeşitli enerji kaynakları kullanılabilir. Hatta bir enerji formu başka bir enerji formuna dönüştürülebilmektedir.

Termik santrallerde genel olarak kömür kullanılmakta ve elektrik üretiminin yaklaşık %40'ı da kömürlerin termik santrallerde kullanılması ile elde edilmektedir. Böyle bir durumda, kömürün üretim süreçlerinde ortaya çıkması olası çevresel etkiler de göz ardı edilmemelidir. Ayrıca, termik santrallerde fosil yakıtların yakılması ile kömürün bileşimindeki enerji elektrik enerjisine dönüşürken, hidroelektrik santrallerde ise potansiyel enerji, sıra ile kinetik enerji ve elektrik enerjisine dönüşmektedir. Bu dönüşüm sırasında da çeşitli çevresel sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların önemli bir bölümü termik santrallerin işletme evresinde görülmektedir (Yılmaz, 2008 a ve b).

Çalıştay sırasında termik santrallerin yer seçiminde gözetilmesi gereken faktörler ve bu santrallerle ilgili yönetimin planlanmasında gözetilmesi gereken diğer hususlar: Mevcut durumun tanımlanması evresi, Planlama ve hazırlık evresi, Tesislerin tasarımı, inşaat ve işletme evreleri, İşletme sonrası (rehabilitasyon-iyileştirme) evresi çerçevesi içinde ele alınacaktır.

Bu evrelerin her birinde toprak, su, hava, gürültü, sosyo-ekonomik ve ekolojik ortamlarda ortaya çıkması olası çevresel etkiler ve bu etkilerin denetiminde gözetilmesi gereken hususlar vardır. Bu çerçevede teknik sorunlar ve yasal açıdan ortaya çıkan sorunlar (Uluslararası ve ulusal mevzuat açısından), Eğitimden kaynaklanan sorunlar irdelenecektir. Aşağıda önemli görülen bazı sorunlar sunulmuştur:

Termik santrallerin yer seçiminde gözetilmesi gereken zorunlu faktörler nelerdir?

Termik santrallerde kullanılacak yakıtın türü, üretimi ve zenginleştirilmesi süreçlerinde ortaya çıkması olası çevresel etkilerin denetimi için neler yapılmalıdır?

Termik santrallerin etkileyeceği alanın boyutlarını belirleyen faktörler nelerdir?

Termik santrallerde öngörülen yakıtın kullanımı ve kullanımı sonrası süreçlerde, ortaya çıkması olası çevresel etkiler denetlenebilir mi?

Ülkemizde termik santrallerin yönetiminde çalışan personelin, yeterli bilgiye, deneyime ve çevre duyarlılığına sahip olduğu söylenebilir mi? Termik santrallerden üretilen enerji, ülkemiz açısından zorunlu bir seçenek mi?

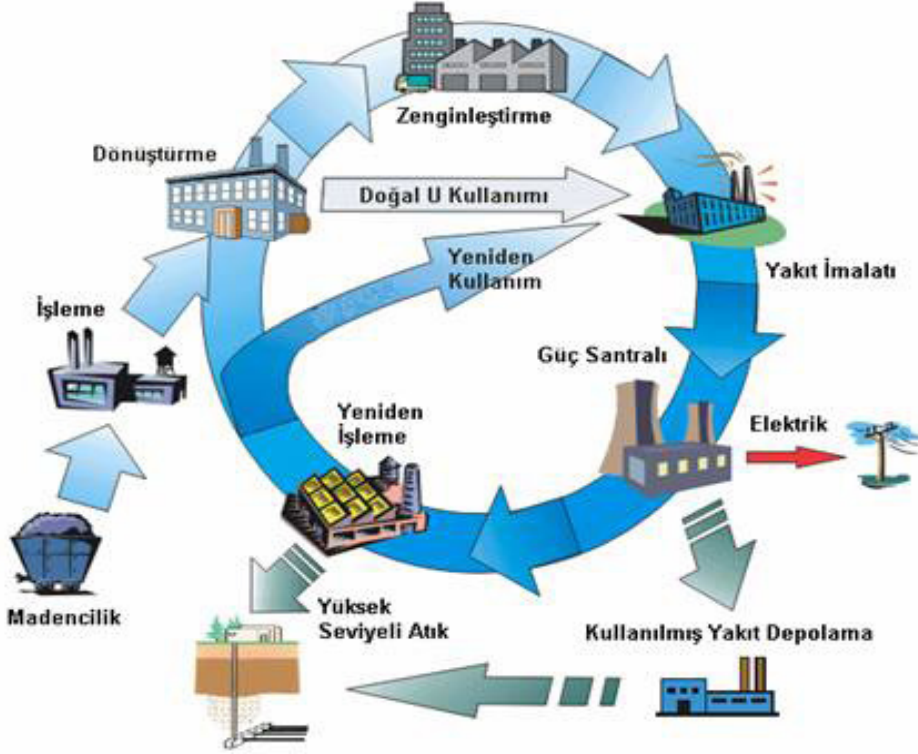
## 2. NÜKLEER SANTRALLERİN YER SEÇİMİ VE YÖNETİMİ

Nükleer tesislerin yer seçiminde, diğer önemli tesislerde olduğu gibi, öncelikle proje alanı ve yakın dolayına ait jeolojik, hidrojeolojik ve jeoteknik çalışmaların yapılmasında yarar vardır. Genel olarak coğrafik konum, nüfus dağılımı, ulaşım, sanayi ve askeri tesislerin uzaklığı gibi mevcut arazi kullanım biçimlerinin yanı sıra yörenin sismik durumu, sıvılaşma, zeminin taşıma gücü, maksimum oturma, yeraltı su tablasının konumu ve hidrolojik özellikleri ile diğer doğal afetlerin bölgedeki potansiyelleri değerlendirilmelidir.

Nükleer Yakıt Döngüsü, hem nükleer enerji üretimi, hem de sonrasında gereken tüm süreçleri içermektedir (Şekil 3). Döngünün nükleer reaktöre kadar olan bölümü doğada



ocak işletmesiyle uranyum üretimi ile başlar ve nükleer yakıtın reaktöre yüklenmeye hazır halde getirilmesiyle son bulur.



Şekil 3. Nükleer Yakıt Döngüsü

<http://www.taek.gov.tr/tr/2016-06-09-00-43-55/135-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/837-bolum-03-nukleer-yakit-cevrimi.html> (10 Mart 2019, saat 10.18).

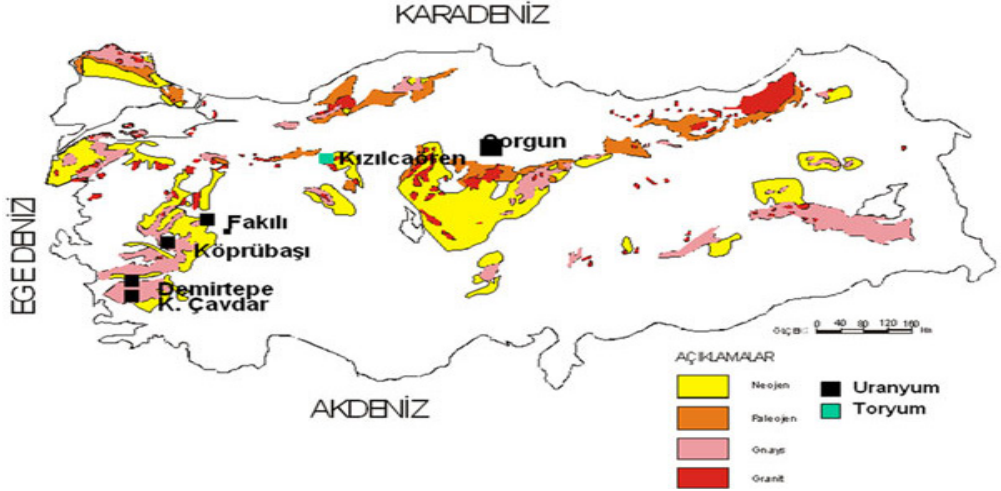
Nükleer yakıt döngüsünün bu bölümü, yani reaktör öncesi bölümü, standarttır. Döngünün reaktörden sonraki kısmı için ise aynısını söylemek mümkün değildir. Bu aşamada önemli belirsizlikler vardır. Nükleer yakıt döngüsünün reaktör sonrası kısmı, kullanılmış nükleer yakıtın reaktörden alınması ile başlar ve bu atıkların bertarafı ile son bulması beklenir. 'Beklenir' demek gerekiyor. Çünkü henüz nükleer teknoloji sahibi ülkeler, kullanılmış nükleer yakıt ile ne yapılması gerektiğine dair genel kabul gören tatmin edici bir karara varamamışlardır (Zabunoğlu, 2015).

Nükleer tesisler, hem tesiste çalışanların, hem de tesisin yakın dolayındaki diğer canlıların oluşacak radyoaktif ortama karşı **güvenlik alanı** gözetilerek tasarlanmalıdır.

Ülkemiz açısından nükleer tesisler değerlendirilirken, mevcut uranyum ve toryum kay-



naklarının potansiyelini de göz önüne almak gerekmektedir. Ülkemizde mevcut uranyum ve toryum yataklarının bağlı olduğu intrusif ve çökel havza dolgularının dağılımı Şekil 4’de görülmektedir. Ülkemizde uranyum yataklarının çoğu sedimanter oluşumlar olup, Neojen yaştlı karasal kumtaşları ve konglomeralardan oluşan istiflerin içinde bulunmaktadır. Köprübaşı, Fakılı, Küçükçavdar ve Sorgun uranyum yatakları sedimanter tip yataklardır. Sadece Demirtepe yatağı damar tipi uranyum yatağı grubundadır.



**Şekil 4.** Türkiye Uranyum ve Toryum yatakları (MTA, 2017).

<https://www.dogadergisi.com/turkiye-uranyum-rezervleri/>

2017 yılı verilerine göre Ülkemizde toplam 12.614 ton uranyum rezervi olduğu belirlenmiştir. MTA, Nevşehir-Avanos-Yeşilöz sahasında uranyum arama çalışmalarına devam etmektedir. Ülkemizin toryum rezervi için MTA tarafından yapılan araştırmalar sonucunda, Eskişehir’e bağlı Sivrihisar ilçesinin kuzey batısında, Kızılcaören, Karkın ve Okçu Köyleri arasında yer alan 15 km<sup>2</sup>’lik bir sahada, toryumun yanı sıra nadir toprak elementleri, barit ve flüorit içeren karmaşık yapıli yataklara rastlanmıştır. 1977 yılında hazırlanan rapora göre söz konusu bölgedeki cevherin ortalama tenörü %0,21 ThO<sub>2</sub>, toplam rezerv yaklaşık 374.000 ton ThO<sub>2</sub> olarak belirlenmiştir (MTA, 2017).

Uranyum zenginleştirme işlemlerinde en yaygın olarak kullanılan yöntemler; gaz difüzyonu, gaz santrifüj ve lazer ayırıştırma yöntemi olarak bilinmektedir. Günümüzde özellikle gaz santrifüj gaz difüzyonu yöntemleri uluslararası standartlarda zenginleştirilmiş uranyum elde etmek için kullanılmaktadır. Lazer ayırıştırma yöntemi ise Ar-Ge aşamasında olup bu konuda pilot çalışmalar yapılmaktadır. Şekil 5’de özel uzmanlık gerektiren bir yapıyı temsil eden uranyum zenginleştirme tesisi görülmektedir.



**Şekil 5.** *Uranyum zenginleştirme tesisi, Fransa (MTA, 2017).*

Dünya’da nükleer tesislerin özellikle ömrünü tamamlamış olanları kapatılmaktadır. Çizelge 1’de hizmetten çıkarma çalışmaları devam eden ya da ömrünü tamamlamış önemli olan bazı nükleer tesislere dair bilgiler görülmektedir.

Çalıştay sırasında nükleer santrallerin yer seçiminde gözetilmesi gereken faktörler ve bu santrallerle ilgili yönetimin planlanmasında gözetilmesi gereken hususlar: Mevcut durumun tanımlanması evresi, Planlama ve hazırlık evresi, Tesislerin tasarımı, inşaat ve işletme evreleri, İşletme sonrası (rehabilitasyon-iyileştirme) evre ayrıntılı olarak irdelenecektir.

Bu evrelerin her birinde toprak, su, hava, gürültü, sosyo-ekonomik ve ekolojik ortamlarda ortaya çıkması olası çevresel etkiler ve bu etkilerin denetiminde gözetilmesi gereken hususlar tartışılacaktır.

**Çizelge 1. Hizmetten Çıkarma Çalışmaları Devam Eden veya Tamamlanmış Bazı Reaktörler**  
<http://www.taek.gov.tr/tr/2016-06-09-00-43-55/135-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/837-bolum-03-nukleer-yakit-cevrimi.html> (10 Mart 2019, saat 10.18).

| Reaktör        | Kapasite (MWe) | Ülke      | Açıklama                                                                                                                                                                                                 |
|----------------|----------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Niederaichbach | 100            | Almanya   | Gaz soğutmalı reaktör 1974'te kapatıldı. Tesis hizmetten çıkarıldı. Saha 1995'te kısıtsız zirai kullanım için serbest bırakıldı.                                                                         |
| Shippingport   | 60             | ABD       | Hafif su soğutmalı üretken reaktör 1982'de kapatıldı. 1989'da saha kısıtsız kullanım için serbest bırakıldı.                                                                                             |
| Trojan         | 1180           | ABD       | PWR 1993'de kapatıldı. Buhar jeneratörleri 1995'te çıkarıldı ve bertaraf edildi. Reaktör kazanı 1999'da söküldü ve bertaraf edildi. Yapılar halen temizlenmekte fakat 2018'e kadar yıkım planlanmamakta. |
| Rancho Seco    | 913            | ABD       | PWR 1989'da kapatıldı. Tesis güvenli depolama şartlarına alındı. 23 Ekim 2009'da saha kısıtsız kullanım için serbest bırakıldı.                                                                          |
| Chinon         | 70/<br>210/480 | Fransa    | Üç gaz soğutmalı santral. Sonuncusu 1990'da kapatıldı. Kısmen söküldü; son söküm 50 sene sonra bırakıldı.                                                                                                |
| Berkeley       | 2x138          | İngiltere | Gaz soğutmalı reaktör 1989'da kapatıldı. Yakıt boşaltılması 1992'de tamamlandı. Tesis uzun bir süredir bakım ve onarım periyodu için hazırlanmakta.                                                      |

Sonuç olarak, nükleer Enerji santrallerinin yer seçimi ve yönetiminde ortaya çıkan teknik sorunlar, yasal açıdan ortaya çıkan sorunlar (Uluslararası ve ulusal mevzuat açısından), eğitimden kaynaklanan sorunların bazıları aşağıda sunulmuştur:

Nükleer santrallerin yer seçimini ve etkileyeceği alanı belirleyen faktörler nelerdir?

Nükleer hammadde üretimi ve zenginleştirilmesi süreçlerinde ortaya çıkması olası çevresel etkilerin denetimi için neler yapılmalıdır?

Nükleer enerji kullanımında ortaya çıkan ve ömürlerini tamamlayamamış radyoaktif atıkların güvenli bir şekilde bertarafı mümkün müdür? Nasıl?

Ülkemizde nükleer santrallerin yönetiminde çalışacak uzmanların, yeterli bilgi ve deneyime sahip olduğu söylenebilir mi?

Nükleer santrallerde alınması gereken "Derinliğine Savunma Stratejisi" gibi güvenlik önlemleri yeterli midir?

Nükleer kazaların öngörülerek denetlenmesi mümkün müdür?

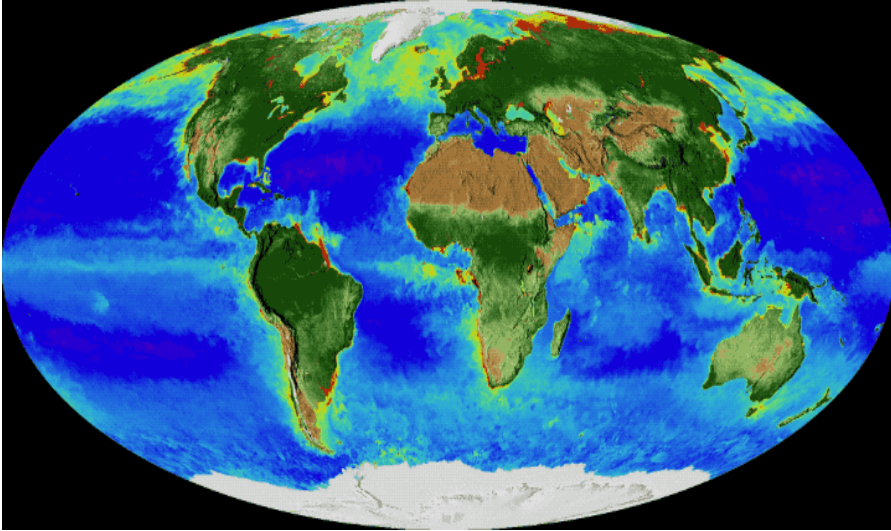
Nükleer enerji, ülkemiz açısından zorunlu bir seçenek mi?

### 3. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YERKÜRE'YE VE ÜLKEMİZE ETKİLERİ

Yer'in iklimin etkileyen başlıca faktörler kıtaların devinimi ve volkanik faaliyetler, güneş radyasyonundaki dalgalanmalar, Yer'in yörüngesindeki değişimler ve canlı yaşamın atmosferin bileşimine etkileridir. Bu faktörler jeolojik geçmişte de Yer'in iklimini etkilemiş, günümüzde de etkilemekte ve gelecekte bu faktörlerin etkileri devam edecektir.

Küresel ısınma, sanayileşme öncesi dönemden (1850 ve 1900 arasında) bu yana Dünya'nın atmosferinde ısınmaya neden olan sera gazı seviyelerini artıran insan faaliyetleri ve fosil yakıtlar nedeniyle Dünya iklim sisteminin uzun vadede ısınmasıdır. Küresel ısınma, iklim değişikliği terimi ile sık sık birbirinin yerine kullanılır. Oysa iklim değişikliği, hem insan hem de doğal olarak oluşan değişimi ve gezegenimiz üzerindeki etkilerine işaret eder. Küresel sıcaklık, Dünya'nın küresel yüzey sıcaklığındaki ortalama artış olarak tanımlanır.

Yer'in jeolojik tarihi gözden geçirildiğinde iki önemli sonuçla karşı karşıya olduğumuzu açıkça görebiliyoruz: 1- Jeolojik geçmişte, günümüzden çok daha sıcak ve çok daha soğuk dönemlerin yaşandığı ve yaşamın da iklim koşullarının denetiminde şekillendiği açıkça görülmektedir. 2- Günümüzdeki küresel ısınmadan da bizzat insanın kendisi sorumludur. Şekil 6'da NASA'nın yayınladığı videodan alınan görüntüde, Dünya'daki dramatik iklim değişikliği açıkça görülmektedir. Şekil 7'de ise, uydudan çekilen başka bir görüntüye göre ülkemizin de risk altında olduğu görülmektedir.



**Şekil 6.** NASA'nın Yayınladığı Video Dünya'daki Dramatik İklim Değişikliğini Gözler Önüne Seriyor

<http://ekolojist.net/nasanin-yayinladigi-video-dunyadaki-dramatik-iklim-degisikligi-ni-gozler-onune-seriyor/>



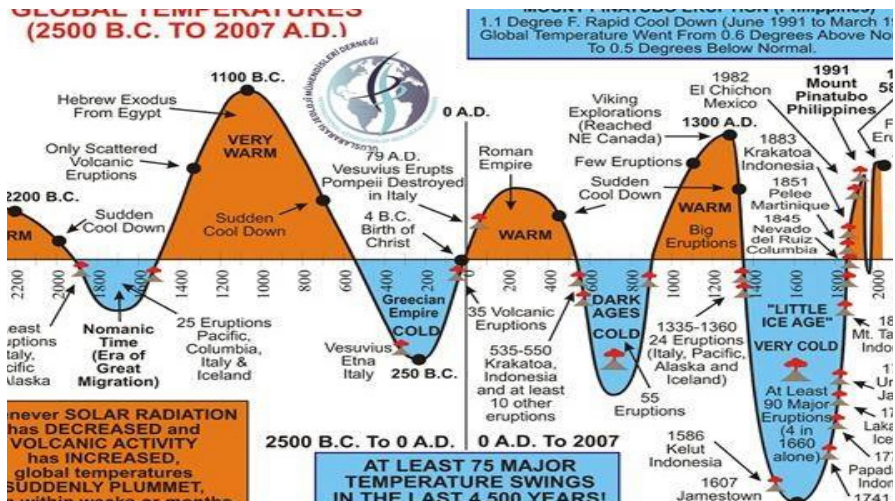


**Şekil 7.** Uydudan çekilen ve daha yakında başka bir görüntü

<https://www.facebook.com/KitapKoyu/photos>

/a.316817798488361/1204653993038066/?type=3&theater (04 Haziran 2019, saat 09.25).

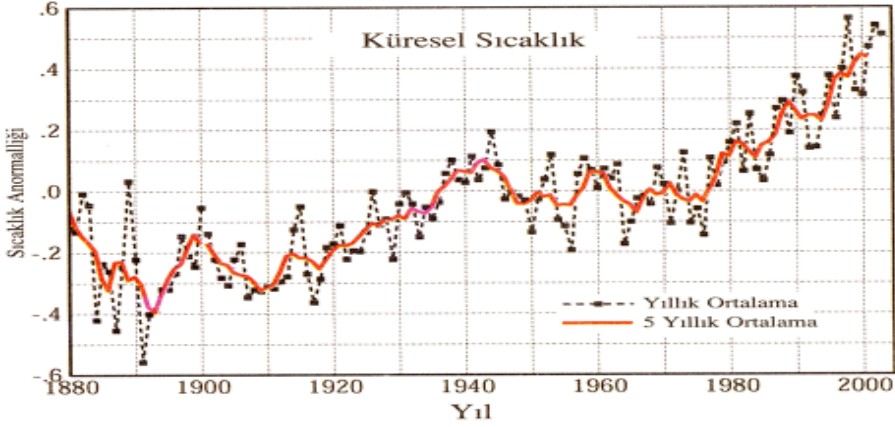
Şekil 8’de ise, M.Ö. 2500 yılı ile M.S.2007 yılı arasındaki küresel sıcaklık salınımları görülmektedir. Buna göre, güneş radyasyonunun azaldığı ve volkanik etkinliğin arttığı dönemlerde sıcaklıklar aniden düşmektedir.



**Şekil 8. M.Ö. 2500 yılı ile M.S.2007 yılı arasındaki küresel sıcaklık salınımları.**

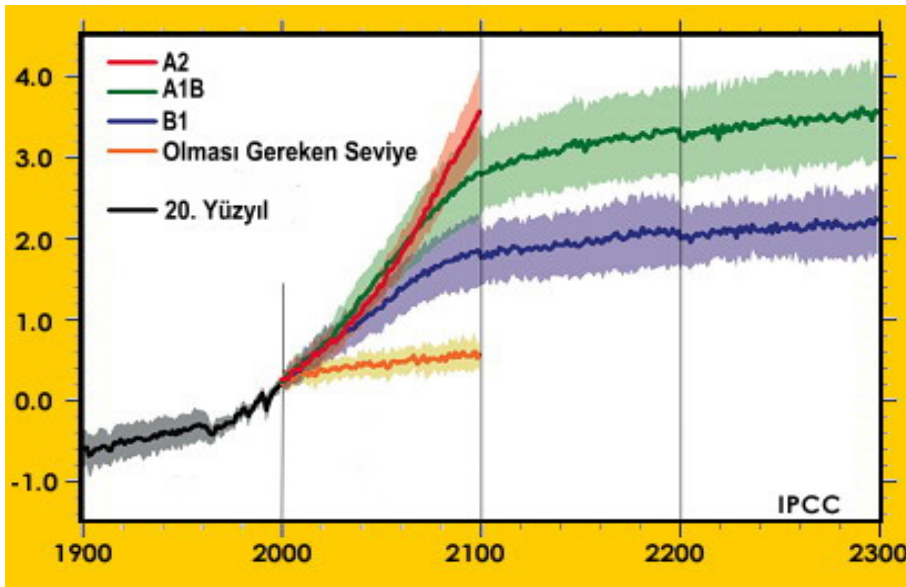
(<https://www.nativevillage.org/Messages%20from%20the%20People/Global%20Temperatures.htm>).

Özellikle Güneydoğu Anadolu ve Konya yöresinin etkileneceği göz ardı edilmemelidir. Küresel ısınmaya yol açan bir durumla karşılaşılırsa nelerin yapılması gerektiği önemli bir sorundur. Sanayi devrimiyle birlikte oluşan 5 yıllık küresel ortalama sıcaklık değişikliği Şekil 9'da görülmektedir. Bu sıcaklık artışının doğrudan beşeri faaliyetlerin ürünü olduğu genel kabul görmektedir.



**Şekil 9.** Sanayi devrimiyle birlikte oluşan küresel ortalama sıcaklık değişikliği (<http://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=19>; 30 Temmuz 2019, saat 10.55).

Şekil 10'da geleceğe yönelik senaryolar; Şekil 11'da ise kötü senaryolara yönelik küresel ısınmaya yol açan beşeri faaliyetlere dair bir tepkinin dışa vurumu yansıtılmıştır. Kötü senaryoların yaşanmaması için, fosil yakıtların kullanımının mutlaka sınırlandırılması gerektiği önerilmektedir.



**Şekil 10. Gelecekteki iklim senaryoları**

(<https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=19>; 30 Temmuz 2019, saat 10.45).



**Şekil 11.** Dünya’da binlerce öğrenci iklim değişikliği protestoları için okula gitmedi.

<https://www.gazeteduvar.com.tr/dunya/2018.12/01/avustralyada-ogrenciler-iklim-degisikligi-eylemi-icin-okulu-kirdi/>

Ülkemiz açısından bir durum değerlendirmesi yapıldığında önemli bazı sorunlarla karşı karşıya olduğumuzu söyleyebiliriz. NASA'ya göre 'Türkiye son 900 yılın en kötü kuraklığını yaşıyor'

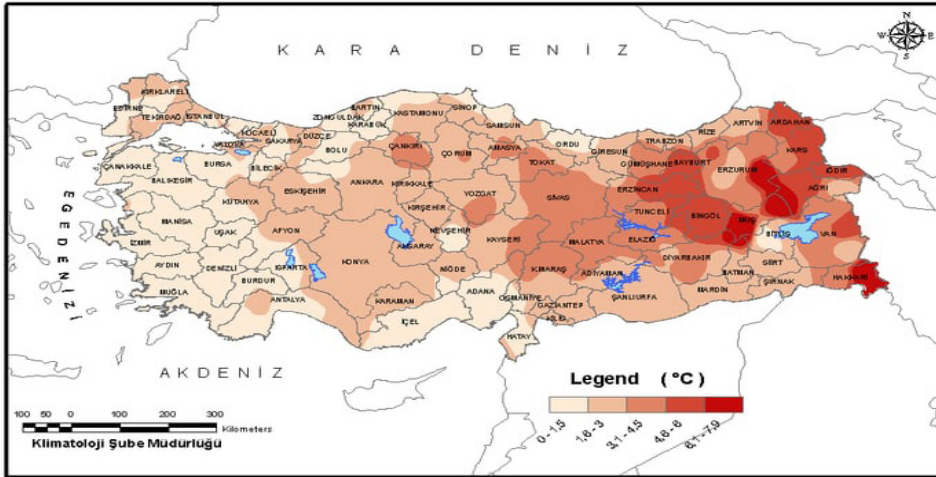


(<https://onedio.com/haber/nasa-turkiye-son-900-yilin-en-kotu-kurakligini-yasiyor-685740>).

30 Temmuz 2019, saat 10.25). Örneğin Şekil 12'de de görüldüğü gibi 2018 yılı Ocak ayında bir bahar havasının yaşanması ve aylık sıcaklık ortalamasının *2.1 OC'nin üstünde* olması bir iyiliğe kanıt değildir.

Çalıştay sırasında, küresel iklim değişikliklerinin jeolojik tarihi ve sonuçları, günümüzdeki küresel ısınmayı tetikleyen unsurlar ve nedenleri, Küresel ısınmanın Yerküre'ye ve ülkemize olası etkileri ve olası sonuçları, Küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini denetlemek üzere alınması gereken önlemler ele alınacaktır.

**Küresel ısınma, çok tartışmalı bir konudur. Zamanla, tartışmalar politikadan soyutlanıp daha bilimsel bir temele oturacak ve gerçeği göreceğiz. İnsanlık tarihinde her zaman akıl ve bilim kazanmıştır.**



**Şekil 12. 2018 yılı Ocak ayı, sıcaklık normalin 2.1 °C'nin üstünde**

(<https://www.yesilist.com/wp-content/uploads/2018/02/2018-Ocak-%C3%9CTrkiye-so-cakl%C4%B1k.jpg>; 23 Ağustos 2019, saat 10.50).



## ÇALIŞTAYIN AMACI VE GEREKÇESİ

Yukarıda sunulan her üç konu, belki de günümüzde en çok tartışılan ve bilgi kirliliği olan konulardır. Ayrıca, bu konular, her gün yeni bir gelişmeye de gebe olup, söz konusu konuları da içeren daha geniş tartışma alanları da vardır. Örneğin Dünya'nın ve ülkemizin enerji güvenliği ve enerji politikası çeşitli yönleri ile tartışılabilir. Ayrıca, daha ileri evrelerde bu konular da irdelenecektir.

Ancak, tartışmanın düzeyi ne olursa olsun sorunların ilk yansıyacağı alan YER'dir, jeolojik ortamdır. Her değişim, jeolojik ortamda başlar. Bu çerçevede, Çevre Jeolojisi'nin ayırt edici diğer bir gerçeğini, tekrar vurgulamakta yarar vardır. Çevre Jeolojisi, ana mirasını jeoloji biliminden almakla birlikte, çok disiplinli bir çaba gerektirmektedir. Bu açıdan bakıldığında, çevre jeolojisi, temel bilimlerin, sosyal bilimlerin, sağlık bilimlerinin ve çeşitli mühendislik alanlarının kavşağında yer aldığı görülmektedir. İşte bu duyarlılıkla, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, konularında uzman olan çeşitli disiplinlerdeki araştırmacıları bir araya getirerek, çevre jeolojisinin çevrenin korunmasına olan katkısını görünür hale getirme ve paylaşma konusunda, sorumluluğunu yerine getirme çabasıyla **II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı'nı** düzenlemiştir.

Çalıştayı genel amacı, doğanın ve çevrenin korunmasını gözeterek ülkenin gelişmesine ve refahına katkıda bulunmaktır. Bunu yaparken, enerji arz güvenliği, ülkenin enerji açısından dışa bağımlılığı, uluslararası yarışı ve tüm bunların ülke için önemini göz ardı etmeden tartışmaktır.

Yani, yukarıda sunulan her üç konuyu tüm boyutlarıyla dengeli bir şekilde irdelerken, toplumun da ilgili konulara objektif ve bilimsel bir şekilde bilgilendirilmesine katkıda bulunulmalıdır. Seçilen konulara, ülkenin enerji politikaları ve geleceği açısından bakıldığında, seçilen bu konuların birbiriyle örtüşen hususları da kapsadığı görülmektedir. Dolayısıyla söz konusu konulara farklı ve bütünsel açıdan da bakabilme olanağını da yakalama şansı vardır. Böylece bilgiye dayalı, gerçekçi ve akılcı değerlendirmelerin önünü açarak, seçilen konulara yönelik yeni arayışları da ortaya koymak mümkündür. Bu çerçevede, çalıştaya katılarak bilgilerini paylaşan tüm katılımcılara teşekkür ediyoruz.

## SONUÇ BİLDİRGESİ

Çevre Jeolojisi'nin temel amacı, çalıştay sonundaki kazanımları, tüm yönleri ile öncelikle katılımcılarla, yetkili olan makamlarla ve halkımızla paylaşarak geleceğe taşımaktır.

II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı'nda, yukarıda sunulan her üç konuda, yapılacak tartışmaların çevrenin korunmasına katkısını tanımlayan; gelecekte de daha ayrıntılı olarak ele alınacak konuları belirleyen ve bundan sonra yapılacak çalışmaların önünü açan, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası'nın çevre mevzuatında yararlanabileceği bir kaynak oluşturan **temel bilgiler** ortaya koymaktır. **Sonuç Bildirgesi** basın ve kamuoyu ile paylaşıldı. **II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı Sonuç Raporu** ise ayrıntılı olarak hizmete sunuldu.

## KAYNAKLAR

- Adair, M.J., 1979. Geologic evaluation of a site for nuclear power plant, Reviews in Engineering Geology, vol. IV, Geology Society of America.
- Akoğlu, A., 2011, Nükleer Santraller ve Güvenlik. Tubitak Bilim ve Teknik, 521, 32-36.
- Attenborough, D., 1979,. Life on Earth. Oxford University Press, London, 399 pp.
- Canter, L.W., 1977, Environmental Impact Assessment; McGraw-Hill Book Company, New York, USA, 331s.
- CBT, 2015, Türkiye’ de nükleer enerjiye temel itirazlar. Cumhuriyet Bilim Teknoloji, sayı 1474, s. 18,
- Chumakov, N. M.,2001. General tendency of the Earth’s climate changes during the past 3 billion years. Reports of the Russian Academy of Sciences, 381 (5), 652-655.
- Chumakov,N. M., 2004. Glacial and interglacial climate in Precambrian. In:Climate during Global Biosphere Changes. Nauka, Moscow, 299 pp.
- Çakmak, M., 2013, Termik santrallerde bilimsen destekli çevresel etki belirleme ve değerlendirmeler. Uluslararası Çevresel Etki Değerlendirmesi Kongresi, Bildiriler Kitabı, TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü, Ankara. s. 279- 286.
- ÇED Yönetmeliği, 2014, Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği, 25 Kasım 2014 tarih ve 29186 sayılı Resmi Gazete.
- Gore, A., 1993. Küresel Denge, Ekoloji ve İnsan Ruhu. Promat Basın ve Yayın San. Ve Tic. A.Ş., Sabah Yayınları, İstanbul, 368s.
- <http://ekolojist.net/nasanin-yayinladigi-video-dunyadaki-dramatik-iklim-degisikligini-gozler-onune-seriyor/>
- <http://www.bilgiustam.com>
- <http://www.cografta.harita.com>
- <http://www.hurriyet.com.tr>
- <http://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/2012-yagisdegerlendirmesi>).
- [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=12619](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=12619)
- <http://www.nrel.gov.tr>
- <http://www.taek.gov.tr/tr/2016-06-09-00-43-55/135-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/837-bolum-03-nukleer-yakit-cevrimi.html> (10 Mart 2019, saat 10.18).
- <http://www.wikipedia.org>
- <https://yandex.com.tr>
- <http://www.diken.com.tr/arka-bahcenizde-termik-santral-hayal-edin-catalagzina-hosgeldiniz/>
- <https://www.dogadergisi.com/turkiye-uranyum-rezervleri/>
- <https://www.facebook.com/KitapKoyu/photos/a.316817798488361/1204653993038066/?type=3&theter> (04 Haziran 2019, saat 09.25).
- <https://www.gazeteduvar.com.tr/dunya/2018.12/01/avustralyada-ogrenciler-iklim-degisikligi-eylemi-icin-okulu-kirdi/>
- <https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=19;30> Temmuz 2019, saat 10.45
- <https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiyegir.aspx?s=19;30> Temmuz 2019, saat 10.55).
- <https://www.nativevillage.org/Messages%20from%20the%20People/Global%20Temperatures.htm>
- <https://www.yesilist.com/wp-content/uploads/2018/02/2018-Ocak-%C3%9CTrkiye-socakl%C4%B1k.jpg>; 23 Ağustos 2019, saat 10.50
- <https://www.youtube.com>
- Kakaç, S., 2005, Küresel Isınma ve Nükleer Enerji: Günce, Türkiye Bilimler Akademisi Yayını, 32, 11- 13.

- Kellermeyer, D. A., 1980, Climate and energy: a comparative assessment of the Satellite Power System (SPS) and alternative energy technologies. <http://adsabs.harvard.edu/abs/1980STIN.8030914K>; 1980 [accessed March 2009].
- McKinney, M.L., Schoch, R.M. ve Yonnavjak, L., 2007, *Environmental Science, Systems and Solutions, Forth Edition, Jones and Bartlett Publishers, Boston, USA, 642 s.*
- MTA, 1994, Mineraller, Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü yayınları, Ankara.
- MTA, 2017. Dünyada ve Türkiye’de Uranyum ve Toryum. Fizibilite etütleri Dairesi Başkanlığı, Maden serisi, no. 3, Ankara, 29 s.
- NREL, 2012, National Renewable Energy Laboratory (NREL). <http://www.nrel.gov.tr/> ‘den.
- Ocak, K., Özaydın, S. ve Saraçoğlu, E., 2013. Kömürlü Termik Santraller ve Çevresel Etkileri. Uluslararası Çevresel Etki Değerlendirmesi Kongresi, Bildiriler Kitabı, TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü, Ankara. s. 331-339.
- Oksay, R., 2011, Japonya’ nın Nükleer Felaketle İmtihani, Cumhuriyet Bilim ve Teknoloji, 25 Mart 2011, 1253, s. 6-7.
- Özsayın, S., 2013, Enerji alternatiflerinin çevre ile etkileşimi. Uluslararası Çevresel Etki Değerlendirmesi Kongresi, Bildiriler Kitabı, TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 287- 299.
- Robinson, A. B., Baliunas, S. L., Soon, W., and Robinson, Z. W. (1998). Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide. 8 pp; [info@oism.org](mailto:info@oism.org); [info@marshall.org](mailto:info@marshall.org).
- RSHM ve ATİT, 2000, Küresel Çevre Problemleri; Sera Etkisi, Ozon tabakasının parçalanması ve Ormanların tahribatı: Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi (RSHM) ve Alman Teknik İşbirliği Teşkilatı (ATİT) yayını, Ankara, 149s.
- Schwarz, N., Bauer, A. ve Haase, D., 2011, Assessing climate impacts of planning policies- An estimation for the urban region of Leipzig (Germany). Environmental Impact Assessment Review 31, 97–111.
- Smith, J.B. ve Tirpak, D.A., 1989, Potential effects of global climate change on the United States. Report to congress, Technical report EPA-230-050-89-050. Washington DC (USA).Environmental Protection Agency, Office of Research and Development (eds).  
[http://www.epa.gov/climatechange/effects/downloads/potential\\_effects.pdf](http://www.epa.gov/climatechange/effects/downloads/potential_effects.pdf).
- Sorokhtin, O. G., 1974. The Global Evolution of Earth. Nauka, Moscow, 184 pp.
- Sorokhtin, O. G., St Sorokhtin, N. O., 2002. Origin and evolution of the Earth’s atmosphere. Heralid Russian Academy of Natural Sciences, 2 (3), 6-18.
- Sorokhtin, O. G., and Ushakov, S. A., 1991. Global Evolution of Earth. Moscow University, Moscow, 446 pp.
- Sorokhtin, O. G., and Ushakov, S. A., 2002. Development of Earth. Moscow University, Moscow, 559s.
- Sorokhtin, O. G., Chilingar, G. V., and Khilyuk L. F., 2007. Global Warming and Global Cooling Evolution of Climate on Earth. Elsevier, Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands Linacre, Hause, Jordon Hill, Oxford OX2 8DP, UK.
- Storch, V.H., Zorita, E. ve Cubasch, U., 1992, Downscaling of global climate change to regional scales: an application to Iberian rainfall in wintertime. Journal of Climate, American Meteorological Society; 6, 1161-1171.
- Wikipedia, 2010, [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Global\\_Temperature\\_Anomaly\\_\(Fig.A\).gif](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Global_Temperature_Anomaly_(Fig.A).gif)  
[www.cografyaharita.com](http://www.cografyaharita.com)
- Yılmaz, A., 2008a, Çevre Jeolojisi, CÜ Mühendislik Fakültesi yayın no.107, Sivas, 379 s.
- Yılmaz, A., 2008b, Çevresel Etki Değerlendirmesi, CÜ Mühendislik Fakültesi yayın no.110, Sivas, 275 s.
- Yılmaz, A., 2009a, Çevre Jeotekniği, CÜ Mühendislik Fakültesi yayın no.116, Sivas, 276 s.
- Yılmaz, A., 2009b, Çevre Kaynakları, CÜ Mühendislik Fakültesi yayın no.117, Sivas, 348 s.

Yüksel, Ü. D. ve Baştanlar, D., 2013, Çevresel Etki Değerlendirme Sürecinde Peyzaj Onarım Planları. Uluslararası Çevresel Etki Değerlendirmesi Kongresi, Bildiriler Kitabı, TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 555- 567.

## ÖZGEÇMİŞ

**Prof. Dr. Ali YILMAZ** 1948 yılında Diyarbakır'ın Dicle ilçesinin Bozoba köyünde doğdu. Köyün İlkokulu'ndan sonra, 1960-1966 yılları arasında orta öğrenimine Dicle İlk Öğretmen Okulu'nda başladı ve Ankara Yüksek Öğretmen Okulu Hazırlık Lisesi'nde tamamladı. 1970 yılında Ankara Yüksek Öğretmen Okulu'ndan ve Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek lisans çalışmaları sırasında, 1971 yılında MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi'nde çalışmaya başladı. MTA'da çalışırken, 1980 yılında doktora çalışmasını tamamladı. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, Jeoloji Mühendisliği, Yeryuvarı ve İnsan dergilerinin yazı inceleme ve bilimsel kurullarında çalıştı. 1987 yılında Ankara Üniversitesi'nde doçent oldu. 09 /12 /1998 tarihinde Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı'na profesör olarak atandı. 1998-2007 yılları arasında Çevre Mühendisliği Bölüm başkanlığını yaptı. Çeşitli ulusal ve uluslararası bilimsel toplantıları yönetti. Yayın, rapor, derleme ve seminer çalışmaları türlerinde yaklaşık 100'ün üzerinde çalışması vardır. 19 Şubat 2015 tarihinde yaş haddinden emekli oldu. Halen, TMMOB'nin ve Jeoloji Mühendisleri Odası'nın çevre ile ilgili kurullarında çalışmalarını sürdürmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır. Daha ayrıntılı bilgi için: <http://www.profdraliyilmaz.com>



# 1

## TERMİK SANTRALLERİN YER SEÇİMİ VE YÖNETİMİ

Eş başkanlar: Oğuz TÜRKYILMAZ, Orhan AYTAÇ İlker ŞENGÜLER

Yazmanlar: Rıza SOYPAK, Paşa ALEMDAR

---





## 1. TERMİK SANTRALLER ÇALIŞMA GRUBU PROGRAMI

**Eş başkanlar:** Oğuz TÜRKYILMAZ, Orhan AYTAÇ ve İlker ŞENGÜLER  
**Yazmanlar:** Rıza SOYPAK ve Paşa ALEMDAR

### 1. GÜN (1 KASIM 2019)

#### 13.30-15.30 SUNUMLARI

|             |                                                                                                                                  |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13.30-14.00 | Termik Santrallere Dair Açılış Konuşmaları<br><b>Oğuz TÜRKYILMAZ, Orhan AYTAÇ ve İlker ŞENGÜLER</b>                              |
| 14.00-14.30 | Termik Santrallerin Yer Seçimi ve Çevreye Etkileri<br><b>İsmail SALICI</b>                                                       |
| 14.30-15.00 | Termik Santrallerin Yer Seçiminde ve Yönetiminde Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Önerileri<br><b>Tevfik Fikret TEKİN ve Ali YILMAZ</b> |
| 15.00-15.30 | Kömür Santralleri ve Çevresel Etkileri,<br><b>Handan DÖNMEZ ve Nilgün ERCAN</b>                                                  |

#### 15.30-15.45 Kahve Arası

#### 15.45-18.00 SUNUMLARI

|             |                                                                                                                    |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15.45-16.15 | Türkiye’de Kömürlü Termik Santraller ve Çevre Teknolojileri<br><b>Muzaffer BAŞARAN</b>                             |
| 16.15-16.45 | Türkiye’de Kömürlü Termik Santrallerin Hava Kirliliği Emisyonları ve Sağlık Etkileri<br><b>Funda GACAL</b>         |
| 16.45-17.15 | Ülkemizde Kömür Yatırımları ve Hidrojeolojik Sistemin Karşılıklı Etkileri<br><b>Özlem KATISÖZ ve Kübra AYÇİÇEK</b> |
| 17.15-18.00 | Termik Santral Planlamasında Gerekli ÇED Raporunun CBS ile Hazırlanması: Eskişehir-Alpu Örneği<br><b>Can AYDAY</b> |

#### 19.00 Akşam Yemeği

**2. GÜN (2 KASIM 2019)****09.30-11.00 SORUNLARI:**

- Termik santrallerin yer seçiminde gözetilmesi gereken zorunlu faktörler nelerdir? Termik santrallerin etkileyeceği alanın boyutlarını belirleyen faktörler nelerdir?
- Ülkemizde enerji politikalarının oluşturulmasında doğal ve sosyal çevre dikkate alınıyor mu, fayda/maliyet analizi yapılıyor mu, toplumsal yarar gözetiliyor mu?
- Mevcut termik santrallerden üretilen enerji, ülkemiz açısından zorunlu bir seçenek mi?

**11.00-11.30**

Kahve Arası

**11.30-12.30 SORUNLAR II:**

- Ülkemizde geçerli olan mevzuat yeterli mi, toplum çıkarlarını esas alıyor mu? Mevzuata uyuluyor mu, tesisler denetleniyor mu?
- Ülkemizde termik santrallerin yönetiminde işletmeci firma yetkililerinin ve çalışan personelin, yeterli bilgiye, deneyime ve çevre duyarlılığına sahip olduğu söylenebilir mi?
- Termik santrallerin olumsuz etkilerinin azaltıldığı, daha iyi bir gelecek için yapılması gerekenler nelerdir? Bu konuda bizler (gerek kişiler, gerekse toplumsal örgütler olarak) ne yapmalıyız?

**12.30-13.30**

Öğle yemeği

**13.30-15.30 SONUÇLARIN BELİRLENMESİ OTURUMU:**

- Termik Santraller için ülkede mevcut duruma dair değerlendirmeler ışığında 'Sonuç Bildirgesi'nde yer almasında yarar görülen bilgilerin rapor haline getirilmesi ve 'ÖZET'in düzenleme kurulu sekreteryasına teslim edilmesi,

**15.30-16.00**

Kahve Arası

**16.30-18.00**

Çalışma gruplarının sunumları ve Sonuç Bildirgesi'nin okunması

**18.00****KAPANIŞ**

## 1-TERMİK SANTRALLER ÇALIŞMA GRUBU OTURUMU AÇILIŞ KONUŞMASI

**Orhan AYTAÇ**, *Termik Santraller Grubu Eş Başkanı.*

orh.aytac@gmail.com

Enerjiden yararlanmak modern çağın gereği ve vaz geçilmez bir insan hakkıdır. Enerji kaynaklarının değerlendirmesinden başlayarak üretim, iletim, dağıtım aşamalarında toplum çıkarlarının gözetilmesi, bütün bu süreçlerde çevreye, iklime ve doğaya olumsuz etkilerin asgari düzeyde tutulması gereklidir. Bu ölçüt, enerji ile ilgili tüm faaliyetlerde geçerli olmalıdır. Enerjinin tüm tüketicilere yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve güvenilir bir şekilde bu bakış açısı ile sunulması, temel bir enerji politikası olmak zorundadır.

Ancak, Türkiye, özellikle son dönemlerde enerji ihtiyacını esas olarak yeni enerji arzıyla karşılamaya çalışan, plansız ve özel sermaye çıkarlarını gözetten bir politika izlemiştir. İletim ve dağıtımdaki kayıplar ve nihai sektörlerde yer yer %50'nin üzerine çıkabilen enerji tasarrufu imkânları göz ardı edilmiştir. Enerji ihtiyacını karşılamak üzere genelde ithal enerji kaynağı kullanılmış, fosil kaynaklı ve ithalata dayalı yüksek maliyetli yatırımlar yapılmış, bir taraftan enerjideki dışa bağımlılık ciddi boyutlara ulaşırken diğer taraftan elektrikte arz fazlası oluşmuş, yatırımlar atıl kalmıştır. Bu gidişe “dur” denilmelidir.

Günümüzde, elektrik enerjisi insan yaşamının zorunlu bir ihtiyacı, ortak bir gereksinim olarak toplumsal yapının vazgeçilmez bir ögesidir. Bu nedenle, elektrik enerjisi faaliyetleri toplum çıkarının gözetilmesi gereken bir kamu hizmetidir.

Enerji kaynaklarının çıkarılması, değerlendirilmesi, iletilmesi ve dağıtımı, toplum çıkarını gözetten kamusal bir planlama dâhilinde gerçekleştirilmelidir.

Planlama çalışmalarına; kültür ve tabiat varlıklarını koruyan, çevresel ve sosyal etkileri itibarıyla sorunsuz, bireysel ve toplumsal haklara karşı saygılı, gelecek yılları ipotek altına almayan, özelleştirme/taşeronlaştırma ve iş güvencesinden yoksun çalışma koşullarından arınmış, toplumsal yararı gözetten ve yeniden etkin kamu varlığını öngören bir anlayış egemen olmalıdır.

Termik santraller de bu bakış açısıyla ele alınmalıdır.

### DIŞA BAĞIMLI, FOSİL KAYNAK ESASLI

Birincil enerji tüketimi 2017 yılında dünya genelinde 13.972 Mtep ve ülkemizde 145 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Türkiye tüketimi dünya toplamının %1,04'üdür. Birincil enerji tüketiminin kaynaklar bazında dağılımı Çizelge 1'de verilmiştir. Tablodan fosil kaynak kullanım oranının dünyada %80,82 iken ülkemizde %88,11 olduğu görülmektedir. Enerji arzı dünya genelinde ve ülkemizde fosil kaynak esaslıdır.

Çizelge 1: Birincil Enerji Tüketimi Kaynaklar Bazında (MilyonTep; %), 2017.

| Kaynak              | Dünya (*)       |             |             | Türkiye (**) |             |             |
|---------------------|-----------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
|                     | Mtep            | Oran        | Oran        | Mtep         | Oran        | Oran        |
| Petrol              | 4.435,0         | 31,7%       |             | 44,28        | 30,5%       |             |
| Kömür               | 3.750,0         | 26,8%       | 80,82%      | 39,44        | 27,1%       | 88,11%      |
| Doğal Gaz           | 3.107,0         | 22,2%       |             | 44,30        | 30,5%       |             |
| Diğer Yenilenebilir | 981,0           | 7,0%        |             |              |             |             |
| Odun vb             | 658,0           | 4,7%        | 14,3%       | 12,3         | 8,5%        | 11,9%       |
| Hidrolik            | 353,0           | 2,5%        |             | 5,0          | 3,4%        |             |
| Nükleer             | 688,0           | 4,9%        | 4,92%       |              | 0,0%        | 0,00%       |
| <b>Toplam</b>       | <b>13.972,0</b> | <b>100%</b> | <b>100%</b> | <b>145,3</b> | <b>100%</b> | <b>100%</b> |

(\*) World Energy Outlook 2019, IEA

(\*\*) ETKB-EİGM, Son güncelleme 15.11.2018; Erişim tarihi 24.11.2018

ETBK 2017 yılı Ulusal Enerji Denge Tabloları ve EPDK 2017 Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporları verileri kullanılarak yapılan hesaplama göre ülkemizin 145 Mtep'lik birincil enerji arzının %75,7'sinin ithal kaynaklardan sağlanmaktadır. Rusya'nın payı %27,8 ile yerli kaynaklardan daha fazladır. İthalatta ikinci ülke %13,4 ile İran, üçüncü ise %6,2 ile Kolombiya, olmuştur. Ardından %5,1 ile Irak, %3,6 ile Azerbaycan, %2,5 ile Cezayir ve Hindistan, Nijerya %0,7 gelmektedir. Diğer ülkelerin payı %12,2 olarak gerçekleşmiştir. Görüldüğü gibi ülkemiz enerji arzında dışa bağıdır ve az sayıda ülkenin payı çok yüksektir. Bu bağımlılık azaltılmaya ve tedarikçi ülkeler çeşitlendirilmeye çalışılmalıdır.

Elektrik üretiminde de benzer bir görünüm vardır. Çizelge 2'de 2018 yılında elektrik üretiminde fosil kaynak kullanımının dünyada %64,20 Türkiye'de %67,67 olduğu görülmektedir. 2019 yılının ilk 8 ayında meteorolojik koşullar hidroelektrik santrallerin çok yüksek kapasitede üretim yapmalarını sağlamış ve Ağustos sonu verilerine göre fosil kaynakların payı %51,59'da kalmıştır. Ancak bu oran meteorolojik koşullara bağlı olup, fosil yakıtlara bağımlılığın kalıcı olarak azaldığı anlamına gelmemektedir.

Çizelge 2. Kaynaklar Bazında Elektrik Üretimi

| Kaynak                 | Dünya, 2018 (*) |             |             | Türkiye, 2018 (**) |             |             | Türkiye, Ağustos 2019 (**) |             |             |
|------------------------|-----------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|
|                        | Üretim (TWh)    | Oran        | Oran        | Üretim (TWh)       | Oran        | Oran        | Üretim (TWh)               | Oran        | Oran        |
| Kömür                  | 10.100,5        | 38,0%       |             | 111,82             | 37,2%       |             | 69,97                      | 34,6%       |             |
| Doğal Gaz              | 6.182,8         | 23,2%       | 64,20%      | 90,23              | 30,0%       | 67,67%      | 33,62                      | 16,6%       | 51,59%      |
| Petrol                 | 802,8           | 3,0%        |             | 1,43               | 0,5%        |             | 0,75                       | 0,4%        |             |
| Hidrolik               | 4.193,1         | 15,8%       |             | 59,75              | 19,9%       |             | 68,28                      | 33,8%       |             |
| Yenilenebilir ve Diğer | 2.634,2         | 9,9%        | 25,65%      | 37,48              | 12,5%       | 32,33%      | 29,65                      | 14,7%       | 48,41%      |
| Nükleer                | 2.701,4         | 10,1%       | 10,15%      | 0,00               | 0,0%        | 0,00%       | 0,00                       | 0,0%        | 0,00%       |
| <b>Toplam</b>          | <b>26.614,8</b> | <b>100%</b> | <b>100%</b> | <b>300,7</b>       | <b>100%</b> | <b>100%</b> | <b>202,3</b>               | <b>100%</b> | <b>100%</b> |

(\*) BP Statistical Review Of World Energy 2019, Geçici Değerler

(\*\*) TEİAŞ

## AŞIRI TALEP TAHMİNLERİ, ARZ FAZLASI, ATIL YATIRIMLAR

Ülkemizde enerji yönetiminin yapılan ileriye dönük talep tahminleri, projeksiyonları uzun dönemden beri sorunludur. Pembe gözlüklerle yüksek kalkınma hızları öngörülmüş, elektrik talebinin kalkınma hızından daha fazla artacağı varsayılmış, böylelikle resmi belgelerde çok aşırı talep tahminleri yayımlanmıştır.

Enerji Tabi Kaynaklar Bakanlığı, TEİAŞ, EPDK kaynaklı bu çalışmalardan yola çıkılarak hazırlanan kalkınma planlarında:

- 1996-2000 dönemi için hazırlanan 7. Kalkınma Planında 2001 yılı elektrik tüketim hedefi 120.000-130.000 GWh olarak verilmiş, gerçekleşme 124.922 GWh olmuştur.
- 2001-2005 dönemi planında 2005 yılı için 195.000 GWh hedeflenmiş, tüketim %17 sapma ile 161.956 GWh'ta kalmıştır
- 9. Kalkınma Planında (2009-2013) 2013 yılı için 295.500 GWh öngörülmüş, tüketim 240.154 GWh olarak gerçekleşmiş, sapma %19 olmuştur
- 2014-2018 dönemine ait 10. planda 2018 için 341.000 GWh hedef alınmış, ancak gerçekleşme %12 sapma ile 300.717 GWh'ta kalmıştır

2019-2023 dönemini kapsayan 11. Kalkınma Planında ise daha başlangıçtaki 2019 yılı için 375.800 GWh hedeflenmiş olmasına rağmen, Ağustos sonuna kadarki tüketim dikkate alındığında yılsonu tüketiminin 300.000 GWh civarında olacağı görülmektedir. Bu durumda hedeften yaklaşık %20 sapma olacaktır. yıllardan beri her çeşit elektrik üretim tesisinin yapımı özendirilmiş, desteklenmiş ve bunun sonucunda aşırı talep tahminlerinin de etkisiyle, plan hedeflerinden sapmaların ortaya koyduğu gibi, kurulu kapasite ihtiyacın çok üzerinde artmıştır.

Konu 2018 yılı için ele alınırsa; TEİAŞ yılsonu geçici verilerine göre kurulu gücü 88.550,8 MW, yıllık toplam üretim 300.717 GWh olarak gerçekleştiği görülmektedir. Son yıllarda anlık en yüksek tüketim (puant azami talep) soğutucu kullanımı nedeniyle yaz aylarında yaşanmaktadır. TEİAŞ verilerine göre puant azami talep 2018 yılında 1 Ağustos saat 15.20'de 46.160 MW olmuştur. Aynı tarihte inşaa aşaması tamamlanıp işletme aşamasında olan, eski yeni tüm, santrallerimizin toplam kurulu gücü 87.293,6 MW'tır. Puant azami talebin kurulu güce oranı %52,9'da kalmaktadır. Tarafımızdan TEİAŞ 2012-2021 Kapasite Projeksiyonu Raporundan yakıt/kaynak tiplerine göre hesaplanan ortalama değerlerden hareketle hazırlanan Çizelge 3'den görüleceği gibi 2018 yılı toplam proje üretim kapasitesi 461.771 GWh, fiili üretimin proje üretim kapasitesine oranı %65,12 olarak saptanmaktadır.

Tablodan en fazla atıl kapasitenin önceki yıllarda çok önem verilen, yakın zamana kadar özendirilen ve halen teşvik edilen doğal gaz yakıtlı santrallerde olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır. Gelineen noktada, özel fiyat ile alım garantili Yap İşlet modeli ile kurulan doğal gaz santralleri sözleşme süresi bitiminde kapatılıyor. Diğer bazı doğal gaz santralleri de üretimi durduruyor. Bazıları sökölerek yurt dışına satılıyor. Kapatılmayan doğal gaz santralleri ise günün yoğun enerji ihtiyacı olan saatlerin dışında çalıştırılıyor.

**Çizelge 3. Santrallerin Kapasite Kullanım Oranları, Plansızlık Sonucu Oluşan Atıl Kapasite (2018).**

| KAYNAKLAR / YAKITLAR                      | ÜRETİM  | PROJE ÜRETİM KAPASİTESİ |         |               |
|-------------------------------------------|---------|-------------------------|---------|---------------|
|                                           | GWh     | TKEÇS (h)               | GWh     | KKO (%)       |
| <b>TÜM SANTRALLER GENEL TOPLAMI</b>       | 300.717 | 5.340                   | 461.771 | <b>65,12</b>  |
| <b>İTHAL KÖMÜR + TAŞKÖMÜRÜ + ASFALTİT</b> | 66.981  | 6.900                   | 63.110  | <b>106,13</b> |
| <b>LİNYİT</b>                             | 44.838  | 6.220                   | 59.979  | <b>74,76</b>  |
| <b>DOĞAL GAZ + ÇOK YAKITLI</b>            | 90.232  | 7.320                   | 195.823 | <b>46,08</b>  |
| <b>HİDROLİK</b>                           | 59.755  | 3.450                   | 95.849  | <b>62,34</b>  |
| <b>JEOTERMAL</b>                          | 6.896   | 7.120                   | 8.352   | <b>82,56</b>  |
| <b>RÜZGAR</b>                             | 19.738  | 3.480                   | 23.528  | <b>83,89</b>  |
| <b>GÜNEŞ</b>                              | 7.631   | 2.300                   | 9.756   | <b>78,22</b>  |

TKEÇS: Tam Kapasite Eşdeğer Çalışma Süresi

## ÇEVRE DÜZENİ PLANLARIYLA ÖNÜ AÇILAN PROJE FAZLALIĞI

Mersin – Adana, Çanakkale, Zonguldak bölgeleri için ülke bazında bütünsellikten uzak olarak hazırlanan çevre düzeni planlarıyla bu bölgeler özellikle ithal kömür yakıtlı olmak üzere her çeşit termik santral projesi için cazip hale getirilmiştir.

Örneğin **Mersin-Adana Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı Açıklama Raporu Sayfa 53’de** “Adana Ceyhan İlçesi, enerji yatırımları açısından planda belirlenen en önemli bölgedir. Planda, Yumurtalık-Ceyhan bölgesi, ülkenin enerji üssünü oluşturmak üzere enerji koridoru olarak planlanmıştır. Bu alanda enerji depolama alanları, termik santraller ve enerji ihtisas bölgelerinin yer alacağı belirtilmiştir” denilmektedir. Ancak enerji yoğun plan kararlarına rağmen enerji ihtiyacı, enerji talebi ya da enerji potansiyeline ilişkin bir değerlendirme planda yer almamaktadır. Hedef yılı 2025 olan planın 16.09.2013 tarihinde onaylanmasının ardından sadece Yumurtalık-Ceyhan arasında ithal kömür yakıtlı, Şekil 1’de görüldüğü üzere tespah taneleri gibi yan yana dizilmiş, 22 proje (daha önce işletmeye alınmış olan İSKEN Sugözü Santraline ilaveten) ortaya çıkmıştır. Şekilde işletmede olan İSKEN Sugözü Santrali turuncu ok ile, yapımı devam etmekte olan Hunutlu Santrali yeşil ok ile, ön lisans almış olan SANKO Yumurtalık Santrali mavi ok ile ve ön lisans değerlendirme aşamasında olan Adana Yumurtalık ve Gölovası Santralleri beyaz ok ile gösterilmiştir. Sarı ok ise İskenderun’da ise son dönemde inşa edilen Atlas Termik Santralini işaret etmektedir.

Benzer şekilde yoğunlaşma yaşanan diğer iki bölgede, işletmede olanlarla birlikte Çanakkale’de 17, Zonguldak’ta 13 kömür yakıtlı santral projesi gündeme gelmiştir.

Sonraki gelişmeler nedeniyle bu projelerin büyük bir çoğunluğuna devam edilememiş olsa bile, son yıllardaki hakim yaklaşım tarzının plan adı altında plansızlık, çevre adı altında çevreye duyarsızlık içinde olduğunu göstermesi açısından üzerinde durulmasında yarar görülmektedir.



Şekil 1. Adana/Yumurtalık-Ceyhan Kömürlü Termik Santral Projeleri (18 adet).

## YENİ YERLİ KÖMÜR YAKITLI SANTRAL SAHALARI

Elektrik üretimi amaçlı kullanılabilircek başlıca kömür sahaları Çizelge 4’de verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere sahaların çoğunluğu ya verimli tarımsal bölgelerde ya da yerleşim yerlerinin çok yakınlarında bulunmaktadır. Öte yandan kaynak/rezerv kapasiteli için daha detaylı çalışmalar yapılmalıdır. Kapasite fazlalığının olduğu ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim tesislerinin kurulum maliyetlerinin<sup>1</sup> gittikçe düştüğü, işletme maliyetleri çok düşük olan bu santrallerin yaygınlaştığı bu dönemde yeni yerli kömür yakıtlı santral projelerinde çok seçkin davranılmalıdır. Bilimsel ve bütünlüklü planlama sonucunda zorunluluğu ortaya çıkmadıkça, fosil yakıtlı santral kurulmamalıdır.

1 EÜAŞ tarafından 2017 yılında gerçekleştirilen ihalelerde en düşük elektrik tedarik fiyatları; Çayırhan B 720 MW Kömürlü Termik Santrali ihalesinde 6,04 \$sent/kWh, yerli ekipman üretimi ve ARGE zorunluğu olan 1000 MW YEKA – Güneş 1 ihalesinde 6,99 \$sent/kWh, yerli ekipman üretimi ve ARGE zorunluğu olan 700 ila 1000 MW YEKA – Rüzgar 1 ihalesinde 3,48 \$sent/kWh'tir.



Çizelge 4. Elektrik Üretimi Amaçlı Kullanılabilecek Başlıca Kömür Sahaları

| Saha                   | Toplam Kaynak<br>(Bin ton) | Kurum       |
|------------------------|----------------------------|-------------|
| Afşin-Elbistan Havzası | 4.831.902                  | EÜAŞ        |
| Çayırhan Havzası       | 425.896                    | EÜAŞ        |
| Kütahya Seyitömer      | 160.000                    | Özel sektör |
| Konya Karapınar        | 1.833.000                  | EÜAŞ        |
| Afyon Dinar            | 941.000                    | MTA         |
| Eskişehir Alpu         | 1.453.000                  | TKİ         |
| Adana Tufanbeyli       | 323.329                    | TKİ         |
| Bingöl Karlıova        | 103.662                    | TKİ         |
| Bolu Göynük            | 37.875                     | TKİ         |
| Manisa Soma            | 688.000                    | TKİ         |
| Kütahya Tunçbilek      | 253.000                    | TKİ         |
| Tekirdağ Saray         | 283.000                    | TKİ         |
| Şırnak Asfaltit        | 71.000                     | TKİ         |
| Konya Ilgın            | 143.000                    | Özel        |
| Çankırı Orta           | 94.390                     | Özel        |
| Adıyaman Gölbaşı       | 32.000                     | Özel        |

Kaynak: Nejat Tamzok, Dünyada ve Türkiye’de Kömür, MMO Türkiye Enerji Görünümü 2018 Oda Raporu

#### YATIRIMCILAR, İŞLETMECİLER VE DİĞER İLGİLİLER ÇEVREYE DUYARLI MI? ÇED RAPORLARI, BİLİRKİŞİ RAPORLARI

Elektrik üretim şirketlerinin yetkililerinin çoğunluğunun planlama, hazırlık, yapım ve işletme dönemlerinde doğal ve sosyal çevreye duyarlı olduklarını söylemek çok zordur. Şirketler Çevre Etki Değerlendirme (ÇED) süreçlerine yatırımlarının önünü haksız yere açacak şekilde müdahil olmakta, bazı ÇED büroları kopyala yapıştır veya Çizelge 5’de belirtilen çalışmaların tümünü içermeyen yetersiz raporlar hazırlamaktadır. Ayrıca bazı kamu görevlileri ÇED süreçlerinde uygunsuz işlerde yatırımcı firmaların sözcülüğünü üstlenmekte, ÇED raporu çevre halkı tarafından hukuki sürece taşınmışsa mahkemelerin atadığı bazı bilirkişiler ön kabullü yaklaşımla ÇED raporlarını aklamaya çalışmaktadır. Bunlardan sonuç alınamayıp ÇED raporu mahkemece iptal edilirse sil baştan yeni raporlar hazırlanarak niyetlenilen projenin niyetlenildiği şekilde gerçekleşmesi için her türlü girişimde bulunmaktadır. Mevcut çevre koruma kuralları ve hukuk sistemi açısından da problemli olan **YAPILAMAZ** projelerin “yetersiz ÇED, ön niyetli bilirkişi, olmadı tekrar ÇED” gibi uygulamalarla **YAPILIR** şekle getirilmesine karşı bir mücadele yürütülmektedir. Bu konuda, özellikle TMMOB’ne bağlı Odalar, Şubeleri ve İl Koordinasyon Kurulu, THH Temiz Hava Ha-

reketi Platformu, TEMA, Doğa Derneği vb. ulusal kuruluşlar ile yerel dernekler-oluşumlar, duyarlı yerel/genel basın/medya ve ilgili halk kesimlerinin dayanışmasıyla ve yaşam hakkına değer veren yerel yönetimlerin manevi desteği önemlidir. Bu çerçevede hukuk mücadelesi ile bazı projelerin tekrar değerlendirilmesi sağlanmış, ancak bazı projelerde hukuka aykırı kararların önüne geçilememiştir.

İşletme döneminde de maliyet-kar/çevre ikilemi ile karşılaşılan durumlarda çoğu kez tercihler maliyet-kar yönünde kullanılmaktadır. Adli ve idari kamu kurumları da çoğunlukla gereken özeni göstermemekte, incelemeler ve denetimler hakkında yapılmamaktadır.

Bu durumda yatırımcıların, işletmecilerin ve diğer ilgililerin çevreye yeterli, hatta gerekli duyarlılığı göstermedikleri rahatça söylenebilir.

Çizelge 5. Termik Santral Projelerinde ÇED Raporları İçin Yapılması Gereken Çalışmalar.

- 1- Kümülatif Hava Kalitesi Dağılım Modellemesi (Etki alanında bulunan/planlanan faaliyetleri içerecek şekilde)
- 2- Projede kıyı yapısı var ise Hidrografik Oşinografik ve Jeofizik İnceleme Raporu
- 3- Projede kıyı yapısı var ise ve dip taraması yapılacak ise Dip Çamuru Analizi
- 4- Kıyı yapısı var ise Mülga DLH Teknik Şartnamesine göre dolgu malzemesi analizi
- 5- Kömür radyoaktivite analizi
- 6- Mevcut Hava Kalitesinin Ölçümü
- 7- Toprak Analizi
- 8- Proje alanı yakın çevresinde yüzeysel su var ise analizi
- 9- Deniz Suyu Analizi
- 10- Arka Plan Gürültü Ölçümü yapılması ve akustik rapor
- 11- Kül Depolama Alanı Tasarımı
- 12- Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu
- 13- Soğutma suyu denize verilecek ise termal modelleme yapılması
- 14- Ekosistem Değerlendirme Raporu
- 15- Atık Isı Modellemesi
- 16- Sosyal Etki Değerlendirmesi

Kaynak: ÇMO Raporu (Kömürlü Santrallerin Mevcut Durum Analizi)

## ÖZELLEŞTİRİLEN YERLİ KÖMÜR SANTRALLERİNE “ÇEVREYİ KİRLETME HAKKI”

EÜAŞ’a ve 2013-2015 yılları arasında özelleştirme yoluyla EÜAŞ’tan kömür santrali satın alan şirketlere, ihale sürecinde gerekli yatırımları 2 sene içinde tamamlama taahhütünde bulunmuş olmalarına rağmen çeşitli defalar kanun değişiklikleri yapılarak, çevre mevzuatına uyum sağlamaları için 2019 yılı sonuna kadar süre tanındı. Firmaların bir kısmı bu süreyi mevcut filtre, baca gazı kükürt arıtma tesisleri vb. çevre koruyucu ünitelerini bile çalıştırmama, “çevreyi kirletme hakkı” süresi olarak kullandılar. Firmaların çoğunluğu yapmaları gereken çevre koruyucu yatırımlara, halen, başlamadılar.

Yeni erteleme girişimi 2019 ilk aylarında Madencilik, Petrol ve Elektrik Piyasalarında önemli düzenlemeler getiren Yasa Teklifi ile gündeme geldi. Yasa TBMM Genel Kurulu'nda kabul edildi. Ancak kömür santrallerine çevre yatırımları için 2 yıl daha süre uzatımı öngören ve komisyondan geçen madde, yaklaşan yerel seçimlerin öncesinde, kamuoyu baskısıyla ortak önerge ile komisyona geri çekildi. Buna rağmen yerel seçimlerden sonra yeni erteleme girişimleri devam etmektedir.

Çevrenin korunması insanlık borcu olup ve Anayasal (Madde 56) bir zorunluluktur. ***Hiçbir kimseye, şirkete, zümreye, hiçbir gerekçeyle çevreyi kirletme hakkı tanınamaz!*** Muafiyetler defalarca uzatılamaz! Doğal yaşamın korunması, canlı sağlığı ve gelecek nesiller için çevre koruyucu kurallardan muafiyetler tanınmasına ve muafiyet sürelerinin uzatılmasına bir an önce son verilmelidir. Ülkemiz mevzuatı acilen doğal yaşamın korunmasını sağlayan (örneğin AB sınır değerlerine benzer) kriterleri esas alacak şekilde güncellenmelidir. Mevcut eski santrallerden uygun olanlar iyileştirilerek önce yürürlükteki sınır değerleri karşılaması sağlanmalıdır. Ardından makul bir süre içerisinde yeni, eski tüm santrallerin yenilenmiş daha sıkı kriterlere uyumlarının sağlanması taahhüt altına alınmalıdır. ***Şartları sağlamayan tesisler kapatılmalıdır.***

## ÖZGEÇMİŞ

**Orhan AYTAÇ**, 1956'da Eskişehir'de doğdu ve ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümü'nden Şubat 1979'da mezun oldu. Çalışma hayatına Haziran 1979'da Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Ankara Makine Fabrikasında başladı ve 1980-1982 döneminde Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) tarafından imal ettirilen ve halen ülkemizin %100 yerli türbin-jeneratöre haiz tek tesis olan Hirfanlı HES IV. Ünite parçalarının imalatından sorumlu atölye mühendisi olarak çalıştı. 1982-1989 arasında Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş. (TEMSAN) Diyarbakır Su Türbini ve Generatör Fabrikasının kuruluş, imalata başlama ve ilk teslimatlar sürecinde görev yaptı. 1992-1997 arasında MKEK Çankırı Silah Sanayi A.Ş. Genel Müdürlüğü yapan Sn. Aytaç daha sonra GES Genel Endüstriyel Sistemler A.Ş. ve ardından EKON Endüstri ve İnşaat A.Ş. Genel Müdür Yardımcısı olarak çeşitli endüstriyel ve enerji tesislerinin kısmi yerli imalat, yapım ve işletmeye alma işlerinde çalıştı. 2015 yılında profesyonel çalışma hayatını sonlandırdı.

TMMOB Makina Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu tarafından hazırlanan Oda Raporlarının yazımında görev aldı. MMO Enerji Çalışma Grubu tarafından hazırlanan Türkiye'de Termik Santraller 2017 ve Türkiye Enerji Görünümü 2018 başlıklı Oda Raporlarında bölüm yazarlığının yanı sıra eş editörlük görevini üstlendi. Enerji konusundaki diğer Oda Raporlarının ve Türkiye Enerji Görünümü 2019 Sunumunun hazırlanmasına katkıda bulundu. Oda adına birçok etkinliğe katıldı, konuşmalar yaptı. Mühendis ve Makina Güncel dergisine makaleler yazdı. TMMOB Makina Mühendisleri Odası ve Oda Enerji Çalışma Grubu, ODTÜ Mezunları Derneği ve Dernek Enerji Komisyonu, TMBD Türk Mühendisler Birliği Derneği Yönetim Kurulu üyesidir.



# TERMİK SANTRALLARIN ÇEVRE SORUNLARI VE YER SEÇİMİ

İsmail SALICI, Prokon Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş.

Yönetim Kurulu Başkanı, ANKARA.

## ÖZET

Termik santral kavramı, kabaca fosil yakıtla elektrik enerjisi üreten santrallara verilen genel bir isimdir. Bu kapsama giren yakıtlar, yüksek kalorili kömür, linyit, asfaltit, sıvılaştırılmış kömür, fueloil, doğal gaz ve sanayide geri kazanılmış gazlar sayılabilir. Atık yakarak enerji üretilmesi ve nükleer santrallar da bu kapsama alınabilir. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan fosil yakıtlı türlerine göre santraller aşağıda görüldüğü gibi sınıflandırılmaktadır:

- Yüksek kalorili, düşük kükürtlü ve kül oranı düşük ithal kömür yakıtlı santrallar,
- Düşük kalorili, yüksek kükürtlü ve yüksek kül oranlı Linyit kömürü (yerli kömür) yakıtlı santrallar,
- Fueloil yakıtlı santrallar,
- Yüksek kalorili yüksek kükürtlü düşük kül oranlı Asfaltit yakıtlı santrallar.
- Doğal gaz yakıtlı santrallar,
- Atık yakıtlı santrallar,
- Isı geri kazanım santralları.

Bu çalışmada daha çok yerli kömür, ithal kömür, doğalgaz yakıtlı santrallar ele alınacaktır. Çünkü Ülkemizin fosil yakıtlı santrallarla ürettiği enerjinin hemen hemen tümü bu yakıtlarla çalışmaktadır. Önümüzdeki yıllarda daha çok yerli linyit kömür yakıtlı santralin devreye gireceği düşünülürse asıl üzerinde durulması gereken de bu tür santrallardır. Bu santralların yer seçimi sorunları da ortaktır. Dolayısıyla termik santral projelerinde; öncelikle yer seçimi, teknoloji ve yakıt alternatiflerinin birlikte değerlendirilmesi en önemli unsurları oluşturmaktadır. Daha sonra tarihçe, mevcut santralların yer seçimine dair çevre sorunları ve ağırlıklı olarak yer seçimi irdelenecektir.

Yer seçiminde gözetilmesi gereken faktörler de, kömür madenine yakınlık, kömürün santrala getirilmesi ve depolanması, yasal çevre (ÇED) şartlarına uygunluk, santral yerinin deprenselliğinin uygun seviyede olması, santral yerinin jeoloji, jeo-teknik, hidroloji ve topoğrafya açısından uygunluğu, kullanma ve soğutma suyu temin yatırımlarının düşük maliyetli olması, kireç taşına yakınlık, santral atıklarının uygun koşullarda, depolanabilmesi ve arıtilabilmesi, ülke enerji dağıtım sistemine yakınlık ve bağlantı kolaylığı, tüketim merkezlerine yakınlık, Trakya gibi yeterli arz yapılamayan bölgelerde olması, santral için düşünülen alanın yeterliliği ve mülkiyet durumu gibi açılardan değerlendirilecektir.

**Anahtar kelimeler:** Termik santraller, Yer seçimi, Kirleticiler, Çevre sorunları, Teknoloji.

## GİRİŞ

Termik santrallarda çeşitli türde yakıtlar kullanılmaktadır. Ağırlıklı olarak fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Bu kapsama giren yakıtlar, kok kömürü, lavvar artığı toz (elam) kömür, yüksek kalorili ithal kömür, linyit, asfaltit, sıvılaştırılmış kömür, fueloil, doğal gaz, muhtelif atıklar ve sanayide geri kazanılmış gazlar sayılabilir. Şekil 1’de ithal kömürün kullanıldığı, Şekil 2’de ise lavyar artığı toz kömürün (şlam) kullanıldığı iki santral örneği görülmektedir.

Bu çalışmada daha çok yerli kömür, ithal kömür ve doğalgaz yakıtlı santraller ele alınacaktır. Çünkü Ülkemizde üretilen elektrik enerjisinin %70’i fosil yakıta dayalı bu tür santrallarda üretilmektedir.

Son yıllarda uygulanan elektrik üretimi politikaları bilindiği gibi yerli fosil kaynaklara ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirilmiştir. Önümüzdeki yıllarda daha çok yerli linyit kömür yakıtlı santralin devreye gireceği düşünülürse asıl üzerinde durulması gereken bu tür santrallardır.

Termik Santral projelerinde yakıt seçiminin; yer seçiminin, teknoloji seçiminin ve yakıt alternatiflerinin de-



Şekil 1. Atlas Enerji 2x600 MW İthal Kömür Yakıtlı Santral.



Şekil 2. Çatalağzı B 1-2 Üniteleri 2x150 MW Şlam Yakıtlı Santral.

ğerlendirilmesinin birlikte yapılması önemlidir. Aşağıda bu hususların her biri için birer başlık açılmıştır. Daha sonra, tarihçe, mevcut sorunlar, yatırım kriterleri ele alındıktan sonra, özellikle yer seçimi ve çevresel etkiler üzerinde yoğunlaşılacaktır.

Sunulan bu makalede irdelenen konular, kişisel gözlemlerime, deneyimlerime ve yararlandığım EPDK Raporları, TMMOB'nin çeşitli disiplinlerdeki Mühendislik Odaları Raporları ile Prokon Mühendislik arşivi ve ekipman üretici firmaların Web sayfaları gibi kaynaklara dayanmaktadır.

## Yakıt seçimi

Bir termik santralin yapımına karar verirken dikkate alınacak en önemli husus yakıt türüdür. Seçilen yakıt türü; kapasite ve fiyat olarak yatırımın fizibilitesini etkiler. Özellikle doğalgaz yakıtlı santrallarda iki tür yakıtın da kullanıldığı örnekler vardır (Şekil 3).

- Termik santralin tasarımı yakıt karakteristiklerine uygun olmalıdır. Bu nedenle yakıtın ısı, nem ve kimyasal özelliklerinin doğru tespit edilmesi, özellikle yanma testleri için alınan numunelerin yakıtın genel durumuna uygun olmasının önemsenmesi,
- Yakıtın santral ömrü boyunca istikrarlı bir şekilde temin edilebilmesi için rezerv tespitinin doğru olması,
- Zamanla yakıt özelliklerinde değişiklik olup, olmayacağının yeterli sayıda ve derinlikte sondaj çalışmaları ve laboratuvar testleri ile belirlenmesi,
- İthal yakıtlar için uzun vadeli fiyat istikrarının doğru tahmini, yerli kömürler için ocaktan çıkarma maliyetinin yıllar geçtikçe oluşabilecek artışının dikkate alınması gerekir.

Özellikle yerli linyit rezervleri, zaman geçtikçe santralin tasarım değerlerinde kullanılan parametrelerin dışına çıkmaktadır:

- Kömür ısı değerleri düşmekte,
- Kömürdeki kükürt oranı değişmekte,
- Kömürün nem oranı değişmektedir.

Bunların sonucu işletmeciler takviye yakıt kullanmakta üretim maliyetleri artmaktadır. Kalıcı çözüm için kazan dizaynının yeni yakıt özelliklerine göre rehabilite edilmesi ve çevre mevzuatına uygun yeni yatırımlar gerekmektedir.

Ayrıca yatırımın yapıldığı ülkede yakıt temini ve çevre koruma ile ilgili yasalarda da yatırım fizibilitesini etkileyecek değişiklikler de dikkate alınmalıdır.

Örneğin;

İthal kömüre dayalı santrallerin yapımından sonra, gerek ithal kömürdeki özelliklerin kısıtlanması ve gerekse fiyatlarına sınırlama getirilmesi,

1990'lar da kurulan doğal gaz yakıtlı santrallardaki yakıt maliyeti payı, son yıllarda 2 misline çıkması, gibi nedenlerle bazı yatırımlar olumsuz etkilemiştir



**Şekil 3.** Ambarlı B Çift Yakıtlı (Doğalgaz ve Fuel Oil) 820 MW Santral.

## Yer seçimi

Yer seçimi termik santral projelerinin ekonomik fizibilitesini etkileyen temel faktörlerden biridir. Yer seçiminde, hammadde ve soğutma suyu kaynaklarına yakınlık en önemli et-kendir. Ayrıca:

Kömürün uzun mesafelerden taşınmasının yaratacağı yatırım ve işletme maliyetleri, çevresel etkiler ve bunları önleme ve giderme maliyetleri,

Proses ve soğutma suyu denizden temin edilen santrallerin yer seçimi için denize ya-kınlık ve deniz seviyesinden yükseklik,

Deniz kenarında olmayan santrallarda güvenli kullanma ve soğutma suyu temini için; barajlara veya yer altı ve yer üstü su kaynaklarına yakınlık, fizibiliteyi etkileyen unsurlardır. Ayrıca:

- Enerji nakil hatlarına mesafe,
- ÇED kurallarına uygunluk,
- Etki alanında hassas doğal alanların bulunmaması,
- Mülkiyet durumu,
- Kireç taşı ocaklarına yakınlık, gibi faktörler de yer seçiminde önemli olup fizibili-teyi etkileyen unsurlardır.

## Teknoloji seçimi

Diğer yakıt türlerine göre çevre açısından daha fazla sorunlu olan kömür yakıtlı santral-lerde, kömür özelliklerine göre teknoloji seçimi önem kazanmaktadır. Yeni kömür yakma teknolojileri; bir yandan kömürün yanma verimini arttırmakta, bir başka deyişle birim enerji başına kullanılan kömür miktarı azalmakta, diğer yandan kömürün yanmasından kaynaklı çevresel etkileri en aza indirmektedir.

Kömür yakma teknolojisi ülkemizdeki eski ve bazı yeni santrallarda sub kritik kazan tipi kullanılmıştır. Yeni santrallarda ise süper kritik ve ultra süper kritik kazan tipleri kullanıla-rak aynı enerji %4-5 daha az yakıt ile sağlanmaktadır. Bu teknolojilerde buhar sıcaklığı ve basınç artmakta buna bağlı olarak da kazanda ve türbinde kullanılan malzemeler önem kazanmaktadır [1].

Genel olarak; yüksek kalorili kömürler için pülverize kazan teknolojisi, düşük kalorili kömürler için ise akışkan yataklı kazan teknolojisi (Şekil 4) tercih edilmektedir. Ancak her iki kazan teknolojisi de her iki tür kömür için de kullanılabilir.





**Şekil 4.** EÜAŞ 2x160 MW Akışkan Yataklı 18 Mart Çan Santralı. Türkiye'nin ilk akışkan yataklı kazan teknolojisiyle yapılmış santralı.

Tüm kazan tipleri için; torbalı filtre, elektro filtre ve baca gazı arıtma sistemlerinde teknolojilerindeki gelişme çevre sorunlarını önemli ölçüde azaltmaktadır.

Doğal gaz yakıtlı santrallerin en kritik ekipmanı olan gaz türbinlerinde zaman içinde yapılan geliştirmelerle santral verimliliği %48-52'lerden %61-62'lere kadar çıkmıştır [2]. Böylece yeni yapılan santraller eski yapılara göre aynı üretime daha az doğal gaz kullanır hale gelmiştir.

#### **TARİHÇE, MEVCUT SANTRALLARIN YER SEÇİMİ VE ÇEVRE SORUNLARI**

Ülkemizde elektrik enerjisi üretimi, ülkenin sanayileşmesi ve kalkınmasına paralel olarak gelişmiştir. Enerji yatırımları 1970 yılı öncesi Etibank bünyesinde kurulan bir daire başkanlığı tarafından yürütülüyordu. 1970 öncesi kurulan İstanbul Silahtarağa, Çatalağzı A, Soma A, Tunçbilek A gibi küçük kapasiteli santraller o yöreden çıkan kömür ile çalışan santrallerdir. Bunların yer seçiminde tek belirleyici husus kömür madeninin çıktığı yere ve tüketim merkezine yakın olmasıdır. O dönemlerde acil elektrik ihtiyacı için Aliğa, Hopa gibi küçük kapasiteli fueloil yakıtlı santraller de kurulmuştur.

Türkiye'nin en büyük fueloil yakıtlı santralı olan Ambarlı Fueloil Santralı yapımına 1967 yılında başlanmıştır. Önce 3x110 MW daha sonra 2x150 MW olmak üzere toplam 630 MW kapasiteli 5 üniteden oluşan Ambarlı fueloil santralı, İstanbul ve çevresinin enerji ihtiyacı için yapılmıştır. İstanbul'a yakınlık, ithal edilen fueloil yakıtının deniz yolu ile gelmesi nedeni ile deniz kenarında olma zorunluğu yer seçiminde belirleyici olmuştur.

1970 yılında kurulan Türkiye Elektrik Kurumu, o yıllarda enerji ihtiyacının artması ve döviz sıkıntısı gibi nedenlerle, hızla yerli linyit yakıtlı termik santrallara ağırlık vermiştir.

Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından ortaya çıkartılan ve Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) tarafından işletilen Türkiye'nin kömür rezervleri dikkate alınarak, arka arkaya santral yatırım kararları alınmış ve bu yatırımlar mali ve organizasyon güçlükleri nedeni ile uzun süreler alsa da Ülkenin elektrik ihtiyacını karşılamışlardır. Bu yatırımların en büyüğü Afşin Elbistan A santralidir. 1968-1983 yılları arası 15 yılda gerçekleştirilen santral her biri 340 MW kapasiteli 4 üniteden oluşmaktadır. Halen ülkemizde düşük kalorili linyit rezervlerinin toplu olarak en fazla olduğu yöre Afşin Elbistan sahasıdır. Ne yazık ki bu sahalardaki linyit; düşük kalorili, su kükürt oranı fazla ve %40'lara varan kül oranlı olup her bakımdan çevresel sorunu olan rezervlerdir. Afşin-Elbistan santralinin A ile B üniteleri Şekil 5A ve 5B'de görülmektedir.

2x150 MW gücünde Seyitömer 1 ve 2. Üniteleri,

2x150 MW gücünde Çayırhan 1 ve 2. Üniteler,

2x150 MW gücünde Kangal 1 ve 2. Üniteleri,

1x150 MW gücündeki Çatalağzı B1 ilk yapılan ihalelerdir.

Bunları takiben;

6x160 MW gücünde Soma B

2X150 MW gücünde Tunç Bilek B,

2x150 MW gücünde Seyitömer 3 ve 4,

150 MW gücünde Çatalağzı B2,

150 MW gücünde Kangal 3. Ünite,

2X150 MW gücünde Çayırhan 3 ve 4,

210 MW gücünde Orhaneli,

3x210 MW gücünde Yatağan,

3x 210 MW gücünde Kemerköy,

2x210 MW gücünde Yeniköy santralleri yapılmıştır.



**Şekil 5A.** 4x340 MW Afşin-Elbistan A Santralı.



**Şekil 5B.** 4x340 MW Afşin-Elbistan B Santralı.

Bu dönemde yapılan diğer linyit yakıtlı santraller ısı değerleri 1800-3000 kCal/kg civarında olan ve Afşin Elbistan sahasına göre 2-3 misli daha iyi ısı değere sahip yakıt kullanmaktadır.

Bu santrallerin ilk yapılanlarında çevre kriterleri hemen hemen hiç gözetilmemiştir. Kükürt giderme, toz tutma, kül/cüruf depolama, atık su arıtma, kullanma ve soğutma suyu temini gibi konularda o günkü şartlara göre ekonomik olan ancak çevre sorunlarını göz ardı eden çözümler uygulanmıştır.

Bu santrallardan Kangal 3, Çayırhan 3,4 ve Afşin Elbistan B'nin kükürt giderme tesisi (Desülfirizasyon) santral yapımı ile birlikte yapılmıştır. Diğer santrallerin kükürt giderme tesisleri santral yatırımı ile birlikte yapılmamıştır. Sonraki yıllarda EÜAŞ, Çayırhan 1,2, Kemerköy, Yeniköy, Yatağan ve Orhaneli santrallerine desülfirizasyon tesislerini o yıllardaki çevre kriterlerine göre yapmıştır. Çayırhan santralinin görünümü Şekil 6'da sunulmuştur.



**Şekil 6. 4x150 MW Çayırhan Santrali.**

Ayrıca tüm bu santrallarda toz tutma filtrasyonunda; iyi bir işletme yapılırsa bile ancak 500 mg/m<sup>3</sup>'e kadar toz tutabilen elektro filtreler kullanılmıştır (Şu anki yönetmeliğe göre bu değer 30 mg/m<sup>3</sup>'dür. Ancak kritik bölgelerde yapılan santrallarda bu oran %10'un altında istenmektedir [3]).

Doğal gaz ithali anlaşması sonrası, sözleşme gereği, gazın Türkiye'ye gelmeye başlamasına kısa bir süre kala ülke içi doğalgaz şebekesi henüz yetismeyeceği için kısa zamanda büyük ölçekli kullanım yaratmak gerekiyordu. Bu nedenle TEK iki büyük doğal gaz santrali yapmıştır. Bu iki santral da Ukrayna üzerinden Türkiye'ye gelen doğal gaz boru hattına yakın yapılmıştır.

Doğal gaz boru hattının Türkiye'ye girdiği yer olan Trakya'da İlk santral Tekirdağ Hamitabat'ta ikinci santral İstanbul Ambarlı'da yapılmıştır. Bu iki santralin kapasitesi Hamitabat 1100 MW, Ambarlı 1350 MW gücündedir. Hamitabat Santrali ilk ünitesi Aralık 1985, tamamının bitmesi de Eylül 1989, Ambarlı ilk ünite Eylül 1988 tamamı Eylül 1993'de devreye girmiştir. Hamitabat Santrali özelleştirildikten sonra yapılan modernizasyon ile kapasitesi 1220 MW'a çıkmıştır. Hamitabat Santrali Şekil 7'de, Ambarlı Santrali Şekil 8'de, gösterilmiştir.



**Şekil 7.** 1220 MW Hamitabat Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral.



**Şekil 8.** 1350 MW Ambarlı A Doğalgaz Yakıtlı Termik Santralı.

Ambarlı Santralında yer seçiminde, doğal gaz hattına yakınlık dışında, İstanbul'a yakın olması ve soğutma suyunu denizden alma imkânı gibi konular da etkili olmuştur. TEK'in 4 ayrı genel müdürlüğe ayrılması ile santral kurulumundan ve işletilmesinden sorumlu olan EÜAŞ (Elektrik Üretim A.Ş.) 1996 yılında Bursa'da 1400 MW kapasiteli bir doğal gaz santrali daha kurmuştur. Bursa gibi sanayileşmiş bir tüketim merkezine ve doğal gaz boru hattına yakınlık yer seçiminde etkili olmuştur.

- EÜAŞ'ın 816 MW Ambarlı B, (Kredi kullanılmadan ve bir Türk firması tarafından anahtar teslimi olarak yapılmış ilk santral) **Şekil 9'da** Ambarlı B Santralı türbin montajının genel görünümü sunulmuştur. Bu santralda fueloil santralında kullanılan buhar türbinleri EÜAŞ'ın isteği ile bakımı ve gerekli revizyonları yapılarak yeni santralda kullanılmıştır. Santralin genel görünümü Şekil 16'da gösterilmiştir [4]
- ÜNİT-ANSALDO ortaklığı olan Yeni Enerjinin 870 MW Gebze Dilovası,
- OMV'nin 886 MW Samsun,
- RWE-Turcas'ın 775 MW Denizli,
- AKSA'nın 1150 MW Antalya,
- AK Enerji'nin 950 MW Erzin,
- Enerjisa'nın 936 MW Bandırma 1 ve 607 MW Bandırma 2,
- Gama Enerji 840 MW Kırıkkale,
- ACWA Power 920 MW Kırıkkale,
- Çolakoğlu OVA Elektrik 123 MW Gebze santrallerini sayabiliriz.



**Şekil 9.** Ambarlı B Santralı Türbin Montajı.



Elektrik enerjisinin ihtiyaca göre arttırılabilmesi için 1980'li ve 1990'lı yıllarda devreye özel sektör yatırımcıları da girmeye başlamıştır. Doğal gazın Türkiye'ye gelmesi ile birlikte alım garantili Yap-İşlet ve Yap-İşlet-Devret modelleri ile doğal gaz santralleri yapılmıştır. Bu kapsamda Yap-İşlet-Devret (YİD) modeline göre ilk yapılan santraller; Çolakoğlu Metalürjinin 1997'de işletmeye alınan 253 MW gücünde Gebze Dilovası, Ünimar'ın ve Enron'un Marmara Ereğlisi'nde yaptığı ve 1999 yılında devreye giren her biri 480 MW gücündeki santrallerdir. Tüm bu santraller 2019 yılında EÜAŞ'a devredilmiştir.

Enka'nın Adapazarı ve İzmir'de kurduğu 2 adet santralin toplam gücü 3830 MW'tır. Bu santraller EÜAŞ tarafından alım garantili, Yap-İşlet (Yİ) olarak 1997 yılında ihale edilmiş 2002, 2003 yıllarında devreye girmiştir. Her iki santralin de elektrik tüketimi fazla olan büyük sanayi kuruluşlarının olduğu Kocaeli, Adapazarı, İzmir, Manisa şehirlerine yakın olması yer seçiminde en önemli etken olmuştur. Bu santrallerin alım garanti süresi 2018 Aralık ve 2019 Temmuz aylarında tamamlanmıştır. Bu kapsamda yapılan bu ilk santraller kurulduğu yıllarda elektrik tüketiminin %25'ini karşılayacak kapasitede idi. Şekil 10 ve 11'de bu santraller görülmektedir.



**Şekil 10.** 1350MW Ambarlı A Doğalgaz Yakıtlı Termik Santrali.



**Şekil 11.** 2310 MW ENKA Adapazarı ve Gebze Doğalgaz Yakıtlı Termik Santrali.

Yİ ve YİD modeli ile yapılmayan ve ilk özel sektör doğal gaz santrali niteliğinde olan 770 MW gücündeki Ankara Baymina santrali Eylül 2001'de başlamış Şubat 2004'de ticari işletmeye geçmiştir. Yatırımın tamamı yabancı finansman kullanılarak yapılmış olup yatırımcı kuruluş ENGİE Grubudur. Bu santralin yer seçiminde temel neden tüketiciye ve doğal gaz boru hattına yakın oluşudur. Kullanma ve soğutma suyunu santrale yakın olan Ankara çayından arıtarak sağlamaktadır.

Bundan sonra da EÜAŞ, özel sektör ve yabancı yatırımcılar tarafından muhtelif kapasitelerde çok sayıda doğal gaz santrali kurulmuştur. Büyük kapasiteli olanları sıralarsak;

Ancak doğal gaz fiyatlarının Ülkemizde yükselmesi, elektrik bedellerinin rekabetçi konuma gelmesi ile santral verimlilikleri daha da önem kazanmıştır. İlk yapılan santrallerde verimlilik %48 - %52 arasında iken son yıllarda %58'lere yükselmiş şimdilerde ise %60 - %62'ler söz konusudur [2]. Buna rağmen kömürlü santrallerle rekabet edemez hale gelmiştir. Çünkü dünyada doğal gaz fiyatları düşerken ülkemizde yükselmiştir. Bir diğer

önemli husus elektrik arzı talepten fazla konuma gelmiştir. Yüksek verimli olan bazı santraller ve yük tevzi dengelemesi için gerekli olan bazı santraller zaman zaman çalıştırılmaktadır. Düşük verimli santraller ise tamamen kapatılmaktadır. Halen doğal gaz santralleri kapasitelerinin %32'sini kullanabilmektedir [5].

Bu ortamda fosil yakıtlı santrallarda gözler kömüre çevrilmiştir. Türkiye'deki kömür kalitesinin ithal kömürlere göre çok kötü oluşu fizibilitelere ithal kömüre dayalı santrallarda enerji maliyetinin daha düşük çıkması gibi nedenlerle yatırımcılar ithal kömüre yönelmiştir. Böylece dışa bağımlı olan ithal kömüre dayalı santral yatırımları başlamıştır.

İskenderun Yumurtalık'ta yapılan ve 2003'de işletmeye açılan 2x600 MW gücündeki İSKEN, Sugözü santrali bu santralin yer seçiminde en büyük etken ithal kömürün sadece deniz yolu ile gelebilmesi nedeni ile santralin de deniz kenarında olması gerekliliğidir. Ayrıca termik santrallerin soğutma suyu ihtiyacının da denizden temin edilmesi önemli bir avantaj teşkil etmektedir. Bundan sonra arka arkaya ithal kömüre dayalı santraller yapılmıştır (Şekil 12).



**Şekil 12.** Türkiye'nin ithal kömüre dayalı ilk termik santrali - 2x600MW İSKEN Yumurtalık Sugözü Santrali genel görünümü.

Gebze Dilovası'nda kurulan Çolakoğlu Termik Santrali mevcut demir çelik tesisinin liman imkânlarından yararlanarak ithal kömür yakıtlı olarak yapılmıştır. 190 MW gücündedir.

Eren Grubunun ZETES Enerji şirketi Zonguldak Çatalağzı'nda Aralık 2010'da 2x615 MW gücünde ZETES 2 ve 2016 yılında 2x700 MW gücünde ZETES 3 ithal kömüre dayalı santraller yapmıştır. Bu santrallerin kömürü deniz yolu ile geldiğinden buna uygun bir liman yapılması da gerekmiştir. ZETES Enerjinin 167 MW gücündeki ZETES-1 santrali da akışkan yataklı olup kömürü ithal edilmektedir. ZETES Enerjinin toplam ithal kömürlü santral kapasitesi 2797 MW olmuştur.



**Şekil 13.** 2x615 MW İÇDAŞ Bekilli, İthal Kömür Yakıtlı Termik Santral.

DİLER Grubuna ait Atlas Enerjinin Ağustos-Aralık 2014 tarihinde devreye giren, İskenderun'daki santrali 2x600 MW gücündedir. Santral, Yatırımcı kuruluşun demir çelik üretim tesislerinin yanına kurulmuş ve mevcut liman, santralin kömür ihtiyacını karşılayacak şekilde tevsi edilmiştir. Bu tesis bir organize Sanayi Bölgesinde kurulan ilk termik santral olup konumu gereği ağır çevre kriterlerini sağlamak durumunda kalmıştır.

İÇDAŞ Grubunun yaptığı ve 2014-2015 yıllarında devreye giren Çanakkale Karabiga Bekilli termik santrali 2x615 MW gücündedir. Bu santral da kömürü kendi yaptığı liman vasıtası ile getirmektedir. Aynı grubun ayrıca Karabiga Değirmencik santrali 3x135 MW gücündedir. Bu santral akışkan yataklı olup %20 kadar yerli kömür de kullanabilecek şekilde yapılmıştır.

İZDEMİR'e (İzmir Demir Çelik) ait ve 2014'te kurulmuş ithal kömüre dayalı termik santral ise 350 MW gücünde ve İzmir, Aliğa'dadır.

Çanakkale bölgesine yapılan son santral Alarko-Cengiz Grubunun Cenal Karabiga Santrali olup 2x630 MW gücündedir. Aralık 2017'de devreye girmiştir. Halen kurulmakta olan

ithal kömüre dayalı santraller vardır. Örneğin İskenderun Yumurtalık'ta %80'i Çin firması CPI'nın olan 2x660 MW gücündeki santral yapım aşamasındadır.

Resmi istatistiklere göre ithal kömüre dayalı santrallerin toplam gücü 2018 sonu itibarı ile 8938 MW'a ulaşmıştır [5]. Bu santrallerin elektrik üretimi yıllık 62 950 GWh olup bazı santrallerde uzun süreli arızalar olmasına rağmen, ithal kömüre dayalı santraller kurulu güçlerinde ve hatta kurulu güçlerinin üzerinde üretim yapmaktadır. Halen ülke ihtiyacının yaklaşık %21'ini karşılamaktadır. Ayrıca bu santraller kömür kalitesinin iyi olması (ısı değeri 6.000 kCal/kg'den fazla, kükürt oranı %1'den az, kül oranı %10-12 arası) nedenleri ile çevre sorunları en az olan kömür yakıtlı santrallerdir.

## GÜNÜMÜZDEKİ DURUM

2018 verilerine göre; Türkiye'deki elektrik üretiminde kurulu güç 83.200 MW olarak verilmektedir. Bu kurulu gücün %69'u olan 57.500 MW'ını fosil yakıtlı termik santraller, %31'i olan 25.700 MW'ını hidrolik santraller, rüzgâr, güneş, jeotermal santralleri gibi diğer tesislerdendir [5]. Akışkan Yataklı Kömür Yakıtlı Termik Santrallerden üç örnek, Şekil 4, Şekil 14 ve Şekil 15'de sunulmuştur.



**Şekil 14.** Enerjisa 3x150 MW Tufanbeyli Akışkan Yataklı, Kömür Yakıtlı Termik Santrali.

Son yıllarda yapılan yerli linyit yakıtlı yüksek kapasiteli santraller:

- EÜAŞ Çan 2x160 MW (Şekil 4)
- Enerjisa Tufanbeyli 3x150 MW (Şekil 14)
- Kolin Soma 2x255 MW (Şekil 15)
- Odaş Çan 2x160 MW (Şekil 31)
- Aksa Göynük 2x135 MW (Şekil 17)
- Silopi Asfaltit 3x135 MW
- Seydişehir Alüminyum T/S 120 MW (özel kullanım)
- Konya Çumra Şeker T/S 80 MW (özel kullanım)



**Şekil 15.** 2x255 MW Kolin Soma Akışkan Yataklı, Kömür Yakıtlı Termik Santrali.



2018'de kullanılan elektrik üretimi/tüketimi; Yıllık bazda 295.442 GWh olarak verilmektedir. Bu üretim/tüketimin %70,38'i olan 207.935 GWh'i fosil yakıtlı termik santrallerden %29,62'si olan 87,507 GWh'i su kaynaklarından ve yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır [5].

Bu verilere göre fosil yakıtlı santrallerin kurulu güçteki payı %69, üretimdeki payı %70 gibi olmuştur. Esasen bu santrallerin normal yıllık elektrik üretimi yaklaşık 430.000 GWh olması gerekir. Bir başka deyişle doğal gaz yakıtlılar dâhil fosil yakıtlı termik santraller kapasitelerinin yaklaşık yarısını (%48) kullanabilmektedir. Bunun nedenlerinden birisi; doğal gaz yakıtlı santrallerin üretim maliyetleri ve kış aylarında doğal gaz ithalinde oluşan kısıtlama nedenleri ile tam kapasite ile çalıştırılmaması, ikincisi de yerli kömür yakıtlı eski santrallerin da düşük verimle çalışmasıdır [5].

Halen yerli kömür (taş kömürü, asfaltit dâhil) ile çalışan santraller esas alınırsa kurulu güç 10.618 MW, yıllık üretim 50.584 GWh olup bu santrallerde ise kurulu güçlerine göre olması gereken yıllık üretim yaklaşık 79.635 GWh'dir. Görüldüğü gibi yerli kaynaklara dayalı termik santraller hiçbir kısıtlama olmamasına rağmen kapasitelerinin %63'ü kadar üretim yapabilmektedir. Bunun ana nedeni linyit yakıtlı santrallerimiz son yapılanlar hariç 25-40 yaş bandındadır. Bu gruba giren linyit yakıtlı santraller yukarda belirtildiği gibi Afşin Elbistan B dahil 7900 MW olmaktadır [5].

Sonuç olarak halen yerli linyit yakıtlı santrallerin %74'ünü teşkil eden eski santrallerde ortalama üretim (yeni yapılanların tam güce yakın çalıştığı kabul edilirse) 30.150 GWh olmaktadır. Bu ise olması gerekenin %51'i kadardır.

## GÜNÜMÜZDE TERMİK SANTRALLARDA YATIRIM KARARI KRİTERLERİ

1980'li yıllarda Türkiye'de sanayileşmenin artması ile birlikte elektrik talebi artışı yıllık ortalama %6-7'ler civarında olmuştur. Bu talebi karşılamak için devreye kısa sürede yapılabilen doğalgaz ve yüksek kapasitede yapılabilen ithal kömürlü santraller girmiştir.

Günümüzde ise; kalkınma hızının yavaşlaması ile %7-8 olarak beklenen talep artışı ancak %3-4'ler de oluşmuştur. Yani arz talepten fazla olmuştur. İthal kömürün ve doğal gazın dışa bağımlı yakıtlar olması, politika olarak elektrik üretiminin dışa bağımlılığını azaltma hedefi, nedenleri ile ithal kömür fiyatlarına sınır konulmuş, doğal gaz fiyatları ise tüm dünyada düşmesine rağmen, Türkiye'de 1990 ile günümüz arasında %100'den fazla bir fiyat artışı oluşmuştur [5].

Düşük kalorili ve zamanla özellikleri değişen yerli kömüre dayalı yüksek güçlü santrallerin yapılabilir olması, termik santral kazan teknolojisine "Akışkan Yataklı" kazan sisteminin etkili bir şekilde girmesi ile mümkün olmuştur. Akışkan yataklı kazan teknolojisinin gelişmesi uzun bir süreç almıştır. Başlangıçta 100-150 MW'a kadar kurulabilen akışkan

yataklı kazanlar günümüzde 500 MW'a kadar çıkmıştır. Türkiye'de ilk akışkan yataklı kazan kullanan büyük kapasiteli termik santral Şekil 4'de gösterilen Çan Santralidir. Kapasitesi 2x160 MW olan bu santral EÜAŞ tarafından 1996 yılında kurulmuş olup halen EÜAŞ tarafından işletilmektedir. Akışkan yatak teknolojisi ile çalışan 100-140 MW arsında kapasitesi olan bazı küçük santralleri de özel sektör kurmuştur. Seydişehir alüminyum tesisleri ve Konya Çumra şeker fabrikası bunlara birer örnektir.

Şimdilerde Soma'da 2x255 MW (Şekil 15), Tufanbeyli'de 3x150 MW (Şekil 14) Bolu Göynükte 2016-2017 yıllarında devreye giren 2x135 MW Aksa santrali (Şekil 17), Eskişehir Mihalicçık'ta yapımı tamamlanan henüz devreye girmeyen 2x145 MW kapasiteli Yunus Emre santrallerini sayabiliriz. Halen 2x400 MW gücünde Çayırhan B, 2x345 MW gücünde Afşin Elbistan A santrali 5. ve 6. Üniteleri ihale aşamasındadır. Bu santrallarda da akışkan yataklı kazan teknolojisi kullanılması amaçlanmaktadır.

Yukarda belirtildiği gibi halen elektrik üretim kapasitesi (kurulu güç) tüketimden fazladır. Bir yandan da yenilenebilir enerji kaynakları (HES, Jeotermal, rüzgâr ve güneş) yatırımları devam etmektedir. %15-20'leri bulan kayıp/kaçakların da dağıtım şebekelerinin özelleştirilmesi ile azalması beklenmektedir [6]. Bu nedenlerle yakın zamanda ithal kömür yakıtlı ve doğal gaz yakıtlı santral yatırımı olmayacaktır.

## TERMİK SANTRALLARDA YER SEÇİMİ

Yerli linyit kömüre dayalı santrallerinin başlıca yer seçimi faktörleri aşağıda sunulmuştur:

- Kömür madenine yakınlık, kömürün santrale getirilmesi ve depolanması
- Yasal çevre (ÇED) şartlarına uygunluk.
- Santral yerinin depremselliğinin uygun seviyede olması,
- Santral yerinin jeoloji, geoteknik, hidroloji ve topoğrafya açısından uygunluğu,
- Kullanma ve soğutma suyu temin yatırımlarının düşük maliyetli olması,
- Kireç taşına yakınlık,
- Santral atıklarının uygun koşullarda depolanabilmesi ve arıtılabilmesi,
- Ülke enerji dağıtım sistemine yakınlık ve bağlantı kolaylığı,
- Tüketim merkezlerine yakınlık,
- Trakya gibi yeterli arz yapılamayan bölgelerde olması,
- Santral için düşünülen alanın yeterliliği ve mülkiyet durumu,

Yukarıda sunulan faktörlere dair önemli ayrıntılar da aşağıda sunulmuştur:

### Kömür Madenine Yakınlık, Kömürün Santrale Getirilmesi ve Depolanması

Şekil 16'da Aksa Bolu Göynük Santrali ve Maden Sahası arasındaki ilişki açıkça görül-

mektedir. Söz konusu yakınlık ekonomik açıdan önemlidir. Şekil 17, Şekil 18, Şekil 19 ve Şekil 20’de ise kömürün taşınması ve depolanması ile ilgili örnekler sunulmuştur. Ayrıca kömür madenine yakınlık, taşınma ve depolanma aşağıda sunulan açılardan önem kazanmaktadır:



**Şekil 16.** 820 MW Ambarlı B Santrali (Eski fueloil santrali 4. ve 5. üniteleri yerine yapılan) ve 3x110 MW Eski Ambarlı Fueloil Yakıtlı Termik Santral.



**Şekil 17.** Aksa Bolu Göynük Santrali ve Maden Sahası (Googleearth, 2018).



- Taşıma ve ilk yatırım maliyetinin düşük olması: Taşımanın, santrale yakınlıkça konveyör sistemi ile yapılması ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasına karşı işletme maliyetinin düşük olması nedeni ile tercih edilmiştir. İklim ve güzergâh şartlarının elvermemesi durumunda kamyon ile taşıma yapılmaktadır.
- Taşırken olacak çevre kirliliğinin önlenmesi:  
Konveyör sistemleri ilk yapılan santrallarda galeri tarzında iken son yapılanlarda çevreyi daha az kirlüten boru-konveyörler tercih edilmektedir. Nakil sistemlerinin aktarma noktalarında filtrasyon ya da nemlendirme gibi tozu önleyici tedbirlerin alınması.
- Santral atıklarının kömür madeninden boşalan alanlara gönderilme maliyetinin ve çevre sorunlarının az olması:
  - Kül ve cüruf ile desülfirizasyondan çıkan atıkların depolanması için kömür alınan yerlere atılması tercih edilen bir sistem idi. Ancak son çevre yasalarına göre atık sahaları için özel hazırlanmış ve tabanları membran kaplı toprağı ve yer altı suyunu kirlletmeyen, tozuma yapmayan sistemler uygulanması gerekiyor.
  - Özellikle bu atıkların su ile karıştırılarak pompaj ile atık depolama barajlarına gönderilmesi çevre kirliliğı açısından iyi bir yöntem olmaktadır. Pek çok santralde bu yöntem uygulanmaktadır.



**Şekil 18.** 2x600 MW Atlas Enerji İskenderun Santralı Kömür Stok Sahası Çevre Koruma Duvarı.

- Santraldaki kömür stok ve homojenizasyon sistemleri çevre kirliliğı yaratan unsurlardır.





**Şekil 19.** 2x630 MW Cenal Karabiga ithal kömür yakıtlı santralin kapalı kömür park sahası.

İlk yapılan santrallarda kömür park sahaları gerek yer altı sularının kirlenmesi ve gerekse de tozuma nedeni ile çevre kirliliği yaratmakta idi. Son zamanlarda stok sahası tabanında membran ve kil tabaka teşkili gibi tedbirler alınması, drenaj sistemleri ile kömür tozlu sulu atıkların arıtılarak çevreye verilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Ayrıca tozumu önlemek için park sahalarının çevresinde stok yüksekliğinden daha yüksek (10-12 m) bir duvar sisteminin yapılması (örneğin Atlas Enerji İskenderun santralinde Şekil 14 ve Şekil 18) gerekmektedir. Ya da kömür park sahalarının üzerinin tamamen kapatılması (örneğin İÇDAŞ Bekilli ve Alarko- Cengiz CENAL santrallerinde kömür park sahaları tamamen kapatılmıştı) lazımdır (Şekil 19). Bir diğer yöntem de yeterli arsası olmayan santrallarda kullanılan 60-65 m çaplı 80-100 m yükseklikli silolarda depolama yöntemidir. Bu tür depolamaya homojenizasyona ihtiyaç olmayan ithal kömürlü santrallarda başvurulmaktadır. Örneğin yer darlığı nedeni ile CPI'nin ithal kömüre dayalı Yumurta-lık santralinde bu sistem uygulanacaktır.

- Kömür temin yerinin yakın olması ve kömür kalitesinin uygun olması nedeni ile bazı santrallarda kömür park sahası kullanılmamaktadır. Örneğin EÜAŞ Çan santralinde yapılmış olan kömür park sahası kullanılmamakta ocaktan gelen kömür bir sundurmanın altında toplanıp kırıcıdan geçirildikten sonra doğrudan santrale gönderilmektedir. Aynı şekilde Odaş'ın gene Çanakkale'de yaptığı santralde da kömür park sahası yapılmamış Şekil 15'de görüldüğü gibi ocaktan getirilen kömür bir

alana yığılarak kepçelerle kömür giriş bunkerlerine doldurularak sistem beslenmektedir. Bu çözüm kömür stok sahası yapmak için yeterli arsanın olmamasından kaynaklanmaktadır.

- Benzer şekilde kireç taşı stoklama sistemi de bazı santrallarda bir sundurma altında, bazı santrallarda bir hol içinde ve bazı santrallarda da betonarme silolar içinde stoklanmaktadır.



**Şekil 20.** 2x600 MW Atlas Enerji İskenderun İthal Kömür Yakıtlı Santralin Kömür Park Sahası Toz Önleme Konstrüksiyonu.

### Yasal Çevre Koşullarına Uygunluk

Termik santral yatırımının ilk yapılacak çalışma, ÇED Raporu hazırlanmasıdır. Seçilen yerin özelliklerine, yakıt cinsine ve diğer çevre kriterlerine göre ÇED raporlarının mecbur tutulması çevre sorunlarını önemli ölçüde azaltmıştır.

Son yıllarda Avrupa birliği uyum yasaları çerçevesinde çevre kriterleri zaman içinde ağırlaştırılmaktadır. Örneğin ilk yapılan santrallarda 500 mg/m<sup>3</sup> olan toz miktarı son yapılan santrallarda 30 mg/m<sup>3</sup>'lere kadar düşmüştür [3]. Özellikle kritik bölgelerde bu oran %10'un altında istenmektedir. Son yapılan ithal kömüre dayalı santralların tamamı bu limitin altındadır. Toz tutma filtreleri atk gaz sıcaklığı nedeni ile Elektro filtre türünde yapılmakta iken toz limitleri düşünce torbalı filtreler önem kazanmıştır. Özellikle yerleşim yerlerine yakın olan veya OSB içinde yapılan santrallarda toz limitleri sorun olmakta ÇED raporu hazırlanması sırasında yapılan toplantılarda bu konuyu aşmak için kriterlerde değişiklik yapılmaktadır.

Bu nedenle torbalı filtrelere geçilmek gerekmektedir. Torbalı filtrelerde torbaların santraldan atılan gaz sıcaklığına dayanıklı olması gerekir. Özellikle yaş desülfirizasyonlu santrallarda bu konu da sorun yoktur.

Bu konuda örnek Atlas enerjinin İskenderun santralidir. İlk planlamada toz tutma filtreleri elektro filtre tarzında seçilmiş ancak santral yerinin organize sanayi bölgesinde olması ve ÇED raporunda toz limitinin 10 mg/m<sup>3</sup> olması şartı konunca torbalı filtreye dönülmüştür. Şimdi bacadan çıkan atık gazda; 5 mg/m<sup>3</sup> civarında katı atık vardır.

### Depremsellik

Ülkemizin önemli bir bölümü deprem açısından sorunludur. Ancak iyi bir jeolojik, jeofizik ve jeo-teknik etüdünün yapılması halinde tesislerin tasarımının depreme dayanıklı olarak yapılması mümkündür. Örneğin Ambarlı A ve B doğal gaz santralleri şu anda kuzey Marmara fay hattının etkilediği İstanbul Avcılar, Beylikdüzü bölgesine yapılmış olmasına rağmen 99 depreminden sonra bu santrallerde bir problem oluşmamıştır. Ancak, diri fayların üzerinde böylesine önemli ve büyük yapılar asla yapılmamalıdır. Ayrıca, yer seçiminde; zeminin özelliklerine göre, deprem ya da sıvılaşma etkilerinin daha az olduğu bölgelerin seçilmesi, inşaat maliyetlerinde önemli avantajlar sağlamaktadır.

Kömür madeninin çıktığı yer, depremsellik açısından sorunlu ise, tektonik ve sismik çalışmaların daha özenle yapılmasında yarar vardır.

### Santral Yerinin Jeoloji, Jeo-teknik, Hidroloji ve Topoğrafya Açısından Uygun Olması

Şekil 21’de Kemerköy Linyit Yakıtlı Termik Santralinin çevresindeki diğer birimlerle ilişkisi açıkça görülmektedir. Özellikle tesise özgü zemin özelliklerinin, topoğrafyanın ve tesisin yüzey ve yeraltı su kaynakları ile ilişkisinin ayrıntılı bir şekilde tanımlanması zorunludur. Aşağıdaki konular da yapım maliyetini etkileyen ve bu yönü ile dikkate alınması gerekli konulardır. Santral sahasını seçerken;



**Şekil 21.** 3x210 MW Kemerköy Linyit Yakıtlı Termik Santrali.



- Sahanın topoğrafyası gereği büyük hafriyat ve dolgular oluşmamalı,
- Zeminin çeşitli durumlarda örneğin su ile temasta yük altında ve santral ömrü boyunca değişiklik göstermemeli, heyelan bölgelerinde olmamalı,
- Yer altı suları stabil olmalı ve temel tabanından daha aşağılarda olmalı,
- Yer altı sularının drenajı mümkün olmalı,
- Dere yatağı ve taşkın sularının sorun yaratmayacak şekilde drenajı mümkün olmalı,
- Santral sahasında yeteri sayıda sondaj yapıp sahanın 2 doğrultuda jeolojik kesitleri oluşturulmalı,
- Geoteknik etütler kapsamlı olmalı; temel tipinin seçilmesi, zemin ıslahı, oturma hesapları ve bina statik hesaplarında gerekli olabilecek tüm tetkikler yapılmalı. Örselenmemiş numuneler üzerinde yeterli laboratuvar testleri yapılmalı ve numuneler saklanmalı,
- Denizden su alma ve verme projeleri için denizle ilgili mevsimlere göre ve derinliklere göre sıcaklık dağılımı, deniz tabanı topoğrafyası, akıntılar, dalga yüksekliği, tsunami etüdü, boru güzergâhında yeteri sayıda sondaj, su alma ağzındaki zemin özellikleri, buru güzergâhında deniz tabanında sıvılaşma etüdü, deniz canlılarının türü ve mevsimsel değişiklikleri incelenmelidir.
- Maden sahaları da aynı şekilde incelenmeli ve olası problemlere karşı önlem alınmalı.

Yukardaki konularda karşılaşılan problemlere örnek verirsek:

- Çayırhan Termik Santrali 1. ve 2. Ünitelerinde zemin etüdü yapılmasına rağmen, zeminin bir şekilde su ile temas etmesi ile hacimsel küçülme olması problemi ile karşılaşılmış özellikle türbin temelleri için uzun süreli enjeksiyon ile zemin takviyesi yapılmıştır. Bu problemlerin çözümü nedeni ile yapım süresi bir yıl uzamıştır [4].
- Afşin Elbistan B santrali linyit kömür yatağı Çöllolar Sektörü, yer altı suyu kotunun gerektiği gibi düşürülemediği ve açık işletme olan maden yatağında oluşan kazı şevlerinin stabilitesi için gerekli etütler yetersiz ve/veya uyulmadığı için büyük bir heyelan oluşmuş ve ocak kullanılamaz hale gelmiştir [6].
- Ambarlı Termik Santrali Beylikdüzü heyelanlı sahanın yakınına yapılması nedeni ile santral–deniz arasındaki su alma ve verme boruları güzergâhında kazıklı ve taş dolgulu zemin ıslahı ve şev rehabilitasyonu yapılmak zorunda kalmıştır.
- Atlas enerji İskenderun santralinde santral sahasının engebeli oluşu ve sağlam zeminin çok derinde olması nedeni ile 45, 50 metreyi bulan yaklaşık 70.000 m kazık çakılması, çok sayıda istinat duvarı yapılması gerekmiştir [4].
- Ak Enerji’nin Erzin’de deniz kenarına yaptığı doğal gaz santrali denizin çok sık ve sıvılaşma özelliği olması nedeni ile denizden su alma maliyetinin çok yüksek çıkması nedeni ile denizden soğutma suyunu denizden alınmasından vaz geçilmiş ve hava soğutmalı sisteme geçilmiştir.

- Halen yapımı devam eden CPI'nın Yumurtalık'taki santralinin kotu deniz seviyesinden 50 m yukarda olması nedeni ile soğutma suyunun denizden alınma maliyeti yatırım ve işletme gideri olarak yüksek çıkmıştır. Bu nedenle soğutmanın tabii çekişli parabolik soğutma kuleleri ile yapılması planlanmıştır. Sadece tamamlama (make-up) suyu ve kullanma suyu ihtiyacı için denizden su alınıp tuzsuzlaştırma (desalination) yapılarak kullanılması planlanmıştır [4].
- Çatalağzı B1 santralinin yapılabilmesi için kaya bir tepenin yarısının hafredilmesi ve çıkan malzeme ile alüvyon olan kömür park sahasına 12 metrelik dolgu yapılması gerekmiştir [4].
- Akdeniz'de İskenderun'da yapılan santrallarda su sıcaklığının derinlikle çok fazla değişmemesi nedeni ile sirkülasyon suyu pompa binasına suyun su alma ağızı teşkili ve boru döşeme yerine kanal ile getirilmesi alternatifi kullanılmıştır [4].

### Kullanma ve Soğutma Suyu Temin Yatırımlarının Düşük Maliyetli Olması

Soğutma ve kullanma suyu temini santral yer seçiminde yatırım maliyeti ve işletme maliyetini etkileyen önemli bir unsurdur. Santralların deniz kenarına konumlandırılması taşımacılık ve soğutma suyu temini açısından önemli bir avantajdır. Bu tür santrallarda santral yerleşim kotunun deniz seviyesine yakın olması (en fazla 10-15 metre civarı) gerekir. Şekil 23'te Ambarlı B Doğalgaz Yakıtlı 820 MW Termik Santralin Denizden Su Alma Ağızı özel yapısı görülmektedir [4].



**Şekil 22.** 870 MW Gebze Dilovası ÜNİT-ANSALDO Doğalgaz Termik Santrali, Hava Soğutmalı Kondenser.



**Şekil 23.** 820 MW Ambarlı B Doğalgaz Santrali

**Denizden Su Alma Sistemi.** Bu sistemde denizden su alma borusuna giren yosun, midye, denizanası ve atıkların su alma borusuna girmesi denizden su alma ağızında yapılan ters üflemlerle bir sistemle önleniyor.

Deniz kenarında olup deniz seviyesine göre daha yukarda kurulma zorunluluğu olan santrallarda eğer sulu soğutma sistemleri seçilmiş ise sadece tamamlama (make-up) suyu denizden alınır. Böylece işletme maliyeti düşürülür. Kullanma ve proses suyu temini yakında güvenilir bir kaynak yoksa deniz suyunun arıtılması ve tuzsuzlaştırılması ile elde edilmesi tercih edilmelidir. Deniz kenarına yapılan santralların hemen hemen tamamı soğutma suyunu denizden temin etmektedirler.

Suyun bir baraj gölünden temini de söz konusudur. Ancak baraj göllerinin su seviyeleri mevsimlere ve yağışlara göre değişir. Bu rejime uygun su alma sistemleri yapılması gerekir. Örneğin Sarıyer barajı yakınında kurulan Çayırhan santralı soğutma, kullanma ve proses suyunu barajdan almaktadır [4].

Su temininin problemli olduğu yerlerde doğal çekişli parabolik soğutma kuleleri kullanılmaktadır. Ancak bu tür santrallarda da tamamlama suyuna ihtiyaç vardır. Örneğin Afşin Elbistan A ve B santrallarında tamamlama suyu 5-6 km uzaktan ve Ceyhan nehri kollarından birinden alınmaktadır. Aynı şekilde Tufanbeyli santralı yakınından geçen dere yatağında açılan keson kuyulardan temin edilmektedir [4].

Bir diğer problem yatırım başlangıcında planlanan su kaynağındaki rejimin zamanla değişmesidir. Kangal santralında santral sahasından geçen dere den su alınması söz konusu iken zamanla deredeki suyun azalması nedeni ile yapılan yatırım kullanılamamış ve yakındaki doğal kaynaklardan temin edilmiştir [4].

Yatağan, Yeniköy ve Soma santralları su teminini yakınlardaki barajlardan temin etmektedir. Kemerköy denizden almakta ancak santral kotu deniz seviyesine göre alışımlı dışında yüksektir (Yaklaşık 20-25 m civarında).

Su temini yöntemi pek çok alternatifi incelenmesi ve ilk yatırım ile işletme maliyetlerinin detaylı bir şekilde mukayesesi ile belirlenmelidir. Sorunun çözümü çok maliyetli ve problemli olması durumunda en büyük su ihtiyacı olan kondenserler, su soğutmalı yerine hava soğutmalı olarak yapılabilir.

### Kireçtaşına Yakınlık

Akışkan yataklı kazan teknolojilerinde yakma sırasında kireç taşı da kullanıldığı için kükürdün önemli bir kısmı kazan içinde tutulmaktadır. Atık gazların bacaya verilmeden önce SO<sub>2</sub> seviyesinin yasal limitlere düşürülmesi için az maliyetli bir kükürt giderme tesisi yapılması gerekli olmaktadır. Tüm bu işlemler için kireç taşı gerekir. Pülverize kazan teknolojilerinde yakma sırasında kükürt tutulumu olmadığı için SO<sub>2</sub> seviyesine göre önemli bir kükürt giderme tesisi yapılması gerekir ve burada da kireçtaşı kullanılır. Bu nedenle santral yakınlarında bir kireçtaşı ocağı olması taşıma maliyeti ve çevre kirliliği açısından önemlidir.





**Şekil 24.** 3x210 MW Kemerköy Termik Santrali Desülfürizasyon Sistemi  
Kireç Taşı Silosu.



### Santral Atıklarının Uygun Koşullarda Depolanabilmesi ve Arıtlanabilmesi

Son yıllarda santral atıklarının sulu sistemlerle depolanması tercih edilmektedir.

Santraldan çıkan katı atıklar:

- Kazandan çıkan kül ve cüruf,
- Filtrelerden çıkan uçucu kül,
- Kükürt giderme tesisinden çıkan katı atıklar,
- Kazandan çıkan drenaj suları,
- Su soğutmalı tesislerde kondenseden çıkan dönüş suları,
- Su tasfiye ünitesinden çıkan kimyasal atıklar ve ters yıkama suları, yağlı sular uygun şekilde arıtılarak doğaya verilmesi gerekir. Bunun için iklim şartları yeraltı suları ve zemin geçirgenliği çevre kriterleri dikkate alınarak uygun sistemler seçilmesi önemlidir.



**Şekil 25.** Seyitömer Termik Santralı Kül Depolama Barajı.



**Şekil 26.** 4x150 MW Çayırhan Termik Santralı Kül Barajı.

Şekil 25'te kül depolama amacıyla kullanılan Seyitömer Termik Santralı Kül Depolama Barajı görülmektedir.

Şekil 26'da Çayırhan Termik Santralı kül depolama barajı arkasında toplanan kül yığınları görülmektedir.

### Ülke Enerji Dağıtım Sistemine Yakınlık ve Bağlantı Kolaylığı

Santralda elde edilen elektrik enerjisi teşkil edilecek bir enerji nakil hattı ile mevcut olan 380 kV veya 154 kV enerji nakil hatlarına bağlanır. Ancak burada dikkate alınması gereken faktörler vardır. Örneğin yakın hattın ilave enerjiyi taşıyacak kapasitede olması, bağlantı noktası ile santral arasında makul bir mesafe olması, yeni yapılacak hattın geçtiği yerlerde istismak sorununun olmaması, çevre koşulları açısından hattın yapılabilir olması gerekir. Santral yerinin koşulları ve ülke ihtiyacı açısından bağlanacak şebeke gerilimine uygun üretim yapılması da gerekebilir. Örneğin Ambarlı B doğalgaz santralı İstanbul'daki bir kısım şebekenin 154 kV bir kısım şebekenin de 380 kV olması nedeni ile gaz türbininden elde edilen elektrik enerjisi 380 kV'lık hatta buhar türbininden elde edilen elektrik enerjisinin 154 kV'lık hatta bağlanacak şekilde yapılması gerekmiştir. Santralda teşkil edilen trafolar, kesiciler ve şalt sahaları bu ihtiyaca uygun yapılmıştır. Şekil 27'de Ambarlı B Doğalgaz Yakıtlı Termik Santralı 380 kV Şalt Sahasından bir ve Şekil 28'de ise 770 MW Ankara Baymina Doğalgaz Termik Santralından görüntüler sunulmuştur [4].

### Tüketim Merkezlerine Yakınlık

Tüketim merkezleri genelde sanayileşmiş bölgeler ve büyük nüfuslu şehirler olmaktadır. Bu kapsamda İstanbul, Kocaeli, Adapazarı, Bursa, İzmir, Manisa, İskenderun gibi bölgeleri sayabiliriz. Ayrıca, Ankara, Konya, Adana, Mersin, Gaziantep, Denizli, Samsun ve Kayseri de önemli tüketim yerleridir. Bu nedenle özellikle Doğal gaz santralleri bu bölgelere yakın kurulmuştur. Elektrğin üretildiği yer ile tüketildiği yer arasındaki uzaklık bir takım



kayıplar ve frekans problemleri oluşturmaktadır. Bu neden elektrik dağıtım şebekelerinin tüm ülkeyi kapsayacak şekilde değil bölgeler halinde dağıtım sistemi son yıllarda tercih edilen bir yöntemdir.



**Şekil 27. Ambarlı B Doğalgaz Yakıtlı Termik Santrali 380 kV Şalt Sahası.**



**Şekil 28. 770 MW Ankara Baymina Doğalgaz Termik Santrali.**

### Trakya Gibi Yeterli Arz Yapılamayan Bölgelerde Olması

Trakya bölgesi enerji temini Trakya’da halen mevcut doğal gaz santralleri ve boğazdan geçen enerji nakil hattı kapasitesi ile sınırlıdır. Çanakkale boğazında yapılmakta olan İstanbul’u ve Trakya’yı beslemek için deniz altından 380 kV’lık AC gerilimli ilk 2x1000 MW gücünde ve 2012 yılında ihalesi yapılan Lâpseki-Sütlüce arasındaki denizaltı geçişi ve kuzey Marmara enerji nakil hattı projesi halen devam etmektedir.

Ayrıca halen mevcut olan Türkiye Avrupa arasında elektrik enerjisi takasına imkân verecek bağlantının yetersiz olması nedeni ile Anadolu’yu Avrupa’ya bağlayan ikinci bir hat da aynı güzergâhta benzer güçte yapılmıştır.

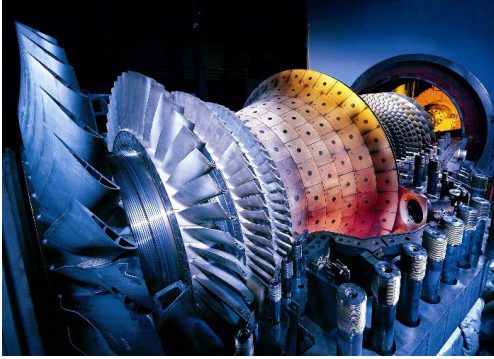
Trakya bölgesinde bulunan Ambarlı A/B ve Hamitabat doğal gaz santralleri faal durumdadır. Şekil 29’da Hamitabat Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral Modernizasyonu Sonrası görüntüsü sunulmuştur. Ancak Ünimar ve Enron santralleri düşük verimli santraller olup 2019 yılında EÜAŞ’a devredilmiştir. Bu nedenle bu bölgede termik santral



kurulması önem kazanmaktadır. Güney ve kuzey Marmara sahil şeridinde yapılacak enerji nakil hatları ile Çanakkale geçişi kullanılarak güney Marmara'daki santraller Trakya ve İstanbul tüketimine sunulma çalışmaları da yapılıyor [7].



Şekil 29. 1220 MW Hamitabat Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali.



Şekil 30. Ambarlı B Santrali yapım aşamasından iki görünüm,  
Kazan binası montajı (A) ve Gaz Türbini Montajı (B).

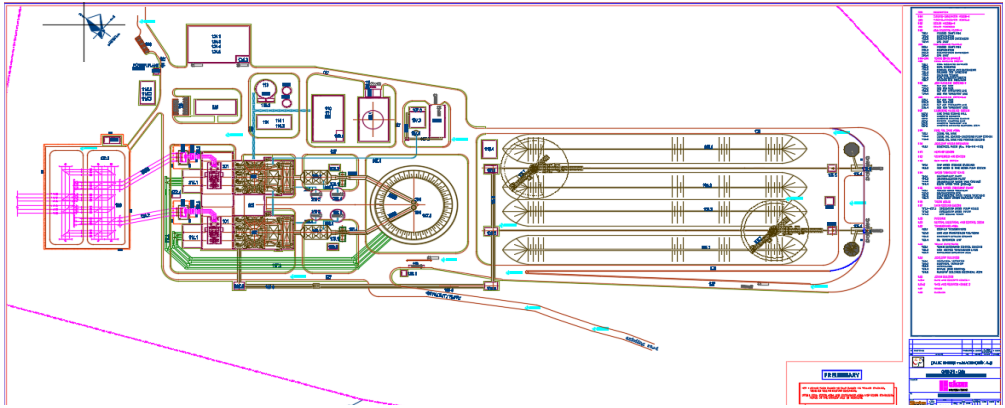
### Santral İçin Düşünülen Alanın Yeterliliği ve Mülkiyet Durumu

Santral için seçilen alanın santralin tüm ünitelerine yeterli olması ve mülkiyet sorununun olmaması gerekir. Şekil 32'de Tipik Bir Kömürlü Santral Genel Yerleşimi şeması izlenmektedir [4].



Şekil 31. 2x160 MW Yerli Linyit Yakıtlı Odaş Çan Termik Santrali,

Mülkiyet konusu çözülemediği için Santral içinde kalan özel mülkiyetli tarla Yeterli alan olmadığından kömür stok sahası yerine açıkta stoklama uygulaması.



Şekil 32. Tipik Bir Kömürlü Santral Genel Yerleşimi.

(Prokon'un Çankırı Orta Santrali için hazırladığı teklif projesinden).

Yapılacak çeşitli tür santrallarda büyük alanlar gerektiren yerler:

- Ana üniteler, kazan, türbin, jeneratör ve yardımcı tesisler,
- Kül cüruf siloları, filtreler fanlar ve bacalar gibi yardımcı tesisler,

- Şalt sahaları ve trafolar,
- İdari ve sosyal tesisler,
- Ham su kullanma suyu ve demineralize su depolama alanları,
- Kömür stok sahası, kömür kırma ve nakil tesisleri,
- Doğal gaz basınç düşürme (RMS istasyonu) tesisi alanları,
- Kireçtaşı stok sahası, kireç taşı öğütme ve depolama tesisleri
- Doğal çekişli parabolik soğutma kuleleri ve sirkülasyon pompa binalar,
- Hava soğutmalı kondenser tesisleri,
- Su soğutmalı soğutma kuleleri sahası,
- Atölye ve ambar sahaları,
- Deniz kenarında denizden su alma pompa binası,
- Santral ömrü boyunca kül ve cüruf atıklarının depolama sahası,
- Santral ömrü boyunca yetecek kömür rezervini barındıran maden sahası ve dekapaj sahaları,
- Kurulum sırasında gerekli olan makine ve malzeme stok sahası, Şantiye ve kontrollük geçici idari binaları, işçi yemekhane ve yatakhane ve sosyal tesisler binaları için gerekli geçici alanların temin edilmesi.

Yapılacak genel yerleşim planları ile bu sahalara karar verilip gerekli sahaların mülkiyetinin alınması ve bu sahalarda SİT ve ÇED kurallarına göre bir kısıtlama olmaması gerekir.

Sonuç olarak yeni yapılacak yerli linyit yakıtlı bir termik santralda yukardaki şartlar dikkate alınmalıdır.

**EKLER:****2018 Yılı Elektrik Piyasası Genel Görünümü (Düzenleme Tarihi 31.05.2019).**

2017 ve 2018 Yılları Elektrik Üretimi ve Tüketimi.

| Konu Başlığı           | Birim  | 2017 Yılı Değeri  | 2018 Yılı Değeri  | Değişim (%) |
|------------------------|--------|-------------------|-------------------|-------------|
| Lisanslı Kurulu Güç    | MWe    | 81.506,42         | 83.187,05         | 2,06        |
| Lisanslı Üretim*       | GWh    | 292.595,42        | 295.442,15        | 0,97        |
| En Yüksek Ani Puant    | MW     | 47.660            | 46.160            | 6,54        |
| En Düşük Ani Puant     | MW     | 18.336            | 18.212            | 5,09        |
| Lisanssız Üretim**     | GWh    | 3.031,33          | 8.212,41          | 170,92      |
| Lisanssız Kurulu Güç   | MWe    | 3.173,32          | 5.310,57          | 67,35       |
| YEKDEM Üretim***       | MWh    | 50.530.776,00     | 62.608.517,00     | 23,90       |
| YEKDEM Ödeme Tutarı    | TL     | 13.869.601.064,94 | 21.979.237.357,00 | 58,47       |
| Ortalama YEKDEM fiyatı | TL/MWh | 274,66            | 351,10            | 27,83       |
| YEKDEM Ek Maliyeti**** | TL/MWh | 23,84             | 31,75             | 33,18       |
| Fiili Tüketim          | GWh    | 292.003,54        | 302.772,30        | 3,69        |
| Faturalanan Tüketim    | MWh    | 225.713.528,13    | 233.610.029,54    | 3,50        |
| Tüketici Sayısı        | Adet   | 42.383.150        | 43.653.910        | 3,00        |
| İthalat                | GWh    | 2.729,06          | 2.466,01          | -9,64       |
| İhracat                | GWh    | 3.300,10          | 3.073,60          | -6,86       |
| Ağırlıklı Ortalama PTF | TL/MWh | 168,12            | 233,10            | 38,65       |
| Ağırlıklı Ortalama SMF | TL/MWh | 164,78            | 234,44            | 42,27       |

## 2017 ve 2018 Yılları Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı.

| Kaynak Türü    | 2017 Değeri (MW) | Pay (%)       | 2018 Değeri (MW) | Pay (%)       | 2017-2018 Değişimi (%) |
|----------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------------|
| DOĞAL GAZ      | 26.311,80        | 32,28         | 25.731,93        | 30,93         | -2,20                  |
| BARAJLI        | 19.746,05        | 24,23         | 20.534,80        | 24,69         | 3,99                   |
| LİNYİT         | 9.267,12         | 11,37         | 9.597,12         | 11,54         | 3,56                   |
| İTHAL KÖMÜR    | 8.936,35         | 10,96         | 8.938,85         | 10,75         | 0,03                   |
| AKARSU         | 7.509,98         | 9,21          | 7.748,90         | 9,32          | 3,18                   |
| RÜZGAR         | 6.482,12         | 7,95          | 6.942,27         | 8,35          | 7,10                   |
| JEOTERMAL      | 1.063,73         | 1,31          | 1.282,52         | 1,54          | 20,57                  |
| FUEL OİL       | 702,77           | 0,86          | 709,21           | 0,85          | 0,92                   |
| TAŞ KÖMÜR      | 616,15           | 0,76          | 616,15           | 0,74          | 0,00                   |
| BİYOKÜTLE      | 439,72           | 0,54          | 590,92           | 0,71          | 34,39                  |
| ASFALTİT KÖMÜR | 405,00           | 0,50          | 405,00           | 0,49          | 0,00                   |
| GÜNEŞ          | 17,90            | 0,02          | 81,66            | 0,10          | 356,19                 |
| NAFTA          | 4,74             | 0,01          | 4,74             | 0,01          | 0,00                   |
| LNG            | 1,95             | 0,00          | 1,95             | 0,00          | 0,00                   |
| MOTORİN        | 1,04             | 0,00          | 1,04             | 0,00          | 0,00                   |
| Genel Toplam   | <b>81.506,42</b> | <b>100,00</b> | <b>83.187,05</b> | <b>100,00</b> | <b>2,06</b>            |

## KAYNAKLAR

- [1] <https://www.babcock.com/> Web Sitesi Babcock&Wilcox Boiler sayfası.  
<https://www.shi-fw.com/> Sumitomo SHI FW-Global CFB Web Sitesi.
- [2] <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/power-generation/gas-turbines.html> Web Sayfası  
<https://www.ge.com/power/gas/gas-turbines/h-class> Web Sayfası
- [3] 03.09.2009 tarih ve 27277 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğini Kontrol Yönetmeliği ile 20.12.2014 tarih ve 29211 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan ilgili yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelik ve Ek-2.
- [4] Prokon Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş arşivi.
- [5] <http://epdk.org.tr/> Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu Web sitesinden; Resmi istatistikler/Elektrik Piyasası  
- 2018 Elektrik Gelişim Raporu/Meta veri (Not: Kullanılan tablolar aşağıda gösterilmiştir.)
- [6] TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Afşin Elbistan Çöllolar Açık Ocağı Heyelanları İnceleme Komisyon Raporu. (2 Aralık 2012 tarihli saha çalışması sonrası hazırlanan rapor.)
- [7] Çanakkale Boğazı Enerji Nakil Hattı Geçişİ  
<https://www.teias.gov.tr/en/node/261> TEİAŞ Deniz Altı ve Kara Kablosu Teknolojileri Semineri (25.05.2017)

<https://tr.prysmiangroup.com/tr/prysmian-group-canakkale-bogazini-deniz-altindan-bagliyor>  
<https://tr.prysmiangroup.com/tr/canakkale-bogazindaki-ikinci-denizalti-elektrik-baglantis-i-yine-prysmian-grup> tarafından bağlanıyor.



İsmail Salıcı  
isalici@prokon.com.tr

## ÖZGEÇMİŞ

İsmail SALICI, 1946 Uşak doğumlu olup İlk, Orta ve Lise tahsilini Uşak'ta yaptı. 1970 yılında İTÜ İnşaat Fakültesini Yüksek Mühendis olarak bitirdi. Bir yıl Karabük Demir Çelik İşletmesinde çalıştı. Askerlik görevinden sonra kısa bir süre Ankara'da özel bir mühendislik firmasında çalıştıktan sonra ortakları ile birlikte 1974 yılında Prokon Mühendislik ve Müşavirlik şirketini kurdu. 45. Yılıni dolduran Prokon'da 1000'i aşkın projede bil fiil yapma ve yönetme işlerini yaptı. Halen bu şirketin Yönetim Kurulu Başkanlığını yürütmektedir. 1985 yılında kurdukları Ekon A.Ş. firması ile pek çok endüstri tesisinin anahtar teslimi yapımını gerçekleştirdi. Prokon'un ana konularından birisi enerji sektörü yatırımlarının mühendisliği, müşavirliği, kontrollüğü ve yapımı olmuştur. Konumuzla ilgili olan ve çeşitli kademelerinde çalıştığı bazı önemli enerji projeleri mühendislik ve müşavirlik hizmetleri aşağıda belirtilmiştir:

- Seyitömer Santrali 3. Ünitesi ve Kül barajı,
- Kangal Termik Santrali 1, 2, 3. Üniteleri,
- Çatalağzı B 1 ve 2. Üniteleri,
- Çayırhan Termik Santrali 1 ve 2.Üniteleri Kül, Kömür Sistemi ve Kül Barajı ile



Desülfirizasyon Tesisi,

- Çayırhan Termik Santralının 3. ve 4. Üniteleri (Kül, kömür sistemi, kül barajı, Barajdan su alınması dâhil)

- Kemerköy Termik Santralı Desülfirizasyon Tesisi,
- Orhaneli Termik Santralı Desülfirizasyon Tesisi,
- Ambarlı Doğalgaz A Santralı,
- Kuzey Kıbrıs Fueloil Santralı,
- Afşin Elbistan B Santralı Ceyhan Nehrinden Su Getirilmesi,
- Tufanbeyli Santralına Kullanma ve Soğutma suyu Temini
- ODAŞ Termik Santralı,

Mühendislik ve devreye alma dâhil anahtar teslimi gerçekleştirilen enerji projeleri:

- Kangal Termik Santralı Elektro filtrelerinin rehabilitasyonu,
- Ambarlı B Doğalgaz Santralı,
- Ünit-Ansaldo Ortaklığına Gebze’de Doğalgaz Santralı,
- Afşin Elbistan B Santralı 2. Ünitesi Yangın Sonrası rehabilitasyonu,
- EÜAŞ Çan Santralı Desülfirizasyon Tesisleri.

## TERMİK SANTRALLERİN YER SEÇİMİNDE VE YÖNETİMİNDE YAŞANAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

**Tevfik Fikret TEKİN**, *Jeoloji Yüksek Mühendisi,*  
*TMMOB Enerji Komisyonu üyesi, Ankara,*  
**Ali YILMAZ**, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası,*  
*BTK ve Çevre Komisyonu Üyesi, Ankara.*

### ÖZET

Yaşanmış deneyimlere göre, termik santrallerin çevresel etkileri bölgeseldir ve çevrenin toprak su, hava, gürültü, kültürel, sosyo ekonomik ve ekolojik gibi tüm bileşenleri etkilenmektedir. Dolayısıyla yer seçiminde gözetilmesi gereken faktörler, tesislerin etkileyeceği alanları belirlemeyi öngören bir anlayışa dayanmalıdır. Termik santrallerin etki alanı ise, en azından tesisin yer aldığı yerel su havzası ve yakın dolayındaki çevrenin mevcut durumu gözetilerek tanımlanmalıdır. Tesisin etkileyeceği alanın içinde 1. Sınıf tarım arazileri ya da yönetmeliklerde belirtilen ve korunması gereken diğer unsurlar varsa, çevresel açıdan da **‘Fayda/Maliyet’**e dair durum değerlendirilmesi zorunludur.

Termik santrallerin yönetiminin planlanmasında gözetilmesi gereken başlıca evreler: Yer seçimi, termik santrallerin etkileyeceği alanın ve bu alanın mevcut durumunun tanımlanması evresi, Planlama ve hazırlık evresi (tesislerle birlikte, kullanılacak enerji türünün üretimi ve kullanılmasına değin tüm aşamalar dâhil), Tesislerin tasarımı, inşaat ve işletme evresi, İşletme sonrası (rehabilitasyon-iyileştirme) evre.

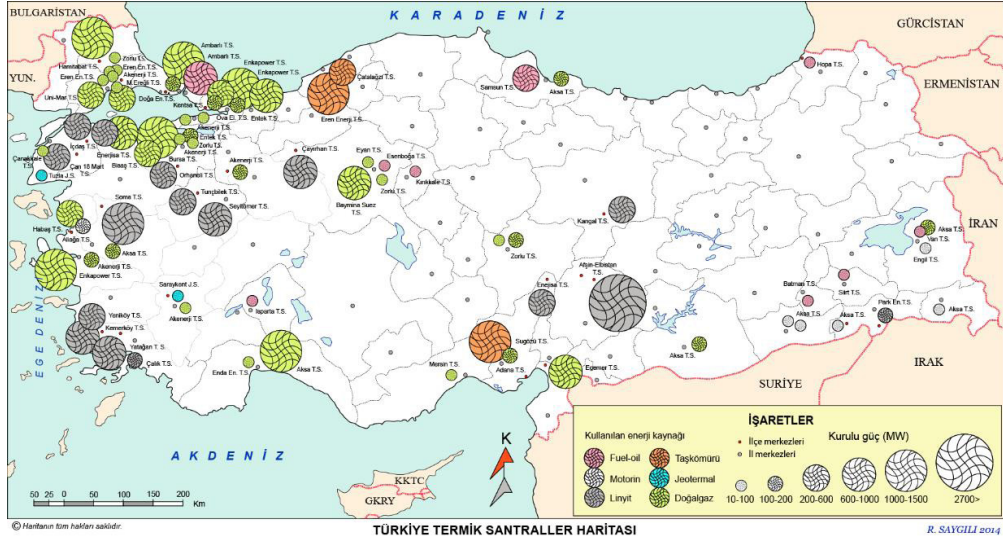
Kullanılan enerji türüne bağlı olmakla birlikte, uzun vadede, bu evrelerin her birinde, toprak, su, hava, gürültü, kültürel, sosyo-ekonomik ve ekolojik ortamlarda ortaya çıkması olası çevresel etkiler vardır. Söz konusu etkilerin yansıyacağı alan jeolojik ortamdır. Dolayısıyla, bu etkilerin denetimi için ayrıntılı jeolojik bilgiye gereksinim vardır. Bunun için, tesislerin etkileyeceği alanın öncelikle jeolojik, hidrojeolojik ve jeoteknik verilerinin derlenmesi ve bu verilerin entegrasyonu gerekmektedir. Böylece, ortaya çıkması olası herhangi bir sorun ortaya çıktığında, bu sorunun çözümüne dair bilgi alt yapısı ve bu bilgi alt yapısına dayalı eylem planları, daha önce oluşturulabilir. Bu çerçevede olası diğer teknik sorunlar ve yasal açıdan ortaya çıkan sorunlar (Uluslararası ve ulusal mevzuat açısından) ya da eğitimden kaynaklanan sorunlar da ele alınacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Termik santraller, yer seçimi, yönetim, çevresel etkiler.

### GİRİŞ

Enerji, en yalın tanımı ile iş yapabilme yeteneği olup, insan faaliyetlerinin sürdürülebilmesi için gerekli olan bir kaynaktır. Türkiye’nin termik santraller haritasına bakıldığında

santrallerin çoğunun Marmara ve Ege Bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 1). Bu bölgeler aynı zamanda insan faaliyetlerinin ve sanayinin geliştiği ve enerji gereksinimi olan bölgelerdir.



**Şekil 1.** Türkiye'nin termik santraller haritası ([www.cografyaharita.com](http://www.cografyaharita.com)).

2018 yılı verilerine göre Türkiye’deki mevcut proje stoku 128.099 MW değerine ulaşmıştır. 2023 için kurulu güç hedefi 125.000 MW seviyesi, altı sene önce öncesinden 2017 sonu itibarıyla aşılmıştır. 4800 MW kurulu gücündeki nükleer santral dahil değildir. Bu durumda hiçbir yeni proje lisans almasa dahi 2023 hedefi aşılmış olacaktır. Bu duruma kaynak kullanımı kapasite oranlarının düşmesi de yol açmıştır. 2017 yılı sonuna göre Türkiye’deki elektrik üretim santrallerinin kurulu gücü 85.200 MW seviyesindedir. Bu gözle bakıldığında ise arz imkânları talebin neredeyse 10 yılı ilerisindedir (Türkyılmaz ve Bayrak, 2018).

2017 sonu itibarıyla işletmedeki 35 adet linyit, taşkömürü ve asfaltit yakıtlı santralin kurulu gücü toplamı 10.000 MW dolayındadır. Üretim lisansı alınmış 5 yeni santral ile 2 ilave ünite yapım sürecindedir. Bu santraller oldukça eski olup düşük kapasite oranları ile çalışmaktadır (Aytaç, 2018).

Burada belirtilmesi gereken önemli bir konu da özelleştirilen santrallerin nasıl yönetildiğidir. Santralleri satın alan özel sektörün elli milyar dolardan fazla banka ve kredi borcu bulunmaktadır. Yeterli donanım ve elemanı bulunmayan özel sektör, bu santralleri verimli çalıştıramamaktadır. Darboğaza giren firmaları kurtarmak için elektrik zamları yapılıyor. Ancak bu firmalar kurtarılmak istenirken, ülke ekonomisi ve halk zarar görmektedir.

## YER SEÇİMİ VE ETKİ ALANININ TANIMLANMASI

Çan'da kömürün üzerine kurulan, Yeniköy ve Kemerköy'de denize yakın turistik bölgelere kurulan santrallerin yer seçimleri ne kadar hatalı ise; bu günlerde de Çanakkale-Biga ve Amasra dolayında peş peşe kurulan termik santrallerin yer seçiminde de aynı hatalar yapılmıştır. Ülkemizde ihtiyaçtan fazla enerji üretimi ortada iken, bu furya devam etmemelidir.

Alpu'da ve Trakya'da kurulması düşünülen termik santralleri, uygun standartlara getirmek bir yana; henüz bu santrallerin jeolojik, teknolojik, çevresel ve üretim sorunları tam olarak çözülmemiştir. Kurulması düşünülen santrallerin yerleri, 1. Sınıf tarım arazileridir. Bu gibi yerlerin seçimi, uygun değildir. Santrallerin atık suyunun, seracılık amacıyla çiftçiye verilmesi gibi hayaller kurulmaktadır. Fakat bu hayallerin ötesinde, Slovenya gibi küçük bir ülke bile kendi yöntemleri ile ve kendi ürettiği teknoloji ile (long Whall), yeraltı işletmesinden çıkardığı kömürle çalışan santralin sıcak suyunu, çelik borularla taşıyarak kentin ısınma ihtiyacını karşıladığı bilinmektedir.

Yukarıdaki örneklerde de görüldüğü gibi, geçmişte termik santrallerin yer seçiminde gereken özenin gösterilmediği görülmektedir. Oysa termik santrallerin yer seçimi iki açıdan son derece önemlidir:

**Öncelikle gözetilmesi gereken önemli husus**, tesisin çevresel etkilerinin kolaylıkla denetlenebileceği yerlerin seçimidir. Yer seçimi ve tesisin etki alanı iç içe konulardır. Dolayısıyla bunların birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Tesisin etkileyebileceği alan, jeolojik açıdan yerel su havzasının sınırlarıdır. Dolayısıyla, tesisin bulunduğu yerel su havzasının, çevresel açıdan duyarlı ortamları etkilemeyecek mesafede ve denetlenebilir olması gerekmektedir.

Söz konusu duyarlı ortamlar, ÇED yönetmeliklerinde tanımlanmıştır. Bunların başında tarım alanları, duyarlı ekosistemler, çevresel açıdan korunmaya alınmış diğer doğal ve kültürel mirası temsil eden ortamlar gelmektedir. Tesisin bulunduğu alanın, doğa kaynaklı afetlerin etkileyebileceği alanlardan da uzak olması gerekmektedir. Dolayısıyla, tesisin kurulmasına karar verilen yerlerin de etki alanlarının jeolojik, hidrojeolojik, jeoteknik ve jeofizik etütlerinin kapsamlı olarak irdelenmesi ve bu çerçevede ortaya çıkması olası katı, sıvı ve gaz atıklarının yayılabileceği ve etkileyebileceği alanların tanımlanması zorunludur.

**İkinci önemli husus**, tesislerin ekonomisi ile ilgilidir. Örneğin, tesis için gerekli enerji ve su kaynaklarına ve yerleşim birimlerine yakınlığı önemlidir. Bu yakınlık, tesisin ekonomisini doğrudan etkiler. Ayrıca, enerji kaynağının türü ve kullanılan teknoloji de faaliyetin ekonomisini ve çevresel etkilerini belirler. Yasal açıdan da, arazinin herhangi bir sorunla karşılaşmayacak düzeyde olması beklenir.

Sonuç olarak, termik santrallerden doğacak çevre sorunlarını aşmak üzere, daha baştan itibaren, yani termik santrallerin yer seçiminden başlayarak, santralin planlama ve hazırlık evresi (kullanılacak enerji türünün üretim süreçleri dâhil), inşası, işletilmesi ve sö-

kümü bir bütün olarak çevresel açıdan planlanmalıdır. Çevresel etki değerlendirme süreci kamuya açık, şeffaf, demokratik ve objektif olarak tamamlandıktan sonra, işletme evresi yaşama geçirilmelidir.

## MEVCUT DURUMUN TANIMLANMASI

Türkiye’de, kurulu termik santralleri ve sorunlarına önce kömürle çalışan santrallerden başlamak gerekir. Çünkü yaklaşık 51 termik santralin 16 adedi 100 MW üzerinde olup, diğerleri küçük kapasiteli oto-prodükör santrallerdir. Bir taş kömürü ve bir asfalttla çalışan santralin dışındakiler, linyit kömürü ile işletilmektedir (Tamzok, 2017). Ülkemizde bazı termik santrallerde kullanılan kömürlerin özellikleri Çizelge 1’de görülmektedir. Söz konusu Çizelge irdelendiğinde, kullanılan kömürlerin kalori değerleri düşük olmasına karşın, nem, kül ve kükürt değerleri yüksektir. Böylesi kömürlerin çevresel etkileri de elbette yoğun olur.

**Çizelge 1.** Termik santrallerde kullanılan linyitlerin bazı özellikleri (Avcı, 2005).

|                                 |          | Çayırhan | Orhaneli | Çan   | Tunçbilek | Seyitömei | Soma  | Afşin | Yatağan | Kangal |
|---------------------------------|----------|----------|----------|-------|-----------|-----------|-------|-------|---------|--------|
| <b>Nem (%)</b>                  | Minimum  | 21,71    | 21,29    | 18,21 | 10,65     |           | 12,62 |       | 14,81   | 49,83  |
|                                 | Maksimum | 26,44    | 31,71    | 26,00 | 14,82     |           | 27,00 |       | 37,75   | 52,06  |
|                                 | Ortalama | 24,08    | 24,69    | 19,43 | 13,26     | 32,98     | 17,70 | 50,00 | 30,25   | 50,63  |
| <b>Kül (%)</b>                  | Minimum  | 25,36    | 14,46    | 16,00 | 39,08     |           | 30,00 |       | 18,54   | 19,04  |
|                                 | Maksimum | 34,35    | 37,88    | 45,32 | 48,85     |           | 45,47 |       | 31,15   | 21,00  |
|                                 | Ortalama | 29,66    | 27,55    | 31,50 | 45,27     | 3 1,18    | 36,17 | 20,00 | 27,66   | 20,15  |
| <b>Kükürt (%)</b>               | Minimum  | 2,79     |          | 0,50  | 1,46      |           | 0,93  |       | 1,90    | 2,69   |
|                                 | Maksimum | 4,04     |          | 4,20  | 2,29      |           | 2,69  |       | 4,39    | 3,57   |
|                                 | Ortalama | 3,42     | 2,04     | 2,39  | 2,06      | 1,21      | 1,37  | 1,46  | 3,32    | 3,13   |
| <b>Alt Isı Değeri (Kcal/kg)</b> | Minimum  | 2557     | 2134     | 2406  | 2021      |           | 1486  |       | 1434    | 1207   |
|                                 | Maksimum | 2839     | 3412     | 3678  | 2657      |           | 3147  |       | 2890    | 1494   |
|                                 | Ortalama | 2698     | 2719     | 2965  | 2265      | 1900      | 2383  | 1050  | 2105    | 1334   |

Son açıklanan rakamlara göre, 18-19 milyar ton linyit rezervi tespit edilmiş, yıllık üretimimiz 100 milyon tonu bulmuştur (Enerji Bakanlığı; 2019 rakamları). Bu rakamlar, 2016 yılında 70,2 milyon ton ile dünyada 5. sırada olduğumuzu göstermektedir. Ülkemizdeki bu potansiyel ile 20.000 MW üzerinde linyite dayalı bir termik santral kurulu güç yaratılacağı düşünülmektedir.

En büyük 45 termik santralden sadece 20' sinde desülfürizasyon tesisi vardır. Ancak var olan sistemler de bazen çalışmamaktadır. Santrallerin tamamında azotoksit (DeNox) giderme sistemi yoktur (Aytaç, 2018). Linyit rezervlerimiz genellikle Neojen havzalarında olup çoğunlukla üst Miyosen yaştadır (MTA, 2010). Sanayide çeşitli enerji kaynakları kullanılabilir. Hatta bir enerji formu başka bir enerji formuna dönüştürülebilir. Termik santrallerde genel olarak kömür kullanılmakta ve elektrik üretiminin yaklaşık %40'ı da kömürlerin termik santrallerde kullanılması ile elde edilmektedir. Termik santrallerde fosil yakıtların yakılması ile kömürün bileşimindeki enerji elektrik enerjisine dönüşürken, hidroelektrik santrallerde ise potansiyel enerji, sıra ile kinetik enerji ve elektrik enerjisine dönüşmektedir. Dönüşüm sırasında çeşitli çevresel sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların önemli bir bölümü termik santrallerin işletme evresinde görülmektedir (Yılmaz, 2008 a ve b).

Yukarıda sunulan temel bilgiler irdelendiğinde, oldukça karmaşık bir etkinlikle yüze olunduğu açıkça görülmektedir. Ortamlar arasındaki etkileşimleri de göz ardı etmeden, böylesi bir durumda, termik santrallerin henüz faaliyete geçmeden etkileyebileceği ortamın (Yani yerel su havzası ve yakın dolayını içeren alanın) mevcut çevresel özelliklerinin (toprak, su ve hava ile ilgili parametrelerinin) tanımlanması gerekmektedir. Aksi halde, termik santrallerin yaratacağı çevresel kirlilik izlenemez ve denetlenemez.

## TERMİK SANTRALLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİ VE DENETİMİ

Termik santrallerin yönetiminde (yani planlama ve hazırlık evresi, inşaat evresi, işletme evresi ve iyileştirme (rehabilitasyon-revizyon) evresinde) çevrenin tüm bileşenleri etkilenmektedir. Toprak, su ve hava ortamları başta olmak üzere, ekosistemlerin, doğal ve kültürel mirası temsil eden varlıkların etkilenmemesi mümkün değildir. Önemli olan, ortaya çıkması olası sorunların, geri dönüşü mümkün olmayan bir sonucu yaratmamasıdır. Yani, çevresel değişimin bir bakıma sürdürülebilir bir düzeyde kalmasıdır.

Ülkemizde, termik santraller genel olarak kömür kullanılarak işletilmektedir. Kullanılan kömürün niteliklerine göre çevresel etkiler ortaya çıkmaktadır. Aslında gerek kömürlerin ocak işletmesi ve cevher zenginleştirilmesi, gerekse radyoaktif mineraller içeren kömürlerin termik santrallerde kullanılmasıyla, atmosfere açık hale gelen baca külleri ile radyoaktif minerallerin toprağa karışması kaçınılmazdır. Bu da önce, yapılan faaliyet toprak kirliliğine yol açacaktır. Toprak, su ve hava ortamları etkileşim içindedir. Dolayısıyla, herhangi bir ortamda ortaya çıkan bir kirlilik, diğer ortamları da etkileyecektir.

Termik santrallerin çevresel etkileri değerlendirilirken, sadece tesislerin değil, kullanılacak enerji türünün üretimi de gözetilerek, çevresel etkilerin bir bütünsel çerçevede ele alınması gerekmektedir. Örneğin, kömürün çıkarılması (yeraltı ya da açık ocak), zenginleştirilmesi, ulaşım, stoklama ve yakmaya hazırlık aşamalarında da doğal ve sosyal çevre etkilenmektedir. Dolayısıyla, böylesi projelerin reel akışı içinde, tesislerin yanı sıra üretilen



enerjinin üretim yöntem ve teknikleriyle birlikte çevresel açıdan **'Fayda/Maliyet'**e dair durum değerlendirilmesi zorunludur.

Örneğin, kömürün kullanılması sırasında, kömürün heterojen bileşimi nedeniyle gaz, buhar ya da partikül türünde çeşitli kirliliklerin ortaya çıkması kaçınılmazdır. Başlıca asit gazlar, dioksin ve furanlar, cıva, metaller, hidrokarbonlar, radyo izotopları ve uçucu organik bileşiklerin çeşitli türevleri dâhil olmak üzere hava kirliliğini yaratırlar. Ayrıca kömür kullanımının iklim değişikliklerine etkileri küreseldir. Bu etkiler, sonuç olarak yağış rejiminin değişimine, sıcaklık artışlarına ve ekosistemlerin alt-üst olmasına yol açar.

Bir termik santralde çevreyi olumsuz şekilde etkileyen atıklar, katı, sıvı ve gaz haline olabilir. Ayrıca, şöyle de sınıflandırılabilir: 1-Toz kirliliği; a- Kazan altında oluşan ve baca gazından dışa atılan küller (PM) b- Kömür taşıma, hazırlama ve stoklama ile kül taşıma ve stoklama sırasındaki toz kirlenmesi; 2-Baca gazında bulunan kimyasal maddeler, Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) gibi.

Termik santrallerin yönetiminin tüm evrelerinde, Seveso Direktifi veya Büyük Endüstriyel Kazaların Önlemesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik gözetilerek Proses Güvenliği'nin yanı sıra İş Güvenliği ve İş Sağlığı (İGS)'nin yasal alt yapısı oluşturulmalıdır (Anar, 2017a ve b).

## Planlama ve Hazırlık Evresi

Planlama ve hazırlık evresi, yer seçimi yapılan tesislere dair ayrıntılı planlama yapılması, tesislerin tasarımı ve inşaatı hazırlanması dâhil tüm çalışmaları içermektedir. Planlama ve hazırlık konusunu, hem kullanılacak enerji türü, hem de tesisin yapılması açısından ele almak gerekmektedir. Hangi tür enerjinin kullanılacağı, enerjiye dair bağlantılar, seçilen yere yönelik yolların açılması, zeminin yapısını belirlemek üzere sondajların yapılması bu evrede gerçekleşir. Dolayısıyla bu evrede de ciddi çevresel etkilerin ortaya çıkması mümkündür.

Örneğin, santrallerde kullanılan linyit, Neojen havzalardan, çoğunlukla üst Miyosen yaşta birimlerden üretilmektedir. Bu birimler genellikle kilaşı, marn, kumtaşı gibi malzemeleri içermektedir. Bu havzalardaki maden işletme projeleri, mühendislik normlarına uygun planlanmazsa, Elbistan'daki gibi facialar olabilir.

Bu evrenin ocak işletmelerinde en önemli sorunu, **susuzlaştırmanın** zamanında yapılmamasıdır. Suyu doygun birimlerin içerdiği suyu, işletme aşamasından 1-2 yıl önce; 60 cm. çapındaki ters sirkülasyonlu özel sondaj ekipmanları ile deşarj etmemiz gerekmektedir. Saniyede 8-10 litre suyun atılması ile ancak bu sistem başarılı olabilir. Elbistan ve Tufanbeyli havzalarında bu durum yeteri kadar önemsenmemiştir.

## İnşaat evresi

Bu evre, termik santrallere dair tesislerin, öngörülen planlama çerçevesinde inşaatlarının yapımını ve kullanılacak yakıtın kullanıma hazır hale getirilmesi gibi iki temel çabayı içermektedir. Her iki çabanın da çevresel etkileri olabileceği göz ardı edilmemelidir. Bu çerçevede, günümüzde, hem tesislerin yapımı, hem de kömür yeraltı madenciliği için (Şekil 2) çeşitli teknolojiler de kullanılmaktadır.

Kullanılacak teknolojilerin türüne göre, bir tesisin inşaatı ve benzeri faaliyetlerin de çeşitli çevresel sorunlara yol açacağı göz önüne alınarak bir düzenleme yapılmalıdır. Örneğin, inşaat nedeniyle kullanılacak malzemenin sağlanması ve kullanılacak yakıt kömür ise, ocak işletmesi ve kömürün zenginleştirilmesinin de bir bedeli vardır. Bu evrede ortaya çıkan katı atıkların bertarafı önemli bir sorundur. Ayrıca, çalışanların ve çevrenin hem ortaya çıkacak hava kirliliğinden, hem de atık su kirliliğinden etkilenmesi mümkündür. Bu evrede ortaya çıkması olası etkiler, yerel düzeydedir ve iyi bir planlama ile kısmen de olsa denetlenebilir.



Şekil 2. Tam mekanize yeraltı madenciliği, uzun ayak sistemi

## İşletme Evresi

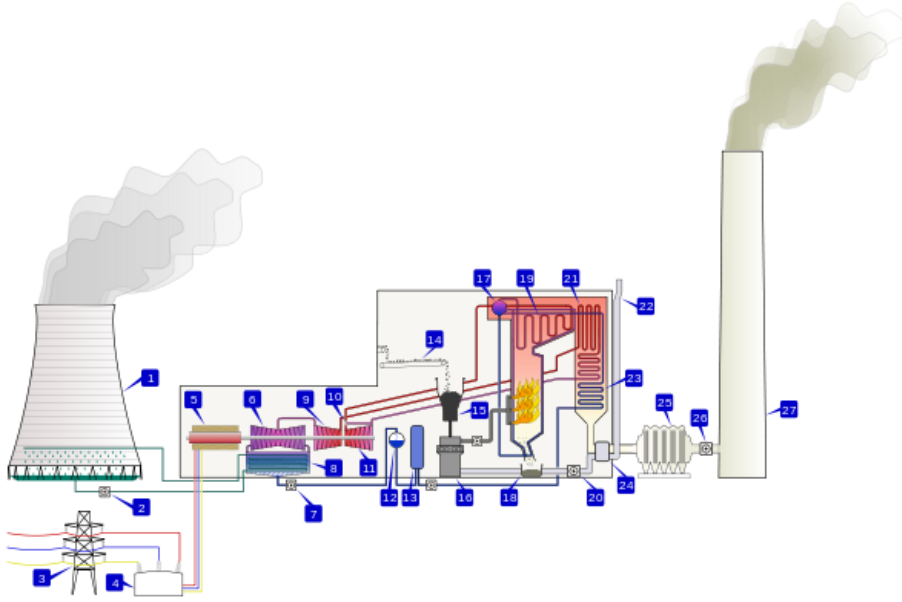
İşletme evresi, termik santrallerin yönetiminde en önemli evredir. Bu evrede, çevrenin tüm bileşenleri kapsamlı olarak etkilenmektedir. Toprak, su ve hava ortamlarının yanı sıra, ekosistemler, doğal ve kültürel mirası temsil eden varlıklar kaçınılmaz olarak etkilenmektedir. Bu etkileri, çeşitli önlemlerle en azından minimize etmek mümkündür. Bunun için önce tesisleri tanımakta yarar vardır.

Bir termik santralin genel görünümü, Şekil 3’de sunulmuştur (Ocak ve diğerleri, 2013). Genel olarak termik santralin başlıca elemanları kazan, kondensör ve soğutma kulesidir.



Şekil 3. Bir termik santralin genel görünümü (Ocak ve diğerleri, 2013)

Kazan, fosil yakıtın ısı enerjisine dönüştüğü, ısıнын da borulardan geçen suyun buhara dönüştüğü, yani yanma olayının gerçekleştiği yerdir. Basınç ve sıcaklığı azaltılmış buharın yoğunlaştığı ve tekrar su haline dönüştürüldüğü alanlar kondensör ile soğutma kuleleridir. Bir santralin genel şeması Şekil 4’ da görülmektedir.



|                               |                                   |                           |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 1. Soğutma kulesi             | 10. Buhar kontrol valfi           | 19. Süperfırın            |
| 2. Soğutma suyu pompası       | 11. Yüksek basınçlı buhar türbini | 20. Enerjili akım fanı    |
| 3. 3-fazlı Enerji nakil hattı | 12. Gazdan arındırıcı             | 21. Tekrar ısıtıcı        |
| 4. Yükseltici trafo (3-fazlı) | 13. Besleme suyu ısıtıcısı        | 22. Yanma hava girişi     |
| 5. Elektrik üretici (3-faz)   | 14. Kömür taşıyıcı                | 23. Ekonomizör            |
| 6. Düşük basınç buhar türbini | 15. Kömür besleme hunisi          | 24. Hava önısıtıcı        |
| 7. Yoğuşma pompası            | 16. Kömür öğütücü                 | 25. Elektrostatik filtre  |
| 8. Yüzey yoğunlaştırıcı       | 17. Buhar fiçisi                  | 26. Endüklenmiş akım fanı |
| 9. Orta basınç buhar türbini  | 18. Kül hunisi                    | 27. Baca                  |

Şekil 4. Termik Santral Şeması (Başaran, 2017).

Yukarıda tanıtılan termik santrallerin verimli bir şekilde çalıştırılması mümkündür. Örneğin, kömürün, öğütülerek toz haline getirildikten sonra kazan içinde yardımcı yakıt (fuel-oil) ile tutuşturulması, daha sonra kazan içinde oluşan ateş topunun üzerine sadece kömür tozu verilerek sürekli yanmanın sağlanması verimi artırmaktadır.

Bu işleyişi, sıra ile yanma sonucunda ortaya çıkan ısıнын kazan duvarında bulunan ve içinde su dolaşan borulara iletilerek buhar elde edilmesi, oluşan bu buharın basınç ve sıcaklık değerlerinin belirli bir değere ulaştıktan sonra buhar türbinine gönderilerek mekanik enerji elde edilmesi izler. Bu da, türbinin 3000 devir/dakika hız ile dönmesini sağlayarak, türbininin miline bağlı jeneratörü de aynı hızla döndürülerek elektrik enerjisi elde edilmektedir.

Günümüzde dünya elektrik üretimi %40 dolayında kömür kaynaklı termik santraller kanalıyla sağlanmaktadır. Dünyada elektrik enerjisi üretmek amacıyla termik santrallerde yakıt olarak kullanılan kömürlerin ısı değerleri 800kcal/kg'dan 5000-7000 kcal/kg düzeylerine kadar çıkmaktadır. Bu kömürlerin içerdikleri kül oranı ise ağırlık olarak %6-7' den %30~40'lara kadar çıkmaktadır. Taşkömürleri dediğimiz kömürlerin ısı değerleri 5000~7000 kcal/kg arasında değişirken içerdikleri kül oranı ağırlık olarak %6-12 arasında olmaktadır (Ocak ve diğerleri, 2013). Termik santrallerin verimliliği ise, ortalama %30-40 dolayındadır. Bu oran ortaya çıkan ısı enerjisinin, elektrik enerjisine dönüşme ve kömürün tamamının yanabilmesine dayanır.

Paris iklim değişikliği anlaşması küresel sıcaklık artışını 1,5-2 C derece kadar olmasını hedefler. Fakat dünyada CO<sub>2</sub> salımının kontrol edilememesi nedeniyle bu oran aşılabılır. CO<sub>2</sub> ve diğer sera gazı yoğunlukları ciddi oranda artmıştır (290'dan 375 ppm'e) (Gautier, 2005).

Dünyada enerji üretiminin 2030 yılında %50 fazla olacağı tahmin edilmektedir (EIA-ABD Enerji Enformasyon Dairesi). Bunun sonucunda CO<sub>2</sub> artışı da 2005 yılında 28,1 milyar tondan 2030 yılında 42,3 milyar ton düzeyine ulaşacak. **Kömür, tüm enerji kaynakları içinde en yüksek sera gazı salımına yol açan bir yakıttır.** Dünya kömür tüketiminin artışıyla, 2005 yılındaki 123 katrilyon BTU (British Thermal Unit) değerinin 2030 yılında 202 katrilyon BTU'ya yükseleceği tahmin edilmektedir (Ward, 2014). Aşağıda, termik santrallerin yönetiminde ve özellikle işletme evresinde, ortaya çıkması olası kimi sorunlara dair bazı değerlendirmeler yapılmıştır:

### **Desülfürizasyon, Kül, Partikül Sorunları**

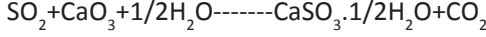
Son zamanlarda özellikle Afşin-Elbistan ve Kangal gibi termik santrallerin olduğu bölgelerde, kül, duman gibi santral bacasından çıkan ve çeşitli sağlık sorunları yaratan haberler gündeme geldi. Yukarıda da belirtildiği gibi termik santrallerin çoğunda desülfürizasyon sistemi bulunmamaktadır. Oysa linyit kömürlerindeki kül oranı, %30-40'lara kadar çıkmaktadır (Ocak vd. 2013). Termik santrallerinin desülfürizasyon sisteminin olmamasının yanı sıra, kömür rezervine yakın ve ovalarda olması, bu sorunu çevre açısından olumsuz etkilemektedir. Şekil 5'de bir Baca Gazı Delsülfürizasyon sistemi (**BGD**) örneği (**A**) ve bu sistemin akış şeması (**B**) görülmektedir. BGD sistemi şu ünitelerden oluşmaktadır: Absorber Sistemi, Baca Gazı Sistemi (Baca Gazı Isıtma Ünitesi ve İtici Fan), Alçıtaşı Deşarj Sistemi, Kireçtaşı Hazırlama Sistemi (Boşaltma, Depolama, Öğütme ve Bulamaç Besleme Sistemleri), Atık Su Arıtma Sistemi, Yardımcı Sistemler.

Baca gazındaki çıkan kimyasal maddeler; SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NOx vs.

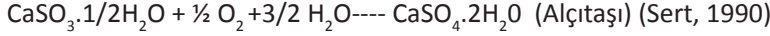
Linyit kömürlerinde %6'lara kadar varan S (kükürt) bileşeni, SO<sub>2</sub> olarak bacadan çıkar. Bunu bertaraf etmek için genellikle CaCO<sub>3</sub> (kalker) kullanılır. Kalkerin kükürdü absorbe etmesi için reaktif olması gerekir. Reaktivitesi 110 olan kalkerler, değirmenlerde 5-700

mikron arasında bir gradasyon seçimiyle öğütülür ve termik santralin akışkan yataklı fırınına pulverize olarak verilir (FGD sistemi; Flue gas desulfurization).

Absorbsiyon reaksiyonu;



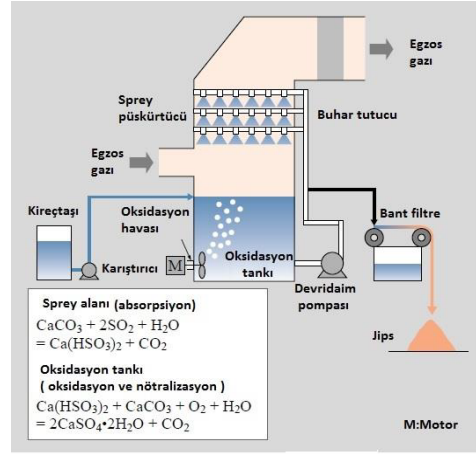
Oksidasyon reaksiyonu;



Sonuç olarak, bacadan 200 µg/m<sup>3</sup> den fazla SO<sub>2</sub> çıkmaması uluslararası standartlar gereğidir.



(A)



(B)

Şekil 5. Desülfürizasyon Sistemi, Kangal Termik Santrali (A) ve Baca Gazı Desülfürizasyon Sistemi Akış Şeması (B) (Dikmen, 2017).

BGD sisteminde kazandan çıkan baca gazının tamamının işleminden geçirilmesi gerekmektedir. Absorber kolonunda püskürtme nozulları aracılığıyla atomize olarak beslenen yıkama sıvısı, çok küçük damlalar halinde dağılarak absorberin tüm kesit alanını kapsaması sağlanır. Baca gazı ile ters akım olarak hareket edecek olan sıvı damlaları, SO<sub>x</sub> gazlarını soğuracaktır. SO<sub>x</sub> gazlarını soğuran sıvının oksitlenme ve nötralizasyon reaksiyonları, absorber kolonunda sıvı havuzunun bulunduğu alt bölümünde gerçekleşmekte ve yapay alçıtaşı (jips) oluşmaktadır (Dikmen, 2017). Ayrıca, sulu ve kuru sistemler ile amonyak içeren sistemler de vardır. Yaklaşık 15 yıl önce Yatağan'da SO<sub>2</sub> miktarı 4 misline çıkarak 800µg/m<sup>3</sup> değerlere ulaşmış, ilçede alarm verilmiş ve buna bağlı ölümler olmuştur. Bu konudaki en dramatik örnek, 1952 yılında Londra'da SO<sub>2</sub> havadaki sis yoğunluğu ile birleşerek sülfürik asit yağmuruna dönüşmüş ve 1 haftada 4.000'e yakın insan ölmüştür. Oluşan bu kirliliğe, 'Smog' ('smoke' + 'fog') terimi uygun görülmüştür (Reeves, Lenoir, 2006).

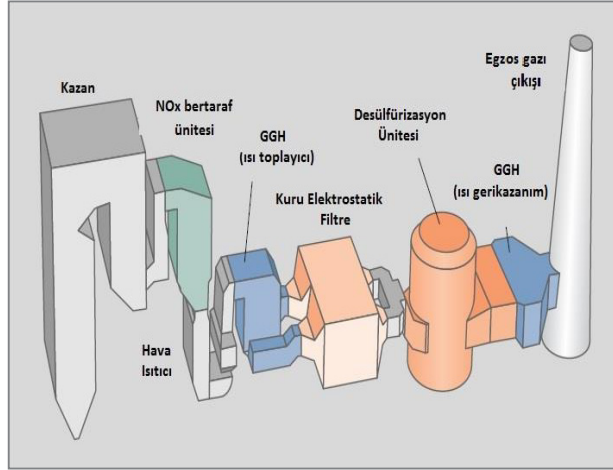


Şekil 6'da bir termik santralin ürünü olan su buharı ve diğer kirleticileri içeren baca gazının genel görünümü **(A)** ve Baca Gazı Bertaraf Sistemi Akış Şeması **(B)** sunulmuştur. Santrallerde, yanma işlemi sonrasında oluşması muhtemel atık gazlar; partikül madde,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  ve  $\text{SO}_x$ 'dir. Söz konusu yanma gazlarından  $\text{SO}_x$ 'in giderimi için çoğunlukla Baca Gazı Desülfürizasyon (BGD) sistemi, partikül madde giderimi için elektrostatik filtreler ve  $\text{NO}_x$  giderimi için ise Seçici Katalitik Redüksiyon yöntemi (DeNOX) sistemleri kullanılmaktadır (Dikmen 2017).

(A)



(B)



**Şekil 6.** Bir termik santralin ürünü su buharı ve diğer kirleticileri içeren baca gazı (A)

(Ocak ve diğerleri, 2013) ve *Baca Gazı Bertaraf Sistemi Akış Şeması (B)* (Dikmen, 2017).

Termik santrallerde buhar üretme, soğutma ve temizleme işlemleri için önemli miktarlarda su kullanılmaktadır. Kullanılmış sular, tekrar doğaya verilirken, doğadaki kirliliğin artmasına neden olmaktadır. Ayrıca baca gazları ile birlikte hava ortamına verilen uçucu küller yağmur suları ile tekrar yeryüzüne inmekte, bu da yüzey ve yeraltı sularında çeşitli kirliliklere neden olmaktadır.

Çizelge 2’de AB’de ve Türkiye’de kullanılan kömürlere dair havadaki kirletici emisyon değerleri görülmektedir (TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2012). Çizelgede görüldüğü gibi SO<sub>2</sub> değerleri yıllara göre değişim göstermekte, ancak hedeflenen değerlere ulaşamamıştır.

Hava kirliliğinin etkileri de küresel, bölgesel ve yerel ölçekte ortaya çıkmaktadır. Küresel ölçekte tartışma konusu olan, başta karbondioksit olmak üzere, sera gazlarının yol açtığı küresel ısınma sayılabilir. Bölgesel ölçekte asit yağmurları, ormanların tahribi ve göllerde oluşan asitliğin artması sonucunda ekolojik yapının bozulması da önemlidir. Ayrıca katı atıklar (cüruf, kül ve uçucu partiküller vb.) ortaya çıkar. Bu atıkların da düzenli deponi alanlarına taşınarak uzaklaştırılması gerekir.

Elektrik enerjisine dönüştürülemeyen ısı ise, ayrı bir çevre baskı değişkeni olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü bu ısı, atık suların soğumasını da engelleyen bir değişkendir. Bunlara ek olarak, termik santraller soğutma, buhar elde etme ve temizleme gibi çeşitli amaçlarla su kullanmakta ve tüm bu işlemler sonucunda tonlarca atık su oluşturmaktadırlar. Ortaya çıkan atık sular, ne kadar işleminden geçirilirse geçirilsin, bunların çevre kirliliğine yol açması kaçınılmazdır.

**Çizelge 2. Havadaki kirletici emisyon değerleri** (TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2012).

| KİRLİTİCİ       | AB-Limit Değerler |                   |                                                               | Türkiye-Limit Değerler |                                     |                  |                  |                  |                  |                  |                                                        |
|-----------------|-------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------------------------------------|
|                 | Süre              | Limit Değer       | Aşma Sayısı                                                   | Süre                   | 2009 ve Öncesi Sınır Değer          | 2010 Sınır Değer | 2011 Sınır Değer | 2012 Sınır Değer | 2013 Sınır Değer | 2014 Sınır Değer | Türkiye için AB Limit Değerlerin Geçerli Olacağı Tarih |
|                 |                   | (µg/m3)           |                                                               |                        | (µg/m3)                             | (µg/m3)          | (µg/m3)          | (µg/m3)          | (µg/m3)          | (µg/m3)          |                                                        |
| SO <sub>2</sub> | saat              | 350               | 24 kez/yıl                                                    | saat                   | 900                                 | 900              | 900              | 900              | 900              | 500              | 1 Ocak 2019                                            |
|                 | 24 saat           | 125               | 3 kez/yıl                                                     | 24 saat                | 400                                 | 370              | 340              | 310              | 280              | 250              |                                                        |
|                 | kış dönemi        | 20 (ekosistem)    | -                                                             | kış dönemi             | 250                                 | 225              | 200              | 175              | 150              | 125              |                                                        |
|                 | yıl               | 20 (ekosistem)    | -                                                             | yıl                    | 150 (insan sağlığı)                 | 150              | 150              | 150              | 150              |                  |                                                        |
| NO <sub>2</sub> | saat              | 200               | 18 kez/yıl                                                    | 24 saat                | 300                                 | 300              | 300              | 300              | 300              | 300              | 1 Ocak 2024                                            |
|                 | yıl               | 40                | -                                                             | yıl                    | 100                                 | 92               | 84               | 76               | 68               | 60               |                                                        |
| NO <sub>x</sub> | yıl               | 30 (ekosistem)    | -                                                             | -                      | -                                   | -                | -                | -                | -                | 30               | 1 Ocak 2014                                            |
|                 | 24 saat           | 50                | 35 kez/yıl                                                    | 24 saat                | 300                                 | 260              | 220              | 180              | 140              | 100              |                                                        |
| PM10            | kış dönemi        |                   |                                                               | kış dönemi             | 200                                 | 178              | 156              | 134              | 112              | 90               | 1 Ocak 2019                                            |
|                 | yıl               | 40                | -                                                             | yıl                    | 150                                 | 132              | 114              | 96               | 78               | 60               |                                                        |
| Pb              | yıl               | 0,5               | -                                                             | yıl                    | 2                                   | 1,8              | 1,6              | 1,4              | 1,2              | 1                | 1 Ocak 2019                                            |
| C6H6            | yıl               | 5                 | -                                                             | -                      | -                                   | -                | -                | -                | -                | 10               | 1 Ocak 2021                                            |
| CO              | 8 saat            | 10000             |                                                               | 8 saat                 | -                                   | -                | -                | -                | -                | 16000            | 1 Ocak 2017                                            |
|                 | yıl               |                   |                                                               | yıl                    | 10000                               | 10000            | 10000            | 10000            | 10000            | 10000            |                                                        |
| 24 saat         |                   |                   | -                                                             | 24 saat                | 30000                               | 26000            | 22000            | 18000            | 14000            | 10000            |                                                        |
|                 | 8 saat            | 120 (hedef değer) | 25 gün/yıl                                                    | 8 saat                 | 120 (2022 için hedef değer)         |                  |                  |                  |                  |                  | 1 Ocak 2022                                            |
| O <sub>3</sub>  | saat              | 180 (bilgi eşiği) | -                                                             | saat                   | 180 (bilgi eşiği) 240 (uyarı eşiği) |                  |                  |                  |                  |                  |                                                        |
|                 |                   | 240 (uyarı eşiği) |                                                               |                        |                                     |                  |                  |                  |                  |                  |                                                        |
| Arsenik         | yıl               | 0,006             | Bir yılda PM10 fraksiyonundaki toplam içerik için hedef değer | yıl                    |                                     |                  |                  |                  |                  |                  | 1 Ocak 2020                                            |
| Kadmiyum        | yıl               | 0,005             |                                                               | yıl                    |                                     |                  |                  |                  |                  |                  |                                                        |
| Nikel           | yıl               | 0,02              |                                                               | yıl                    |                                     |                  |                  |                  |                  |                  |                                                        |
| Benzo(a)piren   | yıl               | 0,001             |                                                               | yıl                    |                                     |                  |                  |                  |                  |                  |                                                        |

NOT: 1 Ocak 2014'ten itibaren AB limit değerlerinin geçerli olacağı tarihe kadar limit değerler toleranslı değerlerdir. AB Limit Değerlerin geçerli olacağı tarihlere kadar tolerans payları sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır

NOT: 1 Ocak 2014'ten itibaren AB limit değerlerin geçerli olacağı tarihe kadar limit değerler toleranslı değerlerdir. AB Limit Değerlerin geçerli olacağı tarihlere kadar tolerans payları sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır

Çevre kirliliğinin denetimi için Avrupa Komisyonu Ocak 2008’de aşağıda belirtilen bir iklim ve enerji paketini önermiştir;

- 1-Sera gazı emisyonlarının 2020 yılı itibariyle %20 oranında azaltılması,
- 2-Yenilenebilir enerji payının 2020 yılı itibariyle %20 oranında artırılması,
- 3-Enerji verimliliğinin 2020 yılı itibariyle %20 oranında artırılması

### ***Su sıcaklığı***

Su sıcaklığı, ekolojik yaşam açısından da önemli bir değişkendir. Suda bitkilerin yetişmesi, mikroorganizmaların faaliyeti, organik maddenin parçalanması ve mineralizasyonu ile tüm kimyasal olayların devam etmesi için su sıcaklığı önemlidir. Dış etkenlerin ne kadar bu sıcaklığı ve sıcaklığın dağılımını etkileyeceği, kimi durumlarda rahatlıkla ölçülemez. Santral soğutma suyunun denize boşaltılması durumunda, bunun deniz eko sistemini bozabileceği gözardı edilemez (Smith ve Tirpak, 1989, Storch ve diğerleri, 1992; Çakmak, 2013’den).

### ***CO<sub>2</sub> ve Atık Isı***

Bilindiği üzere, 1 MWe kurulu gücü olan kömür santralleri saniyede 0,24 kg CO<sub>2</sub> üretirken, 1,5 MW’lık ısı yaymaktadır (%40 verim). Bunun da belli bir oranda da olsa, bölgesel iklimi etkileyebileceği ifade edilmektedir. Sonuç olarak, küresel ve bölgesel ısınmayı değerlendirmede atık ısı ve CO<sub>2</sub> yayılımı iki temel değişken olarak karşımıza çıkmaktadır. Su buharı, toz ve SO<sub>2</sub> duman ve bulut oluşumuna neden olsa bile, bunların suyun küresel ısınması açısından çok da anlamlı olmadığı bilimsel verilerle açıklanmıştır (Kellermeyer, 1980; Wikipedia, 2010). Dolayısıyla, yapılan değerlendirmeye göre, fosil yakıtların çevre açısından yarattığı yük, diğer enerji türleri ile kıyaslandığında makul bir düzeye işaret etmediği ileri sürülmektedir.

### ***Sağlık sorunları***

Dünya Sağlık ve Çevre Birliği’nin (Health and Environment Alliance- HEAL) yayınladığı verilere göre Türkiye’de taşkömürü ve linyite dayalı elektrik üretiminde bulunan termik santrallerin kirleticiliği ciddi sağlık sorunları yaratmaktadır. Bu sağlık sorunlarının parasal değeri hesaplanmıştır. Kömür santrallerinin yol açtığı hava kirliliği en başta akciğer ve kalp üzerinde etkili olmaktadır. Bronşit, anfiyem, cilt ve akciğer kanserleri ile kalp-damar hastalıklarındaki artışın temel nedeni hava kirliliğidir.

Ayrıca, havaya salınan ağır metaller, aromatik hidrokarbonlar ve kalıcı organik kirleticilerin çeşitli biçimlerde insan vücuduna girebilmektedir. Özellikle çocuklar, yaşlılar ve hastalar daha çok bu kirleticilerden etkilenmektedir. Sağlık faturasının milli ekonomiye yükü ise 2.9 ile 3.6 milyar avro/yıl olduğu değerlendirilmektedir.

## İyileştirme Evresi

Termik santrallerin iyileştirme (**Rehabilitasyon – Revizyon**) evresi, kömür işletmeleri dâhil, tesislerin yönetiminin her evresini de içerecek şekilde planlanmalıdır. Şekil 7’de Elbistan, Kışlaköy kömür sahası görülmektedir. Afşin-Elbistan A-B santrallerinde rehabilitasyonun ve revizyonun yapılmaması nedeniyle, verimlilik %25’lere kadar düşmüştür. Değirmen ve elektrofilitreler son derece bakımsız ve eski olduğundan, çevreye zararlı partikülleri saçarak hale gelmiştir. Tesislerin ömrünü tamamlamasından sonra ya da bu amaçla kullanılan kömür sahalarında, toprağa ve yöreye özgü bitkilerin yetiştirilmesi (rekültivasyon) gerekmektedir.

Ayrıca, tesislerin yönetiminde önemli yeri olan baca gazı arıtma tesislerini yapma zorunluğu olmasına karşın bu konuda herhangi bir çaba yoktur. Oysa bu tesislerin 2019 yılı sonuna kadar yapılandırılması gerekmektedir. Yaklaşık 12 termik santrali özelleştirme yoluyla işleten özel sektör (ve kamu sektörü de dâhil) bu tesisleri henüz kurmamıştır. Çalışmayan bu sistemler nedeniyle santraller çevreye kül, SO<sub>2</sub> gibi kirleticileri yaymaya devam ediyor. Örneğin Kangal’daki elektrofilitreler yoluyla %98 kül tutulması bile dünya ölçülerinin altında iken şu anda bu orana dahi erişilememektedir.



Şekil 7. Elbistan Kışlaköy kömür sahası

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı **“yerli kömürde yeni nesil ileri teknoloji santralleri kurma şartı getiriyoruz, yerli kömüre dayalı ihalelerde birinci şartımız emisyon değerlerini, AB kriterleri dikkate alınarak belirliyoruz”** demektedir. Peki o halde eski santrallerin emisyon değerleri ne olacak? Bu konuda sürekli ertelenen desülfürizasyon kurma üniteleri ne zaman hayata geçirilecek?

## TERMİK SANTRALLERİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kömüre veya doğalgaza dayalı termik santrallerin insan ve çevre üzerindeki etkileri küresel ve bölgesel açıdan basit hesaplamalar ile incelenebilmektedir. Özellikle CO<sub>2</sub> kaynaklı sera gazı etkisinin bölgesel ve küresel açıdan etkin olduğu kabul edilmektedir. Buna atık ısının etkilerini katmak gerekir.

Santrallerde soğutma suyu olarak kullanılan deniz suyunun sıcaklık değişim profili sonlu farklar yaklaşımı ile hesaplanabilmektedir. Santrallerin atık ısı etkisi, sera gazı etkisinin ancak %1'dir. 2005 yılı için sera gazı etkilerinin %60'dan fazlası ise CO<sub>2</sub>'den kaynaklandığı IPCC verilerinden anlaşılmaktadır. En çok CO<sub>2</sub>'in küresel ısınmaya katkısı vardır. Ancak diğer önemli bir nokta ise santrallerin anlık atık ısı etkisi, CO<sub>2</sub> etkisi ile aynı düzeyde olduğu bilimsel çalışmalarda görmek mümkündür. Bir santralin atık ısı yönü ile küresel etkisi, tüm yıl boyunca çalıştığı kabul edilmesi durumunda, üreteceği tüm atık ısı atmosfere salındığında dahi küresel etkisi 0,11x10<sup>-5</sup> °C/yıl'dır. Santralin yerkürenin ışımsal kuvvetine katkısı 0,6x10<sup>5</sup> W/m<sup>2</sup> olarak hesap edilmiştir. Yani, santrallerin 0,0054 W/m<sup>2</sup> ışımsal gücü, güneşin ışımsal gücü olan 128 W/m<sup>2</sup>'den çok küçüktür (Çakmak, 2013).

Yukarıda sunulan pembe tablonun ne ölçüde gerçeği yansıttığı tartışmaya açık bir konudur. Ancak, şu hususu da gözardı etmemek gerekmektedir. Fosil yakıtlar, Güneş enerjisinin jeolojik geçmişte on milyonlarca yılda depoladığı kaynaklardır. İnsanoğlu, bu kaynakları birkaç yüzyıl içinde tüketmekle karşıkarşıyadır. Yani on milyonlarca yıl depolanan bir kirlilik, birkaç yüz yıl içinde atmosfere geri verilecektir. Bunun geri dönüşü mümkün olmayan sonuçlara yol açmaması mümkün değildir.

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yukarıda termik santrallerin yapısı ve işleyişi, çevresel etkileri ve ortaya çıkan sağlık sorunları irdelenmiştir. Ayrıca çevresel etkilerin ÇED'in çatısı altında değerlendirilebileceği ortaya koyulmuştur. Sunulan bilgiler, termik santrallerin de ciddi çevresel etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, böyle bir faaliyetin de, planlama ve hazırlık, inşaat ve işletme evrelerinin ayrı ayrı değerlendirilmesinde yarar vardır. Her evrenin de toprak, su, hava (gürültü ve koku dahil), ekolojik ortam, doğal ve kültürel miras ile sosyoekonomik ortamlardaki etkileri dikkate alınmalıdır (Yılmaz, 2008 a ve b).

Ülkemizde termik santrallerde en çok linyit kullanılmaktadır. Linyit, düşük kalorifik değere sahip, kül ve kükürt içerikleri yüksek, düşük kaliteli bir kömürdür. Linyite dayalı santrallerde kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) emisyonlarının yüksek olması en önemli sorunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Olası çevre sorunlarını aşmak üzere, termik santrallerin **yer seçiminden** başlayarak, santrallerin yönetiminde önemli yeri olan kullanılacak **enerji türünün üretim süreçleri de dikkate alınarak** planlanması, inşası, işletilmesi-teknolojisi, sökümü ve iyileştirilmesi bir

bütün olarak değerlendirilmelidir. Tesislerin işletilmesi de, bu değerlendirmeden sonra, halkın da katılımıyla **ÇED süreçlerinin şeffaf ve demokratik bir ortamda** tartışılıp hayata geçirilmelidir.

Mevcut santrallerde gelişmiş teknolojiler kullanarak, elektriğin birim üretimine karşılık gelen gaz emisyonları ve diğer kirlenici miktarları azaltılabilir. Çevre mevzuatında da öngörüldüğü düzeyde SO<sub>2</sub> emisyon değerlerini düşürmek amacıyla baca gazı desülfürizasyon (BGD) birimleri eklenebilir. Kömürün çevreye zarar vermeden yakmanın önlemleri alınmalıdır. Bunun için kazan tasarımı, kömür yıkama, gazlaştırma, akışkan yatak teknolojilerinin kullanılması hususları gözden geçirilmelidir.

Termik santrallerde ortaya çıkan kirliliği kısmen de olsa önlemenin yolu, özellikle işletme evresinde, en azından kalorisi yüksek kaliteli kömürlerin kullanılması ve termik santrallerin bacalarına ileri teknolojilere sahip filtrelerin konulmasından geçer (Yılmaz, 2008 a ve b). Halen faaliyette olan ve kömürle çalışan mevcut termik santrallerin sorunları çözülmeden ve Jeolojik araştırma, finansman sorunları, arz ve talep dengesi gibi çözülmesi gereken temel sorunları aşmadan ülkeye yeni santralleri kurmanın, yarardan çok zararı olabilir.

2009 yılında yayımlanan “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (SKHKK)”ne göre, termik santrallerdeki baca gazı kükürt dioksit sınır değeri 1.000 mg/Nm<sup>3</sup>tür. Bununla birlikte, AB’nin 2001 yılında onayladığı “Büyük Yakma Tesisleri Direktifi (LCP)”ne bağlı olarak Türkiye’de 2010 yılında yayımlanan ve bazı limit değerleri 2019 yılında uygulamaya girecek olan “Büyük Yakma Tesisleri Yönetmeliği” ne göre, emisyon limit değerlerinde azalma olacak ve kükürt dioksit için sınır değer 400 mg/Nm<sup>3</sup> olacaktır. Ayrıca, AB’nin Büyük Yakma Tesisleri Direktifi’nden sonra 2010 yılında onayladığı Endüstriyel Emisyonlar Direktifi ile endüstriyel emisyonların, tüm alıcı ortamlara etkilerinin birlikte değerlendirildiği entegre yaklaşımı öngören **“Entegre Çevre İzin”** mevzuatı Türkiye’de yürürlüğe girmelidir. Bu çerçevede, yeni yapılacak tesisler ve mevcut tesisler için **“Mevcut En İyi Teknikler”** dokümanında belirlenen değerlere uygun sistemlerin kurulması beklenmektedir.

Termik santrallere dair emisyon değerlerini dünya standartlarına getirmek; halk sağlığı, ekosistem (hayvan ve bitki topluluğu) ve beşeri faaliyetler (tarım, ormancılık ve enerji planlaması gibi yaşamsal faaliyetler) açısından yaşamsal bir öneme sahiptir.

Ülkemizde, daha fazla çevre sorununa neden olmadan, baca gazı filtrelerinin takılması dahil, bir an önce eksikliklerin gidermesi, hatta yerli kömürlere uygun, çevre mevzuatındaki sınır değerlerini sağlayabilecek yerli baca gazı arıtma teknolojilerini geliştirilmesi ve gerekli yatırımların yapılması gerektiği açıktır.

## KAYNAKLAR

Anar, A., 2017a. Termik Santrallerde Proses Güvenliği. **Türkiye’de Termik Santraller 2017’de**, TMMOB makine mühendisleri Odası, Oda raporu, yayın no: MMO/668 (470 s.), Ankara, 321-337. <https://www.mmo.org.tr/kitaplar/turkiyede-termik-santraller-2017-oda-raporu>



- Anar, A., 2017b. Termik Santrallerde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği. **Türkiye’de Termik Santraller 2017’de**, TMMOB makine mühendisleri Odası, Oda raporu, yayın no: MMO/668 (470 s.), Ankara, 339-364. <https://www.mmo.org.tr/kitaplar/turkiyede-termik-santraller-2017-oda-raporu>
- Avcı, S., 2005, Türkiye’de Termik Santraller ve Çevresel Etkileri, Coğrafya Dergisi, Sayı 13, s. 1-27.
- Aytaç, O. 2018, Türkiye’nin Enerji Görünümü, TMMOB MMO, Sayı 691, Ankara, 263 s.
- Başaran, M. 2017, Türkiye’de Termik Santraller. TMMOB MMO, Ankara, 267 s.
- Canter, L.W., 1977, Environmental Impact Assessment; McGraw-Hill Book Company, New York, USA, 331s.
- Cogrfayaharita.com, 2014, <http://cogrfayaharita.com/haritalarim/4eturkiye-komur-santraller-haritasi.png>
- Çakmak, M., 2013, Termik santrallerde bilimsen destekli çevresel etki belirleme ve değerlendirmeler. Uluslararası Çevresel Etki Değerlendirmesi Kongresi, Bildiriler Kitabı, TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü, Ankara. s. 279- 286.
- Environmental Protection Agency, Office of Research and Development (eds).
- Dikmen, A. Ç., 2017. Kömür yakıtlı termik santrallerin çevreye olumsuz etkileri ve bu etkilerin bertarafı. **Türkiye’de Termik Santraller 2017’de**, TMMOB makine mühendisleri Odası, Oda raporu, yayın no: MMO/668 (470 s.), Ankara, 263-276. <https://www.mmo.org.tr/kitaplar/turkiyede-termik-santraller-2017-oda-raporu>
- Gautier, C., 2005, Petrol, Su ve İklim, TÜBİTAK, Ankara, 32 s. [http://www.epa.gov/climatechange/effects/downloads/potential\\_effects.pdf](http://www.epa.gov/climatechange/effects/downloads/potential_effects.pdf).
- Kellermeyer, D. A., 1980, Climate and energy: a comparative assessment of the Satellite Power System (SPS) and alternative energy technologies. <http://adsabs.harvard.edu/abs/1980STIN.8030914K;1980> [accessed March 2009].
- MTA, 1993, Türkiye Linyit Envanteri, Ankara, 232 s.
- Ocak, K., Özaydın, S. ve Saraçoğlu, E., 2013. Kömürlü Termik Santraller ve Çevresel Etkileri. Uluslararası Çevresel Etki Değerlendirmesi Kongresi, Bildiriler Kitabı, TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü, Ankara. s. 331-339.
- Özsayın, S., 2013, Enerji alternatiflerinin çevre ile etkileşimi. Uluslararası Çevresel Etki Değerlendirmesi Kongresi, Bildiriler Kitabı, TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 287- 299.
- Reeves, H., Lenoir, F., 2006, Yeryüzünün Acısı, YKY, İstanbul, s. 52.
- Report to congress, Technical report EPA-230-050-89-050. Washington DC (USA).
- Sert, M. Y., 1990, Kömür Yakıtlı Termik Santrallerde Başlıca Çevre Sorunları ve Önlemler, Elektrik Mühendisliği, Sayı 376, Ankara, 267 s.
- Smith, J.B. ve Tirpak, D.A., 1989, Potential effects of global climate change on the United States.
- Storch, V.H., Zorita, E. ve Cubasch, U., 1992, Downscaling of global climate change to regional scales: an application to Iberian rainfall in wintertime. Journal of Climate, American Meteorological Society; 6, 1161-1171.
- Tamzok, N., 2017, Türkiye’de Termik Santraller, TMMOB MMO, Ankara, s. 77; 239 s.
- TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, 2012, İstanbul Çevre Durum Raporu 2012, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, İstanbul, 16 s.
- Türkyılmaz, O., Bayrak, Y., 2018, Türkiye’nin Enerji Görünümü, TMMOB MMO, Sayı 691, Ankara, s. 74.
- Ward, P.D., 2014, Yerküre Sulara Gömülürken, TÜBİTAK, Ankara, 82 s.
- Wikipedia, 2010, [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Global\\_Temperature\\_Anomaly\\_\(Fig.A\).gif](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Global_Temperature_Anomaly_(Fig.A).gif)
- Yılmaz, A., 2008a, Çevre Jeolojisi, CÜ Mühendislik Fakültesi yayın no.107, Sivas, 379 s.
- Yılmaz, A., 2008b, Çevresel Etki Değerlendirmesi, CÜ Mühendislik Fakültesi yayın no.110, Sivas, 275 s.
- Yüksel, Ü. D. ve Baştanlar, D., 2013, Çevresel Etki Değerlendirme Sürecinde Peyzaj Onarım Planları. *Ulus-*

*İlâlarası Çevresel Etki Değerlendirmesi Kongresi, Bildiriler Kitabı, TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED İzin ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 555- 567.*

## ÖZGEÇMİŞ

### Tevfik Fikret TEKİN

Meslek : Jeoloji Yüksek Mühendisi

Doğ.yer.tar.: Mazıdağı; 21.01.1955

Uyruğu : T.C.

Medeni dur: Evli 1 çocuklu

Askerlik : Yaptı

Ehliyet : “B” sınıfı

2017- DATA Madencilik (danışman)

2016-2017 MEGA AŞ (Gn.Md.)

2015-2016 Öztaş-Fernas iş ortaklığı

2013-2015 MEBTAŞ inş. (Genel koordinatör)

1999-2013 FERNAS inşaat (Koordinatör)

1997-1999 LATUR inş. (Proje Md.)

1992-1999 SARP Madencilik (şirket md.)

1989-1992 Fahrettin ÖNEN inş. (şantiye şefi)

1977-1989 MTA Gn. Md. Lüğü Ankara

### ÇALIŞTIĞI PROJELER

Tufanbeyli Termik santralı kömür üretimi, Adana (ENERJİSA); Batman demiryolu deplase inşaatı ve viyadükü (TCDD); Soma yeraltı tam mekanize kömür projesi, Manisa (TKİ); Kangal kömür dekapajı, Sivas (Demir EXPORT); Desülfürizasyon tesisi ve ikmali, Çan (EÜAŞ); Bor madeni dekapajı, Bigadiç (Eti Maden İşl.Gn.Md.); Kömür dekapajları, Elbistan, Çan, Göynük (TKİ-EÜAŞ); Silivri doğalgaz depolama projesi, İstanbul (TPAO); Erzurum-Doğubeyazıt doğalgaz boru hattı projesi (BOTAŞ); Erbil içme ve atık su projesi, Kuzey Irak (JIPIC); Gujerat eyaleti rafineri projesi, Hindistan (FerIndia); İSKİ atıksu ve isale hattı projesi, İstanbul (İst. BB); Uluburun tünelleri inşaatı, Giresun (KARAYOLLARI); Gembos derivasyon tünel ve sulama inşaatı, Konya (DSİ); Kuzayca sulama inşaatı, Yozgat (DSİ); Kralkızı barajı sulaması (şehir geçişi) inşaatı, Diyarbakır (DSİ); Malatya sulama kanalı inşaatı (MALATYA BB); Nükleer santral yer seçimi projeleri, Sinop, Kırklareli (MTA); Jeolojik harita alımı projeleri, Ankara (MTA); Manyezit üretimi ve dekapajı, Kütahya (KÜMAŞ); Çukuralan altın madeni dekapajı, İzmir (KOZA). “Mühendisın Felsefesi” isimli bir kitabı ile çeşitli bildiri ve makaleleri yayınlanmıştır.

“TMMOB Enerji komisyonu” ile “JMO madencilik komisyonu” üyesidir.

İngilizce: orta; Felsefe: iyi; Klasik müzik: pekiyi

## ÖZGEÇMİŞ

**Prof. Dr. Ali YILMAZ** 1948 yılında Diyarbakır'ın Dicle ilçesinin Bozoba köyünde doğdu. Köyün İlkokulu'ndan sonra, 1960-1966 yılları arasında orta öğrenimine Dicle İlk Öğretmen Okulu'nda başladı ve Ankara Yüksek Öğretmen Okulu Hazırlık Lisesi'nde tamamladı. 1970 yılında Ankara Yüksek Öğretmen Okulu'ndan ve Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek lisans çalışmaları sırasında, 1971 yılında MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi'nde çalışmaya başladı. MTA'da çalışırken, 1980 yılında doktora çalışmasını tamamladı. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, Jeoloji Mühendisliği, Yeryuvarı ve İnsan dergilerinin yazı inceleme ve bilimsel kurullarında çalıştı. 1987 yılında Ankara Üniversitesi'nde doçent oldu. 09 /12 /1998 tarihinde Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalı'na profesör olarak atandı. 1998-2007 yılları arasında Çevre Mühendisliği Bölüm başkanlığını yaptı. Çeşitli ulusal ve uluslararası bilimsel toplantıları yönetti. Yayın, rapor, derleme ve seminer çalışmaları türlerinde yaklaşık 100'ün üzerinde çalışması vardır. 19 Şubat 2015 tarihinde yaş haddinden emekli oldu. Halen, TMMOB'nin ve Jeoloji Mühendisleri Odası'nın çevreyle ilgili kurullarında çalışmalarını sürdürmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır. Daha ayrıntılı bilgi için: <http://www.profdraliyilmaz.com>

## KÖMÜR SANTRALLARI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Handan DÖNMEZ ve Nilgün ERCAN

*TMMOB Kimya Mühendisleri Odası, Ankara.*

### ÖZET

Sanayi devriminin ateşleyicisi olan kömür günümüzde en çok tartışılan yakıt haline gelmiştir. Kömür ile ilgili tartışmalar iki koldan ilerlemektedir. Bir yandan kömürün kullanımı ve yanmasından kaynaklı kirleticilerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri kömür santrallerine olan tepkileri arttırmaktadır. Diğer yandan coğrafi olarak yaygın ve bol bulunması, (çevresel maliyetleri dikkate alınmazsa) ucuz bir kaynak olması nedeniyle kömür gelişmekte olan ülkeler için önemli bir enerji kaynağı olmaya devam etmektedir. Özellikle güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir kaynakların maliyetlerinin düşmesi nedeniyle sanayileşmiş Batı ülkelerinde kömüre dayalı elektrik üretimi yatırımları gerilerken, enerji ihtiyacı artan Çin ve Hindistan'da kömür santrali yatırımlarının sürmesi beklenmektedir.

Kükürt dioksit, azot oksitler, partikül maddeler kömür santrallerinden kaynaklanan ve hava kirliliğine neden olduğu uzun süredir bilinen kirleticilerdir. Kömür santrallerinin ve santrallerin bir parçası olan arıtma tesislerinin katı ve sıvı atıkları da bulunmakla birlikte, günümüzde kömür santrallerinin önündeki en büyük engel iklim değişikliği nedeniyle karbondioksit emisyonlarının azaltılmasının tüm dünyada enerji politikalarının temel meselesi haline gelmesidir. Bu doğrultuda kömür santrallerinin verimlerinin yükseltilmesinin yanı sıra Karbon Tutma-Kullanma-Depolama teknolojisi bir çözüm olarak görülmekle birlikte bu teknoloji beklendiği kadar yaygınlaşmamıştır. Varolan teknolojik önlemlere rağmen fosil yakıtlara, özellikle kömüre dayalı elektrik üretiminin insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkileri ile karbondioksit emisyonları önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

Yapılacak sunumda kömüre dayalı elektrik üretiminde kullanılan teknolojiler ile kömürden kaynaklı emisyonların/atıkların azaltılması ve çevreye verdikleri zararın en aza indirilmesi için kullanılan teknolojiler ve yöntemler üzerinde durulacaktır.

Ayrıca, dünyada kömüre dayalı elektrik üretimindeki gerçekleştirmeler ve öngörüler aktarılırken, Türkiye'de kömür santrali yatırımlarının önündeki engeller, çevre-insan sağlığı üzerindeki etkilerinin ve toplumsal tepkilerin yanı sıra genel politikalar, planlama, mevzuatın uygulanması, denetim gibi alanlardaki sorunlar açısından irdelenmeye çalışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Kömür Santralleri, Teknolojiler, Kirleticiler, Çevresel Etkiler, Riskler.

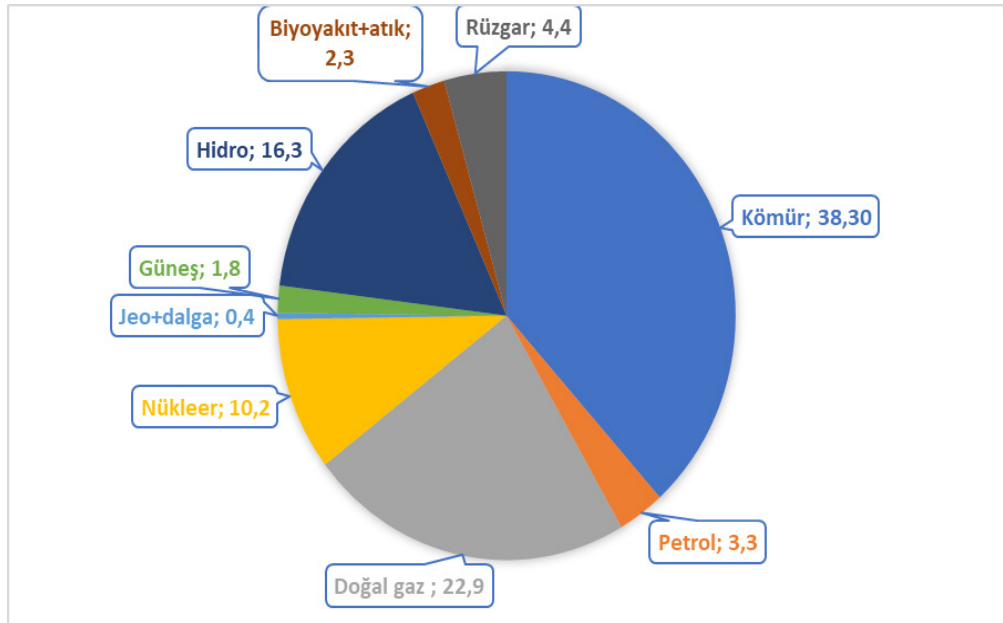
## GİRİŞ

Bilindiği üzere, bir bakıma endüstri çağının ateşleyicisi sayılan kömür, kirlетici özellikleri nedeniyle günümüzde üzerinde en fazla tartışılan yakıtlardan biri haline gelmiştir. Dünyada ve özellikle enerji sektöründe kömürün yerine ilişkin tartışmalar iki kanaldan ilerlemektedir. Bir yandan, uluslararası sözleşmelere de konu olan iklim değişikliğini önlemek için sera gazlarını azaltma girişimleri ve kömürün yarattığı diğer kirlетicilerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri, kömüre karşı toplumsal tepkileri artırmaktadır. Öte yandan, coğrafi açıdan daha yaygın bulunan ve (çevresel etkileri dikkate alınmazsa) düşük maliyetli bir yakıt olan kömüre dayalı elektrik üretimi, özellikle talep artışı yüksek olan Çin, Hindistan ve Güney Doğu Asya ülkelerinde öne çıkmaktadır.

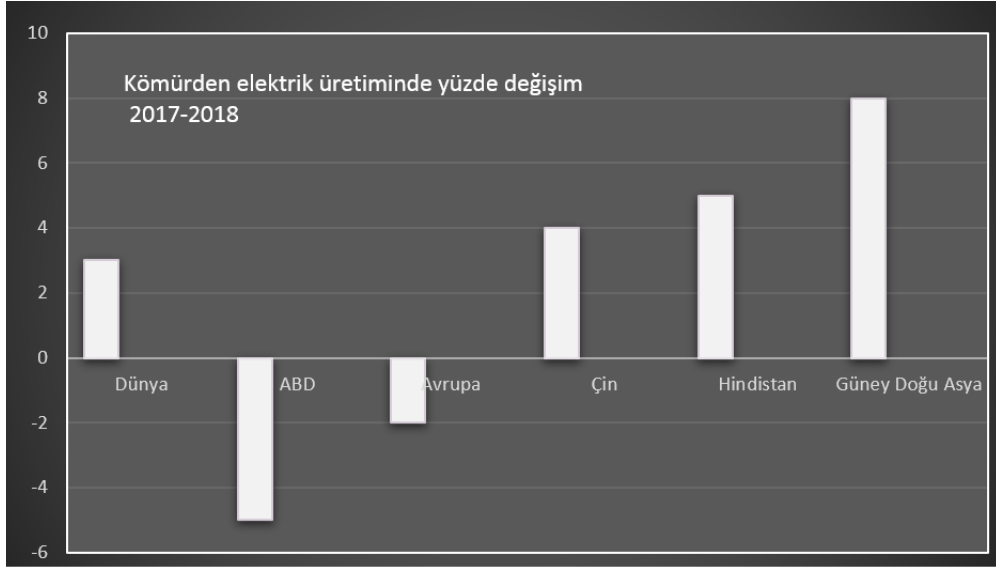


## DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE KÖMÜRE DAYALI ELEKTRİK ÜRETİMİ

2017 yılında 25 721 TWh'a yükselen dünya brüt elektrik üretiminde kömürün payı %38,30 düzeyindedir. Kömürün brüt elektrik üretimindeki oranı OECD ülkelerinde %25,6 ile doğal gazın (%27,9) arkasına düşerken, bu oran OECD dışı ülkelere %46,8'e yükselmektedir (Şekil 1). 2017-2018 yılları arasında ülkelere/ bölgelere göre kömüre dayalı elektrik üretimindeki değişim ise Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 1. Dünya brüt elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılım yüzdesi, 2017 [1].



**Şekil 2.** 2017-2018 yılları arasında ülkelere/ bölgelere göre kömüre dayalı elektrik üretimindeki değişim [2].

**Kömür hala dünyada elektrik üretiminde en fazla paya sahip olan yakıt durumundadır.** 2018 yılında kömüre dayalı elektrik üretimindeki artışta Çin, Hindistan ve Güney Doğu Asya ülkeleri başı çekmiştir. Çin’de %8 oranında artan elektrik talebine karşılık kömüre dayalı üretim %4 artmıştır. Bu artış Hindistan’da %5 düzeyinde olmuştur.

ABD’de elektrik talebinin artmasına karşılık 15 GW kapasitesindeki santralin emekli edilmesiyle 2018 yılında kömüre dayalı üretim 60 TWh azalmıştır. Avrupa’da ise daha çok yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artmasına bağlı olarak kömürden elektrik üretiminde 20 TWh’ lik azalma olmuştur.

**Üretim artışlarına karşılık** 2018’de kömür santrallerine yapılan yatırım, Çin ve Hindistan’daki yatırımların azalmasına bağlı olarak 2017 yılına kıyasla %3 düşmüştür. Nihai yatırım kararı alınan kömür santrali kapasitesi %30’ luk bir azalmayla 22 GW’a düşmüş olup, bunun 2000 yılından beri en düşük seviye olduğu belirtilmektedir. Yapılan yatırımlar kritik altı santrallardan çok yüksek verimli kömür santrallerine yönelmektedir [2].

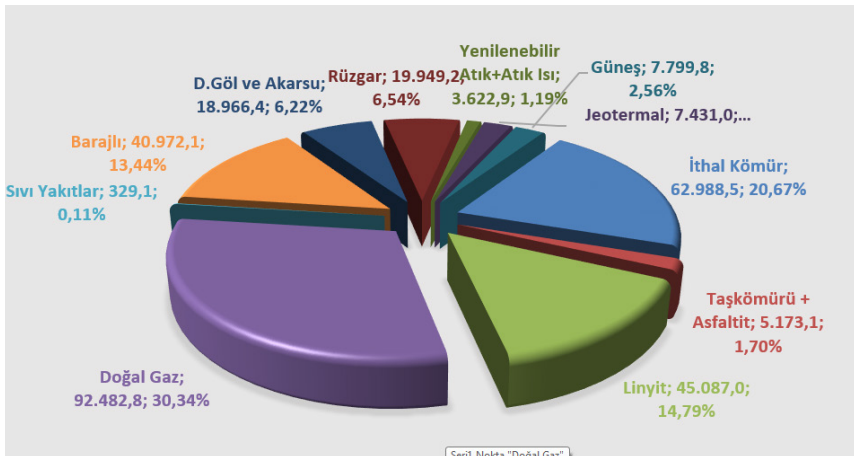
Türkiye’de ise 2018 yılında kurulu güç içinde kömür santrallerinin payı (asfaltit dâhil) %21,49 düzeyindedir (Çizelge 1). Aynı yıl içinde toplam elektrik üretimi 304 801,9 MWh olarak gerçekleşmiştir. Şekil 3’de görüldüğü üzere elektrik üretiminde kömürün payı, ithal kömür %20,67, linyit %14,79, taş kömürü+ asfaltit %1,7 olmak üzere toplamda %37,16 olmuştur [3]. Bu arada, elektrik üretiminde ithal kömürün hızla artan payına da dikkat çekmek gerekmektedir.



TEİAŞ tarafından hazırlanan ve 2018-2022 dönemini ele alan Üretim Kapasite Projesyonu'nda, 2022 yılında toplam kurulu gücün 105 300 MW olacağı öngörülen Senaryo 1' de linyit santrallerinin 2017'de 9773 MW iken 2022'de 11 063 MW'a tahmin edilmektedir. Ayrıca, ithal kömür santrallerinin 8 794 MW'tan 10 839 MW'a çıkacağı, taş kömürü+asfaltit santrallerinin 783 MW düzeyinde sabit kalacağı düşünülmektedir. Bu tahminlerde dikkate alınmayan 2 340 MW ithal kömür, 1819,5 MW yerli kömür santralinin de ön lisans almış olduğu belirtilmektedir [4].

**Çizelge 1.** 2018 yılında Türkiye elektrik kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı [3].

|                         | MW        | %     |
|-------------------------|-----------|-------|
| İTHAL KÖMÜR             | 8.793,9   | 9,93  |
| TAŞ KÖMÜR+ASFALTİT      | 782,5     | 0,88  |
| LİNYİT                  | 9.456,1   | 10,68 |
| SIVI YAKITLAR           | 370,6     | 0,42  |
| ÇOK YAKITLILAR          | 5.206,8   | 5,88  |
| ATIK ISI                | 197,0     | 0,22  |
| DOĞAL GAZ               | 21.479,9  | 24,26 |
| YENİLENEBİLİR ATIK+ATIK | 621,9     | 0,70  |
| RÜZGAR                  | 7.005,4   | 7,91  |
| GÜNEŞ                   | 5.062,8   | 5,72  |
| BARAJLI                 | 20.536,1  | 23,19 |
| D.GÖL VE AKARSU         | 7.755,3   | 8,76  |
| JEOTERMAL               | 1.282,5   | 1,45  |
| TOPLAM                  | 88.550,78 | 100   |



**Şekil 3.** Türkiye 2018 yılı elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı [3].

## TERMİK SANTRAL PROJELERİNDE ÇEVRE, SAĞLIK VE GÜVENLİK AÇISINDAN DİKKATE ALINMASI GEREKEN HUSUSLAR

Uluslararası Finans Kurumu'nun Termik Santraller için hazırlanan Çevre, Sağlık ve Güvenlik Kılavuzundan hareketle, kömür santralı projesine başlarken etkileri açısından şu hususların dikkate alınması gereklidir:

- **Alternatif kaynaklar;** Fosil yakıt olmayanlar dahil enerji kaynağının seçilmesi;
- **Elektrik üretim teknolojisi:** Termik verimlilik, maliyet; CO2 emisyonu performansı (gCO2/kWh);
- **Sera gazı emisyonlarının azaltılması:** Enerji dönüşüm verimi; yenilenebilir kaynakları kullanma vb.;
- **Su temini** (Deniz, göl, nehir vb.);
- **Soğutma suyu sistemi** (Açık çevrim, yağ soğutma kulesi, kuru soğutma kulesi);
- **Alıcı su ortamındaki mevcut su kalitesi**
- **Kirliliğin kontrolü:** •Hava kirlleticiler; baca gazı arıtma, performans, maliyetler •Sıvı atıklar: yüzey suyuna deşarj; buharlaşma, sıfır deşarj; •Katı atıkların bertaraf sistemi:(Kül/cüruf+ BGD atıkları); külün bertarafı (ıslak/kuru depolama)
- **Yer seçimi:**•Arazinin istismal durumu ; •Yakıta ve elektrik şebekesine/iletim hatlarına erişim, •Arazinin mevcut durumdaki ve gelecekteki kullanımı;-•Hava, su ve gürültü açısından mevcut durum;
- **Etkilerin değerlendirilmesi:** •Hava kalitesine etkileri : SO2, NOx, PM10, PM 2.5 ve uygunsa ağır metaller; •Bağlantılı ise asit birikimi; •Hava kalitesi standartlarına uygunluk açısından çoğaltan etkisi; •Topoğrafik haritada eşdeğer konsantrasyon eğrilerinin gösterilmesi; •Mevcut kaynakların ve biliniyorsa gelecekteki projelerin kümülatif etkileri; baca yüksekliği vb.; •Su kalitesine etkileri: Açık çevrim ise termal etki; diğer bilinen kirleticilerin etkisi; santrale çekilen suyun etkisi; •Gürültü; •Sağlık Etkilerinin değerlendirilmesi
- **Çevresel etkileri azaltmak/yönetmek için önlemler:** •Hava kirleticileri, baca yüksekliği; •Atık su arıtma, maliyetler; •Gürültü kontrol önlemleri; •Atıklardan yararlanma vb, atıkların bertarafı ve yönetimi; atıkların azaltılması; külün taşınmasına ilişkin düzenleme; •Gerekli ise acil durum hazırlık programları ve endüstriyel risk değerlendirme
- **İzleme:** Hangi parametrelerin izleneceği; örneklem aralığı; değerlendirme kriterleri, saha yerleşimi/çevresi dikkate alınarak örneklem noktaları

AB tarafından desteklenen “Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın ÇED alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi” kapsamında “Termik Santraller” için hazırlanan Aralık 2017 tarihli, santrallerin gerek inşaat gerekse işletme ve işletme sonrasındaki etkilerini ve azaltıcı önlemleri içeren çalışmada yer alan, işletme aşamasında izlenmesi

gereken parametreler Çizelge 2’de verilmektedir [5]:

Gerek projelerin başlangıcında gerekse izleme aşamasında belirtilen hususların ve parametrelerin kapsamı göz önünde bulundurulduğunda, bunların ülkemizde ne kadar dikkate alındığı ve izlendiği konusunda soru işaretleri vardır.

**Çizelge 2. Termik santrallerin işletilmesi aşamasında izlenmesi gereken parametreler** [5].

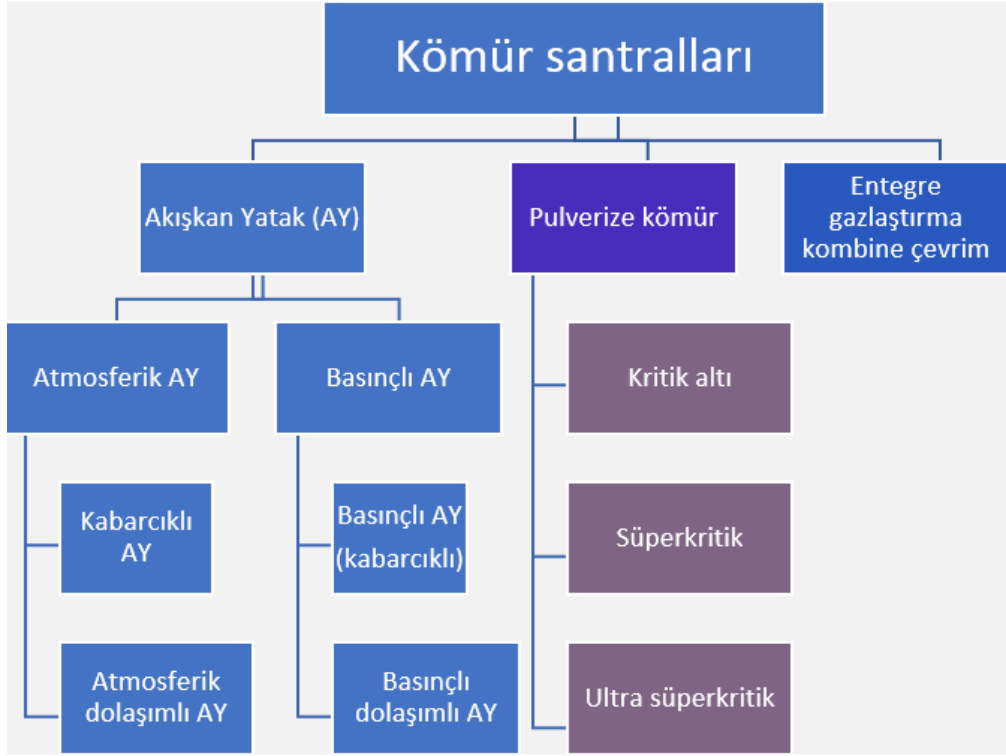


| Konu                         | İzleme Yapılacak Yer                                                                          | İzlenecek Parametre                                                                                                                                                                                                                                  | İzleme Yöntemi                                                                                                      | İzleme Sıklığı                                                           |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Flora                        | Tesis ve etki alanında                                                                        | Bitkisel toprağın yayılacağı alanların belirlenmesi ve peyzaj için alana uygun bitki türlerinin seçilmesi<br><br>Sıyırılan Bitkisel toprağın uygun bir şekilde ve uygun yerlere yayılması, uygun bitki türlerinin tesis dışındaki alanlara dikilmesi | <ul style="list-style-type: none"> <li>Görsel incelemeler</li> </ul>                                                | Yılda 1 kez<br><br>Hassas türler tespit edilmesi durumunda yılda iki kez |
| Fauna                        | Tesis ve etki alanında                                                                        | Tesisler ve çevresindeki alanlara tekrar geri dönen fauna unsurlarının belirlenmesi                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Çevredeki mevcut fauna elemanlarının giriş- çıkışlarının kontrolü</li> </ul> | Nisan - Mayıs-Eylül<br><br>1 kez, 2 gün saha çalışması                   |
| Evsel Nitelikli Sıvı Atıklar | Deşarj noktası                                                                                | Oluşan atıksuların arıtdıktan sonra deşarj standartlarına uygun olarak bertaraf edilmesi                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Alıcı ortam su kalitesi</li> </ul>                                           | Sürekli                                                                  |
| Emisyonlar                   | Tesis baca çıkışında<br><br>Tesis alanına yakın yerleşim yerlerinde                           | NOx, SO2, CO, PM10 ve diğer gaz ölçümleri                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Online sürekli emisyon ölçüm sistemi</li> </ul>                              | Sürekli                                                                  |
| Toprak                       | Atık depolama alanı, kimyasal depolama alanı, kül depolama alanı çevresinde kritik noktalarda | TOX, TPH, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, U, V, Zn                                                                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Toprak kalitesi ölçümleri</li> </ul>                                         | 6 aylık                                                                  |
| Yeraltı suyu seviyesi        | Tümü                                                                                          | Gözlem kuyularında                                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Yeraltı suyu seviyesi</li> </ul>                                             | 6 aylık                                                                  |

| Konu                    | İzleme Yapılacak Yer                                                      | İzlenecek Parametre                                                                                                                                                                                                                                                                               | İzleme Yöntemi                                                                                       | İzleme Sıklığı               |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Deniz suyu              | Soğutma suyu alma ve termal deşarj sisteminin inşa edileceği denizel alan | pH, sıcaklık, BOİ, çözülmüş Oksijen, AKM, Koliformlar, amonyak azotu, fosfor, klorofil- a, nitrat, yağ ve gres, serbest klor                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gözlem ve ölçümler</li> </ul>                                 | Yıllık                       |
| Gürültü ve titreşim     | Etki alanındaki yerleşimlerde                                             | Gürültü ve titreşim seviyesi                                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Gürültü ölçümleri</li> </ul>                                  | 6 aylık                      |
| Atıklar                 | Proje alanında                                                            | İlgili yönetmeliklere göre gerekli uygulamalar, kayıtlar, lisanslı taşıma araçları firmaları ve lisanslı bertaraf tesisleriyle sözleşmeler                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Görsel incelemeler</li> <li>Kayıtların incelenmesi</li> </ul> | Yıllık                       |
| İş Sağlığı ve Güvenliği | Proje alanında                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Risk Analizi</li> <li>ADM Planları ve Ekipleri</li> <li>İş araçları ve ekipmanlar periyodik kontrolleri</li> <li>İSG izleme planı</li> <li>Yıllık Çalışma Planı</li> <li>İSG Eğitimleri</li> <li>İSG Kurulu Toplantıları</li> <li>İSG Ölçümleri</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>İç denetim</li> <li>Bağımsız denetim</li> </ul>               | Günlük/Haftalık/Aylık/Yıllık |

## KÖMÜRDEN ELEKTRİK ÜRETİMİNDE KULLANILAN TEKNOLOJİLER

Kömür santrallerinde kullanılan teknolojiler toplu olarak Şekil-4' de gösterilmektedir [6]. Bu teknolojilerin temel özellikleri sıra ile aşağıda sunulmuştur.



Şekil 4. Kömür santrallerinde kullanılan teknolojiler [6].

### Pulverize kömür sistemleri

Pulverize kömür teknolojisi kömürden elektrik üretiminde en yaygın olarak kullanılan konvansiyonel bir teknolojidir. Santral verimini arttırmak amacıyla pulverize kömür santrallerinde buhar parametrelerinin yükseltilmesine dayalı geliştirme çalışmaları söz konusudur. Süperkritik kazan teknolojisi suyun 22.1 MPa basınç ve 375° C sıcaklıkta doğrudan kuru buhara dönüşmesine dayalıdır. Bu santraller buhar parametrelerine göre sınıflandırılmakta olup, söz konusu sınıflandırmalar çeşitli kaynaklarda farklılık gösterebilmektedir. Bu gelişmeler özellikle yüksek sıcaklık ve basınca dayalı malzemelerin geliştirilmesine bağlı olarak sağlanmıştır. Çizelge 3’de pulverize kömür santrallerinin buhar parametreleri, verim ve kömür sarfiyatları gösterilmektedir.

**Çizelge 3. Pulverize kömür santrallerinde buhar parametreleri [7 ve 8'den yararlanılarak oluşturulmuştur, AID: Alt ısı değeri].**



|                                             | Ana buhar sıcaklığı ve<br>basıncı<br>(° C, MPa) | Verim<br>(AID-Net; Taş<br>kömürü) % | Kömür sarfiyatı<br>(gkömür/kWh) |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Kritik altı</b>                          | <b>≤ 540; &lt; 22.1</b>                         | <b>&lt; 35</b>                      | <b>≥ 380</b>                    |
| <b>Süperkritik</b>                          | <b>540-580;<br/>22.1-25</b>                     | <b>35-40</b>                        | <b>380-340</b>                  |
| <b>Ultra süperkritik(USK)</b>               | <b>580-620;<br/>(22-25 ?) - &gt;25</b>          | <b>40-45</b>                        | <b>340-320</b>                  |
| <b>İleri USK</b><br>(Geliştirme aşamasında) | <b>700-725;<br/>25-35</b>                       | <b>45-52</b>                        | <b>320-290</b>                  |

### Akışkan yatak teknolojisi

Kömür santrallerinin yaydığı SO<sub>2</sub> gazını doğrudan yanma sırasında tutmak için kömürün kireçtaşı ve külden oluşan (devreye alma sırasında kum da eklenir) yatak içerisinde yakılmasına dayalı bir teknolojidir. Akışkan yatak (AY) teknolojisi basınçlı ve atmosferik olmak üzere iki gruba ayrılmakta, her bir grup da kendi içinde kabarcıklı (bubbling) ve dolaşım (circulating) olarak gruplandırılmaktadır. Kömür, kireçtaşı ve kül tanecikleri kazan altından verilen hava ile hareketli hale gelmektedir.

Yüksek basınçta çalışan AY sistemlerinde yanma gazlarının genleşme veriminden yararlanmak üzere sisteme bir gaz türbini entegre edilse de, geliştirme aşamasında yaşanan sorunlar nedeniyle bu sistemlerden halen işletmede olanlar az sayıdadır. Basınçlı AY sistemleri 1990'larda ve 2000'lerin başında devreye alınmış olup, mevcut üniteler genellikle 80 MW kapasitede olmakla birlikte Japonya'da 250 ve 360 MW'lık üniteler geliştirilmiştir. Bunlardan 360 MW kapasitesindeki Karita santralında süperkritik buhar çevrimi vardır.

Atmosferik akışkan yataklı sistemler de kabarcıklı AY (KAY) ve dolaşım (DAY) sistemleri olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır. Bu iki sistemin birbirinden farkı esas olarak yatağın dağılımıdır. AY' lı sistemlerde kömürün pulverize hale getirilmesine gerek yoktur. Altından verilen hava ile yatak malzemesi hareketlendirilmektedir. KAY sistemlerinde partikül boyutu 0.5-1.5 mm, akışkan hızı 1 m/s kadardır. Buna karşılık DAY sistemlerinde yatak malzemesinin tanecik boyutu daha küçük, (0.1-0.6 mm düzeyinde), akışkan hale gelmiş malzemenin hızı daha yüksek (4-6 m/s) olduğundan, yatak malzemesi gazla beraber yataktan dışarı taşınmakta ve yanma gazları bir siklonda tutularak akışkan yatağa



sirküle edilmektedir. Bu sistemlerde Ca/S oranının yanı sıra, siklon verimi en önemli konulardan biri olup, karbonun yanması, ocak malzemesi kaybının az olması, kireçtaşı sarfiyatı, karbonlaşmış partiküllerin ocakta daha uzun süre kalması, sıcaklık profilinin düzgün olması gibi birçok unsur siklonun verimine bağlıdır.

AY sistemlerinde sıcaklık 750-950° C arasında olduğundan termal NOx oluşumu pulverize kömür kazanlarına göre düşük düzeyde olur. AY sistemlerinde değişik yakıtlar kullanılabilir. Süperkritik DAY sistemlerinin kapasitesi 2009 yılında 450 MW'a, 2014 yılından beri de Çin'deki Baima santraliyle 600 MW'ın üzerine çıkmıştır.

### **Entegre Gazlaştırma Kombine Çevrim teknolojisi**

Entegre Gazlaştırma Kombine Çevrim (EGKÇ) teknolojisi elektrik üretiminde kömürün daha verimli kullanımında umut bağlanan teknolojilerden biri olmuştur. Kömürün gazlaştırılması yeni bir proses olmayıp, 1800'lü yıllarda şehir aydınlatma ve pişirmede kullanılmaya başlandıktan sonra 1920'lerden beri de kimyasal ve yakıt üretiminde kullanılmaktadır. Göreceli olarak yeni olan kömürün gazlaştırılarak elektrik üretiminde kullanılmasıdır. Gazlaştırma prosesi biyokütle, rafineri atıkları gibi karbon içeren diğer maddeler için de kullanılabilir.

Temel proses kömürün bir gazlaştırıcıda kısmi oksitlenerek ağırlıklı olarak hidrojen ve karbon monoksitten oluşan sentez gazına çevrilmesidir. EGKÇ teknolojisinin sağladığı avantajlar şöyle sıralanabilir:

-Doğal gaz kombine çevriminde olduğu gibi hem gaz hem de buhar türbini vasıtasıyla elektrik elde edilmesi sonucunda dönüşüm verimi yükselmektedir.

-Gazlaştırıcı çıkışındaki gaz miktarı konvansiyonel santrallara göre daha az, dolayısıyla gazın içindeki istenmeyen safsızlıklar daha yüksek konsantrasyonda olduğundan temizlenmesi daha kolay olmaktadır.

-Karbon tutma prosesinin entegrasyonu daha kolaydır.

Ancak maliyet, prosesin karmaşıklığı ve emre amadeliği açısından pulverize kömür teknolojisine göre dezavantajlıdır. Pulverize kömür teknolojisi gibi yeterince standartlaşmış bir konfigürasyonu yoktur. Dünyada çok sayıda kömür gazlaştırma tesisi bulunmakla birlikte, kömüre dayalı elektrik üretimi amaçlı EGKÇ tesislerinin ticari ölçekteki başlıca örnekleri Çizelge 4'te gösterilmektedir.

EGKÇ santrallerinin ana bölümleri şunlardır:

-Kömürün hazırlanması

-Hava ayırma ünitesi (Hava yerine oksijen kullanılıyorsa)

**Çizelge 4. Dünyadaki başlıca EGKÇ santralleri [9].**

| Santral adı                            | Kurulu güç | Devreye girme tarihi                 | Gazlaştırıcı                           |
|----------------------------------------|------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| Polk Santrali, Tampa Electric, Florida | 250 MW     | 1996                                 | GE gazlaştırıcı                        |
| Wabash; Indiana                        | 265 MW     | 1995                                 | CB&IE – Gas <sup>TM</sup> Gazlaştırıcı |
| Noun, Buggenum, Hollanda               | 250 MW     | 1994; 2013’de kapandı                | Shell Gazlaştırıcı                     |
| Elcogas, Puertallano, İspanya          | 300 MW     | 1997                                 | Prenflo Gazlaştırıcı                   |
| Edwardsport IGCC, Duke Energy, Indiana | 618 MW     | 2013’te ticari işletme               | GE Gazlaştırıcı                        |
| Nakoso, Japonya                        | 250 MW     | 2007’de demo; 2013’de ticari işletme | MHI Gazlaştırıcı                       |

EGKÇ santrallerinin ana bölümleri şunlardır:

- Kömürün hazırlanması
- Hava ayırma ünitesi (Hava yerine oksijen kullanılıyorsa)
- Gazlaştırıcı
- Yüksek sıcaklıktaki gazın soğutulması
- Partiküllerin tutulması
- COS hidrolizi
- Düşük sıcaklıktaki gazın soğutulması ve cıvanın tutulması
- Asit gaz giderme
- Kükürt geri kazanım ünitesi ve çıkış gazı işleme ünitesi
- Temiz gaz nemlendirme ve tekrar ısıtma
- Gaz türbini
- Isı geri kazanım kazanı ve buhar türbini



Sabit ve akışkan yataklı tipleri de bulunmakla birlikte, ticari ölçekteki EGKÇ projelerinde ağırlıklı olarak yüksek sıcaklıkta ve basınçta çalışan sürüklemeli akışlı (entrained flow) gazlaştırıcılar kullanılmaktadır. Korozyona neden olmaması için kükürtlü bileşiklerin, gaz türbininin zarar görmemesi için uçucu partiküllerin sentez gazından yüksek oranda temizlenmesi önemlidir. Gazlaştırma prosesinde ortaya çıkan emisyon ve yan ürünler gazlaştırıcıdan çıkan taban külü-cüruf, sentez gazını temizleme yönteminin aşamalarına bağlı olarak, sentez gazından arıtılan uçucu kül, ıslak yıkayıcı kule atıkları, geri kazanılan kükürt, atık su ve kullanılmış katalizörü içerir.

Gazlaştırıcı çıkışında sentez gazı önce soğutulur, amonyak ve eser miktardaki bileşiklerle-

rin tutulması için su ile yıkama işlemi yapılır; külün arıtılması için seramik veya metalden yapılan gözenekli mum (Candle) filtreler kullanılır; bu filtreler 500°C'ye kadar sıcaklıkta çalışabilir ve 0.5-100 µm aralığındaki partikülleri tutabilir. Buharla (azot veya içinde partikül madde bulunmayan sentez gazıyla) geri yıkama yapılarak rejenere edilebilir (10a)

Meydana gelen sentez gazının içindeki kükürtlü bileşikler esas olarak hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) ve karbonil sülfür (COS)'den oluşur. Çoğu çözücünde karbonil sülfürün çözünürlüğü yeterince yüksek olmadığından sentez gazının yaklaşık %3-10'unu oluşturan COS önce hidroliz yoluyla H<sub>2</sub>S'e dönüştürülür.

Karbon Tutma prosesi bulunuyorsa su-gaz dönüştürme prosesinde kullanılan katalizörler COS hidrolizini sağlayacağından ayrıca bir hidroliz ünitesine gerek kalmaz. Ayrıca karbon tutma prosesi varsa Asit Gaz Giderme (Acid Gas Removal-AGR) işlemi hem H<sub>2</sub>S hem de CO<sub>2</sub> tutmak üzere tasarlanır. Asit Gaz Giderme prosesleri ağırlıklı olarak çözücü bazlı sistemlerdir. Kimyasal, fiziksel, hibrid çözücüler kullanılmaktadır. Bunların arasında en yaygın olarak kullanılan çözücü metil-dietanol amin (MDEA)'dir. Ayrıca Sulfinol, Rectisol, Selexol gibi başka çözücüler de vardır. Çözücünün rejenerasyonundan geri kazanılan H<sub>2</sub>S genellikle Claus prosesi ile elementer kükürte çevrilmektedir. Bununla birlikte Tampa santrali gibi sülfürik asit üreten örnekler de vardır. Klasik Claus prosesinde H<sub>2</sub>S'in bir kısmı oksitleyici (genellikle hava) ile SO<sub>2</sub>'ye dönüştürülmekte, daha sonra elementer kükürt meydana gelmektedir:

Üç kademeli Claus prosesi sonucunda kükürt geri kazanımı %97'ye varmaktadır. Çıkış gazında hala sınır değerlerin üzerinde kükürtlü bileşik olduğu dikkate alınarak katalitik bir reaktörde tekrar H<sub>2</sub>S'e çevrilerek asit gaz giderme ünitesine geri döndürülmektedir.

Gazlaştırma prosesinde NO<sub>x</sub> değil, bir miktar NH<sub>3</sub> oluşmakta olup, su ile yıkayarak temizlenmektedir. Gaz türbininde düşük NO<sub>x</sub> yakıcılarının yanı sıra,

- Sentez gazının sıcak su/buhar ile doymuş olması,
- Sentez gazının Hava Ayırma Ünitesinden gelen azot ile karıştırılması,
- Bir kısım ara buharın gaz türbinine enjekte edilmesi,
- SCR (sonraki bölümde aktarılabacak olan azot giderimi tekniği-Nakoso/Japonya'da kullanılıyor)

gibi önlemler alınabilir [10 a].

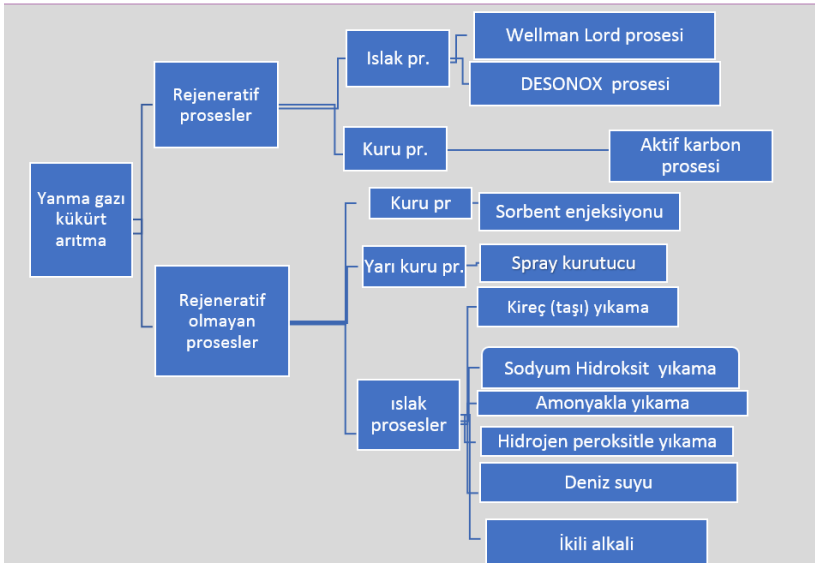
## **KÖMÜRDEN KAYNAKLANAN KONVANSİYONEL HAVA KİRLETİCİLERİ VE ARITMA YÖNTEMLERİNE GENEL BAKIŞ**

Kömürün yanmasından kaynaklı başlıca hava kirleticiler kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) /kükürtoksitler, azot oksitler (NO<sub>x</sub>) ve partikül maddelerdir. Ancak hava kirleticileri bunlarla sınırlı değildir. Kömürün yapısında bulunan ağır metallerin yanı sıra, tam yanma olmaması durumunda karbonmonoksit (CO) gibi kirleticiler de açığa çıkar.

Günümüzde iklim değişikliği nedeniyle sera gazları tüm dünyanın gündeminde yer almakta olup, bu konuda tüm dikkatler ve tepkiler fosil yakıtlara ve özellikle kömüre yönelmiştir. Kömür, üretilen birim elektrik başına en fazla karbondioksit (CO<sub>2</sub>) salımı yapan kaynak olduğu için bu konuda yapılan çalışmalar, karbon tutma-depolama sistemleri de gündemde olmakla birlikte, ağırlıklı olarak kömür santrallerinin verimini yükseltmek üzerine gelişmiştir. Konvansiyonel olarak kırma/öğütme, eleme/boyutlandırma, susuzlaştırma, yıkama gibi kömürün hazırlanmasına ve iyileştirilmesine yönelik işlemler bulunmakta olup, bunlarla kısmen de olsa kömürde bulunan veya üretim sırasında karışan inorganik maddelerin bir bölümünü almak veya nemi azaltarak birim başına kalorifik değeri yükseltmek mümkün olabilmektedir. Ancak günümüzde kirleticilerin sınır değerlerinin giderek daha sıkı hale gelmesiyle çok daha kompleks prosesler kullanılmaktadır.

### Kükürt emisyonlarını kontrol etmek için kullanılan teknolojiler

Yanma sırasında yakıttaki kükürt oksijenle reaksiyona girerek kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) oluşturmakta, bunun yanı sıra bir miktar SO<sub>3</sub> de meydana gelmektedir. Kükürt oksitlerin çevre ve sağlık üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için yanma sonrasında SO<sub>2</sub>'yi tutmak amacıyla ticari ölçekte kullanılan kükürt arıtma (Baca Gazı Desülfürizasyon-BGD) prosesleri Şekil 5' te görülmektedir.



Şekil 5. Kükürt Arıtma Prosesleri [10, s.106].

Desülfürizasyon sistemlerinin temel mantığı asit özelliği gösteren SO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub> bileşiklerini alkali bir çözeltiyle tutmaktır. Su kullanımını arttırmakla birlikte SO<sub>2</sub> tutma verimi

yüksek olduğundan en yaygın olarak ıslak prosesler kullanılmakta olup, kireç taşı çözeltisi de en yaygın kullanılan soğurucudur. Kalsiyum bazlı soğurucuların dışında sodyum bazlı soğurucular (sodyum karbonat, sodyum bikarbonat ve trona), magnezyum karbonat ve amonyak da kullanılabilir.

Büyük ölçekli tesislerde kullanılan ve pazar payı %80'lerde olan ıslak kireçtaşı-alçıtaşı (kalsiyum sülfat-gypsum) prosesi ilk kez Japonya'da 1972 de kullanılmış ve daha sonra ABD'de yaygınlaşmıştır. SO<sub>2</sub> tutma veriminin yüksek olması, kireçtaşının birçok ülkede bol bulunan ucuz bir madde olması bu prosenin yaygınlaşmasının nedenlerindendir. Prosesin sonunda oksidasyon moduna bağlı olarak ya alçıtaşı ya da kalsiyum sülfat/sülfid karşımı elde edilir. Alçıtaşının pazarlanabilir olması halinde toplam giderler azaltılabilir.

Islak yıkayıcı sistemler son yıllarda gerek güvenilirlik gerekse maliyetler açısından önemli gelişme göstermiştir. Cebri oksitleme ile verim yüzde 99'un üzerine çıkmıştır. Islak kireç/kireçtaşı yıkayıcı sistemlerinin santralla birlikte baştan yapılması, sonradan iyileştirme (retrofit) amacıyla eklenmesine göre daha düşük maliyetlidir. Retrofit yatırımlarda tesisin yerleşimi, müsait alan, mevcut tesiste yapılacak modifikasyonlar gibi maliyet unsurları ve sorunlar ortaya çıkmaktadır. Yeni tesislerde yapılan ıslak kireçtaşı yıkayıcı kule yatırım maliyeti 35-50 Euro/kWe iken, retrofit tesisler için bu maliyet 60-300 Euro/kWe olabilmektedir [10 b].

## Diğer prosesler

Yukarıda Şekil 5'de görüldüğü gibi, ıslak kireçtaşı prosesinin yanı sıra gerek santrallarda gerekse endüstride kullanılan SO<sub>2</sub> arıtma teknolojileri vardır. Wellman-Lord desülfürizasyon prosesi endüstriyel proseslerde ve kazanlarda kullanılmakta olup, sodyum sülfidin sodyum bisülfite çevrilmesine dayanan bir prosestir. Yıkayıcı akışkan yeniden rejenere edilebilmekte ve sonuçta bertaraf edilmesi gereken çamur yerine kullanılabilir bir ürün elde edilmektedir. Bununla birlikte yapımı ve işletmesi kireç taşı sistemine göre daha pahalıdır. DESONOX prosesi SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub>'ların birlikte kontrol edildiği katalitik bir prosestir. Nihai ürün olarak sülfürik asit elde edilmekte, kalıntı halindeki aerosoller yanma gazlarından uzaklaştırılmaktadır [11].

Deniz suyu doğal olarak alkali olduğundan asit özelliği gösteren gazları soğurmaktadır. Bu sistemler SO<sub>2</sub>'nin %99'unu tutmakla birlikte denize bırakılan suda klorürler ve ağır metaller bulunmaktadır. Santralların yanı sıra endüstriyel tesisler, rafineriler, petrokimya ve kimya tesislerinde de kullanılan bu proses ancak deniz kenarındaki tesisler için uygundur.

Sodyum bazlı soğurucular 1960'larda Japonya'da yaygın olup, daha ziyade küçük ölçekli fuel oil kazanlarında kullanılan sistemlerdir; magnezyum bazlı yıkama sistemleri genellikle küçük ölçekli endüstriyel tesislerde kullanılmaktadır. Islak amonyak yıkayıcı sistemlerde ise, yan ürün tarımda gübre olarak kullanılabilir.

Bunların dışında yarı kuru yıkama sistemleri [püskürtücülü (spray) kuru absorberler-(SDA)] ve soğurucunun doğrudan kazana veya baca gazı kanalına enjekte edildiği sistemler vardır. SDA, ıslak yıkayıcı sistemlerden sonra ikinci sırada gelen bir tekniktir ve ticari ölçekte kullanımı yaygındır. Kazana enjekte edilen tipik soğurucular arasında toz haline getirilmiş (pulverize) kireçtaşı ve dolomit ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ), baca gazına enjekte edilenler arasında kalsiyum veya sodyum bazlı soğurucular sayılabilir.

Kükürtlü bileşikler tutmak amacıyla geliştirilen proseslerde genel olarak HCl, HF ve kısmen cıva emisyonları da tutulmaktadır.

### Azot oksitlerin kontrol teknikleri

Azot oksitlerin ( $\text{NO}_x$ ) kontrolüne ilişkin teknikler genel olarak,

- Yanma sırasında  $\text{NO}_x$  oluşumunu önleyen ve/veya azaltan birincil teknikler,
- Yanma sonrasında  $\text{NO}_x$  salımını azaltan ikincil teknikler olarak sınıflandırılabilir.

Fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan  $\text{NO}_x$  gazlarının içinde esas olarak azot monoksit ( $\text{NO}$ ) ve azot dioksit ( $\text{NO}_2$ ) üzerinde durulmaktadır. Toplam  $\text{NO}_x$  miktarının %90'ından fazlasını genelde  $\text{NO}$  gazı oluşturmaktadır.  $\text{NO}_2$  güneş ışığı altında hidrokarbon radikalleri ile birleşerek yer seviyesinde ozon/fotokimyasal dumanlı sis (smog), asit yağmuru bileşenleri ve partikül madde oluşumuna neden olmaktadır.

$\text{NO}_x$  yanma sırasında üç şekilde oluşmaktadır:

1) *Termal  $\text{NO}_x$* : Termal  $\text{NO}_x$  konsantrasyonu, yanma havasıyla gelen azot ve oksijenin reaksiyonundan kaynaklanmaktadır. Sıcaklık bu reaksiyonun oluşmasındaki ana faktör olup, 1900-2000° C sıcaklıklarda  $\text{NO}$  oluşumu en üst seviyede olmaktadır. Yanma sıcaklığının 1300 °C altında tutulmasıyla termal  $\text{NO}_x$  oluşumunun daha düşük konsantrasyonlarda tutulması sağlanmaktadır.

Termal  $\text{NO}_x$  oluşumu, alev sıcaklığı, alev sıcaklığının en yüksek olduğu bölgelerde yanma gazlarının kalma süresi ve daha az oranda bu bölgedeki oksijen miktarına bağlıdır. Yanma sırasında kullanılan bazı teknik ve önlemlerle  $\text{NO}_x$  oluşumunun azaltılmaya çalışılması bundan kaynaklanmaktadır.

2) *Yakıt bazlı  $\text{NO}_x$* : Kömürdeki azotun oksitlenmesiyle oluşmaktadır. Toplam  $\text{NO}_x$  içinde termal  $\text{NO}_x$  miktarı ağırlıklı olsa da yakıt türüne bağlı olarak yakıttan kaynaklanan  $\text{NO}_x$  oranı da %40-50'lere çıkabilmektedir. Yakıt bazlı  $\text{NO}_x$ 'un oluşum mekanizması tam olarak bilinmemektedir. Yanmanın başladığı ilk milisaniyelerde aralarında kömüre bağlı azotun da olduğu uçucu maddeler gaz haline gelerek oksitlenmektedir. Yakıt bazlı  $\text{NO}_x$ 'un %60-80'lik kısmı bu uçucu maddelerden ileri gelmekte olup, yanma sıcaklığına bağlıdır. Yakıt bazlı  $\text{NO}_x$  oluşum mekanizması karmaşık olup, birçok ara radikal oluşur; bunlar  $\text{NO}$  veya  $\text{N}_2$ 'ye dönüşür.

Yakıt içindeki azotun tamamı  $\text{NO}_x$  olarak yanma gazlarıyla birlikte atmosfere salınmaz; uçucu kül veya taban külü içeriğinde de kalır. Yakıttaki azottan kaynaklanan  $\text{NO}_x$  oluşumu

alevdeki lokal oksijen konsantrasyonu, hava ve yakıt karışımı gibi faktörlere bağlı olduğundan, yanmaya ilişkin bazı önlemlerle azaltılması yoluna gidilebilir.

3) *Ani oluşan NO<sub>x</sub>*: NO<sub>x</sub> oluşumuna en az katkı yapan mekanizmadır. Dönüşüm stoki-yometrik koşullara ve sıcaklığa bağlıdır. Alevde bulunan çok sayıdaki hidrokarbon radikal-lerinin moleküler azot ile reaksiyona girmesi sonucunda oluşur.

### ***Yanma esnasında NO<sub>x</sub> Kontrolü***

Yanma sırasında alınacak önlemlerle NO<sub>x</sub> emisyonlarının azaltılması NO<sub>x</sub> oluşumu kimyasına, pik sıcaklıklara ve yanma ürünlerinin pik sıcaklıklarda kalma süresine dayanır. NO<sub>x</sub> kontrolünde ana faktör sıcaklık olup, aynı zamanda pik sıcaklıklarda oksijenin miktarı da önemlidir. Yanma sırasında NO<sub>x</sub> oluşumunu azaltmak için alınabilecek önlemler arasında,

- Yanma havası miktarının düşük tutulması
- Havanın ve yakıtın kademeli olarak verilmesi; düşük NO<sub>x</sub> yakıcılar; üst yakma havası (overfire air) ( Bu seçenek primer hava-yakıt yakıcısının üzerine yeni bir hava girişi gerektirir; kazanda hava kanalları, yeterince alan olması vb hususlarda modifikasyon gerektirdiğinden mevcut kazanlarda uygulanamayabilir).
- Yanma gazlarının tekrar çevrimi sayılabilir [12].

Ancak bu önlemler alınırken, tam yanmanın ve işletme emniyetinin sağlanması, alevin stabil olması, işletmenin güvenilirliği, korozyon- erozyon- cürufanma- kazan borularının aşırı ısınmasının önlenmesi, kazanın işletme parametrelerinin üzerinde ters etkilerin olmaması, kirletici emisyonlarının en az düzeyde tutulması, N<sub>2</sub>O gibi sera gazı olan başka gazların oluşumunun engellenmesi gibi hususlara dikkat edilmesi gerekir. Yöntemler mevcut koşullar dikkate alınarak değerlendirilir.

### ***NO<sub>x</sub> emisyonlarını azaltmak için kullanılan ikincil teknikler***

Bu teknikler yanma sırasında oluşan azot oksitlerin yanma sonrasında tutulması için yararlanılan yöntemleri ifade etmekte olup, bunlar arasında ticari işletme olanağı bulan yöntemler şunlardır:

- Seçici Katalitik indirgeme (Selective catalytic reduction- SCR)
- Katalitik olmayan seçici indirgeme (Selective non-catalytic reduction-SNCR)
- İkisinin birlikte kullanıldığı sistemler
- Amonyak, üre gibi girdilerin kullanıldığı reaksiyonlarla azot oksitlerin moleküler azota indirgenmesine dayanan bu teknikler düşük NO<sub>x</sub> yakıcıları gibi birincil önlemlerle birlikte de kullanılabilir.

**Seçici Katalitik İndirgeme (13a):** Bu sistemlerde reaktif madde olarak kullanılan amonyak buharı yanma gazına enjekte edilir. Bir katalizör yardımıyla yürüyen reaksiyonda %80-90 arıtma verimine ulaşılır. Bu sistemlerde optimum sıcaklık 300-400° C arasındadır.



Bu sistemlerin kömür santrallerinde üç farklı yerleşim yeri vardır. Gazın kül içeriğinin yüksek olduğu durumdaki yerleşim, yani kül tutma sistemlerinden önce ekonomizer ile hava ön ısıtıcısının arasına yerleştirilmesi en yaygın olanıdır. Zira buradaki gaz sıcaklığı katalitik NOx arıtımı için en optimum sıcaklık olup, gazın yeniden ısıtılması gereğini ortadan kaldırır. Ancak yüksek kül içeriği nedeniyle katalizörün aktifliğini kaybetmesi ve mevcut tesislerde yeterince yer bulunmaması gibi dezavantajları vardır.

Optimum gaz ve reaktif madde dağılımını sağlamak amacıyla amonyak katalizör öncesinde gaza enjekte edilir, daha sonra gaz içinde katalizörün olduğu kısımdan geçer. Titanyum oksit, zeolit, demir oksit ve aktif karbon gibi katalizör çeşitleri olmakla birlikte kömür santrallerinde en fazla vanadyum- titanyum karışımı kullanılır. Bununla beraber her uygulamanın özgün koşullarına göre katalizör ve katkı-destek maddesi (örneğin sıcaklık aralığını genişletmek için tungsten, katalizörü gazın içindeki maddelere karşı daha dayanıklı hale getirmek için molibden kullanılması gibi) değişebilir. Ayrıca optimum çalışma sıcaklığı katalizöre göre değişiklik gösterebilir.

SCR teknolojisi 1980'den beri Japonya'da, 1986'dan beri Almanya'da düşük kükürt veya orta derecede kükürt içeren kömür santrallerinde kullanılmaktadır. ABD'de ise 1990'larda yüksek kükürt içeren kömürler için demonstrasyon amaçlı ve ticari ünitelerin montajı yapılmıştır.

*Katalitik olmayan Seçici İndirgeme* [13 b]: Bu tip sistemlerde NOx miktarında ancak %30-50 oranında azalma sağlanabilir. NOx amonyak veya üre ile reaksiyona girer, sonuçta azot ve su oluşur. SNCR sisteminde reaktif maddenin belirli bir sıcaklık bölgesine enjekte edilmesi önemlidir. Büyük kesitli kazanlarda seviye ve sıcaklık bölgesinin uygunluğunu sağlamak açısından reaktif maddenin enjeksiyonunun kontrolü güçtür.

Diğer bir sorun da reaksiyona girmeyen amonyakın gazda bulunan SO<sub>3</sub> ile reaksiyona girerek amonyum bisülfid oluşturmasıdır. Amonyum bisülfid hava ısıtıcısında kirlenme ve tıkanmaya neden olabilir. SNCR teknolojisi aynı zamanda, kullanılan aktif madde ve sıcaklık gibi faktörlere bağlı olarak bir sera gazı olan diazot monoksit (veya nitroz oksit/azot protoksit) (N<sub>2</sub>O) oluşumuna da neden olabilir.

SNCR 1970'lerin ortasında Japonya'da sıvı ve gaz yakıtlı santrallarda kullanıma girmiştir. Batı Avrupa'da 1980'lerin sonundan beri, ABD'de ise 1990'ların başından beri kömür santrallerinde ticari olarak kullanılmaktadır.

*Hibrit SNCR/SCR* sisteminde ise, kazanda enjekte edilen reaktif maddeyi içeren gaz bir de katalizörlü sistemden geçirilir. Bu şekilde daha az katalizöre ihtiyaç duyulmasının yanı sıra, daha yüksek arıtma verimi ve amonyak kaçağının daha az olması sağlanır.

### **Partikül (uçucu kül, toz, tanecik) emisyonlarının tutulması**

Kömür santrallerinden kaynaklanan partikül emisyonlarının tutulmasında kullanılan yöntemler arasında elektrostatik filtreler, torba filtreler, siklonlar ve yıkayıcı kuleler sa-

yılabilir. Emisyonların müsaade edilen sınır değerlerinin giderek düşürülmesi nedeniyle birden fazla yöntemin bir arada kullanılması da söz konusudur.

### ***Elektrostatik filtreler***

Elektrostatik filtreler (ESF) geniş sıcaklık, basınç ve toz yükü aralıklarında sonuç veren ve bu nedenle büyük yakma tesislerinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Çalışma prensibi, negatif yükü iyonize olan partiküllerin pozitif elektrot olan toplama plakalarında toplanması esasına dayanmaktadır. Yüksek hacimdeki gazları arıtabilirler, basınç kaybı düşüktür. İşletme giderleri yüksek değildir; ancak bir kez monte edildikten sonra değişen işletme koşulları karşısında çok esnek değildirler. Çok yüksek özdirençleri olan uçucu kül tanecikleri performans ve verimlerini düşürür. Küldeki serbest CaO, direnci artırması nedeniyle ESF'nin tutma verimi üzerinde olumsuz etki yaratır. ESF'lerin kullanılması ekonomik bir çözüm oluşturması nedeniyle tercih edilen bir yöntemdir[10 c].

### ***Torba filtreler***

Günümüzde torba filtrelerin kullanımı da artmaya başlamıştır. Torba filtreler gözenekli dokusu olan malzemelerden oluşan filtrelerdir. Torba filtrenin ömrü gazın ve külün karakteristiklerine bağlıdır. Bu tip filtrelerin malzemesinin baca gazının sıcaklık, nem ve kompozisyonuna, külün karakteristiklerine ve maksimum işletme sıcaklığına göre seçilmesi gerekir. Torba filtrenin maliyeti ESF'ye kıyasla düşük olmakla birlikte, filtrenin değiştirilmesinin gerekli olması, basınç kaybı nedeniyle daha yüksek güçte fan gerekmesi gibi nedenlerle dezavantajları vardır. Torba filtre malzemesinin aşınması yavaş olmakla beraber aşınma sonucunda filtre performansında fark edilebilir bir azalma meydana gelir.

Bu ekipman, içinde torba filtre sıraları bulunan bir veya daha fazla izole edilmiş kompartmandan oluşur. Gaz filtre yüzeyinden geçerken partiküller torba yüzeylerinde tutulur. Filtre uzun süreli filtreleme ve kısa süreli temizleme işlemi olmak üzere çevrimsel olarak çalışır. Torba filtreler temizleme işlemlerine göre sınıflandırılır: pulse jet (patlaçlı sistem) en çok tercih edilen torba filtre sistemidir. Her durumda partikül tutma verimi %99 veya daha üzerinde olur.

Teflon, cam elyaf gibi sentetik filtre malzemeleri torba filtrelerin geniş bir uygulama alanı bulmasını ve filtre ömrünün uzamasını; ekipmanın modüler şekilde tasarlanması ve modüllerin izole olması işletmeyi durdurmadan bakım işinin sürdürülmesini sağlamıştır. Torba filtrelerin 1 µm'den küçük partikülleri tutma verimleri %99.6'dan büyük görünmektedir. Kömürdeki kükürt oranı arttıkça ve filtreleme hızı yükseldikçe torba fitrenin ömrü azalmaktadır. Torba filtreler ESF'lere göre toz taneciklerinin özdirencinden daha az etkilenmektedir. ESF'lerin giderek kısıtlanan sınır değerleri karşılayamadığı ve ESF'lerin kapasitesinin artırılmasının mümkün olmadığı durumlarda ESF ile birlikte de kullanılabilir. Torba filtrelerin yatırım maliyeti oldukça düşük olmakla birlikte, filtre malzemesinin 2

ila 5 yılda değişmesi gerektiğinden bakım maliyeti yüksek olmaktadır. Filtre değişiminin maliyeti yatırım maliyetinin en az %10'u olmaktadır [10 d].

Bu filtrelerin dışında siklonlar, ıslak yıkayıcı sistemler gibi yöntemler de bulunmaktadır. Ancak siklonların tutma verimi tanecik boyutu küçüldükçe düşer, ince tozu tutamazlar. Dolayısıyla toplam verimleri %30- 90 arasında değişebilir, bu nedenle diğer tutma teknikleriyle kullanılır. Islak yıkayıcıların ise sadece toz emisyonlarını kontrol etmek üzere kullanılması yaygın değildir; çoğunlukla partikül ve kükürt dioksit emisyonlarını birlikte arıtmak amacıyla kullanılır.

## GAZ ATIKLAR: KARBON TUTMA, KULLANMA VE DEPOLAMA

İklim değişikliği ve buna bağlı olarak karbondioksit gazı emisyonlarının azaltılmasının en önemli konulardan biri haline gelmesi, yanma gazlarının içindeki CO<sub>2</sub> 'yi tutma, kullanma ve depolama (KTKD) konusundaki çalışmaların da üzerinde durulmasına yol açmıştır. 2015 yılındaki BMİDÇS 21.Taraflar Konferansı'nda kabul edilen Paris Anlaşması doğrultusunda küresel sıcaklık artışını 2°C'nin olabildiğince altında tutmak ve 1.5°C artışla sınırlamak olarak tanımlanabilecek hedefleri yakalamak için bu teknolojiye umut bağlanmaktadır. Bununla birlikte, karbon tutma tesisinin kömür santralı veriminin %8-12 oranında azalmasına neden olacağı dikkate alınmalıdır.

Karbon Tutma prosesleri konusunda aşağıdaki kategorilerden söz edilebilir:

- Yanma öncesi
- Yanma sonrası
- Oksi- yanma

### Yanma sonrası CO<sub>2</sub> Tutma

En yaygın CO<sub>2</sub> tutma yöntemidir. Bunlar, elektrik santralleri haricinde çeşitli endüstriyel uygulamalarda yıllardır kullanılan tekniklerdir.

Yanma sonrasında CO<sub>2</sub> gazını tutmak için şu yöntemler kullanılmaktadır:

- Kimyasal çözücüler: (Kimyasal reaksiyona dayalı): Amin bazlı çözücüler ( MEA), metil dietanolamin (MDEA), diglikolamin, potasyum karbonatlı çözücüler vb.
- Fiziksel çözücüler: (Gazın çözünabilirliğine dayalı) Selexol, Rectisol
- embran teknolojileri: Yüksek CO<sub>2</sub> seçiciliği olan membran teknolojileri geliştirmek üzere pilot uygulamalar yapılmaktadır.

Halen dünyada kömür santrallerine sonradan ilave edilmiş iki büyük ölçekli Karbon Tutma tesisi vardır:

- 2014 yılında işletmeye alınan yılda 1 milyon ton CO<sub>2</sub> tutma kapasiteli Boundary Dam/ Saskatchewan-Kanada; CO<sub>2</sub> 66 km'lik boru hattıyla üretilebilir petrolü arttırmak üzere gönderiliyor.

- 2017'de işletmeye alınan yılda 1.4 milyon ton kapasiteli Petra Nova Karbon Tutma Projesi Teksas/ABD; CO<sub>2</sub> 132 km'lik boru hattıyla üretilebilir petrolü arttırmak üzere iletiliyor [14].

Bu tesislerde kullanılan KT teknolojisi de yanma sonrası proseslere dayanmaktadır. Amin bazlı çözücülerle CO<sub>2</sub> tutma teknolojisi en gelişmiş ve yaygın olan prosestir. Bu alanda kullanılan çözücüler ve çözücülerin rejenerasyonu alanında geliştirme çalışmaları sürmektedir. Yanma sonrası KT teknolojisinin geliştirilmesi için test merkezleri kurulmuş olup, değişik firmalar bu test merkezlerinde teknolojilerini denemektedir.

Amin bazlı çözücüler birçok farklı endüstriyel yanma uygulamalarında da kullanılabilir. Söz konusu proses düşük sıcaklıkta amin çözeltisinin önce CO<sub>2</sub>'yi absorbe etmesi, sonra rejeneratörde orta düzeyde yükseltilmiş sıcaklıkta reaksiyonun tersine çevrilmesiyle CO<sub>2</sub>'yi salmasıdır. Bu şekilde çözelti tekrar kullanılmak üzere rejenere edilmektedir.

Amin bazlı çözücünün bozunmaya uğramaması için yanma gazları SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> ve partikül tutucu sistemlerden geçirildikten sonra CO<sub>2</sub> tutma prosesine girer. SO<sub>x</sub> konsantrasyonunun 20 ppmv'den az; NO<sub>x</sub> içeriğindeki NO<sub>2</sub>'nin amin solüsyonuyla reaksiyona girmesi nedeniyle NO<sub>x</sub> konsantrasyonunun da 10 ppmv değerinin altında olması beklenir. Ek olarak, CO<sub>2</sub> soğurucusuna giren gazın sıcaklığı da 50° C'nin altında olmalıdır. Soğurucunun tepesinden atılan gaz normal olarak azot, oksijen, su buharı ve düşük konsantrasyonda CO<sub>2</sub> içerir. Soğurucudan çıkan CO<sub>2</sub>-zengin çözelti ise ısı değiştiriciden geçirilerek rejenerasyon kolonuna gönderilir.

Amin bazlı çözeltinin CO<sub>2</sub> tutma performansını koruyabilmesi için filtre edilmesi gerekir. Çözünürlüğü olmayan kirleticiler için mekanik filtre, çözünür kirleticiler için ise aktif karbon filtresi kullanılır. Ayrıca amin bazlı çözelti zamanla aktivitesini kaybedebileceğinden aktif kısmının ayrılması için arıtma işlemi yapılır. CO<sub>2</sub> tutma için kullanılan proseslerden arasında seçici olarak CO<sub>2</sub>'yi ayıran geçirgen veya yarı geçirgen membran bazlı malzemeler de vardır. Geçirgenliği, termal ve fiziksel stabilitesi iyileştirilmiş, yanma gazları içindeki kirleticilere dayanıklı düşük maliyetli membranlar geliştirilmesi için Ar-Ge çalışmaları sürdürülmektedir.

### **Yanma Öncesi CO<sub>2</sub> Tutma**

Bu yöntem entegre gazlaştırma kombine çevrim teknolojisinde olduğu gibi kömürün gazlaştırılması ile elde edilen sentez gazından (H<sub>2</sub> + CO), su gaz değişimi reaksiyonu sonucunda oluşan CO<sub>2</sub>'nin ayrıştırılması şeklindedir. Selexol ve Rectisol gibi fiziksel çözücüler on yıllardır kimya sanayinde kullanılmaktadır.

### **Oksi- yanma**

Bu yöntemin farkı yanma için havanın değil, oksijenin kullanılmasıdır. Bu nedenle konvansiyonel teknolojilerden farklı olarak hava ayırma (Air Separation Unit /ASU) ünitesi ve

buna bağlı üniteler bulunur. İlk nesil tasarımlarda hava ayırma ünitesi kriyojenik prosese dayanmaktadır. Oksijenin havadan bir oksijen taşıyıcı ile alınmasına dayanan Ar--Ge çalışmaları vardır.

Bu proseste hava yerine oksijen kullanıldığı için yanma gazlarının hacmi %75 oranında azdır. Yanma gazı hacminin az olması nedeniyle gazdaki safsızlıkları (SO<sub>2</sub>, cıva, NO<sub>x</sub>, partiküller) temizlemek daha maliyet etkindir. Zaten havadan gelen azotun ayrılmasıyla NO<sub>x</sub> oluşumu büyük oranda düşecektir. Bu proseste yanma gazı temizleme sistemleri, yani uçucu kül tutma, DeSO<sub>x</sub> ve gerekli olursa DeNO<sub>x</sub> sistemleri konvansiyonel kazanlardan farklı değildir. Arıtma sistemlerinden sonra yanma gazındaki su buharı yoğunlaştırılır ve CO<sub>2</sub> açısından zengin gaz elde edilir. Yanma gazını seyrelten azot bulunmadığı için, gazdaki SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO ve partikül konsantrasyonları için verilen sınır değerler yeniden dikkate alınmalıdır.

Tutulan CO<sub>2</sub>'nin üretilebilir petrol miktarını arttırmak için kullanılması veya jeolojik formasyonlarda depolanması söz konusudur. Bu amaçla kullanılmış petrol sahaları veya derin tuzlu su akiferlerinin uygun olacağı düşünülmektedir. Norveç'te Kuzey Denizi'nde bulunan Sleipner tesisi, endüstriyel ölçekte 20 yılı aşkın bir süredir işletilen güvenli bir depolama projesi örneği olarak gösterilmektedir. (Depolanan CO<sub>2</sub> doğal gaz sahasından gelmektedir.)

## SIVI ATIKLAR

Santrallarda su ile ilgili işlemler temel olarak üç şekilde tanımlanabilir:

**Su çekme:** Nehir, göl, baraj gölü, deniz gibi herhangi bir yüzey suyundan alınarak santral su ihtiyacının karşılanmasıdır.

**Su sarfiyatı:** Çekilen suyun buharlaşması, atık su oluşturması veya alçı taşı gibi ürünlerle bağ kurması sonucunda kaynağına ya da su ortamına dönmesi mümkün olmayan kısmıdır.

**Su deşarjı:** Orijinal kaynağına veya yeni bir su ortamına dönen sudur. Termik santrallerde çekilen su genel olarak kimyasal veya termik değişikliğe uğramış olarak deşarj edilir.

Santrallarda en fazla suya soğutma suyu sisteminde ihtiyaç duyulur. Santralların su ihtiyacı soğutma suyu sistemlerine göre değişmektedir. Açık çevrim olarak adlandırılan, soğutma suyunu taze su kaynağından alarak sistemde kullanıp daha yüksek sıcaklıkta geri veren sistemler suyu harcamamakla birlikte sudaki canlı yaşamını olumsuz etkilemektedir. Kapalı çevrim sistemlerinin yaş soğutma kulesi olarak adlandırılan tiplerinde, soğutma kulelerinde sıcaklığı düşürülen su tekrar sisteme dönmektedir. Bu sistemlerde taze kaynaktan çekilen su miktarı açık çevrime göre yüzde 95 oranında düşmekte, ancak soğutma kulelerindeki buharlaşma nedeniyle su kaybı oluşmakta ve eksilen su için taze su kaynağından yeniden besleme gerekli olmaktadır. Santralda su yönetiminin temel koşulu su sarfiyatını olabildiğince azaltmaktır.

Santrallarda atık su şu işlemlerden kaynaklanmaktadır:

- Soğutma suyu blöfleri
- Baca Gazı Kükürt Arıtma Tesisinden gelen sızılar
- Kazan blöfleri
- Ön Arıtma Sistemi ve demineralizasyon tesisinden gelen atık sular: durultucu çamur çıkışı, filtrelerin geri yıkama suları, rejenerasyon suları ve veya ters ozmoz unitesi atık suları
- Kazan altı suları
- İçme-Kullanım suyu
- Dış ortamdaki yüzey suları; örneğin kömür depolama sahasından gelen sular vb

Demineralizasyon tesisinden gelen rejenerasyon suları nötrale edilmektedir. Bir kısmı mümkün olduğu ölçüde santralin başka kısımlarındaki su ihtiyacını karşılamak için kullanılır; Örneğin,

- Askıda katı madde içeren filtre geri yıkama suları, kazan altı suları, çökeltme işleminde tabi tutulup rejenerasyon atk suyu ve ters ozmoz atık suyu ile birlikte kül ıslatma /kül yayma işleminde kullanılabilir;
- Soğutma kulesi, kazan blöf suyu doğrudan Baca Gazı Arıtma tesisinde ham su kaynağı olarak kullanılabilir.

Birçok santralde atık sular, hatta dış ortamdan kaynaklanan sular arıtılarak BGD sistemlerinde kullanılabilir; kullanma suyunun atıkları ise biyolojik arıtma tesislerinde arıtmakta ve tesiste çevre/ peyzaj alanlarında sulama amacı ile tüketilebilmektedir.

Santralin su ihtiyacını azaltmak için alınan önlemler arasında,

- Kuru soğutma kulesi
- Kuru BGD prosesleri kullanılması söz konusu olabilir.

Ancak bunların da dezavantajları olduğu unutulmamalı, örneğin kuru BGD prosesinin su ihtiyacını %60 gibi bir oranda azalttığı belirtilse de SO<sub>2</sub> arıtma veriminin de daha düşük olduğu dikkate alınmalıdır. Kuru soğutma kulelerinde de buharlaşma ile su kaybı olmakla birlikte sıcak havalarda performans düşmektedir. Bu tür hususlar proje bazında değerlendirilmelidir.

Sıvı atıkların deşarjına getirilen sınırlamalar dünyada sıfır sıvı deşarj (Zero Liquid Discharge) uygulamalarının geliştirilmesine yol açmıştır. Sıfır Sıvı Deşarjına dayanan sistemler, atığın içeriğine, miktarına bağlı olarak aşağıdaki üniteleri kapsar:

- Çökeltme havuzu: Suyun sertliğinin alınması, kum vb maddelerin çökelttilerek alınması,
- Kimyasal verilmesi: Çökelmeyi, asıltı haldeki katıların flokülasyonu veya koagülasyonunu arttırmak amacıyla,
- Ultrafiltrasyon: Eser miktardaki asıltı katıların tutmak ve kirliliği, birikimi ve korozyonu önlemek için,

- Ters ozmoz: Çözünmüş katıları uzaklaştırmak için,
- Yoğuşturma, buharlaştırma: Atığın hacmini azaltmak için,
- Kristalleştirme: Atığı kuru, katı kek halinde bertaraf etmek amacıyla.

## KATI ATIKLAR

Kömür santrallerinden kaynaklanan katı atıkların niteliği ve miktarı kullanılan kömürün özelliklerine ve arıtma teknolojilerine bağlı olup, kazandan çıkan taban külü veya cüruf, ESF/torba filtrelerde toplanan uçucu kül ve BGD tesisinden kaynaklanan alçı taşı olarak gruplandırılabilir. Atık Yönetimi Yönetmeliği'nde genel olarak enerji santrallerinden kaynaklanan atıklar 10.01 kodu altında sıralanmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayımladığı Sektörel Atık Kılavuzları, Termik Santraller başlıklı çalışmada konvansiyonel kömür santrallerinden kaynaklanan proses atıkları aşağıdaki şekilde sınıflandırılmakta olup, söz konusu proses atıklarının bertarafı için sırasıyla geri kazanım, ön işlem, yakma ve düzenli depolama seçeneklerinin dikkate alınması gerektiği belirtilmekte ve "Mevcut en iyi teknikler" konusunda açıklamalar yapılmaktadır [15 a, b].

- -Kullanılmış aktif karbon 06 13 02 (gaz arıtmada kullanılan)
- -Dip külü, cüruf ve kazan tozu 10 01 01 : (10 01 04'ün altındaki kazan tozu hariç)
- -Uçucu kömür külü 10 01 02
- -Baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı katı atıklar 10 01 05
- -Baca gazı kükürt giderme işleminden (desülfürizasyon) çıkan kalsiyum bazlı çamurlar 10 01 07
- -Sülfürik asit 10 01 09 (EGKÇ'de sentez gazının arıtılması sonucu)
- -Doymuş ya da kullanılmış iyon değiştirme reçinesi 19 09 05
- -Endüstriyel atıksuyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar 19 08 13
- -19 08 13 dışındaki endüstriyel atık suyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan çamurlar 19 08 14

Bunların yanı sıra, proses dışı atıklarla ilgili bilgiler de yer almakta olup, atıklar ve bertaraf yöntemleri Atık Yönetmeliği, Ekleri ve Kılavuz çerçevesinde proje bazında değerlendirilmelidir.

BREF 2017 dokümanında uçucu kül ve taban külünün beton katkı maddesi, yol yapımı, çevre düzenleme, seramik sanayi, baraj yapımı, zemin stabilizasyonu, maden sahalarının ıslahı gibi kullanma alanları olduğu, alçı taşının da konstrüksiyon ya da kağıt sanayinde dolgu maddesi olarak kullanılabileceği belirtilmektedir. Ancak söz konusu katı atıkların içinde metaller, radionüklidlere kadar varabilen maddeler bulunabildiği dikkate alınmalıdır.

Söz konusu atıkları atık depolama sahasında muhafaza etmek yöntemi yaygın olarak



kullanılmaktadır. Bu amaçla alınan önlem, depolama sahasını geçirimsizliği sağlayacak şekilde hazırlamak ve gerek tozumu engellemek gerekse yeraltı sularına karışmasını önlemek için, santralin işletme dönemi sonrası da dahil olmak üzere, düzenli olarak kontrol etmektir.

- Kül barajının duvarının yıkılması sonucunda ıslak külün çevreye yayılması
- İnce taneli malzemenin yeterince ıslatılmamış olması ve rüzgarlı hava koşullarına maruz kalması halinde meydana gelen tozuma türü sorunlarla karşılaşılabilir.

İyi yönetilmeyen atık sahalarının yarattığı, sudaki canlıların ölümüne neden olan, solunabilir uçucu kül ve eser maddeler nedeniyle insan sağlığına zarar veren kazaların ABD ve Çin’de yaşandığına ilişkin örnekler vardır. Bu örnekler düzenli depolama sahalarının tasarımı ve yapımı kadar işletmeciliğinin de önemli olduğunu göstermektedir.

Kömür doğal yapısı gereği uranyum, toryum ve bunların bozunmasından kaynaklı radyoaktif maddeleri de içermektedir. Yanma sırasında bu maddelerin bir kısmı gaz fazına geçerken bir kısmı da katı yanma ürünlerinin içeriğinde kalmaktadır. Bu durum maddenin kimyası ve buharlaşma özelliğine bağlıdır. Örneğin uranyum, toryum gibi daha az buharlaşabilir olanlar ve bunların bozunmasından kaynaklanan maddelerin önemli bölümü katı atıklarla atılmaktadır. Cıva, arsenik, selenyum gibi diğer buharlaşabilir maddelerde olduğu gibi, BGD tesislerinin radyonüklidlerin de salımını azaltabileceği belirtilmektedir. Sızıntıyı etkileyen önemli parametrenin pH olduğu, asitliği yüksek ( $\text{pH} < 4$ ) veya yüksek alkali özelliği gösteren ortamların radyoaktif elementlerin sızma özelliğini arttırabildiği belirtilmektedir [16].

ABD Çevre Ajansı EPA, iyi yönetilmediği takdirde özellikle kaplama yapılmayan sahalarda atıkların sızması sonucunda toksik maddelerin yeraltı suyu veya yüzey sularına, dolayısıyla organizmalara geçebildiğine dair veriler olduğu fikrindedir.

Bazı araştırmalar sızıntı düzeyini şu faktörlere bağlamaktadır:

- Atık havuzu/barajının boyutu, derinliği, atıkların yarattığı basınç,
- Depolama sahasının jeolojisi; alttaki toprak ve kaya tabakasının tipi,
- Sahanın eğimi,
- Depolama sahasının altındaki yeraltı su tabakası ve yeraltı akıntısının ne kadar uzakta olduğu.

Ayrıca sızıntı kimyasal açıdan da etkilenebilmektedir. Kömürdeki mineral maddeler yanma sırasında ve sonrasında bir dizi dönüşüme girmektedir: Ayrışma (decomposition), buharlaşma, ergime, topaklaşma ve yoğunlaşma gibi... Yanma gazları soğudukça As, B, Hg, Cl, Cr, Se ve özellikle S gibi buharlaşabilir elementler kül taneciklerinin yüzeyinde yoğunlaşmaktadır. Örneğin arsenik tipik olarak uçucu kül taneciklerinin yüzeyinde yoğunlaşır, bu nedenle ilk sızması beklenen maddelerdendir. Buna karşılık kalsiyumun varlığı çökelmeye neden olduğundan arseniğin sızmasını sınırlandırır.

Kül depolama sahalarının geçirimsizliğini sağlamak önemli bir konudur. Bu konuda

### kullanılan yöntemler

- Kaplama sistemi
  - Sızıntı toplama sistemleri
  - Yeraltı suyu izleme,
  - Ön arıtma sistemleri
- olarak sıralanabilir.

Kaplama kül barajı veya düzenli depolama sahalarından çevreye sızıntı olmasını engellemek için kullanılır. Kaplamalar, kompakt toprak, kompakt kil, sentetik malzemeler, membranlar veya bunların birlikte kullanıldığı katmanlı sistemlerden oluşur. EPA'nın sadece kil tabakasına dayalı kaplamanın arsenik ve talyum ile boron, molibden gibi elementlerin sızması açısından riskli olduğuna dair saptamaları vardır.

Sentetik kaplama türleri arasında en yaygın olanlar Polivinil klorür (PVC) ile Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) kaplamalardır. Bunlar aynı zamanda delinmelere karşı geotekstil malzemelerle de desteklenmektedir. Çoğu depolama sahasında geomembran ile geosentetik kil katmanların birlikte uygulandığı kompozit kaplamalar kullanılmaktadır. Asitli atıkların bazı sentetik malzemelere zarar vermesi olasılığı vardır. Malzemenin yanı sıra, depolama sahasının yapımında yüzey hazırlama, kaplama katmanlarının yerleştirilmesi, sızıntı toplama sistemlerinin yerleşimi vb. alanlardaki mühendislik hizmetleri de sızdırmazlığın sağlanması açısından çok önemlidir. Sızıntı suyu niteliğine bağlı olarak işleme tabi tutulur veya bertaraf edilir. Ayrıca sahanın işletilmesi safhasında ve sonrasında yeraltı suyu kalitesinin izlenmesi gerekli olup, izleme noktalarının seçimi de önemlidir.

### Kömürün yanmasından kaynaklanan eser elementler

Kömürün yanması sonucunda çevreye eser elementler de yayılmaktadır. Bu elementlerin bazıları yanma esnasında buharlaşabilmekte, ya da partiküllerin yüzeyine tutunmaktadır.

Çevre ve insan sağlığı açısından dikkatli olunması gereken eser elementler aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir:

- En çok dikkat edilmesi gerekenler: As, B, Cd, Hg, Pb, Se
- Orta düzeyde olanlar: Cr, Cu, Ni, V, Zn
- Daha az önemli: Ba, Co, Ce, Li, Mn, Sb, Sr
- Dikkatli olunması gerekip çok düşük miktarda olanlar: Be, Sn, Te, Tl

En fazla dikkat gerektirenler ve Zn yarı buharlaşabilir elementlerdir.

Yanma esnasında, kömüre, yanma koşullarına, buharlaşma-yoğuşma mekanizmalarına külün tanecik boyutuna bağlı olarak eser elementler taban külü veya cüruf, uçucu kül ve atmosferik emisyonlar arasında gruplaşır. Bunların katı atık depolama sahalarından sızma olasılığı da vardır. Birçok araştırma sonucunda As, B, Be, Cd, Cr, Li, Mo, Pb, Sb, Sn,

Ta, Tl, U, V ve W elementlerinin kısmen katı atıklarda kaldığı, buna karşılık Hg ve Se elementlerinin öncelikle atmosfere salındığı düşünülmektedir.

ESF ve torba filtrelerin As, Cd, Cr, Ni, ve Pb elementlerini tutmakta da etkili olduğu saptanmıştır. Partikül tutma ekipmanları ile BGD ünitelerinin birlikte eser elementleri tutma konusunda da etkili olduğunu gösteren çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca bazı soğurucular kullanılarak eser elementlerin daha etkin tutulduğunu gösteren uygulamalar da vardır. Örneğin genelde cıvayı tutmak için kullanılan aktif karbonun potansiyel olarak arseniği tutma konusunda da etkili olduğu düşünülmektedir. NOx kontrol sistemlerinin eser elementlerin kontrolü üzerinde bir etkisi olmamakla birlikte arseniğin SCR sistemlerinde katalizörlerin zehirlenmesine, böylelikle kışı sürede katalizörün etkisini yitirmesine neden olduğu belirtilmektedir. Kömürün yanması sırasında eser elementlerin durumu, gaz fazında bulunmaları veya katı atıklara tutunmalarına ilişkin mekanizmalar, ayrıca katı atık depolama sahalarındaki sızıntılarıyla ilgili araştırmaların sürdürüğü belirtilmektedir [17].

Deneyler sonucunda ortaya çıkan bazı bulgular şöyledir:

- Yanma gazlarındaki cıva miktarı kömürün içindeki klor ve kalsiyum miktarına bağlıdır. Klor gaz halindeki cıvanın artmasına neden olmakla birlikte ıslak BGD tesisinde HgCl<sub>2</sub> halinde tutulmasını da kolaylaştırmaktadır. Kalsiyum ise cıvanın ESF’de tutulmasını arttırmaktadır.
- Metallerin uçucu külün yüzeyine tutunması kömürün kimyasal kompozisyonuna değil, kazan yüküne bağlıdır; en fazla yüze tutunma maksimum yükte meydana gelmektedir.

EGKÇ ünitelerinde ise, kaynama noktası yüksek, uçuculuğu düşük metaller camsı hale gelmiş cürufatta kalmakta, uçuculuğu yüksek olanlar ise sentez gazının temizlenmesi aşamasında yoğunlaşmakta ve tutulmaktadır [10 e].

## DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇLAR

- Kömürün yanmasından kaynaklanan kirleticilerin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri ortaya çıktıkça, bir yandan bu kirleticilerin önlenmesine veya azaltılmasına ilişkin teknik ve teknolojiler geliştirilmiş, bir yandan da söz konusu kirleticilerin alıcı ortamdaki sınır değerleri giderek kısıtlanmıştır. Bununla birlikte, bu etkiler tamamen ortadan kaldırılmadığı gibi, ortaya çıkan çevre ve sağlık sorunlarına bağlı olarak önlem alınması gereken kirletici parametrelerin sayısı da artmaktadır.
- **Esas olarak kömürün geleceğini alternatif kaynaklardaki gelişmeler belirleyecek gibi görünmektedir.** Günümüzde enerji sistemlerinin başta solar FV ve rüzgâr olmak üzere giderek maliyetleri düşen yenilenebilir enerji kaynaklarının başat olduğu bir sisteme doğru dönüştüğüne dair savlar giderek ağırlık kazanmaktadır. Bu kaynakların kullanılması aynı zamanda merkezi sistemler yerine dağıtık enerji sistemlerini, kesikli kaynak olmaları da enerji depolama teknolojilerini gündeme getirmektedir.

- Bu süreçte bugüne kadar baz yük santralleri olarak kabul edilen doğal gaz ve kömür santrallerinin bu esnek elektrik sistemine entegre olması beklenmektedir. Esneklik devreye alma ve devreden çıkma sıklığının artması, yük alma ve atma hızının yükselmesi anlamına gelmektedir. Kömür santrallerinin bu esneklikte çalışması kolay değildir.
- **Sanayileşmiş Batı ülkelerinde kömürden uzaklaşma eğilimi vardır; kömür santrallerinden elektrik üretimi daha çok Çin ve Hindistan gibi enerji ihtiyacı hızla artan ülkelerde öne çıkmaktadır.** İklim değişikliği ve diğer kirleticiler nedeniyle daha düşük karbonlu enerji sistemlerine geçiş hedefleri doğrultusunda kömüre dayalı elektrik üretim yatırımlarında gerileme olduğu, ayrıca bunların finansmanının zorlaştığı görülmektedir [18 a,b].

Avrupa Birliği'nde karbon emisyonlarının düşürülmesi politikalarına ve diğer emisyonların limitlerinin oldukça düşük değerlere indirilmesine bağlı olarak Avrupa'daki elektrik kuruluşlarının birliği olan EURELECTRIC tarafından Nisan 2017'de *"2020'den sonra kömür santralı yatırımı yapılmayacağı"*na ilişkin bir inisiyatif başlatılmıştır. Polonya ve Yunanistan inisiyatife katılmamıştır. AB'de henüz 8 ülkenin 2030 yılına kadar kömüre dayalı elektrik üretimine kademeli olarak son vermeyi amaçladığı belirtilmekte, Avrupa'daki en büyük kömür tüketicisi olan Almanya 2038'e kadar kömüre dayalı üretimi sonlandırmayı planlamaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı yayınlarında Paris Anlaşması'nda konulan hedeflere ulaşmak için Karbon Tutma, Kullanma ve Depolama Teknolojilerine vurgu yapılmakla birlikte şu ana kadarki gelişmeler yeterli görünmemektedir. Bu teknolojiler maliyetleri arttırmanın yanı sıra, özellikle kömür santrallerinde SK ve USK teknolojilerle elde edilen verim artışlarını da düşürmektedir.

UEA'nın *Sürdürülebilir Kalkınma* Senaryosu'nda 2040 yılında toplam 210 GW kapasite-sinde kömür santralının işletmede olacağı ve 1300 TWh ile elektrik üretiminin %3.5'ünü üreteceği varsayılmakta, Karbon Tutma teknolojisi olmayan kömür santrallerinin düşük kapasitede çalışacağı ve sadece 700 TWh üretim yapacağı öngörülmektedir. Daha ziyade *Çin'deki* genç kömür santrallerinin işletmede kalacağı düşünülmektedir.

- **Türkiye'de Çevresel Etki Değerlendirmesi süreci siyasi otorite/kamu otoritesinin baskısı altında ilerlemektedir.**

Enerji yatırımlarının mutlak ihtiyaç olarak ileri sürülmesi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın *"Yerli kömürü sonuna kadar kullanacağız"* yönündeki ısrarlı politikası sonucunda bu türden projelerde ÇED süreci sadece yerine getirilmesi gereken bürokratik bir aşama olarak görülmekte ve olumlu görüş verilmesi adeta zorunlu hale gelmektedir. Bakanlığın söz konusu ısrarının herhangi bir planlamaya dayalı olduğunu söyleyebilmek de mümkün değildir.

Türkiye sadece enerji kaynakları açısından değil, bu tür projelerde teknoloji ve finansman açısından da dışa bağımlıdır. Kömür santrali yatırımları konusunda batı bankalarından kredi bulunması güçleşebilecektir. Nitekim artan sayıda yabancı finans kuruluşu kömür santrallerine verecekleri kredilere kısıtlama getirmeye başlamıştır. Diğer sorun ise teknolojik bağımlılıktır. Ülkemizde teknoloji üretmeye yönelik politikaların ve kapasitenin zayıf olması, ayrıca sektörün ticarileştirilmesi-özelleştirilmesi safhasında deneyimi ve bilgisi olmayan firmaların sektöre yatırım yapması nedeniyle, gerek teknoloji seçimi ve seçilen teknolojiye hakimiyet gerekse ithal edilen santralin teknik gerekliliklere uygun olarak işletildiği konusunda soru işaretleri vardır.

Kaldı ki, projelendirme safhasında yüksek verimli santral teknolojisinin seçilmesi ve/veya arıtım sistemlerinin santral projesine dahil edilmesi, işletme sürecinde de aynı performansın sağlanacağını göstermemektedir. Bunun için yeterli bir proje yönetiminin yanı sıra, nitelikli bir işletme-bakım yönetiminin de sağlanması gerekmektedir.

- Bu gereklilik bizi “izleme ve denetim” meselesine yönlendirmektedir. Türkiye’de yayınlanan yönetmeliklerin ne kadar hayata geçtiği, uyulup uyulmadığının denetlendiği belli değildir. Bu konuda kurumsal kapasite ve altyapı eksikliği kadar en başta siyasal otoritenin yasal belgelere ve kurallara uyulmamasının yolunu açmasının da rolü vardır. 2019 yılı başlarında, daha önce özelleştirilmiş olan santrallerin çevre ile ilgili yükümlülüklerinin ertelenmesine yönelik girişim kamuoyundan gelen tepkiler nedeniyle ve muhtemelen seçim öncesi döneme denk geldiği için ötelenmiştir. Ancak 19.07.2019 tarihli ve 30836 sayılı Resmi Gazete (Mükerrer)’de yayımlanan 7186 sayılı **“Gelir Vergisi Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun”** un 32. Maddesi ile Elektrik Piyasası Kanunu’na eklenen Geçici 26. maddede özelleştirilen (bazı) termik santrallerin çevre yükümlülüklerinden 3 yıl daha muaf tutulmasına dair kapalı ifadeler bulunmaktadır.

**“MADDE 32 – 6446 sayılı Kanuna aşağıdaki geçici madde eklenmiştir.**

**“Sözleşme süre uzatımı ve devir**

**GEÇİCİ MADDE 26 – (1)** Bu maddenin yürürlüğe girdiği tarihten önce; 5 inci maddenin onikinci fıkrası ve ilgili mevzuatı kapsamında yarışması yapılan ve bu maddenin yürürlüğe girdiği tarih itibarıyla devam eden ilgili sözleşmeler ile 18 inci maddenin beşinci fıkrası kapsamında özelleştirme ihalesi yapılan ve bu maddenin yürürlüğe girdiği tarih itibarıyla devam eden yenilenebilir enerji kaynakları veya yerli kömüre dayalı elektrik üretim tesisi kurulması amacıyla yapılmış Devir Sözleşmeleri ve Elektrik Satış Anlaşmaları kapsamındaki hak ve yükümlülükler için öngörülen süreler, bu maddenin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren otuz altı ay süreyle uzatılır. Bu madde kapsamında uzatılan süre içerisinde talepte bulunulması hâlinde ilgili sözleşme/anlaşma (proje şirketi bünyesinde hisse devri de dahil) devredilebilir. Bu durumda devir alacaklarda teknoloji sağlayıcı koşulu hariç ilk yarışmadaki/ihaledeki şartlar aranır. Ancak devirden kaynaklanan kısıtlama ve yaptırımlar uygu-

lanmaz. Devir nedeni ile idareden herhangi bir hak talebinde bulunulamaz. Bu kapsamda devredilecek sözleşmelerden damga vergisi alınmaz.

(2) Birinci fıkra kapsamında düzenlenen sözleşmeler/anlaşmalar özel hukuk hükümlerine tabidir. Anılan sözleşme/anlaşmalarda; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı onayı ile sözleşme konusu ve bedelini değiştirmemek ve finans sağlayıcıların haklarına ilişkin hususlarla sınırlı kalmak kaydıyla, idarenin fesih hakkının ötelenmesi de dahil olmak üzere taraflarca değişiklik yapılabilir. Bu fıkra hâlihazırda imzalanmış sözleşme/anlaşmalar hakkında da uygulanır.”

Bu ve benzeri girişimler İdare’nin güvenilirliğini zedelemenin yanı sıra, yasal hükümlerin, Anayasa Mahkemesi kararlarının bizzat siyasi otorite tarafından ciddiye alınmadığını göstermektedir.

(3) Ülkemizde termik santrallerin çevresel etkileri konusunda yeterince araştırma yapılmadığı; başta kömür santralleri olmak üzere termik santrallerin çevresinde hava, toprak ve su üzerindeki etkileri ile ilgili araştırmaların zenginleştirilmesinin, çevre ile ilgili kamu birimlerinin bu konuda üniversitelerle işbirliğini arttırmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu konuda alınacak önlemlerin gerek düzenleme gerekse denetleme açısından geliştirilmesi için yeterli veri ve envantere ihtiyaç vardır.

Örneğin Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü tarafından desteklenen ve Ekim 2002’de yapılan bir çalışmada Çayırhan santrali çevresinden alınarak incelenen toprak örnekleri için,

“Kuzey doğu yönü topraklarının (7 nolu örnek hariç) hepsinde dikkati çeken S bulaşması olup önemli düzeyde bir kirlenme söz konusudur. Güney doğu yönünden alınan 8, 9, 19, 20, 21, 22 ve 27 nolu örneklerde de olası S kirlenmesi söz konusudur, diğer örnekleme noktalarının topraklarında ise ciddi şekilde S kirlenmesi belirlenmiştir. Hâkim rüzgâra ters olan kuzey batı yönü örneklerinde de olası S kirlenmesi kritik değeri olan 20 mg kg-1’in üzerinde S belirlenmiştir ve bu alanlarda da uzun süreli araştırma yapılması gerekmektedir.” denilmektedir. Ayrıca, santral öncesi dönemlere ait veriler bulunmadığına işaret edilerek ülkemizde mevcut olmayan izleme ağının bütün risk bölgelerinde oluşturulması ve zamansal izleme verilerinin elde edilmesi gerektiği belirtilmektedir [19].

DPT tarafından desteklenen ve Yatağan Termik santrali civarında ölçüm yapılan bir projede de “Toprakların toplam ağır metal kapsamı incelendiğinde genelde santralin güney, güney batısı ve kuzeybatısındaki topraklarda ağır metal içeriğinin yüksek bulunduğu ve bu değerlerin santrale olan uzaklığa değil hâkim rüzgâr yönlerine bağlı olduğu belirlenmiştir.” denilmektedir [20]. Bu ve benzeri saptamalar kömür santrallerinin çevresinde fiili duruma ilişkin bilimsel araştırma ve çalışmaların arttırılması ve zenginleştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

- Hava kalitesi açısından insan sağlığı için daha büyük sorun olan 2,5 mikrondan küçük partiküllerin ülkemizde kontrolünün yapılmadığı, bunun mevzuatta bile yer

almadığı bilinmektedir. Bu konuda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın, ETKB ile birlikte bir program oluşturması ve yaşama geçirmesi gereklidir.

- Kömür santrallerinin yarattığı önemli bir kirlilik de ağır metal kirliliğidir. Ağır metallerden cıva hava, su, toprak ve ekosistemlerde dolaşmakta olup, özellikle deniz canlılarında birikme riski vardır ve dünyada kömür santrallerinin yarattığı önemli çevresel etkilerden biri olarak görülmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından özellikle kömür santrallerinin bulunduğu yerlerde cıva ve ağır metallerin ölçümleri ve takibine ilişkin çalışmalar yapılmalı, mevcut kirlilik olan yerlerde yeni santrallara ÇED vb. izin verilmeden önce ağır metal kirliliği dikkate alınmalıdır.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından kömür santrallerinin kül depolama alanlarının çevresinde ve yer altı sularında izleme programları yürütülmelidir.
- Araştırmaların yoğunlaştırılması ve fiili duruma ilişkin verilerin elde edilmesi, bu bilgilerin kamuoyuyla paylaşılması süreci ile birlikte yürümelidir. Termik santrallerin yarattığı kirlilik açısından temsili olmayan bilgilerin kamuoyuna açık olması şeffaflık anlamına gelmemektedir.
- **Enerji temininde yerli kaynakların payının artması yönündeki politikalar, insan sağlığını ve yaşamını hiçe saymanın ve çevresel sorunları ağırlaştırmanın bir gerekçesi olmamalıdır.**

Yerleşim yerlerinin yakınında hatta içinde, yüksek kapasitede kömür santralının bulunduğu, dolayısıyla ön kirliliğin yoğun olduğu yerlerde mevcut durumdaki kirlilik yükü dikkate alınarak yeni santrallara izin verilmemelidir. Aralarında Türk Tabipler Birliği, Türk Toraks Derneği gibi kuruluşların da bulunduğu Temiz Hava Hakkı Platformu tarafından 2019 yılında ikincisi yayımlanan **“Türkiye’de Hava Kirliliği: Kara Rapor”** da vurgulananlar arasında aşağıdaki hususlar yer almaktadır:

- Hava kirliliği konusunda veri güvenliğinin geliştirilmesi ve verilerin doğru ve güncel olarak halka sunulması için ölçümlerin yapılacağı yerlerin seçilirken uygun modelleme yöntemlerinin kullanılması,
- Mevcut durumda pilot uygulama olarak ölçümleri yapılan PM2.5 ölçümlerinin tüm ülke çapında yaygınlaştırılması ve Dünya Sağlık Örgütü’nün önerdiği değerler ile uyumlu yasal limitler konusunda hızla bağlayıcı mevzuatın kabul edilmesi,
- Hava kirliliği ile ilgili tüm veri kaynaklarının kamuoyuna açıklanması ve akademik çalışmalar için kolaylıkla ulaşılabilir olması,
- Endüstriyel yatırımların izin süreçlerinde yatırımcılardan istenen “Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu” nun yanı sıra, “Sağlık Etki Değerlendirmesi Raporu” nun hazırlanması, özellikle hava kirliliği nedeniyle oluşan sağlık etkileri, yaşanacak erken ölümleri ve iş gücü kaybının modellenerek hesaplanmasının istenmesi,
- Hava kirliliğinin en önemli kaynaklarından kömüre dayalı enerji üretiminin teşvik edilmesine son verilmesi [21].

Kaldı ki, kömürün sadece santrallarda kullanılması değil, kömür madenciliği de ciddi



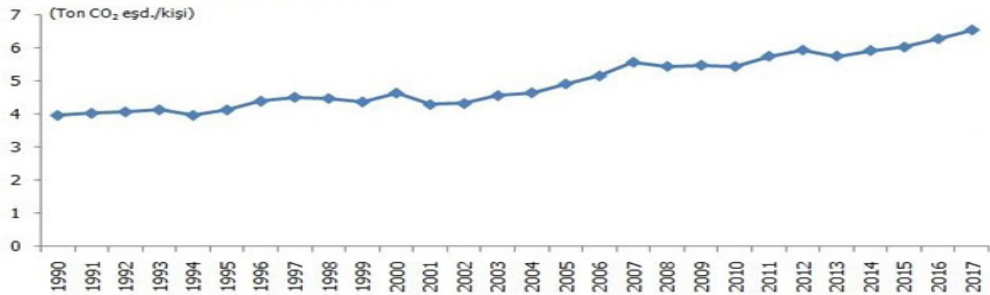
sorunlar yaratmaktadır. Siyasal iktidarın yerli kaynakların üretimdeki payının artırılması yönündeki politika bildirimlerinin uygulamaya geçişi genel olarak kamudaki kaynak yeter-sizliğini gerekçe göstererek kömür sahalarının ruhsatlarını bölerek özel sektöre vermek şeklinde olmaktadır. Özel sektör tarafından işletilen kömür sahalarında yaşanan facialar ise hafızalardadır. Afşin-Elbistan santralına kömür sağlayan Çöllolar açık maden işletme-sinde 2011 yılında arka arkaya meydana gelen ve 11 kişinin milyonlarca ton toprak yığını altında kalmasına neden olan toprak kayması, Soma'da 2014 yılı Mayıs ayında 301 ma-dencinin yaşamını kaybettiği facia unutulmamıştır.

- **Türkiye'nin sera gazı emisyonları artmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi, bu artışta enerji kaynaklı emisyonların payı önemlidir.**

TÜİK tarafından 11 Nisan 2019 tarihinde yayımlanan istatistiklere göre 2017 yılın-da toplam sera gazı emisyonu 526,3 Mt CO<sub>2</sub> eşdeğeri olmuş, 2017 yılı emisyonlarında CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak en büyük payı %72,2 ile enerji kaynaklı emisyonlar almıştır (Şekil 6).

CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak 2017 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre %140,1 artış göstermiştir. 1990 yılında 4 ton/kşi olarak hesaplanan kişi başı CO<sub>2</sub> eşdeğer emisyonu, 2017 yılında 6,6 ton/kşi olarak bulunmuştur.

**Kişi başı sera gazı emisyonu, 1990-2017**



**Şekil 6. Türkiye’de kişi başı sera gazı emisyon artışı 1990-2017 [22].**

Toplam CO<sub>2</sub> emisyonlarının 2017 yılında %34’ü elektrik ve ısı üretiminden olmak üzere %86,3’ü enerjiden, %13,4’ü endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından, %0,3’ü ise tarım-sal faaliyetler ve atıktan kaynaklanmıştır[22].

BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında ülkelerin sera gazı emisyonlarının ele alındığı envanterlerde Türkiye Ek 1 ülkeleri arasında 1990-2016 yılları arasındaki sera gazı emisyon artışında (*Arazi Kullanımı, Arazi Kullanımı Değişimi ve Ormancılıktan oluşan yutak hariç ve dahil gruplandırmalarda*) yüzde 135.4 oranı ile birinci sıradadır [23]. Bu grupta genel olarak kişi başı sera gazı emisyon değerleri yüksek olan, sanayileşmiş ülkeler bulunmakla ve Türkiye’nin kişi başına düşen sera gazı emisyonları sanayileşmiş ülkelere göre az olmakla birlikte, ülkemizdeki siyasal iktidar(lar)ın bu konuda ileri sürdüğü “Kal-

kınmaya ihtiyacımız var” söylemi giderek inandırıcılığını yitirmektedir. ***Kalkınma ihtiyacı gerekçesiyle mazur gösterilmeye çalışılan sera gazı emisyonlarının bu ülkenin yurttaşlarına ne olarak geri döndüğünün sorulması ve sorgulanması gereklidir.***

- **Santral yatırımlarında enerji ve su ilişkisi dikkate alınmalıdır.** Enerji ve iklim değişikliği ilişkisi sadece fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan CO<sub>2</sub> salımının iklim değişikliğine neden olması gibi tek yönlü bir ilişki değildir; tersi yönde iklim değişikliğinin de enerji kaynakları ve enerji üretimi üzerinde etkilerinin ortaya çıkması söz konusudur. Özellikle hidrolik kaynakların elektrik üretiminde önemli bir payının olduğu ve santrallerin su ihtiyacı göz önünde bulundurulursa Türkiye’nin iklim değişikliği ve enerji meselesini iki yönüyle dikkate alarak planlama yapması gereklidir.

İklim değişikliğinin etkisi nedeniyle dünyada su kaynakları risk altındadır. Yakın gelecekte elektrik sektöründe su temini de ana sorunlardan biri haline gelebilecektir. Nitekim ülkemizde de santrallerin yapımı sırasında su kaynaklarının kullanılması konusunda yöre halkı ile gerginlikler yaşanabilmektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kapsamında 2018 yılında yayımlanan Türkiye Yedinci Ulusal Bildirimi’nde şu ifadeler yer almaktadır:

*“Türkiye kişi başına düşen su miktarı bakımından su zengini bir ülke değildir. Ülkeleri kişi başına düşen su potansiyeli açısından sınıflandıran Falkenmark endeksine göre, Türkiye kişi başına düşen yıllık 1.0001.500 m<sup>3</sup> su potansiyeline sahip olduğu için “su stresi” olan bir ülkedir ve kişi başına düşen su miktarı dünya ortalamasının altındadır.*

*Aynı endeks dikkate alındığında, ülkedeki kişi başı su 1.000 metreküpün altına düşerse, ülkede su kıtlığı olacaktır. Bu durum ışığında, Türkiye yakın gelecekte su kıtlığı riski altında olacaktır (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2009; Türkiye Su Enstitüsü, 2017). [24].*

Dünyada kuraklık yaşandığı yıllarda su sorunu nedeniyle, santrallerin devre dışı kalması vakaları yaşanmış, bunların arasında soğutmanın çok önemli olduğu nükleer santraller da yer almıştır. Kömür santralleri ve nükleer santraller en fazla su kullanan santrallerdir. Buna karşılık, solar fotovoltaik ve rüzgar enerjisi su kullanımı açısından en etkin kaynaklardır. Enerji yatırımlarında düşük karbonlu ve verimli teknolojilerin yanı sıra suyun etkin kullanılması da dikkate alınmalı, enerji sistemi hava koşullarındaki aşırı değişikliklere ve su temininden kaynaklanan risklere karşı dirençli hale getirilmelidir.

**Sonuç olarak,** Türkiye sadece enerji kaynakları açısından değil, teknoloji ve finans kaynakları açısından da dışa bağımlıdır. Bu durum genel olarak enerji ve özelde elektrik sektöründe planlamanın önemini arttırmaktadır. Elektrik sektöründe, talep karşısında arzın yetersiz kalmaması gerektiği gibi, savurgan, atıl kapasite yaratacak yatırımlardan da kaçınılmalıdır.

Ülkedeki sanayileşme, kentleşme politikalarıyla birlikte, elektrik sektöründe uzun vadeli arz-talep dengesini dikkate alan ve yenilenebilir enerji kaynaklarından, teknoloji üretimi dahil, etkin şekilde ve toplumsal yarar gözetilerek yararlanmayı hedefleyen bir planlama yaşama geçirilmeli, nihai kullanımda verimliliği arttıracak politikalar mutlaka devreye sokulmalıdır.

Gereksiz yeni yatırımlardan kaçınmak için mevcut kurulu gücün performansını iyileştirmek önemlidir. Mevcut santrallarda rehabilitasyon yapılarak gerek verimlilik gerekse emre amadeliğinden performansları iyileştirilmeli, santrallarda verim önemli bir kriter olmalıdır. Santralların emre amadeliğinin yükseltilmesi için işletme-bakım yönetimine önem verilmelidir.

Çevre ile ilgili yasa-yönetmeliklerin uygulamaya geçebilmesi için gerekli altyapı, programlar ve izleme ağları oluşturulmalı, denetleme ve yaptırımlar devreye sokulmalı, santralların çevresel etkilerine yönelik bilimsel araştırma çalışmaları zenginleştirilmeli, veriler kamuoyuyla paylaşılmalıdır.

Bu şekilde tarım, orman arazilerinin yok olmasına, su kaynaklarımızın, çevresel değerlerimizin geri dönülemez şekilde tahribatına neden olan, halk sağlığını riske sokan uygulamaların kısmen de olsa önüne geçmek mümkün olacaktır. Kömür santralı yatırım kararlarının, uygulanmasının ve işletmeciliğinin yer seçimi ötesine geçen ciddi temel sorunları vardır. Bu sorunlar kömür santralı yatırımlarına karşı çıkan yerel ve toplumsal grupların itirazlarını ve mücadelelerini haklı hale getirmektedir.

## KAYNAKLAR

- 1-Uluslararası Enerji Ajansı (UEA), 2019. Electricity Information: Overview, <https://webstore.iea.org/electricity-information-2019-overview>, erişim tarihi: 30.10.2019
- 2- UEA, 2019. Coal Fired Power, Tracking Clean Energy Progress, <https://www.iea.org/tcep/power/coal/>, erişim tarihi: 30.10.2019
- 3-TEİAŞ, 2018. Türkiye Elektrik Üretim-İletim 2018 Yılı İstatistikleri, <https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-2018-yili-istatistikleri>, erişim tarihi: 30.10.2019
- 4- TEİAŞ, 2018. Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2018-2022) , [https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2018-09/Kapasite\\_Projeksiyonu\\_2018\\_2022.pdf](https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2018-09/Kapasite_Projeksiyonu_2018_2022.pdf), erişim tarihi: 30.10.2019
- 5- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Aralık 2017. ÇED alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi, Termik Santraller, [https://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKewiAj437xNDIAhUoxcQBHaZ8Cx8QFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwebdosya.csb.gov.tr%2Fdb%2Fced%2Ficerikler%2Ftermik-santraller-20180418123658.docx&usg=AOvVaw1Ajv1-slrDFF\\_ye-LXL5Cd](https://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKewiAj437xNDIAhUoxcQBHaZ8Cx8QFjAAegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwebdosya.csb.gov.tr%2Fdb%2Fced%2Ficerikler%2Ftermik-santraller-20180418123658.docx&usg=AOvVaw1Ajv1-slrDFF_ye-LXL5Cd), erişim tarihi: 30.10.2019
- 6-Rennings,K., Smidt, W. 2010. A Lead Market Approach towards the Emergence and Diffusion of Coal-Fired Power Plant Technology, [https://www.researchgate.net/publication/46559067\\_A\\_Lead\\_Market\\_Approach\\_towards\\_the\\_Emergence\\_and\\_Diffusion\\_of\\_Coal-Fired\\_Power\\_Plant\\_Technology](https://www.researchgate.net/publication/46559067_A_Lead_Market_Approach_towards_the_Emergence_and_Diffusion_of_Coal-Fired_Power_Plant_Technology), erişim tarihi:30.10.2019
- 7- Nicol, K., Aralık 2013. Status of advanced ultra-supercritical pulverised coal technology, UEA Clean Coal Centre, [https://www.usea.org/sites/default/files/122013\\_Status%20of%20advanced%20ult](https://www.usea.org/sites/default/files/122013_Status%20of%20advanced%20ult)

- ra-supercritical%20pulverised%20coal%20technology\_ccc229.pdf, erişim tarihi: 30.10.2019
- 8-Barnes,I., 2015. Upgrading the Efficiency of the World's Coal Fleet to Reduce CO2 Emissions , Cornerstone, UEA Clean Coal Centre yayını; [https://www.worldcoal.org/file\\_validate.php?file=Cornerstone\\_Volume3\\_Issue1.pdf](https://www.worldcoal.org/file_validate.php?file=Cornerstone_Volume3_Issue1.pdf), erişim tarihi: 30.10.2019
- 9-National Energy Technology Laboratory (NETL),Typical IGCC Configuration, <https://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasifiedia/igcc-config> , erişim tarihi: 30.10.2019
- 10- (a), BREF, 2017. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants, AB Komisyonu s. 338-344, [https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/LCP/JRC\\_107769\\_LCPB-ref\\_2017.pdf](https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/LCP/JRC_107769_LCPB-ref_2017.pdf) , erişim tarihi: 30.10.2019
- (b) BREF 2017, s. 163
- (c) BREF 2017, s. 138-142
- (d) BREF 2017, s. 143-147
- (e) BREF 2017. S. 389
- 11- Papiya Roy, Arghya Sardar, 2015. SO2 Emission Control and Finding a Way Out to Produce Sulphuric Acid from Industrial SO2 Emission, Journal of Chemical Process and Technology, <https://www.longdom.org/open-access/so2-emission-control-and-finding-a-way-out-to-produce-sulphuric-acid-from-industrial-so2-emission-2157-7048-1000230.pdf>, erişim tarihi: 30.10.2019
- 12- EPA, 2000. Control of Nitrogen Oxides Emissions, Student Manual, s.6.3-6.19 <http://www.4cleanair.org/APTI/418Combinedchapters.pdf>, erişim tarihi: 30.10.2019
- 13-(a) UEA, Clean Coal Centre, 2018.Selective Catalytic Reduction for (SCR) for NOx Control <https://www.iea-coal.org/selective-catalytic-reduction-scr-for-nox-control/>, erişim tarihi: 30.10.2019
- (b) UEA, Clean Coal Centre, 2018.Selective Non-Catalytic Reduction for (SNCR) for NOx Control <https://www.iea-coal.org/selective-non-catalytic-reduction-sncr-for-nox-control/> erişim tarihi: 30.10.2019
- 14- UEA, Carbon Capture, Utilization and Storage, <https://www.iea.org/topics/carbon-capture-and-storage/capture/>, erişim tarihi: 30.10.2019
- 15-(a) Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015.<https://cygm.c4sb.gov.tr/yonetmelikler-i-440> , erişim tarihi: 30.10.2019
- (b) T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2016. Sektörel Atık Kılavuzları, Termik Santraller, [https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/Termik\\_Santraller\\_Kilavuzu.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/Termik_Santraller_Kilavuzu.pdf), erişim tarihi: 30.10.2019
- 16- Zhang, X., Ocak 2014. Management of Coal Combustion Wastes, IEA Clean Coal Centre, [https://www.usea.org/sites/default/files/012014\\_Management%20of%20coal%20combustion%20wastes\\_ccc231.pdf](https://www.usea.org/sites/default/files/012014_Management%20of%20coal%20combustion%20wastes_ccc231.pdf), erişim tarihi: 30.10.2019
- 17-Nalbandian, H., Eylül 2012. Trace element emissions from coal, IEA Clean Coal Centre, [https://www.usea.org/sites/default/files/092012\\_Trace%20element%20emissions%20from%20coal\\_ccc203.pdf](https://www.usea.org/sites/default/files/092012_Trace%20element%20emissions%20from%20coal_ccc203.pdf), erişim tarihi: 30.10.2019
- 18- (a) Yeşil Ekonomi, 8.07.2019. "Alman Kalkınma Bankası KfW kömüre dayalı her türlü yatırıma yönelik finansmanı kesme kararı aldı." [https://yesilekonomi.com/kfw-komur-finansmanina-tamamen-son-verdi/?utm\\_source=news-letter&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=gecen\\_haftanin\\_oene\\_cikan\\_haberleri&utm\\_term=2019-07-30](https://yesilekonomi.com/kfw-komur-finansmanina-tamamen-son-verdi/?utm_source=news-letter&utm_medium=email&utm_campaign=gecen_haftanin_oene_cikan_haberleri&utm_term=2019-07-30), erişim tarihi: 30.10.2019
- (b) Institute for Energy Economics and Financial Analysis, 2019. "Financial institutions are restricting thermal coal funding", <https://ieefa.org/finance-exiting-coal/>, erişim tarihi: 30.10.2019
- 19- Karaca, Ayten., Türkmen, C., Arcak, S., Haktanır, K., Topçuoğlu, B., Yıldız, H., Çayırhan Termik Santrali

- Emisyonlarının Yöre Topraklarının Bazı Ağır Metal ve Kükürt Kapsamlarına Etkilerinin Belirlenmesi, <https://dergipark.org.tr/tr/d4ownload/article-file/565577>, erişim tarihi: 30.10.2019
- 20- Haktanır, Koray, Sözüdoğru Ok, S., Karaca, A., Arcak, S., Çimen, F., Topçuoğlu, B., Türkmen, C., Yıldız, H., Muğla-Yatağan Termik Santrali Emisyonlarının Etkisinde Kalan Tarım ve Orman Topraklarının Kirlilik Veri Tabanının Oluşturulması ve Emisyonların Vegetasyona Etkilerinin Araştırılması, <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/47/1445/16230.pdf>, erişim tarihi: 30.10.2019
- 21- Temiz Hava Hakkı Platformu, 2019. Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri Kara Rapor, <https://www.temizhavahakki.com/kara-rapor/>, erişim tarihi: 30.10.2019
- 22- TÜİK, 11.04.2019. Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30627>, erişim tarihi: 30.10.2019
- 23- UNFCCC, 2018. National greenhouse gas inventory data, <https://unfccc.int/document-s/182572#eq-1>, erişim tarihi: 30.10.2019
- 24- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018. Türkiye'nin Yedinci Ulusal Bildirimi, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/yed-nc--ulusal-b-ld-r-m-20190909092640.pdf>, erişim tarihi: 30.10.2019

## ÖZGEÇMİŞ

**Handan DÖNMEZ**, 1956 yılında Elbistan'da doğdu. 1979 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 1984 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çere Mühendisliği Bölümü'nde lisansüstü programını tamamladı. Önceki adıyla Türkiye Elektrik Kurumu (TEK), sonraki adıyla Elektrik Üretim A.Ş.nde sırasıyla Termik Santraller İşletme; Santraller Proje ve Tesis; Çevre Daire Başkanlıkları'nda çalıştı. Çevre Dairesi'nden 2016 yılında emekli oldu. 1980'li yıllarda TMMOB Kimya Mühendisleri Odası Ankara Şubesi'nde iki dönem Yönetim Kurulu üyeliği yaptı. Halen KMO Enerji Komisyonu üyesidir.

## ÖZGEÇMİŞ

**Nilgün ERCAN**, 1956 yılında Ankara'da doğdu. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden 1979 yılında mezun oldu. Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü Kamu Yönetimi Lisans Üstü Uzmanlık Programını 2000 yılında bitirdi. Önceki adıyla Türkiye Elektrik Kurumu (TEK), sonraki adıyla Elektrik Üretim A.Ş. Santraller Proje ve Tesis Dairesi'nden 2006 yılında emekli oldu. TMMOB Kimya Mühendisleri Odası (KMO)'nda, 1984-1990 ve 1992-1996 yılları arasındaki çalışma dönemlerinde sırasıyla Oda Yönetim Kurulu üyeliği, Ankara Şubesi Yönetim Kurulu Başkanlığı ve Oda Yönetim Kurulu Başkanlığı yaptı. Halen KMO Enerji Komisyonu üyesidir.



## TÜRKİYE’DE KÖMÜRLÜ TERMİK SANTRALLAR VE ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ

**Muzaffer BAŞARAN**, *EÜAŞ Emekli Genel Md. Yrd. ve MMO Enerji Komisyonu Üyesi*,  
ANKARA.

### ÖZET

Termik Santraller kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü tesislerdir. Termik Santrallarda esas olarak fosil yakıtlar olan kömür, gaz ve petrol ürünleri kullanılır. Dünya’da elektrik üretiminde en büyük pay fosil yakıtlardadır ve uzun bir süre de böyle devam edeceği tahmin edilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)’nın hazırladığı tahminlerde de durum farklı değildir.

2019 Temmuz sonu itibarıyla Türkiye’nin Kurulu Gücü 90.448,7 MW olup bunun %22,4’ü olan kömürlü santrallerin kurulu gücü 20.251,7 MW’tır. Bunların 10.097 MW’ı linyit, 810,8 MW’ı yerli taşkömürü, 8.938,9 MW’ı ithal kömür ve 405 MW’ı asfaltit kullanırlar. Bu santraller 2018 yılında 111,57 milyar kWh üretmişlerdir ve 300,15 milyar kWh’lik Türkiye toplam üretimi içinde kömürün payı %37,2’dir.

Hava Kalitesiyle ilgili Yönetmelik 08.06.2010 tarihinde değiştirilmiştir ve şimdi AB’nin LCP (büyük Yakma Tesisleri) Direktifi, Türk mevzuatı haline gelmiştir. Yeni santraller, DeSOx ve DeNOx sistemleriyle birlikte kurulmaktadır. Ancak hala bu tesisleri olmayan eski santraller mevcuttur.

Türkiye yakın gelecekte kömürden vaz geçemez, bunun temelde iki nedeni vardır. Birincisi Türkiye’nin petrol ve doğal gaz rezervleri, dolayısıyla üretimi çok düşüktür. Kaynak olarak linyit kömürü ve hidroelektrik öne çıkmaktadır. İkinci neden rüzgâr, güneş, hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynakları değerlendirilmelidir. Ancak bunlar öngörülemeyen santrallerdir.

**Anahtar kelimeler:** Kömürlü termik santraller, Kirleticiler, Çevre Teknolojileri,

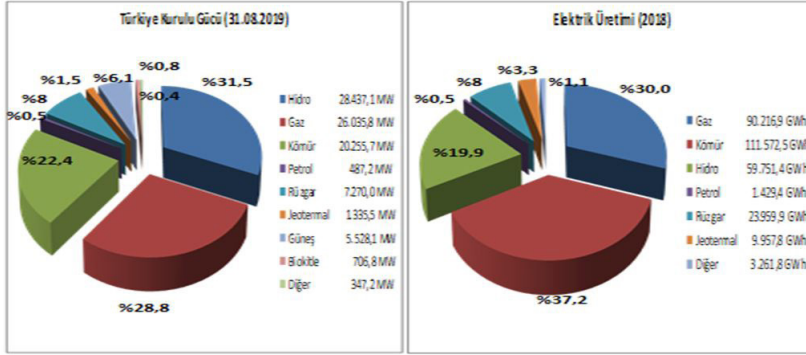
### GİRİŞ

Termik Santraller kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü tesislerdir. Termik Santrallarda esas olarak fosil yakıtlar olan kömür, gaz ve petrol ürünleri kullanılır. Dünya’da elektrik üretiminde en büyük pay fosil yakıtlardadır ve uzun bir süre de böyle devam edeceği tahmin edilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)’nın hazırladığı tahminlerde de durum farklı değildir.

2017 yılında Dünya Elektrik Üretiminin %39,3’ü kömür, %22,9’u Doğal Gaz, %16’sı Hidrolik, %10,6’sı Nükleer, %4,1’i petrol, 4,9 yenilenebilir(rüzgâr, güneş, jeotermal, dalga) ve %2,2’si diğer kaynaklardan karşılanmıştır. Türkiye’de ise 2018 yılında elektrik



üretiminin %37,2'si kömür, %30'u Doğal Gaz, %19,9'u Hidrolik, %0,5'i petrol, %11,4 yenilenebilir(rüzgâr, güneş, jeotermal) ve %1'i diğer kaynaklardan karşılanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1: Türkiye Kurulu Gücü (31.08.2019) ve Elektrik Üretimi [1].

## KÖMÜRLÜ SANTRALLAR

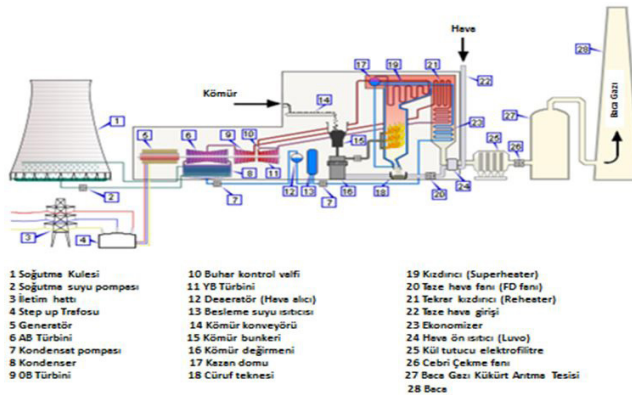
### Kömür Rezervleri

2018 yılı itibariyle Dünya’da 1.054,8 Trilyon ton kömür rezervi bulunmaktadır. Bunun %42,2’si Güney Doğu Asya’da, %24,5’i Kuzey Amerika’da, %17,9’u Kuzey Asya’da, %12,8’i Avrupa’da, %1,4’ü Orta Doğu ve Afrika’da, %1,3’ü Güney ve Orta Amerika’dadır. [2].

Türkiye’de linyit rezervinin uzun yıllar 8,3 milyar ton olduğu söylenirken son 10 yıldaki MTA’nın aramaları sonucu rezerv 17,9 milyar tona çıkmıştır. Ancak Türkiye’deki linyitlerin %70’e yakınının kalorifik değeri 2000 kCal/kg’ın altındadır. Kül ve nem oranı yüksektir. [3]. Bu sebeple bazı sahalar sadece elektrik üretim amacıyla değerlendirilebilir.

### Kömürlü Santralin Elemanları

Bir kömürlü santralin ana ekipmanları Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Bir kömürlü santralin elemanları [4].

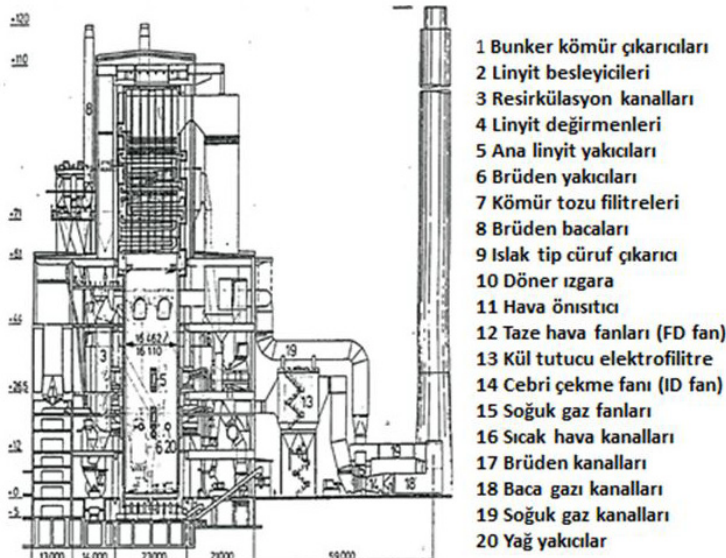
### Kömür Alma, Kül Atma Sistemi

Türkiye'deki kömür santrallerinin çoğunluğu düşük kalorifik değere sahip linyite dayalı olduklarından madenin hemen yanında kurulmuşlardır. Madenden gelen ham kömür kırıcılardan geçirilir ve kömür stok sahasına getirilir. Kömür, stok sahasından park makinalarıyla alınır ve ünite bunkerlerine götürülür.

Kazan altı teknesinden alınan cüruf ve elektrofilitrede tutulan kül, aynı konveyör bandına dökülerek ya kömürün çıkarıldığı madene veya ayrı olarak inşa edilen kül barajlarına dökülür. Kül ve cürufun direk suyla taşındığı hidrolik sistemlerde vardır.

### Kazan ve Yardımcıları

Bunkerlerden alınan kömür transport bantlarıyla değirmenlere gelir, değirmenlerde toz haline getirilen kömür yanma odasına sıcak havaıyla püskürtülür ve kömür havada yanar.



Şekil 3. Afşin Elbistan A Santrali Kazan Kesiti [5]

Yakıtın kimyasal enerjisi kazanda meydana gelen yanma sonucu ısı enerjisine dönüşür. Yanma sonucu meydana gelen gazlar ısılarını konveksiyon ve radyasyon (ışınım) yolu ile kazan borularına vererek boruların içinden geçmekte olan suyun sıcaklığının yükselmesini sağlarlar.

Su sıcaklığı kazan basıncının karşılığı olan buharlaşma sıcaklığına eriştiğinde buharlaşma başlar. Bu şekilde meydana gelen su-buhar karışımı genellikle "dom" denilen bir

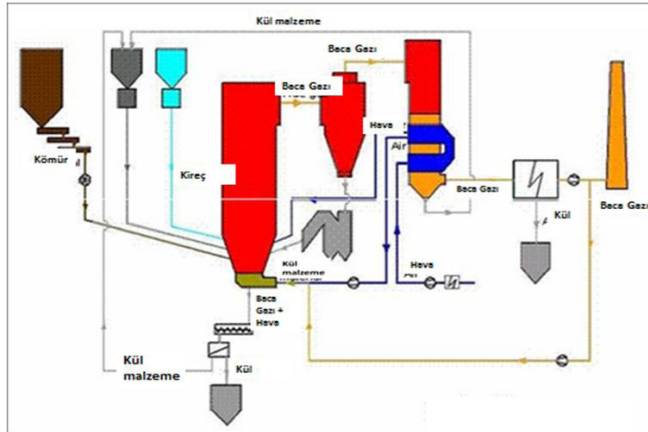
büyük tankta doymuş buhar ve su olmak üzere ikiye ayrılır. Doymuş buhar daha sonra yine baca gazları ile kızdırılır.

Su ise tekrar çevrimin başlangıç noktasına gönderilerek yeniden ısıtılır. Kızdırıcılarda mümkün olduğu kadar yüksek sıcaklıklara erişmek arzu edilen bir durumdur, çünkü bu sıcaklık ne kadar artarsa verim de artar.

Kazanların çok farklı tipleri olmasına karşın bugün iki ana tipten bahsedilmektedir:

1. Pulverize Kömürlü Kazanlar
2. Akışkan Yataklı Kazanlar

Yukarıda anlatılanlar aslında pulverize kömür kazanıyla ilgili özelliklerdir, akışkan yataklı kazanın bunkerine kömür 10 mm civarında gelir ve alttan nozullarla hava verilen yatak üzerine gönderilir. Yanma kireç beslemesi de yapılan bu yatak üzerinde gerçekleşir. Şekil 4’de akışkan yatak teknolojisi şematik olarak gösterilmektedir.



**Şekil 4. Akışkan Yataklı Kazan Teknolojisi [6].**

Kazandaki diğer ekipmanlar

1. Değirmenler (Akışkan yataklı kazanda yok)
2. Fanlar (FD Fanları, ID Fanları, Soğuk Gaz Fanları)
3. Hava Ön Isıtıcıları
4. Kurum Üfleyiciler
5. Cüruf ızgarası
6. Kül Tutucu Elektro Filtreler

### **Türbin ve Yardımcıları**

Bir buhar türbini, genel olarak yatay eksenli etrafında dönebilen bir rotor, bu rotor üze-

rine monte edilmiş ve rotorla beraber dönen hareketli kanatlar, türbin gövdesi, bu gövde içinde bulunan iç gövde, sabit kanat taşıyıcıları ve sabit kanatlardan meydana gelir. Rotor, her iki tarafından radyal yataklarla yataklanmıştır. Eksenel yatak rotoru eksenel yönde sabitleştirir. Buharın türbinden dışarı kaçmasının söz konusu olduğu yerler labirentlerle donatılmıştır. [7].

Buhar, faydalı enerjisini kanatlar yardımıyla rotora verdikten sonra çürük buhar kondenseye dökülür. Çeşitli basınç basamaklarından alınan ara buhar, borular ile gövdeden ayrılarak besleme suyu ısıtıcılarına gönderilir. Bu ara buharlarla kazana giden besleme suyu ısıtılır. Türbin çıkış tarafında bulunan generatörün rotoru, türbin rotoruna kaplinle bağlanmıştır.

### **Jeneratör**

Jeneratörler, stator ve rotor adı verilen 2 ana bölümden oluşurlar. Stator gövdesi genellikle kaynaklı tiptendir. Gövde içerisine 0,5 mm kalınlığındaki saçların üst üste konulması ile oluşturulan saç paketleri yerleştirilir. Bu saç paketlerinde açılmış oluklara ise stator sargıları döşenir ve mika ya da benzeri yalıtkanlarla birbirlerinden ayrılır.

Buhar santrallerinde kullanılan generatörlerin stator sargı gerilimleri 10 kV, 15 kV, 22 kV ya da 33 kV gibi değerlerde olabilir.

Generatör rotoruna indüktörde denebilir. Rotorda oluşturulan manyetik alanın stator içinde döndürülmesiyle stator sargılarında voltaj indüklenmiş olur. Yuvarlak kutuplu senkron generatörlerin devirleri yüksek olduğundan (3.000 rpm) rotor üzerinde büyük merkezkaç kuvvetleri oluşur. Bu kuvvetler ise rotorların maksimum çaplarını sınırlar. Yuvarlak kutuplu senkron generatörlerin boylarının uzun, çaplarının ise küçük seçilmesinin nedeni budur.

### **Transformatör**

Transformatörler, gerilim seviyesini ihtiyaca göre yükselten veya düşüren statik elektrik makineleridir. Transformatörler basit olarak alaşımlı demir saç paket bir nüve üzerine iki grup sargıdan oluşurlar. Birinci sargının gerilimi  $U_1$  ve sargı sayısı  $n_1$ , ikinci sargının gerilimi  $U_2$  ve sargı sayısı  $n_2$  ise:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Generatörün çıkış gerilimini (10, 15, 22kV) santralin bağlanacağı iletim hattı gerilimine çıkartan transformatöre ana transformatör, generatör çıkış barasından iç ihtiyaç için

gerilimi düşüren transformatöre iç ihtiyaç transformatörü denilir. Santral içinde gerilim seviyesini düşüren çok sayıda güç transformatörü olduğu gibi ölçü aletleri içinde çok sayıda akım ve gerilim transformatörü bulunmaktadır.

### **Şalt Sahası**

Jeneratörde üretilen elektriğin gerilimi ana transformatörde yükseltildikten sonra şalt sahasıyla iletim sistemine bağlanır.

Şalt sahasında ana bara, transfer bara, kesiciler, ayırıcılar, parafudrlar bulunur. Ana transformatör çıkış gerilimi daha düşük seviyelere indirilecekse ona uygun ilave transformatörlerde bulunur. Santralin ilk başlatılması sırasında dışarıdan enerji almaya imkan sağlamak için şalt sahalarında start up transformatörleri de bulunur. Şalt sahasına giriş ve çıkışlar fider denilen donanımlarla sağlanır.

### **Soğutma Kulesi**

Eğer santral deniz, göl veya büyük debili bir nehir kenarında değilse soğutma kuleleri kullanılır. Türbinden kondensere gelen buharın ısısı soğutma kulesinden gelen suyla soğutularak yoğunlaştırılır. Isınan soğutma suyu da soğutma kulesinde tekrar soğutulur.

Soğutma kulelerinde genelde üç tip kullanılır.

1. Cebri sirkülasyonlu (fanlı) ıslak tip soğutma kulesi
2. Doğal sirkülasyonlu (hiperbolik) ıslak tip soğutma kulesi
3. Kuru tip soğutma kulesi

Doğal çekişli soğutma kulelerine su belirli bir yükseklikten girerek, aşağıya doğru düşer. Bu sırada kulenin altından giren hava ise sudan daha soğuk olduğu için ısınarak yükselir. Böylece aşağıya akmakta olan su, yukarı çıkmakta olan hava tarafından soğutulur. Su, kule içinde ne kadar fazla kalır ve ne kadar küçük partiküllere ayrılırsa o kadar fazla soğur. Bu nedenle kule içersine, su akışını yavaşlatıcı ve onu parçalayıcı engeller konur.

### **TÜRKİYE'DE SANTRALLAR**

2019 Ağustos sonu itibariyle Türkiye kurulu gücü 90.403,4 MW olup bunun %22,4'ü olan kömürlü santrallerin kurulu gücü 20.255,7 MW'tır. Bunların 10.101 MW'ı linyit, 810,8 MW'ı yerli taşkömürü, 8.938,9 MW'ı ithal kömür ve 405 MW'ı asfaltit kullanırlar. Bu santraller 2018 yılında 111,57 milyar kWh üretmişlerdir ve 300,15 milyar kWh'lik Türkiye toplam üretimi içinde kömürün payı %37,2'dir. [1].

Bu santrallerin 1.804 MW'ı EÜAŞ, 620 MW'ı İşletme Hakkı Devri, 1.320 MW Yap İşlet, 16.511,7 MW'ı Serbest Üretici Şirketler tarafından işletilmektedir.

## Türkiye’de Kömürlü Santraller

Kamu santrallerinin özelleştirilmeleri sonucu EÜAŞ’ın elinde sadece linyit yakıtlı 1.440 MW Afşin Elbistan B (K. Maraş), 320 MW Çan (Çanakkale) ve 44 MW’lık Soma A (Manisa) santralleri kalmıştır[8]. Diğer tüm kömürlü santraller özel sektör tarafından işletilmekte ve bu santraller da Çizelge 1’de listelenmiştir.

**Çizelge 1: Özel Sektör tarafından işletilen kömür santralleri [9].**

| No | Santraller                  | İşletici     | Yer              | Yakıt        | MW       |
|----|-----------------------------|--------------|------------------|--------------|----------|
| 1  | AESA, Seyit, Tunçb., Orhan. | Çelikler     | K.Mar,Küt., Bur. | Linyit       | 2.530    |
| 2  | Kangal , Soma               | Konya Şek.   | Sivas, Manisa    | Linyit       | 1.447    |
| 3  | Catalağzı, Yatağan          | Elsan        | Zongul., Muğla   | Taşkö, Liny. | 930      |
| 4  | Kemerköy, Yeniköy           | İçtaş, Limak | Mugla            | Linyit       | 1.050    |
| 5  | Çayırhan                    | Ciner Park   | Beypazarı        | Linyit       | 620      |
| 6  | Sugözü                      | İsken        | Ceyhan           | İthal Köm.   | 1.320    |
| 7  | Zetes-1, Zetes-2, Zetes -3  | Eren         | Zonguldak        | İthal Köm.   | 2.680    |
| 8  | Değirmencik, Bekirli        | İçdaş        | Biga             | İthal Köm.   | 1.605    |
| 9  | Tufanbeyli                  | Enerjisa     | Tufanbeyli       | Linyit       | 450      |
| 10 | Bolu Göynük                 | Aksa         | Bolu Göynük      | Linyit       | 270      |
| 11 | Atlas                       | Diler Grup   | Ceyhan           | İthal Köm.   | 1.200    |
| 12 | İzdemir                     | İzm. De. Çe  | Aliağa           | İthal Köm.   | 350      |
| 13 | Yunus Emre                  | Adulerya     | Mihalıçcık       | Linyit       | 145      |
| 14 | Cenal                       | Ceng., Alar. | Karabiga         | İthal Köm.   | 1.320    |
| 15 | Diğer                       | S. Ü.        |                  | Çeşitli      | 2.534,7  |
|    | Total                       |              |                  |              | 18.451,7 |

Bazı santrallerin ünite büyüklüklerine göre temel parametreleri Çizelge 2’de sunulmuştur.

**Çizelge 2: Türkiye’deki linyit santrallerinin temel parametreleri [9].**

| Parametre              | Birim       | AE-B  | AE-A  | Yatağan | Soma  | Çan   | Seyitömer |
|------------------------|-------------|-------|-------|---------|-------|-------|-----------|
| Kurulu Güç             | MW          | 1.440 | 1.360 | 630     | 990   | 320   | 600       |
| Ünite Güç              | MW          | 360   | 340   | 210     | 165   | 160   | 150       |
| Üretim kapasite        | 106 kWh/yıl | 9.100 | 8.800 | 5.518,8 | 6.435 | 2.080 | 3.900     |
| Buhar debi             | ton/saat    | 1.037 | 1.020 | 660     | 525   | 462   | 500       |
| Kızgın buh. sıcaklık   | OC          | 540   | 535   | 535     | 540   | 543   | 540       |
| Kızgın buh. basınç     | bar         | 167   | 194   | 139     | 142   | 174   | 140       |
| Tekrar kızd. buh. sıc. | OC          | 540   | 535   | 535     | 540   | 542   | 540       |
| Tekrar kızd. buh. bas. | bar         | 38    | 39    | 24      | 32    | 37    | 36        |
| Besleme su sıcaklık    | OC          | 250   | 255   | 243     | 234   | 251   | 250       |
| Kondense vakum         | Bar         | 0,07  | 0,07  | 0,0726  | 0,07  | 0,085 | 0,06      |
| Santral Verim          | %           | 38,95 | 31,27 | 33,56   | 30,01 | 42,00 | 37,07     |

| Özgül ısı tüketimi | kCal/kg | 2.208 | 2.750 | 2.568 | 2.886 | 2.048 | 2.710 |
|--------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|--------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

### Türkiye’de Kömürlü Santrallerin İmalatçıları

Kamu kuruluşları (TEK, TEAŞ ve EÜAŞ) tarafından yapılan santrallerin ana imalatçıları Çizelge 3’de görülmektedir.

**Çizelge 3. Kamu kuruluşları tarafından yaptırılan santrallerin imalatçıları [9].**

| Santral       | Kazan                 | Türbin      | Jeneratör   | S Arıtma   |
|---------------|-----------------------|-------------|-------------|------------|
| Afş Elb. A1,3 | VKW – DB              | BBC-Alstom  | BBC-Alstom  | -          |
| Afş Elb. A2,4 | Steinmüller – DB      | BBC-Alstom  | BBC-Alstom  | -          |
| Afşin Elb. B  | D. Babcock            | Mitsubishi  | Mitsubishi  | Mitsubishi |
| Çan           | Alstom                | Alstom      | Alstom      | -          |
| Çatalağzı     | Transelektro          | Mitsubishi  | Mitsubishi  | -          |
| Çayırhan      | Austrian Energy       | Mitsubishi  | Mitsubishi  | Bischoff   |
| Kangal        | Transelektro-Kutlutaş | Mitsubishi  | Mitsubishi  | Mitsubishi |
| Kemerköy      | Rafako                | Zamech      | Doimel      | Babcock    |
| Orhaneli      | Steinmüller           | LMZ         | Electrosila | Knöll      |
| S.Ömer 1-2    | Stein Industry        | Franco Tosi | Marelli     | -          |
| S.Ömer 3      | VKW-Babcock           | Mitsubishi  | Mitsubishi  | -          |
| S.Ömer 4      | VKW-Babcock           | BBC         | BBC         | -          |
| Soma          | Ses Tylmace           | Skoda-Gama  | Skoda       | -          |
| Tunçbilek     | Rafako                | KWU         | KWU         | -          |
| Yatağan       | Rafako                | Zamech      | Doimel      | Bischoff   |
| Yeniköy       | Rafako                | Zamech      | Doimel      | Bischoff   |

Çizelge 3’de sarı ile işaretlenen santraller özelleştirilen santrallerdir. Listedeki görüleceği gibi imalatçılar Avrupa ve Japonya firmalarıdır. Ancak şu anda özel sektör tarafından yaptırılan santraller birkaç istisna dışında Çin firmaları tarafından yapılmaktadır. Bunun da başlıca 3 nedeni vardır. Çin santralleri daha ucuzdur, finansman temin etmeleri daha kolaydır ve yapım süreleri daha kısadır.

### ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ

Kömürlü santrallerden çıkan atıklar üçe ayrılır: Gaz emisyonları, sıvı atıklar ve katı atıklar.

#### Gaz Emisyonları

Hava Kalitesiyle ilgili Yönetmelik 08.06.2010 tarihinde değiştirilmiştir ve şimdi AB’nin LCP (büyük Yakma Tesisleri) Direktifi, Türk mevzuatı haline gelmiştir (Çizelge 4).

**Çizelge 4: Türkiye’de Çevre Mevzuatı Emisyon Limitleri [6].**

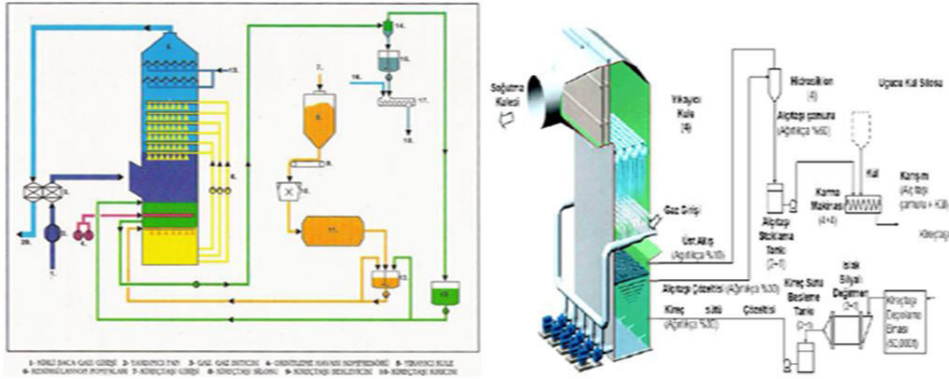
| Emisyon         | LCP, Büyük Yakma Tesisleri Direktifi (08.06.2010) öncesi                                                      | LCP, Büyük Yakma Tesisleri Direktifi (08.06.2010) sonrası                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SO <sub>2</sub> | < 100 MWt 2000 mg/Nm <sup>3</sup><br>≤100-300 MWt 1300 mg/Nm <sup>3</sup><br>>300 MWt 1000 mg/Nm <sup>3</sup> | <b>Mevcut Santraller</b><br>50-100 MWt 2000 mg/Nm <sup>3</sup><br>100-500 MWt 2000-400 mg/Nm <sup>3</sup><br>≥ 500 MWt 400 mg/Nm <sup>3</sup><br><b>Yeni Santraller</b><br>50-100 MWt 850 mg/Nm <sup>3</sup><br>>100 MWt 200 mg/Nm <sup>3</sup>                                                                                   |
| NO <sub>x</sub> | ≥ 50 MWt 800 mg/Nm <sup>3</sup>                                                                               | <b>Eski Mevcut Santraller</b><br>50-500 MWt 600 mg/Nm <sup>3</sup><br>>500 MWt 500 mg/Nm <sup>3</sup><br><b>Mevcut Santraller (01.01.2016 sonrası)</b><br>50-500 MWt 600 mg/Nm <sup>3</sup><br>> 500 MWt 200 mg/Nm <sup>3</sup><br><b>Yeni Santraller</b><br>50-100 MWt 400 mg/Nm <sup>3</sup><br>>100 MWt 200 mg/Nm <sup>3</sup> |
| Dust (PM)       | 5 kWt-5 MWt 200 mg/Nm <sup>3</sup><br>5-50 MWt 150 mg/Nm <sup>3</sup><br>> 50 MWt 100 mg/Nm <sup>3</sup>      | <b>Mevcut Santraller</b><br>< 500 MWt 100 mg/Nm <sup>3</sup><br>≥ 500 MWt 50 mg/Nm <sup>3</sup><br><b>Yeni Santraller</b><br>50-100 MWt 50 mg/Nm <sup>3</sup>                                                                                                                                                                     |



Baca gazından kükürtdioksiti ( $SO_2$ ) ayıran tesislere Baca Gazı Kükürt Arıtma Tesisleri (BGD) ( $DeSO_x$ ) ve baca gazından azotoksitleri ( $NO_x$ ) ayıran tesislere Baca Gazı Azot oksit Arıtma Tesisleri ( $DeNO_x$ ) adı verilir. Yatağan ve Afşin Elbistan B Santrallerinin Baca Gazı Kükürt Arıtma Tesisleri'nin genel yapısı Şekil 5'de görülmektedir. Yeni santrallar  $DeSO_x$  ve  $DeNO_x$  sistemleriyle birlikte kurulmaktadır, ancak hala bu tesisleri olmayan eski santrallar mevcuttur.

Kamu santrallerinde özelleştirme programı uygulandığından çevre koruma teçhizatı olmayan santrallar belli sürelerde bu tesislerin kurulması şartıyla özelleştirilmiştir. Bu süreler daha sonra uzatılmış ve 19.07.2019 tarihli Resmi Gazetede yayınlanan 7186 sayılı Kanunun Geçici 26. maddesiyle 31.12.2022 tarihine kadar tekrar bu süre uzatılmıştır.

BGD teknolojileri kuru ve ıslak sistemler olarak ikiye ayrılır. Türkiye'deki Baca Gazı Arıtma Sistemlerinin çoğu ıslak kireçtaşı teknolojisi kullanmaktadır, deniz kenarındaki ithal kömür santrallerinde ise denizsuyu teknolojisi kullanılmaktadır. Bazı özelleştirilen santrallarda amonyak teknolojisi kullanılması planlanmaktadır.



Şekil 5: Yatağan ve Afşin Elbistan B Santrallerinin Baca Gazı Kükürt Arıtma Tesisleri [6].

Yeni santrallarda  $DeNO_x$  tesisleri olmakla birlikte eski santrallarda bu arıtma tesisleri bulunmamaktadır. Yönetmeliklerde limitlerin daraltılması sonucu mevcut kül tutucu elektrofilitreler bu limitleri tutturaktan çok uzaktadır. Bunlarda da bir an önce rehabilitasyonlar yapılmalıdır.

### Sıvı Atıklar

Santrallerin sıvı atıkları genel olarak üçe ayrılır. Su tasfiye tesisi atıkları, kül suyu ve evsel atıklardır. Su tasfiye tesisi sıvı atıkları nötralizasyon tesislerinden geçirildikten kül suyu sistemine verilir. Kül suyunda ise havuzlarda kül çöktürülür ve üstte kalan su genelde kül suyu sisteminde kullanılır. Evsel atıklar ise arıtıldıktan sonra bahçe sulamasında kullanılır.

## Katı Atıklar

Santralin katı atıkları kül, cüruf ve alçıdır. Bazı santrallerin kül ve cürufu uygun kompozisyonu olması durumunda çimento ve inşaat sektörüne satılabilir. Satılamıyorsa, Kül ve Cüruf atma sistemleri üçe ayrılabilir:

- Islak sistemler: Burada kül ve cürufu soğutmak ve taşımak için su kullanılmaktadır,
- Yarı kuru sistemler,
- Kuru sistemler.

Kül ve cüruf ya kömürü alınan sahalara veya kül barajlarına götürülür. Öngörülen seviyelere gelince üzerlerine önce dekapaj toprağı, sonra bitkisel toprak örtülerek ağaçlandırılır.

Alçıda ise önce piyasada satış imkânı aranır. Satılamıyorsa onlarda kül ve cürufu birlikte önceden hazırlanmış sahalara dökülür.

## SONUÇ

Fosil Yakıtların kullanımı uzun yıllar devam edecektir. Dolayısıyla termik santrallarda üretimi daha verimli, daha temiz ve daha ucuz yapabilecek teknolojiler üzerinde çalışılmalıdır. Yenilenebilir Enerji önemlidir ve değerlendirilmelidir. Ancak rüzgâr yoksa rüzgâr enerjisi yoktur, kurak geçen yıllarda barajda veya akarsuda su yoksa hidrolik enerji yoktur, güneş battığında güneş enerjisi yoktur.

Türkiye yakın gelecekte kömürden vaz geçemez, bunun temelde iki nedeni vardır. Birincisi Türkiye'nin petrol ve doğal gaz rezervleri, dolayısıyla üretimi çok düşüktür. Kaynak olarak linyit kömürü ve hidroelektrik öne çıkmaktadır. İkinci neden rüzgâr, güneş, hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynakları öngörülemeyen santrallardır. Elektrik ihtiyacı sürekli olduğundan güvenilir baz yük santrallerine gereksinim vardır. Bu gereksinimi de kömür, gaz ve nükleer santraller karşılayabilir. Dolayısıyla yerli kaynak olan linyit kullanılmak durumundadır.

## KAYNAKLAR

1. TEİAŞ web sitesi ([www.teias.gov.tr](http://www.teias.gov.tr) Erişim: 15.09.2019).
2. BP Statistical Review of World Energy, June 2019.
3. Dr. İlker Şengüler, Lignite Explorations in Turkey, New Projects and New Reserves, 27. Pittsburgh Coal Conference, 12-16 Ekim 2010, İstanbul.
4. Muzaffer Başaran, Türkiye'de Kömürlü Termik Santraller, ODTÜ Mezunlar Derneği, Enerji Grubu Cumartesi Söyleşileri, 23.02.2013, ODTÜ Vişnelik Tesisleri, Ankara.
5. Türkiye'de Termik Santraller, Makina Mühendisleri Odası, Enerji Çalışma Grubu, Nisan 2017.
6. Temiz Kömür Teknolojileri, DEK TMK Yayınları, Mart 2010.
7. Yaver Heper, Buhar Santralleri Teorisi ve Uygulaması, ODTÜ Yayınları, Ankara 2001.
8. EÜAŞ web sitesi ([www.euas.gov.tr](http://www.euas.gov.tr) Erişim: 10.09.2019).

9. Muzaffer Başaran, Türkiye’de Kömürlü Santraller, Makina Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Bülteni, Eylül 2019.

## ÖZGEÇMİŞ

**Muzaffer BAŞARAN**, 1952’de Isparta’da doğdu. İlkokulu Burdur Tefenni’de, Ortaokulu Antalya Lisesi Ortaokulunda, Liseyi İstanbul Kabataş Lisesinde bitirdikten sonra Etibank bursuyla İngiltere’ye gitti. Newcastle Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünden 1974’de lisans ve 1975’de master diplomaları aldı.

1975’de işe başladığı TEK Genel Müdürlüğünde 7 yıl Ankara’da Santraller Proje ve Tesis Daire Başkanlığında Mühendis ve Başmühendis olarak çalıştı. 11 yıl Afşin Elbistan Termik Santralında Başmühendis, Şube Müdürü, Tesis Grup Müdürü olarak çalıştı. 5 yıl Kemerköy Termik Santralında Tesis Grup Müdürü ve Kemerköy Elektrik Üretim ve Ticaret A. Ş. Genel Müdürü; 3,5 yıl Yeniköy Santralında Yeniköy Elektrik Üretim ve Ticaret A. Ş. Genel Müdürü ve Yönetim Kurulu Başkanı olarak görev yaptı. Ekim 2001’de Ankara’ya döndü. 1.10.2001 tarihinde Elektrik Üretim A. Ş. Genel Müdür Yardımcılığı ve Yönetim Kurulu üyeliği görevine başladı.

17.10.2006 tarihinde emekli olan Muzaffer Başaran, 01.11.2006 tarihinde H. Ö. Sabancı Holding A. Ş. Enerji Grup Başkanlığı Danışmanı olarak çalışmaya başladı. 2012’de Hattat Grubunda Santraller Yatırım Koordinatörü olarak çalıştı. 2013 Şubat’tan bu yana TEYO Yatırım ve Dış Ticaret A. Ş. Genel Müdürlüğü görevini yürütmektedir.

BAŞARAN, yurt içi ve yurt dışında çok sayıda konferans ve toplantıda konuşmacı olarak yer almıştır. MMO (Makina Mühendisleri Odası), DEK TMK (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi), TESAB (Türkiye Elektrik Sanayi Birliği), BJK (Beşiktaş Jimnastik Kulübü), Kabataşlılar Derneği üyesidir.

Türkan hanımla evli olan BAŞARAN’ın birisi 39, diğeri 35 yaşında Makina Mühendisi iki oğlu vardır. Büyük oğlundan iki kız torunu vardır. İyi derecede İngilizce ve orta derecede Almanca bilmektedir.



## TÜRKİYE'DE KÖMÜRLÜ TERMİK SANTRALLERİN HAVA KİRLİLİĞİ EMİSYONLARI VE SAĞLIK ETKİLERİ

Funda GACAL, HEAL-Sağlık ve Çevre Birliği, Türkiye Enerji ve Sağlık Politikaları  
Danışmanı, ANKARA.

### GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Hava kirliliği, doğal olarak havada bulunmayan ya da normalde zararlı olmayan miktarlarda bulunan maddelerin artmasına bağlı; canlıların yaşamını olumsuz etkileyen, fiziksel zararlara ve ekonomik kayıplara yol açan durum olarak tanımlanmıştır. Türkiye'nin uluslararası raporlarına göre hava kirletici emisyonlar en çok enerji sektöründen yani elektrik üretimi, ısınma ve ulaşımdan kaynaklanmaktadır. Bununla beraber sadece elektrik üretimi veya sadece fosil yakıtlı elektrik üretiminden kaynaklı hava kirletici emisyonlar hala bilinmemektedir. Bu nedenle HEAL-Sağlık ve Çevre Birliği 2015 yılından bu yana Türkiye özelindeki araştırmalarla Türkiye'nin hava kalitesi verilerini Avrupa Birliği üyesi ülkelerin verileriyle aynı detayda araştırmak için çalışmalar yürütmektedir. Avrupa ve Türkiye için en büyük sağlık riski olarak tanımlanan hava kirliliği nedeniyle ülkemizde Dünya Sağlık Örgütü tarafından her yıl 36.698 erken ölümün gerçekleştiği tahmin edilmektedir [1-2].

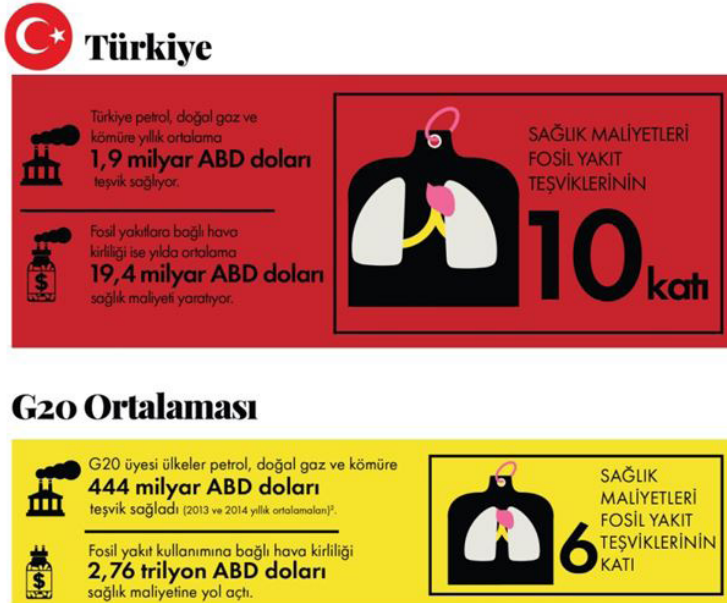
HEAL-Sağlık ve Çevre Birliği'nin 2015 yılında Türkiye özelinde yaptığı "Ödenmeye Sağlık Faturası" [1] araştırması, Türkiye için **ilk kez kömürlü termik santrallerin yarattığı hava kirliliğinin sağlık etkilerini rakamlarla** ortaya koymuştur. Bu raporda "yukarıdan-aşağı" bir modelin kullanılmış; Türkiye'de çalışan yılda hava kirliliğinin neden olduğu 28bin erken ölüm ve Türkiye'nin Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu Uzun Menzilli Sınır Ötesi Hava Kirliliği (CLRTAP) Sözleşmesi kapsamında yaptığı raporlamalar üzerinden bir hesaplama yapılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre Türkiye'de işletmede olan tüm termik santraller hava kirliliği nedeniyle yılda 2,876 erken ölüme, yetişkinlerde 3.823 yeni kronik bronşit vakasına, 4.311 hastane yatışa ve 637.643 iş günü kaybına neden olmuştur [1]. Ayrıca Avrupa'da yaygın olarak kullanılan bir yöntemde bu sağlık etkilerinin maliyeti de hesaplanmıştır, buna göre tahmini sağlık maliyeti yıllık 2,9-3,6 milyar Euro olmaktadır.



**Şekil 1.** Türkiye'de taş kömürü ve linyitle çalışan termik santrallerin hava kirliliği emisyonlarından kaynaklanan sağlık etkileri [1].

Yine HEAL olarak 2017 yılı sonunda yaptığımız bir çalışma[2], fosil **yakıtlı termik santrallere verilen kamu teşvikleriyle, hava kirliliğinin sağlık maliyetini** kıyaslamaktadır.

Fosil yakıtlı elektrik santrallerine verilen teşvik için her ülkede yapılan çalışmalar, hava kirliliğinin sağlık maliyeti için ise IMF'nin araştırması yeniden değerlendirilerek kullanılmıştır. Buna göre G20 üyesi ülkelerde, hava kirliliği fosil yakıtlara verilen teşviğin altı katı iken, Türkiye'de bu rakam on katına çıkmaktadır. G20 üyesi pek çok ülke için teşvik verisi ortak yayınlardan (ODI) alınmışken, Türkiye için bu veri yine kısıtlı olduğundan Türkiye özelinde yapılan araştırmalar kullanılmıştır [3].

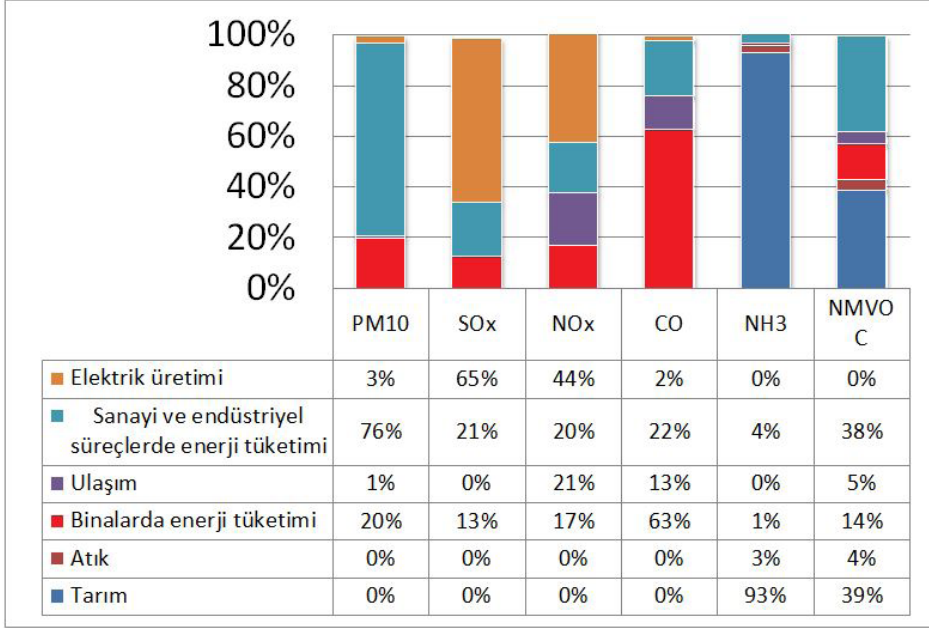


**Şekil 2.** Türkiye’de ve G20 üyesi ülkelerde fosil yakıtlara verilen teşviklerle sağlık maliyetleri açısından bir karşılaştırma [3].

Ülkemizde bu konuda daha detaylı araştırmalar yapılmasına, özellikle tüm kömürlü termik santrallerden kaynaklı hava kirliliği emisyonlarının tek seferde ortal metodoloji ile hesaplanmasına ve bunun bir sağlık verisiyle desteklenmesine ihtiyaç vardır. CLRTAP raporlaması kapsamında Türkiye’de hava emisyonlarında hem artış hem de düşüş görüldüğü; SOx ve NOx emisyonlarının en fazla elektrik üretimi ve ısınma sektörlerinden kaynaklandığı bilinmektedir. Bununla beraber sadece elektrik üretiminden kaynaklı emisyonların ve santral bazında kirliliğin duyurulduğu kamusal bir kaynak bulunmamaktadır.

Bu sebeple HEAL, 2019 yılında işletmede olan 100 MW ve üzeri kurulu güce sahip 29 kömürlü termik santralin, santral bazında hava kirliliği emisyonu, sağlık etkisi ve sağlık maliyeti için yeni bir araştırma başlatmış olup araştırmanın sonuçlarının 2020 yılında du-

yurmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmanın en büyük kıstası ise santrallerin emisyon kontrolleri ve yakma teknolojileri anlamında veri darlığıdır.



Şekil 3. CLRTAP'a raporlanan Türkiye'nin 2016 yılı sektörel emisyonları [3].

**Anahtar kelimeler:** Termik santraller, Kirlетici türleri, Sağlık etkileri, İstatistiki bilgiler

#### KAYNAKLAR

1. HEAL, 2015, "Ödenmeyen Sağlık Faturası", <https://www.env-health.org/unpaid-health-bill-how-coal-powerplants-make-us-sick/>
2. HEAL, 2017, "Fosil Yakıt Teşvikleri ve Sağlık", [http://envhealth.org/IMG/pdf/heal\\_fosil\\_yakit\\_tesvikleri\\_ve\\_saglik\\_web.pdf](http://envhealth.org/IMG/pdf/heal_fosil_yakit_tesvikleri_ve_saglik_web.pdf)
3. ODI, G20 subsidies to oil, gas and coal production: Turkey <https://www.iisd.org/library/g20-subsidies-oil-gas-and-coal-production-turkey>





## ÖZGEÇMİŞ

Funda GACAL uluslararası alanda hava kirliliği, enerji ve sağlık politikaları üzerine çalışan bir şehir plancısıdır. Şu anda HEAL-Sağlık ve Çevre Birliği isimli Belçika merkezli bir sivil toplum kurumunun Türkiye Danışmanı olarak görev yapmaktadır.

İstanbul Teknik Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama bölümünden mezun olan Gacal, dünyanın en büyük çevre koruma kuruluşu olan WWF-Dünya Doğal Hayatı Koruma Vakfı'nın Bolivya ve Türkiye ofislerinde çalışmış, sivil girişimlere enerji ve çevre politikaları üzerine danışmanlık vermiştir. 2014 yılında WWF Uluslararası Ofisi Latin Amerika'daki çalışmalarını desteklemiştir. Araştırma çalışmalarında Bloomberg New Energy Finance gibi düşünce kuruluşlarının yanı sıra Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Solunum Vakfı, Avrupa Akciğer Vakfı gibi uluslararası ve Türk Toraks Derneği, Türkiye Tabipleri Birliği, Halk Sağlığı Uzmanları Derneği gibi ulusal tıpta uzmanlık kurumlarıyla işbirliği yapmıştır.

Lancet, UNFCCC (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi) Climate Action Studio, CNN-Türkiye, Açık Radyo, Hurriyet, Milliyet ve BirGün gibi gazetelerde röportajları yer alan Gacal, iklim ve enerji politikaları, sağlık ve kentler üzerine sunumlar yapmakta ve gönüllü eğitimler vermektedir. Funda "Çanakkale, İzmir ve Tekirdağ'da Kömürden Elektrik Üretimi ve Sağlık" raporunun yazarı ve "Kara Rapor: Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri (sağlık hesapları)", "Gizli Maliyet: Fosil Yakıt Teşviklerini Sonlandırmanın Sağlık Faydaları", "Türkiye için Düşük Karbonlu Kalkınma Yolları ve Öncelikleri", "Türkiye'nin Yenilenebilir Gücü", "İklim ve Sivil Toplum" raporlarının eş yazarlarından biridir.

## KÖMÜR YATIRIMLARI VE HİDROJEOLOJİK SİSTEMİN KARŞILIKLI ETKİLERİ

Kübra AYÇİÇEK<sup>1</sup> ve Özlem KATISÖZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TEMA Vakfı Çevre Politikaları ve Uluslararası İlişkiler Bölümü Kömürlü Santraller Proje Koordinatörü

<sup>2</sup>TEMA Vakfı Çevre Politikaları ve Uluslararası İlişkiler Bölümü Başkanı, ANKARA

### ÖZET

Kömür yakıtlı termik santraller ve kömür madenciliği olumsuz ekolojik ve ekonomik etkileri ve iklim değişikliğine neden olan sera gazı salımlarının en büyük kaynaklarından biri olması nedeniyle küresel çapta terk edilmeye başlanmıştır. Ülkemizde ise elektrik üretiminde yerli kömürün payını artırmak ulusal enerji politikalarının merkezini oluşturmaktadır. Eskişehir Alpu, Konya Kapalı Havzası, Çanakkale, Kırklareli ve Tekirdağ'ın tarım alanları kömür madenciliği ve kömür termik santrallerin projelendirildiği yörelerdir. Söz konusu kömür yatırımlarında ilk akla gelen, termik santrallerin neden olduğu hava kirliliği, asit yağmurları ve uçucu kül atıklarıdır. Ancak termik santrallerin, bu sorunların yanı sıra, su varlıklarına yönelik soğutma amaçlı su tüketimi, kömür madenciliği için yapılan susuzlaştırma, kirliliği su deşarjı, asit maden drenajı ve çiftçinin sulama suyunu gasp etmesi gibi ciddi etkileri de bulunmaktadır.

Ülkemizde planlanan kömürlü termik santral ve bu santrallere yakıt temin edecek kömür madeni projeleri aynı zamanda tarım alanı olarak ayrılmış, su hassasiyeti olan kritik hidrojeolojik sistemler üzerinde projelendirilmektedir. Bu çalışmanın amacı TEMA Vakfı tarafından; ülkemizde tarım alanları üzerinde planlanan kömürlü termik santraller ve kömür madenlerinin projelendirildiği sahaların hidrojeolojik durumunu ortaya koyan raporları baz alarak işletme sırasında ve kapandıktan sonraki süreçte madencilik faaliyetlerinin yüzey ve yeraltı sularına olası etkilerini değerlendirmektir. Sunulacak çalışma, kömür yatırımlarının hidrojeolojik sisteme ve hidrojeolojik sistemin bu projelere etkilerini sunup enerji politikalarının çok disiplinli yaklaşım ihtiyacını ortaya koymayı hedeflemektedir.

**Anahtar sözcükler:** Kömür yatırım projeleri, Hidrojeolojik sistem, Etkileşimler

### GİRİŞ

Yeraltı suyu jeolojisi anlamına gelen hidrojeoloji disiplini; yeraltı suyunun hareketi, karakteri ve yüzey suları ile olan ilişkisi konularında çalışmaktadır. Yeraltı suyu sistemlerinin yüzey sularıyla olan etkileşiminin araştırılması, termik santral ve kömür madenciliğinin su varlığı üzerinde yaratmış olduğu olumsuz etkileri vardır. Bu etkilerin doğal sistem üzerinde birbirleriyle bağlantılı olarak nasıl yansıdığını da ortaya koyarak yalnızca bir noktadaki müdahale nin ya da kirliliğin dahi nasıl büyük bir etki alanına sahip olduğunu da açıklamaktadır.

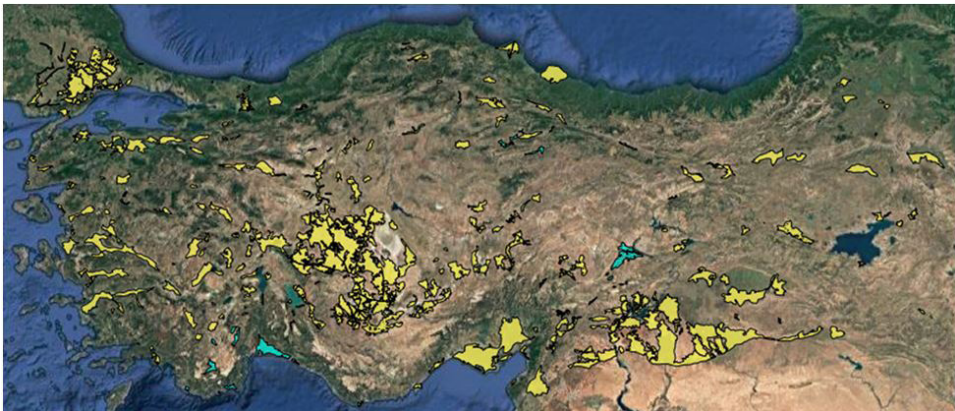
Dünyadaki su varlığı üzerindeki baskı; kullanım, kirlilik ve küresel iklim değişikliği gibi nedenlerle git gide artarken enerji üretim santrallerinin su kullanımı ve su kalitesine olan etkisi hassasiyetle incelenmeli, enerji tüketimi ve yoğunluğu yüksek ekonomik büyüme biçimleri yeniden değerlendirilmeli, enerji kayıpları giderilerek su gibi doğal varlıklar mümkün olan en az seviyede enerji üretim süreçlerine dahil edilmelidir.

Kömürlü termik santrallerin ve kömür madenciliğinin su üzerinden pek çok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Santral soğutma sularının su seviyelerinde azalmaya sebep olur. Kömür madenciliğinde yapılan susuzlaştırma bölgenin su rejimini bozar. Susuzlaştırma sırasında kömürle temas ederek asidik hale gelen sular, aynı zamanda ağır metalleri de içeriğinde barındırdığından bölgede bulunan nehirlerle ya da yeraltı sularına karışır, içme ve kullanma sularını kirletir.

Çalışmada genel olarak kömür madenciliği ve hidrojeoloji ilişkisi ele alınacak; özel olarak ise Çanakkale-Çırpılar, Eskişehir-Alpu, Tekirdağ-Çerkezköy ve Konya Kapalı Havzası-Karapınar Ayrancı örnekleri incelenecektir. Sunulan çalışmanın tümü, TEMA Vakfı için hazırlanan, Kırmızıtaş ve Yolcubalı'nın (2018 a,b,c,d) ve DSI'nin (2014,2015, 2016) çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır. Yapılan değerlendirme, JMO II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı'nda sunulmuştur. Söz konusu raporlar ise, henüz yayınlanmamış olup, erişim için temel başlıkları kaynaklarda yer almaktadır.

## **TARIM ALANLARINDA KÖMÜR MADENCİLİĞİ VE KÖMÜRLÜ TERMİK SANTRALLERİN DURUMU**

Ülkemizde 2017 ve 2018 yıllarında tarımsal potansiyeli yüksek ve risk altında olan 257 tarımsal alan (7 milyon hektar) büyük ova ilan edilmiş ve bu alanların sadece tarımsal amaçla kullanılmasına Bakanlar Kurulu kararı ile karar verilmiştir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Ülkemizde risk altında olan tarım topraklarının dağılımı [1].

Politika düzeyinde bu karara karşın, büyük ovalar kömür yakıtlı termik santraller ve kömür madenciliği baskısı altındadır. Verimli tarım arazileri üzerinde planlanan bu santraller tarımsal üretimi ve kişilerin sağlıklı ve yeterli gıdaya erişim hakkını, gıda ve su güvencesini tehdit etmektedir.

Büyük ovaların içinde ya da tam sınırında projelendirilmiş termik santral ve kömür madenciliği projeleri aşağıda sunulmuştur [1]:

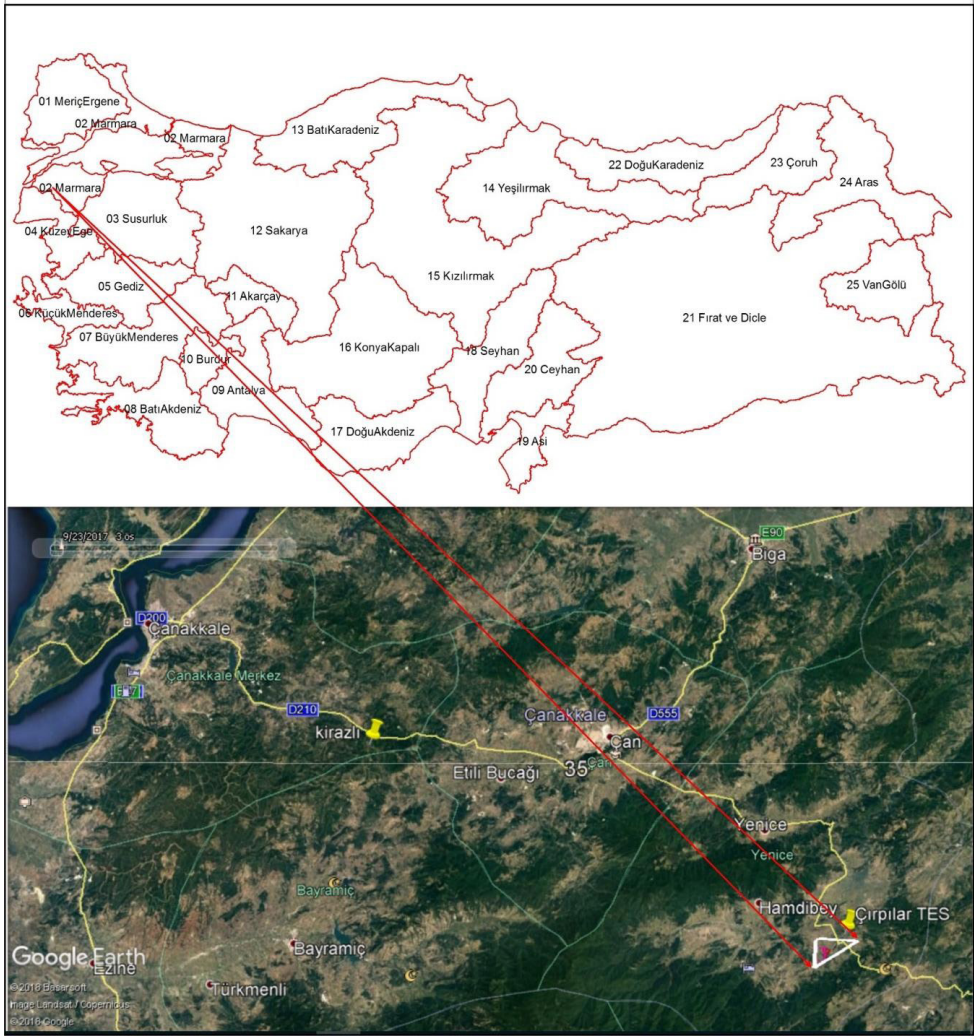
- Eskişehir Alpu Ovası – Tepebaşı ilçesi Alpu Termik Santrali ve linyit madenciliği projesi
- Tekirdağ Edir, Yoncalı, Saray, Ergene Ovaları – Çerkezköy Termik Santrali ve linyit madenciliği projesi
- Kırklareli Vize Ovası – Vize Termik Santrali ve linyit madenciliği projesi
- Kırklareli ve Babaeski Ovaları – Eren-1 Termik Santrali ve linyit madenciliği projesi
- Ankara Nallıhan’da Çayırhan-B Termik Santrali
- Karaman, Konya, Ereğli Ovaları – Karapınar-Ayrancı Termik Santrali ve linyit madenciliği projesi
- Konya Ilgın ilçesi – Ilgın TES projesi ve linyit madenciliği projesi
- Adana Çukurova –Hunutlu ve Sanko Termik Santral projeleri
- Çanakkale Biga Ovası – Kirazlıdere, Karaburun ve Ağan Termik santral projeleri
- Çanakkale Çırpılar ve Kovancı köyleri – Çırpılar Termik Santrali ve linyit madenciliği projesi

Bu projelerden Çanakkale, Konya Kapalı Havzası, Trakya ve Eskişehir’deki projelerin bölgelerindeki hidrojeolojiye etkileri ve hidrojeolojik özelliklerin bu projelere olası etkileri incelenmiştir.

### **Çanakkale Çırpılar Örneği [1]**

#### ***Proje Alanı Yeri ve Coğrafi Özellikleri***

Çırpılar kömür sahası; 02-Marmara Havzası, 02-4 Gönen Çayı Yüzey Suyu Havzası, 02-4-1 Yenice-Kalkım-Pazarköy YAS Alt Havzası sınırları içinde yer almaktadır. Saha Çırpılar, Kovancı, Öğmen ve Boynanlar Köyleri arasında kalmaktadır. Proje alanında ağırlıklı olarak kuru tarım arazileri ve fundalıklar yer almaktadır.



Şekil 2. Proje alanının yer bulduru haritası [1]

### Proje Alanı Yağış Drenaj Alanı

Proje alanını güneybatıda Suuçtu Mahallesi tarafından gelen Çirpılar Deresi drene ederek, kuzeybatıda inşa edilen Gönen Barajına boşalmaktadır. Gönen Barajı içme-kullanma + Enerji + sulama + taşkın koruma amacıyla inşa edilmiş ve 1997 yılında işletmeye açılmıştır.

Açık ocak işletme sahasını drene eden birçok kuru dere, kuzeyde Çirpılar Deresine boşalmaktadır. Çirpılar Deresi kül depolama sahasının kuzey sınırından akmaktadır. Kül depolama tesisi içinden geçen Dikenli deresi, Çirpılar Deresi ile birleşir. Dikenli Deresi kurak



mevsimlerde kurudur. Proje kapsamında kül depolama sahasındaki kuru dere ve Dikenli deresi taşkın sularını Kül Barajı sınırından kuşaklama kanalı vasıtasıyla Çırpılar Deresine deplase edecek şekilde planlanmıştır.

Çırpılar kömür sahasının güneyinden geçen Çırpılar Deresi genellikle yılın büyük bir bölümünde su taşır. Kurak aylarda suyu çok azalır. Bu dere kuzeyde Gönen Barajının üzerinde kurulduğu Koca Çay ile birleşir. Dolayısıyla Çırpılar TES, Gönen Barajı yüzey suyu drenaj alanında kalmaktadır.

### **Akarsular**

Proje alanı ve çevresinde birçok mevsimsel ve sürekli dere bulunmaktadır. Bunlardan bazıları Çırpılar Deresi, Öğmen Dere, Suuçtu Dere, Dikenli Dere, İncirli Dere, İnalanı Dere, Emine Dere'dir. Bu derelerin büyük kısmı sadece yağışlı mevsimlerde akışa geçmektedir. Proje alanında en uzun süreli akış sergileyen dere proje alanının güneydoğusundan gelen Çırpılar Deresidir. Çırpılar deresi çalışma alanının ortasında, tüm bu yan dereleri toplayan bir deredir. Çırpılar Deresi Kül Depolama sahasının kuzey sınırı dışından geçer; Çırpılar Köyü'nü geçtikten sonra Köydere adını alır ve Koca Çay'a boşalır. Çırpılar kömür sahası açık işletme alanı içinden ise güney-kuzey doğrultusunda Öğmen Deresi geçer. Bu dere de genellikle mevsimsel yağışlara bağlı olarak akışa geçer. Proje alanı dışında ve batısında ise kuzey-güney yönlü akan Cambaz Deresi tüm yıl boyunca suludur. Cambaz Deresi komşu havzada bulunan birçok yan derenin sularını toplayan ve Koca Çay'a boşaltan bir deredir. Proje sahası yakınında miktar yönünden yüzey suyu potansiyeline sahip bir deredir.

Tüm bu dereler proje alanı mansabında Koca Çay (Agonya çayı) ile birleşerek daha mansaptaki Gönen Barajını beslerler. Koca Çay proje sahası sınırları dışında, sahanın 2,0-2,5 km kuzeybatı ve kuzeyinden akmaktadır.

### **Sığ Kuyular**

Proje sahasında Çırpılar Köyünün girişinde, kurak mevsimlerde çeşme ve yüzey suların kuruduğu dönemlerde hayvan sulamasında kullanılan bir adet keson kuyu mevcuttur. Ayrıca proje alanı kuzeyinde yer alan Kovancı ve Çırpılar köylerinin içme-kullanma suyu ihtiyaçları da Koca Çay kenarındaki alüvyonlarda açılmış sığ keson kuyulardan karşılanmaktadır. Koca Çay alüvyonlarında açılan sondaj kuyuların yerleşim birimlerine uzaklıkları 2,15-2,30 km arasında değişmektedir.

### **Göller ve Sulak Alanlar**

Çalışma alanının içinde ve yakın civarında herhangi bir doğal göl ya da sulak alan bulunmamaktadır. Sahanın kuş uçuşu yaklaşık 6,0 km kuzeydoğusunda Gönen Barajı ile yine 3,1 km kuzeydoğuda Koruköy göleti mevcuttur.

Proje alanı ve yakın civarında daha önceki yıllarda işletilmiş kömür ocaklarına ait kazı çukurlarına yağmur sularının dolmasıyla oluşmuş farklı büyüklüklerde suni göletler oluşmuştur. Tüm bu suni göletlerden ve özellikle Eski Çırpılar Kömür Sahası göletinden sulama amacıyla pompajla su alınmaktadır. Eski Çırpılar kömür sahasında oluşmuş gölet yöredeki en büyük suni gölet olup, yağışlı dönemde Çırpılar deresi'nin doğudan gelen bir yan kolundan alınan su ile doldurulmaktadır. Kurak dönemde Çırpılar deresinde su azaldığında ya da kurduğunda, göletten pompajla Çırpılar deresi'ne su basılmakta ve bir nevi sulama kanalı olarak yöre halkı tarafından kullanılmaktadır. Ruhsat sahası içerisinde eski madencilik faaliyetleri sonucu oluşan bu göletler ağırlıklı olarak yağışlardan ve yüzey akışından beslenmektedir.

### ***YAS Kullanımları: Kömür İşletme Tesisleri Su İhtiyacı***

Nihai ÇED Raporunda (ÇED, 2017); inşaat aşamasında içme ve kullanma suyu ihtiyacı 105 m<sup>3</sup>/gün, işletme aşamasında ise 30 m<sup>3</sup>/gün olarak hesaplanmıştır. Termik santral soğutma suyu ihtiyacı yaklaşık ise 459 m<sup>3</sup>/saat olarak hesaplanmıştır. Bu da 3.557.250 m<sup>3</sup>/yıl olmaktadır.

Toplam soğutma suyu ihtiyacının eski maden işletme faaliyetleri sonucu oluşan geniş çukurlara dolan yağmur sularından sağlanacağı belirtilmiştir. Bu kapsamda mevcut kömür sahası çukurlarında yapılan Batimetri çalışmalarında 13,52 ha yüzey alanına sahip Çırpılar göletinde 3,1 hm<sup>3</sup> su, 7,78 ha yüzey alanına sahip gölette ise 2,17 hm<sup>3</sup>, toplamda 5,27 hm<sup>3</sup> (5.270.000 m<sup>3</sup>) su rezervi tespit edilmiştir. Bu iki kömür sahasında oluşmuş göletlerde biriken toplam su (5 270 000 m<sup>3</sup>) ihtiyacı karşılamaktadır.

Bu sahaların yeterli olmaması halinde soğutma suyunun Canbaz Dere veya Koca Dere havzasında tapulu alanlarda tesis edilecek yeraltı suyu kuyularından temin edileceği ÇED raporunda belirtilmiştir. Kuyulardan da yeterli su alınamaması durumunda, Koca Çay veya Cambaz derelerinin üzerine kurulacak göletlerden de soğutma suyunun temin edilebileceğinin söz konusu olduğu belirtilmektedir. ÇED raporunda talep edilen soğutma suyu miktarı, Koca Çay uzun yıllar ortalama debisinin yaklaşık %12,08'ine, Canbaz deresi uzun yıllar ortalama debisinin ise %16,27 'sine tekabül etmektedir. Bu dereler üzerinde yapılacak göletlerden alınacak suyun, her iki dereye ekolojik ve hidrolojik döngü açısından herhangi bir risk teşkil etmeyeceği vurgulanmaktadır. Ancak Canbaz ve Koca Çay dereleri Gönen Barajı yağış drenaj alanında kaldığı gibi, Koca Çayı alüvyonları da Gönen Barajını beslemektedir. Dolayısıyla bu her iki alternatif de Gönen barajını etkileyecektir.

### ***Projenin Hidrojeolojik Açıdan Değerlendirilmesi***

Çırpılar'da yapılması planlanan mevcut işletme faaliyeti Balıkesir iline içme suyu sağlayan Gönen Barajının uzun mesafe koruma alanında bulunmakta ve kömür sahasında kül depolama tesisi ile santral sahası arasından proje alanının en önemli ve en fazla yağış



drenaj alanına sahip Çırpılar Deresi geçmektedir. Çırpılar TES'te işletme esnasında ve işletmeden sonra oluşabilecek olumsuzlukların Koca Çayı, dolayısıyla Gönen Barajı su kalitesini olumsuz yönde etkileme riski bulunmaktadır. Örneğin; Canbaz ve Koca Çay dereleri Gönen Barajı yağış drenaj alanında kaldığı gibi, Koca Çayı alüvyonları da Gönen Barajını beslemektedir. Dolayısıyla bu her iki alternatifte de dereler üzerine inşa edilecek su yapılarından alınacak sular, Gönen Barajı'na gidecek su miktarını, dolayısıyla Gönen Barajında depolanacak su miktarını azaltacaktır. Gönen Barajından; mansabındaki tarım arazilerinin sulama suyu ve Bandırma İlçesinin içme-kullanma suyunun temin edildiği, her geçen gün artan su talepleri de dikkate alındığında, Gönen Barajı'nı besleyen su kaynaklarından termik santralin soğutma suyunun alınmasının, olumsuzluklar getireceği öngörülmektedir.

Proje alanındaki yerleşim birimlerinin içme-kullanma suyunu sağlayan Çırpılar ve Kovancı mahalleleri keson kuyuları, Çırpılar Deresi-Koça Çay kavuşum noktasının akış aşağısında ve işletme faaliyetlerinin etki alanındaki drenaj sisteminde bulunmakta ve madencilik kaynaklı yüzey suyu kirliliğinden etkilenme riski bulunmaktadır. Madencilik faaliyetleri sonucu Çırpılar deresinde meydana gelebilecek olası bir kirlenmenin, söz konusu keson kuyuların kalitesini bozması halinde, söz konusu yerleşim biriminin su ihtiyacının nereden ve nasıl karşılanacağı belirsizliğini korumaktadır.

Çırpılar TES'in su varlıkları üzerindeki bir etkisi de santralin ihtiyacı olan soğutma suyudur. ÇED raporunda termik santralin su tüketimi 459 metreküp / saat olarak belirtilmiştir. Senede 3,5 milyon metreküp su tüketecek olan santral projesinde, santralin ihtiyacı olan soğutma suyunun öncelikle bölgede hâlihazırda mevcut olan göletlerden temin edilmesi öngörülmektedir. Bu suyun yetmemesi durumunda Canbaz Dere veya Kocadere havzasında tapulu arazilerde tesis edilecek yeraltı su kuyularından temin edileceği, bu kuyulardan da yeterli suyun alınamaması durumunda Canbaz Dere veya Kocaçay dereleri üzerine kurulacak göletlerden temin edileceği ve ayrıca bir ÇED süreci başlatılacağı ifade edilmektedir.

ÇED raporunun **Mevcut Durum Projeden Etkilenen Yerleşim Yerleri ve Sosyoekonomik Özellikleri** bölümü incelendiğinde yöre için suyun önemi ortaya çıkmaktadır. Yapılan anketler sonucunda Sulama suyunun yetersizliği (%42,2), içme suyu ile ilgili sorunlar (%20,0), işsizlik (%12,2) ve düşük gelir (%11,1) görüşmeciler tarafından yörenin en önemli sorunları olarak listelenmiştir. Sulama suyu ve içme suyu en fazla oranda sorun olarak görülmektedir.

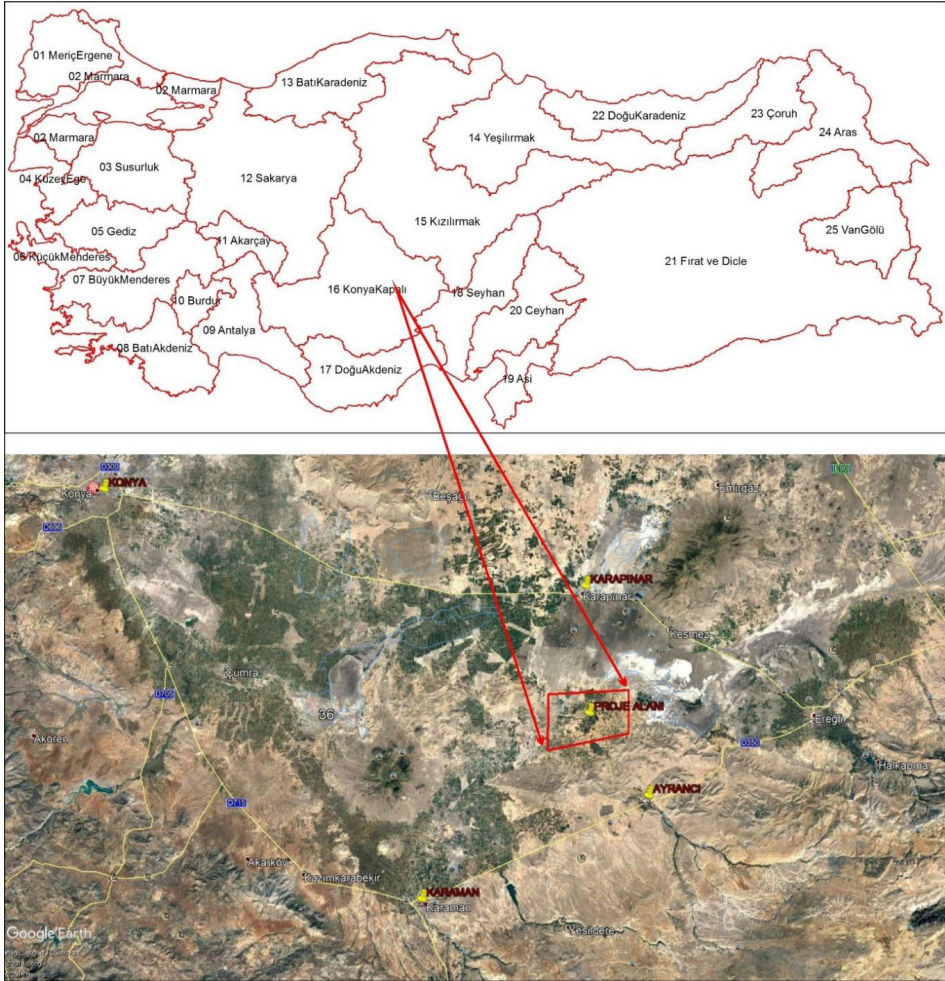
## **Konya Kapalı Havzası: Karapınar-Ayrancı Örneği [2]**

### **Kurulması Planlanan Santralle İlgili Teknik Bilgiler**

Proje alanı; Konya iline bağlı Karapınar ilçesinin yaklaşık 26 km güneyinde, Ayrancı ilçesinin ise 12 km kuzeybatısında bulunmaktadır. Konya-Karapınar-Ayrancı Termik Santrali, 16-Konya Kapalı Havzası, 16-3 Karaman-Ayrancı YAS alt havzası sınırları içinde yer almaktadır.

Proje sahası ve civarı topoğrafyası düzlük bir yapıya sahip olup verimli topraklardan oluşmakta, büyük bölümünde ise sulu tarım yapılmaktadır. MTA tarafından yapılan detaylı sondaj çalışmaları sonucu ruhsat sahalarında toplam 1,832 milyar tonluk görünür linyit rezervi belirlenmiştir.

Karapınar kömür sahası Pliyosen yaşlı Hotamış formasyonu içinde oluşmuştur. Proje alanındaki Hotamış formasyonu hariç, diğer tüm jeolojik formasyonlar akifer özelliklerine sahiptir. Hotamış formasyonu altındaki İnsuyu formasyonu ile daha alttaki Berendi formasyonu yaygın ve verimli karstik akifer özelliği göstermektedir. Proje alanında DSİ ve yöre sakinleri tarafından açılmış çok sayıda sulama amaçlı sondaj kuyusu bulunmaktadır.



Şekil 3. İnceleme alanı yer bulduru haritası [3]

### **Proje Alanı ve Yeri Coğrafi Özellikleri**

Konya-Karapınar-Ayrancı Termik Santrali (Karapınar-TES), 16-Konya Kapalı Havzası, 16-3 Karaman-Ayrancı YAS alt havzası sınırları içinde yer alır. Proje alanı; Konya iline bağlı Karapınar ilçesinin yaklaşık 26 km güneyinde, Ayrancı ilçesinin ise 12 km kuzeybatısındadır. Karapınar-TES sahası içinde Kavuklar Mahallesinin tamamı yer almaktadır. Ayrıca; güneydoğuda Ambar, güneyde Kaleköy ve Karaağaç mahalleleri, güneybatıda Akçaşehir Mahallesi ve kuzeyde Meke Dağı proje alanına sınır teşkil ederler. Kuzeydoğuda yer alan Mekke Gölü Karapınar kömür işletme sahasından kuş uçuşu yaklaşık 14,0 km, doğuda yer alan Akgöl ise kuş uçuşu yaklaşık 7,0 km mesafededir.

Kömür sahası topoğrafyası düzlük bir yapıya sahiptir. Proje sahası ve civarı verimli topraklardan oluşmakta, büyük bölümünde sulu tarım yapılmaktadır.

### **Akarsular**

Proje alanı içinden geçen dere yatakları yoktur. Güneyde Ayrancı Barajı'nın da üzerinde inşa edildiği Divle Deresi proje alanı güneyinde ovaya girişte sönümlenir. Divle Deresi sadece yağışlı mevsimlerde suludur, diğer mevsimlerde genellikle kurudur. Proje alanı güneyindeki ve kuzeybatısındaki yükseltilerden proje alanına doğru gelen birçok kuru dere yatağı bulunmakla birlikte, tüm bu dere yatakları ova girişinde sönümlenirler. Proje alanı alt havzanın en düşük kotunu oluşturmaktadır. DSİ taban suyunu düşürmek amacıyla, proje alanı içinde drenaj kanalları açmıştır.

#### **DSİ ve Yöre Sakinleri Sulama Amaçlı Sondaj Kuyuları**

DSİ tarafından proje alanı içinde açılmış araştırma sondaj kuyuları haricinde, sulama kooperatifleri için açılmış çok sayıda işletme amaçlı sondaj kuyusu da bulunmaktadır. DSİ tarafından işletme (sulama) amaçlı açılmış sondaj kuyuların büyük bölümü Berendi formasyonun kristalize kireçtaşlarından su almaktadırlar.

DSİ tarafından açılmış işletme amaçlı sondaj kuyuları haricinde, yöre sakinleri tarafından da sulama amaçlı açılmış çok sayıda sondaj kuyuları mevcuttur. Bu kuyuların büyük kısmı İnsuyu formasyonun kireçtaşı seviyelerinden su almakla birlikte, 300 metreden daha derin Berendi Formasyonun kireçtaşları içinde açılmış çok sayıda sondaj kuyuları da mevcuttur. Yöre sakinleri tarafından Berendi formasyonu kireçtaşlarında açılan sondaj kuyularından 50-60 l/s, İnsuyu formasyonu kireçtaşlarında 2011 yılında açılan MTA sondaj kuyularından ise 30-40 l/s arasında su alınmaktadır.

Yöre sakinleri tarafından ve DSİ tarafından açılmış sondaj kuyuları vasıtası ile toprakların büyük bölümünde tarımsal sulama yapılmaktadır. Öncelikli işletilecek Karapınar kömür işletme sahası içinde 6 adet, bu sahanın güneyinde ise 7 adet YAS sulama kooperatifi mevcuttur.

Proje alanı ve civarı düzlük alanlardan ibaret olup, çok verimli tarım alanlarına sahiptir.

### **YAS Bilançosu**

DSİ tarafından proje alanında kömür sahasının da yer aldığı 16-03 Karapınar-Ayrancı YAS alt havzası ile tüm Konya Kapalı Havzası için Master plan çalışmaları kapsamında hesaplanan YAS bilançosu tablosu aşağıda verilmiştir.

Çizelge 1’de görüldüğü gibi 16-3 Ayrancı-Karapınar-Akçavaşir YAS alt havzasında açılan sondaj kuyuları ile yapılan fiili çekimler (430,72 hm<sup>3</sup>/yıl), toplam yıllık emniyetli rezervin (244,0 hm<sup>3</sup>/yıl) çok üzerindedir. Nitekim bu YAS alt havzasında YAS seviyeleri sürekli düşmektedir.

**Çizelge 1. Kömür havzasının içinde yer aldığı YAS alt havzasının YAS Bilançosu [2] .**

| Konya Kapalı Havzası ve Alt havzalar | Yeraltısıyu Beslenimi (hm <sup>3</sup> /yıl) | Yıllık Emniyetli Rezerv (hm <sup>3</sup> /yıl) | Toplam Fiili Tüketim | Rezerv Değişimi (hm <sup>3</sup> /yıl) |
|--------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------|
| 16-1<br>Beyşehir-Kaşaklı             | 186,0                                        | 130,0                                          | 52,89                | +77,11                                 |
| 16-2<br>Konya-Çumra-Karapınar        | 608                                          | 456                                            | 1057,05              | -601,05                                |
| 16-3<br>Karaman-Ayrancı-Akçavaşir    | 326                                          | 244,0                                          | 430,72               | -186,72                                |
| 16-4<br>Ereğli-Bor                   | 483                                          | 435                                            | 371,12               | +63,88                                 |
| 16-5<br>Aksaray                      | 586                                          | 440                                            | 1066,77              | -626,77                                |
| 16-6<br>Altınekin                    | 89                                           | 71,0                                           | 158,44               | -87,44                                 |
| 16-7<br>Cihanbeyli-Yeniceoba-Kulu    | 98                                           | 68                                             | 136,74               | -68,74                                 |
| 16-8<br>Şereflikoçhisar              | 47                                           | 32                                             | 3,65                 | +28,35                                 |
| 16-9<br>Misli                        | 174                                          | 147,0                                          | 309,89               | -162,89                                |
| 16<br>Konya Kapalı Havzası           | 2597                                         | 2023                                           | 3587,27              | -1564,27                               |

Esasen Konya Kapalı Havzası’nda genellikle fiili tüketimler, yıllık emniyetli YAS rezervinin çok üzerindedir.

### **Karapınar-Ayrancı TES Su İhtiyacı**

Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ) tarafından hazırlanan **“Konya/Karapınar-Ayrancı Termik Santrali Su İhtiyacı”** sunumunda [4] farklı işletme yöntemleri için su ihtiyacı hesaplamaları yapılmıştır. Bunlar özet olarak aşağıda verilmiştir:

### *Islak Tip Soğutma Kuleleri Yöntemi İçin:*

Islak Tip Soğutma Kuleleri Yönteminde 1 (Bir) MW başına 1 (Bir) saatte tüketilecek su ihtiyacı 1,8 ile 2,7 m<sup>3</sup> arasında olup, ortalama **2,0 m<sup>3</sup>/MW-h** kadar kabul edilmiştir.

Ortalama 2 m<sup>3</sup>/MW-h değeri baz alındığında, 600 MW'lık bir ünite için, 1200 m<sup>3</sup>/h soğutma suyu ihtiyacı gerekmektedir. **Karapınar termik santralin 5.750 MW** enerji üretimi için: **11.500 m<sup>3</sup>/h** soğutma suyu ihtiyacı gerekmektedir. Bu da: = **~3,2 m<sup>3</sup>/s** su olmaktadır. Bu da tüm 16-3 Ayrancı-Karapınar-Akçaşehir YAS alt havzası yıllık emniyetli YAS rezervinin (244,0 hm<sup>3</sup>/yıl) %41.2 kadarı olmaktadır.

### *Spray Sistemli Kuru Tip (Heller Sistem) Soğutma Kulesi Yöntemi için:*

Spray sistemli Kuru Tip (Heller Sistem) soğutma kulesi seçildiğinde yukarıda bahsedilen su kaybı 0'a yakın bir değere inmekte olup santralde sadece proses, ilave katma suyu, kül depolama, baca gazı arıtma uygulamaları ve diğer alanlarda kullanılacak olan su ihtiyacı söz konusu olacaktır. Bu ihtiyaç ise ıslak tip soğutma kulesi için hesaplanan değer in yaklaşık %10'u kadar olacağı EÜAŞ tarafından öngörülmektedir. Bu durumda: =**~320 l/s** kadar olmaktadır.

Karapınar TES kömür işletmesinde "Spray sistemli Kuru Tip (Heller Sistem) soğutma kulesi" yöntemi seçildiğinde dahi 320 l/s suya gereksinim olduğu görülmektedir. Bu da tüm 16-3 Ayrancı-Karapınar-Akçaşehir YAS alt havzası yıllık emniyetli YAS rezervinin (244,0 hm<sup>3</sup>/yıl) %4 kadarı olmaktadır.

Karapınar TES işletmesinde Soğutma için hangi yöntemin seçileceği, ne kadar su ihtiyacının öngörüldüğü ve bu suyun nereden temin edileceği hususunda herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır. Bu su ihtiyacının 16-3 Ayrancı-Karapınar-Akçaşehir YAS alt havzasından karşılanması halinde, zaten halihazırda statik rezervden su çekiminin yapıldığı alt havzada bu durumun ilave bir baskı yaratacağı göz ardı edilmemelidir.

### ***Projenin Hidrojeolojik Açidan Değerlendirilmesi***

Karapınar kömür sahası Pliosen yaşlı Hotamış formasyonu içinde oluşmuştur. Proje alanındaki Hotamış formasyonu hariç, diğer tüm jeolojik formasyonlar akifer özelliklerine sahiptir. Hotamış formasyonu altındaki İnsuyu formasyonu ile daha alttaki Berendi formasyonu yaygın ve verimli karstik akifer özelliği göstermektedir.

Karapınar TES işletmesinde Soğutma için hangi yöntemin seçileceği, ne kadar su ihtiyacının öngörüldüğü ve bu suyun nereden temin edileceği hususunda herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır. Bu su ihtiyacının 16-3 Ayrancı-Karapınar-Akçaşehir YAS alt havzasından karşılanması halinde, zaten halihazırda statik rezervden su çekiminin yapıldığı alt havzada bu durumun ilave bir baskı yaratacağıdır.

Farklı ruhsat sahalarında farklı derinliklerde oluşturulacak açık ocak çukurlarında, kömür sahasında oluşacak düşüm konisine bağlı olarak ruhsat sahalarını sınırlayan bölgeler-

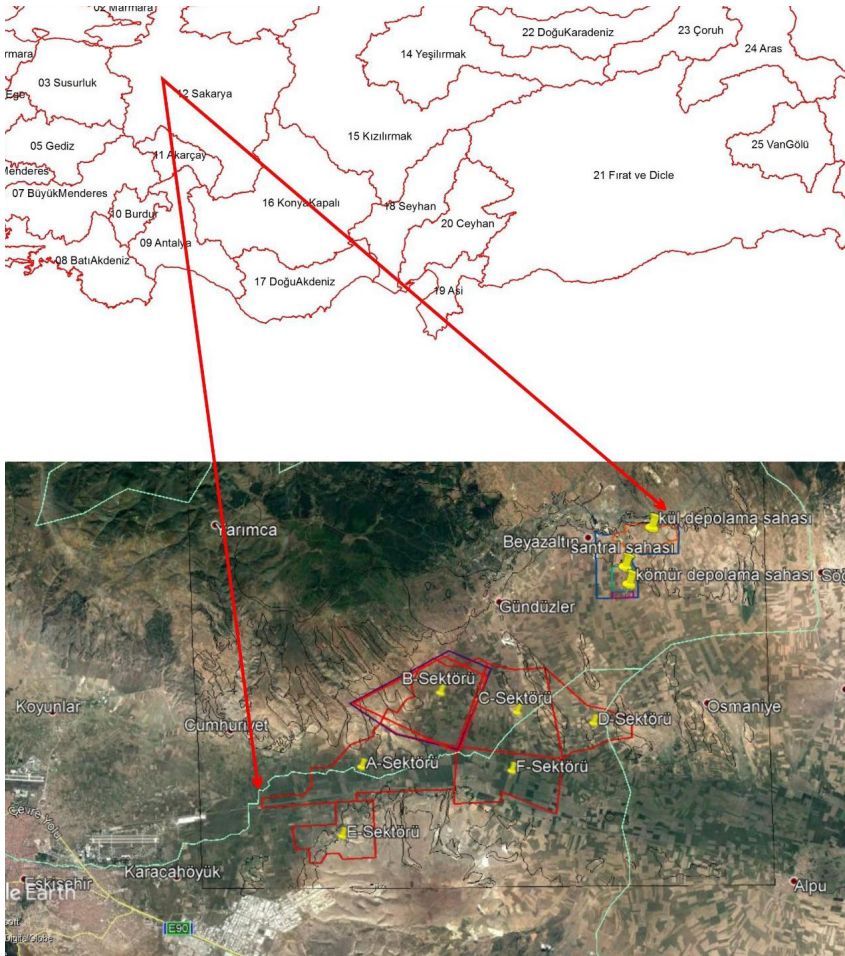


den kazı çukuruna doğru YAS akımı gerçekleşecektir. Bu durum kömür sahalarının altında yer alan akifer birimlerinden ocak içine olacak boşalım miktarlarına bağlı olarak İnsuyu ve Berendi kireçtaşı akiferlerinde yeraltısuyu seviyelerinde düşümüne neden olabilir ve bu durum bölgede sulama amaçlı açılan kuyuların zamanla bu durumdan olumsuz etkilenmesine sebebiyet verebilir. Ayrıca projede susuzlaştırma işleminin boyutunun ve olası boşalımının madencilik açısından ne tür riskler barındırdığı belirsizdir.

### Eskişehir Alpu Örneği [5]

#### Proje Alanı ve Teknik Özellikler

Eskişehir Alpu kömür rezerv sahaları; Eskişehir İli, Tepebaşı İlçesi sınırları dâhilinde yer almaktadır. Eskişehir İl Merkezi'ne kuş uçuşu yaklaşık 18 km, Tepebaşı İlçe Merkezi'ne ise 11 km mesafede bulunmaktadır.



Şekil 4. Proje alanı yer bulduru haritası [5]

Proje konusu faaliyet kapsamında Alpu-B Sektörü Rezerv Alanı (1787 ha), Enerji Üretim Alanı (892,80 ha) sınırları içerisinde 1 adet Termik Santral (116,8 ha) ve 1 adet Kül Düzenli Depolama Tesisi (273,14 ha) yer almaktadır.

TES için gerekli olan soğutma suyu çevrimi ise santralde her bir ünite için kurulacak olan doğal çekişli ıslak tip soğutma kuleleri ile sağlanacaktır. Islak Tip soğutma kulesindeki soğutma amaçlı su tüketimi 1.800 m<sup>3</sup>/sa (500 l/s) olacaktır. Tesiste proses amaçlı ham su kullanımı ise 106 m<sup>3</sup>/sa (29,4 l/s) olacaktır. Termik santral ve personel içme suyu ihtiyacı için gerekli olan suyun santral sahasına kuş uçuşu yaklaşık 21 km mesafede olan Gökçekaya Hidroelektrik Santrali'nden temin edilmesi planlanmaktadır.

Kömür ruhsat sahası A, B, C, D, E ve F isimli 6 adet sektörden oluşmakta olup, proje kapsamında öncelikli B-Sektörü işletilecektir. Alpu-B Sektörü rezerv alanında üretilcek kömürün görünür rezerv miktarı 568 Milyon Ton, işletilebilir rezerv miktarı ise 296 Milyon Ton'dur. Santralde kömürün üretimine bağlı olarak 35 yıl boyunca tüketilecek kömür miktarı ise yaklaşık 274.890.000 tondur.

Eskişehir Alpu kömür sahaları ve Termik Santrali (Alpu-TES) B-Sektörü sahası, 12-Sakarya Havzası, Porsuk Alt Havzası, 12-34 Alpu YAS alt havzası sınırları içinde yer almaktadır.

### **Akarsular**

Proje alanında en önemli akarsu, Eskişehir il merkezi içinden geçerek doğuya doğru devam eden ve Alpu ilçe merkezi içinden de geçen, Sakarya Nehri'nin en önemli kolu olan Porsuk Çayıdır. Porsuk Çayı A ve D kömür sektörlerini batı-doğu yönünde keserek Ağapınar Köyü kuzeyinde, B-Kömür sektörünün yaklaşık 200 m güneyinden geçer.

B-Sektörü civarındaki en önemli akarsu ise batısında kuzeybatı-güneydoğu yönünde akarak Porsuk Çayına boşalan Kara Deredir. Ayrıca yine kuzeydeki yükseltilerden kaynaklanarak kuzeybatı-güney doğu yönünde B-Sektörüne gelen Avşar, Köy, Avaz ve Yağpınar dereleri B sektörü içinde sönmölenmektedirler. Tüm bu dereler yağışlı mevsimlerde nispeten akışa geçerken kurak mevsimlerde kurudurlar.

Santral sahasının batısından, üzerinde DSİ tarafından gölet yapılan Güçük Deresi ile kül depolama sahasının içinden geçerek gelen ve santral binası sahası içinden de geçen isimsiz kuru dere bulunmaktadır. Bu dereler kurak mevsimlerde kurudur.

Kül depolama sahası içinden ve batısından isimsiz kuru dere yatağı ile doğusundan ve yine içinden Akkaya Deresi geçmektedir. Bu dereler yağışlara bağlı olarak akışa geçerler. Kurak mevsimlerde ise kurudurlar.

B-Sektörü, Santral sahası ve Kül DDT sahaları içinden geçen çok sayıda dere yatağı



mevcuttur. Bu dere yatakları kurak mevsimde kuru olmakla birlikte, yağışlı mevsimlerde suludurlar. Dolayısıyla bu dere yataklarından söz konusu tesis alanlarına feyezan anında ciddi boyutta taşkın suların gelmesi kaçınılmazdır. Bu suların membada kuşaklama kanalları ile kontrol altına alınması gerekmektedir.

### ***Sondaj Kuyuları***

B-Kömür sektörünün de içinde yer aldığı Alpu Ovasında DSİ ve yöre sakinleri tarafından açılmış çok sayıda sondaj kuyusu mevcuttur. DSİ tarafından açılan sondaj kuyuları haricinde yöre sakinleri tarafından da açılmış çok sayıda su temin amaçlı sondaj kuyusu mevcuttur. Yöre sakinleri tarafından ve DSİ tarafından açılmış sondaj kuyuları vasıtası ile toprakların büyük bölümünde tarımsal sulama yapılmaktadır.

DSİ tarafından proje alanında açılmış bazı gibi sondaj kuyuların özgül verimleri genellikle  $>1,0$  l/s/m olup bu durum, kuyuların açıldığı alüvyon ve Pliyosen çökellerinin genellikle yaygın ve verimli akifer olduklarını göstermektedir. Kömür içeren Miyosen çökellerinde açılan kuyularda kuyu verimleri yüksek olmasına (5-20 lt/s) karşın, kuyu özgül verimleri 0,11-0,44 l/s/m civarındadır. Bu değerler Miyosen çökellerinde baskın olan kıltaşı ve şeyl birimlerin geçirgenliklerin düşük olduğunu, birimin nispeten yüksek geçirgenliğe sahip çakıltaşı ve kumtaşı seviyelerinden su alındığını göstermektedir.

### ***Kaynak Boşalımları***

Proje sahasında ve çevresinde kaynak suları çeşme haline getirilmiş olup yöre halkın içme-kullanma suyu ihtiyacını sağlamaktadır. Çeşmeler B kömür sektörünün kuzeyinde yer alan Kızılcaören, Yakakayı ve Gündüzler köyleri civarında ve Ağapınar'ının güneyinde alan F kömür sektörü içinde yer almaktadır. Proje sahası çevresinde yer alan Danişment, Kızılcaören, Gündüzler, Yassihöyük ve Yakakayı köylerinin içme-kullanma su ihtiyacı kaynaklardan karşılanmaktadır.

### ***YAS Bilançosu***

DSİ tarafından proje alanında kömür sahasının da yer aldığı 12-34 Alpu YAS alt havzası ile tüm Porsuk Çayı Alt havzası için Master plan çalışmaları [6] kapsamında hesaplanan YAS bilançosu tablosu aşağıda verilmiştir. Aşağıda verilen tabloda görüldüğü gibi gerek Porsuk Çayı alt havzası ve gerekse bu alt havza içinde yer alan 12-34 Alpu YAS alt havzasında işletme rezervleri, tahsis/çekimlerden daha fazladır. Başka bir ifade ile akiferlerden yapılan YAS çekimleri, işletme rezervini aşmamıştır.

**Çizelge 2. YAS Bilançosu [6]**

| Havza No ve Adı    | Alt Havza No ve Adı        | İşletme Rezervi<br>(hm3/yıl) | Tahsis/çekimler | Kalan YAS rezervi |
|--------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------|
| 12-Sakarya Havzası | 12-34 Alpu YAS Alt Havzası | 76,3                         | 58,37           | 17,93             |
|                    | Porsuk Çayı Alt Havzası    | 313,13                       | 198,96          | 114,17            |

**Projenin Hidrojeolojik açıdan Değerlendirilmesi**

Eskişehir Alpu kömür sahaları ve Termik Santrali (Alpu-TES) B-Sektörü sahası, 12-Sakarya Havzası, Porsuk Alt Havzası, 12-34 Alpu YAS alt havzası sınırları içinde yer almaktadır. Proje sahasında Alüvyonlar ve Pliyosen çökelleri yaygın ve verimli akifer özelliği göstermektedir. B-kömür sektörünün de içinde yer aldığı Alpu Ovasında DSİ ve yöre sakinleri tarafından açılmış çok sayıda su temin amaçlı sondaj kuyusu mevcuttur. Alpu Ovasındaki kömür sektörleri ve yakın civarında işletilmekte olan ve planlanan sulama kooperatifleri de bulunmaktadır. Tüm bu sondaj kuyuları vasıtası ile toprakların büyük bölümünde tarımsal sulama yapılmaktadır. DSİ tarafından Alpu Ovasında Porsuk Çayının kuzey ve güneyinde, batı-doğu yönünde geniş bir alan 03.09.2010 tarih ve 27691 Sayılı Resmi Gazetede “Yeraltısuyu İşletme Alanı” olarak ilan edilmiştir. Kömür sektörlerin bir bölümü işletme sahası sınırları içinde bir bölümü ise yeraltısuyu işletme alanı beslenim sahasında yer almaktadırlar.

Alpu B-kömür sektörü sahası içinde DSİ tarafından açılan sondaj kuyusunda 2000-2008 yılları arası yapılan YAS seviye ölçümlerinde toplamda 5,0 m kadar düşüm meydana gelmiştir. Bu durum sahada yıllık beslenimden çok daha fazla miktarda yeraltı suyu çekildiğini işaret etmektedir.

B sektöründe kömür yeraltı işletmeciliği ve tam mekanize uzun ayak yöntemiyle alınacağından desandre ile kömür çıkartılacak derinliklere inilirken, Alüvyon ve Pliyosen çökellerin yüksek geçirgenliğe sahip birimlerinden galeri içlerine yeraltısuyu boşalımları olması beklenmektedir. Ayrıca hem kömürün alınacağı Miyosen çökellerinden hem de akifer birimlerden galeri içlerine gelecek yeraltı suları maden işletmeciliği açısından sıkıntı oluşturabilecek bo-yutlarda gerçekleşebilir.

Su kalitesi kısmında kömür içi suların EC değerlerinin aşırı yüksek olması ve tuzlu su fasiyesi sergilemeleri, bu suların tarımsal sulama açısından uygun olmayacağını göstermektedir. Dolayısıyla hem lokal susuzlaştırma faaliyetleriyle drenaj kuyularından hem de ocak içinden tahliye edilerek drenaj havuzlarında toplanacak suların su kalitesi değerlendirilmeden gerek tarımsal sulamada kullanımı gerekse deşarj kriterlerini sağlamadan herhangi bir yüzey suyu kütlesine deşarjının uygun olmadığı değerlendirilmektedir.

Kömür madeni göçertmeli olarak tam mekanize uzun ayak yöntemiyle alınacağından, bu işlemin yüzeyde tasman oluşturma ihtimalinin ve boyutunun ayrıntılı çalışmalarla ortaya konulması gerekmektedir. Yüzeyde oluşma ihtimali bulunan tasmanlar Pliyosen ve alüvyon akiferi su yönetimi üzerinde nasıl bir etki yaratacağı bilinmemektedir. Olası tasmanların oluşacağı bölgelerde Pliyosen akiferi içinde açılan su kuyu donanımların bu durumdan olumsuz etkilenme ihtimali bulunmaktadır. Ayrıca kömürlü seviyelerde lokal olarak oluşturulacak susuzlaştırma faaliyetlerinin zamanla birimde neden olacağı sübsidansın Alüvyon ve Pliyosen

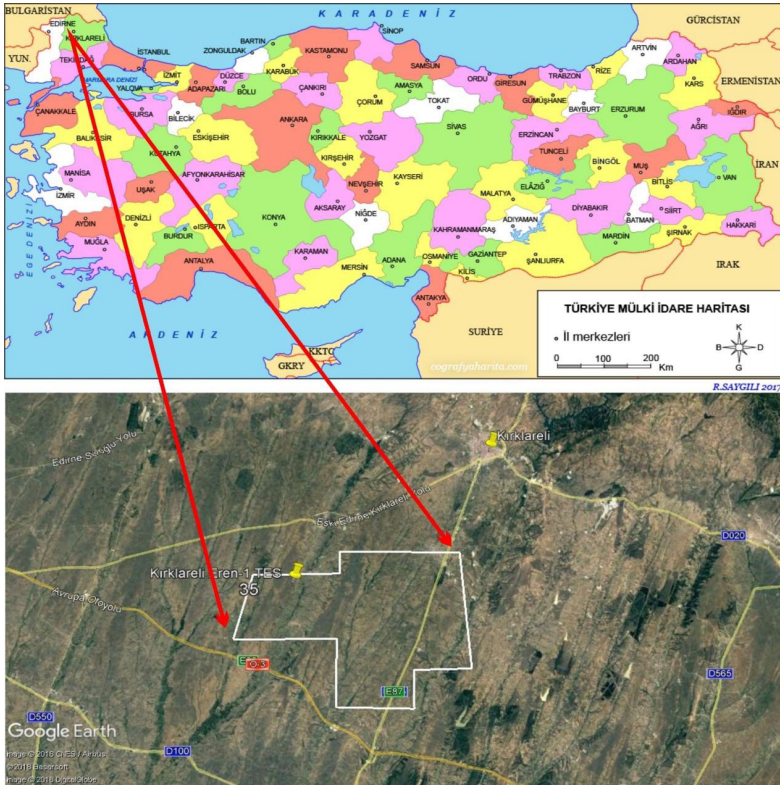
akiferleri üzerinde yaratacağı olası etkinin risk değerlendirmesi yapılmamıştır.

Asit maden drenajında önemli rol oynayan piritik kükürt içeriğinin havada kurutulmuş kömür örneklerinde %0,01 ile %6,07 arasında değiştiği, ortalama piritik kükürt içeriğinin ise %0,66 düzeyinde olduğu görülmektedir. Miyosen çökellerin (kıltaşı, şeyl, marn, kumtaşı ve çakıltaşı) asit üretme potansiyelleri AMD öngörü çalışmaları kapsamında ortaya konması gerekmektedir. Miyosen birimleri içinde karbonat minerallerinin var olması, asit nötralize etme kapasitesi açısından önemlidir. Miyosen çökelleri içinde jips minerallerin varlığı da ocak içinde sülfatça zengin alkali drenajların gelişmesine neden olabilir. Kömür içinden alınan yeraltı suyu örneklerinin bazik karakteri bu durumu işaret etmektedir.

### Trakya Örneği: Kırklareli Eren-1 TES ve Tekirdağ/Çerkezköy Kırklareli Eren-1 TES [7]

#### Proje Alanı ve Coğrafi Özellikleri

EREN-1 TES sahası, Kırklareli ilinin kuş uçuşu 19,5 km güney batısında yer almaktadır. Kırklareli Eren-1 Entegre Termik Sahası (Eren-1, TES); 01-Kuzey Marmara Havzası, Ergene Alt Havzası, 01-5 ve 01-6 YAS alt havzası sınırları içinde yer almaktadır. Proje sahası Kavaklı, Dokuzhöyük, Karahalil, Yenimahalle ve Nacak köylerini kapsamaktadır. Kömür sahaları genellikle düşük eğimli bir topoğrafyaya sahip olup tarım arazilerinden ibarettir.



Şekil 5. Proje Alanı Yer Bulduru Haritası [7]

## Akarsular

Proje alanında kuzeydoğu-güneybatı yönünde genellikle birbirlerine paralel birçok akarsu ağı oluşmuştur. Bunlar doğudan batıya doğru:

- Asılbeyli Köyünün doğusundan ve Değirmencik köyünün batısından geçen Büyük Deresi,
- Kavaklı, Yenimahalle köyleri içinden geçen Kavaklıköy Deresi,
- Dokuzhöyük, Karahalil köyleri içinden geçen Teke Deresi ve
- Ulukonak Köyü içinden geçen Buvet Deresi'dir.

Proje alanında 2018 yılının Kasım ayı içerisinde yapılan saha çalışmalarda tüm bu derelerin sulu olduğu görülmüştür.

Proje sahası civarındaki en önemli su yapısını sahanın kuş uçuşu yaklaşık 13-23 km kuzey doğusunda yer alan Kırklareli Barajı oluşturmaktadır. Kırklareli il merkezinin 5 km doğusunda, Ergene Alt Havzası'nın kuzeyinde yer alan Kırklareli barajı Şeytan deresinden beslenmektedir. Sulama, taşkın koruma ve içme suyu amaçlı yapılmış olup, sulama alanı 13679 ha, içme-kullanmaya verilen su ise 10,70 hm<sup>3</sup>/yıl'dır. Normal su kotunda göl hacmi 113,31 hm<sup>3</sup> tür. Projesi sahasındaki tarım alanlarında yüzey suyu sulaması, DSİ tarafından inşa edilen Kırklareli barajından sağlanmaktadır.

## Sondaj Kuyuları

Proje alanı ve civarında DSİ, Kırklareli İl Özel Müdürlüğü ve şahıslar tarafından açılmış su temin amaçlı sondaj kuyuları mevcuttur. Yerleşim birimlerin içme-kullanma amaçlı suları, Kırklareli İl Özel İdaresi tarafından açılan sondaj kuyularından temin edilmektedir.

DSİ bu sahadaki Ergene Formasyonunu akifer olarak kabul ettiğinden Yenimahalle köyü doğusunda bir adet gözlem amaçlı sondaj kuyusu açmıştır. Proje alanı ve yakın civarında açılmış çok sayıda sondaj kuyusu mevcuttur.

Proje alanında linyit kömürü en altta yer alan Danişmen Formasyonu içinde farklı kalınlıkta damarlar halinde bulunur. Danişmen Formasyonu daha çok kilden oluşan az geçirimli-geçirimsiz bir birimdir. Akifer özelliği göstermez. Danişment Formasyonu içinde yer alan kumtaşı merccekleri yer yer asılı düşük verimli akifer özelliği gösterir.

Trakya Havzasında Danişmen Formasyonu üzerinde yer alan Ergene Formasyonu kumlu, çakıllı, siltli seviyeler içermekte olup, geçirimli ve akifer özelliklidir. Trakya havzasında başta Tekirdağ ili olmak üzere birçok il, ilçe, mahalle ve köylerin içme-kullanma suyu ihtiyacı bu birimde açılan sondaj kuyularından karşılanmaktadır. Ergene Formasyonu üzerinde yer alan Kircasali (Trakya) Formasyonu da kumlu-çakıllı geçirimli birimlerden oluşmakta olup, akifer özelliği gösterdiği gibi alttaki Ergene akiferini de beslemektedir.

Proje alanı kuzeyinde yer alan Kavaklı Köyü ile güneyde yer alan Nacak Köyü içme-kullanma suyu ihtiyaçlarını Büyük Dere kenarında açılmış sondaj kuyularından karşılamaktadırlar. Proje alanı ortasında yer alan Yenimahalle, batısında yer alan Karahalil ve Dokuz-

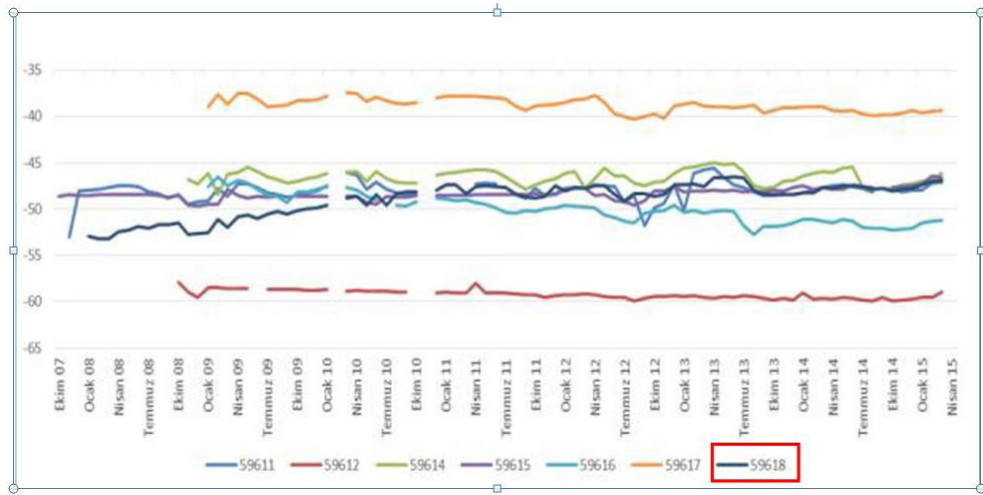
höyük köyleri ise Ergene Formasyonu içinde açılmış sondaj kuyularından içme-kullanma sularını karşılamaktadırlar. Bu kuyular Kırklareli İl Özel İdaresi tarafından açılmışlardır. Kuyu derinlikleri 100-250 m arasında değişmektedir.

### **YAS Seviye Değişimleri**

DSİ tarafından 2016 yılında hazırlanan “Master-Plan Hidrojeoloji Raporu’nda gözlem kuyularının YAS seviye değişimleri de grafiklenmiştir.

Grafikte görüldüğü gibi, proje alanında yer alan 59618 no.lu sondaj kuyusunun YAS seviyesi Ocak/2008 tarihinde 53,0 m kadar iken, Nisan /2015 tarihinde 46 m ye kadar yükselmiştir. Proje alanı ve civarında genellikle sondaj kuyularından ziyade yüzey sularından tarımsal sulama yapılmaktadır. Açılan sondaj kuyuları tarımsal sulama için değil, daha çok içme-kullanma amaçlı kullanılmaktadır. Bu nedenle şimdilik mevcut çekimler, akiferleri etkilememektedirler. Proje sahasında yeraltısu akım yönü güney batıya doğrudur.

**Çizelge 3. Ergene Havzası rasat kuyuları YAS seviye değişimleri [8]**



### **Kömür Maden Sahalarında Asit Maden Drenajı Oluşumu**

Özellikle açık işletme yapılan kömür maden sahalarında (işletilmekte olan ya da terk edilmiş) karşılaşılan çevresel sorunlarından biri de yüksek oranda piritik kükürt içeren kömürlerin ya da pasa malzemesinin neden olduğu asidik drenajların oluşumudur. Dünya çapında birçok ülkede terk edilmiş ya da işletilmekte olan metalik maden ve kömür sahalarında gözlenen asit maden drenajı (AMD), madencilik faaliyetlerinin neden olduğu en önemli çevresel sorunların başında gelmektedir.

Asit Maden Drenajı, kömür maden sahalarında (işletilmekte olan ya da terk edilmiş), kömür ve yan kayaçların bünyesinde bulunan, özellikle pirit, pirotin vb. gibi demir sülfürlü metallerin, hava ve su ile temasıyla oksidasyonu sonucunda (bazen de bakteri katalizörlü-

ğünde) asidik suların ( $\text{pH} \sim 3$ ) oluşumudur. Oluşan asidik sular, pasa, şlam atık malzemeleri içinde hareket ederken, mevcut metalleri liç ederek bünyelerine katmaktadır. Bu sayede çözünmüş maddelerce (sülfat vb) (100-100,000 mg/l), özellikle Fe, Mn ve Al ve diğer metallerce (Cu, Cd, Pb, Ni, As, Zn, vb.) zengin sular oluşmaktadır. Bu tür asidik suların yerel hidrolojik sistemlere karışması (yüzey ve yeraltı suları) ciddi kirlenmelere neden olmakta ve ekolojik sistemi ve sistem içerisindeki flora ve faunayı tahrip ve ileri aşamalarda yok etmektedir. Bu tür sorunların oluşma potansiyellerinin belirlenerek gerekli tedbirlerin alınması, problemin gelişiminin baştan engellenmesi, oldukça yüksek maliyetleri olan arıtma ve rehabilitasyon işlemlerine gerek kalmadan, problemi çözmenin en etkili yoludur.

Dolayısıyla kömür maden işletmeciliği yapılacak sahalarda pasa oluşturacak litolojilerin asit kaya üretme potansiyellerinin belirlenmesi ve açık işletme yapılması durumunda oluşacak gölet sularının su kimyasının ortaya konması, işletme öncesinde alınabilecek tedbirlerin ortaya konması ve pasa depolama alanlarının bu riskleri minimize edecek şekilde dizayn edilmesi için gereklidir. AMD öngörü çalışmaların en önemli aşamaları, sahada pasa oluşturacak litolojileri, alterasyon derecelerini ve toplam piritik kükürt içeriğini temsil edecek sayıda, temsil kabiliyeti yüksek örnekleme yapılmasıdır. Örneklerin jeokimyasal ve mineralojik olarak karakterize edildikten sonra bir dizi statik, kinetik ve kısa süreli liç testlerine tabi tutularak pasa malzemesinin ya da potansiyel şlam atığının asit üretme ya da nötralizasyon potansiyeli, oluşacak drenajların kimyası ve reaksiyon hızları önceden tahmin edilebilmektedir. Ayrıca yürütülecek hidrojeokimyasal modelleme çalışmaları ile sahalarda uzun vadede meydana gelebilecek sızıntı suların kimyaları öngörülebilmektedir.

ÇED ön başvuru dosyasında kömürün hangi yöntemle (açık ya da kapalı işletme) çıkartılacağı hususunda bir bilgiye rastlanılmamıştır. Sahada yeraltı madenciliği yapılacağı öngörülebilecek olursa üretim çalışmaları başlamadan önce galeri ağızlarında oluşacak pasa malzemesinin Maden atıkları yönetmeliği EK-4/B kapsamında piritik kükürt içeriğinin ölçülerek asit maden drenajı oluşturma potansiyelinin belirlenmesi gerekmektedir.

Proje sahasının içerisinde geçen ve sürekli akış sergileyen birçok derenin bulunması ve kömür işletmesi yapılacak sahaların verimli akifer sistemlerin üzerinde yer alması, ÇED kapsamında yürütülecek Çevresel Etki Değerlendirme çalışmalarının sahaya özgü olası çevresel riskleri dikkate alarak kurgulanması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

### ***Santralin Yeraltı suyuna olası etkileri***

Kırklareli Eren-1 TES Entegre tesislerin işletme aşamasındaki su ihtiyacı hazırlanan ÇED başvuru dosyasında 840.000,0 m<sup>3</sup>/yıl (0,84 hm<sup>3</sup>/yıl=27,0 l/s)) olarak verilmiştir.

ÇED Başvuru Dosyasında proje kapsamında kullanılacak olan suyun yeraltı su kuyusundan/kuyularından ve/veya bölgedeki mevcut yüzeysel su kaynaklarından temin edilmesi planlanmaktadır. Ancak ***Proje alanı DSİ tarafından adlandırılan 1-5 YAS alt havzasında yer almakta olup, bu alt havza için öngörülen rezervin (23,89 hm<sup>3</sup>/yıl) tamamı tahsis edildiğinden (26,9 hm<sup>3</sup>/yıl), bu alt havza yeni kuyuların açılmasına kapatılmıştır.*** Bu nedenle Eren-1 TES için gerekli olan su ihtiyacının yeraltı sularından elde edilmesi mümkün görülmemektedir.



Yukarıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak verildiği gibi, yöre halkının içme-kullanma suları proje alanında açılmış sondaj kuyularından karşılanmaktadır. Yürütülecek TES faaliyetlerinin yeraltısuyu sistemini etkileme riski söz konusudur. Dolayısıyla proje alanında yeraltı sularının nicelik ve nitelik olarak korunması büyük önem arz etmektedir.

Termik Santral sahası, kömür stok sahası ve atık depolama sahası, geçirimli karakterli ve akifer özelliği gösteren Kırçasalılı Formasyonu üzerine kurulacaktır. Tesis sahasından kaynaklanma potansiyeli bulunan su kirliliğinin yüzey ve yeraltı suyu kalitesini olumsuz yönde etkilememesi için, sahaların çevresi kuşaklama kanallarıyla çevrelenmeli, yağışlara bağlı oluşacak drenaj suların kalitesi deşarj limitlerini sağladıktan sonra alıcı ortamlara deşarj edilmeli, gerekiyor ise arıtılmalıdır. Kömür stok sahalarından ve atık depolama sahalarından kaynaklanabilecek olası sızıntı suların yeraltısuyu sistemlerini kirlletmesini önlemek için uygun sızdırmazlık koşulları sağlanarak mevzuatlara uygun olacak şekilde bu tesisler dizayn edilmelidir.

Kömürün hangi metotlar ile üretileceği ÇED ön başvuru dosyasında belirtilmemiştir. Açık ocak işletmeciliği yapılması halinde yeraltı sularının nitelik ve nicelik olarak olumsuz yönde etkilenmesi kaçınılmazdır. Bu durumda ocak içlerine akifer birimlerinden YAS boşalımı olacaktır ve madencilik faaliyetlerinin susuzlaştırma yapmadan da yürütülmesi olanaksız görülmektedir.

Yeraltı madenciliği tekniklerinden Uzunayak yöntemiyle kömür üretiminin yapılması halinde ise yüzeyde tasman oluşma olasılığına bağlı olarak yeraltı suları etkilenebilecektir. Kömürlü seviyelerde susuzlaştırma yapılması durumunda, kötü kalitede olma olasılığı olan formasyon suların nasıl bertaraf edileceği/arıtılacağı hususu yüzey su kalitesini korumak açısından ayrıca önemlidir. Yeraltı madenciliği yapılması durumunda ocak içlerine gelebilecek su miktarları hesaplanmalı, bu suların nasıl bertaraf edileceği irdelenmelidir. Firma tarafından hazırlanacak Nihai ÇED Raporu Hidrojeoloji Raporunda bu hususlar ayrıntılı olarak belirtilmelidir.

Yukarıda belirtilen nedenlerle Nihai ÇED rapor sürecinde sahanın hidrojeolojisi, sınır koşulları, kavramsal hidrojeolojik modeli, yeraltı suyu kalitesi ve potansiyeli ayrıntılı olarak ortaya koyulmalı, kirlletici unsurların yeraltı suyu kalitesini etkileme riski sayısal olarak analiz edilmelidir. Sahada susuzlaştırma faaliyetleri yürütülmesi durumunda bu durumun YAS sistemlerine etkileri araştırılmalıdır. Yeraltı madenciliği yapılması durumunda da tasman oluşma potansiyeli ve YAS sistemlerine olası etkileri de kantitatif olarak ortaya konmalıdır. Ayrıca Ergene Formasyonu ile Danişmen Formasyonu arasındaki hidrolik ilişki, hidrojeolojik etüt kapsamında irdelenmeli, kapalı işletme ile kömür çıkartılması durumunda ise galerilere gelecek YAS miktarı hesaplanmalıdır. Galeriden gelen suların deşarj limitlerinin sağlamaması durumunda ise nasıl arıtılacağı ya da bu suların nasıl kullanılacağı belirtilmelidir. Ruhsat sahası sınırları içerisinde ve çevresinde kömür ve TES sahalarını boydan boya kesen ve kurak mevsimde dahi akış sergileyen birçok dere vardır. Yüzey su kalitesi nihai ÇED sürecinde mutlaka izlenmeli, TES için suların derelerden karşılaması durumunda ise dere ekosisteminin bundan nasıl etkileneceği net bir biçimde ortaya konmalıdır. TES ve kömür çıkartma faaliyetlerinin yüzey su kütleleri üzerindeki olası etkileri de ÇED kapsamında araştırılmalıdır.



### **Projenin Hidrojeolojik Açidan Değerlendirilmesi**

Eren-1 TES için sadece başvuru ÇED dosyası mevcut olup, nihai ÇED raporu ve buna bağlı olarak nihai hidrojeoloji raporu hazırlanmamıştır. Proje alanında alınacak kömürün hangi yöntemle alınacağı başvuru dosyasında belirtilmemiştir. Kömürün yer altındaki derinliği ve kapladığı alan dikkate alındığında, büyük olasılıkla kapalı ocak ve geri dönüşüm mekanize uzun ayak yöntemi olacaktır. Bu yöntemde kömür tabanında tavan ve taban yolları oluşturularak, üretim için uzun ayak panoları oluşturulmaktadır.

Proje alanında altta üste doğru; kömürün de içinde olduğu Danişmen formasyonu, bu formasyonun üstünde Ergene formasyonu ve Kırçasalılı (Trakya) formasyonu mevcuttur. Dere yataklarında ise az kalınlıkta (8-10 m) alüvyon çökelişi mevcuttur. Danişmen formasyonu genellikle az geçirimli-geçirimsiz birimlerden oluşmakla birlikte, yer yer kum-çakıl mercekleri de mevcuttur. Bu kum-çakıl mercekleri asılı (tünek) akifer özelliklerine sahiptir. Kapalı ocak, uzunayak yöntemiyle kömür üretiminin yapılması halinde, kazılara bu asılı akifer özelliği gösteren kum-çakıl merceklerinden su gelimi olabilecektir. Açık ocak işletmesi yapılması halinde ise Kırklareli ili ile proje alanı dahil, çok geniş bir alanda mevcut akifer yapılarının tamamı yok olacağı gibi, güneye doğru olan akifer yapıların tamamı da nicelik ve nitelik olarak yok olacaktır.

Danişmen formasyonu üzerinde yer alan Ergene formasyonu litolojik olarak daha çok kum-çakıl seviyelerinden oluştuğundan, iyi ve yaygın akifer özelliğindedir. Bu birim üzerinde yer alan Kırçasalılı formasyonu da gözenekli kum-çakıl seviyelerinden oluşmakta olup akifer özelliği gösterir. Esasen üstte ve yüzeyde yer alan Kırçasalılı formasyonu ile alttaki Ergene formasyonu arasında az geçirimli-geçirimsiz birimler olmadığından, bu iki formasyon tek akifer olarak birlikte çalışmaktadır.

Proje alanı içindeki ve yakın civarındaki yerleşim birimleri söz konusu Ergene ve Kırçasalılı akiferlerinde açılmış sondaj kuyularından içme-kullanma suyu ihtiyaçlarını karşılamaktadırlar. Dolayısıyla bu akifer yapılarının, Eren-1 TES nedeniyle nitelik ve nicelik olarak zarar görme olasılıkları vardır.

Proje kapsamında kullanılacak olan suyun, yeraltı su kuyusundan/kuyularından ve/veya bölgedeki mevcut yüzeysel su kaynaklarından temin edilmesi planlanmaktadır. Ancak Proje alanı DSİ tarafından adlandırılan 1-5 YAS alt havzasında yer almakta olup, bu alt havza için öngörülen rezervin (23,89 hm<sup>3</sup>/yıl) tamamı tahsis edildiğinden (26,9 hm<sup>3</sup>/yıl), bu alt havza yeni kuyuların açılmasına kapatılmıştır. Bu nedenle Eren-1 TES için gerekli olan su ihtiyacının yeraltı sularından elde edilmesi mümkün görülmemektedir.

Proje alanı yakınında sondaj kuyularından alınan su örnekleri analiz sonuçları değerlendirildiğinde; yeraltı suların bazı (pH: 7,37-7,97 aralığında) EC değerlerinin orta düzeyde (508-717 µS/cm), çözünmüş oksijen içerikleri ise 5,33-8,16 mg/l düzeylerinde olduğu görülmektedir. YAS örnekleri Na-Mg-Ca-HCO<sub>3</sub>-Cl ve Ca-Na-Mg-HCO<sub>3</sub>-Cl tipi su fasiyesleri sergilemektedir. Yeraltı suların ağır metal, nitrat ve pestisit konsantrasyonları içme suları sınır değerlerinin altında seyretmiştir. Her ne kadar içme suları için müsaade edilen 50 mg/l sınır değeri aşılmamış olsa da su örneklerinde 19-23 mg/l düzeylerinde gözlenen nitrat konsantrasyonları, tarımsal faaliyetlerinin yeraltısuyu kalitesini etkilediğini göstermektedir.

Proje sahasının içerisinden geçen ve sürekli akış sergileyen birçok derenin bulunması ve

kömür işletmesi yapılacak sahaların verimli akifer sistemlerin üzerinde yer alması sahaya özgü olası çevresel risklerin dikkatlice açıklanması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

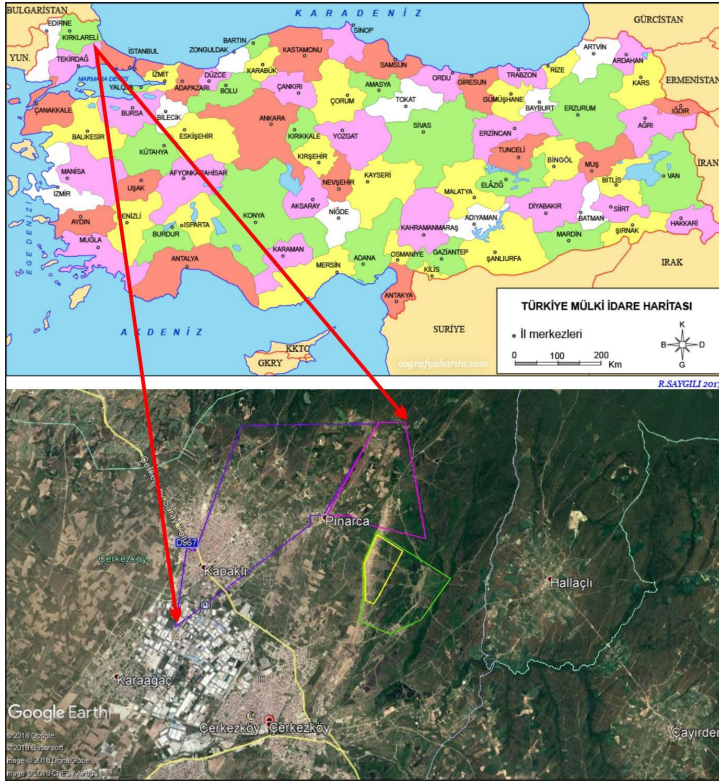
### Tekirdağ/Çerkezköy [9]

#### Proje Alanı Yeri ve Coğrafi Özellikleri

Çerkezköy Kömür Sahası (Çerkezköy TES); 01-Kuzey Marmara Havzası, Ergene Alt Havzası 01-1 Çerkezköy-Çorlu YAS alt havzası sınırları içinde yer almaktadır. Kömür sahası Çerkezköy İlçesinin kuzeydoğusunda, Kapaklı ve Pınarca mahallelerinin kuzeyinde yer alır.

Kömür sahası genellikle orman arazisi olup, ham orman yolları ile saha içinde dolaşılabilir. Proje alanında ağırlıklı olarak orman ve fundalıklar yer almaktadır.

Proje alanı; Tekirdağ iline Kuşucuşu 57,0 km, Çerkezköy ilçesine ise yaklaşık 1,3 km mesafede yer almaktadır.



Şekil 6. Proje Alanı Yer Bulduru Harita [9].

#### Hidrojeoloji ve Akiferler

Proje alanında linyit kömürü en altta yer alan Danişmen Formasyonu içinde farklı kalınlıkta damarlar halinde bulunur. Danişmen Formasyonu daha çok kilden oluşan az geçirimli-geçirimsiz bir birimdir. Akifer özelliği göstermez. Danişmen formasyonu içinde yer

alan çakıltaşı, kumtaşı mercekleri yer yer asılı akifer özelliklerine sahiptir.

Trakya Havzasında Danişmen Formasyonu üzerinde yer alan Ergene Formasyonu kumlu, çakıllı, siltli seviyeler içermekte olup, geçirimli ve akifer özelliklidir. Trakya havzasında başta Tekirdağ ili olmak üzere birçok il, ilçe, mahalle ve köylerin içme-kullanma suyu ihtiyacı bu birimde açılan sondaj kuyularından karşılanmaktadır. Proje alanı güneybatısındaki Çerkezköy İlçesi başta olmak üzere proje alanı içinde yer alan Kapaklı ve Pınarca mahallelerin de içme-kullanma suyu ihtiyacı Ergene Formasyonunda açılan sondaj kuyularından karşılanmaktadır.

### ***Sondaj Kuyuları***

Proje alanı ve civarında DSİ, TESKİ (Tekirdağ Su ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı), özel şahıs tarafından açılmış su temin amaçlı sondaj kuyuları mevcuttur. Mahallelerin içme-kullanma amaçlı suları TESKİ tarafından açılan sondaj kuyularından temin edilmektedir.

DSİ tarafından Çerkezköy İlçesinin içme-kullanma suyu ihtiyacının karşılanması amacıyla ayrıca bedeli mukabilinde sondaj kuyuları açmıştır. DSİ bu sahada yüzlek veren Ergene Formasyonunu akifer olarak kabul ettiğinden, Pınarca Mahallesi doğusunda asfalt karayolunun kuzey kenarında gözlem amaçlı sondaj kuyusu açmıştır. DSİ Ergene havzası hidrojeolojik etüt raporunda, Ergene formasyonun hidrolik iletkenliği 10-15 m/gün, depolama katsayısı  $3 \times 10^{-3}$ , transmisibilitesi ise 500 m<sup>2</sup>/gün olarak rapor edilmektedir.

Kömür sahasının yaklaşık 250-500 m güneyinde yer alan Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi (OSB) sondaj kuyuları ile yaklaşık 4,5-5,0 km güneydoğuda açılmış Çerkezköy Belediyesine ait tüm kuyuların özgül debileri çok yüksektir ( $>1,0$  l/s/m). Bu durum Çerkezköy Belediyesi için açılan kuyuların bulunduğu bölgedeki Ergene formasyonunun kuvvetli ve yaygın akifer özelliğinde olduğunu göstermektedir. DSİ tarafından 59612 no.lu kuyu ise Pınarca Mahallesi batısında kömür sahası içinde açılmıştır. Dolayısıyla DSİ tarafından kömür sahasında yer alan Ergene Formasyonun da yaygın akifer olduğu kabul edilmiştir. Nihai ÇED raporu kapsamında kömür sahasındaki, Ergene formasyonun hidrojeolojik ve akifer özellikleri sağlıklı olarak ortaya konulmalıdır.

### ***Projenin Hidrojeolojik Açidan Değerlendirilmesi***

Çerkezköy TES tesislerinin işletme aşamasındaki su ihtiyacı ÇED raporunda 1.000.000,0 m<sup>3</sup>/yıl kadar belirtilmiştir. Proje alanı DSİ tarafından adlandırılan 1-1 YAS alt havzasında yer almakta olup, bu alt havza için belirlenen 61,8 hm<sup>3</sup>/yıl rezervin tamamı tahsis edildiğinden, bu alt havza yeni kuyuların açılmasına kapatılmıştır. ÇED Raporunda su ihtiyacının Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tarafından planlama aşamasında olan Yoncalı Barajı veya diğer bir alternatif olarak "Meriç Nehri'nden 10 OSB'ye Su Temini Projesi"nden tahsis edilecek suyla karşılanması planlandığı belirtilmektedir.

Termik santral sahası, kömür stok sahası, atık depolama sahası geçirimli karakterli ve akifer özelliği gösteren Ergene formasyonu üzerine kurulacaktır. Yürütülecek TES faaliyetlerinin yeraltısuyu sistemini etkileme riski bulunmaktadır.

Hazırlanan ÇED raporunda kömür madenciliğinin kapalı sistem ve geri dönüşüm mekanize uzunayak yöntemi ile yapılacağı belirtilmiştir. Kömür ruhsat sahalarının üzerinde yerleşim alanları mevcuttur. Kömür çıkarma yönteminin yer yüzeyindeki yapıları ve üstte yer alan Ergene akiferini nasıl etkileyeceği araştırılmamıştır.

Proje kapsamında Ergene formasyonu ile Danişmen formasyonu arasındaki hidrolik ilişki ortaya konulmamış, kapalı işletme sırasında kömür galerilerine ne miktarda yeraltı suyu geleceği hesaplanmamış, su kalitesi tahmin edilerek, bu suyun nasıl kullanılacağı ve su kalitesi deşarj limitlerini karşılamıyor ise nasıl arıtılacağı açıklanmamıştır.

## GENEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Ülkemizde planlanan kömürlü termik santral ve bu santrallere yakıt temin edecek kömür madeni projeleri Çanakkale Çırpılar, Konya Kapalı Havzası, Eskişehir Alpu ve Trakya'da gibi aynı zamanda tarım alanı olarak ayrılmış da olan, su hassasiyeti olan kritik hidrojeolojik sistemler üzerinde projelendirilmektedir. Söz konusu bölgeler su hassasiyeti olan bölgelerdir. Su hassasiyeti hem suyun tarımsal üretimdeki yeri hem de sanayi ve tarımda aşırı tüketilen bir varlık olarak riskten kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmada incelendiği gibi ülkemizde tarım alanları üzerinde planlanan kömürlü termik santraller ve kömür madenlerinin projelendirildiği sahaların hidrojeolojik durumuna etkisi incelendiğinde termik santrallerin ve madencilik faaliyetlerinin yüzey ve yeraltı sularına riskleri görülmektedir. Ülkemizde enerji politikaları yapılırken, yer seçimi kararlarının arazi kullanımı ve doğal varlıklar üzerindeki olası etkisi ve risk düzeyi değerlendirilmemekte, kömürün yeri, kömür yatırımının projelendirilmesi için yeterli görülmektedir. Bu nedenle ülkemizdeki orman ve tarım alanları, su varlıkları, hava kalitesi, gıda güvenliği, halk sağlığı ve en önemlisi iklim tehlikeye düşmektedir. Kömür yatırımları yapılacak olan bölgelerdeki doğal varlıkların birbirleriyle olan ilişkileri, santrallerden kaynaklanacak riskler açıkça tespit edilememekte, alınması gereken önlemler bilimsel verilerle ortaya konulmamakta, planlar salt ekonomik kaygılarla hayata geçirilmektedir. Ancak planlar dâhilinde doğal varlıklara verilen tahribatın bilançosu uzun vadede "kazancı" zarara dönüştürmektedir. Bugün dünyada geline nokta ise kömür yatırım ve üretim maliyetlerinin pek de kazançlı olmadığı ekonomik analizlerle ortaya konulmaktadır.

Yeraltı ve yerüstü madenciliği ve termik santraller hidrojeolojik ortamı bu denli etkilemesine rağmen planlanan projelerin yapılacağı sahalardaki hidrojeolojik karakterizasyonun yeterince yapılmamaktadır. İnşaat, işletme ve kapatma dönemlerinde oluşabilecek hidrojeolojik sorunların bütünsel bir şekilde tanımlanmaması ve sorunların proje yapım ve işletme aşamasında ortaya çıkması doğa ve canlı sağlığına telafisi mümkün olmayan zararlar verebilmektedir.

Su temini, susuzlaştırma, su baskını, atık sahalarından sızıntı, asit maden drenajı, su kalitesi, su miktarı gibi birçok parametrenin proje henüz planlama aşamasındayken değerlendirilmesi ve projelerin yapılıp yapılmamasına bu şekilde karar verilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada sunulduğu gibi, ortaya konulan kömür yatırımlarının hidrojeolojik sisteme ve hidrojeolojik sistemin bu projelere etkileri, enerji politikalarının interdisipliner yaklaşım ihtiyacını ortaya koymaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1]. Kirmızıtaş, H. ve Yolcubal, İ., 2018 a. TEMA Vakfı Çırpılar(Çanakkale-Çan) Linyit Kömür Sahası Hidrojeoloji Değerlendirme Raporu, Ekim 2018, TEMA Vakfı, İstanbul.
- [2]. Kirmızıtaş, H. ve Yolcubal, İ., 2018 b. TEMA Vakfı Karapınar (Ayrancı-Karaman) Linyit Kömür Sahası Hidrojeoloji Değerlendirme Raporu, TEMA Vakfı, İstanbul.
- [3]. DSİ, 2015. Konya Kapalı Havzası Master-Plan Hidrojeoloji Raporu, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [4]. Yalçınkaya, Ş., 2014. Konya/Karapınar-Ayrancı Termik Santrali Çevresel Etki Araştırmaları Çalıştayı, EÜAŞ Santraller Proje ve Tesis Dairesi Başkanlığı sunumundan.
- [5]. Kirmızıtaş, H. ve Yolcubal, İ., 2018 c. TEMA Vakfı Alpu (Tepebaşı-Eskişehir) Linyit Kömür Sahası Hidrojeoloji Değerlendirme Raporu, Aralık 2018, TEMA Vakfı, İstanbul.
- [6]. DSİ, 2014. Sakarya Havzası Master-Plan Raporu Yapım İş, Porsuk Alt Havzası, Hidrojeolojik Etüt Raporu, Ankara.
- [7]. Kirmızıtaş, H. ve Yolcubal, İ., 2019 a. TEMA Vakfı Kırklareli Eren-1 Linyit Kömür Sahası Hidrojeoloji Değerlendirme Raporu, Şubat 2019, TEMA Vakfı, İstanbul.
- [8]. DSİ, 2016. Meriç Ergene Ve Kuzey Marmara (Trakya Kesimi) Havzaları Master Planı Hidrojeoloji Raporu (Ergene Alt Havzası, Ankara.
- [9]. Kirmızıtaş, H. ve Yolcubal, İ., 2018 d. TEMA Vakfı Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) Kapaklı-Pınarca (Çerkezköy/Tekirdağ) Linyit Kömür Sahası Hidrojeoloji Değerlendirme Raporu, Kasım 2018, TEMA Vakfı, İstanbul.

## ÖZGEÇMİŞ

**Kübra AYÇİÇEK**, İstanbul Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 2014 yılında mezun oldu. 2017 yılında İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde Kadın Çalışmaları Bölümü'nde yüksek lisans yapmaya başladı. 2014-2017 yılları arasında TMMOB Çevre Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi'nde teknik personel olarak çalıştı. 2008 yılından beri su ve hava kirliliği, enerji ve çevre politikaları ile ilgili çalışmakta ve Türkiye çevre mücadelesinin içinde yer almaktadır. Halen TEMA Vakfı'nda Çevre Politikaları ve Uluslararası İlişkiler Bölümü'nde kömürlü termik santrallere ilişkin proje koordinatörlüğü yürütmektedir.

**ÖZGEÇMİŞ**

**Özlem KATISÖZ**, ODTÜ Şehir ve Bölge Planlama Bölümü'nden 2003 yılında mezun oldu. 2008 yılında Birmingham Üniversitesi Kentsel ve Bölgesel Çalışmalar Bölümü'nden AB Jean Monnet Programı bursiyeri olarak yüksek lisans derecesini aldı. 2004 yılından beri uluslararası fon kaynaklarına yönelik proje hazırlama ve yönetimi deneyimi vardır. 2011 yılından beri çevre mevzuatı, savunuculuk, iklim arazi ve enerji politikaları konularında çalışmaktadır. Halen TEMA Vakfı'nda Çevre Politikaları ve Uluslararası İlişkiler Bölümü'nde bölüm başkanlığı görevini yürütmektedir.

## TERMİK SANTRAL PLANLAMASINDA GEREKLİ ÇED RAPORUNUN CBS İLE HAZIRLANABİLİRLİĞİ: ESKİŞEHİR-ALPU ÖRNEĞİ

Can AYDAY, TMMOB Jeoloji mühendisleri Odası BTK Üyesi, ANKARA.

### ÖZET

Geçmiş 10 yıl içinde MTA'nın yapmış olduğu arazi ve sondaj çalışmaları sonucunda belli bölgelerde kömür yatakları bulunmuştur. MTA'nın ana görevlerinden biri olan ülkenin doğal kaynaklarını araştırmak, bulmak ve ülkenin yararları çerçevesinde değerlendirmek olarak düşünüldüğünde bu yeni doğal kaynaklar herkesi heyecanlandırmıştır. Bu büyüklükte kömür rezervlerinin bulunmasının ardından ise bu kaynakların değerlendirilmesi ön plana çıkmıştır.

Bu konuda yapılacak çalışmaların başında ise, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) olarak tanımlanan bir çalışma gelmektedir.

Bu çalışmada, Eskişehir-Alpu Ovasında yapımı planlanan termik Santral projesinde bazı yapılması gerekli çalışmaların Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile nasıl yapılabileceği uygulamalı olarak gösterilmeye çalışılacaktır. Çalışmada sadece Havza Analizinin bir kısmı ve genel bazı çalışmalar gösterilebilecektir.

Bu tür çalışmaların CBS ve Uydu Görüntüleri kullanılarak yapılması hem çalışma süresini kısıltacağı ve hem de daha doğru sonuçlar vereceği için ÇED çalışmalarında CBS yöntemi kullanılmasının zorunlu olması gerekliliği önerilmektedir.

**Anahtar sözcükler:** Termik santraller, ÇED, CBS, Çevresel etkiler

### GİRİŞ

Termik santral planlamasında gerekli ÇED Raporu'nun CBS ile hazırlanabilirliğinin anlaşılmasını kolaylaştırmak için, kısaca Dünya'daki çevre sorunlarının yayılımı, ÇED kavramını, Eskişehir-Alpu özelinde kömür ve termik santrallerinin konumunu ve etkilerini kısaca özetlemekte yarar vardır. Daha sonra da konuya dair bir analiz yapılacaktır.

### Dünyada çevre sorunları

Dünya nüfusu aşırı bir artış ile karşı karşıya bulunmaktadır. 2002 yılında 6.27 milyar olan dünya nüfusu 2017 yılında 7.53 milyara ulaşmıştır (Dünya Bankası, 2019). OECD ülkeleri içerisinde en yüksek nüfus artış oranına sahip ülkelerin başında Türkiye gelmektedir. Birleşmiş Milletlerin yakın zaman önce yapmış olduğu nüfus projeksiyonuna göre ülkemizin nüfusu 2025 yılı itibarı ile 92 milyonu aşması beklenmektedir (Aslan Y., 2017).

Bilimsel araştırmaların gelişmesi, bilimde birçok buluşların yapılması ile yeni teknolojiler insan yaşamına girmektedir. Bu teknolojilerden en önemlisi uydu teknolojisidir. Uy-



duların gelişmesi ve dünyayı algılayan çok sayıda uydunun yörüngede olması bu teknolojilerin insanlık yaşamı için iyileşme getirmesini, yaşam kalitesinin yükseltilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Uydu görüntülerinde elde edilen veri sayısı çok fazladır. Bu kadar çok sayıda verinin toplanması, depolanması, saklanması ve analiz edilebilmesi için özel yazılımlar ve donanımlar gereklidir. Bu yazılımlar Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile ilgili yazılımlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bundan 30 yıl önce uydu görüntülerinin kullanımı fiyatlarının çok yüksek olması nedeni ile sayıca çok azdı. Fakat günümüzde bu uydu görüntülerinin birçoğu ücretsiz olarak kullanılabilir. Yine bu görüntüleri analiz eden ve bu görüntülerden elde edilen parametreleri analiz eden yazılımlar ücretsiz olmaya başlamıştır. Ekonomisi iyi olmayan ülkelerin bu tür CBS yazılımların kullanarak öncelikli olarak çevre sorunlarına eğilmesi, bu sorunları çözmesi ve denetlemesi olanağı doğmuştur.

Ekonomisi iyi olmayan ülkelerin bu tür UA ve CBS yazılımların kullanarak öncelikli olarak çevre sorunlarına eğilmesi, bu sorunları çözmesi ve denetlemesi olanağı doğmuştur.

Geçmiş 10 yıl içinde MTA'nın yapmış olduğu arazi ve sondaj çalışmaları sonucunda belli bölgelerde kömür yatakları bulunmuştur. MTA'nın ana görevlerinden biri olan ülkenin doğal kaynaklarını araştırmak, bulmak ve ülkenin yararları çerçevesinde değerlendirmek olarak düşünüldüğünde bu yeni doğal kaynaklar herkesi heyecanlandırmıştır. Bu büyüklükte kömür rezervlerinin bulunmasının ardından ise bu kaynakların değerlendirilmesi ön plana çıkmıştır.

Bu tür doğal kaynağın değerlendirilmesinin birinci hedefinin bu kaynağın en uygun şekilde ve çevreye zarar vermeden değerlendirilmesidir. Dünyamızın yıldan yıla nüfus artışı ve bununla beraber gelen çevre kirlilikleri düşünüldüğünde bu tür değerlendirmelerde bu konu öncelikle gündeme gelmektedir. Doğal kaynakların değerlendirilmesi, fakat çevreye ve yaşayanlara zarar vermeden değerlendirilmesi gerekir.

Bu konuda yapılacak çalışmaların başında ise, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) olarak tanımlanan bir çalışma gelmektedir. ÇED gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmalar bütünü olarak tanımlanır. Burada olması gereken bir önemli unsur ise, projenin ekonomik olmasıdır. Maliyeti çok yüksek olan projenin ve bu kaynağın değerlendirilmesi sonucunda elde edilecek ürünün ekonomik olması, ülkeye katkı sağlaması gerekir.

Kömür rezervlerinin ise, özellikle kalori açısından yüksek olmayan türlerinde ilk aklı gelen bu kömürün termik santral kurulması ile birlikte ele alınması ve kömürden elektrik elde edilmesidir. Bu düşünceden hareket edilerek son yıllarda MTA tarafından ortaya çıkarılan rezervlerin civarında çok sayıda bölge ön plana çıkmış ve projeler yapılmıştır. Bu

bölgelerden biri de Eskişehir ili, Alpu ilçesi sınırları içinde bulunan ve SİT Ova niteliğine sahip olan Alpu Ovasıdır.

Bu tür büyük bir yatırım yapılmadan önce gerekli olan ÇED çalışmalarının bu aşamada devreye girdiği görülmektedir. ÇED'in tanımında da belirtildiği gibi yapılacak yatırımın olumlu veya olumsuz etkilerinin olmasına bu çalışma sonucunda karar verilecektir. Yine bu yatırımın ekonomik olup olmamasına bu çalışma sonucunda erişilecektir.

Bu çapta büyük bir yatırımda çok sayıda verilerin olması, verilerin çoğunun konumsal veri olması, verilerin birbirleri ile doğrudan veya dolaylı ilişkisinin bulunması bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) gibi bir yöntemin kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

CBS konumsal verilerin toplanması, depolanması, düzenlenmesi, analiz edilmesi ve görsel olarak ortaya konulması olarak tanımlanmaktadır. CBS uydu verileri ve uydu görüntülerinden de yararlanmaktadır. CBS aynı zamanda yapılacak işin ve çalışmanın kısa süre içinde sonuçlandırılmasını da sağlamaktadır.

Termik Santral gibi çok sayıda konumsal verinin olduğu ve geniş bir alanı etkileyeceği düşünülen bir projenin ÇED Raporunun CBS ile yapılması, projelendirilmesi daha doğru olacaktır. Yapılacak ÇED Raporunun içeriğinde çok sayıda alt çalışmalar CBS ile yapılabilir.

Bu çalışmada, Eskişehir-Alpu Ovasında yapımı planlanan Termik Santral projesinde bazı yapılması gerekli çalışmaların CBS ile nasıl yapılabileceği uygulamalı olarak gösterilmeye çalışılacaktır. Çalışmada sadece Havza Analizinin bir kısmı ve genel bazı çalışmalar gösterilebilecektir.

Bu tür çalışmaların CBS ve Uydu Görüntüleri kullanılarak yapılması hem çalışma süresini kısaltacağı ve hem de daha doğru sonuçlar vereceği için ÇED çalışmalarında CBS yöntemi kullanılmasının zorunlu olması gerekliliği önerilmektedir.

### **Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED)**

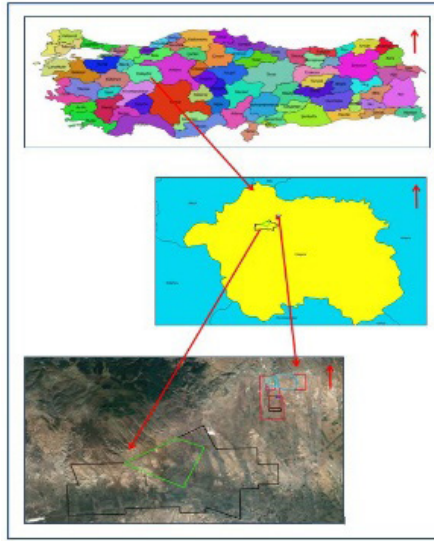
Bu konuda yapılacak çalışmaların başında ise, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) olarak tanımlanan bir çalışma gelmektedir. ÇED gerçekleştirilmesi planlanan projelerin;

- Çevreye olabilecek olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesinde,
- Olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin,
- Seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmalar bütünü olarak tanımlanır.

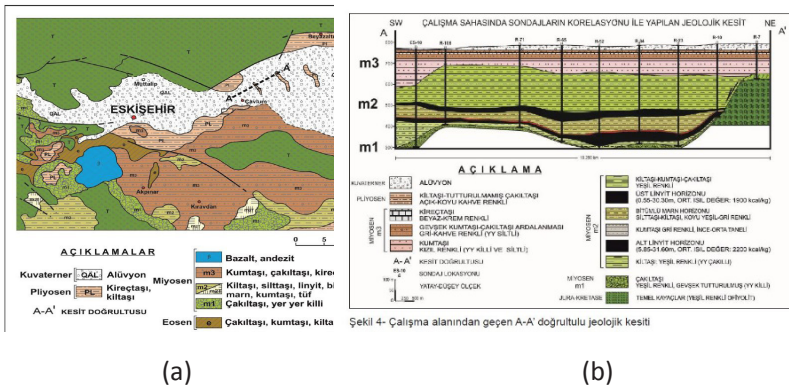
### **Bölgedeki kömür hakkında kısa bilgi**

Eskişehir-Alpu linyit sahası kuzeyde Kızılcaören ve Yakakayı köyleri, güneyde Sevinç ve Ağapınar Köyleri arasında kalan yaklaşık olarak 100 km<sup>2</sup>'lik geniş bir çanakta yayılım göstermektedir (Şekil 1).

Linyit yüzeyde mostra vermez, alt ve üst olmak üzere iki farklı seviye halinde, 250-450 m. derinlikler arasındadır. Kömürü oluşturan damarların kalınlıkları 0,55 ila 31,60 m arasında değişir, ortalama damar kalınlığı ise 14,00 m dir. Görünür rezerv miktarı yaklaşık 1500 milyon tondur. Üst seviyenin ortalama kül içeriği %36, kükürt içeriği %1,87, nem ihtivası %36 ve ortalama kalorifik değeri 1950 kcal/kg'dır. Alt seviyenin ortalama kül içeriği %28, kükürt içeriği %1,13, nem ihtivası %32 ve ortalama kalorifik değeri 2150 Kcal/kg'dır. Kömür bu bölgede günümüzden yaklaşık 15 milyon yıl önce oluşmuştur (Şengüler, 2011). Bu ortamda olan göl ortamı içinde ve civarında bulunan ağaç ve bitkilerin uygun ortamda kömüre dönüşmesi ile kömür olmuştur (Şekil. 2).



Şekil 1. Yer bulduru haritası.



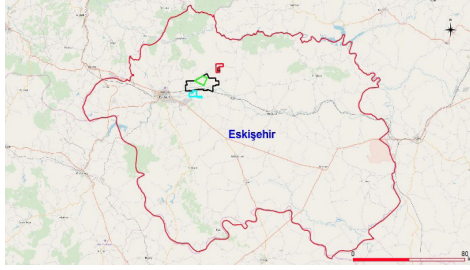
(a)

(b)

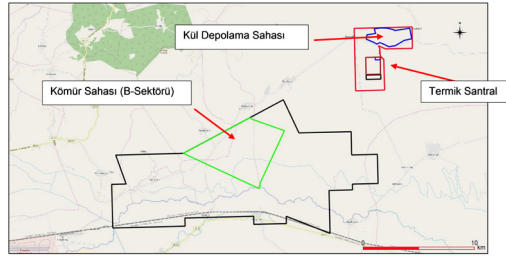
Şekil 2. Eskişehir-Alpu Termik Santral ve civarı Jeolojisi (a); Jeoloji haritası üzerinde alınan jeolojik kesit (b) (Şengüler, 2011)

### Termik santral ile ilgili kısa bilgi

Proje kapsamında kurulacak Termik Enerji Santralinin ömrü 35 yıl olarak öngörülmüştür. Santralin yılda 7.000 saat çalışması planlanmaktadır. Tesiste yılda 8 Milyar KWh elektrik üretimi söz konusu olacaktır (ÇED Raporu, 2018). Planlanan yer Eskişehir yerleşim yerinin yaklaşık 20 km. doğusunda bulunmaktadır (Şekil. 3). Planlanan termik santral için gerekli kömür sahası ve kül sahası konumu Şekil 4. de verilmiştir (Ayday ve diğerleri, 2018).



**Şekil 3.** Planlanan termik santralinin Eskişehir il sınırı içinde konumu (Ayday ve diğerleri, 2018).



**Şekil 4.** ÇED Raporunda konu olan sahada bulunan tesislerin konumu (Ayday ve diğerleri, 2018).

### ESKİŞEHİR-ALPU TERMİK SANTRALI İÇİN UA VE CBS KULLANILARAK YAPILAN HAVZA ANALİZİ

Havza, üzerine düşen yağış sularını belirli bir akarsu kesitine gönderen ve komşu havzalardan, sırtlardan geçen su ayırım çizgileri ile ayrılan iç bükey topoğrafik arazi olarak tanımlanır.

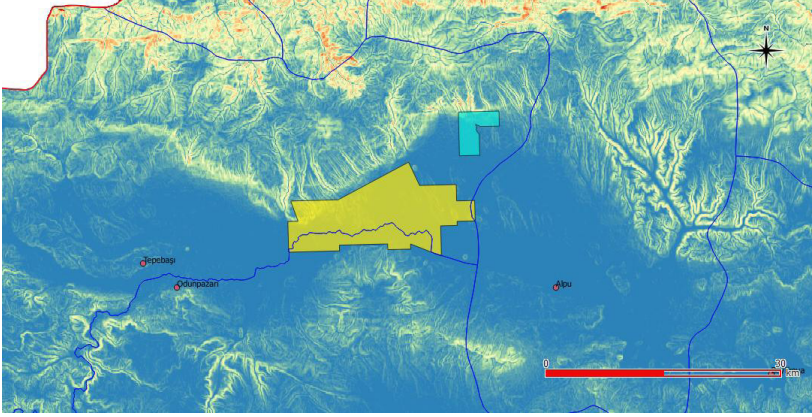
Akarsu havzalarını birbirleriyle karşılaştırmak için bir havzayı belirleyen karakteristikleri bilmek gerekir. Bunlar havzaların farklı fiziksel koşulları nedeniyle kendilerine özgüdür. Havzanın üzerine düşen yağışı, zaman içinde bir değişime uğratarak çıkış noktasındaki gözlenen akış haline çevirmesi bu karakteristiklere bağlıdır. Dolayısıyla bir havzanın jeomorfolojik özellikleriyle hidrolojik özellikleri arasında yakın bir ilişki olması beklenir.



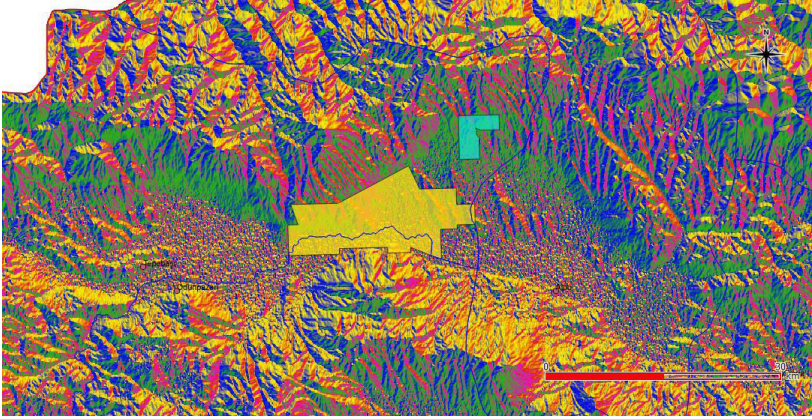


Eğim haritası incelendiğinde planlanan Eskişehir-Alpu Termik Santralının birimlerinin 00-150 arasında olduğu gözlenmiştir (Şekil. 7).

Bakı haritası incelendiğinde planlanan Eskişehir-Alpu Termik Santralının birimlerinin bakı yönünün güneye doğru olduğu gözlenmiştir (Şekil. 8).



**Şekil 7.** Planlanan Termik Santral ve civarının eğim haritası.



**Şekil 8.** Planlanan Termik Santral ve civarının bakı haritası.

Sayısal Arazi verisi kullanılarak Eskişehir-Alpu Termik Santralı olarak planlanan tesisin etkileyebileceği havzanın sınırlarının tanımlanmasına çalışılmıştır. Bu çalışmada Açık Kaynak Kodlu GRASS (2019) ve QGIS (2019) yazılımları kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda Eskişehir-Alpu Termik Santralı kurulması için yapılacak ÇED çalışmasının sınırları da belirlenmiş olacaktır. Bu çalışma sonucunda Havza Sınırı belirlenmiştir (Şekil 9).

Yapımı planlanan Eskişehir-Alpu Termik Santralı etkileyen ve ÇED Raporunda kullanılması gerekli Havza 4.666 km<sup>2</sup> dir. Havzanın çevresi 687 km. dir. Havzanın D-B uzunluğu 127 km ve K-G uzunluğu 44 km. dir.

[illegible]

| 174



## KAYNAKLAR

- Aslan Y., 2017, “Çevre Sorunları Nelerdir?” Web. <https://www.cevreportal.com/cevre-sorunlarinelerdir/>
- Ayday ve diğerleri, 2018, Eskişehir Alpu Termik Santral Projesi Nihai ÇED Raporunun Değerlendirilmesi Raporu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Eskişehir Alpu Termik Santral Çalışma Grubu, Yayın No: 137, 58 sayfa.
- ÇED Raporu, 2018, Alpu Termik Santrali ve bu Santrale Kömür Sağlayacak olan Rezerv Alandaki Yeraltı Maden İşletmesi ile Kül Düzenli Depolama Tesisi Projesi Nihai ÇED Raporu, EN-ÇEV A.Ş., Mart, 2018, 437 sayfa.
- Dünya Bankası, 2019, “Dünya Nüfusu”, Web. <https://www.google.com.tr/search?q=d%C3%BCnya+n%C3%BCfusu&oq=d%C3%BCnya+&aqs=chrome.5.69i57j0l5.5081j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- EarthExplorer, 2019, Web, <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- GRASS, 2019, Web, <https://grass.osgeo.org/>
- QGIS, 2019, Web, <https://qgis.org/en/site/>

## ÖZGEÇMİŞ

**Prof. Dr. Can AYDAY** 1952 yılında Eskişehir’de doğdu. İlkokulu Yeniyurt Kolejinde, orta ve liseyi Eskişehir Maarif Kolejinde okudu. 1970 yılında ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümüne girdi. 1976 yılında Jeoloji Mühendisi olmaya hak kazandı. 1976 ve 1982 yılları arasında MTA Enstitüsü (o zaman MTA Enstitü statüsüne sahipti) Temel Araştırmalar Servisinde, Toros Ofiyolit Projesinde çalıştı. Daha sonra MTA Uzaktan Algılama Servisinin kurulması çalışmalarında bulundu. MTA tarafından Uzaktan Algılama konularında ABD ve İspanya’da eğitimlere katıldı. MTA çalışması sırasında ODTÜ’de Yüksek Lisansını tamamladı.

1982 yılında Anadolu Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak akademik çalışmaya başladı. ODTÜ’de doktora çalışmasını bitirdi. Anadolu Üniversitesi’nin Uzaktan Algılama konusunda Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsünü kurdu. Enstitünün ilk müdürü oldu. 1993 yılında Doçent ve 1999 yılında ise Profesör olmaya hak kazandı.

International Space University (ISU) yaz okullarında dersler verdi. Anadolu Üniversitesinde birçok projede görev aldı. Çok sayıda ulusal ve uluslararası yazını bulunmaktadır. 2019 yılı başında kendi isteği ile emekli oldu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının INSPIRE ve TUCBS çalışmalarına katıldı ve odayı temsil etti. Halen çalışmalarını Ar-Ge firmasında devam ettirmektedir. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Bilimsel ve Teknik Kurul üyesidir.



**ÇAĞRILI KATILIMCILAR LİSTESİ**

| No                          | İSİM                | MESLEĞİ                   | KURUM                                                                 |
|-----------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>EŞBAŞKANLAR</b>          |                     |                           |                                                                       |
| 1                           | Oğuz TÜRKYILMAZ     | Makine Mühendisi          | Makine Müh. ODASI                                                     |
| 2                           | Orhan AYTAÇ         | Makina Mühendisi          | Makine Müh. ODASI                                                     |
| 3                           | İlker ŞENGÜLER      | Jeoloji Mühendisi         | Özel SEKTÖR                                                           |
| <b>YAZMANLAR</b>            |                     |                           |                                                                       |
| 4                           | Rıza SOYPAK         | Jeoloji Mühendisi         | Ankara BŞ Belediyesi                                                  |
| 5                           | Paşa ALEMDAR        | Jeoloji Mühendisi         | Ankara İl Sağlık Müdürlüğü                                            |
| <b>ÇAĞRILI KATILIMCILAR</b> |                     |                           |                                                                       |
| 6                           | Ali YILMAZ          | Jeoloji Mühendisi         | Cumhuriyet Ü. Emekli                                                  |
| 7                           | Alper ŞAŞMAZ        | Gazeteci                  | Basın, Zafer Gazetesi                                                 |
| 8                           | Ayhan Kösebalaban   | Jeoloji Mühendisi         | TKİ Genel Müdürlüğü-Emekli                                            |
| 9                           | Can AYDAY           | Jeoloji Mühendisi         | Eskişehir Üniversitesi.                                               |
| 10                          | Funda GACAL         | Şehir ve Bölge Planlamacı | Temiz Hava Hakkı Platformu /İstanbul                                  |
| 11                          | Handan DÖNMEZ       | Kimya Mühendisi           | Kimya Müh. Odası Enerji Komisyonu üyesi                               |
| 12                          | İbrahim AKKUŞ       | Jeoloji Mühendisi         | MTA Genel Müdürlüğü                                                   |
| 13                          | İ. Necla ŞAYLAN     | Jeoloji Mühendisi         | JMO Çevre Komisyonu Üyesi                                             |
| 14                          | İsmail SALICI       | İnşaat Mühendisliği       | Özel sektör /Ekon A.Ş.                                                |
| 15                          | Kübra AYÇİÇEK       | Çevre Mühendisliği        | TEMA Çevre Politikaları Bölümü Proje Koordinatörü                     |
| 16                          | Mehmet KAYADELEN    | Maden Mühendisi           | Makina Müh. Odası Enerji Çalışma Grubu (Danışman)                     |
| 17                          | Muzaffer BAŞARAN    | Makina Mühendisi          | Makina Müh. Odası Enerji Çalışma Grubu (EÜAŞ Genel Müdür Yrd.-Emekli) |
| 18                          | Nilgün ERCAN        | Kimya Mühendisi           | Kimya MO. Enerji Komisyonu                                            |
| 19                          | Özlem KATISÖZ       | Şehir Plancısı            | TEMA Kömür Proje Koordinatörü                                         |
| 20                          | Sedat TÜRKMEN       | Jeoloji Mühendisi         | Çukurova Üniversitesi                                                 |
| 21                          | Tevfik Fikret TEKİN | Jeoloji Mühendisi         | Özel Sektör                                                           |
| 22                          | Zakir ÇOBANOĞLU     | İnşaat Mühendisi          | Sağlık Bakanlığı ve Çevre Sağlığı Dairesi'nden emekli                 |

## **1-TERMİK SANTRALLERİN YER SEÇİMİ VE YÖNETİMİ ÇALIŞMA GRUBUNUN SONUÇ BİLDİRGESİ**

01-02 Kasım 2019 tarihinde gerçekleştirilen II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı'nın termik santrallere dair yapılan oturumun ilk gününde termik santrallerin yer seçimine ve yönetimine dair sunumlar yapılmıştır. İkinci günde ise ön görülen programa göre, aşağıda belirtilen sorunlar tartışılmış ve her sorunu izleyen çözüm önerileri ortaya koyulmuştur:

### **SORUNLAR 1**

**Yer seçimi aşmasında, Çevresel Etki Değerlendirme sırasında gözetilmesi gereken temel faktörler nelerdir?**

Termik santralde yer seçiminde yalnızca ekonomik değil, jeolojik (havza analizleri, doğal afet riskleri), çevre düzeni planlarına uygunluğu, sosyolojik ve ekolojik analizler bütünlük içinde yapılmalıdır. Sürdürülebilir kalkınma ilkeleri gözetilerek Çevresel faktörler dikkate alınarak ülke ekonomisine katkı sağlamak amaç olmalıdır.

Mevcut termik santrallerin ürettiği enerji yeterli olduğundan yeni santral yapımının engellenmesi, yeni santral yapılacaksa da yeni teknolojilerin kullanımına önem verilmelidir.

Teknik santrallar yalnızca hava kirliliği açısından değil toprak ve su kirliliği açısından değerlendirilmelidir

Kömürün radyoaktivitesi bağımsız kurullarca ölçülmeli, santral çevresindeki yerleşimlerin çevresel ölçümleri yapılmalıdır.

**Ülkemizde enerji politikaları oluşturulmasında doğal ve sosyal çevre dikkate alınıyor mu, fayda ve maliyet analizi yapılıyor mu, toplumsal yarar gözetiliyor mu?**

Elektrik enerjisi üretiminde devlet iki nedenle toplum yararını gözetmek zorundadır: Elektrik enerjisinin üretimi kamu hizmeti alanına dâhil olduğu ve kamu hizmetinin de devletin varlık nedeni olduğu içindir. Dolayısıyla, bu hizmet kamu yararını bünyesinde taşıdığı için elektrik üretiminde yararlanılan doğal kaynak ve servetler topluma ait ve devlete emanet edilmiş olduğu ve bunlardan yararlanmada devletin toplumun da yararını gözetmesi gerektiği için toplum yararı kavramının muğlaklıktan çıkarılarak öznel olarak değerlendirilmelidir.

ÇED Raporlarında sosyal etki değerlendirmesi, fayda maliyet analizinin doğru şekilde yapılması gerekmektedir.

Lisans verilecek olan projeler ülkenin arz ve talep dengeleri ve kaynakların yeterliliği tedarik aşamalarının ekonomikliği gözetilerek planlar çerçevesinde izin verilmelidir.

**Mevcut termik santrallerde üretilen enerji ülkemiz açısından zorunluluk mudur?**

Ülkenin ihtiyaçları doğrultusunda günümüzde mevcut termik santrallerin kullanılması

zorunludur. Ancak planlanan projelendirme, işletme v.b. konularda teknik gerekliliklere ve sosyal ihtiyaçlara uyulması koşusu ile enerji ihtiyacının azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması yolu ile ihtiyaç azaltılarak, termik santrallerin elektrik üretimindeki payı düşürülebilir.

## SORUNLAR 2

**Ülkemizde mevcut mevzuat yeterli midir, toplum çıkarlarını esas alıyor mu, mevzuata uyuluyor mu, tesisler denetleniyor mu?**

Ülkemizde geçerli olan mevzuat AB uyum süreci nedeniyle bazı eksikliklerine rağmen ( bu eksikliklerin giderilmesi ve ülkenin şartlarına uyarlanması kaydıyla) teknik olarak yeterli olmakla birlikte toplum çıkarlarını esas almamaktadır. Özellikle 2017 Anayasa Referandumundan sonra kanun ve kanun hükmünde kararname hazırlama düzeni toplum yararını gözetme konusunda eksik kalmaktadır.

Denetleyen kurumlarda denetim personelinin eksikliği ve siyasi otoritenin müdahalesi ve ülke politikaları yüzünden yeterince denetim yapılamamaktadır ve şeffaflık yoktur (Konu ile ilgili kamuoyuna bilgi verilmemektedir)

Bir diğer konu da kaynağın yönetimini elinde bulunduran ve mevzuatı çıkaran kurumun denetimi gerçekleştirmesi ve idari yaptırım yetkisinin olması gerekmektedir.

**Ülkemizde termik santrallerin yönetiminde işletmeciler firma yetkililerinin ve çalışan personelin yeterli bilgi ve deneyimine, çevre duyarlılığına sahip olduğu söylenebilir mi?**

Özel sektör firmalarında enerji ve teknoloji konusunda bilgi ve tecrübe eksikliği vardır. Bu durum üniversitelerimizin ara eleman eğitiminin geldiği durum ile yakından ilintilidir.

Termik santral yönetim ve çalışanlarının büyük bir kısmı belirli bir çevre bilincine sahiptir ancak faaliyet sahiplerinin baskısıyla bazı kural dışı uygulamalar yapılmaktadır.

**Termik Santrallerin olumsuz etkilerinin azaldığı daha iyi bir gelecek için yapılması gerekenler nelerdir? Bu konuda bizler (gerek kişiler, gerekse toplumsal örgütler olarak) neler yapmalıyız?**

Çevre Bakanlığı'nın yatırımcı bakanlıkların bünyesinden çıkartılması ve bağımsız bir bakanlığa dönüştürülmesi sağlanmalıdır.

Mevzuat, yönetmelik, kanun ve ÇED Raporlarındaki taahhütlere uyulup, uyulmadığının kontrolü yeterli sayıda ve nitelikte kamu denetçileri tarafından yapılmalıdır. Termik santraller ilgili mevzuat çerçevesinde çalışacak ve denetleyecek teknik elemanlar iyi yetiştirilmeli ve eğitimlerinin sürekliliği sağlanmalıdır.

Baca gazı ölçümleri şeffaf olarak kamuoyunun erişimine açılmalıdır.

Ülke yönetimi 500.000 üyeli TMMOB'den uzak durma yerine mühendislerin bu örgütlü gücünden yararlanmalı, uyarılarını dikkate almalıdır.



# 2

## NÜKLEER SANTRALLERİN YER SEÇİMİ VE YÖNETİMİ

Eş başkanlar: Gürdal GÖKERİ, Yılmaz BEKTUR

Yazmanlar: Melisa KAYA, Serkan TEKİN

---





## 2. NÜKLEER SANTRALLER ÇALIŞMA GRUBU PROGRAMI

|                                                                                    |                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Eş başkanlar: Gürdal GÖKERİ, Yılmaz BEKTUR<br>Yazmanlar: Melisa KAYA, Serkan TEKİN |                                                                                                                                                 |
| <b>1. GÜN (1 KASIM 2019)</b>                                                       |                                                                                                                                                 |
| <b>09.30</b>                                                                       | <b>Kayıt</b>                                                                                                                                    |
| <b>10.00-11.30</b>                                                                 | <b>Açılış Konuşmaları</b>                                                                                                                       |
| <b>11.30-12.00</b>                                                                 | SUNUŞ: II. Çevre Jeolojisi Çalıştay'ının Amacı ve Hedefleri, Ali YILMAZ.                                                                        |
| <b>12.00-13.30</b>                                                                 | Öğle Yemeği                                                                                                                                     |
| <b>13.30-15.30 SUNUMLARI I:</b>                                                    |                                                                                                                                                 |
| <b>14.00-14.30</b>                                                                 | Enerji, Nükleer Santraller ve Yer Seçimi,<br><b>YILMAZ BEKTUR</b>                                                                               |
| <b>14.30-15.00</b>                                                                 | Nükleer Santraller için Yer Seçiminde Acil Durum Planlarının Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi,<br><b>GÜRDAL GÖKERİ</b>                    |
| <b>15.00-15.30</b>                                                                 | Nükleer Emniyet Açısından Nükleer Santrallerde Saha Seçimi,<br><b>ŞEBNEM UDUM</b>                                                               |
| <b>17.15-18.00</b>                                                                 | Termik Santral Planlamasında Gerekli ÇED Raporunun CBS ile Hazırlanması: Eskişehir-Alpu Örneği<br><b>Can AYDAY</b>                              |
| <b>15.30-16.00</b>                                                                 | Kahve Arası                                                                                                                                     |
| <b>16.00-17.30 SUNUMLARI II:</b>                                                   |                                                                                                                                                 |
| <b>16.00-17.00</b>                                                                 | Nükleer Santrallerde Saha Onayı, Meteorolojik Çalışmalar, Çevresel Etki ve Radyolojik Etki Değerlendirmesi,<br><b>ÖZGE ÜNVER ve CEMİL KOÇAR</b> |
| <b>17.00-17.30</b>                                                                 | Radyoaktif Atık Bertaraf Tesisleri için Saha Seçimi,<br><b>BANU ACAR</b>                                                                        |
| <b>19.00</b>                                                                       | Akşam Yemeği                                                                                                                                    |

| <b>2. GÜN (2 KASIM 2019)</b>                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>09.30-11.00 SORUNLAR I:</b>                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>09.30-09.50</b>                                  | Akkuyu ve Nükleer Güvenliğine Dair Deneyimler ve Sorunlar,<br><b>İRFAN UÇAR</b>                                                                                                                                                                                                          |
| <b>09.50-11.00</b>                                  | Genel: Nükleer Santrallere Dair Yer Seçimi Sorunları,                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>11.00-11.30</b>                                  | Kahve Arası                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>11.30-12.30 SORUNLAR II:</b>                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                     | NGS'ler için saha belirleme sürecinin lisanslama süreci ile ilişkisine dair sorunlar ve jeoloji ile ilgili bazı hususlar,                                                                                                                                                                |
| <b>12.30-13.30</b>                                  | Öğle Yemeği                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>13.30-15.30 SONUÇLARIN BELİRLENMESİ OTURUMU:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                     | NGS'ler için Çevresel Etki ve Radyolojik Etki ve Acil Durum Planlarının Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi ışığında <b>'Sonuç Bildirgesi'nde</b> yer almasında yarar görülen bilgilerin rapor haline getirilmesi ve <b>'ÖZET'in</b> düzenleme kurulu sekretaryasına teslim edilmesi, |
| <b>15.30-16.00</b>                                  | Kahve Arası                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>16.30-18.00</b>                                  | Çalışma gruplarının sunumları ve <b>Sonuç Bildirgesinin OKUNMASI,</b>                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>18.00</b>                                        | <b>KAPANIŞ</b>                                                                                                                                                                                                                                                                           |

## ENERJİ, NÜKLEER SANTRALLERİN UYUM KRİTERLERİ VE YER SEÇİMİ

**Yılmaz BEKTUR**, Jeofizik Yüksek Mühendisi, Ankara.

### ÖZET

Enerji, sürdürülebilir kalkınma için olmazsa olmaz bir gerekliliktir. Enerjinin sürdürülebilir kalkınmada bir araç olabilmesi için bazı kriterlere uyum göstermesi gerekmektedir. Bunlar; çevresel uyum, kuşaklararası uyum, talepte uyum, sosyopolitik uyum, jeopolitik uyum ve ekonomik uyumdur.

Yerküre aynı büyüklükte kalmak durumunda iken, içinde barındırdığı nüfus 8 milyara yaklaşmıştır. Elbette bunun bir yansıması olacaktır. İnsanlar, daha küçük birim kütleden daha çok enerji elde etmeye zorlanmaktadır. Nükleer enerjinin önemi işte burada yatmaktadır. Nitekim 1 kg kömürden 8,2 kWh’lik elektrik enerjisi elde edilirken, 1 kg uranyumdan 50.000 kWh’lik elektrik sağlanmaktadır. Bunu temin etmenin yolu ise nükleer santrallerin yapılmasından geçmektedir.

Nükleer santraller ülkemizde uzun yıllar tartışma konusu olmuştur. Santrallerin ülkemiz için çok gerekli olduğunu destekleyenler olduğu gibi, çeşitli nedenlerle karşı çıkanlar da olmuştur. Karşı çıkanların temel argümanları içinde, kaza riski ile atıkların nasıl çözümleneceği hususu ağırlıklı yer tutmaktadır.

Dünya’da halen 454 nükleer ünite çalışır durumda olup, bu da 400.000 MW’lık kurulu güçte ulaşmıştır. 55 ünite ise inşa halindedir. Öte yandan ekonomik ömrünü tamamlayan ya da günümüz nükleer güvenlik kriterlerini karşılamayan çok sayıda nükleer santral da kapatılmış bulunmaktadır.

Nükleer santrallerin yer seçimi, bir çok faktöre bağlı olarak yapılmaktadır. Yer seçimini etkileyen faktörler, ekonomik, mühendislik, sosyolojik ve çevresel olmak üzere 4 ana kritere göre değerlendirilmektedir. Nükleer santral sahasını diğer elektrik üretim tesisi sahalarından ayıran temel nokta, reaktör tasarımı ile yer özelliklerinin birbirlerini en üst düzeyde etkilemelerinden kaynaklanmaktadır. Yörenin depremselliği, santralin soğutma suyu ihtiyacı, yüzey faylanması, zemin yapısı ve çevresel koşullar yer seçiminde önemli olan güvenlik faktörleridir. Keza endüstri merkezlerine uzaklık ve mevcut elektrik şebekesinin durumu gibi ekonomik faktörlerde yer seçimini etkilemektedir.

Bu sunumda, nükleer santrallerin yer seçimini etkileyen 4 ana kriter ile 43 ayrı alt kriterin bazıları ayrı ayrı tartışılmış ve her bir kriter için bir ağırlık puanı verilmek suretiyle, önceden öngörülen 6 potansiyel sahanın nasıl sıralanacağı, bir örnek ile anlatılmıştır. Örnekte, 451 puan toplayan A sahası seçilebilecek en uygun yer olarak öne çıkmıştır. Sonuç olarak, nükleer santrallerin kendisini ispatlamış bir teknoloji olduğu ve karbon emisyonunun ancak ve ancak yenilenebilir enerji türleri ile birlikte nükleer santraller

sayesinde önlenebileceği sonucuna varılmıştır. Bütün mesele, yapılacak nükleer santrallerin uluslararası bir niteliğe kavuşmuş olan **nükleer güvenlik kurallarına uygun olarak** yapılmasını sağlamaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Enerji, Nükleer santraller, Yer seçimi kriterleri.



## GİRİŞ

Enerji, ekonomik faaliyetler kadar sosyal yaşamın da merkezinde yer almaktadır. Toplumların, beslenme, barınma ve korunması ile birlikte, çağımızda ulusal egemenlik gibi toplumsal yaşamın da vazgeçilmez bir ögesi haline gelmiştir. Bu nedenle enerji, stratejik önemi olan sürdürülebilir kalkınma için olmazsa olmaz bir gerekliliktir. Sürdürülebilir kalkınma, “gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılayabilme olanaklarını tehlikeye atmadan, şu andaki ihtiyaçları karşılayabilen gelişme” demektir. Enerjinin sürdürülebilir kalkınmada bir araç olabilmesi için, aşağıdaki uyum kriterlerinin sağlanması gerekmektedir. Bunlar; Çevresel Uyum, Kuşaklararası Uyum, Talepte Uyum, Sosyo-Politik Uyum, Jeopolitik Uyum ve Ekonomik Uyum’dur [1]. Genel olarak enerji konusu tartışılırken, nükleer santraller, diğer enerji üretim araçları ile birlikte karşılaştırmalı olarak değerlendirilmelidir. Bu kriterlerin her birisinin kendine özgü limitlerinin olduğu kabul edilmekte ve karar verme aşamasında, bunlar arasında bir denge sağlanması zorunluluğu bulunmaktadır.

Sunulan bu makalede, elektrik üretim amaçlı seçenekler hakkında karşılaştırmalı bilgiler verilmekte ve **“sürdürülebilir kalkınma için, nükleer enerjinin de diğer enerji kaynakları gibi uygun bir seçenek olup olmadığı”** tartışılmaktadır. Bu çerçevede, enerji, sürdürülebilir kalkınmaya dayalı uyum kriterleri, nükleer santrallere yönelik tartışmalar, saha belirlemeye yönelik girişimler, jeofizik çalışmalarının önemi ve geleceğe yönelik beklentilerle çözüm önerileri irdelenecektir.

Unutulmamalıdır ki, nükleer santraller, son on yılların en önemli sorunlarından birisi olan Karbon Emisyonunun önlenmesinde önemli ve vazgeçilmez görevler üslenmektedir. Asıl olan, nükleer santralleri, tasarımından yer seçimine, inşaattan işletmeye kadar tüm aşamalarda, nükleer güvenlik kurallarına uygun olarak inşa etmektir. Aynı şekilde, santral kapatıldıktan sonra, santral sahasının bertaraf edilmesinin de nükleer güvenlik kurallarına uygun olarak yapılması zorunluluğu vardır.

## ENERJİ, SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE UYUM KRİTERLERİ

Bu bölümde, sürdürülebilir kalkınma için öngörülen uyum kriterleri hakkında özet bilgiler verilmeye çalışılmış ve bu çerçevede dünya ve ülkemiz koşulları dikkate alınarak bazı değerlendirmeler yapılmıştır.

## Çevresel Uyum

Günümüzün en önemli çevresel sorunlarından birisinin karbon emisyonu olduğu açıktır. Nükleer yakıt üretimi de dahil olmak üzere, nükleer güç ile elektrik üretimi sonucunda ortaya çıkan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) miktarı, fosil yakıtlar ile yapılan elektrik üretimi neticesinde ortaya çıkan CO<sub>2</sub> miktarının yüzde biri kadardır. Fosil yakıtların aksine nükleer güç ile elektrik üretimi sonucunda neredeyse hemen hiç sülfürdioksit (SO<sub>2</sub>), nitrojen oksit (NO<sub>x</sub>) ve parçacık gibi yerel ve çevresel bozulmaya neden olan kirleticiler açığa çıkmaz. Bir kömür santralinden kWh başına çıkan ortalama kirlilik; 9,1 gram SO<sub>2</sub>, 3 gram NO<sub>x</sub>, 0,2 gram partikül ve 321 gram karbondur. 600 Megawat (MWe) gücündeki bir santralin yılda 6500 saat çalışacağını varsayarsak, yılda 35.500 ton SO<sub>2</sub>, 11.700 ton NO<sub>x</sub>, 780 ton partikül ve 1,25 milyon ton karbon ile 148 ton radyonüklitleri de içeren ağır metal çevreye yayılacaktır [2].

Son yıllarda gelişen teknolojiler ışığında, düşük karbon sistemlerinin (CCS) santrallere ilave edilmesi ile birlikte, tüm çevrim boyunca karbon emisyonunda bazı azalmalar olmakla birlikte yine de fosil yakıtlı santrallerin kWh başına karbon emisyonları oldukça yüksektir. Buna göre CCS sistemleri sayesinde kömürlü santrallerde kWh başına CO<sub>2</sub> miktarı 190 gram olmaktadır. Gaz yakıtlı santrallerde bu miktar 130 gram'dır [3]. Buradan da görüleceği üzere düşük karbon teknolojileri önemli oranda sera gazı salınımını (GHG) önlemektedirler.

Ancak, karbon emisyonu hala toplumları ilgilendiren ciddi bir problemdir ve bunun azaltılmasına yönelik önemli miktarlarda para ve emek harcanmaktadır. Bu salınının azaltılmasında nükleer santrallerin vazgeçilemez katkıları olmaktadır. 1980-1990 arasında CO<sub>2</sub> emisyonu yılda %1,3 oranında artmıştır. Oysa 1990'dan sonra %1 civarında artmıştır. Bunun nedeni, o dönemde işletmeye alınan nükleer santrallerdir. Keza, 1970-2012 yılları arasında nükleer santral, hidrolik santral ve diğer yenilenebilir elektrik üretim araçları kullanılmamış olsaydı bugün 157 giga ton CO<sub>2</sub> yayınımlı önlenememiş olacaktı. Bu miktarın 64,5 giga tonu sadece nükleer santraller ile önlenmiştir [3]. Nükleer santral ve yenilenebilir enerji üretim tesislerinin artırılması sayesinde özellikle Belçika, Almanya, Güney Kore ile İngiltere'de CO<sub>2</sub> emisyonu önemli oranda azalmıştır. Unutulmamalıdır ki, halen çalışmakta olan 454 nükleer reaktörün yerine fosil yakıtlı santraller kullanılsaydı, CO<sub>2</sub> emisyonu %8-9 oranında artmış olacaktı [4]. 2014 yılında düzenlenen Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinin 5.Değerlendirme Raporunda, gerek global ekonomide gerekse güç sektöründe, karbondan arındırılmada nükleer santrallerin önemli bir potansiyel olduğu kanıtlanmıştır. Paris Anlaşmasının hedeflerine uygun olarak (2 OC'yi hedefleyen) yapılan senaryoya göre, 2015 yılındaki 383 Gigawatlık (GW) nükleer kapasitenin 2050 yılında 930 GW'a ulaşması beklenmektedir [3].

Nükleer santraller için yakıt gereksinimi malzeme olarak, fosil yakıtlara göre çok küçüktür. Bu nedenle uranyum madenciliğinden atığın depolanmasına kadarki tüm çevrimdeki çevresel etki oldukça sınırlıdır. Ciddi bir çevresel etki sadece kaza durumlarında

söz konusu olup, kazaların gerçekleşme olasılığı modern nükleer santrallarda çok düşük düzeydedir.

Bir nükleer tesis çalışırken çevreye bazı nükleer maddeler salmasına rağmen, miktarlar, insan sağlığını etkilemeyecek düzeyde olup, Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP) gibi uluslararası kuruluşlarca belirlenmiş limitlerin her zaman altında bulunmaktadır. Ayrıca, bazı kömür santrallerinden çevreye salınan radyoaktif madde miktarının, nükleer santrallardan salınandan daha fazla olduğu göz önüne alınırsa, nükleer santrallardan salınan miktarın ne kadar küçük olduğu anlaşılabilir.

Çevre açısından en uygun üretim araçlarının, etki ettikleri molekülleri temelde değiştirmemeleri nedeniyle su, güneş ve rüzgar gibi kütesel kuvvetlerin olduğu bir gerçektir. Su, yukarıdan düşürülerek türbin döndürülür ve enerji elde edilir. Oysa kimyasal ve atomik reaksiyonlar ile elde edilen enerjide maddeler molekül ve çekirdek yapılarında değişikliğe uğradıkları için kirli atık yaratmaktadırlar. Ancak yenilenebilir enerjilerde, büyük baraj alanlarının getirdiği sınırlamalar ve rüzgar santrallerinin yarattığı gürültü nedeni ile kuşlukların yok olması gibi sakıncalar da vardır. Esasen çevresel etkilerden bahsederken bunların etkilerinin yarattığı toplam sonuç etkileri anlaşılmalıdır. Günümüzde üzerinde en çok durulan konu, dünyamızı en çok tehdit ediyor olması nedeni ile karbon emisyonudur. Bunun en önemli yaratıcılarından birisi de fosil yakıtlı termik santrallerdir. Unutulmamalıdır ki 1.000 MWe' lik bir santral, türlerine göre yıllık olarak 2.600.000 ton kömür, 2.000.000 ton petrol ve 30 ton uranyuma ihtiyaç duyar [10]. Öte yandan 1.000 MW' lık bir kömür santrali çevreye yılda 6,5 milyon ton CO<sub>2</sub>, 300.000 ton kül, 4.000 ton NO<sub>x</sub> ve 400 ton ağır metal salmaktadır.

Çevresel etkenler bağlamında önemli bir hususta turizm ve atık konusudur. Nükleer santrallerin turizmi negatif etkileyeceği gibi bir algı söz konusu olabilmektedir. Oysa gelişmiş ülkelerde bu sorun hemen hemen yok gibidir. ABD'nin Florida eyaleti turizm cenneti olarak bilinir. Florida'da 4 adet (3.323 MW) reaktör vardır. Fransa'nın Akdenize açılan LeRhône nehri üzerinde 15 adet (14.620 MW) santral vardır. Almanya'nın Heilbronn kentinin 10 km güneyinde 2 ünitelik nükleer santralin hemen yanında yerleşim bölgeleri ve tarım alanları vardır. İsviçre'de Zürih'e 1 saat mesafede Gosgen Kasabasına yakın bir nükleer santral vardır. Bu santralin %50 hissesi Zürih Belediyesine aittir. Gosgen Kasabasına 2-3 km mesafede yeşillikler içerisinde bulunan bu santralin mevcudiyetinden hiç kimse rahatsız değildir.

Nükleer santral bacasından yılda 0,05 mSv ve soğutma suyu ile denize yılda 0,03 mSv radyasyon bırakılır. Normal koşullarda yaşayan sıradan bir insanın havadan aldığı yıllık radyasyon miktarının 2,5 mSv olduğu dikkate alınırsa nükleer santralden atılanların ihmal edilebileceği ortaya çıkar.

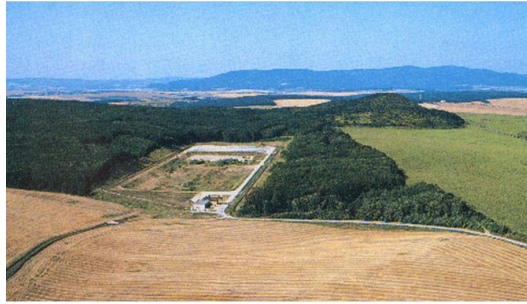
Toplumların yüksek seviyeli atıkların depolanması konusunda kaygılı oldukları bir gerçektir. Yüksek seviyedeki atıkların nihai depolanması teknik olarak mümkün olmakla birlikte, bunun kamuoyuna inandırıcı bir şekilde gösterilmesine hala ihtiyaç



bulunmaktadır. Bugün için kamuoyunun şüphesi ve karşı olmasının temel nedeni, gerekli politik desteğin sağlanamamış olması ve bu konuda yeterli bilgilendirmenin yapılamayışından kaynaklanmaktadır. Şu anda yüksek seviyeli atıkların yer üstünde veya yer altında depolanması hususu, “son depolama” (final disposal) konusundaki politik kararları beklemektedir. Modern atık depolama teknikleri önemli oranda güvenliği sağlamakta olup, bu nedenle fosil yakıtlardan kaynaklanan atıklar için alınan önlemlere nazaran daha tercih edilebilir durumdadır.

Radyoaktif atıklar nükleer enerji üretiminde ve nükleer teknolojinin kullanıldığı bazı uygulamalarda ortaya çıkmaktadır. Atıklar, radyoaktivite seviyelerine göre düşük, orta ve yüksek seviyeli olarak sınıflandırılmaktadır. Düşük ve orta seviyeli atıklar kolayca yeraltında ve yer üstünde depolanabilmektedir. Bu atıklar nükleer santrallerde kullanılan plastik kutular, eldivenler, filtreler vb. ile ayrıca tıpta, endüstriyel uygulamalarda kullanılmış radyoaktif maddelerden oluşurlar. Bu tür atıklar için öngörülen bir depolama tesisi Şekil 1’de görülmektedir.

Kullanılmış nükleer yakıtlar hem radyasyon seviyesinin yüksek olmasından hem de soğutmayı gerektirecek ölçüde ısı üretmelerinden dolayı reaktörden alındıktan sonra derin su havuzlarında uzun bir müddet bekletilirler (Şekil 2). 10 yılın sonunda kullanılmış yakıtlar %99 oranında radyoaktivitelerini kaybederler, geriye yakıt içerisinde uzun ömürlü radyoaktif maddeler kalır. Bu yakıtlar, havuzlarda veya kuru depolama tesislerinde bakımları yapıldığı sürece güvenli bir şekilde kalabilirler (Şekil 3).



**Şekil 1.** Düşük ve orta seviyeli atık depolama tesisi.



**Şekil 2.** Kullanılmış yakıt depolama havuzu.



**Şekil 3.** Kullanılmış yakıtların depolandığı kuru depolama tesisi.

Yüksek seviyeli atıkları yok etme (bertaraf) süreci uzun yıllar gerektirmesine karşın bu sorun teknik ve ekonomik bakımdan kısmen çözümlenmiş durumdadır. ABD ve Finlandiya gibi nükleer teknolojiye sahip ülkeler yüksek seviyeli nükleer atıkları ve/veya kullanılmış yakıtları yeryüzünün 500 ila 1.200 m. altında özel olarak seçilmiş jeolojik yapılara gömmeyi planlamaktadır. Uygun jeolojik oluşumlarda açılacak, bir maden işletme galerisini andıran depolar, nükleer atıkların saklanacağı yer olarak düşünülmektedir. Almanya’da düşük ve orta seviyeli atıklar 1981-1998 yılları arasında Morsleben tuz yataklarında depolanmıştır. Bu tesis yerin 500 m. altındadır. İsveç’te ise düşük ve orta seviyeli atıklar Forsmark tesislerinin bulunduğu granit yataklarında depolanmaktadır. Finlandiya’da ise bu tür atıklar 1992 yılında açılan Olkilato nükleer tesislerinde ve 1998 yılında Lovisiada işletmeye giren tesislerde yerin yaklaşık 100 m. altında depolanmaktadır. ABD, savunma malzemelerinden gelen uzun ömürlü atıkları 650 m. derinlikte bulunan tuz oluşumlarının içinde depolamaktadır. ABD de bulunan ve dünyanın ilk lisanslı tesisi olması beklenen Nevada Çölü Yucca dağındaki tüflerin içine inşa edilen depolama tesisi, önemli kısmı bitirilmiş olmasına rağmen Obama hükümeti tarafından iptal edilerek proje durdurulmuş bulunmaktadır. Bu nedenle, henüz dünyada yüksek seviyeli atıkların depolandığı lisanslı bir atık tesisi bulunmamaktadır.

Jeolojik tasfiye adını alan işlemler öncesi, kullanılmış yakıtlar camlaştırılarak ilkin paslanmaz çelik (veya titanyum) silindirlere konur. Cam malzemesi binlerce yıl bozulmadan dayanabilmektedir. Yine çelik ve titanyum malzemeleri de binlerce yıl aşınmadan dayanabilmektedir. Sonra bu silindirler metal koruyuculara yerleştirilerek, yeraltındaki tünellerde (veya odalarda) açılmış deliklere gömülürler. Deliklerin üstüne bir tıkaç konarak su geçirmeyen dolgu malzemesi (genellikle kil) ile kapatılır. Yer altı deposu dolunca bu tüneller de doldurularak depo mühürlenir.

1.000 MWe gücündeki hafif su soğutmalı bir nükleer reaktörden yılda yaklaşık 27 ton (7 metreküp) kullanılmış yakıt çıkar. Bu miktar eş kapasiteli bir kömür santralindeki atık miktarına göre ağırlıkça 300.000, hacimce 70-80 milyon kere daha azdır. Başka bir deyişle, 10 nükleer reaktörden 50 yıllık reaktör ömrü boyunca çıkacak kullanılmış yakıt ancak olimpiik ölçülerdeki bir yüzme havuzunu dolduracak kadardır.

***Sonuç olarak, nükleer enerjinin çoğu gelişmiş ülkelerde yaygın olarak kullanılan ve sürdürülebilir kalkınmanın en önemli kriterlerinden biri olan çevresel uyumluluk koşulunu sağlayan bir enerji türü olduğu iddia edilmektedir.***

### Kuşaklararası Uyum

Düşük konsantrasyonlu uranyumların plütonyumla birlikte yakıt olarak kullanılması, üretken reaktörlerin daha yaygın olarak kullanılabileceği ihtimali ve kullanılmış yakıtın yeniden işlenmesi gibi teknikler, nükleer gücün kullandığı yakıt kapasitesini daha da artıracak ve böylece, kaynağın tükenmesi sorunu ortadan kalkacaktır.

İnsanoğlunun yaşadığı yerkürenin sınırları değişmeyecektir. Oysa nüfus hızla artmaktadır. 1820'lerde 1 milyar olan dünya nüfusu 1900'lerin başında 2 milyara ve günümüzde ise 8 milyara ulaşmıştır. Durum böyle olunca, teknolojik gelişmeler, insanların daha enerji yoğun kaynaklara yönelmesini zorlamaktadır. Enerji yoğunluğuna bakıldığında, nükleer enerjinin bu açıdan diğer yakıtlara göre önemli avantajlara sahip olduğu görülmektedir. Nitekim 1 kg kömürden 8,2 kilovat saat (kWh) elektrik üretilirken, 1 m3 gazdan (1,1 kg kömür eşdeğeridir) 9 kWh elektrik üretilmektedir. 1 kg petrolden (1,4 kg kömür eşdeğeridir) 12 kWh elektrik üretilirken, 1 kg uranyumdan 50.000 kWh elektrik sağlanmaktadır [3].

Bu denli enerji yoğun olan uranyum, aynı zamanda doğal olarak çok az atık üretmektedir. Atmosfere tonlarca CO2 yaymak yerine, çok küçük hacimlere sahip nükleer atıkları kontrol etmek daha kolay olmaktadır. Olaya, atık yönünden bakılırsa, kuşaklararası eşitliği potansiyel olarak etkileyen nükleer atıklardaki uzun ömürlü izotoplar, miktar olarak küçüktür ve diğer enerji seçeneklerinin atık dağları ile karşılaştırılamayacak boyutlardadır.

***Yakıtın bulunabilirliği ve atık yönünden olaya bakıldığında, nükleer enerjinin gelecek kuşaklar için(atık bakımından bazı kaygılar olmakla birlikte) çözölemeyecek bir sorun yaratmayacağı öngörülmektedir.***

### Talepte Uyum

Enerji tarihçesine bakıldığında 20. yüzyıl başlarında daha çok katı yakıtlar kullanılırken II. Dünya Savaşı sonrasında katıdan sıvı yakıtlara doğru ve daha sonrada gaz yakıtlara doğru ciddi geçişlerin olduğu görölmektedir. 1925 yılında üretim ve tüketimde %80 civarında pay alan kömürün (taşkömürü ve linyit), dünya birincil enerji arzı içindeki payı 1990'larda %25'lere düşmüştür.

Nitekim günümüzde genel olarak %5'lik pay alan nükleer enerji, elektrik üretiminde %11'lerde bulunmaktadır. Hiçbir ülke, hele hele 20 büyük ekonomi içinde yer alan ülkemiz, kendisini dünya enerji gidişatından soyutlayamaz.

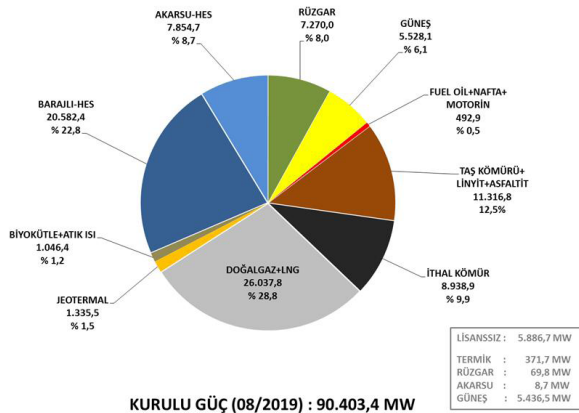
Kalıcı ve sürdürülebilir bir kalkınma, enerjiden bağımsız düşünülemez. Günümüzde dünya elektriğinin %21,6'sı doğalgaz, %4,3'ü petrol, %40,6'sı kömür, %10,6'sı nükleer ve %22,8'i yenilenebilir (HES %16, rüzgar-güneş-dalga %1) ve %0,1 diğer kaynaklardan temin edilmektedir [6]. Kömür daha çok Hindistan (%75,1), Çin (%72,5) ve Almanya'da (%45,4) kullanılırken, nükleer enerji, Fransa (%77,6) ve ABD'de (%19,1) kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en çok kullanıldığı ülkeler ise Kanada (%62,8) ve Almanya (%28,0)'dır. Doğalgazın en çok kullanıldığı ülkeler ise Rusya (%50,1) ve ABD (%26,8)'dir [6].

Türkiye 21. yüzyılın en azından ilk 25-30 yılında kentleşmeye devam edecektir. Kentleşme ise daha çok enerji talebi demektir. Modern kentleşme ve gelişen sanayi, stabil ve düzenli verilen enerjiye ihtiyaç duyar. Yoğun nüfus ve sanayinin iç içe girdiği metropollerin enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında baz yük enerji üreten nükleer santrallerin kurulması bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır.

Türkiye'nin 2019 Ağustos ayı itibarı ile kurulu gücü 90.403 MW'dır [7] (Şekil 4). Bunun %31,5'i baraj ve akarsulardan, 28,8'i doğalgaz ve LNG'den, %12,5'i Linyit ve Taş Kömürden, %9,9'u ithal kömürden, %8'i rüzgârdan, %6,1'i güneşden, %1,5'i jeotermalden ve kalanı da diğer kaynaklardan oluşmaktadır [7]. 2018 yılı sonundaki elektrik tüketimimiz ise 300.716.759.401 kWh'dir (Şekil 5). 2030 yılında tüketimimizin 440 ila 550 milyar kWh arasında olması beklenmektedir. Bilindiği gibi petrol ve doğalgazımız yok denecek düzeydedir. Türkiye'nin yerli kömürden ekonomik olarak elde edebileceği potansiyelin 25 GW olduğu tahmin edilmektedir [8].



TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ KURULU GÜCÜ (31 AĞUSTOS 2019)

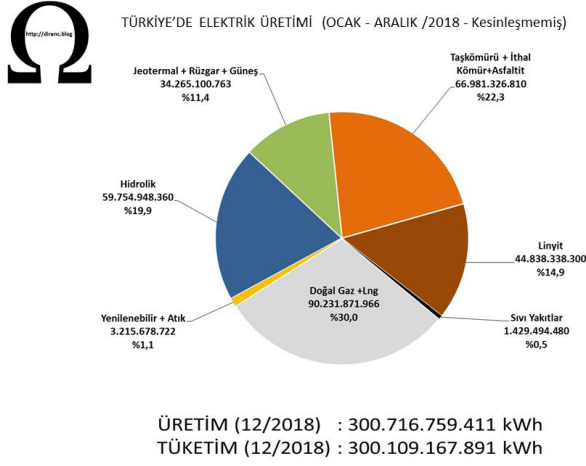


Kaynak : TEİAŞ

Elektrik İstatistikleri Çalışma Grubu

10.09.2019

**Şekil 4. Türkiye elektrik enerjisi kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı (31 Ağustos 2019).**



Kaynak: TEİAŞ

Elektrik İstatistikleri Çalışma Grubu

08.05.2019

**Şekil 5. Türkiye elektrik üretim ve tüketimi (TEİAŞ, Ocak-Aralık 2018, kesinleşmemiş).**

Günümüzde bunun ancak %40 kadarı kullanılmaktadır. Linyit santrallerinden üretilen elektriğe 2024 yılına kadar verilmiş olan alım garantisi, bu kaynakların daha çok kullanılmasını sağlayacaktır. Ekonomik su potansiyeli ise 140 milyar kWh kadardır. Bu durumda aradaki enerji açığı hangi kaynaktan karşılanacaktır. İlk bakışta rüzgâr, güneş ve jeotermal potansiyelimizin yüksek olduğu söylenebilir. Bunlar herkesin sempatiyle bakabileceği, pozitif çevresel katkıları da olan kaynaklar olarak da görülebilir. Ama sonuçlar rakamlara döküldüğünde şimdilik pek de rasyonel olmadığı kolaylıkla görülebilir. Oysa Akkuyu'da kurulacak 4 üniteli ve 4800 MW kurulu güçte ki bir nükleer santral %80-85 kapasite ile her yıl ortalama 330-340 gün çalıştığını varsaysak bile ( $4800 \times 1000 \times 335 \times 24 \times 0.80$ ) yaklaşık 30 milyar kWh elektrik üretecektir. İşte bu rakam 8-10 MW'lık yerel küçük barajların üretimi ya da birer ikişer MW'dan oluşan diyelim ki yüz pervanelik rüzgâr tesislerinin üretimi ile karşılaştırdığında gerçeklerle daha kolay yüzleşebiliriz.

Burada bir saptama yapmakta yarar görülmektedir. 2018 yılı kurulu gücümüz 88.347 MW idi. Oysa 2018 yılı Sistem Aylık Max Ani Puant değerinin 1/Ağustos/2018 günü saat 15.20 de 46.160 MW'a ulaştığı, öte yandan 26/ Temmuz / 2017 günü saat 14.40 da 47.660 MW olarak gerçekleştiği görülmüştür. Buradan şu sonuçları çıkarmak olanaklıdır. Türkiye Sistem Aylık Ani Puantının yaz aylarında ve gün içi saat 14.00--16.00 arasında gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca Sistem Aylık Max Ani Puantın en üst seviyesi 47.660 MW iken Toplam Kurulu Güç 88.347 MW'dır [9].

Bu durum, teorik olarak 40.687 MW'lık bir fazla arz kapasitemizin olduğu anlamına gelmektedir. Bu projeksiyon gelişmiş ülkelerin enerji arzında pek görülmemektedir. Zira

ya gereğinden fazla kurulu gücümüz vardır. Ya da baraj, rüzgâr ve diğer yenilenebilir kaynaklardan yeterli verim alınamamaktadır. Belki de tüm üretim alanlarında önemli oranda bir verimsizlik söz konusudur.

***Talepte uyum, enerji kaynaklarını çeşitlendirmeyi ve teknoloji taleplerini de içermektedir.*** Enerji kaynaklarını çeşitlendirme talebi sadece ekonomik kaygıları gidermek için başvurulmuş bir yol değildir. Çeşitlendirme, enerjinin teminini ve böylece talebi kolaylaştırma ve sürekliliği sağlamanın yanında, aynı zamanda ulusal güvenlik riskini en aza indirme işidir. Kaynakların çeşitlendirilerek kullanılması, birbirlerinin alternatifi olduğu için değil, kaynakların tümüyle kullanılması ve belli bir enerji türüne bağımlı olunmaması nedeniyle önemlidir.

Gelişmekte olan ülkelerin temel hedefi, tüm üretim tesislerini kendi olanakları ile yapabilmektir. Gelişmiş ülke olmak isteyenlerin bu stratejiyi esas almaları da son derece doğaldır. Günümüzde hala yüksek teknoloji olarak kabul gören nükleer teknolojinin ülkemizde kullanılabilir olması diğer yan teknolojilerin gelişmesinde ve özellikle güvenlik kültürünün artırılmasında önemli katkı sağlayacaktır. Kalitenin temini ve kalitenin kontrolünde nükleer teknoloji önemli katkı sağlamaktadır.

Temel hedef bu teknolojilerin bizzat ülke içinde gerçekleştirilen Ar-Ge faaliyetlerinin bir sonucu olarak uygulamaya konulmasıdır. Ancak bilineni yeniden keşfetmek yerine bilinenlerden transfer etmek de hedefe kısa sürede ulaşmanın bir yolu olabilmektedir. Nükleer santralin ilk kuruluşunda yerli katkı daha çok inşaat işleri ile sınırlı olabilir. Ancak unutulmamalıdır ki nükleer enerjiye 1970’lerde bizimle başlayan bir ülke olan G. Kore ilk santrallerini tümüyle anahtar teslimi olarak yabancılara yaptırmıştır. Bugün için farklı tiplere sahip 22 santrali çalıştırmakta olduğu gibi kendi tasarımları olan standart nükleer santrale de sahiptirler [4].

Endüstrileşme, bir anlamda kentleşme demektir. Kentleşme bağlamında üretim, ticaret ve idarenin yerleşik hal almasının sağladığı çeşitli ekonomik fırsatlar buna itici bir güç oluşturmıştır. Modern kentlerin oldukça yüksek enerji talepleri nedeniyle, geniş metropolitan alanlar, kırsal alanlardan farklı bir enerji sağlama sistemini gerektirmektedir. Gelecekteki enerji sağlama sistemleri, beklenen şehirleşme oranına, yerleşim modellerine, çalışma alanlarının düzenine ve ulaşım sistemlerine bağlı olacaktır.

Farklı yöntemlerle enerji üretimi, küçük nüfuslu alanlarda denenebilir. ***Ancak büyük nüfuslu metropollerin enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında nükleer santral gibi merkezi güç sistemlerine talebin de olacağı öngörülmektedir.***

## Sosyo-Politik Uyum

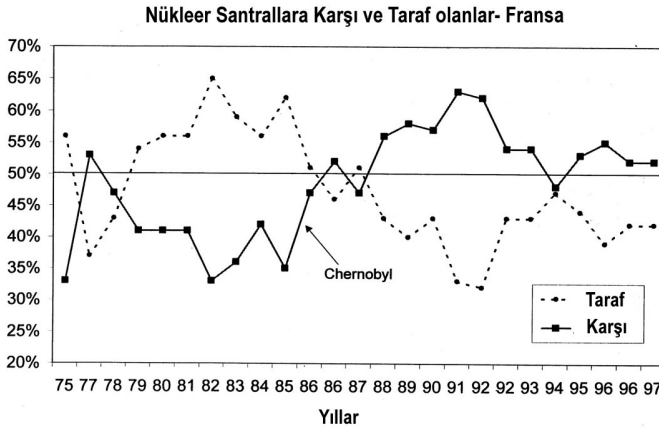
Yüksek seviyeli radyoaktif atıkların nihai depolanması, işletme güvenliği ve nükleer silahların yayılması gibi konuların, medya ve tepki gurupları arasında “çözülmemiş

sorunlar” olarak algılandığı bilinmektedir. Bununla birlikte, eğer toplum, değişik seçeneklerin gerçekleri, riskleri ve sonuçları hakkında daha iyi bilgilendirilirse, kamuoyu kaygılarının kolaylıkla giderilebileceği düşünülmektedir. Nitekim İsveç, İtalya ve Finlandiya gibi ülkelerde kamuoyunun daha önce negatif olan düşünceleri giderek pozitif alana doğru kayma göstermektedir.

AB ülkelerinden Fransa’da yapılan anket sonuçları (Şekil 6) halkın ne düşündüğü konusunda bir fikir verebilir. Örneğin, Fransa’da yapılan ankette, “yeni nükleer santraller yapılmasını ister misiniz” sorusuna verilen yanıtta; %11 evet yanıtı çıkarken, mevcut nükleer santrallerin kapatılmasını isteyenlerin oranı %15 olmuştur. Öte yandan, aynı ankette yeni nükleer santral yapılmadan, mevcutların işletilmesini isteyenlerin oranı %67 olmuştur. Bu durum da halkın mevcut santrallara karşı olmadığını göstermektedir.

Diğer taraftan, “nükleer santralleri destekliyor musunuz” sorusuna verilen cevapta ise %29’luk bir kitle karşı çıkarken, %19’luk bir kesim desteklediklerini ifade etmişlerdir. Büyük bir oranı oluşturan %52’lik grup ise kararsız olduklarını söylemişlerdir. Aşağıdaki şekil, Fransız elektrik şirketi EDF tarafından yapılan bir araştırmanın sonuçlarını yansıtmaktadır.

***Bu sonuçlar, kamuoyunun aydınlatılmasına yönelik akademik çalışmaların katkısıyla, halkın kararsızlıklarının giderilebileceğini ve sosyo-politik uyumun da sağlanabileceğini öngörmektedir.***



**Şekil 6.** Fransa’da yapılan kamuoyu araştırması sonuçlarına göre, taraf olanlarla, karşı olanların yıllara değişimi.

### Jeopolitik Uyum

Nükleer enerjinin jeopolitik açıdan değerlendirilmesi, daha çok nükleer silahların yayılması kaygısı üzerine olmaktadır. Nükleer santraller kullanılarak nükleer silah yapılacağı veya nükleer maddelerin kötü niyetli grupların eline geçme olasılığı, bireylerin



kaygılanmasına yol açmaktadır. Zira böyle bir olayın gerçekleşmesi halinde, jeopolitik dengelerin bozulacağı düşünülmektedir. Burada söz konusu olan nükleer santrallerin kullanılmış yakıtlarından plütonyum temin edilmesidir. Nükleer santrallerden çıkan kullanılmış yakıtlar bir miktar plütonyum içermektedir. Bu plütonyum doğrudan silah yapılmaya uygun bir durumda değildir. Plütonyumun kullanılmış yakıtlardan karmaşık ve pahalı tekniklerle çıkarılması gerekmektedir. Nükleer santral ile nükleer bomba çok farklı teknolojileri gerektirir. Ayrıca nükleer bomba sahibi olmak için nükleer santrale sahip olmak gibi bir teknolojik zorunluluk da yoktur. Örneğin Çin ilk nükleer bombasını 1964 yılında yapmıştır. Oysa o tarihlerde Çin'in hiçbir nükleer santrali yoktu. Aynı şekilde ilk nükleer bombanın kullanıldığı II. Dünya Şavaşı sırasında henüz dünyada ticari nükleer santral yoktu.

Ayrıca, dünyadaki çoğu ülkenin imzaladığı Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Antlaşması" (Non Proliferation Treaty–NPT) ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın (IAEA) Safeguard Anlaşmaları çerçevesinde yürüttüğü güvenlik denetimleri, nükleer silahların yayılması ile nükleer maddelerin denetimsiz grupların eline geçmesi suretiyle jeopolitik dengelerin bozulacağı kaygılarını en aza indirmektedir.

1998-99 yıllarında Güney Doğu Asya'daki finans krizi, bu ülkelerin yüksek oranda devalüasyon yapmalarına yol açmış ve buna bağlı olarak enerji ithalat faturalarında olağanüstü artışlar olmuştur. Ancak aynı bölgede olup ulusal enerji kaynakları kıt olan fakat nükleer enerjiyi geniş bir şekilde kullanan Güney Kore gibi ülkeler diğerlerine nazaran ticari anlamda çok daha az etkilenmiştir.

Jeopolitik açıdan bir başka değerlendirmede, ülkelerin enerji bağımsızlığıdır. Türkiye son yıllar da, doğalgaza olması gerektiğinden daha fazla bağımlı hale gelmiştir. Şu andaki dengeler, bu konudaki riskin düşük seviyede olduğunu gösterebilir. Ancak Irak-Türkiye petrol boru hattında zaman zaman yaşanan sabotajlar veya taraf ülkelerin enerji dışındaki konular nedeniyle çeşitli sorunlar yaşaması (Rus uçağının düşürülmesi ve Rusya-Ukrayna ilişkileri gibi), bize bu konuda bazı uyarılarda bulunabilmelidir. Boru hatlarının hasarları sadece düşmanca tavırlarla da açıklanamaz. Çünkü bölgemiz aynı zamanda çok şiddetli deprem ve diğer doğal olayların yaşandığı bir bölgedir.

***Sonuç olarak, jeopolitik uyum açısından bakıldığında nükleer enerjinin, diğer enerji kaynakları ile benzer özelliklere sahip olduğu anlaşılmaktadır.***

## **Ekonomik Uyum**

Ekonomik uyum kapsamında en önemli konu, yakıt maliyetinin toplam elektrik maliyeti içerisindeki payıdır. Bu pay yaklaşık olarak doğal gaz santrallerinde %65, kömür santrallerinde %50, fuel oil'de %70 ve nükleer santrallerde ise sadece %15 civarındadır. Fosil yakıtlı santrallerin tamamı ülkenin yerli kaynaklarıyla kurulabilir dahi, yakıtta dışa bağımlılık durumunda doğalgaz ve kömür santrallerinde üretilecek

elektriğin gelirin yarısından fazlası yakıtın ithal edildiği ülkeye gidecektir. Bu da o ülke için önemli bir ekonomik kayıptır. Ülkemiz için bu durum özellikle geçerlidir. Nükleer santrallarda ise bu oran çok düşük olmaktadır. Ayrıca çok uzun vade de bile nükleer santral yakıt fiyatlarında ve temininde bir problem gözükmemektedir. Bu nedenle, ithal yakıta bağımlı olan, özellikle Uzakdoğu ülkeleri, nükleer santrallara birinci derecede önem vermektedir.

Bir santralin yatırım maliyetinden daha önemli olan, elektriğin üretim maliyetidir. Üretim maliyeti; ilk yatırım maliyeti, yakıt maliyeti ve bakım-onarım-işletme maliyeti olarak bilinen üç ana maliyet unsurundan oluşmaktadır. Bu nedenle sadece yatırım maliyetlerine bakılarak elektrik üretim alternatiflerinin ekonomik karşılaştırmasını yapmak doğru değildir. Doğalgaz, petrol ve kömür santrallerinde üretilen elektrik maliyetinin büyük oranda yakıt fiyatlarına bağlı olması ve bu fiyatların ileride artma eğiliminde bulunması, uzun vadeli maliyet hesaplarını da riske sokmaktadır.

Nükleer santrallerin kurulu güç maliyeti, bundan 15-20 yıl önce 2.000-2.500 \$/kW ve üretim maliyetleri 4-5 cent/kWh dolaylarında saptanırken, günümüzde bu rakamlar biraz daha artmış bulunmaktadır. Bunun temel nedenleri arasında nükleer güvenlik standartlarının yükselmesi ve yer seçimi sürecinin uzun olması yatmaktadır. Yaklaşık aynı güçte bir kömür santrali ile bir nükleer santralin üretim maliyetleri arasında yapılan karşılaştırmalar göstermektedir ki, nükleer santraller daha ekonomik olmaktadır. Nükleer santralde üretim maliyetinin %68-69'unu sabit giderler, %15-16'sını yakıt giderleri, %15'ini bakım ve işletme giderleri oluşturmaktadır. Bu giderlere ayrıca santralin söküm giderleri için ayrılması gereken bir fon ilave edilmektedir. Türkiye'nin Rusya ile yaptığı anlaşmada kW başına 12,35 centlik fiyat garantisi verilmesi bambaşka bir sorundur. Bu tamamen siyasi bir karardır ve öyle anlaşıyor ki bunun bedelini halkımız uzun yıllar ödeyecektir. Böylesine yanlış bir siyasi karardan giderek nükleer santrallerin gerekliliğini veya gereksizliğini tartışmak rasyonel gözükmemektedir.

Nükleer santrallerde kullanılan yakıt malzemesi esas olarak uranyumdur. Yer kabuğundaki uranyum, bulunabilirlik açısından ellinci sırada yer almaktadır. Buna göre altın ve gümüşten çok, bakır ve kurşundan daha az olup hemen hemen kalay ile aynı oranlardadır. Ortalama tenörü 4 ppm'dir [11]. 2017 yılı başı itibarı ile belirlenmiş toplam kaynak 6.142.200 ton metal uranyumdur (<130\$/kgU) (total identified resources). Yüksek fiyat kategorisine göre ise (<260\$/kgU) 7.988.600 tonU dur [20]. Dünya uranyum rezervinin yaklaşık %30 kadarı Avustralya'da bulunmaktadır. İkinci ve üçüncü sıralarda Kazakistan ve Kanada yer almaktadır. 2017 yılı itibarı ile dünyada işletmede olan tüm reaktörlerin uranyum gereksinimi 62.825 ton uranyum olmuştur. Gelecekte kullanılacak uranyum miktarı ise düşük ve yüksek büyüme senaryolarına göre değişiklik gösterecektir. Örneğin düşük büyüme senaryosuna göre 2035 yılındaki ihtiyaç 53.010 tonU, yüksek büyüme projeksiyonlarına göre ise, dünya nükleer kurulu gücünün 568 GWe olacağı varsayımı ile 90.820 tonU olacaktır [20].

Türkiye'nin bilinen uranyum kaynağı 9.129 ton civarındadır. Manisa-Köprübaşı ve Yozgat-Sorgun'da bulunan yatakların ayrıntılı aramalar ile daha da artabileceği söylenebilir. Nükleer santraller kömüre dayalı termik santraller gibi çok fazla yakıt tüketmezler. 1000 MWe kapasiteli bir nükleer santralin yıllık yakıt tüketimi yaklaşık 30-120 ton civarındadır.

Nükleer yakıt fiyatlarında uzun vadede bir artış beklenmemesi ve artma olsa dahi bunun toplam üretim maliyetine etkisinin az olması, nükleer santraldan üretilen elektriğin uzun vadeli maliyet hesaplarının güvenilir şekilde yapılabilmesine ve elektrik fiyatlarının sabitlenmesine olanak vermektedir. ***Bu durum, bir ülkede uzun vadeli ekonomik programların oluşturulmasında, nükleer santrallerin ekonomik elektrik üretim aracı olarak nitelendirilebileceğini öngörmektedir.***

## ÜLKEMİZDE NÜKLEER SANTRAL TARTIŞMALARI VE SAHA BELİRLEMeye YÖNELİK GİRİŞİMLER

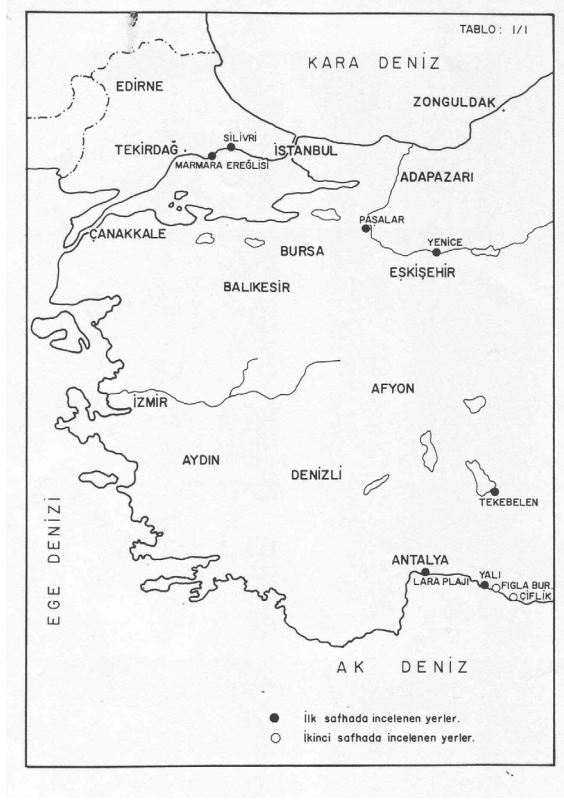
Dünyada olduğu gibi ülkemizde de nükleer santral konusu hep tartışılır olmuştur. Doğal olarak bunun çeşitli nedenleri var. Önceliğin hangisi olduğu konusunda elimizde bir araştırma olmaması nedeniyle bir vurgu yapmamız söz konusu olmamakla birlikte yine de şu konuların tartışmanın odağında olduğu söylenebilir.

- Enerjinin ithalata dayalı olması nedeniyle pahalı olması ve özellikle elektrik üretimindeki arz-talep dengesinin sürekli bıçak sırtında gitmesi,
- Türkiye'nin ilk defa farklı bir modelle nükleer santral kurulması konusunda girişimde bulunarak Rusya ile anlaşma imzalaması,
- Nükleer alandaki yatırımın ileride cari açığın kapatılmasında önemli rol oynamasının beklenmesi yani ekonomik-finansal durum,
- Ukrayna'daki Chernobil ve Japonya'daki deprem-tsunami sonrasında Fukuşima'da meydana gelen nükleer santral kazaları ve bunların yarattığı kaygılar ve Nükleer santraller için seçilen yerlere gösterilen duyarlılıklar.

### Saha belirlemede öncü çalışmalar

Ülkemizde kurulması düşünülen ilk nükleer santral için fizibilite çalışmaları, 1968-70 yıllarında MOTOR-COLOMBUS'un öncülüğünde (İsviçre), SUISELECTRA, BURNS and ROE (ABD), FICHTNER (Almanya) ve ENTOPUSU (Türkiye) firmalarından oluşan bir konsorsiyum tarafından 300-400 MWe'lık bir güç reaktörü için yapılmıştır.

İlk etapta bu firmalar tarafından 9 yer belirlenmiştir. Ön fizibilite etütleri yapılan yerler şunlardır: Marmara Ereğlisi (Marmara denizi kıyısı), Silivri (Marmara Denizi kıyısı), Paşalar (Sakarya Nehri kıyısı), Yenice (Sakarya Nehri kıyısı), Lara Plajı (Akdeniz kıyısı), Yalı (Akdeniz kıyısı), Çiftlik (Akdeniz kıyısı), Figla Burnu ve Tekbelen (Beyşehir Gölü kıyısı)'dır (Şekil 7).



**Şekil 7. Nükleer santraller için ilk düşünülen yerler.**

Yalı ve Çiftlik sahaları turistik bölgelere yakın olmaları nedeniyle Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından kabul edilmemiştir.

Daha sonra yapılan değerlendirmeler sonucunda, o günkü ekonomik koşullar altında, ancak 600 MWe ve daha yüksek kapasiteli nükleer santrallerin ekonomik olabileceği ve bu güçteki bir santralin soğutma suyu ihtiyacını karşılamak ve ağır parçaların taşınmasını mümkün kılmak için deniz kenarında kurulması gerektiği kararlaştırılmıştır. Ayrıca, o günkü koşullarda yapılan elektrik etütleri yük kayıplarını azaltmak ve sistemdeki gerilim ve frekans düşmelerini önleyebilmek için nükleer santralin Türkiye'nin toplam elektrik tüketiminin %40'ının yoğunlaştığı Kuzeybatı Anadolu'da kurulmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

1972 yılında Türkiye Elektrik Kurumu'nun (TEK) kurulması ve onun bünyesinde Nükleer Santraller Dairesi'nin teşkil edilmesi üzerine fizibilite raporları revize edilmiştir. Nükleer Santraller Dairesi tarafından yapılan etütler sonucunda Çizelge 1'de sunulan sahaların nükleer santral için uygun olacağı düşünülmüştür. Bu sahalar Şekil 8'deki haritadan izlenebilir.

**Çizelge 1. Potansiyel santral sahaları.**

| Saha              | Konum          | İl       |
|-------------------|----------------|----------|
| Silivri           | Marmara Denizi | İstanbul |
| Marmara Ereğlisi  | Marmara Denizi | Tekirdağ |
| Çilingos Çiftliği | Çatalca        | İstanbul |
| Podima            | Çatalca        | İstanbul |
| Kefken            | Kandıra        | Kocaeli  |
| Eşkel             | Mudanya        | Bursa    |
| Ekmekçi           | Karacabey      | Bursa    |

**Şekil 8. Nükleer santral kurulması için daha sonraki aşamada ilgilenilen yerler.**

Ancak, seçilen yerlerden Silivri’de muhtemel fayların bulunması, Çilingos Çiftliği ve Kefken’in zemin koşullarının inşaat bakımından uygun olmaması, Ekmekçi’nin ise sahilden uzak olması ve zemin koşulları nedeniyle ayrıntılı çalışmanın Eşkel’den başlamasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Daha sonra Eşkel’de yapılan incelemelerde bazı fayların tespit edilmesi üzerine buradan da vazgeçilerek, enterkonnekte sisteme uygunluğu açısından çalışmaların Trakya’da yoğunlaştırılması kararlaştırılmıştır.

Ancak, daha sonra Genel Kurmay Başkanlığı’nın itirazı üzerine buradan da vazgeçilmiştir.

Bu gelişmeler üzerine Türkiye Elektrik Kurumu tarafından araştırmaların Marmara Denizi’nin güney kıyılarında yürütülmesine karar verilmiştir. Harita üzerinde yapılan incelemelerde;

-Çirkin Çavuş .....(Edincik-Balıkesir)  
 -Güvem Alanı.....(Biga-Balıkesir)  
 -Karabiga ..... (Çanakkale)  
 -Aksaz .....(Biga)  
 -Kemer.....(Biga)  
 -Karadere Çiftliği.... (Biga)  
 -Dikili Çiftliği..... (Şevketiye-Biga)  
 -Dayan Ovası.....(Lapseki-Çanakkale Boğazı) sahalarının incelenmesi uygun görülmüştür.

Yukarıda verilen yerlerde yapılan incelemeler sonucunda Aksaz sahasına öncelik verilmiştir. Ne var ki buradan da vazgeçilerek deprem riskinin en az olabileceği bir yer aranarak, çalışmaların Akdeniz kıyısında yürütülmesine karar verilmiştir. Akkuyu sahasının seçilme süreci bu şekilde başlamıştır.

Bu arada, 1968 yılından beri yapılan incelemeler, ülkemizde inşa edilecek nükleer santraller için yer seçimi açısından en kısıtlayıcı parametrelerin sırasıyla;

- a) Deprem riski,
- b) Soğutma suyunun mevcudiyeti,
- c) Nüfus olarak değerlendirilmiştir.

### **Batı Karadeniz de yapılan çalışmalar**

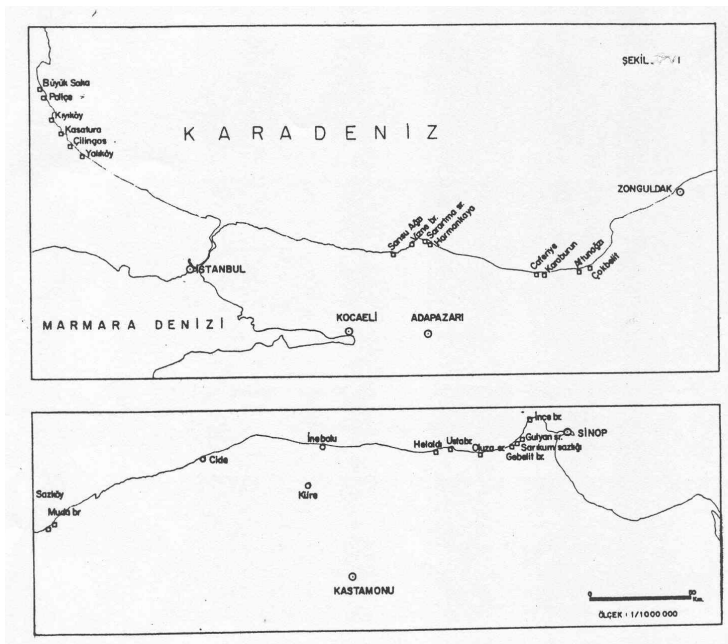
Birinci nükleer santral sahası olarak Akkuyu'nun belirlenmesinden sonra, ülkemiz elektrik tüketiminin büyük oranda batı bölgelerinde kullanılıyor olması nedeniyle, bir başka bölgede yer seçimine gidilmesi düşünülmüştür. Marmara Denizi kıyılarında yapılan araştırmalar sonucunda bulunan yerlere jeopolitik ve özellikle deprem nedeniyle olumsuz bakılması ve Akkuyu sahasının da Orta Akdeniz'de bulunması üzerine, Batı Karadeniz kıyılarında, gelecekte yapılacak santraller için yer seçimi çalışmalarına başlanmıştır.

Bu çerçevede; Büyüksaka, Poliçe, Kırıkköy, Kasatura, Çilingos, Yalıköy, Sarısu, Vizne, Sarartma, Harmankaya, Caferiye, Karaburun, Aftunağzı, Muda Burnu, Oluza, Gebelit Sarıkum Sazlığı ve Sinop-İnceburun olmak üzere bu bölgede bir yer bulunmaya çalışılmıştır (Şekil 9).

Belirlenen yerler deprem, elektriksel etütler, çevresel koşullar, arazi kullanımı, topografya, nüfus dağılımı ve ulaşım açısından değerlendirmeye alınmış ve sonuçta sırasıyla;

- Poliçe,
- Çilingos,
- İnceburun,
- Kefken yöresi ve
- Mudo Burnu elverişli yerler olarak belirlenmiştir.

Bu çalışma sonrasında, Sinop sahasının ilk sırada olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun üzerine Türkiye ile Japonya, Sinop sahasında bir nükleer santral yapmak üzere ikili anlaşma yapmışlardır. Japonya ile yapılan anlaşma sonrasında, Sinop sahasında 4 üniteden oluşan bir nükleer santral kurulması için gerekli çalışmalara başlanmıştır. Yapılan ayrıntılı saha çalışmalarında, özellikle Yer İvme Değerinin yüksek çıkması üzerine, santralin ekonomik olmayacağı gerekçesi ile Japonlar çalışmaları durdurmuşlardır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nda bir açıklama yaparak, Sinop sahasında yapılan çalışmaların durdurulduğunu belirtmiştir.



**Şekil 9. Nükleer santral kurulması için üçüncü aşamada ilgilenilen yerler.**



### Akkuyu Sahası ve Yer Lisansı

Ülkemizin ilk ve tek lisanslı nükleer santral sahası olan Akkuyu, Mersin ilinin Gülnar ilçesine bağlı Büyükeceli sınırları içerisinde (Şekil 10).

Akkuyu sahası için zamanın TEK Genel Müdürlüğüne, mal sahibi ve işletici olarak, 26 Nisan 1976 tarihli yazı ve ekindeki Yer Raporu ile nükleer santral yer lisansı için, o zamanki adı ile Atom Enerjisi Komisyonuna (AEK) başvuruda bulunulmuştur. 6 Ocak 1975 tarih ve 15110 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Nükleer Reaktör Tesislerine Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük” hükümleri uyarınca sözkonusu başvuru değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, Başbakanlık Atom Enerjisi Komisyonunun 11 Haziran 1976 Tarihli VII. Dönem 5. toplantısında, ilk nükleer santral yeri olarak TEK tarafından uygun bulunan AKKUYU sahasına “Nükleer Santral Yer Lisansı” verilmiştir.

Türkiye de nükleer santral kurulması amacıyla çok defa girişimlerde bulunulmasına rağmen maalesef bu girişimler çeşitli nedenlerle bir türlü gerçekleştirilememiştir. Son olarak Türkiye ile Rusya Federasyonu arasında 12 Mayıs 2010 tarihinde, Akkuyu Sahasında Nükleer Santral Kurulması ve İşletilmesine Dair bir anlaşma imzalanmıştır. Bu anlaşma TBMM’de kabul edilerek 6 Ekim 2010 tarihinde Resmi Gazete’de yayınlanmıştır.

1976 yılında Yer Lisansı alan Akkuyu Sahası için, Kurucu (Akkuyu Nükleer A.Ş) tarafından, TAEK’in talebi doğrultusunda yeniden Güncellenmiş Yer Raporu hazırlanmış ve o günkü yetkili otorite olan TAEK’in onayına sunulmuştur. Uzun incelemeler ve Rus heyetleri ile yapılan müzakereler sonucunda bu rapor kabul edilmiştir. Bunun anlamı, 1976 yılında verilen yer lisansının güncellenmiş olması demektir.



**Şekil 10.** Akkuyu nükleer santral sahası.

İlgili Tüzük gereği bundan sonraki aşama, Saha Parametreleri Raporunun hazırlanmasıdır. TAEK tarafından Kurucu olarak kabul edilen Akkuyu Nükleer A.Ş. sözü edilen Saha Parametreleri Raporunu hazırlayarak TAEK'in onayına sunmuştur. Bu rapor 9 Şubat 2017 tarihinde TAEK tarafından onaylanmıştır. Bu gelişmeler yaşanırken aynı zamanda, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulundan (EPDK) 3 yıllığına Elektrik üretim Ön Lisansı alınmıştır. Aynı şekilde Akkuyu Nükleer A.Ş. tarafından hazırlanan Çevresel Etki Değerlendirme Raporu (ÇED), Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca 1 Aralık 2014 tarihinde olumlu bulunmuştur.

**Yer Raporunun ve bu çerçevede Yer Lisansının güncellenmesi ve daha sonra Saha Parametreleri Raporunun onaylanması üzerine, Akkuyu Nükleer A.Ş. hazırladığı Ön Güvenlik Analiz Raporu (ÖGAR) ile İnşaat Lisansı için TAEK'e başvurmuştur. TAEK tarafından yapılan değerlendirmeler sonrasında, İnşaat Lisansının ilk aşaması olan Sınırlı Çalışma İzni, 19 Ekim 2017 tarihinde birinci ünite için onaylanmıştır. Bu izin ile, tüzük gereği ancak güvenlikle ilgili olmayan yapıların inşasına başlanabilmektedir. Bu kapsamda birinci ünitenin temel altı beton döküm işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra 2 Nisan 2018 tarihinde İnşaat Lisansı verilmiştir. Akkuyu'da kurulacak nükleer santralin, şimdilik birinci ünitesi için yapım işlemleri devam etmektedir.**

## NÜKLEER SANTRALLARIN YER SEÇİMİNDE GÖZETİLMESİ GEREKEN FAKTÖRLER

Nükleer santral sahasını diğer konvansiyonel santral sahalarından ayıran temel nokta, reaktör tasarımı ile yer özelliklerinin birbirlerini en üst düzeyde etkilemelerinden kaynaklanır. Özellikle yerin durumu, santralin tasarımında önemli bir rol oynar. Keza reaktör tasarımı da kendine özgü yer özellikleri gerektirir. Örneğin yörenin depremselligi, reaktör koruma kabı olarak da adlandırılan “containment”in duvar kalınlığını etkileyen önemli bir parametredir. Aynı şekilde nehir kıyısına kurulacak bir santralin soğutma suyu ihtiyacı, o ırmağın belli bir debiye sahip olmasını gerektirir. Keza yörenin rüzgâr durumu ve nüfus dağılımı “acil planlamalar” için önemli bir unsurdur. Öte yandan soğutma suyunun sıcaklık derecesi, santral verimliliğinde büyük bir öneme sahiptir.

Nükleer güç santrallerinin inşa edildiği saha ile ilgili çalışmalar 3 aşamada yürütülmektedir.

1-Yer seçimi aşaması (site selection)

2-Ayrıntılı araştırmaların yapıldığı aşama (site evaluation)

3-İşletme öncesinden başlayıp, işletme süresince ve sonrasında saha ile ilgili parametrelerin izlenmesi aşaması (site confirmation-site parameters monitoring).

Yer seçiminin amacı, hem güvenlikle ilgili hem de güvenlikle ilgili olmayan yer özelliklerinin birlikte değerlendirilerek santral kurulabilecek bir veya daha fazla aday sahanın bir önem sıralaması yapmaktır. Sahaların sıralamasının nasıl yapılacağına ilişkin bir tablo, ileride bir örnek olarak verilmektedir (Çizelge 2).

Yer seçimi sürecinin herhangi bir aşamasında güvenlikle ilgili veya ilgili olmayan yer özellikleri dolayısıyla reddedilen bir yer, ayrıntılı değerlendirme ve analize tabi tutulmadan elenir. Güvenlikle ilgili hususlar şunlardır. Yüzey faylanması, zemin yapısı, depremsellik, soğutma suyunun yeterliliği, taşkın, volkanizma, meteorolojik olaylar, nüfus yapısı, radyoaktif maddelerin atmosferdeki ve sudaki dağılımı, acil durum önlemlerinin uygulanabilirliği, heyelan, çığ düşmesi ve uçak çarpması ile insan kaynaklı risk taşıyan diğer olaylar. Öte yandan elektrik şebekesi, santral ekipmanlarının taşınması, soğutma suyunun özellikleri ve endüstri bölgelerine uzaklık gibi faktörler güvenlikle ilgili olmayan özellikler çerçevesinde değerlendirilir. Ayrıca çevresel faktörler ile sosyo-ekonomik faktörler dikkate alınır.

Bir sonraki evre, sıralamada öne çıkan sahada, ayrıntılı yer araştırmalarının yapıldığı evredir. Bu aşamada, nükleer santralin önerilen yerde kurulmasını teknolojik yönden imkansız kılacak yer özellikleriyle karşılaşmayacağı kanıtlanır ve önerilen santral yerinin **tasarıma esas parametreleri** saptanarak, bu değerlerin en son teknolojik uygulamalara göre kabul edilen sınır değerlerin altında kalacağı gösterilir.

Saha parametrelerinin izlenmesi sürecinde, sahanın jeodetik, meteorolojik, hidrolojik, sismik, hidrojeolojik ve geoteknik özellikleri ile tesise etkisi olabilecek saha çevresindeki önemli tesis ve faaliyetler izlenir. Bu çerçevede, radyoaktif maddenin canlılara taşınmasında rol oynayacak taşınım yolları ile saha çevresinin nüfus dağılımı, **Yer Lisansı** verildikten sonra, bir program kapsamında izlenir. İzlenen parametrelerde herhangi bir sapmanın olmadığı, olası değişikliklerin tesisin güvenliği ile birey, toplum ve çevrenin güvenliği açısından herhangi bir risk doğurmayacağı ve kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu gösterilir. Aksi halde lisans iptaline gidilebilir. Saha parametrelerini izleme çalışmaları, sahanın belli olması ile başlar ve santralin işletmeden çıkarılmasına kadar devam eder.

Santral sahasının belirlenmesine yönelik ilk aşama olan yer seçimi aşaması için uygulanan kriterler, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansının tavsiye ettiği ve çoğu gelişmiş ülkenin uyguladığı kriterlerin ülke şartlarına uyarlanması ile tespit edilmektedir. Ülke koşullarını bilen, deneyimli uzmanlar tarafından belirlenen her bir potansiyel saha, Ekonomik, Mühendislik, Çevre ve Sosyolojik olmak üzere 4 ana kategori içinde incelenen 43 ayrı kritere göre değerlendirilmektedir. Yürütücülüğünü yaptığım bir ekip tarafından yazılan ve TAEK tarafından basılan "Nükleer Güç Santrali Yer Seçimi Çalışmaları" raporu bu doğrultuda hazırlanmıştır. Sahaların değerlendirilmesinde kullanılan 4 ana ve 43 alt kriter şunlardır [13].

**Ekonomik Kriterler:** 1. Nükleer enerjinin gerekliliği, elektrik ve pazar öngörüler, 2. Elektrik iletim sistemi, 3. Politik ortam, 4. Saha hazırlama maliyeti.

**Mühendislik Kriterleri:** 1. Sahanın büyüklüğü, 2. Sahanın topoğrafik özelliği, 3. Çevresel duyarlılığı olan alanlar, 4. Acil durum planlaması/nüfus yoğunluğu, 5. Personel temini, 6. Ulaşım olanakları, 7. Güvenlik durumu, 8. Yakınlardaki risk taşıyan tesislerin durumu, 9.

Lisanslama kuralları, 10. Zamanlama, 11. Jeolojik riskler, 12. Güvenli durdurma depremi, 13. Aktif faylar, 14. Sıvılaşma potansiyeli, 15. Taşıyıcı zemin malzemesi, 16. Zemin yakın yüzey malzemesi, 17. Yeraltı suyu, 18. Taşkın potansiyeli, 19. Buzlanma, 20. Soğutma suyu kaynakları, 21. Sıcaklık ve nem durumu, 22. Rüzgâr, 23. Yağış, 24. Kar, 25. Atmosferik dağılım.

**Çevresel kriterler:** 1. Karasal yaşam, 2. Karasal bitkiler, 3. Suya ait yaşam/organizmalar, 4. Yeraltı suyu, 5. Yüzey suları, 6. Nüfus.

**Sosyolojik kriterler:** 1. Arazi kullanımı, 2. Demografi, 3. Sosyo-ekonomik faydalar, 4. Tarım/Endüstri, 5. Estetik görünüm, 6. Tarihi ve arkeolojik sahalara, 7. Ulaşım ağı, 8. Çevresel haklar.

Yukarıda belirtilen 43 ayrı kriter için yapılacak puanlamada dikkate alınması gereken önemli hususlara ait bazı örnekler de aşağıda sunulmuştur:

### Sahaların Topoğrafyası

Topoğrafik yapının reaktör güvenliği açısından en önemli yanı “Şev Duraysızlığı’dır” (slope instability). Zira eğimin %15’ten fazla olması, reaktör güvenliğini doğrudan etkiler. Belirtilen eğim yüzdesi UAEA’nın güvenlik serilerinden alınmıştır. Eğimin yüksek olması, olası heyelan için kolaylaştırıcı bir unsurdur.

Nükleer santralin yerleşim alanı da (lay-out) topoğrafik yapıyla yakından ilgilidir. Santral için gerekli alanın yanı sıra, çevrenin tepelik-vadi veya hakim rüzgar yönüne açık koy vb gibi durumlarda yer seçiminde önemli bir faktör olmaktadır.

Bir ünite için gerekli olan alan yerden yere değişmekle birlikte ortalama 15-20 hektar civarındadır. Ancak yer seçilirken ileride yeni ünitelerin eklenebileceği kesinlikle baştan planlanmalıdır. Belirtilen büyüklükler santralin deniz kıyısında veya ırmak kenarında olmasına göre de farklılık göstermektedir. Keza doğrudan soğutma sistemi yerine soğutma kulelerinin kullanılması kurulacak ünitenin, soğutma suyunun alınacağı seviyeden olan yüksekliği de ekonomik açıdan değerlendirilmektedir. Su alışı ağız ile ünitenin kurulu olduğu yer arasında belirli bir yükseklik olması halinde, pompalama ile suyun yukarılara taşınması önemli bir maliyet oluşturabilir. Unutulmamalıdır ki sözü edilen pompalama faaliyeti bir santralin yaklaşık 50 yıllık ömrü süresince devam edecektir.

Santralin deniz kenarında kurulması halinde kondanserden çıkan su doğrudan denize verilecektir. Oysa soğutma kulesinin kullanıldığı durumlarda, sıcaklık farkından dolayı, çıkan suyun bir süre göl ya da bentlerde (pond) bekletilmesi düşünülebilir. O halde bu durum için de belirli bir alana ihtiyaç duyulacaktır.

Topoğrafik yapıyı incelemenin nedeni, dağlık ve dik yamaçlı sahaların santral yapısına uygun olmamasındandır. Bu durumlarda, çok miktarda toprak malzeme taşınması gerekebileceği gibi, heyelan ya da toprak kayması yüzünden, santral güvenlik yapılarının hasar görebileceği de açıktır.

## Acil Durum Planlaması/ Nüfus Yoğunluğu

Bu bölüm içinde vurgulanmak istenen husus, sahaya özgü acil planlamalar yapılırken nüfus durumunun dikkate alınmasıdır. 10 CFR Part 50'ye göre (US-Code of Federal Regulations) tanımlanan acil planlama zonları, 16 km'lik (10 mil) "havadan alınan dış ışınlama dikkate alınarak belirlenen acil planlama zonu" ve 80 km'lik (50 mil) "sindirim yolu ile oluşan ışınlamaya göre belirlenen acil planlama zonu" dur [15].

Öte yandan 10 CFR Part 100'e göre sahanın fiziksel özellikleri, acil planlamaların yapılmasına ve bu planların zaman içinde geliştirilmesine engel olmamalıdır. Ayrıca Regulatory Guide 4,7'ye göre santral işletmeye başladığında ve ilk 5 yılı içinde, saha merkezinden itibaren 32 km. yarıçaplı alan içerisinde km<sup>2</sup> başına düşen nüfus yoğunluğunun 195'i geçmemesi tercih edilmektedir [16]. 8 km.'lik yarıçaplı alanda da okul, hastane, hapisane ve önemli ticari tesislerin bulunmaması gerekmektedir.

## Saha Yakınlarındaki Risk Taşıyan Tesisler

Sahanın, enerji üretim ya da başka amaçlı barajların suyolu altında olmaması gerekmektedir. Deniz kıyısında seçilen bölgeler için böyle bir riskin olması pek beklenen bir durum değildir. Zira deniz kıyısına çok yakın yerlerde, topoğrafik özellik nedeniyle baraj yapılması düşünülemez. Ancak iç kesimler için bu durum ciddiylet üzerinde durulan bir konudur. Özellikle küçük rezervuarlı barajlarda, düzensiz yağış rejimlerinin olduğu yörelerde sıkıntı daha büyük olabilmektedir.

Petrol ve doğalgaz boru hatlarının santral sahası ya da denetimli alan olarak adlandırılan "exclusion zone" içinden geçiyor olması istenmeyen bir durumdur.

Uçak Çarpması: Nükleer santraller için üzerinde önemle durulması gereken konulardan birisi de nükleer tesise uçak çarpmasıdır. Uçak çarpması konusu UAEA kılavuzlarında dikkate alınması gereken önemli güvenlik faktörlerinden birisi olarak belirtilmektedir. Uçak çarpması hesaplamalarında, 20 tonluk bir Fantom uçağının 740 km/saat hızla giderken tesise bir şekilde çarpması dikkate alınmaktadır. Öte yandan sahayı çevreleyen 8 km'lik alanda büyük hava alanlarının olması arzu edilmez.

Uçak çarpması konusundaki yaklaşımlar esasen ülkeden ülkeye göre farklılık göstermektedir. Alman mevzuatında, nükleer santrallerin uçak çarpmasına karşı korunaklı olacağı ve buna göre tasarımılanması gerektiği ifade edilmektedir. Kanada mevzuatında ise böyle bir tasarım söz konusu değildir. US-NRC dokümanlarında ise uçak çarpmasına karşı tasarım zorunluluğu olmamakla birlikte, ABD'de vuku bulan 11 Eylül terör olayından sonra bu konudaki yaklaşımlarda önemli değişmelerin olduğu bilinmektedir.

Esasen uçak çarpmasının, uçuş rotaları altında olan nükleer santrallerin üzerine uçak düşmesinden ziyade, önceden planlı terörist faaliyetlerin bir ürünü olarak irdelenmesi gereği vardır. Bu durumda olayın boyutu değişmekte ve hem nükleer güvenlik (nuclear safety) hem de fiziksel emniyet (physical security) olarak meseleyi ele almak

gerekmektedir. Sahanın, uçuş pistlerinin iniş ve kalkış rotalarına tekabül etmesi halinde, o saha daha baştan elimine edilmektedir.

*Petrol Dökülmesi, Gaz Patlaması ve Endüstriyel Yapılar:* Nükleer santral sahasının, olası risklere maruz kalmaması için büyük endüstriyel yapılardan nispeten uzak olmasında önemli yararlar vardır. Özellikle patlayıcı imalatının yapıldığı ya da depolandığı alanlardan uzak olması arzu edilir. Aynı şekilde yoğun eleman istihdam eden büyük ticari ve endüstriyel tesislerin, santralin işletilmesi sırasında acil planlamalar açısından önemli olduğundan, mümkünse buralardan uzak olmasında yarar görülmektedir. Örneğin yakın çevrede süt ve et üretim tesislerinin bulunmaması arzu edilen bir durumdur.

Nükleer santralin işletme güvenliğini etkileyebilecek olan askeri ve endüstriyel tesislerin yaratabileceği riskler ile patlayıcı ve parlayıcı maddelerin taşınması sırasında doğurabilecekleri riskler değerlendirilir. Reg-Guide 1,7’de şart koşulduğu üzere, santral çevresinde bulunan bazı tesislerdeki potansiyel kazaların etkileri, tasarıma esas olayların belirlenmesi için analiz edilirler. Sahanın etrafındaki 8 km’lik alan içindeki tesisler ve aktiviteler ise yukarıda belirtilen hususlar için dikkate alınırlar. 8 km’den daha uzaktaki tesis ve aktiviteler ise taşındıkları önem çerçevesinde dikkate alınırlar.

### **Sahaya Özgü Güvenli Durdurma Depremi**

Güvenli Durdurma Depremi olarak ifade edilen, NRC terminolojisinde SSE (Safe Shutdown Earthquake) ve UAEA terminolojisinde SL-2 olarak tanımlanan deprem seviyesi daha çok mühendislikte yer ivmesi yani g değeri ile verilmektedir. (1 gal=1 cm/sn<sup>2</sup> ve 1 g=980,665 gal’dır.)

10 CFR 100’e göre SSE; bölgesel ve yerel sismik koşullar ile yerin zemin özelliklerine bağlı olarak, vuku bulması muhtemel en büyük deprem seviyesidir [16]. Nükleer santrallerin tasarımı yapılırken, güvenlikle ilgili yapı, sistem ve bileşenlerin, bu seviyedeki bir deprem olması halinde bile fonksiyonlarını sürdürmeleri istenir. Örneğin reaktör soğutma basınç sınırlarının korunması beklenir. Yine reaktör durdurma yeteneğinin sağlanması ve bu konumda tutulabilmesi istenir.

Tasarıma esas deprem, hem deterministik hem de olasılık yöntemi kullanarak hesaplanır. Her iki yöntem de, sahayı da kapsayan bölgenin sismotektonik modellemesine dayanır.

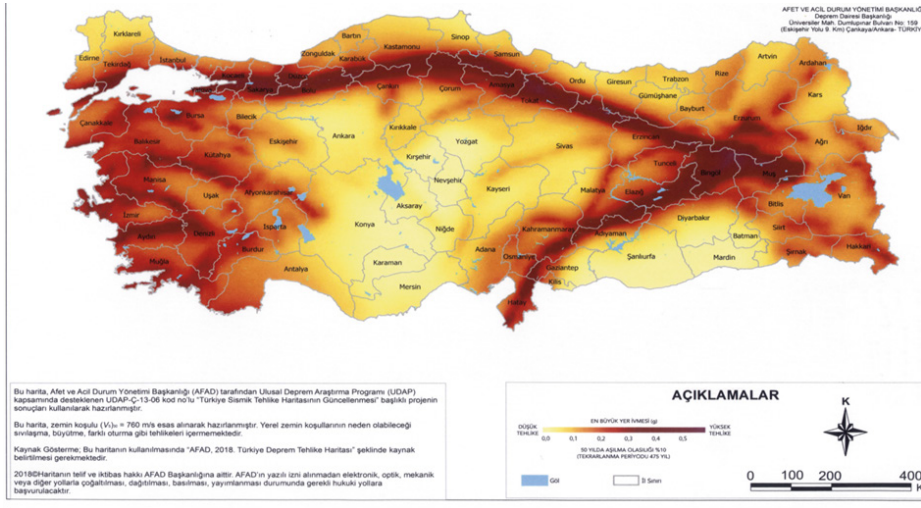
SL-1 olarak tanımlanan İşletme Depremi ise çoğunlukla SL-2 deprem seviyesinin yarısı olarak belirlenir. Santralin ömrü boyunca olabilecek ve santral işletmesinin, çalışanları herhangi bir risk altına sokmadan çalışmaya devam edebileceği en büyük deprem seviyesidir.

Öte yandan Kanada yaklaşımına göre santralin projelendirilmesinde “Design Basis Earthquake” (DBE, SSE veya SL-2’ye denk düşer) ve “Site Design Earthquake” (OBE veya SL-1’e benzer) tanımları geliştirilmiştir. Buradaki deprem seviyeleri, güvenlik veya depremin ekonomik sonuçları sebebiyle seçilir.



10 CFR 50 Ek-S'ye göre SSE için pik yer ivmesi 0,1 g'den küçük olamaz. Aynı şekilde işletme Depremi (SL-1), SSE'nin yarısından az olamaz. O halde sahalara için sıralama yapılırken 0,1 g'den başlamak üzere, en yüksek ivmeye sahip olan saha, en az kabul gören saha olarak belirlenecektir. TAEK tarafından yayınlanan yönetmeliğe göre Türkiye'de SL-2, 0,15 den az olamaz [17].

Türkiye'nin deprem tehlike haritası hazırlanmıştır (Şekil 11). Nükleer santraller için böylesine genel yaklaşımlar dikkate alınmasa da, nükleer santraller için potansiyel yerlerin belirlenmesinde yere özgü yeni testlerin yapılmasında yarar vardır. Bu konuda yapılan çalışmalarda yer ivmeleri esas alınmıştır.



Şekil 11. Türkiye'nin deprem tehlike haritası [21].

Yer ivmesi 0,40 g ve daha büyük olan bölgeler I. Derece; 0,30-0,40 g arasında olması beklenen bölgeler II. Derece; 0,20-0,30 g arasındaki bölgeler III. Derece; 0,10-0,20 g arasındaki bölgeler IV. Derece; 0,10 g'den küçük olması beklenen bölgeler V. derece bölge olarak tanımlanmıştır. Ancak nükleer santraller için yer ivme değeri 0,15 g den küçük olamayacağına göre, V. dereceli bölgeler, saha puanlamasında 5 puan ile değerlendirilir ve giderek azalan şekilde diğer bölgeler sıralanacaktır.

Sahadaki yer ivme değerini hesaplamak için çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan biriside magnitüde dayalı hesaplama yöntemidir. Örneğin Hershberger'in geliştirdiği formüle göre episantrdaki yer ivmesi  $\text{Log}A_0 = (M - 2,2) / 1,8$  dir. Burada;  $A_0$ = Episantal yer ivmesi (gal) ve  $M$ = Richter Magnitüdü'dür. (Not: Episantal ivme, magnitüde bağlı olarak 25-40 km'deki hiposantra tekabül etmektedir.) Ayrıca çok büyük magnitüde de yer ivmesinin abartılı çıkabileceği belirtilmiştir [19].



Nükleer santraller büyük ve karmaşık yapılar olduğu için, sahadaki deprem yer ivmesi değeri hem güvenlik açısından hem de santral maliyeti açısından büyük öneme sahiptir. O nedenle sismik tasarımda kullanılan Sıfır Periyot Yer İvmesi (g) (SPYİ) değeri sadece güvenlik otoriteleri tarafından değil, aynı zamanda işletici açısından da dikkate alınması gereken bir faktördür.

Sismik tasarımda esas alınan g seviyelerinin, nükleer santral maliyetleri üzerinde ne gibi etkiler yaratacağı konusu nükleer güç endüstrisi çevrelerinin ilgisini çeken bir konu olmuştur. Ancak bu konuda çok da ayrıntılı çalışmalar yapıldığı söylenemez. Seçilen yerlerin kıyaslaması yapılırken g değerinin getireceği artı maliyetin ne olduğunu ortaya koyabilmek için, yani depremin payını bilmek için daha önce yapılmış bazı araştırmalardan sonuçlar çıkarılmaya çalışılabilir.

Genel olarak bir nükleer santralde, sismik g seviyesinin artması nedeniyle oluşan maliyet artışları aşağıdaki kalemlerde dikkate alınmaktadır:

- a) Saha hazırlama ve temel maliyeti,
- b) İnşaat yapıları maliyeti,
- c) Kazan, Tank, Isı değiştirici, Pompa, Vana ve Fanları kapsayan ve sismik kategori I'e giren mekanik bileşen maliyetleri,
- d) Jeneratörler, Kontrol kabinleri ve Motorları içeren ve sismik kategori I'e giren elektrik bileşen maliyetleri,
- e) Boru tesisatı, Havalandırma kanalı ve Elektrik hatlarını içeren ve sismik kategori I'e giren mekanik ve elektrik dağıtım ve kontrol sistemlerinin maliyetleri.

Saha Hazırlama ve Temel Maliyetleri kapsamında;

- a) Sıvılaşma ihtimali,
- b) Yapıların kayması veya devrilmesi ihtimali,
- c) Sismik yükler altında muhtemel yük taşıma kayıpları dikkate alınmaktadır.

Yer ivme değerinin 0,3 g'yi aşması durumunda yapılan tasarımlarda, genellikle geniş tabanlı temel (radyal) kullanımı ve bina kompleksinin yatay boyutlarının genişletilmesi suretiyle güvenliğin artırılmasına gidilmektedir.

Mekanik Bileşen Maliyetlerinin değerlendirilmesinde, çeşitli mekanik bileşen örnekleri, İşletmeye Esas Deprem (OBE) de öngörülen g seviyeleri için analiz edilmektedir.

Elektrik bileşenlerinin sismik yeterlilikleri, genellikle bileşenlerin imalatçıları tarafından kanıtama testi uygulanarak yapılmaktadır. Genellikle; dizel jeneratör ve motor, dönüştürücü ve kontrol paneli değerlendirmeye alınmaktadır.

Mühendislik Hizmeti Maliyeti: Genel olarak toplam mühendislik hizmetinin yaklaşık %10 adam-saati sismik tasarım için kullanılmaktadır. Bu sismik tasarım hizmeti, saha değerlendirmesi, inşaat yapıları, mekanik bileşenler, buhar ve su dağıtım sistemleri,

elektrik bileşenleri ve elektrik dağıtma sistemleri ile ilgili olarak değişik mühendislik disiplinleri arasında paylaşılmaktadır.

Artan g seviyesine göre değişen maliyetleri anlayabilmek için göz önünde bulundurulması gereken bir konu da kullanılan malzeme miktarlarıdır. Güvenli Durdurma Depremi yer ivme değerinin 0,20 g'den 0,60 g'ye yükselmesi durumunda PWR tipi bir reaktör koruma kabının inşasında kullanılan beton miktarında 1.606 m<sup>3</sup>, donatı miktarında 2.027 tonluk bir artış görülmektedir [12].

Beton ve donatı artış oranları sırasıyla %5,3 ile %35,3 olmaktadır. BWR tipi bir reaktörün koruma kabının inşasında kullanılan beton miktarı 2.677 m<sup>3</sup>, donatı miktarı ise 1749 tonluk bir artış göstermektedir. Beton ve donatı artış oranları da sırasıyla %12 ve %47,9 olmaktadır. Beton miktarlarındaki artış oranları donatıdaki artışlara göre çok daha az olmaktadır. Bunun nedeni depreme karşı tasarımda, asıl arttırılması gereken malzemenin donatı olmasıdır [12].

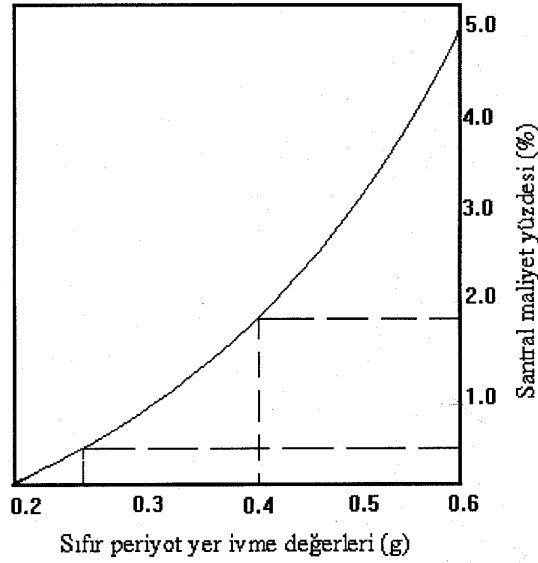
Stevenson tarafından yapılan çalışmada, 1100 MWe'lik bir nükleer güç santral maliyetinin sismik g seviyesinin fonksiyonu olarak nasıl arttığı Şekil 12'de sunulmuştur [12]. Şekil 12'de görüldüğü gibi Güvenli Durdurma Depremi SPYİ değerinin 0,20 g'den 0,6 g'ye yükselmesi durumunda santral maliyeti %5 oranında artmaktadır.

Bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesi sonucu santral tasarımlarındaki mühendislik adam-saat sürelerinin düşmesi ve sismik tasarımla ilgili kısımların g seviyeleri ile santral maliyetlerinin değişimi çok fazla önemli olmadığı, ayrıca yeni güvenlik tasarımlarının zaten çok güvenli olmaları nedeniyle sismik g seviyesi artışlarının santral maliyeti artışlarını fazla etkilemeyeceği gibi sorular akla gelebilmektedir.

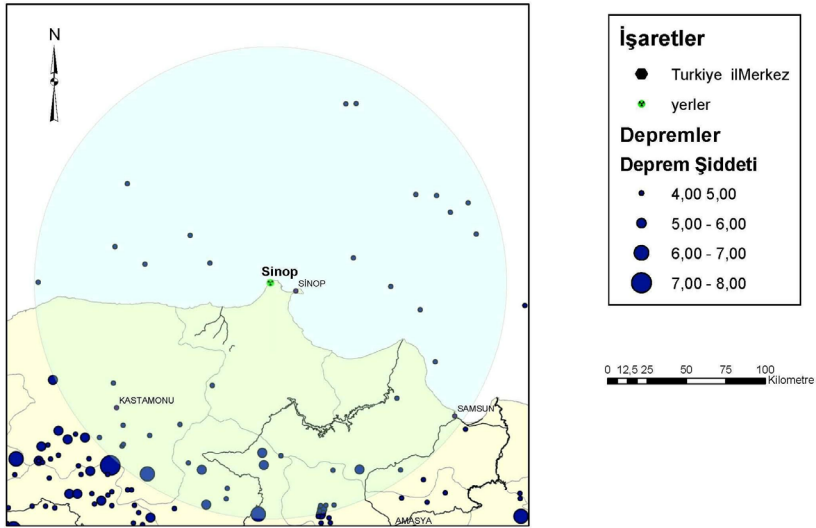
Ancak unutulmaması gereken bir başka konu da yine son yıllarda deprem mühendisliğindeki gelişmeler sonucu yapılan yeni yaklaşımlar ve elde edilen aletsel deprem verileri ile eski dönemlere kıyasla sahaların deprem riskleri de artabilmektedir. Bu konular birlikte değerlendirildiğinde yukarıdaki genellemenin kabul edilebilir olduğu görülmektedir.

Şekil 13'de bir saha için Güvenli Durdurma Depremi puanının nasıl verileceğine ilişkin bir örnek verilmiştir. Burada tahmin edilen puan, sahanın gerçek ivme değerini yansıtan bir değer değildir. Sadece sahaların sıralamasında kullanılabilecek bir değerdir. Saha için belirlenecek ve santral tasarımımda esas alınacak gerçek değer ayrıntılı ve oldukça karmaşık bir çalışmadan sonra belirlenebilmektedir.

Haritadan görüleceği üzere, sahanın 100 km yarıçaplı yakın çevresindeki depremlerin büyüklüğü hiç bir zaman 5'i geçmemiştir. 150 km yarıçaplı alan içerisinde herhangi bir episantr dizilimi görülmemektedir. Sahaya en yakın deprem, Kuzey Anadolu Fayı üzerindeki 25 Haziran 1910 tarihli ve 6,2 büyüklüklü Tosya depremidir. Tosya depreminin merkez üssü, santral sahasına yaklaşık 140-150 km'dir.

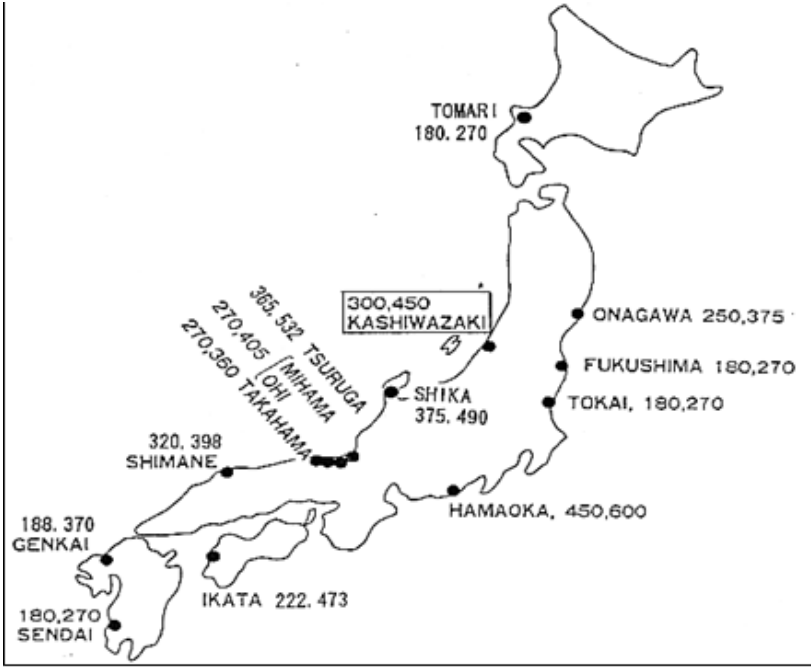


Şekil 12. 1100 MWe'lik bir nükleer güç santrali için sismik maliyet artışları.



Şekil 13. Sinop sahası çevresinde geçmişte meydana gelen depremlerin yerleri.

Aşağıdaki şekilde Japonya’da halen işletmede olan nükleer santrallerin yerleri ve tasarıma esas deprem ivme değerleri gal cinsinden bir örnek olarak verilmiştir (Şekil 14). Şekilden de görüldüğü gibi SL-2 deprem ivme değerleri 0,27 g ile 0,60 g arasında değişmektedir.



Şekil 14. Japonya’da bulunan nükleer santrallerin yerleri ve ivme değerleri.

## Ulaşım

Nükleer santrallerin özellikle deniz kenarına kurulmuş olmasının önemli nedenlerinden birisinin de ulaşım faktörü olduğu söylenebilir. Özellikle limanların yakın olduğu yöreler uzun ve ağır santral parçalarının gemi ile taşınmasında önemli olanaklar sunmaktadır. Bu durum 1970/80 yıllarında santral işletmeyi düşünen ülkemiz içinde belirleyici faktörlerden birisi olmuştur. Esasen bu durum topoğrafik yapısı engebeli olan ve yüksek yük taşıma kapasitesi olmayan karayollarına sahip tüm ülkeler için geçerlidir. Şekil 15’de Sinop nükleer santral sahası ulaşım ağı görülmektedir.

Kimi santral parçalarının hem ağır hem de uzun olmaları nedeniyle karayolu ile taşınması bazı güçlükler yaratabilmektedir. Santral parçalarının sahaya güvenli olarak getirilmesinin yanı sıra ekonomik olarak getirilmesi de göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun yanında sözü edilen parçaların yükleme ve boşaltılması sırasında da bazı güçlükler olabilmektedir.

Ülkeden ülkeye olan nakliyatın gemi ile olması kaçınılmazdır. Ancak limanlarımızdan santral sahasına olan karayolu ulaşımı dikkatle incelenmesi gereken bir konudur. Zira yükleri çok sayıda tekerlekler ile yayarak birim aksa daha az yük bindirilmesine olanak veren uzun treylerlerin kullanılması halinde, bu defa taşıyıcı araçların uzun parçaları getirirken kavşaklarda dönememesi veya köprü altlarından geçememesi gibi sorunlarla karşılaşılması beklenmelidir. Zira kimi parçaların uzunluğu 24,5 m'ye, ağırlıkları ise 700 tona ve çapları 6,7 m.'ye ulaşmaktadır. 1300 MWe kapasiteye sahip Basınçlı Hafif Su Soğutmalı (PWR) bir santralin çeşitli parçalarının boyutları ve ağırlıkları aşağıda verilmektedir (Çizelge 2).



Şekil 15. Sinop nükleer santral sahası ulaşım ağı

Çizelge 2. PWR tipi santrallerin önemli parçalarının boyut ve ağırlıkları.

|                             | <b>Boyutu ( m )</b> | <b>Ağırlığı (ton)</b> | <b>Sayısı</b> |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------|---------------|
| Buhar jeneratörü            | 21x5x5,5            | 470                   | 4             |
| Basınç Kabı                 | 10x7x7              | 415                   | 1             |
| Sabit Basınç Ünitesi        | 6,5x3,5x4,5         | 125                   | 1             |
| Kor İnternali               | 10x5x5              | 125                   | 1             |
| Yüksek Basınç Türbini       | 12x5x5              | 250                   | 2             |
| Alçak Basınç Türbini Rotoru | 12x6x5              | 200                   | 2-3           |
| Besleme Suyu Depolama Tankı | 48x40               | 240                   | 1             |
| Türbin Binası Vinci         | -                   | 2x70                  |               |
| Jeneratör                   | 13,5x5,5x5,5        | 340                   | 1             |
| Transformatör               | 6,5x3,5x4,5         | 270                   | 3             |

Öte yandan EPR türü bir santralin;

|                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| Basınç Kabı (Reactor Pressure Vessel) | 526 ton,     |
| Buhar Jeneratörü (Steam Generator)    | 500 ton,     |
| Soğutma Pompası (Cooling Pump)        | 118 ton'dur. |

AP-1000 reaktörünün, reaktör kazanı 670 ton ağırlığındadır. Boyutları ise 10 m. uzunluğunda ve 6,7 m. çapındadır. Aynı reaktörün buhar jeneratörü ise 700 ton ağırlığındadır. Bu parçanın boyutları ise 24,4 m. uzunluğunda ve 6,09 m. çapındadır.

Bunların dışında ağırlık ve boyutları biraz daha küçük çok sayıda parça mevcuttur. Bazı parçaların küçük parçalara bölünerek getirilmesi mümkün değildir. Yeniden kaynaklama olanağı yoktur. Bu arzu edilse bile aynı standardı tutturmak mümkün olamayacaktır. Görüldüğü üzere parçaların uzun viyadüklerden ya da zayıf köprülerden kolaylıkla geçmesi düşünülemez. Sahanın deniz kenarında olması halinde kimi yerlere liman yapılması gerekebilir. Ayrıca limanlardan alınan parçaların, monte edilecekleri yerlere götürülmeleri içinde yol yapılması gerekebilir.

Ulaşım ve taşıma konusunu irdelerken yukarıda sözünü ettiğimiz hususların ekonomik olarak bazı yükler getireceği açıktır. Ancak bu konuda asıl belirleyici olan parçaların güvenli olarak getirilebilmesidir.

## Diri Faylar

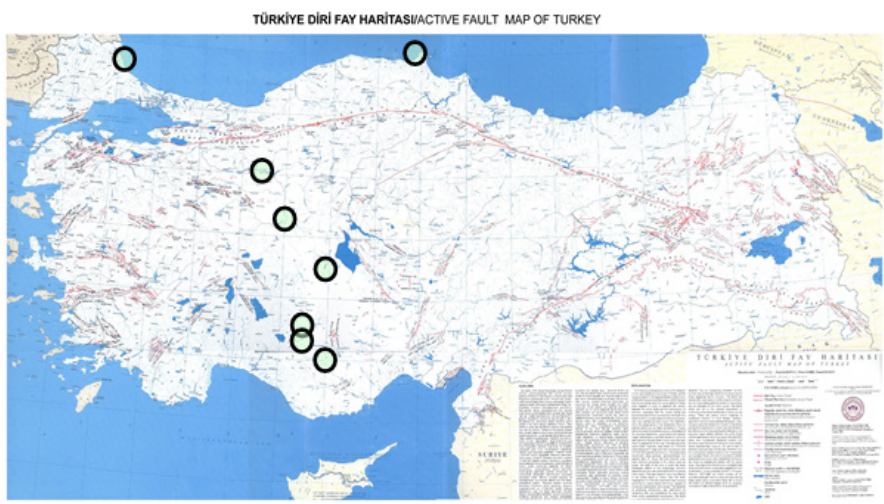
Diri Fay, jeolojik dönemde yeryüzünde ya da yüze yakın yerlerde günümüzde devinebilen faydır. 10 CFR 100 Ek-A'nın tanımlamasına göre, geçmiş son 35.000 yılda en az bir kere hareket eden veya son 500.000 yılda hareketin tekrarını gösteren faydır [16].

Diri fayın etkinliği, fayın sahadan olan uzaklığı (FD) ile fayın uzunluğunun (FL) fonksiyonudur. Yani fayın sahayı etkilememe derecesine SF denirse,  $SF = FD/FL$  olacaktır. Sahalar için değerlendirme yapılırken, bu oran dikkate alınabilir. Yani sahadan çok uzakta olan ve uzunluğu kısa olan fay, derecelendirmede en yüksek puanı alacak demektir.

Bir fayın mevcut olup olmadığı, çok çeşitli yöntemlerle saptanabilir. Örneğin ayrıntılı jeolojik haritalama bir yöntemdir. Bunun dışında hava fotoğrafları, havadan manyetik ve sismik kırılma ve yansıma yöntemleri kullanılabilir. Fakat en etkin yöntem fay üzerinde açılacak bir hendek (trench) boyunca depreme maruz kalmış birimlerin C14 yöntemi ile yaşlandırılması esasına dayanan paleosismik çalışmalardır. Böylesine etütlerin bulunmadığı yerlerde, fayların yeri ve uzunluklarının tayininde yetkili kurumlar tarafından hazırlanan Diri Fay Haritası [22] kullanılabilir (Şekil 16). Öte yandan NRC kriterlerine göre, ayrıntılı araştırmalarda, sahayı merkez kabul eden noktadan itibaren 320 km (200 mil)'lik alan dikkate alınmaktadır. Yer secimi aşamasında, daha dar bir alan yani sahanın etrafındaki 100-110 km.'lik bölgedeki faylar dikkate alınabilir. Bu kriterler ışığında sahaların değerlendirilmesinde şöyle bir sonuca gidilebileceği düşünülmüştür. Fay Uzaklığı/Fay

Uzunluğu oranı;

- >1 ise ..... 5 puan
- 0.75—1 arasında ise..... 4 puan
- 0.50---0.74 “ ise.....3 puan
- 0.25---0.49 “ ise.....2 puan
- 0.15---0.24 “ ise.....1 puan olarak değerlendirilebilir.



Şekil 16. Türkiye'nin potansiyel nükleer santral yerleri ve diri fay haritası.

### Yeraltı Suyu

Bu bölümde yer altı su seviyesi ve yer altı formasyonunun özellikleri değerlendirilir. Çünkü bu hususlar santralin tasarımını ve işletmesini etkileyebilen faktörlerdir. Güvenlikle ilgili yapı, bileşen ve sistemlerin bazı yeraltı kısımları, bazen sezona bağlı olarak su seviyesinin altına düşerler ve böylece yeraltı suyunun hidrostatik yüklerine maruz kalırlar. O nedenle su tablasının altında kalan yer altı tesislerinin tasarımında, hidrostatik yüklere dayanmak için bazı ilave malzemelere ihtiyaç duyulacağı hesaba katılmalıdır. Yer altı suyunun hidrostatik yüklerini geçici olarak azaltmak için akaçlama (dewatering) gerekebilir. Keza su seviyesinin altında kalan reaktör tesislerine olabilecek su sızıntısını önlemek için yine akaçlamaya ihtiyaç duyulabilir.

### Taşkın Potansiyeli

Taşkın potansiyelini belirlemek için bölge analiz edilir. Taşkınların nedeni yağışlar olabileceği gibi kar erimesi, su yükselmesi ve yüksek dalgalar da olabilir. Baraj yıkılması,



sayılan diğer faktörlerden daha ciddi taşkınlara yol açabilmektedir. Taşkınların değerlendirilmesi için meteorolojik ve hidrolojik modeller geliştirilmelidir. Tasarımda kullanılacak taşkınlar, bu modellerden hareketle ortaya konur. Keza taşkınlar akıntıya karşı su kontrol yapıları, bu yapılardan biri veya daha fazlasının yetersizliği durumunda nükleer santralin dayanabileceğini belirlemek açısından analiz edilmektedir.

Buradaki değerlendirmenin temel amacı, muhtemel en büyük taşkın seviyelerini belirlemek ve buradan hareketle, öngörülen sahaları birbirleri ile mukayese yaparak bir sıralamaya gitmektir. Bunun yanında muhtemel en yüksek yağış için santral drenajını belirlemektir.

### **Soğutma Suyu Kaynağı**

Nükleer santraller, yoğunlaştırıcıdan ısının atılması için güvenilir su kaynağına ihtiyaç duyarlar. Ayrıca servis suyu sistemi ve diğer kullanımlar için yeterli ve güvenilir su kaynağı gerekmektedir. Öte yandan belirtilen su mevcudiyeti, sadece normal işletme sırasında olmayıp aynı zamanda reaktör kapalı iken ve öngörülen en kötü kaza durumlarında ısı soğurma için de gereklidir. Ayrıca yangından korunma için de yeterli ve güvenilir suyun bulunması gerektiği açıktır.

Bir nükleer santralin türbininden çıkan buhar yoğunlaştırılmak zorundadır. Bu işlem yoğunlaştırıcı olarak adlandırılan bir ısı değiştirici ile gerçekleştirilmektedir. Bahsedilen ısı değiştirici için gerekli olan su miktarı, diğer sistemlere (servis suyu sistemi ve ekipman soğutma sistemi gibi) göre oldukça fazladır. Türbin çıkışından gelen nemli su buharı, yoğunlaştırıcı marifetiyle deniz veya akarsu gibi bir su kaynağından beslenen soğutma suyu ile yoğunlaştırılmaktadır. Soğutucu kaynağın yetersiz kaldığı durumlarda soğutma kulelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Santrallerin su ihtiyaçları reaktör tiplerine ve kapasitelerinin yanı sıra, çevresel koşullara göre de değişmektedir. Nükleer santrallerin su ihtiyacının büyük bir bölümü türbin yoğunlaştırıcısı içindir. Santralda ne kadar su kullanılacağına hesaplanması, çevresel ve meteorolojik koşulların yanı sıra sistem tasarımı da göz önüne alınarak yapılmaktadır. Ana buhar sisteminin tasarım yapısı önemli bir faktördür. Ana buhar sisteminin tasarım özellikleri türbin tasarımıyla doğrudan ilgilidir. Türbin servis suyu ve türbin binası soğutma suyu sistemleri, güvenlikle ilgili olmayan sistemlerin soğutma ihtiyaçlarını sağlamaktadır. Bunun yanında, güvenlik ile ilgili sistemlerin soğutmasını sağlayan servis suyu sistemleri de mevcuttur.

Bir yoğunlaştırıcı tasarımındaki belirleyici unsur, türbin çıkışındaki nemli su buharından ne kadar enerji çekileceğidir. Akarsu ve deniz gibi sabit sıcaklıktaki bir kaynaktan birim zamanda çekilecek su miktarını, yoğunlaştırılacak nemli su buharının akış hızı, entalpisi kalitesi gibi termodinamik sınır koşullar belirlemektedir. Çizelge 3’de bazı reaktör tasarımlarının yoğunlaştırıcılarına dair parametreler görülmektedir [19].

**Çizelge 3. Çeşitli tip reaktörlerin yoğunlaştırıcı parametreleri.**

|                                                         | KWU<br>Akkuyu | KWU<br>Isar-2 | EPR    |
|---------------------------------------------------------|---------------|---------------|--------|
| Reaktör tipi                                            | PWR           | PWR           | PWR    |
| Güç (MWe)                                               | 1000          | 1300          | 1650   |
| Buhar kütle akış oranı. Kg/sn (türbin çıkışı)           | 931,8         | 1180          | -      |
| Yoğunlaştırıcı soğutma suyu akış oranı (Kg/sn)          | 50.220        | 60.000        | 37.650 |
| Yoğunlaştırıcı soğutma suyu nominal giriş sıcaklığı (C) | 20            | 21            | 13     |
| Yoğunlaştırıcı soğutma suyu nominal çıkış sıcaklığı (C) | 29,5          | -             | -      |
| Tüp sayısı                                              | 3x12.050      | -             | 84.400 |
| Yüzey alanı (m2)                                        | 3x10.599      | 3x32.176      | 86.763 |

Yukarıda verilen tasarım örneğinde görüldüğü üzere yoğunlaştırıcının ihtiyaç duyduğu soğutma suyu debisi oldukça yüksektir. Ülkemizde bir akarsu kenarına kurulacak nükleer güç santralının soğutma suyunu bütünüyle bu kaynaktan sağlaması, hem ekolojik dengeyi bozma olasılığı, hem de akarsuyun akışının mevsimsel değişiklikler gösterebileceği göz önüne alındığında, teknik olarak zor görünmektedir. Bu itibarla akarsu kenarına kurulacak bir nükleer santralin yoğunlaştırıcısından ısı çekme işlevinin, soğutma kulesi kullanılarak yapılması daha uygun görülmektedir.

Çizelge 4’de çeşitli ülkelerdeki nehir ve göl kenarına kurulmuş reaktörlerin, soğutma sistemleri sunulmuştur. Buradan da görüleceği gibi, nehir kenarındaki bazı reaktörler, hem doğrudan soğutma sistemine hem de soğutma kulesine sahiptirler.

Soğutma kuleleri, zorlamalı ve doğal dolaşım tipi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ayrıca soğutucu suyun hava ile temas edip etmediğine bağlı olarak, soğutma kuleleri Kuru ve Islak Tip olarak da adlandırılmaktadır. Dünyada çoğunlukla doğal dolaşımli ıslak tip soğutma kuleleri kullanılmaktadır. Islak tip (yani yoğunlaştırıcıdan gelen soğutma suyu ile havanın direk temas ettiği tip) bir soğutma kulesindeki en önemli parametre, yakındaki bir akarsudan sağlanacak tamamlama suyunun debisi ve sıcaklığıdır.

1000-1600 MWe gücündeki bir nükleer santralin yoğunlaştırıcı sisteminin doğrudan akarsudan beslenmesi durumunda 40.000-60.000 kg/sn akış oranına sahip soğutma suyuna ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu santralin yoğunlaştırıcı sisteminin soğutma kulesi marifetiyle soğutulması durumunda, 40.000-60.000 kg/sn’lik yoğunlaştırıcı soğutma suyu akış oranı kullanılarak yapılan hesaplamalarda, yaklaşık 800 kg/sn tamamlama suyu akış miktarına ihtiyaç vardır.

Sonuçta, nükleer santral aday sahaları için ıslak tip soğutma kulesi kullanıldığında, saha değerlendirmesi bakımından ortalama 1000 kg/sn (1 m<sup>3</sup>/sn) tamamlama suyu akış oranı değeri bir ölçüt olarak kullanılabilir. (İtalyan mevzuatına göre, herhangi bir santralde soğutma kulesinin kullanılması halinde en az 1,5 m<sup>3</sup>/sn'lik suyun sağlanması gerekmektedir. Doğrudan soğutmanın kullanılması halinde de 1000 MWe gücündeki bir santral için, yıl boyunca 50 m<sup>3</sup>/sn'lik suyun sağlanması gerekmektedir. Bu durumda kaynağın santraldan uzaklığının da 3 km'den az olması gerekmektedir.

Buzlanma da nükleer santraller için oldukça önemli bir risk kaynağıdır. Su kaynağının ve soğutma kulesinin buzlanma veya donma hallerinde santralin blokaja maruz kalması ve de akarsuda çok miktarda canlı organizmaların bulunmasının, reaktör kalbinden ısı çekme işlevini uzun vadeli olarak sağlayan sistemlerin fonksiyonlarını kaybetmesine neden olabileceği unutulmamalıdır.

Bir başka konu da reaktörlerde kullanılan soğutma kulelerinin çok yüksek olmasıdır. Dolayısı ile soğutma amacı ile kullanılan su, kulelere ancak pompa ile basılabilir. Bu da bir nevi iç güç kaybı olarak değerlendirilebilir.

AP-1000 reaktörünün "Saha Tasarım Parametreleri Çizelge 5'de sunulmuştur [19].

Ülkemizdeki nehirler açısından yapılan incelemelerde, Marmara, Ege, İç Anadolu (Sakarya Havzası dahil) ve Akdeniz bölgesindeki akarsuların çoğunun akımlarında belli bir trend bulunduğu, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nün (EİE) bir çalışmada gösterilmektedir. Trend genellikle zamanla azalan yöndedir. Son 30-60 yıllık dönemde Türkiye'nin Batı, Orta ve Güney bölgelerindeki akarsuların özellikle ortalama ve düşük akımlarında (bazılarının max akımlarında) anlamlı bir azalma olduğu ortaya çıkmaktadır. Diğer bölgelerde ise istatistik bakımdan anlamlı bir trendin görülmediği aynı çalışmada ifade edilmektedir. Ülkemizde bulunan nehir sularının, doğrudan soğutmada kullanılması için yeterli olmadığı söylenebilir.

Bir akarsuyun akım değerleri yılın belli zamanlarında çok düşük değerler alabildiği gibi bazen de tümüyle kuruyabilmektedir. Bu durum genellikle sulamanın önemli olduğu yaz aylarında meydana gelmektedir. Aynı zamanda düşük akım dönemlerinde atık suların yüzeysel sulara verilmesinde seyrelme bakımından önemli sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Düşük akım frekans analizleri yapılarak su biriktirme yapıları ve soğutma tesislerinde en az atık su bırakma değerlerinin ne kadar olacağı hesaplanmaktadır.

**Çizelge 4. Çeşitli ülkelerde nehir ve göl kenarına kurulmuş reaktörlerin kullandıkları soğutma sistemleri.**

| SAHA           | Isıl<br>(MW) | Güç | B r ü t<br>Elektrik | N e t<br>Elektrik | Kurulum<br>Tarihi | T i c a r i<br>Ü r e t i m<br>Tarihi | Soğutma Şekli                   |
|----------------|--------------|-----|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| ARMENIA        | 1.375,00     |     | 408,00              | 376,00            | Tem.75            | May.80                               |                                 |
| DOEL           | 2.775,00     |     | 1.056,00            | 1.006,00          | Oca.75            | Eki.82                               | Soğutma Kulesi, Doğrudan, Nehir |
| KOZLODUY       | 1.375,00     |     | 440,00              | 408,00            | Haz.76            | Oca.81                               | Doğrudan, Nehir                 |
| DARLINGTON     | 2.776,00     |     | 935,00              | 881,00            | Nis.82            | Kas.92                               | Göl/Doğrudan                    |
| GENTILLY       | 2.156,00     |     | 675,00              | 635,00            | Nis.74            | Eki.83                               | Nehir/Doğrudan                  |
| PICKERING      | 1.744,00     |     | 540,00              | 516,00            | Kas.74            | May.83                               | Göl/Doğrudan                    |
| GOLFECH        | 3.817,00     |     | 1.363,00            | 1.310,00          | Kas.82            | Şub.91                               | Nehir/Soğutma Kulesi            |
| PHENIX         | 591,00       |     | 250,00              | 233,00            | Kas.68            | Tem.74                               | Nehir/Doğrudan                  |
| NECKARWESTHEIM | 2.497,00     |     | 840,00              | 785,00            | Şub.72            | Ara.76                               | Soğutma Kulesi Veya Doğrudan    |
| PHILIPPSBURG   | 3.765,00     |     | 1.458,00            | 1.392,00          | Tem.77            | Nis.85                               | Doğrudan, Ek Soğut. Kulesi      |
| BOHUNICE       | 1.375,00     |     | 440,00              | 408,00            | Nis.72            | Nis.80                               | Soğutma Kulesi                  |
| KRISKO         | 1.876,00     |     | 707,00              | 656,00            | Mar.75            | Oca.83                               | Nehir/Doğrudan/Soğutma Kulesi   |
| GOESGEN        | 2.900,00     |     | 1.020,00            | 970,00            | Ara.73            | Kas.79                               | Soğutma Kulesi                  |
| LEIBSTADT      | 3.138,00     |     | 1.200,00            | 1.165,00          | Oca.74            | Ara.84                               | Soğutma Kulesi                  |

**Çizelge 5. AP 1000 standart santralin saha tasarım parametreleri.**

|                                   | Parametre                                                | Değerler                                            |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Santral alanı                     | AP-1000 1 ünite                                          | 162x241 m. yaklaşık 39 dönüm                        |
| Hava sıcaklığı                    | En yüksek                                                | 46,10C kuru 26,660C ıslak, 27,220C ıslak            |
|                                   | En düşük                                                 | -400C                                               |
| Rüzgar hızı                       | İşletme için                                             | 177 km/saat,                                        |
|                                   | Şiddetli fırtına                                         | 483 km/saat                                         |
| Sismoloji                         | SL-2                                                     | 0,30 g pik yer ivmesi                               |
|                                   | Kesme dalgası hızı                                       | 305 m/sn                                            |
| Zemin                             | Ortalama.izin verilebilir statik zemin taşıma kapasitesi | 0,40 MPa (8,4 ksf)                                  |
|                                   | Temel derinliği                                          | 12 m                                                |
|                                   | Sıvılaşma                                                | Yok                                                 |
| Fırtına/ Çarpmalar                | Spektrum                                                 | 4000 lb,yatay 105 mph da otomobil, (74 mph düşey)   |
|                                   |                                                          | 1 inch çaplı çelik top ( 105 mph yatay ve düşeyde.) |
| Taşkın                            | Taşma seviyesi                                           | Santral seviyesinden 31 m aşağıda                   |
| Yer altı suyu                     | Yer altı suyu seviyesi                                   | Santral seviyesinden 29,9 m aşağıda                 |
| Yağış                             | Yağmur                                                   | 0,5 m/sn                                            |
|                                   | Kar/Buz                                                  | 75 psf yerde                                        |
| Atmosferik Dağılım Değerleri(X/Q) | Saha sınırı(0-2 saat)                                    | £0,6x103 san/m3                                     |
|                                   | Saha sınırı (Yıllık ort.)                                | £2x105 san/m3                                       |
|                                   | 0-8 saat                                                 | £1,35x104 san/m3                                    |
|                                   | 8-24 saat                                                | £1x104 san/m3                                       |
|                                   | 24-96 saat                                               | £5,4x105 san/m3                                     |
|                                   | 96-720 saat                                              | £2.2x106 San/m3                                     |
| Denetimli alan                    | Denetimli alan sınırları                                 | 805 m.                                              |

Günümüzde kapatılmış olan EİE'nin bir çalışmasında, zamana bağlı bir değişimin olup olmadığı araştırılmış ve Türkiye'nin tamamına yakın 24 su havzasına ait 99 akım ölçüm istasyonunun yıllık en düşük akım değerleri, 1 ve 7 günlük olarak bulunarak, basit doğrusal regresyona tabi tutulmuş ve aralarında anlamlı bir ilişki olup olmadığı irdelenmiştir. Yapılan değerlendirmelerde, ülkemizdeki suların giderek azalan bir trend'e sahip olduğu gözlenmektedir. Yukarıdaki bilgilerin ışığında herhangi bir sahanın değerlendirmesi yapılırken;

- Saha deniz kenarında olup, doğrudan soğutma (once through cooling) sistemi kullanılıyor ise 5 puan,

- Saha göl veya ırmak kenarında olup, doğrudan soğutma sistemi kullanılıyor ise 4,5 puan,
- Saha göl veya ırmak kenarında olup, hem doğrudan soğutma hem de soğutma kulesi birlikte kullanılıyorsa 4 puan,
- Saha göl veya ırmak kenarında olup, ıslak tip soğutma kulesi kullanılıyor ise 3 puan,
- Saha göl kenarında olup, kuru tip soğutma sistemi kullanılıyor ise 2 puan,
- Saha ırmak kenarında olup, kuru tip soğutma sistemi kullanılıyor ise 1 puan,
- Yeterli su bulunmaması halinde 0 puan verilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

### Çevresel Kriterler

Çevresel kriterler bağlamında saha puanlaması yapılırken, tesisin inşaat ve işletme aşamasında çevreye olabilecek etkileri ve çevresel özelliklerin tesis üzerindeki etkileri değerlendirilir. Kara ve sucul ortamlardaki flora ve fauna üzerindeki etkilerin değerlendirildiği Karasal ve Sucul Yaşam, bölgedeki su kaynaklarının kullanımı, içme ve diğer amaçlı kullanılan su kaynaklarına uzaklık gibi parametrelerin değerlendirildiği Yer Altı Suyu ile Yüzey Suları ve bölgedeki besin zinciri öğeleri ile birlikte değerlendirilen nüfus alt bölümleri aşağıda irdelenmiştir. Ancak doğrudan soğutma sistemi ile sucul organizmaların karşılıklı olası etkileri, örnekleme periyodlarının yumurtlama ve üreme zamanlarına bağlı olması nedeniyle, örneklemenin yılda birkaç kez yapılması gerekliliği unutulmamalıdır.

Karasal ve sucul yaşam: Bu bölümün amacı, tesisin inşaatı ve işletmesi sırasında öngörülen sahalarındaki önemli biyolojik türler veya ekolojik sistem üzerindeki olumsuz etkiler ile ilgili olarak sahanın uygunluğunu değerlendirmektir.

Değerlendirmeye esas alınan kriterler şunlardır:

- Soğutma kulesi, yol, köprü vb. gereksinimler nedeniyle, değişime uğraması öngörülen arazi büyüklüğü,
- Tesisin yapımı nedeniyle yöredeki canlıların yaşamlarını sürdürmek için gerekli barınma, beslenme, korunma vb. kaynakların yer değiştirmek zorunda olması,
- Yüksek önemdeki sulak alanlara yakınlık,
- Sahanın barınma veya beslenme yeri olarak kullanılıyor olması,
- Sahada koruma altındaki, nesli tehlikede veya önemli bölgesel biyolojik türlerin varlığı,
- Bilinen ticari değeri olan karasal ve sucul biyolojik türlerin varlığı,

- Tarım arazilerine yakınlık,
- Park ve ormanlara yakınlık

### Yüzey ve Yeraltı Suları

Santral sahasındaki yer altı sularının araştırılmasının temel amaçlarından biri, içme ve kullanma ile soğutmayı temin etmek için yer altı sularının durumunu ortaya koyarak bunun çevresel etkilerini değerlendirmektir. Ayrıca, bir yandan yer altı suyu çekilmesinin çevresel etkilerini değerlendirmek diğer taraftan yer altı su tablasının altında kalan reaktör tesislerine yer altı suyu sızmasının veya yer altı suyu hidrostatik yüklerin tesis üzerindeki olası sonuçlarını irdelemektir.

Sahadaki yer altı suyu çekilmeleri, çevresindeki kuyuların verimliliğini azaltabilir veya tuzlu su girişine neden olabilir. Ya da çevresindeki suların kalitesini düşürebilir. Çökmelere ya da obruklara neden olabilir veya saha ile çevresindeki sulu alanların su dengesini negatif etkileyebilir.

Bu konuyu araştırmanın bir başka boyutu ise, herhangi bir kaza durumunda, yer altı sularına olabilecek sızıntıların değerlendirilmesidir. Radyolojik olarak kontamine olmuş sıvıların akifere sızması önemli sonuçlar doğurabilir. Nitekim bu sular, herhangi bir kaza durumunda bir şekilde bir yol oluşturarak radyoaktif maddeleri insanlara taşıyabilirler. O nedenle bu tür akiferlerin bulunması halinde, santral sahasının uygunluğu bu açıdan da değerlendirilmektedir.

Yüzey suları açısından yapılan değerlendirmenin amacı, su çekilmeleri veya boşaltılmasının, sahaların yakınlarındaki su ve su kullanıcıları üzerindeki olası etkilerini değerlendirmektir. Nükleer santralin inşaat, işletme ve sonuçta sökülmesi, yakınlardaki su kütlesi üzerinde çeşitli etkilere sahiptir.

Öte yandan su çekilmesi bitkisel çevre üzerinde değişikliklere neden olmaktadır. Su kullanımı sadece günümüzdeki kullanıcıları değil gelecekteki kullanıcıları da etkileyecektir. Santraldan atılan sıvı atıklar, balıkların geçiş yolları ile balık göçlerini etkileyen soğuk ve sıcak bölgeleri etkileyebilirler.

Bu çerçevede, tesis için soğutma suyu ile içme ve kullanma suyu ihtiyacının karşılanmasına yönelik yapılan değerlendirmede;

- Mevcut su potansiyeli,
- Su kalitesinin uygunluğu,
- Diğer kullanıcıların etkilenip etkilenmeyeceği,

Yer altı suyu seviyesi göz önünde bulundurularak olabilecek sızıntının yer altı suyunu ve tesisi etkileme potansiyeli dikkate alınmaktadır.



## Çevresel Haklar

Çevresel hak, renk, milliyet, etnik orijin, gelir durumu gibi özelliklere bakmaksızın, çevresel yasa, tüzük ve yönetmelik ile politikaların uygulanmasında tüm toplumun her türlü gelişmelerden eşit şekilde ve iyi niyetle yararlanması ve aynı şekilde iyi niyetle çevreye katkı yapmasıdır.

Buradaki iyi niyetten kasıt, devletin veya yerel yönetimlerin program ve politikalarından veya endüstriyel ya da ticari işletmelerden dolayı ortaya çıkan çevresel sonuçların negatif etkilerini ırk, etnik veya sosyo-ekonomik herhangi bir grubun oransız olarak yüklenmemesidir.

Bu konu ile ilgili ülkemizdeki temel mevzuat, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) dokümanının hazırlanması şeklinde tezahür etmektedir. Her türlü yatırım için ÇED hazırlanması zorunluluğu vardır. Sürdürülebilir, çevreye uyumu olmayan bir faaliyetin onaylanması olası değildir. Ayrıca herhangi bir etnik köken ya da farklı dinsel gruplardan gelen kişilere göre ayrıcalıklı tavır söz konusu olamaz. Nükleer santraller için de bu durum geçerlidir.

Buradaki amaç, çevreyi kirletmeden, sürdürülebilir kalkınma programlarını uygulayabilmek ve gelecek kuşaklara yaşanabilir bir çevre mirası temin edebilmektir. Ülkemizde uygulanmakta olan mevzuata göre, nükleer santral ÇED raporlarının formatı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca hazırlanmakta, ancak ilgili bölümlerin değerlendirilmesi Nükleer Düzenleme Kurulu tarafından yapılmaktadır.

## SEÇENEKLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE UYGUN SAHANIN SEÇİMİ

Yukarıda belirtilen 43 kriterin puanlamasını yapmak için farklı uzmanlık alanlarına ihtiyaç olduğu açıktır. Çoğunlukla yerbilimcilerin ilgi alanına girmekle birlikte, meteorologların, inşaat mühendislerinin, çevre bilimcilerin, arkeologların, nüfus planlamacıların, yol mühendislerinin ve daha birçok alanda çalışan uzmanların bir nükleer uzman ekiple birlikte çalışması gerekmektedir.

Burada asıl sorun, her bir kriter için verilecek puanların objektif olarak belirlenebilmesidir. Bunun için bazı ölçülerin önceden saptanması gerekmektedir. Bir nükleer santral için en uygun sahanın sıralaması yukarıdaki kriterlere göre verilecek puanlara dayalı olarak, aşağıdaki formül ile belirlenir [14]. Her bir kriter için 1'den 5'e kadar değişen sıralama puanı verilir. 5 sayısı en uygun olma koşuluna denk gelmekte olup, 1 ise söz konusu kriter için en zayıf olanı temsil eder. Bununla birlikte herhangi bir saha için kesinlikle reddedilmesi gereken bir kriter var ise, o saha için sıfır puanı verilir.

Ayrıca sahanın tümüyle değerlendirilmesinde, her bir kriter gurubu ve alt kriterler için ağırlık faktörü belirlenir. 4 ayrı kriter gurubu için eşit ağırlık puanı verilebileceği gibi,

farklı nedenler dikkate alınarak örneğin mühendislik kriterinin puanı diğerlerinden daha fazla tutulabilir. Ya da çevresel kaygılar nedeniyle çevresel kriterin puanı daha ağırlıklı hale getirilebilir. Bu çalışmada verilen örnekte Ekonomik ve Mühendislik gurubu için 0,3 ağırlık puanı, çevresel ve sosyolojik guruplar için 0,2 ağırlık puanı dikkate alınmıştır.

Tüm kriterlerin ağırlıklı puanlarının toplamı, söz konusu sahanın toplam puanı olup, o sahanın eriştiği puanı gösterir. Önceden belirlenen potansiyel sahalar, elde ettikleri puanlara göre sıralanır ve en yüksek puanı alan saha için ayrıntılı araştırmalara geçilir.

Sahaların aldığı puanlar, aşağıdaki formüle göre belirlenir. Ekonomik, mühendislik, çevresel ve sosyolojik olarak belirlenmiş olan 4 ana grubun sayısı ve ağırlık puanları ile alt kriterlerin ağırlık puanları verilen önceliklere göre değiştirilebilmektedir. Sahaların puanlamasına dair bir örnek, Çizelge 6'da sunulmuştur. Çizelgeden de görüldüğü üzere 451 puan alan A sahası, en uygun saha olarak öne çıkmıştır.

$$SM = \sum_{i=1}^4 \left[ W_i \sum_{j=1}^{b_i} W_{ij} R_{ij} \right]$$

$SM$  = Saha değeri (0-500)

$i$  = Kriter grup sayısı (1-4)

$W_i$  =  $i$  kriter grubunun ağırlık faktörü (0-1)

$j$  = Kriter sayısı

$b$  =  $i$  kriter grubu içindeki kriter sayısı

$W_{ij}$  =  $i$  kriter grubunun içindeki  $j$  kriterinin ağırlık faktörü (0-100)

$R_{ij}$  =  $i$  kriter grubunun içindeki  $j$  kriteri için sahaya verilen puan (1-5)

**Çizelge 6. Sahaların sıralanması amacıyla yapılan puanlama örneği.**

| GROUP WEIGHT (W <sub>g</sub> ) | CRITERION (b <sub>j</sub> )     | Weight in g (SW <sub>g</sub> ) | Site A (R <sub>j</sub> ) | SW <sub>j</sub> R <sub>j</sub> | Site B (R <sub>j</sub> ) | SW <sub>j</sub> R <sub>j</sub> | Site C (R <sub>j</sub> ) | SW <sub>j</sub> R <sub>j</sub> | Site D (R <sub>j</sub> ) | SW <sub>j</sub> R <sub>j</sub> | Site E (R <sub>j</sub> ) | SW <sub>j</sub> R <sub>j</sub> | Site F (R <sub>j</sub> ) | SW <sub>j</sub> R <sub>j</sub> |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| ECONOMIC (0,3)                 | Electricity Projections         | 40                             | 5                        | 200                            | 5                        | 200                            | 5                        | 200                            | 5                        | 200                            | 5                        | 200                            | 5                        | 200                            |
|                                | Transmission System             | 30                             | 5                        | 150                            | 2                        | 60                             | 3                        | 90                             | 4                        | 120                            | 1                        | 30                             | 2                        | 60                             |
|                                | Public Opinion & Legislation    | 20                             | 4,5                      | 90                             | 2                        | 40                             | 5                        | 100                            | 3                        | 60                             | 1                        | 20                             | 0                        | 0                              |
|                                | Site Preparation Cost           | 10                             | 5                        | 50                             | 3                        | 30                             | 4                        | 40                             | 4                        | 40                             | 1                        | 10                             | 0                        | 0                              |
|                                | <b>Subtotal</b>                 | <b>100</b>                     | <b>-</b>                 | <b>490</b>                     | <b>-</b>                 | <b>330</b>                     | <b>-</b>                 | <b>430</b>                     | <b>-</b>                 | <b>420</b>                     | <b>-</b>                 | <b>260</b>                     | <b>-</b>                 | <b>260</b>                     |
| ENGINEERING (0,3)              | Site Size                       | 6                              | 5                        | 30                             | 3                        | 18                             | 4,5                      | 27                             | 3                        | 18                             | 1                        | 6                              | 1                        | 6                              |
|                                | Site Topography                 | 3                              | 5                        | 15                             | 3                        | 9                              | 4,5                      | 13,5                           | 3                        | 9                              | 5                        | 15                             | 4                        | 12                             |
|                                | Environmentally Sensitive Areas | 7                              | 5                        | 35                             | 1                        | 7                              | 4,5                      | 31,5                           | 4,5                      | 31,5                           | 1                        | 7                              | 0                        | 0                              |
|                                | Emergency Planning / Population | 6                              | 5                        | 30                             | 3                        | 18                             | 4,5                      | 27                             | 4                        | 24                             | 3                        | 18                             | 3                        | 18                             |
|                                | Labor Supply                    | 3                              | 4                        | 12                             | 4                        | 12                             | 4                        | 12                             | 4                        | 12                             | 4                        | 12                             | 4                        | 12                             |
|                                | Transportation Access           | 4                              | 5                        | 20                             | 5                        | 20                             | 3                        | 12                             | 3                        | 12                             | 3                        | 12                             | 0                        | 0                              |
|                                | Security                        | 3                              | 4                        | 12                             | 4                        | 12                             | 4                        | 12                             | 4,5                      | 13,5                           | 5                        | 15                             | 5                        | 15                             |
|                                | Nearby Hazardous Facilities     | 3                              | 5                        | 15                             | 5                        | 15                             | 5                        | 15                             | 4                        | 12                             | 5                        | 15                             | 3                        | 9                              |
|                                | Regulatory Issues               | 4                              | 5                        | 20                             | 5                        | 20                             | 4,5                      | 18                             | 3                        | 12                             | 2                        | 8                              | 0                        | 0                              |
|                                | Schedule                        | 4                              | 4                        | 16                             | 2                        | 8                              | 4                        | 16                             | 4                        | 16                             | 4                        | 16                             | 1                        | 4                              |
|                                | Safe Shutdown Earthquake        | 9                              | 3                        | 27                             | 3,5                      | 31,5                           | 2                        | 18                             | 3,5                      | 31,5                           | 3                        | 27                             | 2                        | 18                             |
|                                | Capable Faults                  | 7                              | 4                        | 28                             | 5                        | 35                             | 2                        | 14                             | 4                        | 28                             | 4                        | 28                             | 1                        | 7                              |
|                                | Liquefaction Potential          | 6                              | 5                        | 30                             | 5                        | 30                             | 4                        | 24                             | 3                        | 18                             | 3                        | 18                             | 5                        | 30                             |
|                                | Bearing Material                | 3                              | 5                        | 15                             | 5                        | 15                             | 3                        | 9                              | 2                        | 6                              | 3                        | 9                              | 1                        | 3                              |
|                                | Near Surface Material           | 2                              | 5                        | 10                             | 4                        | 8                              | 3                        | 6                              | 2                        | 4                              | 5                        | 10                             | 5                        | 10                             |
|                                | Ground Water                    | 3                              | 5                        | 15                             | 5                        | 15                             | 5                        | 15                             | 2                        | 6                              | 4                        | 12                             | 4                        | 12                             |
|                                | Flooding Potential              | 5                              | 4                        | 20                             | 5                        | 25                             | 5                        | 25                             | 4                        | 20                             | 4                        | 20                             | 1                        | 5                              |
|                                | Ice Formation                   | 2                              | 5                        | 10                             | 5                        | 10                             | 4,5                      | 9                              | 4,5                      | 9                              | 4                        | 8                              | 4                        | 8                              |
|                                | Cooling Water Source            | 9                              | 5                        | 45                             | 5                        | 45                             | 4                        | 36                             | 3                        | 27                             | 0                        | 0                              | 0                        | 0                              |
|                                | Temperature & Moisture          | 2                              | 4                        | 8                              | 3                        | 6                              | 2                        | 4                              | 2                        | 4                              | 2                        | 4                              | 2                        | 4                              |
|                                | Winds                           | 2                              | 3                        | 6                              | 4,5                      | 9                              | 4                        | 8                              | 3,5                      | 7                              | 2                        | 4                              | 4                        | 8                              |
|                                | Rainfall                        | 2                              | 1,5                      | 3                              | 1,5                      | 3                              | 4                        | 8                              | 3,5                      | 7                              | 1                        | 2                              | 4,5                      | 9                              |
|                                | Snow                            | 2                              | 4                        | 8                              | 4                        | 8                              | 5                        | 10                             | 5                        | 10                             | 2                        | 4                              | 2                        | 4                              |
|                                | Atmospheric Dispersion          | 3                              | 4,5                      | 13,5                           | 3                        | 9                              | 1                        | 3                              | 3                        | 9                              | 2                        | 6                              | 5                        | 15                             |
|                                | <b>Subtotal</b>                 | <b>100</b>                     | <b>-</b>                 | <b>444</b>                     | <b>-</b>                 | <b>389</b>                     | <b>-</b>                 | <b>373</b>                     | <b>-</b>                 | <b>346</b>                     | <b>-</b>                 | <b>276</b>                     | <b>-</b>                 | <b>209</b>                     |
| ENVIRONMENTAL (0,2)            | Terrestrial & Aquatic Habitat   | 40                             | 3                        | 120                            | 1,5                      | 60                             | 4                        | 160                            | 3                        | 120                            | 4                        | 160                            | 1,5                      | 60                             |
|                                | Surface & Ground Water          | 30                             | 4,5                      | 135                            | 3                        | 90                             | 4                        | 120                            | 2                        | 60                             | 1                        | 30                             | 2                        | 60                             |
|                                | Population and Other            | 30                             | 4                        | 120                            | 2                        | 60                             | 3,5                      | 105                            | 3                        | 90                             | 2                        | 60                             | 2,5                      | 75                             |
|                                | <b>Subtotal</b>                 | <b>100</b>                     | <b>-</b>                 | <b>375</b>                     | <b>-</b>                 | <b>210</b>                     | <b>-</b>                 | <b>385</b>                     | <b>-</b>                 | <b>270</b>                     | <b>-</b>                 | <b>250</b>                     | <b>-</b>                 | <b>195</b>                     |
| SOCIOLOGICAL (0,2)             | Land Use                        | 13                             | 5                        | 65                             | 1                        | 13                             | 4,5                      | 58                             | 3                        | 39                             | 4                        | 52                             | 2                        | 26                             |
|                                | Demography                      | 12                             | 5                        | 60                             | 3                        | 36                             | 4                        | 48                             | 4                        | 48                             | 4                        | 48                             | 1                        | 12                             |
|                                | Socioeconomic Benefits          | 17                             | 5                        | 85                             | 2                        | 34                             | 3                        | 51                             | 2                        | 34                             | 1                        | 17                             | 1                        | 17                             |
|                                | Agricultural/Industrial         | 10                             | 4,5                      | 45                             | 4                        | 40                             | 4                        | 40                             | 2                        | 20                             | 2                        | 20                             | 2                        | 20                             |
|                                | Aesthetics                      | 11                             | 5                        | 55                             | 5                        | 55                             | 4                        | 44                             | 3                        | 33                             | 3                        | 33                             | 1                        | 11                             |
|                                | Historic & Archaeological       | 12                             | 4                        | 48                             | 2                        | 24                             | 5                        | 60                             | 1                        | 12                             | 2                        | 24                             | 3                        | 36                             |
|                                | Transportation Network          | 12                             | 5                        | 60                             | 3                        | 36                             | 4                        | 48                             | 3                        | 36                             | 4                        | 48                             | 0                        | 0                              |
|                                | Environmental Justice           | 13                             | 5                        | 65                             | 5                        | 65                             | 5                        | 65                             | 5                        | 65                             | 5                        | 65                             | 4                        | 52                             |
|                                | <b>Subtotal</b>                 | <b>100</b>                     | <b>-</b>                 | <b>483</b>                     | <b>-</b>                 | <b>303</b>                     | <b>-</b>                 | <b>414</b>                     | <b>-</b>                 | <b>287</b>                     | <b>-</b>                 | <b>317</b>                     | <b>-</b>                 | <b>174</b>                     |
| <b>SITE MERIT (SM)</b>         |                                 |                                |                          | <b>451</b>                     |                          | <b>327</b>                     |                          | <b>399</b>                     |                          | <b>340</b>                     |                          | <b>273</b>                     |                          | <b>214</b>                     |

## SANTRAL SAHALARI VE JEOFİZİK ÇALIŞMALARININ YERİ VE ÖNEMİ

Jeofizik biliminin, nükleer santral sahalarının seçiminde ve seçilen yerin, Tasarıma Esas Yer Parametrelerinin belirlenmesinde ne denli önemli işleve sahip olduğunu yukarıda özetlemeye çalıştık. Ancak iş bununla bitmemektedir. Reaktör çalışırken herhangi bir deprem sırasında, önceden belirlenen bir eşik değerin aşılması halinde, scram sistemi tetiklenerek, reaktörün otomatik olarak durdurulması (shutdown) gerekmektedir [18].

Burada uygulanan sistem, yangın, doğal gaz arızası vb. gibi diğer olaylarda da kullanılan sistemin aynısıdır. Bilindiği gibi, deprem dalgaları söz konusu sahaya ulaşırken iki tür dalga söz konusudur. Bunlardan birisi, öncü dalgalar (primary wave) denilen P dalgasıdır. Diğeri ise ikincil dalga olarak adlandırılan S dalgalarıdır. Her iki dalganın aynı yere ulaşması için gerekli olan zaman farklıdır. Öncü dalgalar, saniyeler ile ifade edilen zaman aralığı ile asıl yıkıcı dalga olan S dalgalarından önce ulaşırlar. İşte bu özellikten yararlanılarak, reaktörün scram sistemine bağlı olan bir cihazlandırma ile hasar verici dalgalar daha santrale ulaşmadan, önceden saptanan bir eşik ivme değerinin aşılması halinde, reaktör derhal durdurulabilmektedir.

Gerek sahada beklenen ivme değerinin tespiti, gerekse öncü dalgaların geliş süresi ile belirlenecek olan eşik değerin saptanması işi, jeofizik mühendislerinin uzmanlık alanına girmektedir. Demek ki jeofizik mühendisleri sadece nükleer santrallerin yer seçiminde olmayıp, reaktör güvenliğine de katkı yapmaktadırlar. Her bir nükleer santral sahasına yerleştirilmesi gerekli sismik cihaz sayısı, tipi ve yerleşimi şu şekilde olmaktadır:

- Serbest alan yer hareketini kaydetmek için en az bir tane 3-eksenli kuvvetli yer hareketi kaydedicisi,
- Reaktör binasının temeline yerleştirilecek en az bir tane 3-eksenli kuvvetli yer hareketi kayıtcısı ve
- Reaktör binasını en iyi temsil eden kata yerleştirilecek, en az bir tane 3-eksenli kuvvetli yer hareketi kaydedicisi monte edilmelidir.

Yukarıda belirtilen kriterlerden çoğunun ancak uzman yerbilimciler tarafından değerlendirilebileceğini söylemek yanlış olamaz. Ama içlerinde bazıları vardır ki, bunda olabilecek bir zafiyet nükleer tesisin doğrudan güvenliğini tehdit eder. Buna güvenli durdurma depremi ya da Türk mevzuatındaki adı ile S2 değeri ya da Amerikan mevzuatındaki ifade ile «safe shutdown earthquake» değeri denmektedir. Yani Tasarım Yer Hareketi Seviyesinin belirlenmesidir. Bunun belirlenmesinin temel koşulu ise, söz konusu sahanın en az 150 km yarıçaplı alanın depremselliğinin ortaya konmasından geçer. Bir nükleer santral için, tasarım yer hareketi seviyesi iki aşamalı olarak belirlenmektedir [18].

Bu seviyeler;

1-Güvenli Durdurma Depremi (S2); Doğrudan güvenlik sınır şartlarını ve sahayı etkileyebilecek en yüksek deprem potansiyeline karşılık gelen yer hareketi seviyesini ifade eder.

2-İşletme Depremi (S1); Nükleer tesisin ömrü boyunca sahada olması beklenen ve tesisin normal işletmeyi sürdürebileceği en yüksek yer hareketi seviyesine tekabül eder. Türk mevzuatına göre S1 seviyesi, S2 seviyesinin yarısından az olamaz. Öte yandan herhangi bir saha için bulunan ivme değeri 0,15 g (150 cm/sn<sup>2</sup>)’den az olsa bile, hiç bir nükleer santral bundan daha küçük bir deprem ivme seviyesine göre tasarımılanamaz [17]. Jeofizikçiler, bu deprem yer hareketi seviyesini belirlerken, ABD Nükleer Düzenleme Komisyonunun (NRC) ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansının (IAEA) güvenlik standartlarında da belirtilen aşağıdaki aşamaları izlemektedirler.

- Deprem analizlerinde hem deterministik hem de olasılık yönteminin uygulanması zorunludur.
- Sismotektonik bölgeleme yapılması gerekmektedir.
- Sahanın bulunduğu sismotektonik bölgedeki maksimum deprem potansiyelinin, doğrudan nükleer tesisinin bulunduğu yerin altında olduğu varsayılır.
- Komşu sismotektonik bölgelerdeki en büyük deprem potansiyeli ise, o bölgenin santral sahasına en yakın noktasında olacağı varsayılır.
- Sahada maksimum deprem potansiyeline neden olacak deprem yer hareketi seviyesinin belirlenmesi için uygun azalım ilişkileri kullanılır.
- Güvenli durdurma depreminin belirlenmesinde, 10.000 yıllık tekrarlanma süresi dikkate alınmaktadır. 10.000 yılda bir tekrarlanması beklenen depremin, 50 yıllık bir işletme süresi dikkate alındığında, aşılma ihtimali 0,5 olur. Buradan da görüleceği gibi 10.000 yıllık süre oldukça uzundur. Oysa depremlerin aletsel olarak kaydedilmesi 1910-20’li yıllarda başlamıştır. Yani yaklaşık 100 yıllık bir geçmişe sahiptir. Bu nedenle tarihsel deprem kayıtlarına ihtiyaç vardır. Bu yüzden tarihsel deprem kataloglarının derlenmesi gereği vardır. Türkiye’de yayınlanmış olan 3-4 deprem kataloğu olup bunları hazırlayanlarda jeofizikçilerdir.

Nükleer santraller de bulunan tüm elemanlar, bir deprem olayında güvenliğin temini ve belirlenmiş bir seviyeyi aşan depremlerden sonra bazı elemanların test edilebilmeleri için sismik kategori-1 ve sismik kategori-2 ve kategori dışı olmak üzere sınıflara ayrılır. Sismik kategori-1’e giren tüm yapı, sistem ve bileşenler belirlenir. Bu elemanlar S2 deprem yer hareketine karşı koyacak şekilde tasarımılanırlar. Kategori-1’e giren elemanlar;

- İşlevsiz kalmaları halinde kaza durumuna neden olabilecek elemanları,
- Reaktörün durdurulması, kritik parametrelerin izlenmesi, reaktörün kapatılmış durumda tutulması ve artık ısının çekilmesi için gerekli olan elemanları,
- Kaza koşullarında, radyoaktif sızıntıyı önlemeyi veya sızıntının belirlenen limitlerin altında tutulmasını sağlayan elemanları kapsar.

Buradan da görüleceği gibi, tüm bu işlevlerin yerine getirilebilmesi için deprem mekanizmasının ve sahayı etkileme özelliklerinin en iyi şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Yani reaktörün güvenli olarak işlevini sürdürebilmesi için, temel garantilerin yani ilk önemli girdilerin jeofizikçiler tarafından belirlenmesi gerekmektedir.

Bir nükleer santral, eğer yeterli soğutma suyu var ise ve diğer olumsuz parametrelerin maliyetlerine katlanılırsa hemen her yere yapılabilir. Bu, mühendislikte mümkün görülmektedir. Ancak bunun tek istisnası vardır. Aktif fayların üzerine bir nükleer santral yapılamaz. Bu uluslararası bir reddedilme kriteridir. Bu nedenle santral sahasına yakın aktif ya da yetkin fayların kesinlikle belirlenmesi ve çok iyi analiz edilmeleri gerekmektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi, nükleer santraller soğutma suyu ihtiyacı nedeniyle daha çok deniz kıyılarında kurulmaktadır. Bu santral sahalarını çevreleyen ve en az 150 km yarıçaplı olması öngörülen alanların yaklaşık yarısının denizlerde olması demektir. O halde denizlerde olması muhtemel faylar nasıl saptanacaktır? Daha çok petrol aramalarında kullanılan sismik refleksiyon yöntemi burada belirleyici rol oynayabilmektedir.

Nükleer santrallerin zemin özellikleri de, araştırmaların önemli bir kısmını işgal eder. Burada jeofiziğin hemen hemen tüm yöntemleri uygulanmaktadır. Başta sismik kırılma, elektrik, gravite, manyetik yöntemler, mikrotremer yöntemi ile kuyu jeofiziği olmazsa olmaz uygulamalardır. Yoğunluk, akustik, nötron-nötron, gama-gama, doğal-gama, caliper, elektrik logları tüm santral sahalarında uygulanan yöntemlerdir. Özellikle reaktör koruma kabının altında kalacak zeminde çapraz kuyu (cross-hole) veya up-hole etütleri yapılmadan zeminin elastik özelliklerini tayin etmek pek olası değildir. IAEA'nın tavsiyelerine göre reaktör koruma kabının (containment) altında 100-150 metre derinlikte açılacak kuyularda uygulanacak bir cross-hole deneyi olmazsa olmaz etütlerdendir. Burada ölçülecek Vs ve Vp hızları sayesinde E Modülü, Poison Oranı, Young Modülü vb. gibi parametreler belirlenebilmektedir.

Fayların aktivitesini belirlemede en az 1-2 yıl süre ile uygulanacak bir mikro deprem gözlemi jeofizikçilerin temel uğraş alanlarından birisidir. Bazı durumlarda jeomorfologlar kendi gözlemlerine ya da morfolojik özelliklere bakarak, kimi derin fayların örneğin X noktasında sonlandığına veya sonlanmış olmasına rağmen devam ettiğine karar verebilmektedirler. İşte böyle durumlarda, burada uygulanacak bir mikro deprem etüdü ile bir sismik refleksiyon etüdü oldukça iyi neticeler verebilmektedirler. Sismik refleksiyon etütleri derinlerdeki yapılar hakkında ayrıntılı sonuçlar üretebilirken, orada uygulanacak bir mikro deprem etüdündeki episantır dağılımı veya dizilimi jeofizikçilerin karar vermesinde kolaylaştırıcı bir rol oynamaktadır.

Yine IAEA'nın son zamanlarda yayınlanan güvenlik kılavuzlarında da belirtildiği üzere, özellikle karstik formasyonların olduğu sahalarda mikro-gravite yöntemi sağlıklı sonuçlar vermektedir. Bilindiği gibi gravite yöntemi formasyonlar arasındaki yoğunluk farklarına

dayanmaktadır. Bu yöntem Karstik formasyonlardaki küçük mağaraların bulunmasında oldukça etkili olmaktadır. Nükleer santrallerin çok miktarda borulardan oluştuğu dikkate alınırsa karstik mağaraların belirlenmesinin önemi daha iyi anlaşılmış olur.

## GELECEĞE YÖNELİK BEKLENTİLER VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Türkiye, enerji kaynakları sınırlı olan bir ülkedir. Enerji ithalatına önemli miktarlarda döviz ödemektedir. Ekonomistlere göre cari açığın temel nedenlerinden birisi de enerjiye ödenen paradır. O nedenle enerjisini çeşitlendirmek ve gelişen sanayisinin baz yükünü karşılayacak düzenli enerji üretimine ihtiyacı vardır. Nükleer santraller bu konuda kendini ispatlamış bir teknoloji olarak kullanılmak durumundadır. Gelişmiş ülkelerin çoğunun kullandığı bir enerji türü olan nükleer enerjiyi, ülkemizin de kullanmasında herhangi bir sakınca görülmemelidir. Bütün mesele, yapılacak nükleer tesislerin evrensel bir niteliğe kavuşmuş olan **nükleer güvenlik kurallarına uygun** olarak yapılmasını sağlamaktır. Bunun en temel koşulu da, etkin ve siyasi otoriteden bağımsız bir Nükleer Düzenleme Kurumunun oluşturulmasıdır. Önemli olan çağı yaşamaktır. Günümüzde çoğu gelişmiş ülkede nükleer santraller kullanılmaktadır. Gelecekte termik santrallarda olduğu gibi nükleer santraller için bir doygunluk sınırı olabilir. Günümüzde karbon emisyonu nedeniyle termik santrallere nasıl tepki gösteriliyorsa, muhtemeldir ki gelecekte aynı nükleer santraller için de olabilecektir. Ancak bazı ülkeler önüne çıkan bazı fırsatları kullanamamış olacaktırlar.

2010-2030 yılları için enerjide beklentilerin aşağıdaki gibi olacağı tahmin edilmektedir.

\*Fosil yakıtlar ana yakıt olmaya devam edeceklerdir.

\*2030 yılına kadar birincil enerjinin yılda %1,7 artacağı varsayılmaktadır.

\*2030 yılında 1 milyarın üzerinde insan hala elektrik kullanmıyor olacaktır.

\*Petrol talebi %1,6 artacaktır. (Elektrikli otomobiller buradaki belirsizliği artırmaktadır.)

\*Doğalgaz artışı diğer fosil yakıtlara göre daha keskin yükselecektir. (Dünya enerji talebi içindeki payı %23'den %28-29'a yükselecek, gazın çoğunluğu kombine çevrim santrallerinde kullanılacaktır.)

\*Kömür kullanım artışı, gaz ve petrole göre daha küçük olacaktır. Söz konusu artışın üçte ikisi Çin ve Hindistan gibi Asya ülkelerinde olacaktır.

\*CO2 emisyonu enerji tüketiminden daha hızlı artış gösterecektir.

\*Nükleer enerjinin elektrik üretimindeki payı %11-12'lerde seyredecek ancak bazı Asya ülkelerinde önemli artışlar olacaktır. Nükleer santraller için ihtiyaç duyulan uranyum kaynakları günümüzde yeterli olduğu gibi, yakın gelecek içinde herhangi bir sorun yaratmayacaktır.

\*Yenilenebilir enerji giderek büyüyecek ve asıl rolü hidro üslenmekle birlikte diğer yenilenebilir santraller iki kat artacaktır. Rüzgar, özellikle OECD ülkelerinde



artacaktır. Geleceğin enerjisinde önemli rollerden birisini denizlerde kurulacak rüzgar santralleri oynayacaktır.

\*CO<sub>2</sub> miktarı yılda %1,8 artacak ve 2030 yılında 38 milyar ton'a ulaşacaktır. Bu artışın üçte ikisi Çin ve Hindistan gibi ülkelerde olacaktır.

\*OECD ülkeleri CO<sub>2</sub> emisyonunu, 2030 yılında öngörülen miktarın %16 altına düşürmeyi planlamaktadırlar. Bu başarmak ancak, verimli enerji teknolojileri, rüzgar ve nükleer güç santralleri sayesinde olabilecektir.

Bilindiği üzere elektrik enerjisi depolanabilir değildir. O nedenle bu konuda sağlıklı planlamalar yapılmalı ve enerji sektöründe devamlılığın sağlanabilmesi için aşağıdaki hususların yerine getirilmesi gerekmektedir.

- Enerji politikaları uzun vadeli olmalıdır. Uzun vadeli politikalar belirlenirken bunların iklim stratejisi ile uyumlu olması gerekmektedir.
- Yenilenebilir kaynakların daha fazla kullanılması için gerekli çalışmalar yapılmalıdır.
- Ülkemiz yerli kömür bakımından zengin sayılmaktadır. Bu kömürler, sadece ileri teknoloji kullanılarak (zorunlu filitreleme ile) çevreye uyumlu bir şekilde değerlendirilmelidir.
- Teknolojik gelişmelere paralel olarak nükleer enerji, tıpta, tarımda, endüstride ve daha birçok alanda kullanılmaktadır. **Nükleer Santrallerde, diğer elektrik üretim araçları ile birlikte elektrik üretiminde kullanılmalıdır.**

## KAYNAKLAR

- 1-Bektur Y., Öner Ö., Turgut M. Türkiye'de Nükleer Enerjinin Gerekliliği ve Buna İlişkin Politikalar, Rapor. 2005, Ankara.
- 2-Rogner H., Khan A., Nuclear Power for Developing Countries. International Seminar Held in Mumbai. 1998, India.
- 3-Nuclear Power and Sustainable Development. IAEA, 2016, Vienna.
- 4-IAEA Annual Report. 2018, Vienna.
- 5-Koçak Ç., Dünya Birincil Enerji Arzının Kaynaklara Göre İrdelenmesi. Enerji ve Jeofizik, TMMOB, Jeofizik Mühendisleri Odası. 2014, Ankara.
- 6-Günümüz Dünya Elektrik İstatistikleri, www.enerji.gov.tr, 2019, Ankara.
- 7-TEİAŞ, DRENC Blog 2019, Ankara.
- 8-Tamzok N., Enerji Günlüğü Türkiye Enerji Sektöründe 2017'nin En Önemli 10 Gelişmesi. 2018, Ankara.
- 9-TEİAŞ Enerji İstatistikleri Çalışma Gurubu-Drenc Blog 2018, Ankara.
- 10-Rosen M., Sustainable Development And Nuclear Power. Nuclear Power in Developing Countries: Its Potential Role and Strategies for its Deployment. 1998, Mumbai.
- 11-Nokaman Erol., Radyoaktif Hammaddeler Jeolojisi. MTA, 1979, Ankara.
- 12-Stevenson J.D. The Economic Effect of Increased Seismic Load on Nuclear Power Plant Design and Construction Cost, USA.
- 13-Bektur Y., Site Selection Methodology in Turkey. The Fourt Eurasian Conference on Nuclear Science and its Application, 2006, Baku.

- 14-Study of Potential Sites For the Deployment of New Nuclear Plants For the United States. Dominion Energy Inc and Bechtel Power Corporation. 2002, USA.
- 15 Code of Federal Regulations. 10 CFR Appendix E to Part 50. Emergency Planning and Preparedness for Production and Utilization Facilities. Last Reviewed in 2019, USA.
- 16-NRC REG. GUIDE 4.7 General Site Suitability Criteria For Nuclear Power Stations. Appendix A, Revised March 2014, USA.
- 17-Nükleer Güç Santral Sahalarına İlişkin Yönetmelik. TAEK, 2009, Ankara.
- 18-Bektur Y., Nükleer Santraller ve Jeofizik Mühendisliği. Enerji ve Jeofizik, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, 2014, Ankara.
- 19-Bektur Y. ve diğerleri, Nükleer Güç Santralleri İçin Aday Sahaların Belirlenmesi, TAEK, 2005, Ankara.
- 20-Uranium 2018: Resources, Production and Demand. NEA No: 7413, OECD 2018, Paris.
- 21-<https://tdth.afad.gov.tr> (Erişim: 27 Kasım 2019).
- 22-MTA, 1992. Türkiye'nin Diri Fay Haritası, Ankara, [www.mta.gov.tr](http://www.mta.gov.tr) (Erişim: 28 Kasım 2019).

## ÖZGEÇMİŞ

**Yılmaz BEKTUR**, 1975 yılında İstanbul üniversitesi jeofizik bölümünü bitirdi. 1976 da MTA Genel Müdürlüğünde göreve başladı. 1979 yılında “Havadan Prospeksiyonda Teren Etkisi” tezi ile Jeofizik Yüksek Mühendisi oldu.

1981-82 yılında Hollanda’da “International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences “dan Post Graduate diploma aldı.

1984’de yürütülen nükleer santral projesinde yer almak üzere Türkiye Atom Enerjisi Kurumu’na geçti. 1986’da Şube Müdürü ve 1992 yılında Nükleer Güvenlik Dairesi Başkanı oldu.

1999 yılında BM-Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı tarafından Viyana’da düzenlenen “Nükleer Güvenlik Sözleşmesi 1. Akit Taraflar Konferansında, hükümeti temsilen Heyet Başkanı olarak bulundu. IAEA ve OECD-NEA’da çeşitli komitelerde görev yaptı.

Türkiye’de ve yurt dışında olmak üzere çeşitli dergilerde makaleleri yayınlandı.

## NÜKLEER SANTRALLER İÇİN YER SEÇİMİNDE ACIL DURUM PLANLARININ UYGULANABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gürdal GÖKERİ, Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü, ANKARA.

### ÖZET

Nükleer güç santralleri (NGS) için sahanın belirlenmesi ve değerlendirilmesi süreçlerinde dikkate alınması gereken önemli hususların biri gerçekleşebilecek ağır kaza durumlarında saha dışındaki halkın korunmasına yönelik hazırlanacak acil durum planlarının uygulanabilirliğidir. Bu çalışmada ilk olarak nükleer tesislerden çevreye önemli miktarda radyoaktif madde salımının önlenmesi ve salım gerçekleşmesi durumunda ise halkın korunmasına yönelik oluşturulan derinlemesine savunma stratejisi hakkında genel bilgi verilecektir. NGS'lerin yerinin belirlenmesine ilişkin Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından önerilen yaklaşıma değinilecektir. Acil durum planlarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken konular hakkında bilgi verilecektir. NGS'lerde meydana gelebilecek ağır kazalar durumunda uygulanması gereken koruyucu eylemleri ve diğer müdahale faaliyetlerini belirten ve Ulusal Radyasyon Acil Durum Planı'nda kabul edilmiş olan müdahale yaklaşımı açıklanacaktır. Saha belirleme aşamasından sonra gelen saha değerlendirme aşamasında ve NGS'nin lisanslama sürecinde sıkıntı yaşanmaması açısından saha belirlenmesi aşamasında acil durum planlarının uygulanabilirliğinin hangi detayda değerlendirilebileceği irdelenecektir. Konuya ilişkin saha belirlenmesi aşamasında kullanılabilecek kriterler hakkında değerlendirme yapılacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Acil Durumlara Hazırlık ve Müdahale, Müdahale Yaklaşımı, Koruyucu Eylemler, Saha Belirleme Süreci

### GİRİŞ

Nükleer tesislerde olası teknik ve insan kaynaklı hataların telafi edilebilmesi için çevreye radyoaktif madde salımını önleyen ardışık fiziksel bariyerleri ve önlemleri içeren bir derinliğine savunma stratejisi uygulanmalıdır [1]. Bu kavram, tesiste ve bariyerlerin kendisinde olabilecek hasarlar önlenerek bariyerlerin korunmasını içermektedir. Her ne kadar söz konusu önlem ve bariyerlerin etkin olmaması ve çevreye önemli miktarda radyoaktif madde salımı olasılığı düşük de olsa, bu tür bir salım durumunda kazanın halk üzerinde ağır radyolojik etkileri olabilir. Bu bakımdan, önemli miktarda radyoaktif maddelerin salımı olasılığına karşı halk ve çevrenin zarardan korunmasına yönelik önlemler de bu stratejide içermelidir. Derinliğine savunmanın seviyeleri Çizelge 1'de, derinliğine savunmada fiziksel bariyer ile korunma seviyeleri arasındaki ilişki Şekil 1'de gösterilmiştir. Çizelge 1 ve Şekil 1'de görüldüğü üzere uygulanacak stratejinin en dış seviyesini Nükleer Güç Santrali (NGS) sahasının dışında halkın korunmasına yönelik gerçekleştirecek acil durum müdahalesi oluşturmaktadır. Bu nedenle ilgili plan ve

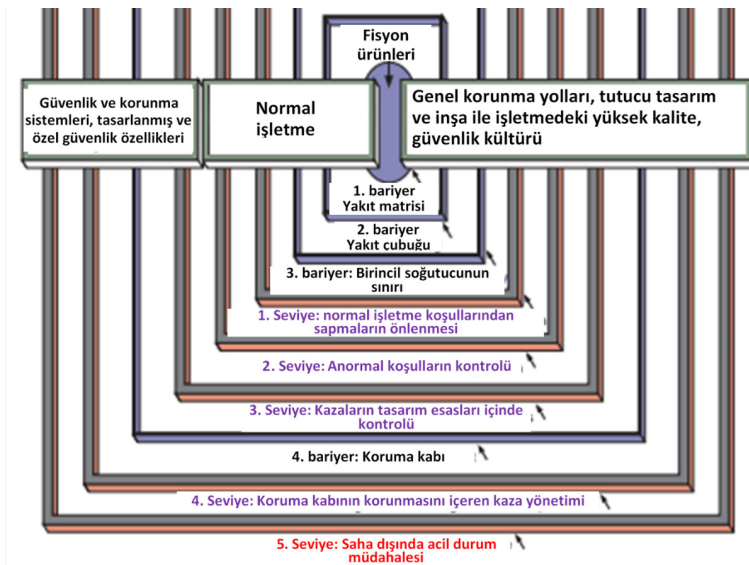
düzenlemeleri içeren hazırlığın yapılmış olması gerekmektedir.

Derinliğine savunma stratejisinin uygulanabilmesi için nükleer tesis sahasının seçiminde ve değerlendirmesinde acil durum planlarının uygulanabilirliği dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmada nükleer tesisler için sahanın belirlenmesi ve seçimi aşamaları hakkında uluslararası yaklaşımı da yansıtan genel bilgi verilecektir. NGS’lerde meydana gelebilecek ağır kazalarda halkın korunmasına yönelik Ulusal Radyasyon Acil Durum Planı’nda (URAP) [2] kabul edilmiş olan müdahale yaklaşımı açıklanacaktır. NGS’lerin lisanslanma süreçleri de dikkate alınarak NGS sahalarının belirlenmesinde acil durum planlarının uygulanabilirliğinin nasıl değerlendirileceği irdelenecektir.

**Çizelge 1. Derinliğine savunmanın seviyeleri [1]**

| Seviye   | Amaç                                                                                                                      | Gerekli araçlar                                                     |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Seviye 1 | Anormal işletme koşullarının ve arızaların önlenmesi                                                                      | Tutucu tasarım ve inşaa ile işletmedeki yüksek kalite               |
| Seviye 2 | Anormal işletme koşullarının kontrolü ve arızaların tespit edilmesi                                                       | Kontrol, sınırlama ve korunma sistemleri ve diğer izleme sistemleri |
| Seviye 3 | Kazaların tasarım esasları içinde kontrolü                                                                                | Tasarlanmış güvenlik özellikleri ve kaza prosedürleri               |
| Seviye 4 | Kazanın ilerlemesinin önlenmesi ve ağır kazaların sonuçlarının yatıştırılmasını içeren tesisteki ağır koşulların kontrolü | Tamamlayıcı özellikler ve kaza yönetimi                             |
| Seviye 5 | Kayda değer miktarda radyoaktif madde salımının radyolojik sonuçlarının yatıştırılması                                    | Saha dışında acil durum müdahalesi                                  |



**Şekil 1. Derinliğine savunmada fiziksel bariyer ile korunma seviyeleri arasındaki ilişki [1]**

## ULUSLARARASI YAKLAŞIMLAR

### Ngs'lerin Yerinin Belirlenmesine İlişkin Uluslararası Yaklaşım

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın (IAEA) yaklaşımı uyarınca, güvenlik açısından Nükleer Güç Santrali (NGS) sahalarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi Çizelge 2'de gösterilen beş aşamada yürütülmektedir [3].

**Çizelge 2. NGS sahalarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi süreci aşamaları [3].**

| Saha araştırması                                                                   | Saha seçimi                                                                 | Sahanın karakterize edilmesi                                                                                             | İşletme öncesi                   | İşletme süreci                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ayrırma ve karşılaştırma ile potansiyel bölge, saha ve aday sahaların belirlenmesi | Aday sahaların derecelendirilerek değerlendirilmesi ve nihai sahanın seçimi | Sahanın kabul edilebilirliğinin ve karakteristiklerinin teyit edilmesi; saha ile ilgili tasarım esaslarının belirlenmesi | Teyit etme ve izleme çalışmaları | Periyodik güvenlik değerlendirmeleri kapsamında teyit ve izleme çalışmaları ile yeniden değerlendirme |

Saha belirlenmesi bir nükleer tesis için uygun sahanın araştırıldığı ve seçildiği süreçtir. Saha değerlendirmesi, saha belirlenmesi sürecinin son aşaması olan saha seçiminde başlar ve Çizelge 2'de gösterildiği üzere tesisin lisanslanması ve işletme sürecinde devam eder [3] [4].



1. Bu çalışmada odaklanılan yer belirleme süreci Şekil 2'de gösterildiği üzere üç adımda yürütülür [3]:
2. Bölgesel analiz: İlgilenilen bölgeler potansiyel sahaların tespit edilmesi amacıyla analiz edilir. Dışlanması gerekçelendirilmeyen tüm sahalar bir sonraki adıma taşınır.
3. Ayrırma: Aday sahaların seçilmesi amacıyla güvenlikle ilişkili olan ve olmayan hususlar açısından istenmeyen sahalar dışlanarak ayrılır.
4. Değerlendirme, karşılaştırma ve derecelendirme: Bu adımda aday sahalar ve çevreleri nükleer tesisin inşası ve işletimini imkânsız hale getiren özelliklerinin olmamasından emin olunması açısından değerlendirilir. Aday sahalar karşılaştırılır ve olası nükleer tesis sahaları olmalarına ilişkin cazibelerine göre derecelendirilirler.

Yer belirleme sürecinin yukarıda belirlenen adımlarında değerlendirmeler aşağıda belirtilen türlerde kriterler dikkate alınarak yapılır:

- Bölgesel kriterlerin oluşturulmasında genellikle enerji ve çevre politikalarını içeren ulusal politika dikkate alınır. Bölgesel kapsamda, NGS kurulumuna ilişkin teknik kısıtlar ve gerekli kaynakların mevcut olması dikkate alınır.

- Ayırma kriterleri



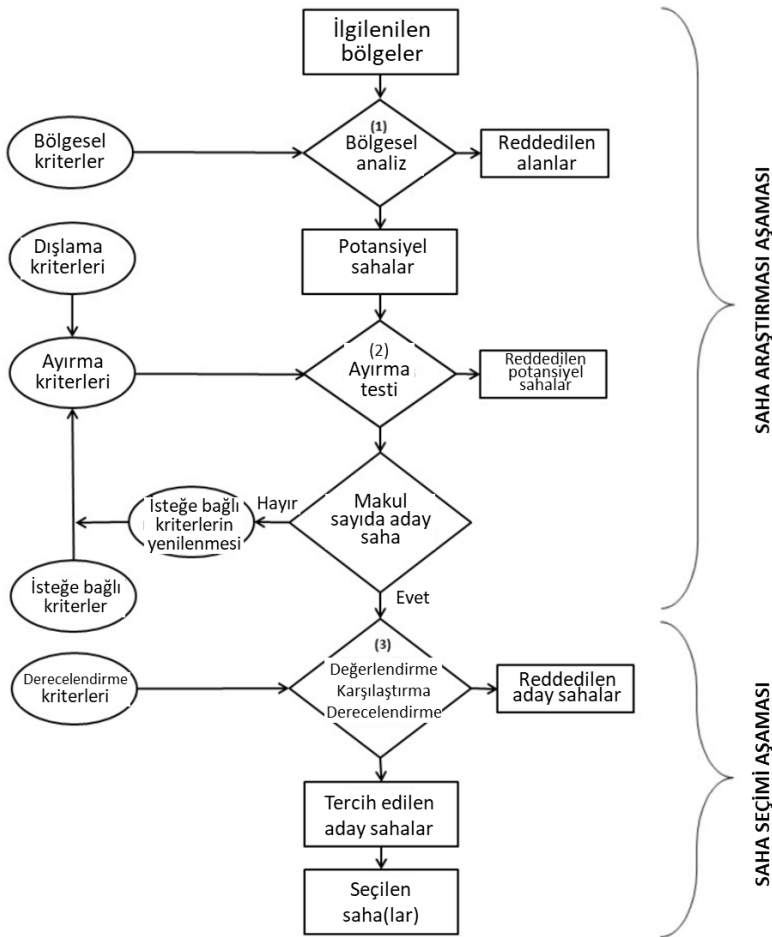
Dışlama kriterleri mühendislik önlemleri ile üstesinden gelinemeyecek sorunların bulunduğu sahaların dışlanmasında dikkate alınır.



İsteğe bağlı kriterler mühendislik önlemleri ile üstesinden gelinebilecek sorunlara ilişkin olan ve iteratif ayırma sürecinde daha az beğenilen sahaların elenmesinde dikkate alınır.



Derecelendirme kriterleri saha belirlenmesinde dikkate alınan konuların saha seçimindeki ağırlıklarının belirlenerek sahaların puanlanmasında kullanılır.



Şekil 2. Yer belirleme sürecinin adımları [3].

## Nükleer Güç Santrallerdeki Ağır Kazalar İçin Halkın Korunmasına Yönelik Müdahale Yaklaşımı

Önemli miktarda radyoaktif maddelerin NGS'den çevreye salındığı ya da salınma ihtimali olan acil durumlarda halkın korunmasına yönelik uygulanacak müdahale yaklaşımı basitleştirilmiş olarak, müdahalede görev alam makam, merkez ve noktalar ayrıntılı olarak belirtilmeden bu bölümde aktarılacaktır. NGS'lerde meydana gelebilecek kazalarda uygulanacak olan müdahale yaklaşımı ayrıntılı olarak Ulusal Radyasyon Acil Durum Planı'nda (URAP) belirlenmiştir [2].

NGS'de çevreye önemli miktarda radyoaktif madde salımına neden olabilecek bir acil durumun meydana gelmesi durumunda, tesisteki işletmeden sorumlu personel 15 dakika içerisinde Acil Durum Eylem Seviyesi (AES) olarak adlandırılan daha önceden belirlenmiş şartlar ve cihazların ölçümlerine dayalı olarak acil durumu "Genel Acil Durum" olarak sınıflar. Tesiste olayın tespit edilmesini takip eden 30 dakika içerisinde saha içi işletme personeli tesis çevresindeki acil durum planlama bölgelerinden sorumlu olan saha dışındaki bildirim noktasına bildirim yapar. Tesiste acil durumun tespit edilmesini takip eden 45 dakika içinde saha dışındaki yetkililer tarafından yaklaşık boyutları Çizelge 3'de belirtilen acil durum planlama bölgeleri içinde kalan halk acil koruyucu eylemlerin başlatılmasına yönelik halk uyarılır. Müdahalede zamanlamaya ilişkin hedefler ise Çizelge 4'de sunulmuştur.

**Çizelge 3. Hafif sulu nükleer santraller için acil durum planlama bölge ve mesafelerinin boyutları ve alınması gereken önlemler [2].**

| Acil durum planlama bölgeleri ve mesafeleri                                                                                                                                       | ≈ km                   |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------|
|                                                                                                                                                                                   | 100 – 1000 MW(thermal) | ≥ 1000 MW(thermal) |
| İhtiyati Eylem Bölgesi (İEB)<br>Derhal tahliye + iyot tableti alımı                                                                                                               | 5                      |                    |
| Acil koruyucu eylem Planlama Bölgesi (APB)<br>Tahliye + büyük binalarda sığınma* + iyot tableti                                                                                   | 20                     |                    |
| Genişletilmiş Planlama Mesafesi (GPM)<br>Günler ve haftalar mertebesinde radyasyon izlemesi sonuçlarına ve yapılacak değerlendirmeye göre gereken koruyucu eylemlerin uygulanması | 50                     | 100                |
| Gıda Maddesi ve Ticari mal Kısıtlama Mesafesi (GMTKM)<br>Meyve, sebze, süt ve yağmur suyu tüketiminin, bölgedeki ticari malların dağıtımının kısıtlanması                         | 100                    | 300                |

\* Güvenli tahliye mümkün değilse, tahliye mümkün oluncaya kadar sığınma



**Çizelge 4. Müdahalede zamanlamaya ilişkin hedefler [2].**

|                                                                         |         |
|-------------------------------------------------------------------------|---------|
| Reaktör kalbi hasarına neden olacak olayın meydana gelmesi              | 00:00   |
| İşletici tarafından "Genel Acil Durumun" ilan edilmesi                  | 00:15   |
| Saha dışındaki karar vericiye bildirim yapılması                        | 00:30   |
| Halka harekete geçmesi için bildirim yapılması                          | 00:45   |
| Koruyucu faaliyetlere ve yiyecek maddelerinin kısıtlanmasına başlanması | 01:00   |
| Medyaya bilgi verilmesi                                                 | Saatler |
| Tahliye edilenlerin radyasyon izlemesi için merkezlerin oluşturulması   |         |
| Genişletilmiş planlama mesafesinde radyasyon izlemesinin yapılması      | Günler  |
| Müdahale Eylem Düzeylerine göre faaliyetlerin yapılması                 |         |

**ACİL DURUM PLANLARININ UYGULANABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük [5] uyarınca, Yakıt Yükleme ve Deneme İşletmelerine Başlama İzni Başvurusu ve Deneme İşletmelerine Başlama Başvurusu sırasında Tehlike Durumu Planları düzenleyici kurumun değerlendirmesine sunulur. URAP uyarınca acil durum NGS'ler için tam ölçekli tatbikatların ilki santrale yakıt yüklenmesinden önce yapılacaktır [2]. Söz konusu tatbikat vasıtasıyla acil durum planlarını içeren acil duruma hazırlığın uygunluğu değerlendirilecektir.

Yukarıda ifade edildiği üzere saha içi ve saha dışı acil durum planları lisanslama sürecinde değerlendirilecektir. Ancak NGS'nin lisanslama projesi sürecinde zaman ve para kaybının önlenmesi açısından acil durum planlarının uygulanabilirliği saha belirleme sürecinde dikkate alınmalı ve planların uygulanmasının karşısında üstünden gelinemeyecek engellerin tespit edilmesi durumunda saha dışlanmalıdır.

NGS'de meydana gelebilecek acil durumda bölgedeki halkın sığınma veya tahliyesi ya da acil durumla başa çıkmak için ihtiyaç duyulan tesis dışındaki müdahale ekiplerinin tesise ulaşmasını veya tesisten ayrılmasını engelleyecek olumsuz bir saha koşulu bulunmamalıdır [6].

Acil durum planlarının uygulanabilirliğinin gösterilmesinde dikkate alınan ve sahaların derecelendirilmesinde göz önünde tutulabilecek olan saha ile ilgili etkenlerin en önemlileri:

- Bölgedeki nüfus yoğunluğu ve dağılımı
- Sahanın 25000'dan fazla nüfusa sahip olan ve "nüfus merkezi" olarak tanımlanan yerleşim bölgelerinden uzaklığı
- Hastane veya ceza evi gibi kurumlardaki tahliye etmesi ve sığınması zor olan toplumun özel grupları ile göçebelerin varlığı
- Ada, dağlar ve nehirler gibi belirli coğrafik özellikler
- Yerel taşıma ve iletişim ağlarının nitelikleri

- Olası tehlikeli faaliyetlere yol açabilecek endüstriyel tesisler
- Çevreye radyoaktif madde salımına karşı hassas olan endüstriyel tesisler
- Acil durum ile eş zamanlı gerçekleştirilecek dış olaylar

Bölgede büyük halk gruplarının varlığı veya bir şehrin NGS sahasına yakın oluşu acil durum planlarının etkinliğini ve uygulanabilirliğini azaltabilir. Ayrıca feci dış olaylar veya sis ya da kar gibi öngörülebilir doğa olaylarının acil duruma müdahalenin etkinliğini sınırlandırabilecek sonuçları olabilir.

Bölgedeki halkın etkin tahliyesinin sağlanabilmesi açısından alternatif tahliye rotalarının mevcut olması veya oluşturulabilir olması dikkate alınmalıdır.

Acil durumlarda tahliye yolu NGS'nin yakınından geçmesi gereken olan halkın mevcut olması ve diğer koruyucu eylemlerin ve alternatif tahliye yolu gibi önlemlerin bu zorluğun üstesinden gelemeyecek olması durumunda saha dışlanmalıdır.

## GENEL DEĞERLENDİRME

NGS'ler için saha araştırması ve saha seçimi aşamalarını içeren saha belirleme sürecinde değerlendirmeye esas teşkil edecek ilgili kriterlerin oluşturulmasında acil durum planlarının uygulanabilirliğine ilişkin hususlar da dikkate alınmalıdır. Ayrıca incelenen sahaların karşılaştırılmasında derecelendirme kriterleri belirlenirken depremsellik, dış olaylar ve emniyet gibi tesis ve saha ile ilgili diğer konularla birlikte acil durum planlarının uygulanabilirliği birlikte değerlendirilmelidir. Bu bakımdan nükleer güvenlik ve emniyet ile ilgili konularda değerlendirme yapan gruplar birlikte çalışarak sahaların karşılaştırılmasına yönelik değerlendirilen konuların ağırlıklarını birlikte belirlemelidir.

## KAYNAKLAR

- [1] International Nuclear Safety Advisory Group, "Basic safety principles for nuclear power plants 75-INSAG-3 Rev.1 INSAG-12," 1999.
- [2] 6.4.2019 tarihli Cumhurbaşkanlığı onayı ile yürürlüğe giren Ulusal Radyasyon Acil Durum Planı, 2019.
- [3] IAEA, "Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations, Specific Safety Guide, No. SSG-35," 2015.
- [4] IAEA, "Site Evaluation for Nuclear Installations, Specific Safety Requirements, No. SSR-1," 2019.
- [5] 18/11/1983 tarihli ve 83/7405 tarihli Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe giren Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük.
- [6] International Atomic Energy Agency (IAEA), "Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants," 2002.

## ÖZGEÇMİŞ



**Prof. Dr. Gürdal GÖKERİ** lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerini Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü'nden almıştır ve aynı bölümde dört sene boyunca araştırma görevlisi olarak görev yapmıştır. Dr. Gökeri 2006 ve 2018 yılları arasında Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nda (TAEK) farklı birimlerde görev yapmıştır. Türkiye'de yürütülmekte olan nükleer santral lisanslama projelerinde görev almıştır. Akkuyu Nükleer Santrali'nin işleticisinin ulusal acil duruma hazırlık ve müdahale sistemine dahil edilmesine yönelik oluşturulan çalışma grubunun başkanlığını yürütmüştür. Ulusal Radyasyon Acil Durum Planı'nın hazırlığı çalışmasının 2012 yılında başlatılmasında ve planın tamamlanmasında rol almıştır. Acil durum karar destek sistemi JRODOS'u TAEK'te kullanılabilir hale getirmiştir. Dr. Gökeri Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü'nde Doktor Öğretim Üyesi olarak görev yapmakta ve Milli Savunma Üniversitesi'nde KBRN savunması üzerinde dersler vermektedir. Haziran 2019'de gerçekleştirilen tam kapsamlı İğdır Tatbikatı'nın teknik senaryosunun hazırlanmasında ve tatbikatın yürütülmesinde görev almıştır. Ayrıca Uluslararası Atom Ajansı için acil duruma hazırlık ve müdahaleye ilişkin eğitim materyallerinin hazırlanmasında ve eğitimlerin verilmesinde görev almaktadır.

## NÜKLEER EMNİYET AÇISINDAN NÜKLEER SANTRALLERDE SAHA SEÇİMİ

**Şebnem Udum, Hacettepe Üniversitesi, İİBF, Uluslararası İlişkiler Bölümü, Ankara.**

### ÖZET

Nükleer ve radyolojik maddelerin fiziki korunması kavramı, özellikle 11 Eylül saldırılarından sonra terör gruplarının kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer maddelere olan ilgileri ve çok sayıda insanın ölümüne neden olacak saldırılar düzenleme amaçları göz önünde bulundurularak yeniden şekillendirilmiştir. Bu bağlamda, sadece taşıma esnasında değil, tesisteki kullanımı ve depolanması sırasında da, herhangi bir sabotaj, çalınma veya yetkisiz erişimden korunması amacıyla **“nükleer emniyet”** kavramı getirilmiştir. Bu nedenle, nükleer santrallerin hem kendileri, hem de barındıkları nükleer ve radyolojik maddeler nükleer emniyetin konusudur.

Tehdit değerlendirmesi ise, tesisin genel emniyet tedbirleri, nükleer emniyet konusundaki tehditler hakkındaki farkındalık ve tesisin tasarımına nükleer ve radyolojik maddelerin fiziki korunması kavramı çerçevesi içinde irdelenmiştir. Özellikle 11 Eylül saldırılarından sonra, tehdit değerlendirmesi, terör gruplarının kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer maddelere olan ilgileri ve çok sayıda insanın ölümüne neden olacak saldırılar düzenleme amaçları göz önünde bulundurularak yeniden şekillendirilmiştir. Bu bağlamda, sadece taşıma esnasında değil, tesisteki kullanımı ve depolanması sırasında da, herhangi bir sabotaj, çalınma veya yetkisiz erişimden korunması amacıyla **“nükleer emniyet”** kavramı getirilmiştir. Bu nedenle, nükleer santrallerin hem kendileri, hem de barındıkları nükleer ve radyolojik maddeler nükleer emniyetin konusudur. Tehdit değerlendirmesi ise, tesisin genel emniyet tedbirleri, nükleer emniyet konusundaki tehditler hakkındaki farkındalık ve tesisin tasarımına özel tehditler ölçütleri üzerinden yapılabilir.

Nükleer santrallerin yer seçiminde ise ülkenin ve sahanın konumu, komşularla siyasi ilişkiler ve zarar görebilirlik derecesi, nükleer emniyet bağlamında önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’deki inşa edilmesi planlanan nükleer santrallerin, Akkuyu ve Sinop sahalarının nükleer emniyet açısından bir değerlendirmesi yapılacaktır. Genel bir uluslararası ve milli güvenlik değerlendirmesinin ardından, özel olarak sahaların konumu ve güncel tehditlere yakınlıkları ve alınabilecek önlemler irdelenecektir. Özel tehditler kriterleri üzerinden yapılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Nükleer emniyet, nükleer santraller, Türkiye, güvenlik

## GİRİŞ

Nükleer ve radyolojik maddelerin fiziki korunması kavramı, özellikle 11 Eylül saldırılarından sonra terör gruplarının kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer (KBRN) maddelere olan ilgileri ve çok sayıda insanın ölümüne yol açacak, medeni hayatı sekteye uğratacak, dünya ekonomisine ve çevreye zarar verecek saldırı senaryoları göz önünde bulundurularak yeniden şekillendirilmiştir. Böylece, sadece taşıma sırasında değil, tesisteki kullanımı ve depolanması sırasında da, herhangi bir sabotaj, çalınma veya yetkisiz erişimden korunması amacıyla getirilen önlemlere “nükleer emniyet” [1] denmiştir [2]. Terör grupları ya da diğer kötü niyetli aktörler, bu maddelere erişerek bunlardan bir patlayıcı yapabilir, ya da bulundukları yeri hedef alarak tesise zarar verip çevreye radyasyon yayılmasına neden olabilirler. Bu nedenle, nükleer santraller, barındıkları nükleer ve radyolojik maddeler ile nükleer emniyetin konusudur.

Nükleer santrallerle ilgili tehdit değerlendirmesi ise, tesisin genel güvenlik-koruma tedbirleri, nükleer emniyet konusundaki tehditler hakkındaki farkındalık ve tesisin tasarımına özel tehditler kriterleri üzerinden yapılabilir. Nükleer emniyet ve santrallerin yer seçimi ilişkisinde ise ülkenin ve sahanın konumu, komşularla siyasi ilişkiler ve jeolojik ve topoğrafik açıdan zarar görebilirlik derecesi önem taşımaktadır. Nükleer emniyetin nükleer güvenlikten en önemli farkı, nükleer madde, tesis ya da taşıma vasıtasına kasıtlı olarak zarar verme isteği taşıyan bir aktörün varlığıdır. Tesise ya da taşıma vasıtasına saldırı senaryoları nükleer güvenlikle ilgili örneğin insanların ve çevrenin radyasyondan etkilenmesi gibi sonuçlar içerebilir, ancak nükleer güvenlikte, tedbir alınmasına rağmen oluşabilecek riskler vardır.

Bu çalışmada, Türkiye’deki inşa edilmesi planlanan nükleer santrallerin bulunacağı Akkuyu ve Sinop sahalarının nükleer emniyet açısından bir değerlendirmesi yapılacaktır. İlk olarak nükleer emniyet kavramı ve senaryoları ortaya konacaktır. Genel bir uluslararası ve milli güvenlik değerlendirmesinin ardından, özel olarak sahaların konumu ve güncel tehditlere yakınlıkları ve alınabilecek önlemler irdelenecektir.

## NÜKLEER EMNİYET VE SENARYOLAR

Nükleer ve radyolojik madde barındıran tesisler ve taşıma vasıtalarına, kötü niyetli aktörler tarafından maddeye yetkisiz erişim, hırsızlık veya sabotaj düzenlenmesini önlemek için alınan tedbirlerin tümüne nükleer emniyet (nuclear security) denmektedir. Tanımın öğeleri ayrı ayrı ele alındığında, kötü niyetli aktörler, devlet-dışı aktörler (genel olarak terör grupları) ya da içeriden tehdit oluşturan bilinçli ya da bilinçsiz şekilde zarar veren kişiler olabilir. Maddenin kullanımdayken ya da bekletilirken, taşınırken, tesisin ya da taşıma vasıtasının yeterince güvenlik-koruma tedbirinin olmaması tehdidin derecesini artırır. Zarar verme niyetinde olan kişi veya kişiler, tesisi veya taşıma vasıtasını da kinetik bir silah olarak varsayabilir, ve tesisin (ya da vasıtanın kendisine) konvansiyonel silahlarla

saldırı düzenleyerek, patlama ya da sızıntıya neden olup çevreyi ve insan sağlığını tehdit etmek isteyebilirler. Her ne kadar terör gruplarının derme-çatma bir nükleer patlayıcı imal etmesi çok zor olsa da, nükleer santral gibi bir tesise karadan ya da havadan saldırı düzenleyebilmeleri bile yeterince korku salmakta ve siyasi hedefleri için yollarına taş döşemektedir. Nükleer santrallere izinsiz girme girişimleri, kritik maddelere zarar verme, ya da tesislere silahlı saldırı gibi vakalar vardır [3]. Suudi Arabistan'daki petrol tesislerine yapılan saldırılardan sonra, kritik enerji tesislerinin siyasi gelişmelerden ne kadar etkilenebildiği, ve tehlide ne kadar açık olduğu anlaşılmaktadır.

Nükleer maddelere saldırılar denizel alanlarda da yapılabilir. Maddeler deniz yoluyla taşınırken, özellikle kritik deniz yolu geçişlerinde (darboğazlarda) seyrederken, tankerlere yönelik, ya da nükleer veya radyolojik madde taşıyan bir konteyner gemisi, uluslararası bir limana yanaşırken patlatılması sonucu uluslararası stratejik maddelerin taşınması sekteye uğrayabilir, dünya ekonomisi zarar görebilir ve çevresel etkileri yıllarca sürebilir [4].

## **ULUSLARARASI GÜVENLİK GÜNDEMİ VE TÜRKİYE'NİN JEOPOLİTİK KONUMU KAPSAMINDA NÜKLEER SANTRAL SAHALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Uluslararası güvenlik gündeminin en başında gelen konular, geleneksel olmayan savaşlar ve bunların yarattığı sorunlardır. Soğuk Savaş'ın bitimi ve 11 Eylül 2001 saldırıları önemli dönüm noktalarıdır. İki süper güç arasındaki ideolojik ve askeri yarış bitmiş olsa da, devletler, iç çatışmalar, bunların yarattığı göç dalgası, sınırların yetersiz kontrolü nedeniyle insan, silah ve madde kaçakçılığı, uluslararası terörizm ve kitle imha silahların yayılması sorunları ile karşı karşıya kalmışlardır. Bu sınamalarla baş edebilmek için ise, askeri tedbirler yetersiz kalmakta, uluslararası işbirliği yapmak ve yeni yöntemler geliştirmek gerekmiştir. Bu güncel sorunlar kendilerini en fazla, Balkanlar, Kafkaslar ve Orta Doğu bölgelerinde göstermiştir. Türkiye ise bu üç bölgenin ortasındadır ve dış ve güvenlik politikasını bunlara göre şekillendirmek durumunda kalmıştır. 11 Eylül saldırıları sonrasında, ABD'nin Irak'ı işgali ve askerlerini sekiz yıl sonra geri çekmesi, bölgedeki problemleri derinleştirmiş ve yenilerini eklemiştir. Köktenci gruplar ideolojilerini Orta Doğu bölgesinde ve Müslüman nüfusun olduğu Afrika'da yayabilmiş ve ses getiren terör saldırıları düzenlemeye başlamışlardır. 2003 yılından itibaren, önce el Kaide, daha sonra IŞİD ve Boko Haram gibi gruplar, çok sayıda insanın ölümüne yol açan, ya da çift kullanımlı malzeme ile medeni hayatı tehdit eden saldırılar düzenlemişlerdir [5]. Bu saldırıların KBRN maddeler ile düzenlendiği senaryolar çok korkutucudur.

11 Eylül sonrası tehdit değerlendirmesinde, tehdidin bileşeni olan niyet, kısa vadede ortadan kaldırılması mümkün olan bir bileşen değildir. Bu nedenle diğer unsur olan "yetenek", yani zarar verme kabiliyeti sunacak olan her türlü malzeme, silah, teçhizat, vb.'ne terör gruplarının erişimini engellemek temel strateji olmuştur [6]. ABD eski

Başkanı Barack Obama, 2009 yılındaki NATO Prag Zirvesi'nde yaptığı konuşma ile, resmen ve en yetkili ağızdan, çağın en büyük tehdidinin, nükleer ya da radyolojik maddelerle düzenlenebilecek bir terör saldırısı olduğunu belirtmiştir. Bu konuşma ile, tüm devletleri, sivil amaçlı kullanılan maddelerinin korunması ve sayımı yapılması konusunda teşvik ederek, siyasi, hukuki ve teknik bir sorumluluğa davet etmiştir [7]. 2005 senesinde güncel duruma göre düzenlenen Nükleer Maddelerin Fiziki Korunması Konvansiyonu 2016 senesinde yürürlüğe girmiştir [8].

Türkiye, nükleer santrale sahip olmadığı için pratik olarak nükleer güvenlik kültürünü geliştirememiş bir ülkedir. Ancak, onyıllarca yaşadığı iç güvenlik tehditlerinden ötürü, nükleer emniyet kültürü edinmesinin uzun sürmeyeceği beklenmektedir. Nükleer santral yer seçiminde çeşitli ölçütler kullanılmaktadır. Bunlar daha ziyade nükleer güvenlik kapsamında şekillendirilmiştir: Fay hatlarından, yerleşim yerlerinden uzak olması, deniz ya da su kaynağına yakın olması gibi [9]. Çatışma riski olan bölgelerden uzak olması “insan kaynaklı dış olaylar” kapsamına konabilir, ancak gelişen teknoloji ve terör gruplarının güvenlik açıklarını sömürme davranışı nedeniyle saha seçimi ve santral tasarımı yeni tehditlere göre değerlendirilmelidir.

## **AKKUYU VE SİNOP SAHALARININ İÇ VE DIŞ GÜVENLİK TEHDİTLERİ AÇISINDAN YENİDEN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Coğrafi konum açısından Akkuyu sahası, Orta Doğu kaynaklı tehditlere daha açıktır. 2011'de başlayan hâlâ devam eden Suriye'deki iç savaş nedeniyle Türkiye'ye gelen sığınmacıların önemli bir kısmı güney illerinde, özellikle de Mersin bölgesinde yaşamaktadır. Sığınmacı ve göçmenlerin bir sonraki aşaması entegrasyon, yani bulundukları ülkeye uyum sağlamalarıdır. Ancak özellikle ekonomik ve kültürel olarak ciddi sıkıntı yaşadıkları gözlemlenmektedir. Toplumun yabancılaştırdığı ve topluma yabancılaşan bireyler şiddet eylemlerine katılmakta ve terör grubu üyesi olmaya eğilimlidirler. Bu nedenle terör gruplarının eylemlerine bilerek ya da bilmeyerek katkı verebilirler. Kara yoluyla ulaşımın görece daha zor olduğu Akkuyu sahasında denizden de tedbirlerin alınması gerekir.

Dış tehdit değerlendirmesinde kullanılması gereken ölçütler jeopolitik bir değerlendirme sonucu elde edilebilir. Buna göre, sahanın hangi kara ve deniz yollarına, hangi çatışma noktalarına yakın olduğu, ona zarar verebilecek kötü niyetli aktörlerin menziline olup olmadığı ve bunlara karşı ne tür önlemlerin alındığı soruları sorulmalıdır.

Yukarıdaki sorular çerçevesinde Akkuyu sahası, jeopolitik önemi yüksek olan Doğu Akdeniz/Orta Doğu güvenlik ekseninde bulunmaktadır. Suriye bölgesinde ABD ve Rusya'nın çatışan çıkarları doğrultusunda Doğu Akdeniz'de tansiyon yükseldiğinde, ya da doğal gaz aramaları veya Kıbrıs sorunu nedeniyle Türkiye ve komşuları arasında bir ihtilaf olduğunda Akkuyu nükleer santrali tehdit altında kalabilir, veya Türkiye'ye karşı bir



koz olarak kullanılabilir. Devlet-dışı aktörlerin bu sahaya kısa veya orta menzilli füzelerle saldırı olasılığı az olsa da insansız hava araçları ile güvenliği delme gösterisi bile yapmaları amaçladıkları siyasi etkiyi yaratabilecektir.

Sinop sahası, terör gruplarının silahlı saldırı senaryosu için daha elverişsiz olsa da nükleer ve radyolojik madde kaçaklığı açısından tehdit altındadır. Soğuk Savaş'ın bitiminden sonra özellikle 1990'ların başında, Eski Sovyetlerden kalan bazı hassas nükleer maddelerin Karadeniz üzerinden kaçakçılığının yapıldığı tespit edilmiştir. Bu konunun değerlendirilmesinde, Karadeniz bölgesinin kaçakçılık faaliyetlerine elverişli olduğu ve bu grupların bu faaliyetleri uzun zamandır yürüttüğü belirtilmektedir [10]. Coğrafi olarak ulaşımı Mersin bölgesinden daha zor olan Sinop ili çevresi, 1986'da yaşanan Çernobil faciasından dolayı nükleer santraller ve nükleer enerjiye karşı bir toplum barındırmaktadır. Ancak, nükleer güvenlikle ilgili hafızası ve davranışı bu yönde şekillenmiş olan bir yörede, nükleer bir sızıntı ya da patlamaya kasten yol açacak bir saldırının düzenlenmesi senaryosu oldukça düşüktür. Çevre ülkelere bakıldığında, herhangi bir füze saldırısı olma ihtimali de düşüktür. İç tehdit olarak ayrılıkçı terörist grubun daha önce Karadeniz Bölgesi'nde faaliyet gösterdiği görülmüştür [11]. Ancak, nükleer tesise izinsiz giriş, sabotaj ya da hırsızlık yapma ihtimali bölgesel işbirlikçileri olmadığı sürece düşüktür. Çernobil kazasından yara almış olduğunu düşünen ve nükleer enerji karşıtı bir toplumdur, Sinop santralini çalışmasını bilerek sekteye uğratabilecek ve benzer bir durum yaratacak bir kişinin ya da grubun çıkma olasılığı düşüktür.

## ÖNERİLER

Türkiye, nükleer santral tecrübesi olmayan bir ülkedir. Ankara'nın nükleer emniyeti ele alışı ve tartışmaları genel olarak Fiziki Koruma Sözleşmesi'nin 2005 Düzenlemesi ile ilgilidir. Nükleer santrallerle ilgili olarak, iç ve dış tehditlerin sosyolojik ve jeopolitik analizleri yeterince yapılmamaktadır. Bu çalışma, bu değerlendirmenin yapılması için durumun bir özetini sunmaktadır. Genel olarak nükleer enerji ve nükleer santraller, çok-disiplinli bir araştırma ve değerlendirmenin sonunda hem nükleer güvenlik, hem de emniyet açısından ele alınmalıdır. Yer seçimi konusunda, içinde bulunulan tarihsel dönemin yanı sıra geleceğe yönelik siyasi riskler de doğru hesaplanmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. "Nükleer emniyet" terimi İngilizce "nuclear security"nin Türkçe karşılığı olarak Türkiye Atom Enerjisi Ajansı tarafından kullanılmaktadır. Her ne kadar "security" kelimesi Türkçe'de "güvenlik" olsa da, nükleer santral terminolojisinde "nükleer güvenlik", "nuclear safety" teriminin karşılığıdır, ve iki kavram birbirinden farklıdır.
2. IAEA Safeguards Glossary, 2001 Edition, International Nuclear Verification Series, No. 3, IAEA, 2002. [https://www.iaea.org/sites/default/files/iaea\\_safeguards\\_glossary.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/iaea_safeguards_glossary.pdf) (Erişim tarihi: 03.02.2018).
3. Nuclear Facilities Attack Database, National Consortium for the Study of Terrorism and Responses

- to Terrorism, <https://www.start.umd.edu/nuclear-facilities-attack-database-nufad> (Erişim tarihi: 25.09.2019)
4. Şebnem Udum, 2014. "Nuclear Terrorism and Maritime Security," Global Maritime Security: New Horizons, Joseph Szyliowicz and Özlen Çelebi eds., Istanbul: Turkish Naval Forces Printing Office, ss. 225-244.
  5. Bkz. Global Terrorism Index, 2016. Institute for Economics and Peace <http://visionofhumanity.org/app/uploads/2017/02/Global-Terrorism-Index-2016.pdf> (Erişim tarihi: 25.09.2019)
  6. The National Security Strategy of the United States of America, September 2002, s.14. <https://2009-2017.state.gov/documents/organization/63562.pdf> (Erişim tarihi: 23.09.2019)
  7. Remarks by President Barack Obama in Prague As Delivered, (April 5, 2009), the White House, <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/remarks-president-barack-obama-prague-delivered> (Erişim tarihi: 28.01.2018)
  8. Amendment to the Convention on the Physical Protection of Nuclear Material, INFCIRC/274/Rev.1/Mod.1 (9 May 2016), <https://www.iaea.org/sites/default/files/infirc274r1m1.pdf> (Erişim tarihi: 23.09.2019)
  9. Nükleer Güç Santrallerine İlişkin Yönetmelik, Resmî Gazete No: 27176, 21 Mart 2009, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/03/20090321-2.htm> (Erişim tarihi: 25.09.2019)
  10. Lyudmila Zaitseva and Friedrich Steinhäusler, "Nuclear Trafficking Issues in the Black Sea Region," EU Non-Proliferation Consortium, Non-Proliferation Papers No: 39, April 2014, [https://www.files.ethz.ch/isn/187240/April\\_2014\\_39.pdf](https://www.files.ethz.ch/isn/187240/April_2014_39.pdf) (Erişim tarihi: 20.08.2017)
  11. "PKK'ya Karadeniz'de Büyük Darbe," Yeniçağ, 25 Mayıs 2019, <https://www.yenicaggazetesi.com.tr/pkky-karadenizde-buyuk-darbe-235694h.htm> (Erişim tarihi: 25.09.2019)

## ÖZGEÇMİŞ

**Doç.Dr. Şebnem UDUM**, Hacettepe Üniversitesi Uluslararası İlişkiler Bölümü Öğretim Üyesidir. ODTÜ Uluslararası İlişkiler Bölümü'nden Lisans (1999), Bilkent Üniversitesi'nden Yüksek Lisans (2003) ve Doktora (2010) derecelerini almıştır. Monterey, Kaliforniya'da bulunan Monterey Institute of International Studies'den Uluslararası Politika Çalışmaları Yüksek Lisans derecesini (2001), ve Kitle İmha Silahlarının Yayılmasının Önlenmesi sertifikası (2002) almıştır. Kitle İmha Silahlarının Yayılmasının Önlenmesi Çalışmaları Merkezi'nde (Center for Nonproliferation Studies) Araştırmacı olarak çalışmıştır (2002-2003). Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı bünyesindeki Nükleer Emniyet Eğitim Ağı (International Nuclear Security Education Network)'nın 2012'den bu yana üyesi ve 2018-2019 Dönem Başkanı'dır. Hacettepe Üniversitesi Stratejik Araştırma Merkezi Müdür'üdür (2017-). Çalışma alanları: Nükleer silahların yayılmasının önlenmesi, nükleer enerji, nükleer emniyet, Türk dış ve güvenlik politikası, enerji güvenliği. Doktora tezi Türkiye'deki nükleer enerji tartışmaları üzerinedir.

## NÜKLEER SANTRALLERDE SAHA ONAYI, METEOROLOJİK ÇALIŞMALAR, ÇEVRESEL ETKİ VE RADYOLOJİK ETKİ DEĞERLENDİRMESİ

Özge ÜNVER<sup>1</sup> ve Cemil KOCAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nükleer Düzenleme Kurumu, Mustafa Kemal Mahallesi, Dumlupınar Bulvarı, No.192  
06510, ANKARA.

<sup>2</sup>Nükleer Enerji Mühendisliği, Hacettepe Üniversitesi, Beytepe, 06800, ANKARA.

### ÖZET

Bu makalede nükleer santrallerin lisanslanması, saha onayı ve bu kapsamdan yapılan meteorolojik çalışmalar, projenin erken aşamalarında yürütülen çevresel etki ve radyolojik etki değerlendirmesi hakkında bilgi verilmektedir.

Nükleer santrallerin yetkilendirilmesi bir düzenleyici kurumun en temel görevlerinden biridir. Yetkilendirme çoğunlukla saha ile başlar. Bu sürece paralel yürütülen Çevresel Etki Değerlendirmesinin esas görevi, projeyle ilgili karar vericilerin daha bütünsel, daha sağlıklı karar vermelerini sağlamak amacıyla, onlara projelerden kaynaklanabilecek çevresel etkileri net olarak göstermektir. Saha onayı çalışmalarının amacı ise yerin bir nükleer santral kurulmasına uygun olup olmadığının belirlenmesidir. Saha onayı aşamasında sahanın özelliklerinin yanı sıra tesisin çevresel etkileri de incelenmektedir. Bu nedenle iki süreçte bazı konular ortak olsa bile, incelenme detayları farklı olabilmektedir. Saha çalışmalarının önemli bir kısmı meteorolojik etütlerdir. Meteorolojik çalışmalar, nükleer santralin saha sürecinde tesisin çevreye etkisini modelleme çalışmalarında meteorolojik veri toplamak ve tornado, aşırı yağışlar, kuraklık vb. nadir görülen meteorolojik olaylar ile uç meteorolojik olayların tesise etkilerini ortaya koymak ve tasarımda dikkate almak üzere meteorolojik saha parametrelerini türetmek amacıyla yürütülmektedir. Santralin tüm ömrü boyunca da izleme ve değerlendirme faaliyetleri devam etmektedir.

Nükleer santrallerde rutin işletme koşullarında halka ve çevreye etkisi olmayacak şekilde kontrollü olarak, aktiviteleri belirli limitleri aşmayan radyoaktif sıvı ve gazlar çevreye salınır. Bu salımlar atmosferde ve denizde kendiliğinden doğal yollarla seyreler bulundukları ortamlarda çok düşük seviyelere kadar düşerler. Nükleer santrallerde sonuçları itibarıyla halkın etkilenmesine neden olabilecek kazalar ise olasılıkları çok düşük de olsa meydana gelebilmektedir. Gerçekleşme olasılığı 10-2/reaktör yılı ile 10-6/reaktör yılı arasında değişen tasarıma esas kazalarda santral sahası dışında radyolojik etki olmaması ve halkın etkilenmemesi beklenmektedir. Daha düşük olasılıklarda gerçekleşebilen tasarım ötesi kazalar ise saha sınırları ötesinde radyolojik etkilere neden olabilmektedir. Santralde gerçekleşebilecek tüm kazalar için halkın radyasyondan korunması için acil durum planları hazırlanır. Santralin radyolojik etkileri Çevresel Etki Değerlendirmesinden başlayarak saha onayı dahil tüm yetkilendirme aşamalarında ele alınır, sonuçların kabul edilebilir olması kaydı ile santrale ilişkin izin, lisans, onay vb. yetkiler verilir.

Bu makale ayrıca ulusal sistem ve Akkuyu Nükleer Santralinin saha ve Çevresel Etki Değerlendirmesi çalışmalarından özet bilgileri de kapsamaktadır.

**Anahtar sözcükler:** Nükleer santral, ÇED, lisans, meteoroloji, radyolojik etki.

## GİRİŞ

Bir ülkenin nükleer programa girme kararı bir asırdan uzun süreli olarak nükleer enerjiyi sürdürülebilir, sosyal, ekonomik, düzenleyici ve teknoloji altyapısına dayanarak barışçıl, güvenli ve emniyetli olarak kullanacağına dair taahhüdünü de beraberinde getirir. Bu taahhüt nükleer programı hukuksal, düzenleyici, endüstriyel, teknik ve insan kaynakları yönünden destekleyen sürdürülebilir bir ulusal altyapının kurulmasını ve uluslararası tüm kabul edilmiş nükleer güvenlik ve emniyet standartlarına uyumu gerektirir.

Ülkemizin de yarım asırlık nükleer santral kurma hedefi, “Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Arasında Akkuyu Sahasında Bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma”nın 12 Mayıs 2010 tarihinde imzalanmasıyla gerçekleşmeye başlamıştır. Anlaşma, Akkuyu sahasında 4 ünite 1200 MWe VVER-1200 tipi nükleer santral kurulmasını öngörmektedir. Akkuyu Nükleer Santrali (ANS) sahası ile ilgili detaylı çalışmalar tamamlanmış olup, ilk iki ünite inşa halindedir. İlk ünitenin 2023 yılında işletmeye alınması planlanmaktadır [1].

Nükleer santrallerdeki yüksek güvenlik seviyesine, saha, tasarım, inşaat, işletmeye alma, işletme, değişiklikler işletmeden çıkarma ve düzenleyici kontrolden çıkma aşamalarında düzgün bir hukuki yapı, yetkin tasarımcı, imalatçı ve işleticiler, aynı zamanda nükleer düzenleyici kurum dâhil devletin nükleer alanda görev yetki ve sorumlulukları belirlenmiş kurumları sayesinde ulaşılabilir. Nükleer düzenleyici kurum, nükleer tesis ve faaliyetleri yetkilendirmek dahil olmak üzere düzenleyen, güvenlik ve radyasyondan korunma konularında aldığı kararlarda tamamen bağımsız olan ve devlet tarafından belirlenen kurumdur. Nükleer santrallerin yetkilendirilmesi nükleer düzenleyici kurumun en önemli görevlerinden biridir ve aşamalar halinde gerçekleştirilebilir. Ülkelerin ulusal sistemine göre yetkilendirme nükleer santralin ömrü boyunca bir ya da birden çok lisans, izin veya onayın alınması ile sonuçlanabilir. Yetkilendirme çoğunlukla saha ile başlar, santral ihale hazırlıklarında yer seçiminin yapılmış olması ve Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) süreci bitmiş ya da ilerlenmiş olması gereklidir [2].

Ülkemiz de ilk nükleer santral projesini gerçekleştirirken, 2018 yılında bir dizi kanun ile nükleer alanda hem düzenleyici ve uygulayıcı hem de yetkin kurum olan Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) bölünmüştür. Bu bölünmede, nükleer düzenleyici altyapı bağımsız hale getirilerek düzenleyici denetleyici fonksiyonlar Nükleer Düzenleme Kurumuna (NDK) verilmiş, uygulayıcı ve araştırma- geliştirme fonksiyonları da TAEK’te kalmıştır. TAEK aynı zamanda ulusal radyoaktif atık bertarafından sorumlu kurum haline dönüşmüştür [3, 4, 5].

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) bir nükleer düzenleyici kurum değildir. Nükleer teknolojinin kullanımının beklentileri ve korkuları ile ortaya çıkan iletişim ihtiyacına binaen 1957 yılında kurulmuştur. Bu alandaki çabalarını nükleer güvenlik, radyoaktif atık güvenliği, radyasyon ve taşıma güvenliği alanlarında ülkelerin kullanımına yönelik güvenlik dokümanları geliştirerek, çeşitli anlaşma ve sözleşmeleri yürüterek ortaya koymaktadır. Ülkemiz nükleer alanda mevzuat altyapısını geliştirirken IAEA dokümanlarından büyük ölçüde faydalanmakta olup, IAEA'nın yürüttüğü nükleer güvenlik, radyolojik ve nükleer acil durumların erken bildirimi ile yardımlaşma, nükleer alanda hukuki sorumluluklar ve fiziksel korunma alanlarındaki sözleşmelere hâlihazırda taraftır. Radyoaktif atık ve kullanılmış yakıt yönetiminin güvenliği alanındaki sözleşmeye ise taraf olma aşamasındadır.

Bu makalede nükleer santrallerin lisanslanması hakkında genel bilgiler, saha ve ÇED aşamaları, bu aşamalarda yürütülen meteorolojik çalışmalar, nükleer santrallerin radyolojik etkileri ile bu konulardaki ulusal sistem ve Akkuyu Nükleer Santralindeki gelişmeler hakkında bilgiler verilmektedir.

## **NÜKLEER SANTRALLERİN YETKİLENDİRİLMESİ**

### **Yetkilendirme ilkeleri**

Nükleer tesislerin yetkilendirilmesi düzenleyici kurumun en temel görevlerindendir. Lisans, izin veya onayların tümü “yetki” olarak adlandırılır. Lisans, izin veya onay düzenleyici kurum tarafından başvuru sahibine belirli faaliyetleri yapabilme izni veren hukuki bir belgedir. Yetkilendirilen kişi tesisin güvenliğinden ve emniyetinden nihai olarak sorumludur. Çalıştırdığı yükleniciler ya da nükleer düzenleme kurumu tarafından yetkilendirilmek veya denetlenmek yetkilendirilen kişinin sorumluluğunu ortadan kaldırmaz. Yetkilendirilen kişi sahip olduğu lisans, izin veya onayı kaybetse veya yetki süresi dolsa bile tesisin güvenlik ve emniyetine ilişkin sorumlulukları devam eder [6, 8].

Ülkedeki yetkilendirme sistemine göre, tek bir kurum veya birden çok düzenleyici kurum nükleer santralleri yetkilendirilebilir. İkinci durumda devlet kurumları arası koordinasyonu sağlamalı, yetkilendirmede açık konu kalmaması ve ikilem yaratılmaması için gerekli tedbirleri almalıdır.

Yetkiler belirli bir süre için ya da süresiz ancak belirli koşullarda sona ermek üzere verilebilir ya da santraldeki belirli sistemler veya yapılar ayrıca lisansa tabi olabilir. ABD’de erken saha izninin 10-20 yıl ve kullanılmış yakıt kuru depolama tesislerinin işletme lisansının 40 yıl süre ile verilmesi, kullanılmış yakıt taşıma ve depolama kaplarının tasarımlarının ayrıca onaylanması bunlara örnek olarak verilebilir [7].

Düzenleyici kurum yetkilendirmenin her aşamasında hazırlıklı olmak adına izin, lisans veya onay prosedürlerini belirlemiş ve iyi bir yönetim sistemine sahip olmalıdır.

Yetkiler koşullu olarak verilebilir. Koşullar izin, lisans veya onay belgesinin eki olarak ya da belgede referans verilen ayrı bir dokümanda düzenlenebilir. Saha onayı ile ilgili olabilecek insan kaynaklı dış olaylar ya da doğal dış olaylar ile ilgili tehlike analizleri, çevresel transfer modellerinin iyileştirilmesi vb. ile ilgili konular koşullara bağlanabilir.

Yetkilendirme süreci şeffaf olmalı, halkın süreç içerisinde nükleer emniyet ve santrale ilişkin ticari özel bilgiler dışında bilgilendirilmesine olanak tanınmalıdır.

Yetkilerin ücreti belirli olmalı ve başvuru sahibine önceden bildirilmelidir. Yetkilendirme süreci içerisinde yetki sahibinin tesiste gerçekleştireceği değişiklikleri yönetmek için bir sistemi bulunmalıdır. Tesiste gerçekleştirilecek güvenlikle ve emniyetle ilgili değişiklikler her zaman düzenleyici kurumun iznine tabi olmalıdır [4, 6].

Yetkilendirme sırasında düzenleyici kurum ve başvuru sahibinin iletişimi güvenliği iyileştirme amacıyla tesis tasarımında veya plan ya da programlarda değişiklikleri beraberinde getirebilir.

Büyük nükleer programa sahip ülkelerin çoğu ilk nükleer santrallerinin lisanslanmasında «referans santral» yaklaşımını kullanmışlardır. Seçilen santralin kurucusu ülke tarafından daha önce lisanslanmış olan benzer tasarıma sahip olan santral referans santral olarak adlandırılır. Bu yaklaşım referans santralin lisanslama dokümanlarının hazır olması açısından hem kurucuya kolaylık sağlamakta, hem de düzenleyici tarafa lisanslamaya hazırlanmada faydalı olmaktadır. Ayrıca tesis ve düzenleyici kurum personelinin referans santralde eğitimi de mümkün olmaktadır. Referans santral yaklaşımında sahadan kaynaklanan farkların dikkate alınması gereklidir [8].

Yetkilendirmede kullanılan mevzuat yapısı yine ülkelerin kendi sistemi çerçevesinde farklılık gösterebilir. Ülkelerin düzenleyici kontrol yaklaşımı farklı olabilir. Bunlar çok ayrıntılı yaklaşım, çok ayrıntılı olmayan yaklaşım, her durum ve tesise özel benimsenen yaklaşım, risk ve performans bazlı yaklaşım, hedef odaklı yaklaşım, süreç bazlı yaklaşım, iç değerlendirme esaslı yaklaşım, eğitim/etki bazlı yaklaşım olarak sınıflanabilir [9, 10]. Mesela ABD nükleer mevzuatı çok ayrıntılı, Finlandiya mevzuatı performans bazlı ve İngiltere mevzuatı ise hedef odaklıdır [10]. Mevzuat yapısı aynı zamanda düzenleyici kurumun insan kaynakları ve gücü hakkında da bilgi verir. Nükleer güç programına yeni başlamış ülkelerde mevzuat yapısının NGS tasarımından bağımsız ve ülkenin sosyal ve politik yapısına en iyi oturan şekilde oluşturulması önerilmektedir. [8] Çünkü nükleer programa yeni başlamış ülkelerde, ancak tecrübeler sonucu geliştirilebilecek detaylı kılavuzlar ya da mevzuat geliştirilemez. Bu mevzuat yapısı seçilen NGS'nin tipini ve kurucu ülkenin mevzuatına uygun tasarlanmış olan santrali düzenlemeye uygun olabilmelidir. Alternatif olarak, ilgili ülke mevzuatının yansıya, UAEA dokümanları ya doğrudan ya da ülke özellikleri ve ihtiyaçları doğrultusunda adapte edilerek kullanılmaktadır. UAEA ayrıca ilk santral lisanslanırken santral kurucusu ülkenin mevzuatının doğrudan kullanımını da tavsiye etmektedir [8].

## Yetkilendirme aşamaları ve saha süreci

Ülkelerin ulusal mevzuatına göre nükleer santrallerin kurulması ve işletilmesi için tek veya bir dizi yetkinin alınması zorunludur. Yetkilendirme sistemi açık ve anlaşılabilir olmalı, yetkilendirme aşamalar halinde gerçekleşecek ise bunların belirli bir mantık sırası olmalıdır.

Yetkilendirme yer seçimi, saha etütleri, tasarım, inşaat, işletmeye alma, işletme, işletmeden çıkarma ve düzenleyici kontrolden çıkma gibi farklı aşamalardan oluşabilir, ayrıca her aşama kendi içinde alt aşamalara ayrılabilir. Alternatif olarak, bu aşamaların birkaçı tek bir seferde birleştirilerek erken saha izni, tasarım sertifikasyonu ve inşaat ve işletmeyi kapsayan birleşik lisans verilebilir [6]. Bu makalede yetkilendirme aşamalarından saha aşaması detaylı olarak anlatılmaktadır.

*Yer secimi:* Farklı yerlerin incelenmesi, kıyaslanması, birkaç yerin tercih edilmesi ve sahanın bir nükleer santral kurmaya uygunluğunun belirlenmesini içerir. Sahanın kabul veya ret edilme kriterlerinin belirlenmiş olmasıdır.

Yer seçiminden sonraki saha değerlendirmesi çalışmaları 3 fazı kapsar [6]:

*Saha karakterizasyonu:* Sahanın doğrulanması ve onaylanması olarak 2 süreçten oluşur. Ret kriterlerinden geçen sahanın, uygunluğu doğrulanır. Sonrasında tasarıma esas parametreleri belirlenir ve saha onaylanır.

*İşletme öncesi süreç:* İnşaatın önce saha karakterizasyonu tamamlanmış olmalıdır. Saha parametreleri bir program dahilinde izlenir. Sahanın tasarıma esas parametreleri doğrulanır.

*İşletme süreci:* Saha parametrelerinin izlenmesi programı ve periyodik güvenlik değerlendirmeleri ile saha tüm işletme ömrü boyunca izlenir, gözden geçirilir ve değerlendirilir.

İnşaat aşaması başlamadan önce sahanın NGS kurulumu için uygunluğu onaylanmış olmalıdır. Sahada birden fazla nükleer reaktör ünitesi kurulacak ise birbirlerine etkisi, ünitelere tarafından ortak kullanılan yapılar, ortak nedenli arızalar ile toplam deşarj ve salımlar dikkate alınmalıdır [6].

Bir yerin nükleer güç santral sahası olarak uygunluğunun değerlendirilmesinde önerilen yerde meydana gelebilecek doğal ve insan kaynaklı dış olayların etkileri, santralden salınabilecek radyoaktif maddelerin bireylere veya çevreye taşınımını etkil eyebilecek saha ve yer karakteristikleri dikkate alınır. Ayrıca acil durum önlemlerinin uygulanabilirliğini etkileyebilecek nüfus yoğunluğu ve dağılımına ilişkin bilgiler ile diğer yer karakteristikleri gözetilir. Eğer bu üç hususa ilişkin olarak yer değerlendirmesi sırasında belirlenen zafiyetlerin tasarım özellikleri, korunma önlemleri veya idari süreçler ile giderilebileceği gösterilemiyorsa, sahanın uygun olmadığına karar verilir [11].

Sismik, jeolojik, tsunami, hidrolojik, meteorolojik tehlikeler ile insan kaynaklı tehlikeler kapsamında yakındaki endüstriyel tesisler, doğalgaz boru hatları, hava trafiği



ve uçak çarpması potansiyeli vb. dikkate alınır. Sahanın coğrafyası, topoğrafyası, arazi ve su kullanımı, çevredeki nüfus yoğunluğu, nihai ısı kuyusu, tesisin radyolojik etkileri ve acil durum planlama konularında detaylı incelemeler yapılır [11, 12]. Sahada ve çevresinde yürütülmesi gereken meteorolojik çalışmalar ile tesisin radyolojik etkilerine ilişkin çalışmalar bu makalenin III ve IV. Bölümlerinde anlatılmaktadır.

Saha çalışmaları ilk fazdan itibaren tesis tasarımına dair bilgileri de dikkate almayı gerektirir. Ancak saha sürecinin bu erken aşamalarında kurulacak NGS tasarımı henüz belirli olamayabilir. Saha onayına, tasarım henüz belirlenmemiş iken de tesis parametrelerine dair zarf yaklaşımı kullanılarak başvurulabilir. Tesis parametrelerine dair zarf yaklaşımında, kurulması öngörülen reaktör teknolojileri esas alınarak tesis yerleşimi, radyoaktif salımlar ve deşarjlar, ünite sayısı, güç üretimi, su kullanımı ve termal deşarjlar vb. parametrelere dair bir çerçeve belirlenir. Bu çerçeve içinde kalan bilgiler dahilinde saha onayına başvurulabilir. İleriki yetkilendirme süreçlerinde, NGS tasarımı öngörülen tasarımlar arasından belirlendikten sonra, saha onayına esas değerlendirmede dikkate alınan tasarım hâlihazırda bu zarfın içerisinde kalacaktır.

Saha çalışmalarında ve yetkilendirmenin diğer erken aşamalarında, tesis tasarımı belirli olsa dahi saha parametreleri dikkate alınarak tasarımın sahaya adapte edilmesi gereklidir. Bu süreç tamamlanmadığında referans santrale ilişkin bilgiler kullanılabilir.

## Ulusal sistem

Ülkemizde nükleer santrallere ilişkin yetkilendirme aşamaları Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük'te düzenlenmiş iken, 2018 yılında yürürlüğe giren 4 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile mevcut sistem geliştirilmiştir. Yeni sisteme göre santral sahası onaya, sahanın hazırlanması, tedarike başlanması, tesisin inşası öncesi sınırlı çalışma yapılması, tesisin inşa edilmesi, işletmeye alınması, işletmeden çıkarılması, yeniden işletmeye geçilmesi ile tesiste güvenlik ve emniyeti ilgilendiren değişiklikler yapılması izne tabidir. Santralin işletilmesi ise, lisansa tabidir [4]. Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük'te her bir lisans aşamasında sunulacak belgeler ve içerikleri genel hatlarıyla tanımlanmıştır [14].

Ülkemizde NGS'lerin saha süreci, Nükleer Santral Sahalarına İlişkin Yönetmelik, Nükleer Tesislerde Radyasyondan Korunma Yönetmeliği, Nükleer Tesislerde Yönetim Sistemi Yönetmeliği, Nükleer Güvenlik Denetimleri ve Yaptırımları Yönetmeliği, Nükleer Güç Santralleri İçin Yer Raporu Biçim ve İçeriği Kılavuzu, Nükleer Güç Santrallerinin Lisanslanmasına Esas Mevzuat, Kılavuz ve Standartlar ile Referans Santralin Belirlenmesine İlişkin Yönerge çerçevesinde düzenlenmektedir. Nükleer Güç Santrallerinin Lisanslanmasına Esas Mevzuat, Kılavuz ve Standartlar ile Referans Santralin Belirlenmesine İlişkin Yönerge ile ve UAEA'nın tavsiyesi doğrultusunda nükleer santrallerin lisanslanmasında Türk mevzuatının, UAEA güvenlik gerekleri dokümanlarının, santral kurucusu ülkenin mevzuatının kullanımına, ayrıca bu mevzuat ve dokümanlar ile

düzenlenmeyen konularda da lisans için başvurulmuş santral tasarımına uygun bir diğer ülkenin mevzuatının kullanımına olanak sağlamaktadır [8-15].

Saha onayına, NGS tasarımı belirlenmiş iken veya tesis parametrelerine dair zarf yaklaşımı kullanılarak başvurulabilir. Ülkemizde yer seçimi düzenleyici kontrole tabi değildir. NGS kurmak isteyen başvuru sahibi, seçilmiş bir yer için saha onayı almak üzere gerekli bilgileri içeren Yer Raporunu hazırlayarak Nükleer Düzenleme Kurumunun değerlendirmesine sunar. Sahadaki tüm faaliyetler NGS kurucusu tarafından görevlendirilen Nükleer Denetim Firmaları gözetiminde yürütülür [3].

Geçtiğimiz süre zarfında, öncelikle 1976 yılında yer lisansı alınmış olan Akkuyu sahasındaki yer çalışmaları güncellenmiş ve TAEK tarafından 06.12.2013 tarihinde uygun bulunmuştur. Akkuyu Proje Şirketi, “Nükleer Güç Santrallerinin Lisanslama İlkelerine İlişkin Yönerge” hükümleri çerçevesinde 08.09.2011 tarihinde Rusya’da inşa edilmekte olan Novovoronezh II nükleer güç santralini ANS için referans santral olarak önermiştir. Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük gereğince Yer Lisansından sonraki süreç saha parametrelerinin onaylanmasıdır. Akkuyu Proje Şirketi’nin hazırladığı saha parametreleri TAEK tarafından 09.02.2017 tarihinde onaylanmıştır. ANS birinci ve ikinci ünitelerin inşaat lisansları 02.04.2018 ve 26.08.2019 tarihlerinde verilmiştir.

## NÜKLEER SANTRALLERDE ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED); gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmalardır. Bu süreç, kendi başına bir karar verme süreci değildir; karar verme süreci ile birlikte gelişen ve onu destekleyen bir süreçtir.

Bir NGS’nin ÇED Raporu büyük bir endüstriyel tesisin ÇED Raporundan çok farklı değildir, ancak daha komplikedir. NGS ÇED’inde, nükleer santrallerde açığa çıkan radyasyondan dolayı diğer tesislerden farklı olarak radyolojik etkiler irdelenmektedir. Ancak unutulmamalıdır ki radyolojik etkiler bir NGS’nin sadece bir tür etkisidir ve normal işletmede baskın etkisi değildir [2]. Kimyasal ve termal etkilerin de ÇED Raporunda detaylı irdelenmesi gerekir.

ÇED’in projenin erken aşamalarında hazırlandığı dikkate alındığında, bu erken safhada projeye ilişkin detaylı bilgilerin oldukça az olması kaçınılmazdır. Bu nedenle, ülkelerin mevzuatına bağlı olarak, referans santral yaklaşımı veya santral kurucusunun belirsiz olduğu durumda tesis parametrelerine dair zarf yaklaşımı ÇED sürecinde de kullanılabilir.

ÇED Raporunun tipik içeriği özet, giriş, paydaşların katılımı faaliyetleri, projenin tanıtımı, tesisin tanıtımı, nükleer güvenlik, mevcut çevrenin tanıtımı, projenin çevresel

etkileri, kümülatif etkiler, kazaların etkileri, sınırı aşan etkiler, nükleer yakıt tedarik zinciri, olumsuz etkilerin azaltılması ve çevresel izleme programına dair bölümlerdir. Projenin tanıtımında projenin eylemsizlik de dahil alternatifleri ve projenin takvimi verilir.

Tesisin tanıtımı kısmında kurulacak santralin veya referans santralin radyolojik ve radyolojik olmayan etkileri, atıkları, sahada kullanılan kimyasallar, nükleer yakıt temini, kullanılmış yakıt yönetimi konularını içerir. Nükleer güvenlik bölümünde santralin nükleer güvenlik gereklerinin ve ilkelerinin tasarım, işletmede ve işletmeden çıkarma aşamalarında nasıl uygulandığı açıklanmalıdır. Mevcut çevrenin tanıtımı bölümünde NGS projesinde etkilenebilecek bölgedeki meteoroloji ve hava kalitesi, arazi kullanımı, toprak, jeoloji ve hidrojeoloji, su kaynakları ve kalitesi, karasal ve sucul ekoloji, artalan radyasyon ve konvansiyonel kirlilik, sosyoekonomik özellikler hakkında bilgiler verilir [2-16].

Projenin çevresel etkileri bölümünde, inşaat, işletme ve işletmeden çıkarma sırasında tesisin insan, sağlık, toprak, hava, flora, fauna, su ortamlarına, trafik üzerine etkilerinin büyüklüğü ve özellikleri, gürültü etkisi belirlenir ve proje gerçekleşmeden önceki çevresel koşullar ile kıyaslanır. İnşaat sırasında kazılar, dolgular, arazi hazırlığı ve inşaatın etkileri tartışılır. İşletme sırasında radyoaktif salımlar ve atıklar, termal etkiler, laboratuvarlardan olası kimyasal madde salımları, bakım faaliyetleri dikkate alınır. Kullanılmış yakıt yönetimi genel hatlarıyla tartışılır, çözümle ilgili bir takvim verilebilir. İşletmeden çıkarma için genellikle ayrı bir ÇED Raporu gerekir. Ancak NGS kurulum ÇED’inde kullanılmış yakıtların sahadan taşınması, reaktör bileşenlerinin sökümü ve dekontaminasyon faaliyetleri hakkında genel hatlarıyla bilgiler verilir. Kümülatif etkiler kısmında bölgedeki diğer tesislerin veya projelerin kurulacak NGS ile birlikte etkileri kümülatif olarak değerlendirilir.

Kazaların etkileri bölümünde tasarıma esas ve tasarım ötesi kazaların halka ve çevreye etkileri ve alınacak önlemler tartışılır. Sınırı aşan etkiler bölümünde ülkelerin ESPO Anlaşmasına taraf olup olmamasına bağlı olarak, kazaların sınırı aşan etkileri, NGS’nin sosyoekonomik etkileri (iş olanakları) ve ülkeler tarafından ortak kullanılan soğutma suyu vb. konular tartışılır. Nükleer yakıt tedarik zinciri bölümünde genel olarak tedarik zinciri hakkında bilgi verilir, detaylı bilgiler ayrı ÇED’in konusudur. Olumsuz etkilerin önlenmesi ve azaltılması bölümünde tesiste uygulanabilecek mühendislik ve idari çözümler, habitat restorasyonu, mali çözümler, bilgilerin paylaşılması ve ekosistemin restorasyonu gibi önlemler tanıtılmalıdır. Çevresel izleme programı bölümünde inşaat ve işletme aşamasında uygulanacak yeraltı suyu, yüzey suyu, bitki, toprak, hava vb. ortamlarda yapılacak izleme hakkında bilgi verilir [2-16].

Bir NGS ÇED Raporu için endüstriyel projelerin ÇED raporlarında olan modellemelere ilaveten, radyolojik etkiler için özel modelleme teknik ve yaklaşımları kullanılır. İnsanların, karasal ve sucul biotanın maruz kalacağı radyasyonu tahmin etmek için atmosferik dağılım ve doz modelleri veya radyoekolojik modeller kullanılır.

Bir NGS için ÇED süreci normalde 2-4 yıl arasında sürer. Sadece mevcut çevre özelliklerine ilişkin veri toplamak en az 12 aylık bir süreyi kapsar [2]. ÇED çalışmaları saha

çalışmaları ile genellikle paralel yürür. Saha onayına esas çalışmalar ve ÇED için yapılan çalışmaların bir kısmı ortak olmakla birlikte derinlikleri farklıdır. Saha onayına esas çalışmalar sahanın güvenliğini ortaya koyan detaylı jeolojik, hidrojeolojik, meteorolojik vb. analizlerle desteklenirken ve hem çevresel özelliklerin tesise etkisi hem de tesisin çevreye etkisi incelenirken, ÇED’de ise tesisin çevreye etkileri açısından hemen her konunun irdelenmiş olması beklenir. CED’de mevcut bilgiler çoğunlukla yeterli olurken, saha onayı için saha içi meteorolojik ya da yer altı suyu izlemesi gibi ekstra çalışma yapılması gereklidir.

NGS kurulmasına dair ihale hazırlığında ve sözleşmenin imzalanmasından önce ÇED olumlu kararının alınmış olması ya da ÇED Raporunda ileri bir noktaya gelinmesi proje sürecini kolaylaştırır ve hızlandırır. ÇED ayrıca sonraki lisanslama aşamalarında kullanılacak çevresel verilerin elde edilmesi açısından yardımcı olabilir veya çevresel izleme programının oluşturulması amacıyla da kullanılabilir. ÇED diğer paydaşların kendi karar mekanizmaları için de kullanılabilir (örneğin finans kuruluşları). ÇED sürecinde ayrıca önemli çevresel konular farklı paydaşların erken safhada gündemine getirilir, tartışılır ve çözümler aranır [2].

## Ulusal sistem

Bilindiği gibi ÇED süreci ülkemizde Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği çerçevesinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülmektedir [17]. ÇED sürecinin detaylı prosedürü söz konusu yönetmelikte belirtilmiştir. ÇED mevzuatı gereğince Çevresel Etki Değerlendirmesi Olumlu kararı alınmadıkça nükleer santrale teşvik, onay, izin, yapı ve kullanım ruhsatı verilemez, proje için yatırıma başlanamaz. Bu nedenle nükleer santrallere ilişkin ilk yetki Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük’teki adıyla Yer Lisansı, 4 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile Tedarik İzni alınmasından önce ÇED olumlu kararının alınmış olması gereklidir.

Çevresel Etki Değerlendirmesi sürecinde halkın katılımı toplantısı ile bölge halkı ve sivil toplum kuruluşları proje hakkında bilgilendirilip, görüşleri alınmaktadır. Halkın katılım toplantısından sonra proje özel formatı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından ilgili tüm kurum ve kuruluşların katkıları ile oluşturularak başvuru sahibine verilir. Nükleer Düzenleme Kurumunun sürece hangi kapsamda dahil olacağı da 4 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile belirlenmiştir. Söz konusu Kararnameye göre NGS’lerin Çevresel Etki Değerlendirme Raporunun radyolojik etkilere ilişkin bölümlerinin formatı Nükleer Düzenleme Kurumunun uygun görüşü ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından belirlenir ve bu bölümler Nükleer Düzenleme Kurumu tarafından değerlendirilir.

Nükleer santrallerin ÇED Raporunda, radyolojik etkilere ilişkin bölümler çevresel radyolojik izleme, radyoaktif atık ve kullanılmış yakıt yönetimi, acil durum planlama, işletmeden çıkarma, bölgedeki artalan radyasyon, tesisin radyolojik salımları ve rutin ve kaza koşullarının radyolojik etkileri, radyolojik etkilerin belirlenmesine esas nüfus,

arazi ve su kullanımı ve besin zinciri vb. olarak sıralanabilir. Ülkemizde ÇED mevzuatı gereğince, kurulacak NGS tasarımının önceden belirlenmiş olması gereklidir. Tesis parametrelerine dair zarf yaklaşımının ÇED için kullanılması mümkün görülmemektedir. Ancak projenin erken safhalarında tesis yerleşimi, su alışı veriş yapılarının lokasyonu ve uzunluğu, radyolojik etkilerin hesaplanması için baca yüksekliği, salımların aktivitesi vb. gibi gerekli tasarım verileri mevcut olmayabilir. Bu nedenle ÇED için referans santral verilerinin kullanılması düşünülebilir.

ANS için ÇED halkın katılımı toplantısı 29.03.2012 tarihinde yapılmış ve ÇED olumlu kararı Çevre ve Şehircilik Bakanlığından 01.12.2014 tarihinde alınmıştır. O zamanki düzenleyici kurum olan Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından ANS ÇED sürecinde radyolojik etkilerle ilgili değerlendirme yapılmıştır. Espoo Sınır-aşan Çevresel Etki Değerlendirmesi Sözleşmesi, bir projenin önemli olumsuz sınır aşan çevresel etkilerinin bulunması muhtemel olduğunda projenin planlandığı ülkenin, etkilenen ülkelere bildirimde bulunması ve danışılması yükümlülüğü getirilmektedir. Türkiye Sözleşmeye taraf olmadığından, ANS kurulması sürecinde diğer ülkeler ÇED sürecine dahil edilmemiştir. ANS ÇED Raporunda radyolojik etkiler kapsamında bölgenin artalan radyasyonu, radyolojik çevresel izleme programı, radyoaktif salımlar, normal işletme ve kazaların etkileri, radyoaktif atıklar ve kullanılmış yakıtlar, acil durum planlama, vb. konuları işlenmiştir.

### Stratejik Çevresel Değerlendirme

Stratejik Çevresel Değerlendirme (SÇD) çevrenin korunmasını sağlamak üzere sürdürülebilir kalkınma ilkesi doğrultusunda, bir kamu planı veya programının çevre ve insan sağlığı üzerindeki olası etkisinin tahmin edilebilmesini ve önemli ise, bu etkinin en aza indirilmesi için çareler aranmasını sağlayan bir yöntemdir. SÇD çoğu sektörde oldukça yaygın kullanılsa da nükleer güç programlarında kullanımı azdır. Örnekler sadece Almanya, Polonya, Birleşik Arap Emirlikleri ve Birleşik Krallık ile sınırlıdır [18]. Ülke mevzuatlarına bağlı olarak normalde nükleer güç programı planlanırken, ulusal enerji stratejisi, politikası ya da planı dahilinde SÇD yapılmalıdır. SÇD ÇED için de bir altyapı oluşturur. SÇD projenin çok erken aşamalarında mevcut bilgilere dayanır ve projenin çevresel açıdan kabul edilebilirliği ile ilgili olarak ilk kararların alınmasında kullanılır.

Ülkemizde süreç Stratejik Çevresel Değerlendirme Yönetmeliği gereğince yürütülmektedir [19]. Yönetmeliğin Ek-1’inde yer alan nükleer santrallerin de dahil olduğu Enerji Sektöründeki Planlama Çalışmaları için Stratejik Çevresel Değerlendirme yapılmalıdır. Bu konudaki yetkili kurum Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından SÇD raporu hazırlanır, ayrıca planın uygulanması aşamasında ortaya çıkabilecek önemli olumsuz çevresel etkilerin belirlenmesi ve bu etkilere karşı en kısa zamanda çözüm üretilmesi amacıyla, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile ortaklaşa kararlaştırılan süre ve kapsam doğrultusunda izleme programını hazırlar.

## NÜKLEER SANTRALLERDE METEOROLOJİK ÇALIŞMALAR

Nükleer santralin lisanslanması sürecinde yürütülen meteorolojik çalışmalar, nükleer santralin saha sürecinde tesisin çevreye etkisini modelleme çalışmalarında meteorolojik veri toplamak ve uç/nadir meteorolojik olayların tesise etkilerini ortaya koymak ve tasarımda dikkate almak üzere meteorolojik saha parametrelerini türetmek amacıyla yürütülmektedir. Ayrıca santralin tüm ömrü boyunca da izleme ve değerlendirme faaliyetleri devam etmektedir.

Nükleer santral sahasının uluslararası sınırdaki bulunduğu durumda ve özellikle meteorolojik ölçümlerin diğer ülkenin topraklarında yapılmasının gerektiği durumda, veri toplanmasını temin etmek üzere ülkeler arası protokol yapılmalıdır.

### Nadir görülen ve uç meteorolojik olaylar

Nadir görülen ve uç meteorolojik olaylar tasarıma esas meteorolojik parametrelerin belirlenmesi amacıyla irdelenir ve analiz edilir. Uç değer analizlerine ve nadir meteorolojik olaylara ilişkin toplanan veriler geçmişe yönelik olarak en az 30 yılı kapsar. Bu parametreler 10.000 yıllık yinelenme periyoduna sahip tornado parametreleri (maximum rüzgâr hızı, basınç düşmesi, basınç düşmesi hızı, misil etkisi) 100 yıllık yinelenme periyoduna sahip kar paketi ağırlığı, mümkün görülen maksimum yağış, 100 yıllık yinelenme periyoduna sahip 3 saniyelik rüzgâr gust hızı vb. kapsar [20]. Bu parametre değerleri HVAC sistemlerinin, drenaj sistemlerinin, soğutma kulelerinin tasarımında, binaların yüklere karşı tasarımda ve santralin diğer yapı, sistem ve bileşenlerinin tasarımında kullanılır.

Uç meteorolojik olaylar kapsamında bölgedeki rüzgâr hızı, yağış miktarı, kar paketi, hava sıcaklığı ve deniz suyu seviyesi parametrelerinin uç değerleri analizlerle incelenir. Belirsizliklerin de dikkate alındığı uygun istatistiksel analizlerle, her bir parametre için farklı tekrarlanma periyotlarında beklenen en uç değer ile güven aralıkları belirlenir. Uç değer analizlerinde çoğunlukla Fisher–Tippett Tip I (Gumbel), Tip II (Fréchet) ve Tip III (Weibull) dağılımları kullanılır. [20] Tekrarlanma periyodu veri toplama periyodundan büyük olan verilere istatistiksel analiz yapılırken uygun bir ekstrapolasyon metodu uygulanır. Uç değerlerin türetilmesi deterministik analizlerle yapılıyorsa, verilerin tutucu değerleri kullanılır ve analizlerde belirsizlikler dikkate alınır. Saha-içi meteoroloji programı ile elde edilen en az 1 yıllık ilgili veriler ile saha dışı istasyonlardan alınan uzun dönemli veriler arasında uygun korelasyon yapılır ve sonuçlar sahaya uyarlanır [11, 12, 20].

Nadir görülen meteorolojik olaylar kapsamında kasırga, tropik siklon, tayfun, tornado, hortum, yıldırım, kuraklık, buzlanma, kum fırtınası, dolu, tipi ve çığ gibi bölgede görülebilecek ve santralin güvenliğini etkileyebilecek olaylar dikkate alınır. Bölgede görülme potansiyeli olan olaylar belirlenir ve belirlenen olaylar için bölgesel ve yerel veriler kullanılarak şiddet, sıklık ve benzeri özelliklerine ilişkin geçmişe yönelik veriler derlenir. Kasırga, tropik siklon ve tayfun için veriler tesisten 300-400 km mesafeye kadar,

tornado ve hortum için veriler tesis merkezli 150 km yarıçaplı bir bölge için toplanır. Meteorolojik olayların şiddet, sıklık ve benzeri özellikleri değerlendirilerek tesisin güvenliğini etkileyebilecek potansiyele sahip olan olaylar tasarıma esas olay kapsamına alınır. Tasarıma esas dış olay kapsamına alınan olaylara ilişkin olarak, tasarıma esas teşkil edecek fiziksel parametreler tanımlanır ve belirlenir. Olası durumlar için olayların santral üzerinde yaratabileceği misil etkileri gibi diğer etkileri de dikkate alınır [11, 12, 20].

Nadir görülen meteorolojik olaylar ve meteorolojik parametrelerin uç değerleri üzerinde nükleer santralin ömrü boyunca iklim değişikliğinin etkisi ayrıca değerlendirilir [20]. Özellikle ülkemizde son zamanlarda sık görülen tornado ve hortum olayları ile aşırı yağışlar iklim değişikliğinin etkileri olarak yorumlanmaktadır. İklim değişikliği dışında drenaj havzalarındaki değişimler tasarıma esas taşkınları değiştirebilir veya denize kıyı sahlarda insan yada doğal kaynaklı zemin çökmesi deniz suyu seviyesi yüksekliğini etkileyebilir [20].

### Saha içi meteorolojik izleme

NGS kurulması planlanan sahada, atmosferik dağılım hesaplarında kullanmak üzere detaylı bir meteorolojik izleme programı başlatılmalıdır. Programın sonuçları saha değerlendirmesinde mevcut meteorolojik koşulları ortaya koymak ve ileriki aşamalarda mevcut şartların değişip değişmediğini belirlemek, radyolojik açıdan sahayı değerlendirmek, veri toplarken bölgeyi en iyi temsil eden komşu meteoroloji istasyonlarını tespit etmek, tasarımda kullanılacak saha parametrelerinin tespit edilmesine ve acil durum planlamasına destek vermek üzere kullanılır.

Meteorolojik ölçüm cihazları salım noktalarındaki dağılım koşullarını temsil edebilecek yerlere konumlandırılmalıdır ve cihazların konumları maksimum maruziyet dikkate alınarak seçilmelidir. Saha etrafındaki birkaç km'lik alan bu amaçla incelenmelidir. Vadiler, deniz kıyıları, bayırlar, ormanlık alanlar, büyük yapılar ile düşük seviye rüzgâr hızlarını etkileyebileceğinden sık vadiler (100 metreden daha sık ve 5-10 km genişlikte) dikkate alınmalıdır. [22] Rüzgâr ölçümleri en yakın yüksekliğin en az 10 katı uzaklıkta yapılmalıdır. Kuleden yapılan rüzgâr ölçümleri kulenin gövdesinin yaratacağı hava akışı ve türbülans etkilenmemesi için kulenin en tepesinde ve ara seviyelerde de kule gövdesinden en az 2 kat uzaklıkta yapılmalıdır. Sıcaklık sensorları termal radyasyon ve yağışın etkisinden korunmak için fanlı koruma kabı içine yerleştirilmelidir. Yağış sensorlarının rüzgârdan ve donmaya karşı korunması sağlanmalıdır [22].

Atmosferik dağılım hesaplarında kullanılan meteorolojik veriler radyasyon dozunun hesaplanması için güvenilir statiksel analizlerin yapılmasına olanak sağlamalıdır. Dağılım hesaplarında kullanılan meteorolojik verilerin yıllık %90 tamlığı sağlanmalıdır [21].

Rüzgâr en azından salım yüksekliğine kadar ölçülmelidir. Sahada rüzgâr hızı ve yönü çok değişmiyorsa sahayı temsil eden bir noktadan ölçüm alınabilir. Rüzgâr ölçümleri



komşu istasyonların ölçümleri ile kıyaslamak için 10 m yükseklikte ve bir kule ile etkin salım yüksekliğinde yapılmalıdır. Koruma kabından olan salımlar için yaklaşık 60 metrede ve bacadan salımları temsil etmek için 85 metrede ölçümler alınmalıdır [21]. Meteorolojik ölçümler en az saatlik yapılmalıdır. Yüksek bir kule yerine Doppler-SODAR cihazı kullanıldığında, 10 metredeki ölçümler yine de atlanmamalıdır [22].

Atmosferik koşullardaki değişimler türbülansın doğrudan göstergesidir. Türbülans aşağıdaki koşullardan biri ya da birkaçı ile hesaplanabilir.

- Rüzgâr yönündeki değişim (sigma-theta metodu),
- Hava sıcaklığı ve sıcaklığın yükseklikle değişim oranı,
- Rüzgâr hızı ve güneş radyasyonu veya gündüz vakti bulutluluk oranı ve gece vakti bulutluluk oranı veya net güneş radyasyonu,
- Farklı yüksekliklerdeki rüzgâr hızı

Hava sıcaklığının yükseklikle değişimini bulmak için veri toplarken veri toplamanın sıklığı, süresi ve zamanı rüzgâr verisi ile uyumlu olmalıdır. Türbülans bulutluluk oranı ile hesaplanacak ise aynı anda ölçülen rüzgâr verisi ile birlikte kullanılmalıdır.

Sahada ayrıca en az saatlik yağış ölçümü de yapılmalıdır. Soğutma kulesinin kullanılacağı santrallerde, kulelerin etkilerini değerlendirmek için nem ölçümünün de yapılması faydalı olacaktır [22].

Sahada ölçülmesi gereken parametreler saha topoğrafyası ve kullanılan atmosferik dağılım modeli dikkate alınarak belirlenmelidir. En azından rüzgâr ve sıcaklık (10 metre ve etkin salım yüksekliğinde) ve yağış ölçülmeli ve türbülans belirlenmelidir. Genellikle saha düz ise hava akımları çok değişmiyorsa Gauss pulum modeli kullanılabilir ve kule ölçümleri yeterlidir. Saha deniz yada nehir kıyısında, dağlar ve vadilerle çevrili ise veya düşük rüzgâr hızlarında meteoroloji istasyonu sayısı artırılabilir ve yüksek atmosfer ölçümleri (SODAR, ravinsonde vb.) yapılabilir. Bazı durumlarda bölgesel difüzyon parametrelerini türetmek için gerçek salımlardan faydalanmak veya iz deneylerini yapmak gerekebilir. Bu sahalarda karmaşık (parçacık veya puff) modeller kullanılmalıdır [21, 22].

Meteorolojik ölçüm cihazları düzenli olarak kalibre edilmelidir. Ölçümlerin doğruluğu ve güvenilirliği düzenli bakım ve denetimi içeren kalite temin programı ile sağlanmalıdır [22].

Nükleer güç santrali tasarımında esas alınmak üzere meteorolojik parametrelerin uç değerleri ve nadir görülen meteorolojik olaylara ve bölgesel meteorolojik çalışmalar ile saha içi meteorolojik izlemeye ilişkin gerekler, Nükleer Santral Sahalarına İlişkin Yönetmelik ve Nükleer Güç Santralleri İçin Yer Raporu Biçim ve İçeriği Kılavuzunda yer almaktadır [11, 12].

ANS'nin saha çalışmaları kapsamındaki meteorolojik çalışmalarda sahaya komşu Silifke ve Anamur istasyonu verileri ile sahada kurulan 60 metrelik kule, 2 adet 10 metrelik

istasyon ve SODAR cihazı verilerinden faydalanılmıştır. Silifke ve Anamur istasyonlarının rüzgâr, yağış, sıcaklık, nem, hava basıncı, atmosferik kararlılık ve güneş radyasyonu parametrelerinin uzun dönemli bilgileri derlenerek bölgenin meteorolojik koşulları tespit edilmiştir. Atmosferik dağılım analizlerinde ise sahada kurulan 60 metrelik kule ve SODAR cihazı verilerinden faydalanılmıştır. Nadir görülen meteorolojik olaylar kapsamında da tornado, toz fırtınası, oraj, sis ve dolu olayları irdelenmiştir [16, 23].

## **NÜKLEER SANTRALLERİN RADYOLOJİK ETKİLERİ VE DEĞERLENDİRMESİ**

### **Nükleer santrallerde radyasyon kaynakları:**

Nükleer santrallerin inşa ve rutin çalışma sırasında çevresel etkileri kaçınılmazdır. İnşaat sırasında sahanın düzenlenmesi, sahada çalışacak kişiler için yapılan barınma üniteleri, inşaat sırasında kullanılacak malzemelerin üretimi sahaya getirilmesi, santral ekipmanlarının üretimi ve sahaya intikali çevresel etkileri olan başlıca faaliyetler arasında sayılabilir. Ayrıca santral ekipmanlarının sahaya getirilmesi için yapılacak yollar ve/veya limanlarda çevresel etki açısından önemlidir.

Santralin rutin olarak çalışmaya başlamasından sonrada santralin çalışması için gerekli yakıt teminini ve santralden çıkarılan kullanılmış yakıtın yönetimini de içeren nükleer yakıt çevrimindeki her bir adımın çevresel etkileri bulunmaktadır. Nükleer yakıt çevrimindeki başlıca faaliyetler arasında uranyum madenciliği, zenginleştirme, yakıt üretimi, kullanılmış yakıtın saklanması ve yönetimi sayılabilir.

Nükleer santral ise işletilirken çevreye termal, kimyasal ve radyoaktif atıklar bırakır. Bir nükleer güç santrali herşeyden önce bir ısı makinasıdır ve belirli bir verimle termal verimle çalışmaktadır. Nükleer santralin tasarımı ve santralin kurulduğu yerin özelliklerine bağlı olarak termal verim yaklaşık olarak %33 civarındadır. Diğer bir şekilde söylenirse üretilen termal enerjinin yaklaşık üçte biri elektrik enerjisine dönüştürülmekte, geri kalan üçte ikisi ise doğaya bırakılmaktadır. Ayrıca, özellikle deniz, göl ve nehir gibi su kıyılarına kurulan nükleer güç santrallerinin soğutma suyu sistemlerini korumak ve/veya temizlemek için kullanılan kimyasallarda çevre salım limitlerinin altında olması kaydı ve çevreye bırakılabilir olması kaydı ile doğaya bırakılmaktadır. Bu salımlarda nükleer güç santrallerini kimyasal salımlarının başlıcasını oluşturmaktadır.

Nükleer güç santralinin çalışmaya başlamasından önce nükleer yakıt reaktöre yüklenmektedir. Bu yakıt yakıt zarfı olarak isimlendirilen zirkonyum tüplerin içine yerleştirilmiş U-235 izotopu miktarı zenginleştirilerek artırılmış uranyum oksit yakıt elemanlarından oluşmaktadır. Normal şartlar altında bu yakıt zarfı ve yakıtın kendisi reaktörde kaldığı sürece bütünlüğünü korumaktadır. Nadiren de olsa üretim sırasında ve/veya işletme sırasında bazı hatalar nedeniyle yakıt zarfında çok küçük kusurlar meydana gelebilmektedir.

Bu kusurlu yakıtlardan fisyon ürünleri ve radyoaktif aktinitlerin yakıt dışına sızması ve soğutma suyunu sürekli radyoaktif izotoplarla kirletmesi mümkündür. Bir diğer olasılık

ise yakıt elemanlarını üretimi sırasında eser miktarda uranyum oksidin yakıt zarfı dış yüzeyine bulaşması ve reaktör çalışır iken bu uranyumun fisyonu uğramasıdır. Yakıt zarfı dış yüzeyi soğutucu su ile temas halinde olduğundan buradan çıkacak radyoaktif fisyon ürünleri soğutma suyuna karışacaktır. Bu radyoaktif izotopların bir kısmı gaz formunda soğutma suyundan alınmakta bir kısmı suda çözünmüş vaziyette soğutma suyundan farklı kimyasal süreçlerle alınmakta, bir kısmı da özellikle filtreler tarafından tutulmakta ve katı formda radyoaktif atık olarak ayrıştırılmaktadır. Gaz ve sıvı formda salınan önemli fisyon ürünlerinin örnekleri Çizelge 1’de [29] yer almaktadır.

**Çizelge 1. Normal işletmede çevreye salınan başlıca fisyon ürünleri [29]**

| Radyoizotop                   | Yarı ömür | Radyoizotop | Yarı ömür |
|-------------------------------|-----------|-------------|-----------|
| (a) Partikül formunda olanlar |           |             |           |
| Rb-88                         | 17.7 dk.  | I-134       | 52.6 dk.  |
| Sr-89                         | 50.0 gün  | I-135       | 6.6 saat  |
| Sr-90                         | 29 yıl    | Cs-136      | 13.0 gün  |
| Sr-91                         | 9.5 saat  | Cs-137      | 30.1 yıl  |
| Sr-92                         | 2.7 saat  | Cs-138      | 32.2 dk.  |
| Y-90                          | 64.0 saat | Ba-134m     | 2.6 dk.   |
| Y-91                          | 58.6 gün  | Ba-139      | 83.3 dk.  |
| Mo-99                         | 66.0 saat | Ba-140      | 12.8 gün  |
| I-131                         | 8.0 gün   | La-140      | 40.2 saat |
| I-132                         | 2.3 gün   | Ce-144      | 184.4 gün |
| I-133                         | 20.8 saat |             |           |
| (b) Gaz formunda olanlar      |           |             |           |
| Kr-85m                        | 4.5 saat  | Xe-133m     | 2.2 gün   |
| Kr-85                         | 10.7 yıl  | Xe-133      | 5.3 gün   |
| Kr-87                         | 76.0 dk.  | Xe-135m     | 15.3 dk.  |
| Kr-88                         | 2.8 saat  | Xe-135      | 9.2 saat  |
| Xe-131m                       | 12.0 gün  | Xe-138      | 14.2 dk.  |

Normal işletmede bir diğer radyoaktivite kaynağı ise nötron aktivasyon ürünlerinin oluşmasıdır. Bu radyoaktif izotopların bir kısmı nükleer güç santralinin kontrolü için soğutucu suya eklenen kimyasallar (örneğin basınçlı su reaktörlerinde güç kontrolü için soğutma suyuna eklenen bor), bir kısmı soğutma suyu kimyasını düzenlemek için eklenen kimyasallar (örneğin kaynar sulu reaktörlerde suyu kimyasını düzenlemek için suya eklenen lityum), bir kısmı da suda çözünmüş halde bulunan oksijen ve nitrojenin aktivasyonu ile oluşmaktadır.

Nötron aktivasyonu sonucu meydana gelen radyoaktivitenin bir diğer kaynağı ise soğutma suyunun temas halinde olduğu borular, vanalar, pompalar, reaktör basınç

kazanı ve onun iç aksamında meydana getirdiği korozyon ile demir, kobalt ve benzeri elementleri içeren korozyon parçacıklarını reaktör koruna taşıyıp, bunların nötron ile ısıtılması sonucu meydana gelen radyoaktivedir. Nötron aktivasyon ürünlerinin başlıcaları Çizelge 2’de [29] takip edilebilir.

Gaz ve sıvı radyoaktif atıklar yapılan kontrollerle eğer radyoaktivite seviyeleri ve toplam radyoaktivite miktarları santral için izin verilen seviyelerin altında ise gaz ve sıvı radyoaktif atık olarak çevreye bırakılmaktadır. Santral çevresinde yaşayan insanlar ile flora ve fauna bu salımlar neticesinde radyasyon dozlarına maruz kalmaktadır.

**Çizelge 2. Çevreye salınan başlıca nötron aktivasyon ürünleri [29]**

| Radyoizotop | Yarı ömür | Radyoizotop | Yarı ömür |
|-------------|-----------|-------------|-----------|
| Co-60       | 5.2 yıl   | N-16        | 7.1 sn.   |
| Co-58       | 71.4 gün  | N-17        | 4.0 sn.   |
| Fe-55       | 2.6 yıl   | F-18        | 1.8 saat  |
| Fe-59       | 45.1 gün  | O-19        | 29.0 sn.  |
| Cr-51       | 27.8 gün  | N-13        | 10.0 dk.  |
| Mn-54       | 300 gün   | Na-24       | 15.0 saat |
| Mn-56       | 2.6 saat  | H-3         | 12.32 yıl |
| Cu-64       | 12.8 saat | C-14        | 5730 yıl  |
| Zn-65       | 245 gün   |             |           |
| Ni-65       | 2.6 saat  |             |           |
| Zr-95       | 65.0 gün  |             |           |
| Zr-97       | 17.0 saat |             |           |

### Nükleer santral çalışanlarının aldığı dozlar

Nükleer reaktörün normal işletmesi sırasında reaktör çalışanları görevleri ve görev yerlerine bağlı olarak değişik miktarlarda radyasyon dozuna maruz kalmaktadır. Bu dozların takibi, radyasyonun ölçüm, izleme ve kontrolleri nükleer santral radyasyondan korunma ekibi tarafından yapılmaktadır. Radyasyondan korunma ekibi yukarıda bahsedilen görevlerinin yanı sıra aşağıdaki görevleri yerine getirir.

- Nükleer santral çevresinde yaşayanlara yönelik doz takibini yapmak.
- Radyasyondan korunmaya yönelik sürekli eğitim vermek.
- Acil durum eğitim ve tatbikatlarını düzenlemek ve/veya takip etmek.
- Büyük kazalarda dahil olmak üzere beklenmeyen olaylara müdahalede yer almak.
- Radyasyondan korunma ve ALARA programı kontrol ve takip ve planlamaları
- Çalışanların dozimetre takipleri
- Biyolojik tayinler (Örnek toplama, direkt radyasyon ölçümleri)
- Solunum yoluna yönelik koruyucu faaliyetler
- Cihaz kalibrasyon ve bakımları

Nükleer santral radyasyondan korunma ekibinde yer alan kişi sayısı ortalama reaktör ünitesi başına 20 kişidir. Bu ekip ünite başına yaklaşık 1000 çalışanın doz takibini yapmaktadır. Doz takibi yapılan kişilerin büyük bir kısmı bakım ve yeniden yakıt yükleme sürecinde reaktörde geçici olarak çalışan kişilerden oluşmaktadır. Yakıt yükleme ve bakım süreci dışında reaktör çalışanlarının çoğunun aldığı dozlar ölçülebilen dozların altındadır. Reaktör çalışanları ile bakım ve onarım çalışanlarının aldığı radyasyon dozlarının miktarında uygulanan radyasyondan korunma programları ve ALARA prensibi vasıtası ile önemli ölçüde azalma sağlanmıştır. Örneğin, A.B.D.’de 1994 yılında reaktör çalışanları ile bakım ve onarım işçilerini aldığı bireysel dozların ortalaması 1994 yılında yaklaşık 2.5 mSv iken, bu değer 2016 yılında 1 mSv mertebesine gerilemiştir [30].

Ayrıca yine A.B.D.’de reaktör çalışanları ile bakım ve onarım işçilerinin kolektif dozlarına bakılacak olursa 1994 yılındaki 200 mSv-kşi değerinden 2016 yılında 50 mSv-kşi değerine 4 kat azalış sağlanmıştır. Çizelge 3’ de bazı aktivilerden alınan bireysel radyasyon dozları takip edilebilir.

**Çizelge 3. Bazı aktivilerden alınan radyasyon dozları [30]**

| Aktivite                                               | Radyasyon dozu                    |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Günde bir paket sigara içme                            | 1 yılda 0.1 ile 0.7 mSv arası     |
| Pilot ve uçuş personeli                                | 1 yılda 9 mSv                     |
| Nükleer santral çevresinde yaşamak                     | 1 yılda 0.01 mSv                  |
| Kömür santrali çevresinde yaşamak                      | 1 yılda 0.03 mSv                  |
| Radyasyonla tıbbi görüntüleme                          | 1 defada 0.1 mSv ile 25 mSv arası |
| Halk için doz sınırı (radyasyon uygulamaları)          | 1 yılda 1 mSv                     |
| Radyasyon işçileri için doz sınırı ( 5 yıl ortalaması) | 1 yılda 20 mSv                    |
| Doğal radyasyon dozu (dünya ortalaması)                | 1 yılda 2.4 mSv                   |

A.B.D. reaktör çalışanlarının aldığı 2016 yılında almış olduğu yıllık ortalama dozlar ile Tablo 3 deki değerler karşılaştırıldığında, bu dozun doğal radyasyon nedeniyle alınan dozdan çok daha az olduğu görülmektedir. Ayrıca pilot ve uçuş personelinin aldığı doz ise reaktör çalışanlarından 9 kat fazladır.

### Nükleer santrallerin çevresinde yaşayanların aldığı dozlar

Nükleer santraller rutin işletme koşullarında halka ve radyasyonla çalışanların alacağı dozların doz sınırlarının altında kalacağı ve ekonomik ve sosyal faktörler de göz önünde bulundurarak mümkün olan en düşük dozu alacakları tasarıma esas kazalarda santral sahası dışında radyolojik etki olmayacak ve halkın etkilenmeyeceği şekilde tasarımlanır. NGS işletiminden halkın aldığı doz ortalama yılda 0,2  $\mu$ Sv tahmin edilmekte olup, günlük hayatımızda doğal radyasyon nedeniyle maruz kaldığımız doz ise yılda 2,4 mSv’dir [24].

A.B.D de işletilmekte olan reaktörler için yapılan bir çalışmada çevrede yaşayanlar için tahmin edilen ortalama yıllık bireysel dozlar 2007, 2008 ve 2009 için sırasıyla 0.97  $\mu\text{Sv}$ , 0.72  $\mu\text{Sv}$  ve 0.54  $\mu\text{Sv}$  dir [31]. 2009 yılı için maksimum ve minimum değerler ise yine sırası ile 168  $\mu\text{Sv}$  ile 16.6 nSv değerlerini almaktadır. Bir diğer çalışmada Avrupa Birliği ülkelerinden bulunan reaktörler için yapılan yıllık bireysel doz tahminlerinde 2008 yılı için alınan ortalama doz miktarı reaktörlerden 500 metre uzakta bulunan halktan bir kişi için 1  $\mu\text{Sv}$  civarında tahmin edilmiştir [32]. Bu mesafede aynı yıl için maksimum doz miktarı ise 10  $\mu\text{Sv}$  civarında tahmin edilmektedir.

Bu değerler, Çizelge 3'deki değerler ile karşılaştırılır insanların diğer aktiviteler ve doğal yollardan aldığı radyasyon dozlarına göre nükleer santralin işletilmesi sırasında alacağı radyasyon dozları ihmal edilebilir seviyededir.

### **Çernobil ve Fukushima kazaları sonucu alınan radyasyon dozları**

Nükleer santrallerde sonuçları itibariyle halkın etkilenmesine neden olabilecek kazalar olasılıkları çok düşük de olsa meydana gelebilmektedir. Gerçekleşme olasılığı 10-2/reaktör yılı ile 10-6/reaktör yılı arasında değişen tasarıma esas kazalarda santral sahası dışında radyolojik etki olmaması ve halkın etkilenmemesi beklenmektedir. Daha düşük olasılıklarda gerçekleşebilen tasarım ötesi kazalar ise saha sınırları ötesinde radyolojik etkilere neden olabilmektedir. Santralde gerçekleşebilecek tüm kazalar için halkın radyasyondan korunması için acil durum planları hazırlanır [25, 26].

Çernobil kazası 26 Nisan 1986 tarihinde o zamanki Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'ne bağlı Ukrayna Sovyet Sosyalist Cumhuriyeti'nin (Şu anki Ukrayna Cumhuriyeti) Pripyat şehrinde bulunan Çernobil Nükleer Santralinde gerçekleşmiştir. Çernobil nükleer santrali RBMK tipi 4 üniteden oluşmaktadır ve kaza 4. ünite de meydana gelmiştir. Kazanın nedenleri arasında insan hatası, tasarımda bulunan zayıflıklar ile işletme yönergelerinin yetersizliği başa çekmektedir. Çernobil kazası sonuçları itibari ile şu ana kadarki en büyük nükleer reaktör kazasıdır.

Kaza sırasında sahada bulunan çalışan sayısı 600 kişi civarındadır. Bunlardan en yüksek radyasyon dozu alanların sayısı 134 kişidir ve aldıkları dozlar 0.8 Gy ile 16 Gy arasında değişmektedir [34]. Bu 134 kişiden ilk üç ayda 28 kişi ve sonraki 17 yılda da 28 kişi radyasyon nedeni ile ölmüştür. Kaza sonrası bölgeye tahliye, ölçüm, dekontaminasyon vb. faaliyetler için gelen çalışan sayısı 530 bin kişiye ulaşmıştır ve bunların aldıkları ortalama doz 120 mSv mertebesinde. Ayrıca kaza sırasında santral çevresinde yaşamakta olan 130 bin kişi tahliye edilmiştir. Bu kişilerin tahliye öncesi ve sırasında ortalama kişi başı 30 mSv doz aldıkları tahmin edilmektedir. Radyoaktif serpinti nedeni ile çevrede kirlenmiş bölgelerde halen 6.4 milyon kişi yaşamaktadır. Bu kişilerin ise ortalama 9 mSv doz aldığı görülmektedir.

Ülkemizde Çernobil kazası kaynaklı radyoaktif serpintiye maruz kalmıştır. Ortalama

alınan bireysel dozlar 0.2 mSv ile 0.3 mSv arasında tahmin edilmektedir. Bu tahmini değerler doğal radyasyon nedeni ile yıllık alınan dozların çok altındadır.

Bir diğer büyük nükleer santral kazası 11 Mart 2011 tarihinde Japonya'nın doğu kıyısında bulunan Fukushima nükleer santralinde meydana gelmiştir. Bu santralde toplamda 6 ünite bulunmakta ve ünitelerin tamamı Kaynar Sulu Reaktör tipindedir. Kazanın nedeni aynı tarihte meydana gelen 9.0 büyüklüğündeki deprem sonrası oluşan tsunami dalgalarıdır. Bu santralin tasarımında dikkate alınan tsunami dalga yüksekliğinden çok daha yüksek tsunami dalgası meydana gelmesi nedeni ile her ne kadar deprem sırasında reaktör ünitelerine bir zarar gelmemesine rağmen santral sular altında kalmış ve kaza sonrası büyük miktarda radyoaktivite çevreye yayılmıştır. Kaza sırasında santralin 4., 5., ve 6. Ünitelerinin bakımda olması kaza sonuçlarını görece hafif olmasına neden olmuştur.

Kazanın radyolojik etkileri Japonya ile sınırlı kalmış, Çernobil kazasında olduğu gibi küresel bir felakete yol açmamıştır. Kaza sonrası Fukushima bölgesinde alınan dozlar 1 mSv ile 50 mSv arasındadır [35]. Fukushimaya komşu bölgelerde alınan dozların 1 mSv ile 10 mSv arasında olduğu tahmin edilmektedir. Japonya'nın geri kalanı için hesaplanan dozlar 0.1 mSv ile 1 mSv arasındadır.

### **Radyolojik etki değerlendirmesi**

Atmosfer nükleer santrallerden rutin yada kaza koşullarında açığa çıkan radyoaktif maddelerin çevreye taşınmasında ve halka ulaşmasında ana maruziyet yoludur. Nükleer santrallerin atmosfere yapılan salımlar dolayısıyla halk radyasyona buluttan ve yerden doğrudan dış ışınlama, kontamine havanın solunması ve besinlerin sindirilmesi sonucu iç ışınlama yolu ile radyasyona maruz kalmaktadır. Su ortamına yapılan salımlar dolayısıyla sahil şeridinden veya yüzme ya da tekne gezintisi yolu ile dış ışınlama, deniz ürünlerinin sindirimi yolu ve kontamine suyun içme ya da sulama suyu olarak kullanımı durumunda ve sahil şeridinde çöken ve sonrasında havaya karışan radyoaktif maddelerin solunumu sonucu iç ışınlama ile maruziyet olmaktadır. Maruz kalma yolları kazalar sırasında normal işletmedekilere göre farklı olabilir, mesela ciltte, saçta ya da kıyafetlerde radyoaktif madde birikmesi yolu ile dış ışınlama da söz konusu olabilir [27].

Atmosferik dağılım modellerinde kullanılan meteorolojik verilerle gerçek durumu en iyi şekilde betimleyici hesapların yapılabilmesi için genellikle yer yüzeyinden uygun yüksekliklerde meteorolojik izlenmenin yapılması gereklidir. Atmosferik dağılım modellerinde havada, yerde ve suda kısa ve uzun dönemli kontaminasyon hesaplanabilmeli ve bölge topografyası modellerde dikkate alınmalıdır. Radyasyona maruz kalan halkı temsilen en yüksek dozu alma ihtimali olan kuramsal kişi olan temsili kişinin doğru bir şekilde tanımlanması gereklidir.

Bu amaçla halk ve çevre üzerindeki radyolojik etkiler hesaplanırken bölgedeki meteorolojik verilerin yanı sıra nüfus dağılımının, arazi ve su kullanımının, besin zincirinin



ve gıda tüketiminin gözetilmesi gerekir. Ayrıca, bölge halkının yaşam özelliklerinin (dışarda veya iç mekânlarda yaşam, ev türlerinin vb.) ve gerekli diğer radyolojik parametrelerin (radyonüklitlerin çevredeki transfer faktörleri gibi) dikkate alınması gereklidir.

Pratik uygulamalarda, radyasyon dozunun hesaplanması için NGS'den 10 km mesafeye kadar genellikle Gauss modeli kullanılmaktadır. Ancak topografyanın karışık olduğu, deniz kıyısı yada büyük nehir kıyısı kenarlarında mezo ölçekteki olayları dikkate almak gerekmekte ve bu sahalarda Gauss modeli kullanımı uygun olmayıp, Eulerian veya Lagrangian modellerinin kullanımı uygundur [16, 26]. Gauss modelin kullanılacağı durumda saha içi istasyonlar vasıtası ile toplanan en az 1 yıllık, kalite kontrolden geçmiş veriler kullanılmalıdır. Meteorolojik veri yetki başvurusundan önceki son 10 yıldan daha eski olamaz [21]. Eulerian veya Lagrangian modellerinin kullanımı durumunda ECMWF gibi uluslararası meteoroloji organizasyonlarının verilerinin kullanılması uygundur. Kompleks topografyalarda 3 boyutlu rüzgâr alanlarının hesaplanması faydalı olacaktır.

Saha ve ÇED aşamasında radyolojik etki değerlendirmesi yapılırken tesis tasarım verileri henüz belirli olmadığı için kaza durumu için DEBK yada referans salım yaklaşımı (100 TBq Cs-137 eşdeğeri salım) kullanılabilir [11, 12, 26].

Radyasyonun etkileri bebek, çocuklar ve yetişkinlerde değiştiğinden, farklı yaş grupları için ayrı ayrı temsili kişiler belirlenerek doz hesapları yapılmalıdır. Temsili kişilerin kırsal kesimlerde çiftçi ve deniz kıyısına yapılan NGS ler için balıkçıyı kapsadığı kabul edilir. Temsili kişilerin bölgede yetiştirilen tarım ürünleri, bölgenin et ve sut ürünleri ve tutulan deniz balıkları ile beslendiği kabul edilir. Atmosfere yapılan ve sulara yapılan tüm salım ve deşarjlar için temsili kişi dozları hesaplanır. Radyonüklitlerin çevrede birikimi göz önüne alınarak NGS işletiminin son yılı dikkate alınarak temsili kişi dozları hesaplanır.

Atmosferik dağılım ve radyolojik analizleri sonuçları rutin ve kaza koşullarının halk ve çevre üzerindeki etkisinin kabul edilebilir olup olmadığını ortaya koymak üzere yapılmaktadır. Farklı tesis durumlarında halk için uyulması gereken radyolojik kriterler Çizelge 4 ve 5'te verilmektedir [26, 28].

**Çizelge 4. Farklı Tesis Durumları için Radyolojik Kriterler [26, 28]**

| Tesis Durumu                                                                                                                                          | Etkin doz kriteri                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Normal İşletme                                                                                                                                        | Doz kısıtları (Yılda 0.1 -1 mSv) |
| Beklenen işletme olayları                                                                                                                             | Olay başına yılda 0,1 mSv        |
| Tasarıma esas kazalar                                                                                                                                 | Kaza başına yılda 5 mSv          |
| Tasarım ötesi kazalardan; radyoaktif maddeyi hapseden birincil bariyerde, nükleer reaktörlerde korda veya yakıtta, ciddi hasara neden olmayan kazalar | Kaza başına yılda 20 mSv         |
| Tasarım ötesi kazalardan radyoaktif maddeyi hapseden birincil bariyerde ciddi hasara yol açan tasarım ötesi kazalar                                   | Tablo 2'de tanımlı kriterler     |

**Çizelge 5. Acil Durum Planlama Bölgelerinin Boyutlarının Belirlenmesine Esas Doz Kriterleri [26]**

| Acil Durum Planlama Bölgesi          | Koruyucu Eylemler ve Diğer Müdahale Faaliyetlerini Uygulanması Sonucunda Engellenecek Etkiler | Doz Kriterleri               |         | Acil Durum Planlama Bölgelerinin Belirlenmesi Sırasında Dikkate Alınacak En Önemli Radyasyon Maruziyeti Yolları |                                           |                                                |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                                      |                                                                                               |                              |         | Solunum                                                                                                         | Havadaki Radyoaktif Maddelerden Işınlanma | Yerde Biriken Radyoaktif Maddelerden Işınlanma |
| İhtiyati Eylem Bölgesi               | Ciddi Deterministik Etkiler                                                                   | Işınlanma süresi= 1 gün      |         |                                                                                                                 |                                           |                                                |
|                                      |                                                                                               | $AD_{Kırmızı\ kemik\ iliği}$ | 1 Gy    | ✓ ( $\Delta = 30$ gün)                                                                                          | ✓                                         | ✓                                              |
|                                      |                                                                                               | $AD_{Fe-140\%O-10\%Os}$      | 1 Gy    | ✓ ( $\Delta = 1$ yıl)                                                                                           | ✓                                         | ✓                                              |
| Acil Koruyucu Eylem Planlama Bölgesi | Stokastik Etkiler                                                                             | Işınlanma süresi= 7 gün      |         |                                                                                                                 |                                           |                                                |
|                                      |                                                                                               | $E$                          | 100 mSv | ✓                                                                                                               |                                           | ✓                                              |
|                                      |                                                                                               | $H_{Fetus}$                  | 100 mSv | ✓                                                                                                               |                                           | ✓                                              |

İşletme sırasında nükleer santralin tasarıma uygun olarak çalıştığının tespit ve teyit edilmesi için hem tesis içerisinde radyasyondan korunma programı çerçevesinde, hem de tesis çevresinde, toprakta, suda, havada, ot, gıda zinciri vb. çevresel ortamlarda çevresel radyolojik izleme programı çerçevesinde radyasyon seviyesi ölçülmektedir. Çevresel izleme programları, işletme öncesi art alan radyasyon seviyesini belirleyerek santralin etkisini ortaya koyabilmek için ve çevredeki aktivite değişimlerini takip etmek için yakıt yüklenmesinden 2-3 yıl öncesinden başlatılmalıdır [28].

Ülkemizde atmosferik dağılım ve radyolojik analizlerin yer aşamasında nasıl yapılacağı Nükleer Güç Santralleri İçin Yer Raporu Biçim ve İçeriği Kılavuzunda tanımlanmıştır [12]. Radyolojik sonuçları olabilecek tasarım ötesi bir kaza durumunda, boşaltma, sığınma, iyot tabletleri alma, gıda tüketimi kısıtlama vb. önlemlerin uygulanabileceği alan ve mesafeler, Ülkemizde Türkiye Afet Müdahale Planı ile uyumlu olan Ulusal Radyolojik Acil Durum Planı'nda belirlenmiştir.

ANS'nin çalışanlar ve halk üzerinde radyolojik etkisi Nükleer Düzenleme Kurumu tarafından yetkilendirmenin her aşamasında değerlendirilmektedir. Akkuyu nükleer santrali Güncellenmiş Yer Raporu ve ÇED Raporuna göre santralin normal işletme durumu ve kazalar sırasında halkın alabileceği dozlar hesaplanmış ve sonuçların mevzuata uygun olduğu tespit edilmiştir [16, 23]. Akkuyu Proje Şirketi ÇED sürecinden bu yana sahada çevresel radyolojik izleme çalışmalarını yürütmektedir.

## SONUÇLAR

Bu makalede nükleer santrallerde lisanslama ilkeleri, saha aşaması ağırlıklı olarak lisanslama süreci, ÇED, bu süreçlerde yürütülen meteorolojik çalışmalar ile radyolojik etkiler ve değerlendirme çalışmaları hakkında bilgiler verilmiştir.

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED); gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yönlerdeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmalardır. Akkuyu Nükleer Santrali içinde ÇED süreci tamamlanmıştır. Akkuyu Nükleer Santrali ÇED raporunda radyolojik etkiler kapsamında bölgenin artalan radyasyonu, radyolojik çevresel izleme programı, radyoaktif salımlar, normal işletme ve kazaların etkileri, radyoaktif atıklar ve kullanılmış yakıtlar, acil durum planlama, vb. konuları işlenmiştir.

NGS kurulması planlanan sahada, atmosferik dağılım hesaplarında kullanmak üzere detaylı bir meteorolojik izleme programı başlatılmalıdır. Bu program içerisinde nadir görülen ve uç meteorolojik olaylar tasarıma esas meteorolojik parametrelerin belirlenmesi amacıyla irdelenmeli ve analiz edilmelidir. Meteorolojik çalışmalarda iklim değişikliğinin etkisi ayrıca dikkate alınmalıdır.

Nükleer santrallerin hem yapım hem de işletme aşamasında çevresel etikleri mevcuttur. Normal işletmede nükleer santral çevresinde termal, kimyasal ve radyoaktif kirliliğe sebebiyet vermektedir. Nükleer santral çalışırken hem santralde çalışanlar hem de santral çevresinde yaşayan bireyler radyasyona maruz kalmaktadır. Çalışanların ve halktan bireylerin maruz kalacağı radyasyon dozları mevzuatlarla belirlenen sınırların oldukça altındadır. Bu dozlar diğer radyasyon kaynakları ve radyasyon uygulamalarından kaynaklı dozlarla karşılaştırıldığında ise oldukça makul düzeydedir.

Herhangi bir nükleer santralin ülkemizde işletilmesi sırasında nükleer santralin tasarıma uygun olarak çalıştığının tespit ve teyit edilmesi için hem tesis içerisinde radyasyondan korunma programı çerçevesinde, hem de tesis çevresinde, toprakta, suda, havada, ot, gıda zinciri vb. çevresel ortamlarda çevresel radyolojik izleme programı çerçevesinde radyasyon seviyesi mutlaka ölçülecektir.

Şu anda inşa halinde olan ülkemizin ilk nükleer santral projesi olan Akkuyu Nükleer Santral projesinde çalışanlar ve halk üzerinde radyolojik etkisi Nükleer Düzenleme Kurumu tarafından yetkilendirmenin her aşamasında değerlendirilmektedir. Akkuyu nükleer santrali Güncellenmiş Yer Raporu ve ÇED Raporuna göre santralin normal işletme durumu ve kazalar sırasında halkın alabileceği dozlar hesaplanmış ve sonuçların mevzuata uygun olduğu tespit edilmiştir.

**KAYNAKLAR**

1. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji> (Erişim: 15.10.2019).
2. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, No. NG-T-3.11, Managing Environmental Impact Assessment for Construction and Operation in New Nuclear Power Programmes, 2014, Vienna
3. 09/07/2018 tarihli ve 702 sayılı Nükleer Düzenleme Kurumunun Teşkilat ve Görevleri ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun Hükmünde Kararname
4. 15/7/2018 tarihli ve 4 sayılı Bakanlıklara Bağlı, İlgili, İlişkili Kurum ve Kuruluşlar ile Diğer Kurum ve Kuruluşların Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi
5. 9/7/2018 tarihli ve 703 sayılı Anayasada Yapılan Değişikliklere Uyum Sağlanması Amacıyla Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun Hükmünde Kararname
6. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Licensing Process for Nuclear Installations, SSG-12, 2010, Vienna
7. U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, U.S.NRC, [www.nrc.gov](http://www.nrc.gov)
8. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Licensing the First Nuclear Power Plant INSAG-26, 2012, Vienna.
9. OECD, NEA, The Characteristics of an Effective Nuclear Regulator, 2014
10. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Approaches and Methods to Conduct Regulatory Safety Review and Assessment, 2013, Vienna
11. Nükleer Santral Sahalarına İlişkin Yönetmelik, Resmi Gazete: 21.03.2009-27176
12. Nükleer Güç Santralleri İçin Yer Raporu Biçim ve İçeriği Kılavuzu (TAEK AEK:111, GK-GR-01, 10.12.2009), Ankara.
13. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, No. NG-T-3.7, Managing Siting Activities for Nuclear Power Plants, 2012
14. Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük, 18/11/1983 ve 83/7405 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı.
15. Nükleer Güç Santrallerinin Lisanslanmasına Esas Mevzuat, Kılavuz ve Standartlar ile Referans Santralin Belirlenmesine İlişkin Yönerge (2014), Ankara.
16. 4.800 MWe Kurulu Gücünde Olan Akkuyu Nükleer Güç Santrali Projesi (Nükleer Güç Santrali, Radyoaktif Atık Depolama Tesisi, Rıhtım, Deniz Dolgu Alanı Ve Yaşam Merkezi) CED Raporu, 2014, Ankara.
17. Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, Resmi Gazete: 25.11.2014 – 29186.
18. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Strategic Environmental Assessment for Nuclear Power Programmes: Guidelines, No. NG-T-3.17, 2018, Vienna.
19. Stratejik Çevresel Değerlendirme Yönetmeliği, Resmî Gazete: 08.04.2017- 30032, Ankara.
20. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, No. SSG-18, 2011, Vienna.
21. U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, REGULATORY GUIDE 1.23, Meteorological Monitoring Programs for Nuclear Power Plants, 2007.
22. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, No. NS-G-3.2, 2002, Vienna.
23. Akkuyu Nükleer Güç Santrali, Akkuyu Sahası Yer Raporu Cilt 3, 2013, Moskova.
24. UNSCEAR, Sources and Effects of Ionizing Radiation, Vol. 1, 2000.
25. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, SSR-2/1 (Rev. 1), Safety of Nuclear Power Plants: Design, 2016, Vienna.

26. Nükleer Tesislerde Radyasyondan Korunma Yönetmeliği, Resmi Gazete: 29.05.2018- 30435, Ankara.
27. STUK, GUIDE YVL C.4, Assessment of Radiation Doses to the Public in The Vicinity of a Nuclear Facility, 2015
28. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment, Safety Standards Series No. WS-G-2.3, IAEA, Vienna (2000).
29. Robert Prince, Radiation Protection at Light Water Reactors, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012
30. U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, NUREG-0753, Vol 38, Occupational Radiation Exposure at Commercial Nuclear Power Reactors and other Facilities 2016 Forty-Ninth Annual Report, May 2018
31. Tae Young Kong, Gamal Akabani & John W. Poston Sr. (2019) A Study of a Dose Constraint for Members of the Public Living Around Nuclear Power Plants in the United States, Nuclear Technology, 205:6, 781-789, DOI: 10.1080/00295450.2018.1546536
32. European Commission, Radiation Protection No:176, Implied doses to the population of the EU arising from reported discharges from EU nuclear power stations and reprocessing sites in the years 2004
33. to 2008, 2013
34. UNSCEAR, Sources and Effects of Ionizing Radiation, Vol. II, Annex D, 2008.
35. World Health Organization, Preliminary dose estimation from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan earthquake and tsunami, 2012.

## ÖZGEÇMİŞ

**Dr. Özge ÜNVER**, ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümünden lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerini 1998, 2001 ve 2014 yıllarında aldı. 2001 yılından Nisan 2019'a kadar Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Nükleer Güvenlik Dairesinde, son 7 yılda Çevre ve Atık Güvenliği Şubesi Müdürü olarak çalıştı. Halen Nükleer Düzenleme Kurumu Radyasyondan Korunma Dairesinde Nisan 2019'dan bu yana mühendis olarak çalışmaktadır. Uzmanlık alanları, nükleer tesislerin çevresel etkileri, radyasyondan korunma ve radyoaktif atık yönetimidir.

## ÖZGEÇMİŞ

**Prof. Dr. Cemil KOCAR**, Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümünden 1990 yılında mezun oldu. Aynı bölümden 1994 yılında yüksek lisans ve 2003 yılında doktora derecelerini aldı. 1990-1993 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak ve 1993 ile 2007 yılları arasından Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Nükleer Güvenlik Dairesinde mühendis olarak çalıştı. 2007 yılından bu tarafa ise Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümünde çalışmaya devam etmektedir. Başlıca ilgi alanları, nükleer reaktör ısı-hidrolik tasarımı, hesaplamalı akışkanlar dinamiği, çok fazlı akış ve nükleer santrallerin çevre etkileridir.

## RADYOAKTİF ATIK BERTARAF TESİSLERİ İÇİN SAHA SEÇİMİ

**Banu BULUT ACAR**, *Hacettepe Üniversitesi, Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü,*  
ANKARA.

### ÖZET

Radyoaktif atık tekrar kullanılması öngörülmemeyen katı, sıvı veya gaz formdaki radyoaktif madde olarak tanımlanabilir. Nükleer santraller, araştırma reaktörleri, tıp, endüstri, araştırma gibi farklı uygulama alanlarında ortaya çıkan radyoaktif atıklar güvenli bir şekilde yönetilmelidir. Radyoaktif atık yönetimi, karakterizasyon ve sınıflandırma, işleme, uygunlaştırma, depolama ve bertaraf adımlarından oluşur. Radyoaktif atık yönetiminin son adımı olan bertaraf, atığın geri alma niyeti olmadan bir tesise yerleştirilerek muhafaza edilmesi ve çevreden izolasyonunun sağlanmasıdır. Radyoaktif atıkların bertarafı özel olarak tasarlanmış tesislerde gerçekleştirilmektedir. Tesis tasarımları, bertaraf edilecek radyoaktif atığın radyoaktivite seviyesi ve radyonüklit içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Yerkabuğu yüzeyinde bulunan hendeklerde ya da tasarlanmış tesislerde gerçekleştirilen bertaraf uygulamalarının yanı sıra yerkabuğu yüzeyinin hemen altında ya da yüzlerce metre altında tasarlanan tesislerde gerçekleştirilen uygulamalar da vardır. Bütün bertaraf uygulamalarında pasif güvenlik önlemleri ile atıkların güvenliğinin sağlanması ve uzun süre izlemeye gerek kalmadan çevreden izolasyonu hedeflenmektedir. Bertaraf tesisleri, bu hedef doğrultusunda, doğal ya da tasarlanmış güvenlik bariyerlerini içerecek şekilde tasarlanır. Bertarafın gerçekleştirileceği sahanın kendisi atıkların uzun süre muhafazasını ve izolasyonunu sağlayan doğal bir bariyerdir. Bu nedenle, tesis bileşenleri ile saha jeolojisinin etkileşim mekanizmalarının tasarım sırasında dikkate alınması gerekmektedir ve bertaraf tesisi sahalarının belirlenmesinde kullanılan genel ve jeolojik ölçütler söz konusudur. Bu çalışmada, bertaraf tesisi sahasını belirleme sürecini oluşturan aşamalar hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca, bertaraf tesisi sahalarının seçiminde geçerli olan genel ve jeolojik ölçütler üzerinde durulmuştur.

**Anahtar sözcükler:** Radyoaktif Atık Tesisleri. Radyoaktif Atık Yönetimi, Güvenlik Önlemleri

### GİRİŞ

Düzenleyici kurum tarafından belirlenen serbestleştirme sınırlarının üzerinde aktivite konsantrasyonu içeren ve bir daha kullanılması düşünülmeyen nükleer ve radyoaktif maddeler ile radyoaktif madde bulaşmış ya da radyoaktif olmuş yapı, sistem, bileşen ve malzemeler “radyoaktif atık” olarak adlandırılmaktadır. Radyoaktif atıklar katı, sıvı ve gaz formunda ve farklı kimyasal özelliklerde olabilirler.

Radyoaktif atıkların oluşumu hem nükleer güç üretimi hem de radyoaktif kaynakların kullanıldığı tıbbi ve endüstriyel uygulamalarda söz konusudur. Nükleer güç üretiminden

kaynaklanan radyoaktif atıklar, nükleer yakıt çevrimi adımları sonucunda (uranyum madenciliği, uranyumun rafine edilmesi, uranyumun zenginleştirilmesi, nükleer yakıt imalatı); nükleer santralin çalışması sırasında (iyon reçineleri, filtreleme kalıntıları, sıvı atıklar, metal parçaları, koruyucu kıyafetler) ve santralin işletmeden çıkarılması sırasında (yapı malzemeleri, metal parçalar) oluşurlar. Ayrıca, reaktörden alınan kullanılmış yakıtlar da yeniden işlenerek tekrar kullanılmayacak ise radyoaktif atık olarak sınıflandırılır. Şekil 1’ de nükleer güç üretiminden kaynaklanan radyoaktif atıklar için örnekler yer almaktadır.



Uranyum madenciliği



İşletmeden çıkarma



Kullanılmış yakıt

**Şekil 1. Nükleer güç üretiminden kaynaklanan radyoaktif atıklara örnekler [1].**

Nükleer güç üretiminin yanı sıra radyoaktif kaynak üretimi ile bu kaynakların endüstriyel uygulamalarda (yoğunluk ölçerler, endüstriyel radyografi, sterilizasyon tesisleri) ve tıbbi uygulamalarda (radyoterapi, radyografi) kullanılması sonucu radyoaktif atıklar oluşmaktadır. Şekil 2’ de radyasyon uygulamalarından kaynaklanan radyoaktif atıklar için örnekler yer almaktadır.



Endüstriyel radyografi



Kapalı kaynaklar



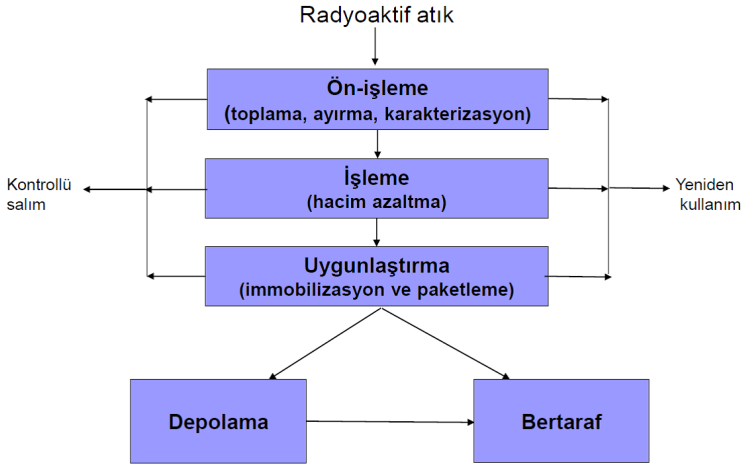
Tıbbi görüntüleme

**Şekil 2. Radyasyon uygulamalarından kaynaklanan radyoaktif atıklara örnekler [2].**

## RADYOAKTİF ATIK YÖNETİMİ

Kaynağı ne olursa olsun radyoaktif atıklar halkı ve çevreyi iyonize radyasyonun etkilerinden koruyacak ve gelecek nesillere gereksiz bir yük oluşturmayacak şekilde, güvenli yönetilmek zorundadır. Radyoaktif atıkların yönetimi, atığın toplanması, işlenmesi, taşınması, depolanması ve bertarafı ile ilgili idari ve teknik bütün faaliyetleri kapsamaktadır. Radyoaktif atıkların oluşumundan bertarafına kadar uygulanacak atık yönetimi adımları Şekil 3’ de gösterilmiştir.





**Şekil 3. Radyoaktif atık yönetimi adımları [3].**

Radyoaktif atığa uygulanacak işlemler atığın içeriğine, miktarına, fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak belirlenmektedir. Bu nedenle, atığa uygulanacak sonraki adımların belirlenebilmesi için atıkların karakterize edilerek sınıflandırılması gerekmektedir.

### **RADYOAKTİF ATIKLARIN SINIFLANDIRILMASI**

Radyoaktif atıklar fiziksel formları, kimyasal özellikleri veya kaynaklarına göre sınıflandırılabilir. Radyoaktif atıkların sınıflandırılmasında kullanılmak üzere Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA) tarafından atıkların radyoaktivite içeriği temel alınarak “radyoaktif atık sınıflandırma sistemi” geliştirilmiştir. Dünyada birçok ülke bu sınıflandırma sistemini kendi mevzuatlarına adapte etmiştir ve bu sınıflandırmaya dayanarak radyoaktif atığın güvenli bir şekilde yönetimini sağlayacak radyoaktif atık yönetimi programları geliştirmiştir. UAEA radyoaktif atık sınıflandırma sisteminde yer alan atık sınıfları Şekil 4’de gösterilmiştir. Bu sistemde yer alan atık sınıfları aşağıda verildiği gibidir:

#### **Muaf atıklar**

Muaf atıklar muafiyet sınırlarının altında ve radyasyondan korunma açısından düzenleyici kontrolden muaf olan atıklardır.

#### **Çok kısa ömürlü radyoaktif atıklar**

Çok kısa ömürlü radyoaktif atıklar muafiyet seviyesinin üzerinde radyonüklit içeren, en fazla birkaç yıl depolandıktan sonra aktivite içeriği serbestleştirme ve muafiyet düzeylerinin altına düşerek düzenleyici kontrolden çıkarılmaya uygun hale gelen atıklardır. Tıbbi uygulamalarda ve araştırmalarda kullanılan kısa ömürlü radyoizotoplar bu atık sınıfında

yer almaktadır. Çok kısa ömürlü radyoaktif atıklar birkaç yıl gibi kısa bir süre depolama sonrasında serbestleştirmeye uygun hale gelirler.

### Çok düşük seviyeli radyoaktif atıklar

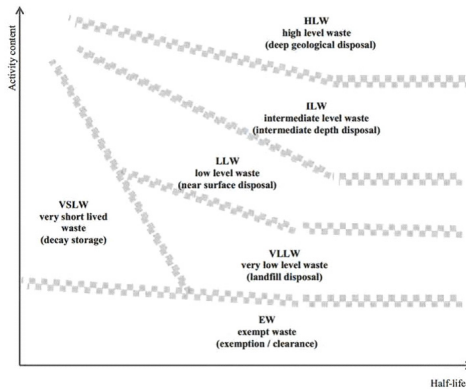
Çok düşük seviyeli radyoaktif atıklar muaf olmayan, çok kısa ömürlü radyoaktif atık sınıfına girmeyen ve serbestleştirme sınırlarının yaklaşık 100 katını geçmeyecek aktivite konsantrasyonu içeren atıklardır. Bu atıklar için radyasyon zırlaması gerekmemektedir ve yüzey bertaraf tesislerinde bertaraf edilirler.

### Düşük-orta seviyeli radyoaktif atıklar

Radyoaktivite seviyeleri çok düşük seviyeli radyoaktif atıkların aktivite konsantrasyonundan fazla olan ancak yüksek seviyeli radyoaktif atık sınıfına girmeyen atıklar düşük ve orta seviyeli radyoaktif atık olarak sınıflandırılır. Bu atıklar uzun ömürlü radyonüklit içeriğine göre iki alt sınıfa ayrılmaktadır. Kısa ömürlü düşük ve orta seviyeli atıklar, uzun ömürlü alfa yayıcı radyonüklit konsantrasyonu 400 Bq/gram' dan az olan atıklardır. Bu atıklar için bir miktar zırlama gerekmektedir ve yakın yüzeyde tasarlanmış bertaraf tesislerinde bertaraf edilmeleri uygundur. Uzun ömürlü düşük ve orta seviyeli atıklar ise uzun ömürlü alfa yayıcı radyonüklit konsantrasyonu 400 Bq/gram' dan yüksek olan atıklardır. Bu atıklara ciddi bir zırlama gerekmektedir ve orta derinlikte, tasarlanmış bertaraf tesislerinde bertaraf edilmeleri uygundur.

### Yüksek seviyeli radyoaktif atıklar

Yüksek seviyeli atıklar yüksek aktivite konsantrasyonuna sahip veya çok miktarda uzun ömürlü radyonüklit içeren, önemli miktarlarda radyoaktif bozunum ısısı üreten atıklardır. Bu atıkların özel olarak tasarlanmış ve yer kabuğunun birkaç yüz metre altında kurulan bertaraf tesislerinde bertaraf edilmesi uygundur.

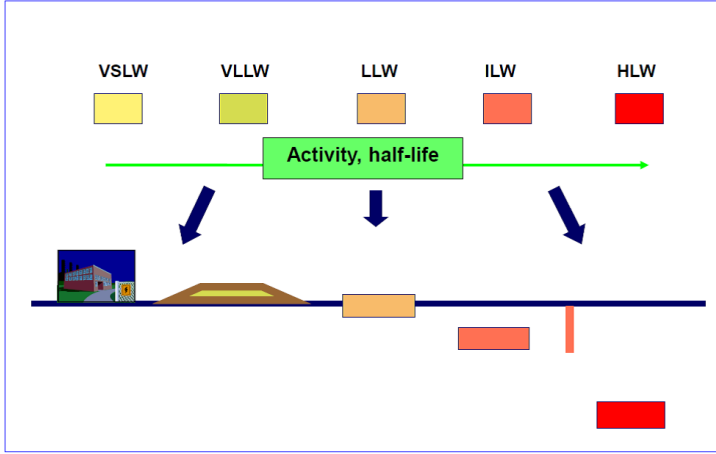


Şekil 4. UAEA radyoaktif atık sınıflandırması [4].

## RADYOAKTİF ATIKLARIN BERTARAFI

Radyoaktif atık bertarafı radyoaktif atığın geri alma amacı olmadan bir tesise ya da yere yerleştirilmesidir. Bertarafın iki temel amacı vardır: Radyoaktif atığı uzun süre muhafaza etmek (containment) ve radyoaktif atığı biyosferin ulaşılabilir kısmından izole etmek (isolation).

Radyoaktif atıkların bertarafı özel olarak tasarlanmış tesislerde gerçekleştirilmektedir. Tesis tasarımları, bertaraf edilecek radyoaktif atığın radyoaktivite seviyesi ve radyonüklit içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Yerkabuğu yüzeyinde bulunan hendeklerde ya da tasarlanmış tesislerde gerçekleştirilen bertaraf uygulamalarının yanı sıra yerkabuğu yüzeyinin hemen altında ya da yüzlerce metre altında tasarlanan tesislerde gerçekleştirilen uygulamalar da vardır. Şekil 5’ de UAEA radyoaktif atık sınıflandırma sisteminde yer alan atık sınıflarının bertarafı için uygun olduğu belirlenen yüzey ve yeraltı bertaraf yaklaşımları gösterilmiştir.



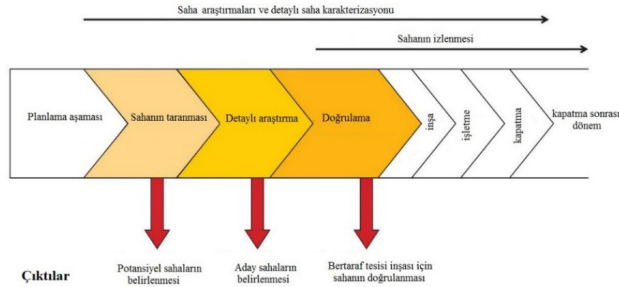
Şekil 5. Radyoaktif atık sınıfları ve bertaraf yaklaşımları [4].

Bütün bertaraf uygulamalarında pasif güvenlik önlemleri ile atıkların güvenliğinin sağlanması ve uzun süre izlemeye gerek kalmadan çevreden izolasyonu hedeflenmektedir. Bertaraf tesisleri, bu hedef doğrultusunda, doğal ya da tasarlanmış güvenlik bariyerlerini içerecek şekilde tasarlanır.

## BERTARAF TESİSİ SAHASI SEÇİM AŞAMALARI

Bertarafın gerçekleştirileceği sahanın kendisi atıkların uzun süre muhafazasını ve izolasyonunu sağlayan doğal bir bariyerdir. Bu nedenle, tesis bileşenleri ile saha jeolojisinin etkileşim mekanizmalarının tasarım sırasında dikkate alınması gerekmektedir ve bertaraf tesisi sahalarının belirlenmesinde kullanılan genel ve jeolojik ölçütler söz konusudur.

UAEA tarafından geliştirilen ve bertaraf tesislerine ilişkin teknik hususların ele alındığı güvenlik dokümanında bertaraf tesisi sahasını belirleme sürecini oluşturan aşamalar ve tesis sahası belirlenirken dikkat edilmesi gereken saha özellikleri yer almaktadır. Söz konusu dokümanda radyoaktif atık bertaraf tesisleri için saha belirleme aşamaları Şekil 6’da verildiği gibi belirlenmiştir. Ayrıca, bertaraf tesisi sahalarının seçiminde geçerli olan genel ve jeolojik ölçütler üzerinde durulmuştur



**Şekil 6. Bertaraf tesisleri için saha belirleme aşamaları [5].**

Her bir aşamada gerçekleştirilen çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

### Planlama

Bu aşamada tesisin tasarımı ile bertaraf edilmesi planlanan radyoaktif atığın sınıfı, toplam hacmi, radyoaktivitesi ve radyonüklit içereceği dikkate alınarak tesis sahasıyla ilgili planlama yapılır. Saha seçiminde dikkat edilecek teknik, ekonomik, kültürel ve sosyal vb. faktörler belirlenerek öncelik sıralaması yapılır. Sonraki aşamalarda kullanılması planlanan malzemeler, ekipmanlar, çalıştırılacak personel sayısı, çalışma süresi ve finansal kaynaklar gibi veriler tespit edilir. İlgili mevzuatta belirlenen “temel saha seçim kriterleri” nin gözden geçirilmesi ve saha belirlemede kullanılacak genel kriterlerin oluşturulması da bu aşamada gerçekleştirilmektedir. Bu aşamada yürütülen faaliyetler, alternatif tesis sahalarının belirlenmesine temel oluşturacak düzeyde ve detayda olmalıdır.

### Tarama

Bu aşamada planlama aşamasında belirlenen faktörler dikkate alınarak tesisin kurulmasına uygun olması muhtemel aday sahalar belirlenir. Tarama aşamasında, kademeli saha değerlendirme yaklaşımı uygulanarak, öncelikle uygun bölgeler seçilir ve bu bölgelerde incelemek üzere bir veya daha fazla aday saha belirlenir. Uygun bölgelerin belirlenmesi planlama aşamasında yüksek önemli olarak belirlenen sismik, coğrafik,

jeolojik ve hidrojeolojik ölçütlere göre yapılmalıdır. Önemli ölçütleri sağlayan uygun bölgelerin belirlenmesinin ardından diğer ölçütler ve faktörler göz önünde bulundurularak aday saha veya sahalar belirlenir.

### Ayrıntılı araştırma

Bu aşamada, daha önce belirlenmiş olan aday sahalarda jeolojik, hidrojeolojik ve çevresel koşullar için detaylı etüt çalışmaları yapılır. Jeolojik ölçütler için sahadaki volkanik aktivite, erozyon, jeotermal aktivite, suların kimyasal yayılımı, fay hattı, mineral kaynakları gibi olaylar ve etkileşimlere yönelik etüt çalışmaları yürütülür. Aday sahalar için atıkların tesise taşınmasında kullanılacak güzergâhlar, saha yakınındaki yerleşim ve nüfus yapısı gibi saha seçiminde kullanılacak destekleyici bilgiler toplanır. Aday sahalar için yapılan ön saha incelemesi sonuçları doğrultusunda sahanın bertaraf tesisi kurulmasına uygun olup olmadığının belirlenmesi amacıyla bir ön güvenlik değerlendirilmesi yapılır. Bu aşamada yapılan çalışmalar sonunda elde edilen bilgilerle tesis için aday saha sayısı bir ya da gerekli görülürse birkaç taneye indirilir ve detaylı saha karakterizasyonu aşamasına geçilir.

### Ayrıntılı saha karakterizasyonu

Bu aşamada aday sahaların uzun süreli davranışları incelenir. Sahaların bertaraf edilecek radyoaktif atıkların bütünlüğünü koruyucu özelliklere sahip olduğu yapılacak çalışmalarla gösterilir. Geçmişte meydana gelen sel baskınları, depremler, toprak kayması vb. doğal olaylar ve jeolojik etkileşimler incelenerek günümüzde ve gelecekte bu olayların olma olasılıkları hesaplanır, bu doğa olaylarının bertaraf tesisine olası etkileri değerlendirilir. Bu aşamada yürütülen izleme faaliyetlerinden elde edilen verilerin güvenlik değerlendirmesinin yapılması ve tesis tasarımı için yeterli olduğunun değerlendirilmesi halinde detaylı saha karakterizasyonu aşaması sonlandırılır.

### BERTARAF SAHASININ GENEL ÖZELLİKLERİ

- Radyoaktif atık bertaraf tesislerinin kurulacağı sahanın sahip olması gereken genel özellikler aşağıda verildiği gibidir:
- Sahada yüzey ve yeraltı tesisleri için yeterli alan bulunmalı
- Saha atıkların uzun süreli güvenliğini sağlayacak, bütünlüğünün belirlenen süreler boyunca korunmasını temin edecek ve biyosfer tabakasına ulaşmasını engelleyecek nitelikte olmalı
- Sahanın doğal yapısı, radyoaktif atıkların içerdiği radyonüklitlerin çevreye yayılmasını ve insanların yapabileceği kasıtsız ihlalleri/müdahaleleri zorlaştıracı veya engelleyici nitelikte olmalı,
- Saha uygun ve durağan jeolojik, hidrojeolojik ve meteorolojik özelliklere sahip olmalı

- Saha radyoaktif atıkların bertaraf edildiği depolara yağmur ve yer altı sularının girmesini engellemeye yardımcı olacak kil, kaya ve kaya tuzu gibi düşük geçirgenlik özelliğine sahip kayaç yapısına sahip olmalı

Ayrıca, bertaraf tesisi için uygun saha ve jeolojik yapı belirlenirken aşağıdaki temel hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Radyoaktif atıkların bertarafında uygulanacak yöntem
- Ana-kayacın mineral yapısı
- Ana-kayacın kalınlığı
- Ana-kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri
- Sismik, tektonik ve volkanik hareketlilik
- Ana-kayacın filtreleme ve soğurma özellikleri
- Yer altı su havzaları
- Yer altı su havzalarının beslendiği ve yeryüzüne çıktığı noktalar
- Yer altı sularının hızı ve yönü
- Yer altı suyunun yapısı ve özellikleri

Saha belirlerken dikkate alınması gereken diğer önemli hususlar ise aşağıda verildiği gibidir:

- Tesis sahasında bulunan yer altı sularının içme suyu olarak ya da hayvansal ve tarımsal sulama amaçlarıyla kullanılmaması
- Tesis sahasının, düşük nüfus yoğunluğunun bulunduğu alanlarda bulunması Sahanın deniz kıyısından belirli bir mesafe uzaklıkta ve deniz seviyesinden belirli bir mesafe yükseklikte olması
- Tehlikeli madde taşınması muhtemel ulaşım ağlarına, taşıma sırasında meydana gelebilecek kazaların tesis güvenliğini tehlikeye düşürmeyeceği uzaklıkta olması
- Radyoaktif atıkların sahaya taşınmasına elverişli olması
- Elektrik santralleri, petrol çıkartma ve işleme tesisleri, doğalgaz depolama tesisleri ve elektrik dağıtım tesisleri ile baraj, askeri tesisler ve havaalanı gibi stratejik önemi yüksek yapı ve tesislere uygun uzaklıkta olması
- Değerli maden ve mineral rezervleri ile doğalgaz, petrol ve su gibi değerli kaynakların bulunduğu alanlarda bulunmaması
- Tarıma elverişli araziler, kültürel veya tarihi önemi bulunan alanların kullanılmamalı

## KAYNAKLAR

1-IAEA, 2009. Waste Management Training Presentation. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), Viyana, Avusturya.

2-www.izotop.ua, erişim tarihi 15.11.2019.

- 3-UAEA, 2009a, Predisposal Management of Radioactive Waste-GSR Part 5, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- 4-UAEA, 2009b, General Safety Guide 1 - Classification of Radioactive Waste, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- 5-UAEA, 2014, Near Surface Disposal for Radioactive Waste – Specific Safety Guide No. SSG-29, International Atomic Energy Agency, Vienna.

## ÖZGEÇMİŞ

**Dr. Banu BULUT ACAR**, Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesidir. Lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerini aynı bölümden almıştır. 2002-2006 yıllarında Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmış, 2006-2017 yıllarında Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun farklı birimlerinde mühendis olarak görev yapmıştır. Çalışma konuları arasında nükleer yakıt çevrimi, kullanılmış nükleer yakıt yönetimi, radyoaktif atık yönetimi ve nükleer malzemeler yer almaktadır.





## NÜKLEER GÜVENLİK ÜZERİNE

**İrfan UÇAR**, *Nükleer Güvenlik Mühendisi (MS)*, *Sedat Simavi Sokak 15/6 Çankaya-ANKARA.*

irfan@ucar.net

### GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

1970’lerde ODTÜ Makina’da nükleer konulu dersler verilmeye başlanmış ve keza lisansüstü eğitime de geçilmişti. Yüksek lisansa başlarken, TÜBİTAK tarafından da desteklenen “Transient Two Phase Flow Instabilities in a Single Channel Upflow System” olarak tanımlanan deneysel bir tez konusu seçtim. Özetle tez konuma uygun nükleer dersler de alarak, master bitince “Nükleerci” olmuştum.

Master konumla ilgisi bakımından TEK Nükleer Santraller Dairesi Nükleer Güvenlik Şubesinde işe başladım. O zamanlar Akkuyu’da 600 MW’lık bir Nükleer Santral kurulması söz konusuydu

1979’da Amerika’da Three Miles Island Nükleer Santral kazası oldu. Eldeki akış şemaları ve gazete haberler’ine göre, bir “kaza senaryosu” hazırladık ve TEK yönetimine sunduk. Birkaç ay sonra Amerika’da açıklanan senaryosu ile Şubemizin ürettiği senaryonun çok benzer olduğu ortaya çıktı.

Bu arada İsveç ASEA ATOM firmasıyla yürütülen müzakereler olumlu sonuçlandı ve Akkuyu’da 600 MW’lık bir nükleer santral için sözleşme imzalandı. Aksilik bu arada Türkiye’de 12 Eylül darbesi oldu. Bunun üzerine İsveç Hükümeti kredi üzerindeki devlet garantisini kaldırdı ve proje akim kaldı.

Bu durumda, “Nükleere” veda ettim. Makine Mühendisi olarak TEK’in bütün Termik Santrallerine hizmetler verdim. Daha çok Termik Santrallerin dış tesislerini oluşturan kömür temin ve kül atma (Bulk Materials Handling) sistemleriyle uğraştım. Uzaktan da olsa nükleerle ilgimi de hiç kesmedim.

1986’da Chernobil Nükleer Santral kazası olduğunda, bu kazayla da ilgilendim. Kaza tamda benim master tez konumla ilgiliydi. Yakıt çubukları etrafındaki su ve buhar karışımı iki fazlı akışkan kararsızlıklarının önlenememesi ve kontrol edilememesi hadisesi

2011’de Japon Fukuşuma nükleer kazasında çok enteresandır. Denizde bir yerde deprem olur. Nükleer Güvenlik Sistemleri devreye girer. Reaktör hemen kapatılır. Yakıt çubuklarının soğutulmasına başlanır. Sahile vuran dalgalar devir-daim pompalarına hasar verir. Pompa kotları dalga yüksekliğine göre alçak kalmıştır. Sonuç olarak soğutma işlemleri aksar. Yakıt çubukları erir. Gerisi Chernobil’e benzer.

Bu arada Türkiye’nin birkaç Nükleer Santral edinme girişimi daha oldu, ama hepsi de akim kaldı. Taa ki; 2010 yılında, Rusya’yla Türkiye arasında hükümetler arası bir nükleer santral yapım anlaşması imzalanıncaya kadar. Anlaşmaya göre Akkuyu’ya 4800

MW'lık bir nükleer santral kurulacak ve 2017'de de devreye girecekti. Yakın çevreme şunları söyledim. Bu santral 2017'de değil 2027'de devreye girsin, öpüp başımızın üstüne koyalım. **Halen'de aynı düşüncedeyim. Neden?**

Çünkü hayatım boyunca hep hissettim ki; Türkiye'de **yerli kömüre dayalı** Termik Santraller ile Nükleer Santrallara ve **bunların Türkiye'de geliştirilmesine karşı içerde ve dışarda** büyük bir reaksiyon var. Şöyle ki; 2015 yılına kadar ancak bir tane EPC kontratla **yerli termik santral yapılabildiği (2x135 MW, BOLU/Göynük Santrali)**. Buna karşın yabancılarca kurulan **kömüre ve doğal gazı dayalı** Termik Santrallerin sayısı onlarca ve kurulu güçleri de **40 000 MW dolayındadır**.

Nükleer konusunda neden kötümserim onu da ifade edeyim. Bir defa Türkiye'nin nükleer güvenlik mühendisleri olarak ömrümüz Türkiye'de Nükleer Santral **yapamayarak** geçti. Türkiye'nin Nükleer serüveni 1956'larda başlar. O zamandan beri İzotop üretiminde kullanılan İstanbul Çekmece Nükleer Araştırma Reaktörü ve birkaç parçacık hızlandırıcısı projesi dışında, çakılı bir çivimiz bile olamamıştır. CERN'e üyeliğimiz bile 2015'lerden sonradır. Şimdilerde zar-zor Akkuyu projesi usul usul ilerliyor ama **onun da yerlilik, millilik ve güvenlik tarafları tartışma konusu** ve neredeyse herkesde karşı.

ODTÜ MD'nin Enerji Komisyonunda, Akkuyu'yla ilgili iki bilgilendirme toplantısı düzenlendi. Birinde AEK, NDK, HÜ vb. kamu kuruluşları,, diğesinde de bizzat Santral kuran Rosatom uzmanları tarafından bilgilendirildik. Çok verimli ve interaktif geçti toplantılar. Nükleer'e karşı olanlarda, nükleer'i savunanlarda memnun kaldı, proje hakkında doğru ve aktüel bilgi sahibi olabilmekten.

Akkuyu Nükleer Santralına bu kadar karşı olunmasının altında, daha çok eski Sovyet Teknolojisine karşı olmak yatıyor. Şöyleki; bizim kuşak, hepimiz bir NATO ülkesinde ve soğuk savaş dönemi şartlarında yaşadık. Nükleer teknoloji doğuda da batıda aynı dönemde gelişti. Doğunun nükleer teknolojisine de şartlanmışlık içinde baktık. Bir örnek vermem gerekirse; 1978'lerde ilk Akkuyu ihalesine o yıllarda Sovyetlerde katılmıştı. Esasen Nükleer denizaltılarda geliştirilmiş 440 MW'lık Novovorenej tipi bir Nükleer Santral teklifi vermişlerdi. Nükleer Güvenlik Şubesi olarak kendilerine ilk sordüğümüz soru; Teklif ettiğiniz santralda nükleer güvenlik sistemleri var mı? Olmuştur.

Bilindiği üzere birinci dünya savaşından sonra Rusya'da Çarlık yıkıldı ve Marksist felsefeye uygun yeni bir rejim kuruldu. İkinci dünya savaşından sonra da benzer rejimler, Doğu Avrupa ülkeleri, Çin, Kore ve Vietnam'a yayıldı.

Marksizmin esasını; Newton mekaniğine dayalı Hegel'in " diyalektik düşüncesi" oluşturur, Nitekim Marks kendi yaptıkları işin " baş aşağı durmakta olan Hegel diyalektiğini ayakları üstüne oturtmak" olduğunu eserlerinde ifade etmiştir. Bu şekilde oluşan " diyalektik ve tarihi materyalist" felsefe, Sovyetler Birliği ve Doğu Bloku dağılıncaya kadar, hayatın tüm alanlarında hükmünü yürütmüş ne quantum mekaniği ne de bilişim ve iletişim teknolojileri bu ülkelerde, felsefi olarak da bilimsel olarak da kendilerine bir yaşam alanı bulamamıştır.

Bu hâkim felsefe; üretim araçlarının (sanayi-ticaret ve tarımın) kolektifleştirilmesiyle, üretici güçlerin (insan başta olmak üzere, bilim, sanat, edebiyat, alet-edevat ve teknolojinin) alabildiğince ve hızla gelişeceğini ve sosyal refahın artacağını söyler, öngörür.

Nitekim 1980'lere kadar, belki nispeten böyle de olmuştur. Ancak 1980'lere gelindiğinde, özellikle Rusya'da işlerin istendiği gibi gitmemeye başladığı görülmüştür. Sanayinin on binlerce modern hasat makinası (biçer-döğەر) ürettiği, tarımsal alanlarda da yüz binlerce dönüm ürün yetiştirildiği halde, tarlalardaki mahsuller, çeşitli nedenlerle hasat edilememeye başlamıştır. "Bekleyen hasat yapacak makinalar" ve "**hasat bekleyen mahsuller olayı**" o yıllardaki benzer örneklerden sadece biridir. Chernobil Nükleer Santral kazası da yıllara rastlar.

Aslında o yıllarda Sovyetler Birliği'nde Gorbaçov'lar, üretici güçlerin öyle öngörüldüğü ve söylendiği gibi gelişmediğini, **hasat yapılamadığını** hatta üretimin gerilemeye bile başladığını görmüştür. Özetle Sovyetler ve Doğu Bloku gene de bu bilinç ve bu farkındalık sayesinde, en az zararlar ve nispeten kavgasız gürültüsüz bir şekilde, kendiliğinden dağıldı. Çin ve Vietnam' da Sovyetlerin ve Doğu Bloğunun dağılmasından kendileri için somut dersler çıkardı. Herkes işin püf noktası olan; üretici güçleri nasıl daha da geliştiririz, **HASATI NASIL YAPARIZ**, onun peşine düştü. Epey sıkıntılar yaşandı ama sonuçta, iyi de oldu. Bu günlere gelindi.

Çin'i, Rusya'yı ve diğerlerini bu günlere getiren, kuantum mekaniği ve bilişim teknolojilerinin sonunda buralarda da eğitimin, ekonominin ve sanayinin bütün alanlarına, 90'lı yıllarda ve biraz geçte olsa girebilmesidir. Bu yeni teknolojilerin sanayideki uygulamaları bugün bütün dünya ticaret hacminin neredeyse %45'ini oluşturuyor.

Dünün Newton Fiziği'nin esas ögesi "gravitasyon" ya da " kuvvet olarak yerçekimi", bugünün Kuantum Fiziği'nde ve elektromagnetik alanların etkileşimlerinde kavram olarak bile (**dahi**) yoktur.

Bu gün artık Çin ve Amerika arasındaki 5G ,(hatta 6G) ya da Rusya- Amerika arasındaki F-35 ile SU-35 (ve hatta SU-57) çekişmeleri, Newton mekaniği'nin genelde hala geçerli olduğu göstermektedir. Ayrıca, sadece görünür alanlarda değil, artık kuantum mekaniği'nin ve digital bilişim ve iletişim teknolojilerinin quantize-enerjik- fotonlarla elektronların hükmünü yürüttüğü alanlarda, parça-dalga diyalektiği temelinde ve hem de başarılı bir şekilde sürdürülmektedir. Üretici güçleri dünya çapında geliştirecek ve bütün dünyada sosyal refah toplumlarını yaratacak olanda quantum fiziği ve bilişim alanlarındaki bu devrimlerdir.

Konunun Nükleerle ne ilgisi var denecek belki, ama çok ilgisi var. Şöyle ki; **hasat yapılamamasının** sebebi, nasıl o zaman yeteri kadar "biçer-döğەر olmayışı" değildiye, Chernobil kazasının sebebi de, santralin 'nükleer güvenlik sistemi eksiklikleri" değildi. Tarlalarda yetişmiş olarak bekleyen mahsul, nasıl var olan biçer-döğەرlerle toplanamadıysa,

santralda da **nükleer güvenlik sistemleri mevcut olmasına rağmen**, nükleer kazalar da önlenemedi.

Şimdi Rusya'yı bir tarafa bırakalım ve Akkuyu'ya gelelim. Bu arada Rusya; bütün nükleer santrallarını yeni teknolojilere göre gözden geçirdi, mekanik yanında dijital güvenlik tedbirlerini de hem daha iyileştirdi ve hem de artırdı. İlave olarak Akkuyu'da kurulan nükleer santral tipi, kendi sınıfının en gelişmiş. Şimdiye kadar yukarda belirtilen Nükleer kazaların herhangi bir benzerinin Akkuyu Santrali'nde meydana gelme ihtimali tamamen sıfırlandığı gibi, genede bir kaza halinde; reaktör kalbi tamamen erise bile, yakıt eriyiğini kapalı bir haznede tutulabilecek şekilde, sisteme **"core catcher"** tabir edilen yeni bir pasif bir güvenlik tedbiri daha eklenmiş durumda.

Özetle; sadece soğuk savaş yıllarının şartlanmışlığıyla ve eski Sovyet Teknolojisi ön yargısıyla, Akkuyu Nükleer Santrali yapımına karşı çıkmak, artık doğru değil. Ayrıca bu santral her ne kadar bizde, Ruslar tarafından "yap-işlet" formatında yapılmaktaysa da halen Ruslar bu santral tipini bütün dünyaya pazarlamakta ve her birini 60 yıl çalıştırmak üzere kurmaktadır. Dolayısıyla bu santrallarda ilerde yapılacak her türlü iyileştirmenin, öncekilere de uygulanacağı apaçıktır.

Peki, Akkuyu için yapılacak bir şey yok mu? Var tabii. Yapılacak şey; Santral bizim olmasa da işlerin iyi ve doğru bir şekilde, uluslararası kalite ve güvenlik standartlarına uygun olarak yapılmasını sağlamaktır. İşin asıl sahibi (Rosatom) nasılsa işlerini iyi yapar gibi bir kolaycılık, başımıza olmadık dertler açabilir. Yapılacak her eksik ya da yanlış işin, hemen tespiti ve düzeltilmesi esastır. Geç tespitler işi sürüncemeye sokar, O yüzden herkesin yapması gereken şey, nükleer güvenlik kriterlerine yüzde yüz uyulmasını sağlayacak girişimlerde bulunmak olmalıdır. Ancak bu şekilde, projeye ne sebeple olursa olsun, karşı çıkan da çıkmayan da pozitif bir iş yapmış olur. Esasen yeni bir teknolojinin tarafımızca içselleştirilmesinin bugünden sonra artık başka hiçbir bir yolu da yoktur.

Şüphesiz Türkiye'de nükleer'e biryerlerden başlanması lazımdı. Bu projede ne kadar işin içinde olunabilirse, bunda sonraki benzer projelerde belki biraz daha fazla işin içinde olunabilir. Aksi halde Sugözü Termik Santralımız gibi, birde kıyılarımızda Nükleer Santrallarımız olur ve sadece sahillerimizden Türkiye'ye enerji ithal etmiş oluruz. Her türlü atık ve riskde cabası tabii...

## ÖZGEÇMİŞ

**İrfan Uçar**, 02.07.1947 yılında Bolu'da doğdu. **İŞ DENEYİMLERİ** ve diğer eğitim bilgileri aşağıda sunulmuştur:

2012'den itibaren ve halen **Proje Danışmanı**

**Uçar Proje (Başlıca Projeler)**

- **IC & LİMAK** Yeniköy-Kemerköy Termik Santrali kömür taşıma sistemi

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | temel ve detay proje yapımı ve danışmanlık hizmetleri                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ENERJİSA</b> Tufanbeyli Termik Santrali kömür, kül ve kireçtaşı tesisleri rehabilitasyonu, temel tasarım ve danışmanlık hizmetleri</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 1986-2012 | <p><b>Şirket Müdürü, iş geliştirme ve proje yönetimi</b></p> <p><b>Birlik Makina San. Tic Ltd. Şti.</b></p> <p>Başlıca Projeler</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eren Enerji Çatalağzı / Zonguldak 2760 MW Termik Santralleri Limanda Gemi Boşaltma, kömür alma, depolama ve taşıma sistemleri (4500 t/s) yapım işleri</li> <li>• 2920 MW Afşin Elbistan A ve B Termik Santralleri Kışlaköy ve Çöllolar Açık Ocak Kömür İşletmeleri, Yeni Bant Dağıtım Merkezi (9500 t/s) ve Bantlı Konveyörleri (6500 t/s) yapım işleri</li> </ul> |
| 1982-1986 | <p>Teknik Koordinatör</p> <p>Soyut A.Ş.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mekanik-çelik proje ve imalat işleri</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1975-1982 | <p><b>Nükleer Güvenlik Mühendisi</b></p> <p><b>TÜBİTAK / TÜRKİYE ELEKTRİK KURUMU</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Akkuyu Nükleer şantiyesi kuruluş çalışmaları</li> <li>• Nükleer Güvenlik Şubesi</li> <li>• Çekmece Nükleer Araştırma Enstitüsü</li> <li>• Isı Tekniği Araştırma Ünitesi</li> </ul> <p><b>EĞİTİM BİLGİLERİ</b></p>                                                                                                                                                                                             |
| 1967-1975 | <p>Orta Doğu Teknik Üniversitesi</p> <p>Lisans, Yüksek Lisans; Makina/ Nükleer Mühendislik Bölümü</p> <p><b>Yayınlar</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 1979      | Three Miles Island (TM-I) Nükleer Santrali Kazası Analizi ve Değerlendirme Raporu (TEK Nükleer Güvenlik Şubesi Yayını)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 1981      | Akkuyu Nükleer Santrali Güneş Evi Enerji Projesi (TEK Nükleer Güvenlik Şubesi Yayını)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|           | <p><b>Yabancı dil</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• İngilizce</li> </ul> <p><b>Bilgisayar programları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• OFFICE uygulamaları</li> <li>• AUTOCAD Çizim programları</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

## ÇAĞRILI KATILIMCILAR LİSTESİ

| No                          | İSİM               | UZMANLIK ALANI             | KURUM                                   |
|-----------------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------------------|
| <b>EŞ BAŞKANLAR</b>         |                    |                            |                                         |
| 1                           | Gürdal GÖKERİ      | Fizik Mühendisliği         | Hacettepe Üniversitesi                  |
| 2                           | Yılmaz BEKTUR      | Jeofizik Mühendisliği      | Emekli Jeofizik Mühendisi               |
| <b>YAZMANLAR</b>            |                    |                            |                                         |
| 3                           | Melisa KAYA        | Jeoloji Mühendisliği       | Jeoloji Müh. Odası                      |
| 4                           | Serkan TEKİN       | Jeoloji Mühendisliği       | DSİ Genel Müdürlüğü                     |
| <b>ÇAĞRILI KATILIMCILAR</b> |                    |                            |                                         |
| 5                           | Ali YILMAZ         | Jeoloji mühendisi          | TMMOB JMO BTK ve Çevre Komisyonu üyesi  |
| 6                           | Banu BULUT ACAR    | Nükleer Enerji             | HÜ, Nükleer E.M. Bölümü                 |
| 7                           | Cemil KOÇAR        | Nükleer Enerji             | HÜ, Nükleer E.M. Bölümü                 |
| 8                           | Çağrı KADEROĞLU    | Fizik Mühendisliği         | Fizik Müh. Odası                        |
| 9                           | Erkan DEMİR        | Jeoloji Mühendisi          | JMO Mersin Temsilcisi                   |
| 10                          | Faruk İLGÜN        | Jeoloji Mühendisi          | JMO Yönetim Kurulu Üyesi                |
| 11                          | İdil UÇAR          | Kimya Mühendisliği         | Emekli                                  |
| 12                          | İrfan UÇAR         | Nükleer Güvenlik Müh. (MS) | ODTÜ Mezunları Der. Enerji Kom. Üyesi   |
| 13                          | Meltem Nihal AKSAL | Nükleer E. Müh.            | Nükleer Düzenleme Kurulu                |
| 14                          | Musa KAYNAK        | Jeofizik Mühendisi         | Jeofizik Mühendisleri Odası             |
| 15                          | Nedim Bülent DAMAR | Elektrik Mühendisi         | TMMOB                                   |
| 16                          | Özge ÜNVER         | Nükleer Enerji M.          | Nükleer Düzenleme Kurulu                |
| 17                          | Sercan BAHADIR     | Nükleer Enerji M.          | İTÜ                                     |
| 18                          | Sevilay SANDALLAR  | Çevre Mühendisi            | Özel Sektör                             |
| 19                          | Şebnem UDUM        | Uluslararası İlişkiler     | HÜ, İİBF, Uluslararası İlişkiler Bölümü |



## 2- NÜKLEER SANTRALLERİN YER SEÇİMİ VE YÖNETİMİ ÇALIŞMA GRUBU SONUÇ BİLDİRGESİ

Jeoloji Mühendisleri Odası tarafından düzenlenen “II. ÇEVRE JEOLJİSİ ÇALIŞTAYI” 1-2 Kasım 2019 tarihlerinde, çeşitli meslek odalarından, üniversitelerden, kamu kuruluşlarından ve serbest çalışan mimar, mühendis, sosyal bilimci ile çeşitli disiplinlerden akademisyenlerin katılımı ile gerçekleştirilmiştir.

Nükleer enerjinin kullanımına dair, çok farklı görüşler ve bilgi kirliliği vardır. Karşı da olsak, yanında da olsak, bu enerji türü ve teknolojiyi yakından izlemek zorundayız. Bu durum mühendis olmamızın yanında biz yurtseverlere düşen bir görevdir. Aynı zamanda çağdaş yaşamın bize dayattığı bir zorunluluktur. Çünkü nükleer enerji, teknolojik gelişmelere koşut olarak tıp, tarım, sanayi ve elektrik üretimi olmak üzere yaşamın her alanında kullanılmaktadır.

Nükleer enerjinin, karbon salımının önlenmesindeki önemi, elektrik üretim araçlarının karşılaştırmalı değerlendirmeleri ve yarattığı sorunlar ile nükleer santrallerin yer seçiminde dikkate alınan kriterler ve nükleer santral saha belirleme sürecinin lisanslama süreci ile olan ilişkisi, çeşitli boyutları ile tartışılmış ve ülkemiz açısından sonuçlar çıkarılmaya çalışılmıştır.

Tüm bu tartışmalar ışığında, ülkemiz kaynaklarının sınırlı olduğu, enerji kaynaklarını çeşitlendirmek ve geliştirmekte olan sanayisinin baz yükünü karşılamak amacıyla düzenli bir enerji üretimine ihtiyaç duyacağı değerlendirilmiştir.

Şurası unutulmamalıdır ki, hiç bir yakıt kullanıldığında yok olmaz ve tümüyle enerjiye dönüşmez. Her durumda bir miktar “Atık” ortaya çıkar. Önemli olan bu atıkların, gelecek kuşaklara sorun oluşturmaktan yönetilebilir olmasıdır. O nedenle gerek fosil kaynakların gerekse radyoaktif kaynakların kaçınılmaz bir çevre etkisi olacaktır. Bu konuda bazı kaygıların olduğu açıktır. Bu kaygıların giderilmesi için tüm süreçlerin şeffaf bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir.

Bütün mesele, kimyasal ve nükleer reaksiyona bağlı olarak elde edilen elektriğin üretilmesi sırasında, sürdürülebilir kalkınmayı engellemeden, yönetilebilir ve uzun vadeli bir program yapılarak, iklim stratejisine uygun, küresel ısınmayı engelleyecek ekonomik kaynakların ülke yararına kullanılmasıdır.

Nükleer döngünün sağlıklı işlemesi, sahanın onayı, tesisin inşaat ve işletmesi ile işletmeden çıkarılmasını içeren tüm süreçlerde, nükleer güvenlik ve emniyet, çevresel ve radyolojik etkiler, radyoaktif atıkların bertarafının güvenceye alınması ve bu süreçleri gözeterek oluşturulan acil durum planlarının iyi bir şekilde düzenlenmesine bağlıdır.



# 3

## KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YERKÜRE'YE VE ÜLKEMİZE ETKİLERİ

Eş başkan: Yüksel Örgün TUTAY

Yazmanlar: H. Ayla ÇELENK, Ayşegül ÇETİN

---



### 3. KÜRESEL İKLİM ÇALIŞMA GRUBU PROGRAMI

| Oturum başkanı: Yüksel Örgün TUTAY<br>Yazmanlar: H. Ayla ÇELENK, Ayşegül ÇETİN |                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. GÜN (1 KASIM 2019)                                                          |                                                                                                                         |
| 09.30                                                                          | Kayıt                                                                                                                   |
| 10.00-11.30                                                                    | Açılış Konuşmaları                                                                                                      |
| 11.30-12.00                                                                    | SUNUŞ: II. Çevre Jeolojisi Çalıştay'ının Amacı ve Hedefleri, Ali YILMAZ.                                                |
| 12.00-13.30                                                                    | Öğle Yemeği                                                                                                             |
| 13.30-15.30 SUNUMLARI I:                                                       |                                                                                                                         |
| 13.30-14.00                                                                    | Küresel İklim Değişikliğine Dair Açılış Konuşmaları ve değerlendirmeleri<br><b>Yüksel Örgün TUTAY ve Coşkun YURTERİ</b> |
| 14.00-14.30                                                                    | Değişen İklim ve Algı Yönetimi<br><b>İsmail KÜÇÜK</b>                                                                   |
| 14.30-15.00                                                                    | İklim Ne Zaman Değişmedi Ki?<br><b>Murat Sungur BURSA</b>                                                               |
| 15.00-15.30                                                                    | İklim Değişikliğinin Jeolojik Tarihi<br><b>M. Akif SARIKAYA</b>                                                         |
| 15.30-16.00                                                                    | Kahve Arası                                                                                                             |
| 16.00-17.30 SUNUMLARI II:                                                      |                                                                                                                         |
| 16.00-16.30                                                                    | Türkiye Kıyılarında Göreceli Deniz Seviyesi Değişimleri: İklimsel ve Tektonik Çıkarımlar<br><b>Cengiz YILDIRIM</b>      |
| 16.30-17.00                                                                    | İklim Değişimi ve Tarım<br><b>Nurdan ŞAHİN DEMİRBAĞ</b>                                                                 |
| 17.00-17.30                                                                    | İklim Değişikliği ve Sağlık<br><b>Çağatay GÜLER</b>                                                                     |
| 19.00                                                                          | Akşam Yemeği                                                                                                            |

| <b>2. GÜN (2 KASIM 2019)</b>                        |                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>09.30-11.00 SORUNLAR I:</b>                      |                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                     | Jeoloji tarihi boyunca yaşanan önemli küresel iklim değişikliklerine ve bu değişikliklerin doğal yaşama etkilerine dair kayıtlar nelerdir?                                                                                                                |
|                                                     | Günümüzdeki küresel iklim değişikliğini tetikleyen ve jeoloji tarihi boyunca yaşanan iklim değişikliklerinden ayıran unsurlar nelerdir?                                                                                                                   |
| <b>11.00-11.30</b>                                  | Kahve Arası                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>11.30-12.30 SORUNLAR II:</b>                     |                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                     | Küresel iklim değişikliğinin Yerküre'ye ve ülkemize olası etkilerini tanımlamak için neler yapılmalıdır?                                                                                                                                                  |
|                                                     | Küresel iklim değişikliğinin ülkemize olumsuz etkilerini denetlemek üzere alınması gereken önlemler nelerdir?                                                                                                                                             |
| <b>12.30-13.30</b>                                  | Öğle Yemeği                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>13.30-15.30 SONUÇLARIN BELİRLENMESİ OTURUMU:</b> |                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                     | Küresel İklim Değişikliğine dair ülkemizdeki mevcut durumun değerlendirmesi ışığında ' <b>Sonuç Bildirgesi'</b> nde yer almasında yarar görülen bilgilerin rapor haline getirilmesi ve ' <b>ÖZET'</b> in düzenleme kurulu sekreteryasına teslim edilmesi, |
| <b>15.30-16.00</b>                                  | Kahve Arası                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>16.30-18.00</b>                                  | <b>Çalışma gruplarının sunumları ve Sonuç Bildirgesinin OKUNMASI,</b>                                                                                                                                                                                     |
| <b>18.00</b>                                        | <b>KAPANIŞ</b>                                                                                                                                                                                                                                            |

### 3-KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YERKÜRE'YE VE ÜLKEMİZE ETKİLERİ ÇALIŞMA GRUBU AÇILIŞ KONUŞMASI

*Yüksel Örgün TUTAY, Küresel İklim Değişikliği Çalışma Grubu Başkanı*

Değerli katılımcılar, hepinizi saygıyla selamlıyorum.

Konuşmama iklim kavramını tanımlamakla başlayacağım. İklim: Atmosfer, okyanuslar, bölgesel denizler, buz örtüleri, karasal sular ve biyosferden (canlılardan) oluşan Yer Sisteminin istatistiksel özellikleri olarak tanımlanıyor. Bu sistemin bileşenleri çok farklı zaman ölçeklerinde davranır. Örneğin atmosfer günler ölçeğinde değişirken, okyanuslardaki değişimler yıllar hatta on yılları yüz yıllar alır. Kıtaları kaplayan buz örtüleri ise binlerce, on binlerce yılda oluşur ve bozulur.

Atmosferin ise özel bir yeri vardır. Atmosfer, yeryüzünün üzerinde adeta bir battaniyedir. Yeryüzünün ortalama 14oC olan sıcaklığı ile yerin uzaydan ölçülen -19oC sıcaklığı arasındaki farkın (33 oC) nedeni atmosferdeki bazı gazların (su buharı, karbondioksit, metan vb) oluşturduğu "SERA ETKİSİ"dir. Dolayısıyla Sera etkisi olmasaydı gezegenimizdeki yaşam gelişip evrilemezdi. Demek istediğim sorun sera etkisi değil, insan etkisiyle artan sera gazlarının neden olduğu sera etkisidir.

Sera etkisi terimi ilk kez İsveçli meteorolog Nils Gustav Ekholm tarafından 1901 yılında kullanılmıştır. İklim değişimi konusunda insan etkisine dair ilk kaygılar ise Nobel ödülü sahibi İsveçli bilim insanı Arrhenius tarafından dile getirilmiş ve "insan etkisiyle atmosferde oranı artan CO2'in ikiye katlanması durumunda yeryüzü sıcaklığının 4oC artacağını ifade etmiştir". Aradan geçen yaklaşık 120 yıl sonra konuşulan artışlar aynı düzeydedir. Atmosferde CO2 artışının kanıtı ise 1955 yılında Hans Eduard Suess tarafından yapılan C-14 analizleri ile ortaya konmuştur. Suess fosil yakıtlardan salınan CO2'in okyanuslar tarafından hemen emilmediğini ifade etmiş, sonraki araştırmalar da okyanus yüzey tabakasının CO2 absorblama kapasitesinin sınırlı olduğunu kanıtlamıştır.

Değerli katılımcılar dolayısıyla iklim yerkürenin oluşumundan beri değişmektedir. Yerkürede jeolojik dönemlerde iklimi etkileyen başlıca faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- Kıtaların kayması -Volkanik faaliyetler,
- Güneş radyasyonundaki dalgalanmalar,
- Yerin yörüngesindeki değişimler ve -canlı yaşamı



Tüm bu faktörler geçmişte etkili oldu, günümüzde de etkili olmakta gelecekte de etkili olacaktır.

Kalsiyum karbonattan oluşmuş fosil kavkılarında yapılan Oksijen izotop analizleri Prekambriyenden Kuvaternere aşırı sıcak, aşırı soğuk dönemlerin yaşanmış olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin Paleozoik - Mezozoik sınırında ısınma döneminde karasal bitkilerin ve planktonların biyolojik oksijen üretmesi, yeryüzündeki yaşamın ileri düzeyde



gelişmesini kolaylaştırmıştır. Geç Kretase döneminde (yaklaşık 90 milyon yıl önce) yay magmatizmasına bağlı atmosferdeki aşırı kirlenme ise yaşamı olumsuz etkilemiş, başta Dinozorlar olmak üzer canlı yaşamı büyük ölçüde yok olmuştur. Pleistosen döneminde ise ( yaklaşık 2.6 milyon yıl - 11.700 yıl arası) gezegenimizin büyük bir bölümü buzullarla örtülmüştür. Bu konuları oturumun davetli konuşmacılarından *Sn. Prof.Dr. Mehmet Akif Sarıkaya* etraflıca ele alacaktır.

Coğrafyanın bugüne çok benzediği yer tarihinin son 2.5 milyon yılının yani Kuvaternere Dönemin iklim değişikliklerinin açıklanması, gelecekle ilgili öngörülerin sınanması için çok önemli bir rol oynamıştır / oynayacaktır. Bu dönemle ilgili çalışmaları ise *Sn. Prof.Dr. Cengiz Yıldırım* özetleyecektir.

Uzmanlar “iklimde hafıza uzundur-uzun yıllar ortalaması önemlidir- iklim de zaten ortalamadır- demektedir. Küresel iklim en nihayetinde güneşten gelen enerjiye bağlıysa, o da değişmediğine göre küresel ikliminde değişmemesi gerektiği düşünülebilir. Ama değişiyor. Çünkü yeryüzünden uzaya enerji çıkışını zorlaştıran SERA GAZLARI bir miktar enerjinin atmosferin alt kısmında sürekli tutulmasına neden olmakta, bu da yeryüzünde sıcaklığın artmasına neden olmaktadır. Son 100-150 yıldır yaşanan da budur.

Öte yandan insanın iklim üzerindeki etkisi standart söylemin aksine sanayi devrimiyle (yani genel olarak kabul edilen 1825 yılından itibaren) başlamamış, tarımla “Neolitik Devirle” başlamıştır. Tarım- küresel iklim değişimi etkileşimi ise *Sn. Prof. Dr. Nurdan Şahin Demirbağ* tarafından ele alınacaktır.

Sanayi devrimiyle beraber “Fosil Yakıt” kullanımı bir sera gazı olan CO<sub>2</sub>’in atmosferdeki miktarını hızla arttırmış, bu da yere yakın tabakada daha fazla enerji birikmesine, sıcaklığın artmasına tüm bunlarda buzulların erimesine, kar örtüsünün daralmasına ve deniz seviyesinin yükselmesine neden olmuştur/olmaya devam edecektir. CO<sub>2</sub> artışı aynı zamanda küresel hava dolaşımını ve onun içerisinde yerleşik su döngüsünü etkileyerek yağış dağılımında değişikliklere yol açmaktadır.

*BM Çevre Programına göre 20.yy da –madenler-fosil yakıtlar-organik maddeler-su ve -besin maddeleri sekiz misli daha fazla kullanılır hale gelmiştir.* Bu fazla kullanım iklim değişimini tetikleyen etkenlerden biridir. En önemli göstergesi de atmosferdeki CO<sub>2</sub> düzeyidir. 29 Nisan 2018 tarihinde atmosferde ölçülen CO<sub>2</sub> 411.24 ppm olarak açıklanmıştır. Dünya CO<sub>2</sub> güvenlik sınırı ise 350 ppm dir.

Son meteorolojik olaylar bağlamında iklim değişimine bakıldığında, nüfus artışı, sanayileşme ve buna bağlı ekonomik gelişmelerin bir sonucu olarak gezegenimizin küresel bir çevre sorunu yani “iklim değişimi” ile karşı karşıya olduğunu görüyoruz.

Kaynakların aşırı tüketimi ve çevresel kirliliğin, ekosistemleri gezegen kapasitesinin sınırına getirdiğini ve yıkıcı sonuçlara doğru hızla ilerlediğimizi gösteren doğa olaylarının sayısı hızla artmaktadır. Binlerce insanın ölümüne, milyonlarca insanın evsiz, susuz, yiyeceksiz kalmasına neden olan doğal olaylarından birkaç örnek verebilirim.

2017 Harvey Kasırgası: Houston kenti ve yakın çevresi sular altında bırakmıştır.

Maria Kasırgası: Portoriko’da adeta taş taş üstünde bırakmamıştır.

Güney Doğu Asya ülkelerinde tayfunlar, sel ve taşkınlar

Güney Afrika Cumhuriyeti, Somali, Kenya, Brezilya şiddetli kuraklık

Çin, Sierra Leona ve Kolombiya- heyelanlar

Şili, Portekiz ve hatta İsveç’te haftalarca söndürülemeyen yangınlar

Ülkemizde bu olaylardan nasibini aldı; 27 Temmuz 2017’de İstanbul’u etkileyen dolu yağışı yaklaşık 250 milyon Dolar zarara yol açmıştır.

Geçtiğimiz yıllarda, 2016-2017-2018, ülkemizin de aralarında olduğu bazı orta enlem ülkelerinde kışlar oldukça ılık yaşanırken, ABD’nin doğusu ve Avrupa’da rekor düzeyde soğuklar kaydedildi.

Peki, bir taraftan aşırı sıcaklar diğer taraftan aşırı soğuklar... Bu nasıl açıklanacak... Tabii ki konuşmamın başında ifade ettiğim gibi iklimin uzun yılların ortalaması olduğu, herhangi bir yılın öneminin olmadığı gerçeği ile...

Öte yandan gelecek iklim değişimi senaryoları / kestirimleri fosil yakıt kullanımının devam etmesi halinde, günümüze kadar gözlenen iklim değişimi trendlerinin devam edeceğini göstermektedir. Senaryo temelli kestirimlere göre gelecekte sıcaklıkların dünyanın her tarafında artacağı, ancak yukarı enlemlerde daha fazla olacağı, yağışların da yine yukarı enlemlerde artacağı ancak Muson bölgesi hariç, tropikler alt bölgelerinde azalacağını tahmin etmektedir. Bu durumda Akdeniz Havzası’nı da yağışların azalması öngörülmektedir. Bu durumda da su kaynaklarının olumsuz etkileneceği ve ciddi sosyoekonomik sorunlara yol açacağı tahmin edilmektedir.

Ülkemiz’ de iklim değişiminden olumsuz etkilenecek ülkeler arasında yer almaktadır. Sıcaklığın ülkemizin her yerinde artacağı ancak artış miktarının iç kesimlere ve GD bölgelerimize doğru gittikçe daha fazla olacağı, yağışların ise özellikle güney kesimlerde azalacağı, sıcaklık artışının yaz mevsiminde daha fazla olacağı öngörülmektedir. Öte yandan şehirlerde kentleşmeden kaynaklı sıcaklık artışı ile küresel ısınma kaynaklı sıcaklık artışının birlikte nemli sıcak hava getirmesi, ölümcül sonuçlar ortaya çıkartabilecektir. Örneğin İstanbul için yapılan bir çalışmada kötü senaryoya göre aşırı yağışlı günlerdeki yağışın yüz yılın sonuna kadar %60 artacağını öngörmektedir.

Öte yandan küresel iklim değişiminde kafa karıştıran “iklimden sapmalar” nasıl açıklanıyor? Kısaca birkaç örnekle buna değinmek istiyorum.

Örneğin 2017 yılı ülkemiz için kurak bir yıldır. Neye göre kurak? Türkiye’nin iklimine göre. 2009 ise yağışlı bir yıldır. Neye göre yağışlı? Türkiye’nin iklimine göre...

“Yıldan yıla değişkenlik” veya “doğal değişkenlik” olarak bilinen bu sapmalar, iklimin etrafında gerçekleşmeye devam etmektedir. Bazen bu sapmalar birkaç yıl sürebilmektedir ve bu nedenle iklim değişimi ile karıştırılmaktadır. Örneğin 1998-2012 yılları arasında

sıcaklık artışı çok azdı, sıcaklıklar normal değerlerde gerçekleşti ve bu durum “ küresel ısınma durdu” şeklinde yorumlandı. Ancak 2014 yılından itibaren rekor düzeyde gerçekleşen sıcaklık artışları ile beraber ısınma trendinin devam ettiği anlaşıldı. Dolayısıyla geçtiğimiz kışın ılık geçmesi doğal değişkenliktir, gelecek kış ya da daha sonraki kış soğuk geçebilir. Ancak küresel ısınma devam ettikçe ılık kışlar daha fazla yaşanacaktır. Yani bu tip olaylar doğal süreçlerin bir parçasıdır, küresel iklim değişimi ise hızla artmaktadır.

### *2°C lik artış kritik eşik mi?*

Daha gerçekçi ve bilimsel iddia sıcaklık artışları ile CO2 konsantrasyonlarının doğru orantılı olmadığı, sıcaklık artışının 21.yy sonu itibari ile 3oC civarında gerçekleşeceği öngörüsü...

Öte yandan 1oC civarında artış son 30 yılda gerçekleşti. Bu değer IPCC raporlarında sera gazı salımına bağlı olarak 21.yy için gerçekleşmesi öngörülen 2-4 oC sıcaklık aralığıyla uyumaktadır...

Küresel iklim değişiminin son 25-30 yılda bu kadar belirginleşmesinde yaşam tarzımızın –lüks alışkanlıklarımızın ve konfor bağımlılığımızın da çok büyük etkisi vardır. **Hiç düşünmeden açtığımız klimalar, kapatmadığımız lambalar, açık unuttuğumuz musluklar, yürüyerek gidebilecekken bindiğimiz arabalar, tabağa alıp yemediğimiz yemekler, satın alıp birkaç bazen veya hiç giymediğimiz giysiler...** Tüm enerji kullanmayı gerektiren bu tüketim türleri, küresel iklim değişimini tetikleyen en önemli unsurdur... Bunun farkında mıyız?



Dünya Bankası 30 yıl içinde 143 milyon insanın güney ülkelerinden kuzeye göç etmeye çalışacağını açıklıyor...

Kırgızistan'ın uçsuz bucaksız bozkırlarında bir merada 200.000 kadar Antilop kısa sürede ölmüş.. Nedeni aşırı sıcaklık ve rutubet... Bu koşullarda hayvanların vücudunda var olan bir bakterinin hızla kana karışması ölüme yol açmıştır...

Denizlerin 1-2 m yükselecek olması Hollanda, İngiltere ve Belçika'yı seddeler inşa etmeye zorluyor... Fransa'da yaşayan kuşların yaklaşık %30'unun son 15-20 yılda yok olduğu ortaya konmuş...

Tüm bunlar bir başlangıç değil bir sonuç... Yaşam tarzımızı – değerlerimizin- alışkanlıklarımızın- üretim tarzımızın sonucu... Yani bir “sistem sorunu”... İç içe geçmiş sayısız etkene bağlı bir olgu...

Sorun bir “modernite” sorunuysa oyunun kuralları değişmek zorunda...

Peki nasıl? Çözüm kolay mı?

CO<sub>2</sub> salımı her geçen gün artıyor...

İklim değişimiyle ilgili uluslararası çalışmalara / raporlara göre mevcut riskler artacak; doğal ve insan sistemleri için yeni riskler yaratacak. Nedir Bunlar?

-Tarım etkilenecek

- Su kaynakları etkilenecek
- Ormanlar etkilenecek
- Bu birbiri ile ilişkili üç sistemin etkilenmesinin bir sonucu olarak “besin zinciri1 ile canlı sağlığı etkilenecek
- Başta turizm (Akdeniz bölgesinde ısınma) ticari faaliyetler etkilenecek
- Kentler ve kentsel varlıklar etkilenecek

*Isı stresi*

*Fırtınalar*

*Aşırı yağış- sel baskınları*

*Deniz seviyesinin yükselmesi*

*Toprak kaymaları*

*Hava kirliliği*

*Kuraklık*

**Cözüm:** Küresel iklim değişimi ve onunla mücadele olgusu, sürdürülebilir gelişme ile birlikte devletler düzeyinde ve sivil toplu örgütlerinin işbirliği ile acilen ele alınmalı.

Sorun da çözüm de siyasi değil toplumsal...

*BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (1992)*

*Kyoto Protokolü (1997’de imzalandı 2005’de yürürlüğe girdi)*

*Paris Anlaşması (2015 yılında 175 ülke imzaladı)*

İmzalanan bu sözleşmeler/protokoller sadece sera gazı emisyonlarını azaltmayı, sıcaklık artışını 1.5 oC altında tutmayı değil; insan hakları, göç, yerel yönetimler, şehirler, sivil toplum, yerel topluluklar, kadınlar, yerli hakları, özel sektör, uluslararası kuruluşlar, finansman örgütleri, uyum, kayıp ve zararlar gibi farklı temaları/ farklı alanları ve kitleleri de öne çıkardı. Dolayısıyla Küresel sera gazı emisyonlarının %55’inden sorumlu 55 devletin hükümetleri başta olmak üzere 175 ülke Paris’te toplanan İklim Konferansında kabul edilen Paris Anlaşmasının içeriğine kayıtsız kalamadı ve anlaşmayı imzaladılar.

***Kütesel üretim-Kontrolsüz tüketim... Çağımızın bu hastalığı derhal tedavi edilmelidir.***

Nasıl? Bunu oturumumuzun değerli konuşmacılarının sunumları ışığında birlikte tartışacağız.

## ÖZGEÇMİŞ

**Prof. Dr. Yüksel ÖRGÜN TUTAY**, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden (1983) mezun oldu. 1984 yılında bu bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2000 yılında Doçent, 2008 yılında Profesör oldu. İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Jeokimya, hidrojeokimya, hidrojeoloji, doğal radyoaktivite ve tıbbi jeoloji alanlarında akademik çalışmalarına devam ediyor. 2011’den beri uzman-

lık alanı derslerinin yanı sıra Mühendislik Etiği dersini vermektedir. Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) üyesidir ve 1994 yılından beri JMO Merkez ve İstanbul şubesinin çeşitli kurullarında ve komisyonlarında görev almıştır. Halen İstanbul Şube'nin 14. Dönem Yönetim Kurulu Başkanı'dır. 2014-2018 yılları arasında UNESCO Türkiye Milli Komisyonunda, Doğa Bilimleri Komitesi üyeliği yaptı.

## DEĞİŞEN İKLİM VE ALGI YÖNETİMİ

**İsmail KÜÇÜK**, *TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası II Başkanı*, Ankara.

Dünyamız iklimi sürekli değişim halindedir. Tarihsel dönemlerde kıta hareketleri gibi olaylara bağlı olarak yaşanan doğal değişimler, meteorolojik olayların uç değerlerde yaşanmasına neden olmuştur. İklim değişimleri, dönemsel olarak doğal süreçler ile kendi doğası içerisinde gerçekleşirken son dönemlerde insan etkisiyle değişimin şiddeti farklılıklar göstermektedir.

Her canlının, yerkürede yaşam alanı seçiminde, kısa ya da uzun dönemli yer değiştirmesinde meteorolojik parametreler belirleyici olmuştur ve belirleyicidir. Sürekli değişkenlik gösteren Meteorolojik parametrelerin yere ve zamana göre değişim değerleri de farklılıklar göstermektedir.

Meteorolojik parametreler istatistiki değerler ile ifade edilerek iklim verileri ve iklim değişimi eğilimleri belirlenmektedir. Ancak, doğal olaylar sonucu yaşanan olumsuzluklardan doğrudan iklim değişiminin sorumlu tutulması ve her konunun iklim değişimi ile açıklanmaya çalışması, iklim değişimine haksızlık (!) olarak değerlendirilebilir.

Yerküredeki tüm yaşamlar ve yaşam alanları bu değişimlerden farklı şekillerde ve farklı şiddetlerde etkilenmektedir.

Yaşanan bütün olumsuzlukların, sadece iklim üzerinden açıklanmaya çalışılması ne derece doğrudur?

Sel ve taşkın şiddetleri artıyor ise gerçek nedeni ne olabilir?

Meteorolojik uç değerlere yakın yaşanan meteorolojik olaylardan sonra, “hiç böylesini görmemişim” diyenleri mahcup etmemek adına mı iklim değişimini sorumlu tutmalıyız?

Sel, taşkın ve sıcaklık stresleri gibi olaylarda yaşanan can ve mal kayıplarına neden olan olaylarının nedeni iklim değişimi mi?

Neden, her yerde her zaman sorumlu iklim değişimi?

**Anahtar kelimeler:** İklim değişikliği, meteorolojik parametreler, sorgulama





## İKLİM NE ZAMAN DEĞİŞMEDİ Kİ?

**Murat Sungur BURSA, Sürdürülebilirlik Akademisi Başkanı, ANKARA.**

### GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Jeolojik dönemler bir tarafa insanoğlunun bilinen tarihi içinde iklim olayları yani yağmur, kar, dolu şeklindeki yağışlar ve nem, sıcaklık, soğukluk, rüzgâr, fırtına, kasırga, hortum, yıldırım düşmesi, şimşek gibi olaylar ve bunların tetiklediği sel, heyelan, orman yangınları, kuraklık, kıtlık gibi afetler hep olmuştur. Bunlarla bağımlı ya da bağımsız olarak cereyan eden çığ düşmesi, depremler, tsunamiler ve yanardağ patlamaları da binlerce yıldır olagelmıştır. Olmaları olağandır.

Bu doğal olaylardan bazıları belirli salınım eğrileri ile geçmişe yönelik olarak tanımlanabilmişlerdir. Ancak hiçbirinin geleceğe yönelik geçerli olacak tanımlı bir düzene bağlı olmadığı bilinmektedir.

Sonuç olarak, ***iklim tarih boyunca hep değişmiştir.***

Ama yakın dönem araştırmaları iklim bilimcilerin çoğunluğunun kabul ettiği haliyle insanoğlunun tarihte hiç olmadığı kadar fazla nüfusu ile ve bu nüfusun tüketimlerini doğal kaynakların kendilerini yenileme kapasitesini gözardı ederek ve doğal dengeleri de bozarak yapmaları nedeniyle iklim anomalilerinin yani salınım uçlarının ve frekanslarının arttığı yönündedir.

Öte yandan insanoğlu çevreye, jeolojiye hatta coğrafyaya inat edercesine yürüttüğü kentleşme, yapılaşma, tarım, sanayileşme ve üretim/tüketim pratikleri ile iklim verilerinin salınımları tarihte yaşanan sınırlar içinde kalsa dahi olası etkilerini felaketler boyutuna taşıyacak ihmalleri yapmakta ve adeta afetlere davetiye çıkarmaktadır.

Mühendislik açısından risk bir olayın sebebiyet verebileceği zararın gerçekleşme olasılığıdır. Matematiksel olarak da tehlike ihtimali ile hasar görme olasılığının çarpılmasıyla bulunur. Yani iklim kaynaklı tehlike ihtimali aynı kalıyor ve iklim değişmiyorsa da hasar görme olasılığının hem de insan kaynaklı nedenlerle sürekli arttığı bir gerçeklikten bahsediyoruz..

Hele bir de heriki çarpan da giderek büyüyorsa o zaman hayatın içinde yer alan her uygulamacı meslek sahibinin sorumluluğu çarpan sayılarla artıyor demektir.

Bu konferansta hepimizin ortak mutabakat noktası "İKLİM OLAYLARININ" oluşturdukları risklerin giderek arttığı ve doğru önlemlerle bu riskleri azaltmanın insanlık için ortak sorumluluk olduğunu kabul etmemizdir.

Başta deprem, kasırga, hortum, tsunami ve seller gibi doğal olayların uç sınırlarını binlerce yıllık veriler ışığında inceleyip doğru önlemler almadığımız ya da onlar olmayacak gibi davrandığımız için bunlar afete dönüşmekte ve verdikleri hasarlar giderek artmaktadır.

Yakın dönemde İstanbul'da olan 5.8 Mw büyüklüğündeki depremin yarattığı hasar, gelecekte ondan 1000 misli tahrip gücüne sahip olabilecek deprem konusunda kaygıları gündemin tepesine taşımıştır. Bilinen mühendislik pratikleri uygulanmış olsa yani zemin koşullarından başlayarak, doğru projelendirme, inşaat tekniği, malzemeler seçilse ve bağımsız denetim gerektiği gibi yapılsa kaygılar asgariye inecekken 1999 Marmara depremi sonrasındaki yapılaşma sırasında dahi bu ilkelere uyulmadığı bilinmektedir.

Benzer şekilde kentsel planlamalar yapılırken binlerce yıldır yatağını belirlemiş ve adını dere olarak almış yüzey suyu akışları gözardı edilerek yoğun yağış zamanlarında taşkınlara ve sellere sebep verecek şekilde imar uygulamaları yaygın olarak tercih edilmiştir.

Ankara'da bütün derelerin üstü kapatılmış, Gaziosman paşa, Çankaya, Keçiören, Mamak, Dikmen semtlerinin alt kotlarına aşırı yağışlarda ana cadde ve sokaklardan başka tahliye mecrası bırakılmamıştır. Şehir içi dereler nerede? Bülbül deresi, Akdere-Ayrancı deresi, Beytepe deresi, Söğütözü deresi, Cevizlidere, Kavaklıdere, İmrahor deresi, Hoşdere nerede ??

İstanbul'daki eski dereleri saymakla bitiremeyiz ama 10 'dan fazla sokak veya caddenin ismi boşyere DERE, DEREBOYU değildir.. Bir de bu dereleri ıslah ediyoruz deyip üstünü kapatınca sel afetlerine davetiye çıkarılmaktadır.

Eğer yağış verileri uzun vadeli incelenerek mühendislik hesapları doğru yapılsa ve olası en fazla yağışın verilerine göre kapalı kanallar yapılsa elbette yağmurlar sele dönüşmeyecektir.

***Tabiat anadır, vericidir, paylaşımcıdır ama göz ardı edilmesine tepkisi serttir.***

Adına ister "KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ" diyelim ister başka bir isimle adlandıralım, kesin olan husus iklim bilimcilerin 800 000 senelik dönemi kapsayan araştırmalarına dayanarak biliyoruz ki dünyanın her yerinde iklim belirli salınımlar yaparak hem yıl içinde hem de dönemler itibarıyla sınırlarını zorlamıştır. Tarihin geçmiş dönemlerinde bu aşırıliklar büyük felaketlere sebep olmuş, büyük göçler yaşanmış, hatta bazı canlı türleri yokolarak doğal düzen süregelmiştir. Ancak şunu bilmeliyiz ki benzer şekilde insanoğlunun doğal habitatı olma şartlarını kaybeden bir yöreni ya da ülkeyi 21'inci yüzyılda terkedip daha uygun yeni yerleşim alanlarına göç etmek adeta imkânsızlaşmıştır.

***İnsanoğlu değişen iklim koşullarına yerinde çözüm üretmek zorundadır.***

Son 30 yıldır dünya gündeminin ana tartışma konusu olan sera gazları emisyonlarına bağlı iklim değişikliğinin, insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle daha hızlanıp hızlanmadığı ve önerilen tedbirlerin tüm dünya ülkeleri tarafından alınması durumunda iklim değişikliğine bağlı iklim felaketlerinin azaltılmasının mümkün olup olmadığı üzerinedir.

***Hangi tedbirleri alırsak insan kaynaklı- andropojenik – iklim sorunlarını azaltabiliriz?***

Sorusunun cevabını arayan bir konuşma yapmayacağım.

Kaynağı, sebebi ne olursa olsun zaten bilinen, kabul edilen iklim olaylarından daha az etkilenmek, karşı tedbirler almak, hayat tarzlarımızı uyarlamak, gelecek planlarımızı gözden geçirmek, yatırım projelerimize, kentleşme stratejilerimize yönelik atılacak adımları konuşmayı daha anlamlı buluyorum.

MÜHENDİSLİK mesleğinin ana gayesi bilinen gerçekler ışığında bilimsel metot ve teknikleri kullanarak insan hayatına dair çözüm üretmektir.

## **ÖYLEYSE İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİNİN MÜHENDİSLERE YÜKLEDİĞİ SORUMLULUKLARI KONUŞALIM.**

Öncelikle yapılması gereken küresel iklim değişikliğinin ülkemiz özelinde sebebiyet verebileceği aşırı yağış, kuraklık, fırtına ,hortum benzeri iklim olayları hakkında bilimsel izleme ve kayıt sistemini kurmaktır.

Sistemin topladığı verilere dayalı olarak yine bilimsel metotlarla geleceğe yönelik tahmin yapılması zaruridir.

Sözünü ettiğimiz çalışmalara dayalı olarak proaktif yaklaşımla ,yani iklim değişikliğinden dolayı etkilerin ya da zararın daha henüz oluşmadığı aşamada gerekli önlemlerin ve risk azaltıcı faaliyetlerin planlanarak uygulanmaya koyulması gerekmektedir.

İklim değişikliklerine karşı alınacak önlemleri ve yapılacak faaliyetleri birkaç başlık altında toplamak mümkündür :

### **- Kentsel alanda yapılması gerekenler**

Her ölçekte plan yapımında iklim verileri ve gelecek senaryoları gözönüne alınmalı ve doğal dere yatakları, su toplama yapıları, su taşıma sistemleri için doğru mühendislik çözümleri geliştirilmelidir.

İmar planları, yaşayan yoğunlukları, yüksek yapılara verilen müsadeler iklim riskleri ile ilişkilendirilmelidir.

### **- Kırsal alanda yapılması gerekenler**

Her türlü hayvancılık ,tarım ve sanayi faaliyetlerinin olası iklim değişikliğine bağlı olarak planlanması yapılmalı ve önleyici planlar ve mühendislik çözümleri ihmal edilmemelidir,

### **- Altyapı projeleri**

Yol,su,kanalizasyon, köprü, tünel, viyadük,baraj,sulama,enerji, metro ,elektrik,doğalgaz projelerinde iklim anomalileri tetiklenmemeli ve ayrıca olacaklar için önlemler ihmal edilmemelidir,

### **- Bireysel olarak ya da toplum olarak yapılması gerekenler**

Her tüketici bir şekilde tüketim alışkanlıklarına bağlı olarak farklı düzeylerde de olsa iklim değişikliğine sebep olan tercihler yapabilmektedir. Kaldı ki bu konudaki sorumluluğundan bağımsız olarak da geleceğe yönelik önlem alma konusunda yeterli olmayabilmektedir.

Toplumun her bireyi ve hep birlikte tüm toplum iklim değişikliği gerçeğini kabul ederek hem bu değişiklikleri hızlandırabilecek tercihlerden vazgeçmeli hem de geleceğe yönelik önlem almada daha aktif olmalıdır.

**SONUÇ OLARAK, BAHSETMİŞ OLDUĞUMUZ TÜM ETKİNLİK ALANLARINDA MÜHENDİSLİK CAMİASINA ÖNEMLİ SORUMLULUKLAR DÜŞMEKTEDİR.**

**BİLİMSEL YAKLAŞIM VE DOĞRU MÜHENDİSLİK ÇÖZÜMLERİ TOPLUMUN, ÜLKENİN VE DÜNYANIN GELECEĞİ İÇİN EN ÖNEMLİ DAYANAK OLACAKTIR..**

## **ÖZGEÇMİŞ**

**Murat Sungur BURSA**, 1954 doğumludur. ODTÜ Makina Mühendisliği Bölümünde lisans, Gazi Üniversitesi İşletme yönetimi bölümünde yüksek lisans yapmıştır. Ayrıca, ‘Kaynak Teknolojisi’ alanında ABD’de uzmanlık eğitimi almıştır.

İş hayatına Sanayi ve Teknoloji Bakanlığında başlamış ve daha sonra DPT’de ve Çevre Bakanlığı’nda görev yapmıştır. KOSGEB’de ve Çevresel Etki Değerlendirmesi ve Planlama Genel Müdürlüğünde kurucu yönetici olarak çalışmıştır.

Çevre Bakanlığında Genel Müdürlük ve Müsteşarlık görevlerinden sonra, Marmara Depremi Rehabilitasyon projelerinin Başbakanlık bünyesindeki Direktörlüğünü yürütmüştür.

Kamu görevleri sonrasında Zorlu Enerji Grubu Başkanlığı yapmış ve halen Sürdürülebilirlik Akademisi Yönetim Kurulu Başkanı’dır.

## İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN JEOLJİK TARİHİ

**M. Akif SARIKAYA,** *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*

### ÖZET

Günümüzde bütün insanlığı doğrudan tehdit eden küresel iklim değişikliği aslında Yerküre için yeni bir kavram değildir. İklim durağan değil aksine dinamik bir olgudur ve Dünya'nın 4,6 milyar yıllık tarihi boyunca da durmadan değişmiştir. Bu değişimin en belirgin yaşandığı dönem ise Kuvaterner'dir. Ancak günümüzde bu değişimi bu kadar tehditkâr kılan insanın bizzat kendisidir. Geçmiş iklim ve ortam değişikliklerini bilim insanları çeşitli yöntemler aracılığıyla tahmin etmeye çalışmaktadırlar.

Günümüzde kullanılan teknikler ve yöntemler sayesinde, birkaç bin yıldan milyonlarca yıla kadar uzanan bir veri tabanı vekil veriler sayesinde oluşturulmuştur. Bunun yanı sıra, son yüzyıldır elimizdeki aletsel veriler de önemli ölçüde artmıştır. Günümüzün gelişmiş bilgisayar modelleri sayesinde bu verileri kullanan bilim insanları gelecekteki iklimleri tahmin etmeye çalışmaktadır. Bu konuşmada geçmişte iklimin doğal nedenlerle nasıl değiştiğinin anlaşılmasına katkıda bulunulacak, gelecekte insanlığı nelerin bekleyebileceğine ışık tutulacaktır. Özellikle 19. yy'ın ortalarından itibaren insanlığın iklime gittikçe artan olumsuz müdahalesinin doğurduğu sonuçları gözler önüne sermek ve bu gidişatı önlemek veya hiç değilse yavaşlatmak için yapılması gerekenleri dile getirmek de bir diğer amaçtır.

İklim değişikliği etkilerinin açık biçimde gözlenebildiği değişimler, Dünya ve özellikle de Türkiye'den verilen çeşitli örnekler ile ele alınacaktır. Tüm Dünya'da olduğu gibi Türkiye'de de konu ile ilgili, bir bilinçlenmenin oluşmaya başladığı görülmekle beraber daha proaktif politika ve eylemlere ihtiyaç duyulduğu ortadadır. Günümüzde iklim bilimciler yaşanmakta olan iklim değişimini durdurmanın veya tersine döndürmenin mümkün olmadığını kabul etmekle birlikte sera etkisi yapan gazların salınımının azaltılmasının küresel ısınmayı yavaşlatılabileceği ve böylece insanlar da dahil olmak üzere tüm canlıların bu duruma ayak uydurabileceklerini ümit etmektedirler.

**Anahtar kelimeler:** İklim değişikliği, jeolojik tarih, Yerküre

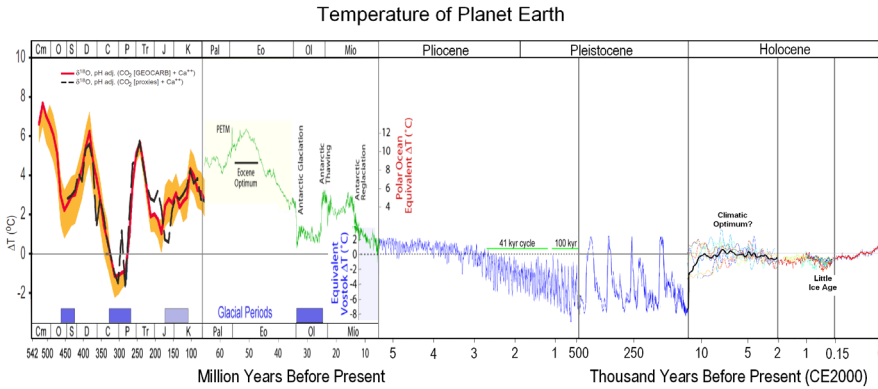
### GİRİŞ

Dünyanın aletsel dönem öncesindeki iklimini araştıran bilim dalına paleoiklim denir. Aslında disiplinler arası bir özelliği olan eski iklim çalışmalarının temelinde jeoloji bilimi yatar. Günümüzde gözlemlediğimiz iklim değişimi ve özellikle küresel ısınma/soğuma, aslında yerkürenin milyarlarca yıldır gündeminde olan bir konudur. Eski iklimi anlamamanın yolu vekil verileri (proxy) incelemekten geçer.

Bunlar kayaçlar, sedimanlar, buzullar, ağaç halkaları, mercanlar, polenler, fosiller

ve mağara çökelleri gibi ortamlarda saklanmış çeşitli kayıtlardır. Dünya 4,6 milyar yıl öncesine uzanan oluşumundan beri çeşitli değişimlere uğrayarak bugünkü durumuna gelmiş ve bu gelişimi sırasında sadece kayaçların ve canlı hayatının değil ikliminin de gelişimine ve çeşitliliğine tanıklık etmiştir. Bu açıdan bakıldığında aslında dünyamızın iklimi hiçbir zaman durağan olmamıştır diyebiliriz (Şekil 1).

İklim değişikliği etkilerinin açık biçimde gözlenebildiği değişimler, dünya ve özellikle de Türkiye’den bir çok çalışma ile ele alınmıştır (Sarıkaya vd., 2011). Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de konu ile ilgili, bir bilinçlenmenin oluşmaya başladığı görülmekle beraber daha proaktif politika ve eylemlere ihtiyaç duyulduğu ortadadır (Çiner ve Sarıkaya, 2013). Günümüzde iklim bilimciler yaşanmakta olan iklim değişimini durdurmanın veya tersine döndürmenin mümkün olmadığını kabul etmekle birlikte sera etkisi yapan gazların salınımının azaltılmasının küresel ısınmayı yavaşlatılabileceği ve böylece insanlar da dahil olmak üzere tüm canlıların bu duruma ayak uydurabileceklerini ümit etmektedirler (IPCC, 2007).



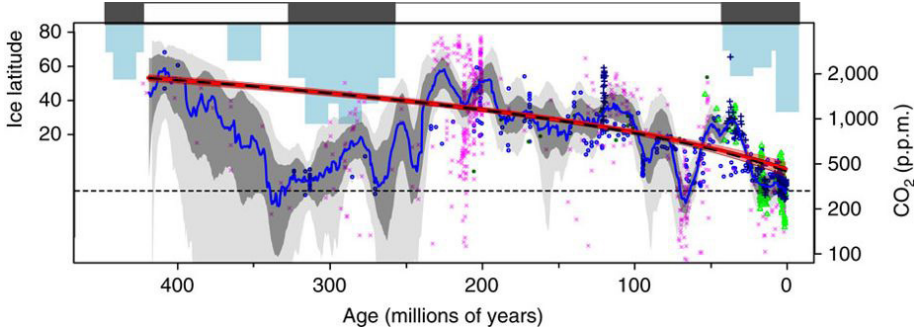
Şekil 1. Dünya atmosfer sıcaklığının jeolojik çağlarda değişimi (Hansen vd., 2012).

## İKLİMİN JEOLJİK TARİHİ

Geçmiş iklim değişikliklerine ışık tutan jeolojik veriler öncelikle denizlerde yapılan sondajlar sırasında elde edilen sedimanter birimlerden, bu sedimanların içinde bulunan mikroskopik veya makroskopik canlılardan, karalardan mağaralarda bulunan sarkıt ve dikiterin kesitlerinden, göl çökellerinden, buzulların içerisinde hapsolmuş hava kabarcıklarından elde edilir. Bu yöntemler sayesinde geçmiş yağış ve sıcaklık koşullarının yanında iklim ile ilgili pek çok durum hakkında bilgi almak mümkündür (IPCC, 2007).

İklimlerin uzun ve kısa dönemlerde çeşitli nedenlerle değiştiği bilinmektedir. Kısa sürede etkili olan nedenlerin başında güneş lekelerinin sayısının değişimi ve volkanik patlamalar sebebi ile atmosferin yoğun bir kül tabakası ile kaplanması sayılabilir. 1883 yılında Endonezya’nın Java adası yakınlarındaki Krakatoa volkanının patlaması sonucu

stratosfere kadar taşınan küllerin ve gazların rüzgarlar aracılığı ile tüm dünyayı kapladığı, dünyanın ortalama sıcaklığının 1.2°C azaldığı ve normal koşullara dönülmesinin yıllar aldığı bilinmektedir. Jeolojik çağlar boyunca atmosferdeki karbondioksit seviyesinde giderek azaldığı tahmin edilmektedir (Şekil 2). Ancak son 200 yıl içinde daha önce hiç olmadığı kadar atmosfere fosil yakıt kullanımı nedeniyle karbondioksit salımı olmuştur (IPCC, 2007).

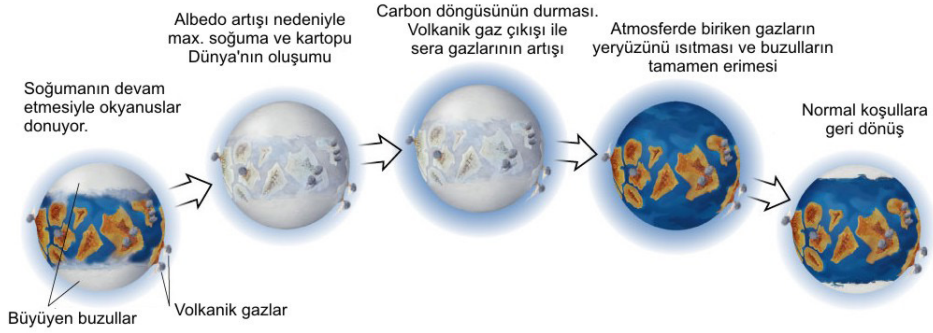


**Şekil 2.** Atmosferdeki karbondioksit gazının jeolojik çağlardaki değişimi (Foster, 2017).

Daha uzun vadede ise dünyanın astronomik eksenindeki döngüsel değişiklikler, yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının toplam değerlerini ve ışınların geliş açılarını değiştirerek, iklimin değişmesine yol açmaktadır (IPCC, 2007). Milankovitch döngüleri olarak da adlandırılan ve geçmiş iklim değişimlerini en iyi açıklayan teorilerden birisi olan astronomik döngüler teorisi ilk defa olarak Sırp matematikçi Milutin Milankovitch tarafından ortaya atılmıştır (Hays vd., 1976). Buna göre üç adet çevrim söz konusudur. Bunlar, eksen yalpası, yörünge dışmerkezliği ve eksen eğikliği olarak adlandırılırlar. Bu döngüler sırası ile her 19-24 bin yıl, 100 bin yıl ve 41 bin yıl'da bir gerçekleşir ve bileşkeleri dünyamızın yaklaşık her 100 binyılda bir soğuyup, tekrar ısınmasına neden olur.

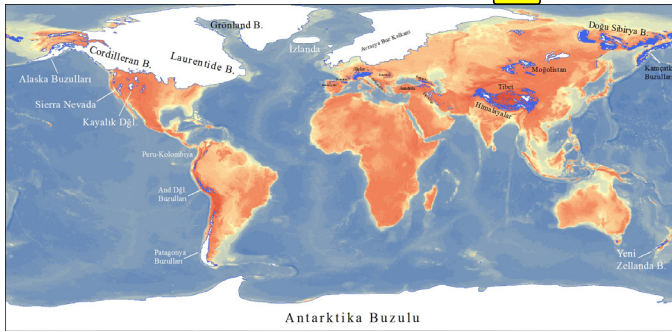
Genel olarak günümüze göre daha sıcak iklim koşullarına sahip olduğu tahmin edilen jeolojik çağlarda, en azından beş büyük buzul dönemi geçirildiği bilinmektedir. Bunlar, sırasıyla, Huronian, Cryogenian, Geç Ordovisyan, Geç Karbonifer (Karoo) ve son olarak da Kuvaterner Dönemleri'nde gerçekleşmiştir (Ehlers vd., 2011). Cryogenian Buzullaşması da Prekambriyen'in sonlarına doğru 800 ile 630 milyon yıl öncesinde oluşmuştur. Kartopu Dünya olarak da bilinen bu dönemde yerkürenin, ekvatorlar da dahil olmak üzere, tamamen buzul örtüleri ile kaplandığı ve sıcaklıkların ortalama -200°C'lere kadar düştüğü tahmin edilmektedir (Hoffman vd., 1998). Bu konuda karşıt görüşler olmasına rağmen eldeki çeşitli veriler, zaman içinde gerçekleşen volkanik patlamalarının atmosfere bıraktığı CO<sub>2</sub> (karbon dioksit) gazının oluşturduğu sera etkisi nedeni ile buzulların eriyerek yeryüzünün günümüz koşullarına benzer iklimlere

geri döndüğünü göstermektedir (Şekil 3). Buzullaşmanın hemen ardından “Kambriyen Patlaması” olarak bilinen, canlıların çok hızlı bir şekilde çeşitlenmesi ve evrimleşmesi gerçekleşmiştir.



**Şekil 3.** Kartopu Dünya teoremi (Addison Wesley, Pearson Education'dan alınmıştır).

Genel olarak soğumayla karakterize olan yerkürenin son 2,58 bin yıllık Kuvaterner döneminde buzul devirlerinin etkilerini son 900 bin yılda giderek artmıştır. Önceleri 41 bin yıllık, daha sonraları ise 100 bin yıllık çevrimler şeklinde kendini ifade eden buzul dönemlerinin Kuvaterner süresince toplam 21 kere tekrarlandığı hesaplanmıştır (Oerlemans, 2005). Dünya'nın güneş ve kendi etrafında dönmesi sırasında gerçekleşen ve Milankovitch döngüleri olarak tanımlanan bu değişimler sırasında buzulların belirli aralıklarla maksimum seviyelerine ulaşması ile buzul dönemleri, nispeten daha sıcak dönemlerde geri çekilmeleri ile de ara buzul dönemleri oluşmaktadır. En son buzul maksimumu yaklaşık 21 bin yıl önce yaşanmıştır (Şekil 4).



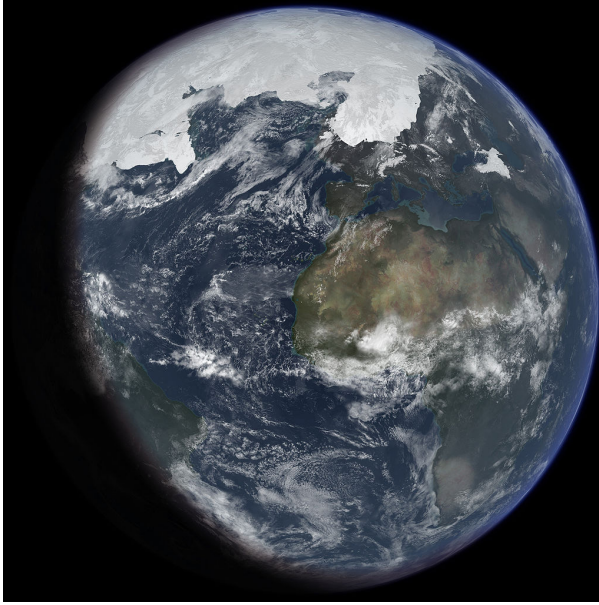
**Şekil 4.** Son buzul maksimumu buzullarının dünya yüzeyinde dağılımı (Ehler vd., 2011).

Holosen olarak bilinen son 11.7 bin yıldır bir buzul arası döneminden geçen dünyada hala bir önceki buzul dönemine ait kıta buzullarının kalıntıları (Antarktika ve Grönland)



bulunmaktadır. Bazı buzul dönemlerinde kısa süreli (birkaç yüzyıl) ılıman ara dönemler, buzul arası dönemlerde ise nispeten daha soğuk ara dönemler de oluşabilmektedir.

Kuvaterner Buzullaşması, Antarktika ve Grönland'da 3 km'yi bulan kalıcı buzul örtüleri ile Kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika'da benzer kalınlıklardaki buzul örtüleriyle tipiktir (Şekil 5). Bu dönemde, diğer buzul dönemlerine benzer şekilde, suların kara buzullarında toplanmasının sonucu olarak, yaklaşık 21 bin yıl önce oluşan Son Buzul Maksimum'da deniz seviyesinin küresel ölçekte 120 m kadar düştüğü tahmin edilmektedir (Hughes ve Woodward, 2008). Altı bin yıl kadar önce, buzulların erimesiyle deniz seviyesi çok hızlı bir şekilde bugünkü konumuna yakın bir seviyeye geri dönmüştür. Gözlenen diğer morfolojik değişimler ise çukur alanların göller tarafından doldurulması, nehirlerin akışlarının değişime uğraması ve buzul örtüsünün kalkması ile azalan basınç sonucu karaların yükselmesidir.

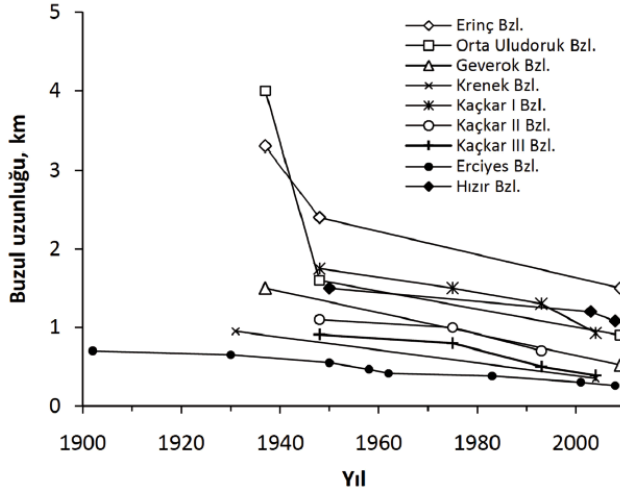


**Şekil 5.** *Son buzul maksimumu döneminde dünya*  
(<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>), Wikimedia Commons).

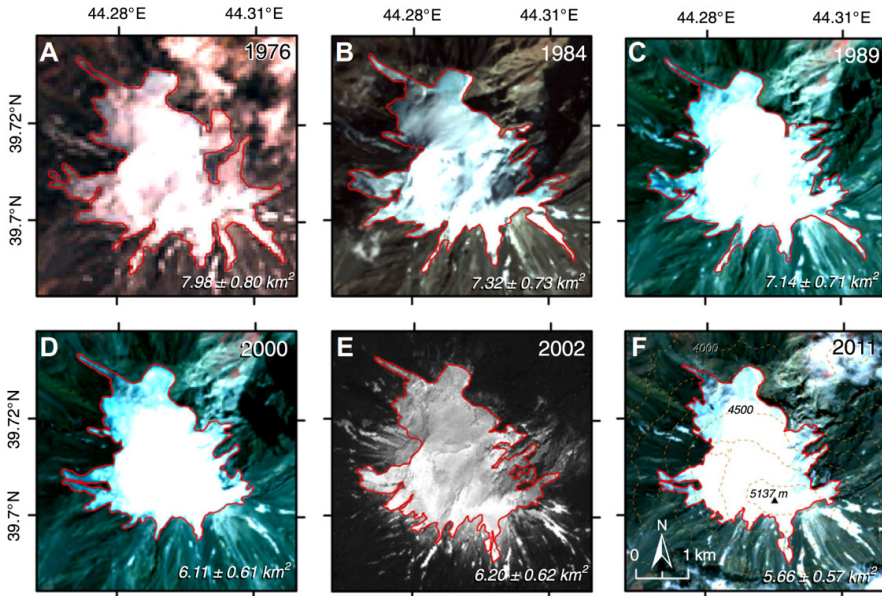
Geç Holosen içerisinde Küçük Buzul Çağı olarak adlandırılan kısa süreli bir ara soğuk dönem daha meydana gelmiştir. 1550-1850 yılları arasında 300 yıl kadar devam eden bu soğuk dönem içerisinde, kutup bölgelerinde örtü buzulları ilerlemiş, dağlık bölgelerde ise vadi buzulları daha alçak bölgelere kadar inmişlerdir (Lamb, 1972).

Türkiye'deki buzullar 20. yy'ın başından beri, iklim değişikliğine bağlı nedenlerden dolayı önemli bir gerileme içindedirler (Şekil 6). En hızlı geri çekilme güneydoğu Toroslar

Bölgesi ve Doğu Karadeniz Dağları'nda bulunan buzullarda gözlenmektedir (Erinç, 1952). Ortalama gerileme hızı bu bölgelerde sırasıyla yılda 27.2 m/yıl ve 11.1 m/yıl'dır (Sarıkaya, 2011). Bu bölgelerde belirlenen buzul gerileme hızları, Erciyes (4.2 m/yıl) ve Süphan (7.2 m/yıl) gibi volkanik dağlardakinden daha fazladır. Ağrı Dağı takke buzulu da 1976'dan beri toplam buzul alanının %30'unu kaybetmiştir (Şekil 7) (Sarıkaya, 2012).



Şekil 6. Türkiye'deki buzul uzunluğunun yıllara göre değişimi (Sarıkaya, 2011).



Şekil 7. Ağrı dağındaki buzulların 1976-2011 arasındaki alansal değişimi (Sarıkaya, 2012).

## SONUÇ

Günümüzde iklim değişiminin buzullar üzerindeki etkisi artık gözle görülebilecek düzeye varmış olup kutuplardaki buzullar her 10 yılda yaklaşık %8 oranında alan kaybına uğramaktadır (IPCC, 2007). Her ne kadar dünyamız geçmişte doğal sebeplerle iklim değişikliklerine maruz kalmış olsa da, endüstriyel devrimin başından beri fosil yakıtları kullanarak, CO<sub>2</sub> ve diğer sera etkisi yaratan gazları atmosfere salmaya giderek artan bir şekilde devam eden insanoğlunun bu davranış biçimini acilen gözden geçirmeye ihtiyacı vardır.

## KAYNAKLAR

- Çiner, A. ve Sarıkaya, M.A., 2013. Buzullar ve İklim Değişikliği: Geçmiş, Günümüz ve Gelecek. Ed. Volkan Ediger, Türkiye’de İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Enerji, ENIVA Vakfı Yayınları, İstanbul, pp. 19-58. ISBN: 9786056406607
- Ehlers, J., Gibbard, P.L. ve Hughes, P.D. 2011. Quaternary glaciations-Extent and Chronology, A Closer Look. In: Jaap, J.M., (Ed.), Developments in Quaternary Science, Vol. 15, Elsevier, Amsterdam, 1108 pp.
- Erinç, S. 1952. Glacial evidences of the climatic variations in Turkey: *Geografiska Annaler*, 34, 89--98.
- Foster, G.L., Royer, D.L. ve Lunt, D.J., 2017. Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years. *Nature Communications*, 8, p.14845.
- Hansen, J.E. ve Sato, M., 2012. Paleoclimate implications for human-made climate change. In *Climate change* (pp. 21-47). Springer, Vienna.
- Hays, J.D., Imbrie, J. ve Shackleton, N.J. 1976. «Variations in the Earth’s Orbit: Pacemaker of the Ice Ages». *Science*, 194, 4270, 1121-1132.
- Hoffman, P.F., Kaufman, A.J., Halverson, G.P. ve Schrag, D.P. 1998. A Neoproterozoic Snowball Earth, *Science*, 281 (5381), 1342-1346.
- Hughes, P.D. ve Woodward, J.C. 2008. Timing of glaciation in the Mediterranean mountains during the last cold stage. *Journal of Quaternary Science*. 23, 575-588.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007. Synthesis Report. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Core writing team, Pachauri, R.K., Reisinger, A. (Eds.). IPCC, Geneva, Switzerland.
- Lamb, H.H., 1972. The cold Little Ice Age climate of about 1550 to 1800. *Climate: present, past and future*. London: Methuen. p. 107.
- Oerlemans, J. 2005. Extracting a climate signal from 169 glacier records, *Science*, 308, 675-677.
- Sarıkaya, M.A. 2012. Recession of the ice cap on Mount Ağrı (Ararat), Turkey, from 1976 to 2011 and its climatic significance. *Journal of Asian Earth Science*, 46, 190-194.
- Sarıkaya, M.A., 2011. Türkiye’nin güncel buzulları. Ed: Deniz Ekinci, Fiziksel Coğrafya Araştırmaları: Sistematiği ve Bölgesel, Türkiye Coğrafya Kurumu Yayınları, 6, İstanbul, 527-544.
- Sarıkaya, M.A., Çiner, A. ve Zreda, M. 2011. Quaternary Glaciations of Turkey. In: Ehlers, J., Gibbard, P.L., Hughes, P.D. (Eds.), *Quaternary Glaciations: Extent and Chronology, A Closer Look*, Europe. Amsterdam, Elsevier, 15, 393-403.

## ÖZGEÇMİŞ

**Dr. Mehmet Akif Sarıkaya**, 1976 tarihinde Ankara’da doğmuştur. Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nden 1998 yılında mezun olduktan sonra, aynı üniversitede yüksek lisansını tamamlamıştır. 2004 yılında doktora yapmak üzere Amerika Birleşik Devletleri’ne giderek, Arizona Üniversitesi Hidroloji ve Su Kaynakları Bölümü’nden 2009 yılında doktorasını almıştır. 2010 yılına kadar Arizona ve Nebraska Üniversiteleri’nde doktora sonrası araştırmacı olarak çalışmış ve bu üniversitelerde lisans düzeyinde dersler vermiştir. 2013 yılından beri İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü’nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. İlgili alanları arasında Kuvaterner jeolojisi, eski ve güncel buzullar ile iklim modelleri ve yerçekillerinin kozmojenik yöntemler aracılığı ile tarihlendirilmesi gelmektedir.

# TÜRKİYE KIYILARINDA GÖRECELİ DENİZ SEVİYESİ DEĞİŞİMLERİ: İKLİMSEL VE TEKTONİK ÇIKARIMLAR

Cengiz YILDIRIM, *İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

## ÖZET

Deniz seviyesi oynamaları günümüzde yaşanan iklim değişimi ve özellikle buzulların tahmin edilenden daha hızlı bir şekilde erimesi nedeniyle güncelliğini koruyan ve her geçen gün daha da fazla araştırma projesine konu olan doğal bir olaydır. Göreceli deniz seviyesi ise kıyı çizgisinin karaya göre yükselmesini ya da alçalmasını ifade eden bir terimdir. Bu açıdan sadece iklimsel değil aynı zamanda tektonik ve hatta günümüzde insan kaynaklı etken ve süreçlerin sonucu olarak gerçekleşen bir olaydır.

Ülkemizin içinde bulunduğu coğrafi konum iklimsel değişimlerinin etkilerinden uzak gibi görünse de alçak ve geniş kıyı ovalarımızın varlığı bu konuda dikkatli olmamızı gerektirmektedir. Tektonik süreçler (büyük depremler sonucu meydana gelen kıyı değişimleri ve tsunamiler) ve ülkemizin bütün deltalarını besleyen akarsular üzerindeki baraj gölleri kıyılarımızda güncel değişimlerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Ülkemizin ve içinde bulunduğu coğrafyanın jeolojik geçmişine baktığımızda örneğin Günümüz'den 5.9-5.3 milyon yıl önce (Messiniyen) Akdeniz'in tamamen kurduğunu, geniş tuz depolarının oluştuğunu ve Anadolu kıyılarının tamamen değiştiğini görmek mümkündür. Bunun yanında çok yakın bir jeolojik zaman içinde örneğin günümüzden 26-19 bin yıl önce son buzul maksimumun yaşandığı dönemde deniz seviyesinin günümüze göre 120 m daha düştüğünün ve son 11 bin yıl içinde çok hızlı şekilde yükseldiğinin jeolojik ve jeomorfolojik kanıtları dünyanın her yanında bulunmaktadır.

Bu büyük iklimsel değişimlerin yanında gerek Akdeniz, gerek Karadeniz, gerekse Marmara Denizi kıyılarımızda, deniz seviyesinden onlarca metre yukarıda belirlenen denizel sekiler, Orta ve Geç Pleyistosen dönemlerinde kıyılarımızın tektonik olarak yükseldiğini göstermektedir. Zaman ölçeğini daraltıp geç Holosen yani son birkaç bin yıla baktığımızda özellikle Hatay Samandağ, Mersin Narlıkuyu, Antalya Alara, Datça Yarımadası ve Gökova Körfezi kıyılarımızda kosismik, yani depremlerle yükselmiş kıyıları karşımıza çıkar. Bunun yanında Kaş-Kekova Bölgesi'nde sualtında kalan arkeolojik yapılar diğer kıyıların aksine buraların alçaldığını göstermektedir. Bu sunumda ülkemizin değişik coğrafi bölgelerindeki farklı zaman ölçeğindeki iklimsel ve tektonik kökenli deniz seviyesi değişimleri ile ilgili örnekler verilecektir.

**Anahtar sözcükler:** Türkiye, Deniz seviyesi değişimleri, İklim, Tektonik.



# İKLİM DEĞİŞİMİ VE TARIM

Nurdan ŞAHİN DEMİRBAĞ, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü,  
Ankara.

nsahin@agri.ankara.edu.tr

## ÖZET

**Küresel ısınma**, atmosferde artan konsantrasyonlardaki Karbon Dioksit (CO<sub>2</sub>) Metan (CH<sub>4</sub>), Azot Protoksit (N<sub>2</sub>O) vb. sera gazı moleküllerinin güneş ışınlarını hapsederek, yer-yüzü sıcaklığını yükseltmesi olarak tanımlanır. Hava sıcaklığındaki bu yükselmenin dünya üzerinde ciddi bir iklim değişikliğine yol açacağı tahmin edilmektedir.

**İklim değişikliğinin göstergeleri:** En önemli göstergelerinden biri de **şiddetli hava olayların sayısının** ve **şiddetinin artmasıdır**. 2018 yılında ülkemizde görülen meteorolojik karakterli doğal afetlerin, %39'unu **şiddetli yağış/sel**, %28'ini **fırtına** ve %16'ını **dolu** afeti oluşturmaktadır (Anonim 2018b).

**İnsan kaynaklı sera gazlarının (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O vb) başlıca kaynakları:** Fosil yakıtların (kömür, petrol ve doğalgaz) elektrik üretimi, ulaşım, endüstri ve evlerde kullanılmak üzere yakılması (CO<sub>2</sub> artışı); tarım (CH<sub>4</sub> artışı) ve ormansızlaşma (CO<sub>2</sub> artışı) gibi arazi kullanımı değişiklikleri; endüstriyel florlu gazların kullanımı olarak özetlenebilir.

Tarım, ekosistemlerle toplumun kesiştiği yegâne noktada bulunur. İklim değişikliği başta meteorolojik bir problemmiş gibi algılanıyor olsa da doğal ekosistemlerde, özellikle besin maddesi döngülerinde veya hidrolojik döngüde birçok çevresel unsuru tepeden tırnağa etkileme potansiyeline sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** İklim Değişimi, Tarım, Sera Gazları

## GİRİŞ

Tarım sektörünü iklim değişikliği çerçevesinde değerlendirmek gerekirse, hem sera gazı kaynağı, hem de karbon yutak alanı olarak işlev yapabilen bir uygulamalar bütünüdür.

**İnsan kaynaklı sera gazlarının (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O vb) başlıca kaynakları:** Fosil yakıtların (kömür, petrol ve doğalgaz) elektrik üretimi, ulaşım, endüstri ve evlerde kullanılmak üzere yakılması (CO<sub>2</sub> artışı); tarım (CH<sub>4</sub> artışı) ve ormansızlaşma (CO<sub>2</sub> artışı) gibi arazi kullanımı değişiklikleri; endüstriyel florlu gazların kullanımı olarak özetlenebilir.

küresel ısınma ve sera gazları salınımı ile ilgili olarak ülkemizde 43 farklı sektör ele alınarak yapılan çalışmada, toplam sera gazı üretiminin %32'sinin endüstriyel işlemler, %30'unu enerji sektörü, %16'sı ulaştırma, %16'sı diğer sektörler ve %6'sı da tarım sektöründen kaynaklandığını belirtmişlerdir (Tunç ve ark., 2007).

Tunç ve diğerleri (2007) küresel ısınma ve sera gazları salınımı ile ilgili olarak ülkemiz-

de 43 farklı sektörü ele alarak yaptıkları çalışmada, toplam sera gazı üretiminin %32'sinin endüstriyel işlemler, %30'unu enerji sektörü, %16'sı ulaştırma, %16'sı diğer sektörler ve %6'sı da tarım

**Çizelge 1. Sektörlere göre toplam sera gazı emisyonları (CO<sub>2</sub> eşdeğeri), 1990-2016 (TÜİK, 2018).**

| Yıl/<br>(Milyon ton) | Toplam | 1990 yılına göre<br>değişim (%) | Enerji | Endüstriyel<br>işlemler ve ürün<br>kullanımı | Tarımsal<br>faaliyetler | Atık |
|----------------------|--------|---------------------------------|--------|----------------------------------------------|-------------------------|------|
| 1990                 | 210,7  | -                               | 134,3  | 22,9                                         | 42,4                    | 11,1 |
| 1991                 | 218,7  | 3,8                             | 139,3  | 24,9                                         | 43,3                    | 11,3 |
| 1992                 | 224,7  | 6,6                             | 145,4  | 24,3                                         | 43,4                    | 11,5 |
| 1993                 | 233,4  | 10,7                            | 152,7  | 24,9                                         | 44,0                    | 11,8 |
| 2013                 | 439,0  | 108,3                           | 308,8  | 59,8                                         | 53,6                    | 16,8 |
| 2014                 | 451,8  | 114,4                           | 321,3  | 60,2                                         | 53,7                    | 16,6 |
| 2015                 | 469,9  | 123,0                           | 339,7  | 59,6                                         | 53,7                    | 17,0 |
| 2016                 | 496,1  | 135,4                           | 361,0  | 62,4                                         | 56,5                    | 16,2 |

Tarımsal faaliyetler, dünya üzerinde artan sera gazlarının yaklaşık %20'sinden sorumludur (Pathak ve Wassmann, 2007).

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Tarım Kaynaklı Etmenlerin İklim Değişimi Üzerine Etkisi

#### Bitkisel Üretim Kaynaklı

- Yanlış arazi kullanımı ve bilinçsiz ve aşırı gübreleme gibi tarımsal faaliyetler sonucunda, karbon kaynaklı sera gazı salınımları artmaktadır (Lal, 2006).
- Bozulan ekosistem ve tarımsal topraktaki organik karbon çözünerek, CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> formunda atmosfere salınmakta ve iklim değişikliği nedenleri arasında yer almaktadır.
- Çeltik Tarımı (Bitkisel üretimin de CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyon miktarına etki etmektedir.)

Sulanan çeltik tarlalarındaki organik materyalin anaerobik (oksijensiz) bozunması, ağırlıklı olarak çeltik bitkileri aracılığıyla taşınma yoluyla atmosfere salınan metanı (CH<sub>4</sub>) ortaya çıkarır. N<sub>2</sub>O, topraktaki mikroorganizmalar tarafından hem aerobik (oksijenli) hem de anaerobik topraklarda üretilebilir ve emisyonlar büyük oranda azot girdilerine (örneğin gübre) bağlıdır.

*Çeltik yetiştiriciliği kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılma yöntemleri:*

- Su rejimi yönetimi,



- Toprak işlemez tarım,
- Fermente gübre kullanımı,
- Çeltik çeşidinin seçimi gibi uygulamalarla daha düşük seviyeye indirilebileceği yapılan çalışmalarla mümkün görünmektedir. (Tokay Zeynep, 2018)

### **Hayvansal Üretim Kaynaklı**

Metan ( $\text{CH}_4$ ) gazının kaynağı ağırlıklı olarak hayvan yetiştiriciliğidir. Metan gazı, ruminantların sindirim sisteminde meydana gelen fermentasyon sonucu ortaya çıkmakta ve doğaya salınmaktadır.

Küresel çapta doğaya salınan **metan** ( $\text{CH}_4$ ) gazının en büyük kaynağı tarım sektörüdür. Havadan hafif, renksiz, kokusuz olan  $\text{CH}_4$  gazı miktarı, atmosferdeki  $\text{CO}_2$  miktarının %1'inden daha azdır; ancak ısı tutma yetenekleri  $\text{CO}_2$ 'den 20 kat daha fazladır. En kö-tüsü de çevrime katılmadan 10 yıl kadar atmosferde kalabilmeleridir. Küresel ısınmanın %10-15'inden sorumu olduğu kabul edilmektedir. Şu anda atmosferdeki  $\text{CH}_4$  miktarı 18. yüzyıldakinin tam 2.5 katıdır. Miktarının her yıl %1 arttığı da saptanmıştır.  $\text{CH}_4$  gazının kaynağı hayvan yetiştiriciliği ve çeltik tarımıdır. Metan gazı, ruminantların sindirim sisteminde meydana gelen fermentasyon sonucu ortaya çıkmakta ve doğaya salınmaktadır.

Hayvanların bireysel olarak ürettikleri metan miktarı çok azdır. Örneğin ergin bir inek yıllık olarak yaklaşık 80-110 kg metan üretmektedir (O'Mara, 2004; USEPA, 2008) . ). Ruminantlar bakımından esas problem dünyada mevcudiyetlerinin yaklaşık 1 milyarı bulması (FAO, 2008) ve emisyonu bu sayısal durumları ile ciddi katkı yapmalarıdır. Enterik metan üretimi, kötü kaliteli kaba yemlerle yemlenen sığırlarda alınan sindirilebilir enerjinin yaklaşık %15-18'ini bulabilir. Bunun nedeni de rasyonda bulunan besin madde miktarı ve dengesinin rumen mikroorganizmaları için yetersiz olması ve buna bağlı olarak yetersiz ve etkin olmayan mikrobiyal gelişmedir.

### **İklim Değişiminin Tarım Üzerinde Oluşturduğu ve Oluşturabileceği Olumsuz Etkiler**

Tarımın, küresel ısınmayı teşvik edici etkilerinin yanı sıra, küresel ısınmanın da tarım üzerinde olumsuz yönde etkileri mevcuttur. 2030 yılı itibarıyla 8 milyara ulaşması beklenen dünya nüfusunu besleyebilmek için bugünkü gıda üretiminin %60 oranında artırılması gerekmektedir. Bu nüfusun büyük çoğunluğunun şehirlerde yaşamakta olduğu, kırdan şehirlere göçün her geçen gün arttığı düşünüldüğünde, artan tüketim hızına karşılık gelecek bir üretim potansiyelinin olmayacağı ortadadır.

Siqueira ve diğerleri (2001) 2050 yılı itibarıyla Brezilya'da hava sıcaklığında 3-5 oC'lik bir azalış ve yağışlarda %11'lik bir artış olacağı ve bu değişimin buğdayda (%30) ve mısırda (%16) üretim azalışı; soyada (%21) üretim artışı olacağını belirtmişlerdir. Bu değişimin ayrıca erozyon, tarımsal işlemlerde (toprak işleme, sulama, ilaçlama vs.) güçlükler, has-

talık artışı ve kontrollerin zorlaşması gibi etkilere yol açarak tarım ürünlerinin verimini ve kalitesini olumsuz yönde etkileyeceğini belirtirken, önemli oranlarda yiyecek sıkıntısının ve açlığın baş göstereceğini belirtmişlerdir.

Bir taraftan da diğer koşullar optimum olduğu durumlarda, atmosferde artan CO2 konsantrasyonunun bitkilerin su kullanım etkinliklerini ve fotosentetik aktivitelerini teşvik edeceğinden dolayı, ürün verimlerini %10-50 oranında artırması beklenmektedir. Ancak, artan sıcaklık genel olarak tarım ürünleri üzerine olumsuz yönde etki edecek ve sıcaklıkla birlikte bitkilerde görülen hastalıklarda bir artış meydana gelecektir. Bu yüzden kurak bölgelerdeki çiftçiler hem daha çok sulama yapacak hem de daha fazla tarım ilacı kullanacaktır.

### **Bitkisel Üretim Üzerine Olan Olumsuz Etkileri**

#### **Hava Sıcaklığı**



Sıcaklık bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için önemli bir iklim faktörüdür. Bitkilerin kendi bünyelerinde ürettikleri ısı miktarı çok düşüktür. Ayrıca bünyelerinde sıcaklığı depolama kabiliyetleri de yoktur. Bu nedenle bitkiler hayatlarını devam ettirmek ve normal fizyolojik fonksiyonlarını yürütmek için bulundukları ekolojik ortamın sıcaklık şartlarına büyük ölçüde bağımlıdır.

#### **Toprak Sıcaklığı**

- Topraktaki mikrobiyal aktiviteyi artırır.
- Çimlenmeyi hızlandırıcı etkisi vardır.
- Bitki gelişimini etkiler.
- Topraktaki su hareketini etkiler (sıvı-buhar).
- Havalanmayı sağlar.
- Diğer kimyasal olayların,
- Toprak oluşumunun hızını artırır

Toprak sıcaklığı bitkiler üzerinde en büyük etkisini çimlenme devresinde ve kök gelişmesinde gösterir.



#### **Günlük Maksimum-Minimum Hava Sıcaklığı Farklarındaki Değişim**

- Bitkiler, normal büyüme ve gelişmeleri için gece gündüz, sıcaklık farkının bulunmasını isterler.
- Sıcaklık farkının az yada çok olması bitki cinsine göre büyük oranda değişebilmektedir.
- Pamuk, mısır ve çeltik gibi sıcak seven bitkiler, gece gündüz sıcaklık farkının az olmasını isterken,

- Patates, şeker pancarı ve kiraz gibi bitkilerde sıcaklık farkının fazla olması bitki gelişimini olumlu etkiler.



#### *Bitki Soğuklama İsteği Sürelerindeki Değişim*

- Yetiştirme dönemlerine göre kışlık ve yazlık olarak ayrılan bitki türlerinden; kışlık bitkilerin generatif devreye geçebilmek için, gelişmelerinin ilk devrelerinde belli bir süre, büyüme minimum sıcaklığının altında, belli bir düşük sıcaklık istemelerine, bir süre dinlenmelerine soğuklama (vernalizasyon) denilmektedir.
- Meyve ağaçları çok yıllık olduğundan, bahçe tesis ederken, tür ve çeşit belirlerken soğuklama daha da önemlidir.
- Örneğin: Soğuklama ihtiyacı karşılanmayan sert çekirdekli meyve türlerinde (Erik, Kayısı vb.);
  - Gözler düzgün ve çok sayıda açılmamakta,
  - Sağlıklı bir çiçeklenme olmamakta,
  - Çiçeklenme zamanı ve açılma gecikmekte,
  - Çiçeklenme dönemi uzamakta,
  - Düzensiz çiçeklenmeler olmaktadır,
  - Hasat gecikmekte, verim ve kalite düşmektedir.

#### **Biyolojik Çeşitlilik Üzerine Olan Olumsuz Etkiler**

İklim değişikliği ile (Avrupa dahil, dünyanın pek çok bölgesinde) türlerin kompozisyonu değişiyor ve türlerin soyu, normal olarak kabul edilen değere göre 100–1000 kez daha büyük bir hızla tükeniyor (Bakkenes et al., 2002).

Değişikliklerin çoğu yanlış arazi kullanımı ve habitat tahribi sebebiyle ortaya çıksa da, çalışmalar, bitki kompozisyonundaki değişiklikler ile günümüzde yaşanan iklim değişikliği arasında yüksek bir korelasyon olduğunu ortaya koyuyor.

- Bu yüksek korelasyon,
- İklimin nihai olarak bitki tür dağılımını etkilemesi,
- Orman yangınları (Güney Avrupa ve Rusya'da) gibi doğadaki bozulmaların ve topraktaki bitki besin kompozisyonundaki değişikliklere dayanmaktadır.

#### **Hayvansal Üretim Üzerine Olumsuz Etkileri**

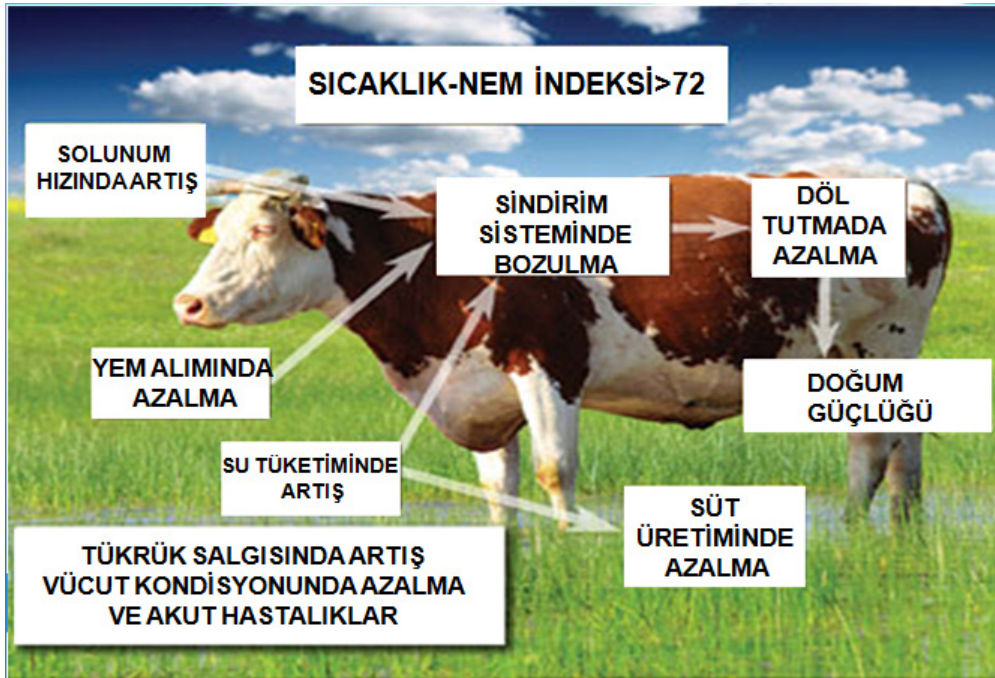
Küresel ısınmanın hayvanlar üzerine etkileri, fiziksel çevre, biyolojik çevre, kimyasal çevre ya da iklimin direk etkileri olarak ortaya çıkmaktadır. **Fiziksel çevre koşulları**, bakım, besleme koşullarında ortaya çıkacak etkilerle kendini göstermektedir. Ekstrem (çok

sıcak ya da çok soğuk) iklim koşullarından dolayı barındırma daha maliyetli hale gelmekte, üreme, süt ve et verimi gibi performansa yönelik bazı özelliklerde gerilemeler ortaya çıkabilmektedir bulunmaktadır (Davis ve ark 2001a; Davis ve ark 2001b, Göncü ve Özkütük, 2003; Silanikove, 2000; Linn 1997)

### **Sıcak stresi**

Sıcaklık - Nem İndeksi (SNI-THI)

Süt sığırlarında normal vücut sıcaklığının yükselmesine neden olan etkenlerin bileşkesine “Sıcak Stresi” denir. Sıcaklık stresinin bilinen ölçümü “Sıcaklık-Nem İndeksi (SNI-THI) dir. Sıcaklık-Nem İndeksi’nin etkileyebileceği hususlar Şekil 1’de görülmektedir.



**Şekil 1.** Sıcaklık-Nem İndeksi’nin etkileyebileceği bazı hususlar

Ekstrem (çok sıcak ya da çok soğuk) iklim koşullarından dolayı barındırma daha maliyetli hale gelmekte, süt ve et verimi gibi performansa yönelik bazı özelliklerde gerilemeler ortaya çıkabilmektedir. laktasyon süresini kısalttığı yürütülen çalışmalar ile ortaya konulmuştur. (Beede ve ark. 1985, Chase ve ark. 1988, Bucklin 1991, Alnaimy ve ark. 1992).

Üreme performansına yönelik olarak yürütülen çalışmalarda fertilitenin düştüğü saptanmış.(Alnmier ve ark 2002; DeRensis ve Scaramuzzi 2003; Drew, 1999), östrusun tam tespit edilememesine bağlı olarak ilk tohumlama süresinde uzama ve gebelik oranında düşme tespit etmişlerdir. (Alnmier ve ark 2002; DeRensis ve ark., 2002) .Yüksek atmosfer

sıcaklığı nedeni ile artan vücut sıcaklığından dolayı uterusu gelen kan akımında bir azalma, fertilizasyon oranında düşme, embriyonik gelişimi sınırlamakta ve erken embriyonik ölümler ortaya çıkmaktadır. (DeRensis ve ark., 2002).

Ayrıca yavruların büyümesi ve gelişmesi de bu koşullar tarafından negatif yönde etkilenmektedir (Koluman Darcan ve ark., 2009; Çoban ve ark., 2008, Darcan, 2005).

Beside ise yem tüketimde azalma, yemden yararlanma oranında düşme ve besi süresinin uzamasına neden olduğuna yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Davis ve ark 2001a; Davis ve ark 2001b, Göncü ve Özkütük, 2003; Silanikove, 2000; Linn 1997)

## SONUÇ

Küresel ısınmanın önüne geçebilmek için, enerji, sanayi, ulaşım ve tarım sektörlerinde, başta fosil yakıt kullanımının azaltılması yoluyla, gerekli politika değişikliklerine gidilerek, sera gazı üretiminin sınırlandırılması sağlanabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının artırılması, hava, toprak, su gibi doğal dengenin korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanması açısından yarar sağlayacağı gibi, ormanların korunması, “iyi tarım” gibi bilinçli ve iklim dostu tarım uygulamaları, sera gazlarının salınımının azaltılması için yardımcı olabilir.

## KAYNAKLAR

- Alnmier, M. De Rosa, G., Grasso, F., Napolitana, F., Bordi, A., 2002. Effect of climate on the response of three oestrus synchronisation techniques in lactating dairy cows. *Anim Reprod Sci*, 71: 157–68.
- Alnaimy,, A. M., Habeeb,I., Fayaz, I., Marai, M., Kamal T.H., 1992. Heat Stress, Farm Animals and the Environment, Clive Philips and David Piggins (Ed). CAB International, 1992. Cambridge, England.
- Anonim. 2018a. Amerikan Ulusal Oşinografi ve Atmosfer İdaresi (NOAA). Global Analysis-Annual 2018. <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201813> . Erişim Tarihi: 16.07.2019.
- Anonim. 2018b. Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2018 Yılı İklim Değerlendirmesi [hsttps://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2018-iklim-raporu.pdf](https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2018-iklim-raporu.pdf) . Erişim Tarihi: 16.07.2019.
- M. Bakkenes, J. R. M. Alkemade, F. Ihle, R. Leemans, J. B. Latour (2002). Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global Change Biology*, 8(4), pp. 390-407,
- Beede, D. K. ve Collier, R. J., 1985. Potential Nutritional Strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Dairy Science*. 62:543-554.
- Bucklin, R.A.; Turner, L.W.,Beede, D.K.; Bray, D.R.; Hemken, R.W., 1991. Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Dairy Science Abstracts* 1991 Vol. 53 No. 9.
- Chase, L. E., Sniffen, C. J., 1988. Feeding and managing dairy cows during hot weather. *Feeding and Nutrition*. [http://www.inform.umd.edu/Edres/Topic/Agric\\_Eng](http://www.inform.umd.edu/Edres/Topic/Agric_Eng).
- Çoban, Y., Darcan, N., Aslan, N., Karakök, S.G., 2008. Türkiye Hayvancılığında Küresel Isınma Ve Olası İklim Değişikliği Etkilerinin Ortaya Konulması. 4. Ulusal Zootečni Öğrenci Kongresi, Mayıs -2008, Samsun, Bildiriler Kitabı.
- Darcan,N., 2005. Hayvansal Üretim Üzerine Küresel Isınmanın Olası Etkileri ve Termal Stresi Önleme Yöntemleri. *Hasad Hayvancılık Dergisi*, Yıl : 21, Sayı : 243, 27-29.
- Davis, S., Mader, T., Holt, S., Cerkoney, W., 2001a. Effects of feeding regimen on performance, beha-

- viour and body temperature of feedlot steers. Beef cattle report. [www.liru.asft.ttu.edu/pdf/mp-76pg69-73.pdf](http://www.liru.asft.ttu.edu/pdf/mp-76pg69-73.pdf)
- Davis, S., Mader, T., Cerkoney, W., 2001b. Managing heat stress in feedlot cattle using sprinklers. Beef cattle report. [www.liru.asft.ttu.edu/pdf/mp76pg77-81.pdf](http://www.liru.asft.ttu.edu/pdf/mp76pg77-81.pdf)
- De Rensis, F., Marconi, P., Capelli, T., Gatti, F., Facciolo, F., Franzini, S., et al., 2002. Fertility in post-partum dairy cows in winter or summer following estrous synchronization and fixed time A.I. after the induction of an LH surge with GnRH or hCG. *Theriogenology*, 2002; 58: 1675–87.
- De Rensis, F., Scaramuzzi, R.J., 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review. *Theriogenology*, Volume 60, Issue 6, 1 October 2003, Pages 1139-1151
- Drew, B., 1999. Practical nutrition and management of heifers and high yielding dairy cows for optimal fertility. *Cattle Practice*, 7: 243–48.
- FAO. (2008), *The State of Food Insecurity in the World 2008*, FAO, Rome, Italy.
- Göncü, S., Özkütük, K., 2003. Shower Effect at Summer Time on Fattening Performances of Black and White Bullocks. *J. Appl. Anim. Res.* 23 (2003) : 123-127
- Houghton, R.A. (2003), “Why Are Estimates of The Terrestrial Carbon Balance So Different?”, *Global Change Biology*, Vol.9, pp.500-509.
- Koluman Darcan, N., Karakök Göncü, S., Daşkıran, İ., 2009. Türkiye hayvancılığının küresel ısınmaya adaptasyonuna yönelik stratejik planlamalar. *Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu*, 16-18 Haziran 2009-Konya
- Lal, R., 2006. Enhancing Crop Yields in The Developing Countries Through Restoration of The Soil Organic Carbon Pool in Agricultural Lands. *Land Degradation and Development*, v.17, p.197-209.
- Linn, J.G., 1997. Nutritional management of lactating dairy cows during periods of heat stress. [www.animal.agri.umn.edu/diary](http://www.animal.agri.umn.edu/diary)
- O’Mara, F. P., Beauchemin, K. A., Kreuzer, M. ve McAllister, T.A., 2008. Reduction of greenhouse gas emissions of ruminants through nutritional strategies. *International Congress on Livestock and Global Climate Change*, 17-20 Mayıs 2008, Hamamet, Tunus, Proceedings: 40-43.
- Pathak, H. ve Wassmann, R. (2007). “Introducing Greenhouse Gas Mitigation as A Development Objective in Rice-Based Agriculture: I. Generation of Technical Coefficients”, *Agricultural Systems*, Vol.94, pp.807–825
- Silanikove, N., 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* 67 (2000)1-18.
- Siqueira, O.J.F., Steinmetz, W.S., Salles, L.A.B., Fernandes, J.M. 2001. Efeitos Potenciais das Mudanças Climáticas na Agricultura Brasileira e Estratégias Adaptativas Para Algumas Culturas. In: *Mudanças Climáticas Globais E A Agropecuaria Brasileira*, 1., Jaguariuna, Proceedings. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente,. p.33-64.
- Tokay, Zeynep. 2018. Türkiye’nin Çeltik Yetiştiriciliği Kaynaklı Sera Gazı Emisyonlarının Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin Çevre Mühendisliği Ana-bilim Dalı İçin Öngördüğü YÜKSEK LİSANS TEZİ.
- Tunç, G. İ., Aşık, S.T., Akbostancı, E., 2007. CO2 Emissions vs. CO2 Responsibility: An InputOutput Approach for The Turkish Economy. *Energy Policy* 35, 855–868.
- TÜİK, 2018. Seragazı Emisyon 2018 Yılı İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK).
- U.S.E.P.E., 2008. Environmental Protection Agency, 2008. Ruminant livestock: frequent questions. [www.epa.gov/methane/rlep/faq.html](http://www.epa.gov/methane/rlep/faq.html). Accessed April 23, 2008.

**ÖZGEÇMİŞ****Prof. Dr. Nurdan ŞAHİN DEMİRBAĞ**

Doğum Yeri: Söke /AYDIN

İlk-Orta Eğitimi: Söke /AYDIN

Lisans Eğitimi: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü

| Görev Unvanı                                            | Görev Yeri                                                                                                                                                                                | Yıl                      |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Yüksek Lisans (Master)                                  | Tarla Bitkileri- Ziraat Fakültesi - Ankara Üniversitesi                                                                                                                                   | 1997–2000                |
| Doktora Eğitimi                                         | George - August Universität - Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung - Göttingen-Deutschland (George August Üniversitesi, Bitki Yetiştiriciliği ve Islahı Bölümü, Göttingen-Almanya)-DAAD Bursu | 2001–2005                |
| AÜ. Ziraat Fak. Çiftlikler Müdürü                       | Ankara Üniversitesi - Ziraat Fakültesi - Araştırma-Uygulama Çiftlikleri                                                                                                                   | 2011-2015                |
| AÜ. Ziraat Fak. Döner Sermaye İşletmesi Koordinatörlüğü | AÜ. Ziraat Fak. Döner Sermaye İşletmesi Koordinatörlüğü.                                                                                                                                  | 04.08.2017-Devam ediyor. |

Evli ve 2 çocuk annesidir.





# İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SAĞLIK

**Çağatay GÜLER**, *Tıp Fakültesi Emekli Öğretim Üyesi*, ANKARA.

## ÖZET

İnsanların birbirleri ve diğer canlılarla etkileşimleri gezegenimizin oluşturduğu kapalı ekosistem üzerinde çok önemli etkilere yol açmaktadır. Son yirmi yıldaki nüfus artışı ve endüstrileşmenin yayılması sera gazlarının atmosferde birikmesine yol açmıştır. Gezegenimiz zaten dengeli bir sera özeliği taşımaktadır. Bu dengenin bozulması ve buna bağlı olarak iklim değişikliği riskinin ortaya çıkması tüm ekosistemleri tehdit ederken, insan ve toplum sağlığı üzerinde de önemli tehlikeler yaratmaktadır.

Canlıların ortaya çıkmasına kadar geçen dört milyon yıllık süreçte tektonik hareketler, okyanus akıntıları, meteor düşmeleri, dünyanın gaz ve dumanla kaplanmasına bağlı olarak güneş ışınlarının engellenmesi, buzul çağı sonucunda dünyamız oluşmuş ve insan türü ortaya çıkmıştır.

Çevre terimi, dışımızdaki her şeyi, sosyal, fizikojeokimyasal ve biyolojik çevreyi kapsar. Çevrenin bu bileşenleri birbiriyle etkileşim halindedir. Sosyal, fizikojeokimyasal ve biyolojik çevre bileşenleri birçok etkenden doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenir. Bu etkileşimin temel kaynağı insandır ve insan etkinlikleri kendi varlığını da tehlikeye düşürecek boyutlara ulaşmıştır. İnsan etkinliklerine bağlı çevresel değişiklikler insan varlığını tehdit eder duruma gelmiştir. Başlangıçta yerel olan çevresel değişim, giderek bölgesel daha sonra da günümüzdeki küresel boyutlarına ulaşmıştır.

Çevre sağlığı yerel faktörlere bağlı olarak insan sağlığına yönelik zehirli ya da enfeksiyona dayalı risklere ağırlık verir. Giderek küresel değişime bağlı olarak, ekolojik sistemlerde oluşan değişiklikler sağlıkla ilgili yeni riskler yaratmış, dolayısıyla çevre sağlığının söz konusu sorunlarla da ilgilenmesi zorunlu hale gelmiştir. Çevre sağlığının konusunu oluşturan tüm etmenler, küresel değişikliğin yarattığı risklerden doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenmektedir.

**Anahtar kelimeler:** İklim değişikliği, Sağlık, Çevre, Ekoloji, Riskler.

## GİRİŞ

İnsanların birbirleri ve diğer canlılarla etkileşimleri gezegenimizin oluşturduğu kapalı ekosistem üzerinde çok önemli etkilere yol açmaktadır [1]. Son yirmi yıldaki nüfus artışı ve endüstrileşmenin yayılması sera gazlarının atmosferde birikmesine yol açmıştır. Gezegenimiz zaten dengeli bir sera özeliği taşımaktadır. Bu dengenin bozulması ve buna bağlı olarak iklim değişikliği riskinin ortaya çıkması tüm ekosistemleri tehdit ederken insan ve toplum sağlığı üzerinde de önemli tehlikeler yaratmaktadır [2-4].

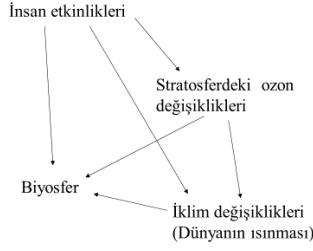
Canlıların ortaya çıkmasına kadar geçen dört milyon yıllık süreçte tektonik hareketler, okyanus akıntıları, meteor düşmeleri, dünyanın gaz ve dumanla kaplanmasına bağlı olarak güneş ışınlarının engellenmesi, buzul çağı sonucunda dünyamız oluşmuş ve insan türü ortaya çıkmıştır.

Çevre terimi dışımızdaki her şeyi, sosyal, fizikojeokimyasal ve biyolojik çevreyi kapsar. Çevrenin bu bileşenleri birbiriyle etkileşim halindedir. Sosyal, fizikojeokimyasal ve biyolojik çevre bileşenleri birçok etkenden doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenir (Şekil 1). Bu etkilenimin önemli sağlık sonuçları vardır.



**Şekil 1.** Çevre Biyolojik, fizikojeokimyasal ve sosyal çevre bileşenleri ile bir bütün oluşturur ve doğrudan ve dolaylı olarak birçok etmenden etkilenir.

Bu etkileşimin temel kaynağı insandır ve insan etkinlikleri kendi varlığını da tehlikeye düşürecek boyutlara ulaşmıştır. İnsan etkinliklerine bağlı çevresel değişiklikler insan varlığını tehdit eder duruma gelmiştir. Başlangıçta yerel olan çevresel değişim, giderek bölgesel daha sonra da günümüzdeki küresel boyutlarına ulaşmıştır. Bunların önemli toplum sağlığı sonuçları da ortaya çıkmaktadır (Şekil 2, 3).



**Şekil 2.** İnsan etkinliklerine bağlı küresel değişiklikler iklim değişikliğinin temel nedenini oluşturmaktadır.



**Şekil 3.** Küresel değişikliğin birçok bileşeni toplum sağlığı düzeyi üzerinde önemli etkileri.

Çevre sağlığı yerel faktörlere bağlı olarak insan sağlığına yönelik toksik ya da enfeksiyöz risklere ağırlık verir. Giderek küresel değişime bağlı olarak ekolojik sistemlerde oluşan değişiklikler sağlıkla ilgili yeni riskler yaratmış, dolayısıyla çevre sağlığının söz konusu

sorunlarla da ilgilenmesi zorunlu hale gelmiştir. Çevre sağlığının konusunu oluşturan tüm etmenler küresel değişikliğin yarattığı risklerden doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenmektedir.

Küresel ısınma ya da iklim değişikliğinin sağlık sonuçları:

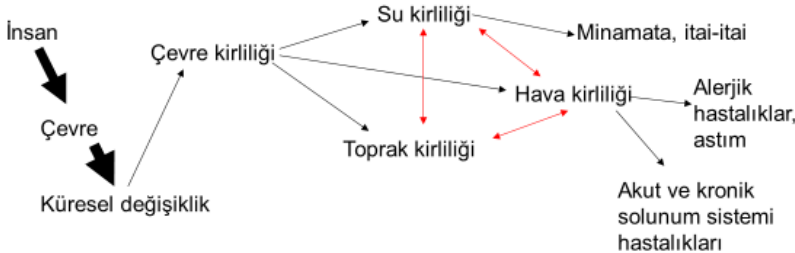
- 1.Geniş alanda hissedilecektir,
- 2.Çok sayıda kişiyi etkileyecektir,
- 3.Geniş bir zaman diliminde ortaya çıkacaktır,
- 4.Bu konuda araştırma yapmak çok karmaşık ve güçtür.

## ÇEVRE KİRLİLİĞİ

Yerel ve küresel çevre kirliliğinin akışı, insan sağlığını ve çevre bütünlüğünü tehlikeye düşürmektedir (Şekil 4). Küresel değişiklikler arasında Çernobil [5]. süper tankerlerden dökülen ve yayılan petrol ürünleri (Torrey Canyon, Exxon Valdez, vb kazalar). , stabil toksik kimyasalların bütün biyosfere yayılması, yayılan bu kimyasalların besin zinciri içerisinde bir canlıdan diğerine birikerek ulaşması sayılabilir.

Minamata, itai-itai gibi çevre kirliliği afetleri değişik boyutlarda hemen tüm ülkelerde görülebilmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde çevresel izleme sistemlerinin yetersizliği nedeniyle bu gibi durumların bazılarının farkına varılmamaktadır. Bölgesel kirlilik durumları sağlık üzerinde önemli olumsuz etkiler yapmaktadır. Sözelimi doğumsal bozukluk oranları artarken, solunum sistemi üzerinde önemli yıkıcı etkiler yapmakta, buna bağlı olarak bazı akut ve süregelen hastalıkların insidansı artmaktadır [6].

Bazı kimyasal kirlilik biçimleri de küresel özelliktedir. PCB ler, yağda çözünen kimyasallar, DDT bütün dünyaya yayılmaktadır. DDT nin yasaklanmasının üzerinden nerede ise otuz yıla yakın süre geçmiş olmasına rağmen halen kutup buzlarında DDT ye rastlanmaktadır. Kömür yakan termik santrallerden ya da maden izabe tesislerinden kurşun, cıva gibi ağır metaller, arsenik ve diğer toksik kimyasallar çevreye yayılabilir. Bu kirleticilerin iz miktarda salınımı aldatıcı olmamalıdır, dün ya da denizlere akan miktar milyonlarca metrik tona ulaşabilmektedir.



Şekil 4.En önemli küresel değişikliklerden biri de çevre kirliliğinin akışı.

İnceleme kolaylığı bakımından su kirliliği, hava kirliliği ve toprak kirliliği bileşenlerine ayrılırsa da bu kirliliklerden birinin varlığı diğerlerini de etkiler.

Taksidermistler karabatakların müzelerde bulunan doldurulmuş örneklerindeki tüylerinde bazı toksik kimyasalların endüstri devriminden önceki değerlerini günümüzdeki değerleriyle karşılaştırmaya yönelik çalışmalar yapmaktadırlar. Bu çalışmaların gösterdiğine göre söz konusu toksik maddelerin günümüzdeki değerleri 1000-10 000 kat daha yüksektir. Çok balık yiyen gebe kadınlar fetüslerinde cıva zehirlenmesine neden olabilmektedir.

Çevre kirliliğini basit olarak hava, su ve toprak kirliliği olarak özetleyebiliriz. Bu kirlilikler birbirini olumsuz yönde güçlendirici etki yaptığından bir bileşendeki kirlilik diğer bileşene katlanarak yansır (Şekil 4).

Çevre kirliliği sonucunda günümüzde tanımlanmış ya da tanımlanmamış birçok sağlık sorunu ortaya çıkmaktadır. Sözelimi hava kirliliğine bağlı olarak astım gibi alerjik hastalıklardan süregelen akciğer hastalıklarına kadar birçok sağlık sorunu yaygınlık kazanmıştır. Minamata, itai-itai gibi hastalıklar ise su kirliliğinin sonucudur.

İnsan etkinliklerine bağlı olarak ortaya çıkan stratosferdeki ozon tabakasının incilmesi, iklim değişikliği, biyosfer üzerine baskı ve buna bağlı değişiklikler doğrudan ve dolaylı olarak birbirini güçlendirici etki yapar.

## NÜFUS PATLAMASI

Küresel değişikliklerin en önemlisi nüfus patlamasıdır [7-8].

1900 yılında 6, 4 milyar olan insan nüfusu 2000 yılında 6, 4 milyara ulaşmıştır [9]. Dün ya da dolaşan insan sayısının ulaştığı boyut küresel değişikliğin diğer bir önemli bileşeni durumundadır [7-8]. Küresel değişikliğin önemli demografik, sağlık, sosyal ve ekonomik etkileri ortaya çıkmış ve çıkmaktadır [10]. Hızlı kentleşme ve endüstrileşme paralel sosyodemografik değişikliklere neden olur. Kentlerde yaşayan insan nüfusu 2000 yılından önce %50 ye ulaşmıştır [7-8].

## STRATOSFERDEKİ OZON TABAKASININ ZAYIFLAMASI

Stratosferdeki ozon tabakası biyosferi ultraviyolenin letal etkilerinden korumaktadır. 1974 yılında atmosfer fizikçileri Molina ve Rowland en yaygın olarak kullanılan kimyasallardan olanların kloroflorokarbonların (CFC), üst atmosfer tabakalarına sızarak solar radyasyon etkisiyle parçalanabileceklerini ve klor monoksit oluşturacağını belirttiler [11-12].

Klor monoksit ozonun parçalanmasına yol açmaktadır, her molekül klor monoksitin on bin molekül ozonu parçalayabilir. Stratosferdeki ozonu parçalayan diğer maddeler

halokarbonlar ve büyük bir olasılıkla nitrojen oksitlerdir. Çok yüksek seviyelerde uçan seston hızlı uçakların egzoz gazları da ozon katmanının zayıflamasına yol açmaktadır (Şekil 5). Volkanik patlamalar da bazen atmosfere klor bileşikleri salmakta bu doğal ve insan kaynaklı bileşikler atmosfer ozon tabakasının incelmeye neden olmaktadır [4, 13, 14].



Şekil 5. Stratosferdeki ozon tabakasının incelmeye etkileri.

Farman ve Çalışma arkadaşları 1985 yılı ilkbaharında Güney kutbundaki Antartika'da üzerindeki ozon tabakasında ileri derecede zayıflama (delik) olduğunu belirlediler [15]. Bu 1994 yılından beri her yıl tekrarladı. Mevsimsel ozon azalımı Kuzey Yarıkürede de görüldü, bu Sibirya ve Kuzey Amerikanın Kuzeyi üzerinde en belirgindi. Stratosferdeki ozon tabakası incelmeye yüzeyel ultraviyole akısıyla korrelasyon gösterdiği, Kanada İklim Merkezinde Ker ve Çalışma arkadaşlarınınca 1993 yılında gösterildi [16]. Ozon eksilmesi toplam stratosferdeki ozonun %3-5 arasındadır ve her yıl giderek artmaktadır.

Stratosferdeki ozon tabakasındaki incelmeye endüstrileşmiş ülkeleri harekete geçirdi ve Montreal protokolü ile CFC lerin imalat ve kullanımında azalma sağlandı [17]. CFC ler bilgisayar mikroişlemcilerinin yapımında çözücü olarak yaygın olarak kullanılırken,

polistiren paketlerde köpük etkeni, spreylerde itici madde, iklimlendirme cihazları ve soğutucularda freon gazı olarak kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılmalarının nedeni kimyasal olarak kimyasal tepkimeye girmemeleridir.

Ancak bu özellikleri bunların atmosferdeki yarı ömürlerini de 100 yıla kadar çıkartmaktadır. Bu etkilerinin gelecek yüzyıla kadar süreceği anlamına gelmektedir. Etkinin ortadan kaldırılması bozukluğun hemen giderilmesini sağlamamaktadır. Bozulan çevrenin kendisini toparlaması on yıllarca kimi zaman yüz yıllarca sürebilmektedir. Stratosferdeki ozonun bazı endüstriyel süreçlerden yeryüzüne yayılan ya da otomobil egzoz gazları üzerine ultraviyole etkisiyle oluşan ozonla karıştırılmaması gerekmektedir. Söz konusu ozon kirletici bir etken sayılmaktadır. Stratosferdeki ozon eksilmesi büyük miktarda zararlı ultraviyolenin biyosfere girmesine bunun birçok biyolojik sistemler ve insan sağlığı üzerinde istenmeyen etkilere neden olmasına yol açmaktadır (Şekil 5).

Artan UVR nin temel etkisi küçük ve tek hücreli organizmaların üreme kapasitesini ve canlılığını olumsuz etkilemesidir. Deniz besin zincirinin temelini oluşturan fitoplanktonlar, polenler, amfibi yumurtaları, birçok böcek ve yeşil yapraklı bitkilerin duyarlı filizlerini olumsuz etkilemektedir. Artan UVR insan sağlığı üzerinde de olumsuz etkiler yapmaktadır. Deri kanser riskini arttırmakta, oküler katarakt, riskini arttırırken büyük bir olasılıkla bağışıklığı azaltıcı etki yapmaktadır. Stratosferdeki ozon tabakasının incelmesinin doğrudan ve dolaylı etkileri insan ve diğer tüm canlıların varlığıyla yakından ilişkilidir.

## İNSANLARIN İKİM DEĞİŞİKLİĞİNDEKİ ROLÜ

Atmosferde saatler ve günler içerisinde meydana gelen kısa süreli oynamalar hemen hemen bütün dünya dillerinde “hava” “hava durumu” (weather) olarak tanımlanmaktadır. Genellikle havanın açık kapalı olması, nem, yağış, sıcaklık, görüş uzaklığı ve rüzgâr durumu gibi öğeleri kapsar. İklim ise belirli bir coğrafi bölgede yıllar boyunca etkin olan ortalama hava koşullarını tanımlamaktadır.

Değişik iklimsel değişkenlerle ilgili istatistiksel bilgiler dâhil olmak üzere yapılan tanımlar ve niceliksel ölçüm sonuçlarını kapsar. İklimler üzerinde etkili olan etmenler atmosfer, okyanus ve denizler, kara kütleleri, yükseklik, bitki örtüsü vb dir. Ormanlar fotosentezle havadaki karbondioksiti süzücü etki yaparlar. Okyanuslar da derin tabakalarında ısıyı depolayarak sıcaklık üzerinde benzeri bir etki yaparlar.

İnsanların etkisi bu boyutlara varmadan önce iklim değişiklikleri sadece doğal süreçlere bağlı olan bir durumdu (1). Fosil yakıtların tüketim boyutunun artması, karbondioksit oranının artmasında en önemli etkindir. Isınma, endüstri, ulaşım vb amaçlarla kullanılan kömür, petrol, doğal gaz vb atmosferdeki karbondioksit derişiminin hızla yükselmesine



**Şekil 6. Küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliği doğrudan ve dolaylı sonuçları**

Arrhenius dünyanın atmosfer örtüsünün bir sera gibi etkelediğini gösterdiğinde bu etkinin dün ya da önemli sorunlara yol açabilecek boyutlara ulaşabileceğini düşünmüyordu [7-8]. Atmosfer dalga boyu kısa olan güneş ışınlarını geçirirken uzun dalga boylu kızıl ötesi ışınların tutulmasını sağlamaktadır. Bu etkinin olmaması durumunda dünyanın sıcaklığının 50 santigrat derece ile -40 santigrat derece arasında değişeceği belirtilmektedir [8].

Endüstriyel gelişmeye bağlı olarak sera gazları olarak adlandırılan gazlar atmosferde birikmeye başlamıştır ve bu oran giderek artmaktadır. Sera gazları insan etkinliklerine bağlı olarak oluşmaktadır ve en önemlisi karbondioksittir. Normalde doğal olarak oluşan karbondioksit yeryüzü bitki örtüsü başta olmak üzere birçok faktörün etkisiyle belirli bir denge içerisinde tutulmakta iken, atmosfere giderek artan oranda salınmaya başlaması bu dengenin bozulmasına yol açmıştır. Volatil organik bileşikler, karbon monoksit gibi gazlar özellikle biyokütle yakımına bağlı olarak artım göstermektedir. Bunlar  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$  gibi gazların bulunması durumunda troposferik ozon oluşumunu sağlamaktadır. Troposferdeki ozon önemli bir sera gazı etkisi yapar. Atmosferdeki metan endüstri öncesi dönemdeki iki katına ulaşmış durumdadır [18]. Doğal olarak atmosferde bulunmayan halojenli bileşikler sera etkisi yapıcı özelliklerinin yanı sıra stratosferdeki ozon tabakasının zayıflamasına da yol açmaktadır [20].



Karbondiyoksitin atmosferdeki yarı ömrü 50-200 yıl arasında değişmektedir. Diğer sera gazlarından  $\text{CH}_4$  ın yarı ömrü 12 yıl,  $\text{N}_2\text{O}$  ın ki 120 yıl, CFC-11 50 yıl, HCFC-22 ninki 12,  $\text{CF}_4$  ünki ise 50 000 yıldır [8].

İnsan etkinlikleri birçok yolla yerküre üzerinde etkili olmaktadır. Son yıllarda insan etkinliklerine bağlı olarak olumsuz etkilenen dünya ikliminin toplum sağlığı üzerindeki olumsuz etkisi ile ilgili bölümler klasik kitaplarda ve belli başlı halk sağlığı kaynaklarında daha büyük oranda yer almaya başlamıştır [4, 7, 8, 14, 21, 23]. Last küresel değişikliğin bileşenlerini şöyle sıralamaktadır [1, 8]:

1. İklim değişikliği
2. Stratosferde ozon tabakasının zayıflaması
3. Kaynak yetersizliği
  3. 1. Çölleşme
4. Çevresel kirlenme
5. Ekosistem değişiklikleri
  5. 1. Başkaldıran patojenler, yeniden ortaya çıkan patojenler
6. Demografik faktörler
  6. 1. Nüfus artışı
  6. 2. Göç
7. Ekonomik, politik faktörler vb
  7. 1. Teknoloji
  7. 2. İletişim
  7. 3. Değerler

1988 yılında ilk kez toplanan “Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli” (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). iklim sistemleri, etki ve müdahale seçenekleri, ekonomik ve sosyal boyutlar üzerinde yoğunlaşan multidisipliner bilimsel bir kurul olarak 1995 yılında ikinci raporunu yayınladı [1]. Bu raporda açıkça vurgulandığı üzere iklim değişikliği izole olarak tek bir kesimi değil eş zamanlı olarak birçok biyolojik ve fiziksel sistemi etkilemektedir. İklim değişikliği dışımızdaki her şeyi yani çevreyi etkiler. Bu sistemler bağlantılıdır ve bunlardan birindeki değişiklik diğer sistemleri de etkilemektedir. Sözelimi su kaynaklarındaki değişiklik tarımdan ormancılığa birçok kesimin etkilenmesine neden olmaktadır.

İklim değişikliği ile ilgili değerlendirmeler geliştirilen senaryolara dayanmaktadır. Bu senaryoların geliştirilmesiyle ilgili değişik teknikler vardır. İklimbilimciler, biyologlar,

ekoloji uzmanları, değişik mühendislik dalları ve birçok diğer disiplinin işbirliğini gerektiren bu senaryolar gezegenimizin geleceği ile ilgili temel bazı kestirimler yapmakta kullanılmaktadır. Burada senaryoların geliştirilmesiyle ilgili ayrıntılara girilmeyecektir.

Yetersiz tarım uygulamaları ve yöntemleri çölleşmenin etkisini daha da arttıracaktır. II. Dünya Savaşını izleyen 40 yıl içerisindeki yeşil devrim tarımsal çıktıyı belirgin bir biçimde arttırırken, geçen 5-10 yıl içerisinde birçok tarımsal ürün değişmemiş, hatta azalmıştır [8]. Bu sonuçlar dünyanın taşıma kapasitesiyle ilgili kuşku doğurmaktadır.

Global ısınma büyük bir olasılıkla Alp buzulları üzerinde çok büyük tehdit oluşturmaktadır. Söz konusu etkiler 19 yy ın sonlarından beri görülmektedir. Normalde akarsuların bir buzlanma- erime süreci vardır. Söz konusu buzlanma-erime süreci bu akarsuların kendilerine özgü ekosistemlerinin dengesinde önemli bir bileşendir. Ayrıca akarsu debilerinde önceden kestirilebilen bir süreç söz konusudur. Alp buzlarının erimesi birçok ırmak sisteminin buz-erime bileşenini kaldırmaktadır. Düzenli bir akış sürecini engelleyerek, mevsimsel su taşmalarına yol açan bu durum kısmen yağış artımıyla telafi edilmekle birlikte uzun vadede nehir akıntısını azaltacaktır. Diğer bölgelerde de buna benzer ve değişik faktörlerin etkisiyle sulama ve içme suyundaki yetersizlik çok fazla etkili hale gelecektir ve dünyanın birçok bölgesinde nüfus artışını kısıtlayacak en önemli faktör olarak belirebilecektir.

Yapılan tahminlere göre küresel ısınmanın dolaylı etkileri 2050 yıllarında deniz seviyesinin 50 cm yükselmesine yol açacaktır. Bu duruma başlıca kutup ve Alplerdeki buzulların erimesi ve deniz suyunun termal genişlemesi yol açacaktır. Bu birçok sahil ekosistemlerini parçalarken sahil ve büyük bir olasılıkla okyanus balıkçılığını tehlikeye atacaktır. Ayrıca en önemli içme suyu kaynağı olan akarsu haliçlerinin tuz oranının artmasına neden olacaktır. Dünyanın birçok bölgesinde sahilde yaşayan kişilerin diğer bölgelere göç etmesine yol açabilecektir. Göç görülecek bölgeler arasında Hollanda, Bangladeş, Güneş Çin, Japonya'nın bazı bölümleri, Küçük ada devletleri (Vanu Atı, Maldive vb). sayılabilir. ABD nin doğu sahilindeki 10-15 milyon kişinin etkilenebileceği tahmin edilmektedir [7, 8]. İnsan faaliyetlerinin iklim değişikliğindeki rolü ve yaratabileceği olası atmosferik ve sağlık sorunlarının bazıları da aşağıda sunulmuştur:

### **Sıcak dalgaları**

Dünyanın sıcaklığının artmasına bağlı olarak oluşan sıcak dalgalara bağlı hastalık ve ölümler mevsimsel olarak görülmeye başlanmıştır. Ayrıca vektörlerle yayılan hastalıkların artması, vektör üreme bölgelerinin genişlemesi ve değişmesi diğer bir önemli sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Artan ortalama çevresel sıcaklık sivrisinek gibi vektörlerin dağılım oranını, dağılımını ve çokluğunu etkileyecek, patojenlerin daha hızlı çoğalmalarına ve

hastalık yapma güçlerinin artmasına neden olacaktır. Ülkemizde konuya dikkati çeken halk sağlığı kaynakları artmaya başlamıştır [4, 14, 23].

### **Uyanan ve yeniden başkaldıran enfeksiyonlar**

Dünyanın değişmesinde bir diğer etken uyanan ve yeniden başkaldıran enfeksiyonlardır [10, 24-26]. HIV pandemisi, tüberküloz, frengi önemlidir ve bazı hastalıklarda rezistan suşlar ortaya çıkmaktadır. Diğer uyanan enfeksiyonlar arasında Ebola virüs, hanta virüs, Borelia burgdorferi (lyme hastalığı), Legionella pneumophila (Lejyoner hastalığı) vb sayılabilir. Bazıları ise eski hastalığın yayılması biçiminde ortaya çıkabilmektedir, buna yüzyıllarca önce ortadan kalkan Dank ateşini örnek verebiliriz ki Aedes albopictus gibi vektör türlerinin ortaya çıkmasıyla ilişkilidir [4, 14, 23].

### **Aşırı Hava Olayları (Sel, Fırtına, Hortum, Kasırga).**

Aşırı hava olaylarının (kuraklık, sel, fırtına ve bunlara bağlı yangınlar gibi) sağlık üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi zordur. Çünkü bu olayların ikincil sonuçları veya bunlara bağlı olarak gecikmiş bir şekilde ortaya çıkan sonuçlar hakkında kesin bilgiler yoktur. Doğal afetlerin etkisi gün geçtikçe daha da artmaktadır. Daha da ötesinde doğal afetlerin görülme sıklığı artmaktadır. Geçmişe ait veriler incelendiğinde; 1960 larla kıyaslama yapıldığı zaman son 10 yılda doğal afetlerin sayısının üç katına çıktığı, her bir afetten etkilenenlerin sayısının daha fazla olduğu görülmektedir.

Sellere bağlı en önemli ölüm nedenleri; boğulma, yaralanmalar ve hipotermidir. Ancak selden kurtulanların %0, 2-2'si acil tıbbi bakıma gereksinim duymaktadır. Sellerde görülen en sık yaralanmalar ise sıyrıklar, cilt döküntüleri ve ülserlerdir. Stres ve psikolojik travma selin diğer önemli etkilerindendir.

Fırtınadan sonraki bir ayda stres, travmalar, denizde-suda boğulmalar ve kopan elektrik tellerine dokunarak olan ölümlerin sayısında artma olduğu belirlenmiştir. Seller, fırtınalar, kuraklıklar sonrasında enfeksiyon hastalıklarında artış görülmektedir. Sel suları genellikle insan ve hayvan atıkları ile kirlenmektedir. Özellikle alt yapının yetersiz olduğu ülkelerde salgın görülme riski oldukça yüksektir. Seller; suyun kirlenmesine, kanalizasyon sistemlerinin etkilenmesine, toprak altında saklanan kimyasalların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Yerleşim yerlerini etkilediyse yeni geçici yerleşimler kurulmakta ve genellikle buralarda sanitasyon sorunu ortaya çıkmaktadır [14, 23, 27].

### **İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE BAĞLI SAĞLIK SORUNLARI**

Küresel ısınma polen mevsiminin uzamasına neden olacak ve bunlara bağlı olarak görülen hastalıkların insidansında artışa neden olacaktır (saman nezlesi vb). İklim değişikliğine bağlı olarak, evlerdeki hamam böcekleri, akarlar vb. nin artması ve dış

ortamda da polen ve hava kirleticilerinin miktarı artmasına bağlı olarak astım gibi hastalıkların da artması beklenmektedir [14, 23, 27].

Sağlık sektörünün iklim değişikliği ve sağlık etkileri konusunda yapması gereken uygulamalar ve cevaplaması gereken temel sorular şunlardır:

- “Mevcut çevrede iklim değişikliğine ve sağlık sorunlarına neden olabilecek sorunlar nelerdir?
- İklim değişikliği, mevcut sorunları olumlu ya da olumsuz nasıl etkiler?
- Araştırma öncelikleri neler olmalıdır?
- Kısa süreli ve uzun süreli hangi araştırmalar daha iyi sonuç verebilir?
- Mevcut çevresel streslerle başa çıkabilecek çözüm önerileri nelerdir?
- İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak mümkün müdür?”

Klasik Halk sağlığını koruyucu önlemler göz önüne alınırsa; iklim değişikliğinin sağlık üzerine olan etkilerini azaltıcı eylem planı şu şekilde özetlenebilir [5]. Temel koruma iklim değişikliğinin önlenmesi var olan değişikliklerin geri çevrilmesidir. İklim değişikliğine bağlı sağlık etkileri ortaya çıkmadan önlem alarak, bu sonuçların ortaya çıkmasını önlemeye yönelik uygulamalar birincil koruma uygulamalarıdır. Çevresel etkenler (bozulmalar). nedeni ile hastalıkların başlamasını önlemek için alınacak tüm önlemler (Sıtmariski olan toplumlarda cibinlik kullanılması ile halksağlığı yakalanmamış olan kişilerin korunması vb. )bu gruba girer.

İklim değişikliğine bağlı sağlık etkileri ortaya çıktıktan sonra alınacak önlemler ikincil korumayı, ortaya çıkan sağlık sonuçlarına bağlı hastalık ve ölümleri azaltmak için alınacak tüm sağlık önlemleri iseüçüncül korumayı oluşturur.

İklim değişikliğinin sağlık üzerindeki etkileriyle ilgili önlemler şöyle gruplandırılabilir [7, 8].

1. İzleme (monitoring). araştırmaları :

- Gıda üretimi ve dağılımı,
- Sıcaklıkla ilişkili hastalıklar,
- Akut güneş yanığı,
- Göçmen ve sığınmacılar.

2. Öncelikli epidemiolojik sürveyans konuları :

- Su kalitesi,
- Vektörler ve patojenler,
- Enfeksiyon hastalıkları (fekal-oral, solunumsal, vektör kaynaklı).
- Kanseri (malign melanom, non-melanoma ve diğer kanserler). ,
- Katarakt.

3. Taramalar ve epidemiyolojik çalışmalar

- Güneşlenme ve güneşten kaçınma davranışı

- Sürdürülebilirliğe yönelik eğilimler
- Deri kanseri ile ilgili vaka-kontrol ve kohort çalışmaları
- Kohort ve izleme çalışmaları (risk değerlendirme).
- Güneş kremleri, UV süzücü gözlükler vb ile ilgili klinik çalışmalar

#### 5. Halk sağlığı eylemleri:

- Güvenli güneşlenmeye yönelik mesajlar
- Koruyucu giyeceklerle ilgili standartların geliştirilmesi
- Davranış değişikliğine yönelik sağlık eğitimi
- Göçmenlerin sağlık bakımı
- Afet plan ve hazırlığı

#### 6. Halk sağlığı politikaları :

- Gıda ve beslenme politikaları,
- Araştırma politikaları ve öncelikleri (nüfus- araştırmaları, çevre sağlığı araştırmaları, neden-etki ilişkileri, disiplinlerarası çalışmalar).

1995 IPCC raporu iklim değişikliğine neden olabilecek etmenleri azaltıcı birçok seçeneği tartışmaktadır. Günümüzde bu seçenekler geçerliliğini sürdürmektedir [1].

### Azaltıcı seçenekler

#### Enerji sağlama

#### Sera emisyonlarının azaltılması

Etkili konversiyon

Emisyonların azaltılması

Yakıtların dekarbonizasyonu

Nükleer yakıta geçme

Yenilenebilir enerji kaynaklarına kayma

#### Endüstri

Yakıt değiştirme (düşük karbon, elektrik, yenilenebilir, hidrojen yakıtı, enerji verimi yüksek yakıt vb).

#### Politika seçenekleri

Teknoloji transferinin artırılması

Enerji denetimi

Araştırma ve geliştirme ile teknik ilerleme

Yeniden kullanım vb

#### Taşıma

#### Emisyonların azaltılması

Enerji yoğun geliştirmeler

Alternatif yakıtlar

#### Taşıma politikalarında değişiklik

**İnsan yerleşimleri****Konutlar**

Mekan iklimlendirmesi (ısıtma, soğutma).

Su ısıtma, aydınlatma, pişirme, araç gereç

Konut enerji savurganlığını önlemeye yönelik teknoloji ve davranışlar

**Ticari binalar**

Mekan iklimlendirme

Aydınlatma, ısıtma, ofis donanımı vb

Enerji savurganlığını önleme potansiyeli

**Toplumsal seviyede**

Sıcak adaların azaltılması

Atık bölgelerinden metan emisyonları

Binalar, sıcak adalar vb ile ilgili politika seçenekleri

**Tarım ve ormancılık seçenekleri**

Karbondioksit, metan azaltılması

Bitki örtüsünün korunması, yeniden ormanlaştırma vb

**KAYNAKLAR**

1. Houghton JT, Meiro Silho LG, Callander BA, Harris N, Kattenberg A, Maskell K, eds. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge Univ. Press: New York, 1996.
2. Patz, J. , Engelberg, D. , Last, J. , The Effects of Changing weatkher on public health, *Ann. Rev. Public Health*, 21:271-307, 2000
3. Last JM. *Public Health and Human Ecology*. Norwalk, CT: Appleton & Lange, Norwalk, 1987,
4. Güler, Ç. , İklim değişikliği ve sağlık, *Hacettepe Tıp Dergisi*, 33 (1). , 34-39, 2002.
5. Herzman C: Environment and Health in Central and Eastern Europe; a Report for the Environmental Action Programme for Central and Eastern Europe. Washington, DC: World Bank, 1995
6. Nriagu JD: A history of global metal pollution. *Science* 272:223-226, 1996.
7. Last J, *Public Health and Human Ecology*, Prentice Hall International, Second Ed (7-9, New Jersey, 1998.
8. Last, J. M. Human Health in a changing World, (Maxcy-Rosenau-Last, *Public Health and Preventive Medicine*, Robert, B. Wallace, pgs, 781-792). , 14. th Ed. Appleton-Lange, Stamford, Coonnecticut, 1998.
9. Annual population statistics and projections, UN statistical office, New York, 1995.
10. Our planet, our health, Report of the WHO comission on health and environment, WHO, Geneva, 1992.
11. Famian JC, Gardiner BG, Shanklin JD: Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO<sub>x</sub>/NO<sub>x</sub> ; interaction. *Nature* 315:207-210, 1985
12. Rowland FS, Molina MJ: Estimated future atmospheric concentrations of CCl<sub>3</sub>F (fluorocarbon-11). for various hypothetical tropospheric removal rates. *J Phys Chem* 80:2049-2056, 1976.
13. McMichael AJ, Haines A, Sloof R, Kovats S (eds). : *Climate Change and Human Health*, World Health Organization/WMO/United Nations Environmental Programme, Geneva, 1996.
14. Vaizoglu, S. , A. , Tekbaş, Ö. F. , Güler, Ç. ; Küresel İklim Değişikliğinin Halk Sağlığına Etkileri, İstanbul Diş Hekimleri Odası, Dergi, 113, (77-79). , Mart/Nisan 2007.

15. Kerr JB, McElroy CT: Evidence for large upward trends of ultraviolet-B radiation linked to ozone depletion. *Science* 262:523-524, 1993
16. United Nations Environmental Programme (UNEP). : Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer. Montreal, September 16, 1987
17. Homer-Dixon TF, Percival V: Environmental Scarcity and Violent Conflict; Briefing Book. Washington, DC and Toronto: American Association for the Advancement of Science and University of Toronto, 1996
18. Schimel D, Alves D, Enting I, Heimann M, Joos F, et al. Radiative forcing of climate change. In *Climate Change 1995. The Science of Climate Change*, ed. JT Houghton, LG Meira-pilho, BA Callan, 1996.
19. Patz J. A. , Epstein, P. R. , Burke, T. A. , et al, Global climate change and emerging infectious disease. *JAMA*, 275, 217-223, 1996.
20. World Meteorological Organization/ United Nations Environment Programme. *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994. Global Ozone Res. Monitoring Proj. Rep. 25*. Geneva, Switzerland: WHO, 1995
21. Last J: New pathways in an age of ethical and ecological concern. *Int J Epidemiol* 23:1:1-4, 1994
22. Canadian Global Change Program. Ottawa: Royal Society of Canada, 1992
23. Tekbaş, Ö. F. , Vaizoğlu, S. , Oğur, R. , Güler, Ç. , Küresel Isınma iklim değişikliği ve sağlık etkileri, Gülhane Askeri Tıp Akademisi Komutanlığı, 58, Ankara, Ocak 2005.
24. Roizman B (ed). : Infectious Diseases in an Age of Change; The Impact of Human Ecology and Behavior on Disease Transmission. Washington, DC: National Academy Press, 1995
25. Horton R: The infected metropolis. *Lancet* 347:134-135, 1996
26. Kennedy P: Preparing for the 21 st Century. New York: Random House, 1993
27. The Ministerial Conference on Environment and Health, WHO Regional Office for Europe: Early Human Health Effects on Climate Change and Stratospheric Ozone Depletion in Europe. London, 16-19 June, 1999.

## ÖZGEÇMİŞ

**Prof. Dr. Çağatay GÜLER**, 10. Ocak 1951 Tarihinde Doğdu. 1975 Yılında Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesinden Mezun Oldu. 1978 yılında Fizyoloji İhtisasını Tamamladı. 1. 4. 1988 Tarihinde Etimesgut Bölge Hastanesi Başhekimliğine Atandı. 1982 yılında Halk Sağlığı İhtisasını Tamamladı. 1987’de Halk Sağlığı Doktoru Oldu. 1988’de Halk Sağlığı Alanında Doçentlik Unvanını Aldı. 1996 yılında Profesör oldu. Nevşehir’in Gül Şehir İlçesinde Sağlık Grup Başkanı, Ordu İli’nde Sağlık Müdürü Olarak Çalışmıştır. 1993- 2002 Yılları arasında Halk Sağlığı Enstitüsü Müdür Yardımcılığı, 1993-1996 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi Tıp fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı Başkanlığı yapmıştır. 2018’de emekli olmuş, 2019 yılında İstanbul Kent Üniversitesi’ne öğretim üyesi olarak atanmıştır. **Alanında iki yüzü aşkın kitabı, üç yüzü aşkın makalesi; 8 şiir, 16 öykü, yirmiye yakın mizah kitabı yayımlanmıştır.**





## ÇAĞRILI KATILIMCILAR LİSTESİ

| No                   | İSİM                  | UZMANLIK ALANI                            | KURUM                                                   |
|----------------------|-----------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| EŞ BAŞKANLAR         |                       |                                           |                                                         |
| 1                    | Yüksel Örgün TUTAY    | Jeoloji Mühendisliği                      | İTÜ Jeoloji Mühendisliği B.                             |
| YAZMANLAR            |                       |                                           |                                                         |
| 2                    | H. Ayla ÇELENK        | Jeoloji Mühendisliği                      | ASKİ                                                    |
| 3                    | Ayşegül ÇETİN         | Jeoloji Mühendisliği                      | İller Bankası A.Ş.                                      |
| ÇAĞRILI KATILIMCILAR |                       |                                           |                                                         |
| 4                    | Ali E. DEMİRBAĞ       | TIP                                       | A. Şehir Hastanesi                                      |
| 5                    | A. Vedat Oygür        | Jeoloji Mühendisi                         | JMO Çevre Komisyonu Üyesi                               |
| 6                    | Berna HEPBİLGİN       | Coğrafya                                  | Çanakkale 18 Mart Ü. Coğrafya Bölümü                    |
| 7                    | Cebrail ŞİMŞEK        | Meslek Hastalıkları                       | Ank. Göğüs Hast. ve Göğüs Cerrahisi Eğt. ve Araş. Merk. |
| 8                    | Cengiz Yıldırım       | Jeoloji Mühendisliği                      | İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü                     |
| 9                    | Çağatay GÜLER         | Tıp, Halk ve Çevre Sağlığı                | Emekli Öğretim Üyesi                                    |
| 10                   | Dilek TÜRER           | Jeoloji Mühendisliği<br>- Çevre Jeolojisi | Hacettepe Üniversitesi.                                 |
| 11                   | Ergün ÇETİN           | Orman Mühendisliği                        | Orman G. Müdürlüğü, Şube Müdürü                         |
| 12                   | Hüseyin ALAN          | Jeoloji Mühendisi                         | JMO Yönetim Kurulu Başkanı                              |
| 13                   | İsmail KÜÇÜK          | Meteoroloji Müh.                          | Meteoroloji Mühendisleri Odası                          |
| 14                   | M. Akif Sarıkaya      | Jeoloji Mühendisi                         | İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enst.                          |
| 15                   | Murat Sungur BURSA    | Makina Mühendisliği                       | Sürdürülebilirlik Akademisi Başkanı                     |
| 16                   | Murat TOPBAŞ          | TIP, Halk Sağlığı                         | Zonguldak Tıp Fakültesi.                                |
| 17                   | Nurdan ŞAHİN DEMİRBAĞ | Ziraat Mühendisliği                       | AÜ Ziraat Fakültesi                                     |
| 18                   | Nusret GÜNGÖR         | Jeoloji Mühendisliği                      | MİGEM                                                   |
| 19                   | Özge Nisa EKER        | Jeoloji Mühendisi                         | İTÜ Jeoloji, Lisans öğrencisi                           |
| 20                   | Suat KAYMAK           | Bitki sağlığı                             | Tarım-Orman G. Müdürlüğü                                |
| 21                   | Yalçın ÜN             | Çevre Mühendisliği                        | Meteoroloji Genel Müdürlüğü, müdür vekili               |
| 22                   | Yavuz ULUTÜRK         | Jeoloji Mühendisliği                      | JMO Maden Komisyonu Başkanı                             |

### 3. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YERKÜRE'YE VE ÜLKEMİZE ETKİLERİ OTURUMU SONUÇ BİLDİRGESİ

İklim; atmosfer, hidrosfer (okyanuslar, bölgesel denizler, buz örtüleri, karasal sular) ve biyosferden oluşan bir sistemin istatistiksel özetleri olarak tanımlanır. Bu sistemin bileşenleri çok farklı zaman ölçeklerinde davranır. Atmosfer günler ölçeğinde değişirken okyanuslardaki değişimler yıllar, on yıllar, yüzyıllarda gerçekleşir. Buzul örtüleri ise binlerce, on binlerce yılda oluşur ve bozulurlar.

Dünyanın 4.6 milyarlık dönemi boyunca atmosferimiz devamlı suretle soğuk-sıcak döngülerine girmiştir. Bundan 650 milyar yıl önce dünya neredeyse bir kartopu kadar beyaz ve buza bürünmüştür. Karbonifer döneminde yeryüzünde yaygın olarak bulunan yağmur ormanları soğuk ve kurak havanın da etkisiyle tamamen yok olmuştur. Paleosen-Eosen döneminde hava sıcaklıkları 5-8 C° artmış, Kuvaterner'in 2.6 milyon yıllık döneminde dünyamız 21 kez buzul çağı yaşamıştır. Son buzul döneminden, maksimumu 21 bin yıl öncesinden, bu yana dünya bir ısınma dönemine girmiştir. Küçük buzul çağı denilen dönemde (1300-1850) buzullar tekrar büyümüştür. Tüm bu değişimler de dünyanın doğal döngüsünün içinde gerçekleşmiştir. Ama dünyanın geçirdiği tüm bu çağlarda, "insan" hiçbir zaman bugünkü kadar etkin olmamıştır.

Jeoloji, meteoroloji, okyanus bilimi, buzul bilimi, vb. iklim sistemi üzerine çalışan bilim paydaşları son 2.6 milyon yıldır devam eden buzul ve buzullar arası dönemlerin gelecek binli yıllarda da devam edeceğini öngörüyordu. Doğal süreçleri kendi akışına bırakılsaydı dünyanın bir "buzul dönemine" doğru evrilmesi gerekirdi. Ancak sanayi devrimiyle başlayan teknolojik gelişmelerin tıp ve tarım alanına olumlu katkılarının bir sonucu olarak hızlı ve kontrolsüz nüfus artışı, bu doğal sürecin gidiş yönünü etkilemiş ve küresel iklim değişimi sorunsalını ortaya çıkarmıştır. Sanayi devrimiyle beraber ortaya çıkan, kontrolsüz doğal kaynak tüketimi, başta fosil yakıt ve metalik madenlerin kullanımı olmak üzere, küresel iklim değişiminin tetikleyicisi ve en önemli temel nedenlerinden birisi olmuştur. Birleşmiş Milletler çevre programı raporuna göre, 20.yy da madenler, fosil yakıtlar, organik maddeler, su ve besin maddeleri 8 misli daha fazla kullanılabilir hale gelmiştir. Bu aşırı tüketim ikibinli yılların başından itibaren yaşam tarzında lüks ve konfor bağımlılığı yaratmış, bu da küresel iklimdeki değişimi hızlandırmış, belirgin hale getirmiştir. Sorun bir sistem sorunu hatta "Modernite sorunu" haline gelmiştir.

Öte yandan sıcak geçen kışları soğuk geçen kışların takip etmesi, aşırı sıcak yazlar, dondurucu kışlar, kasırgalar, ani yağışların sonucunda ortaya çıkan seller küresel iklim değişiminde kafa karışıklığına neden olmaktadır. "Yıldan yıla değişkenlik" veya "doğal değişkenlik" olarak bilinen bu sapmalar iklim etrafında gerçekleşmeye devam edecek; bazen bu sapmalar birkaç yıl sürecektir. Örneğin; 1998-2012 arası hava çok az ısınabilmiş, bu da küresel ısınma durdu şeklinde yanlış yorumlanmıştır. Kısacası bu tip olaylar doğal

iklim süreçlerinin bir parçasıdır; küresel iklim değişimi ise hızla artmaktadır.

İklim değişiminin en büyük sorumlusu olarak da aşırı fosil yakıt kullanımına bağlı karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) salımındaki artış kabul edilmiştir. Sanayileşmeden önce 280 ppm seviyesinde olan atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu fosil yakıtların tüketimine bağlı olarak günümüzde 400 ppm'in üzerine çıkmıştır. Oysaki dünya CO<sub>2</sub> konsantrasyonu güvenlik sınırı 350 ppm olarak kabul edilmektedir.

1980'lere kadar pek de belirgin olmayan uç iklim olayları 2000 li yıllarda belirginleşmeye başlamış, sorun artık iklim değişikliğini önlemekten çıkmış, değişikliğin ne zaman ve ne kadar yavaşlatabileceği sorusuna dönüşmüştür.

Atmosferde CO<sub>2</sub> artışına bağlı küresel iklim değişiminde kritik eşik olarak dikkate alınan 2oC sıcaklık artışının yaklaşık 1oC 'lik artışı, son 30 yıl içinde gerçekleşmiştir. Bu artış IPCC raporlarında sera gazı salımına bağlı olarak 21.yy için gerçekleşmesi öngörülen 2-4oC aralığıyla uyumda olduğu görülmektedir.

İklim değişimindeki en önemli yıkıcı sonuçlar dünyada ve ülkemizde kent hayatında, kırsal bölgelerde tarımda, hayvancılıkta, orman ekosisteminde, insan sağlığında ve bir bütün olarak doğal yaşamın her alanında gözlenmeye başlanmıştır. Bunun sonucu olarak 2015 yılında Türkiye dahil 175 ülkenin imzaladığı Paris anlaşması, B.M. İklim Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolünde olduğu gibi sadece sera gazı emisyonlarını azaltmayı, sıcaklık artışını 1.5oC altında tutmayı değil; insan hakları, göç, yerel yönetimler, şehirler, sivil toplum, yerel topluluklar, kadınlar, yerli halklar, özel sektör, uluslararası kuruluşlar, finans örgütleri, uyum, kayıp ve zarar gibi farklı temaları, farklı alanları ve farklı kitleleri de öne çıkarmıştır.

Paris Anlaşması küresel iklim değişimi gerçeğinin başta gelişmiş ülkeler olmak üzere tüm dünyada kabulünü sağlamıştır. Bunun bir sonucu olarak devletlerin hükümetleri, kentleşme, tarım, orman, su, enerji kaynakları, metal kaynakları, bir bütün olarak doğal kaynakların kullanımı, halk sağlığı politikalarını ve uluslararası ilişkilerini yeniden belirlemeye başlamıştır.

Çünkü küresel iklim değişimi ve bununla mücadele, ancak sürdürülebilir gelişme anlayışıyla devletler düzeyinde, üniversiteler, sivil toplum örgütleri ve meslek örgütleri işbirliğiyle ele alınıp/önlenebilecek/azaltılabilecek bir sistem sorunu haline gelmiştir.

Küresel iklim değişimiyle ilgili mücadelede atılması gereken ilk adım, hiç kuşkusuz her alanda kontrolsüz üretim ve sınırsız tüketimden vazgeçmektir. Bunun için;

- 1.Doğal kaynaklar sınırsız değildir, sürdürülebilir kaynak kullanımına geçilmelidir.
- 2.Doğal kaynak kullanımı, "koruma-kullanma dengesi" gözetilerek planlanmalı ve yönetilmelidir.
- 3.Doğaya yapılan her türlü müdahalede "etik değerler" göz önünde bulundurulmalıdır.
- 4.Enerji temininde yenilenebilir enerji ve enerji depolama tekniklerine öncelik

verilmelidir.

5.Doğanın korunması ve doğal kaynakların bilinçli ve etkin kullanılması için farkındalık eğitimleri yapılmalıdır.

***Ancak burada unutmamamız gereken faktör, insanın doğa üzerine yaptığı tahribatın derecesinin ne olacağını ve bizler bir buzul dönemini görmesek bile, iklimin ne yöne doğru gideceğini kestirmenin zor olacağıdır...***

## II. ÇEVRE JEOLJİSİ ÇALIŞTAYI SONUÇ BİLDİRGESİ ÖZETİ

### BASINA VE KAMUOYUNA

Çevre Jeolojisi, Yerküre’de bulunan doğal kaynakların ve doğa kaynaklı süreçlerin beşeri yaşama etkilerini irdeleyen ve bu çerçevede doğal yaşamın sürdürülmesine ve korunmasına katkıda bulunan bir bilim dalıdır. Ana mirasını jeoloji biliminden almakla birlikte, çevre jeolojisi çok disiplinli bir çabadır. Bu açıdan bakıldığında, çevre jeolojisinin, temel bilimlerin, sosyal ve sağlık bilimlerinin yanı sıra çeşitli mühendislik alanlarının kavşağında yer aldığı söylenebilir. Bu nedenle, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, mesleki sorumluluk gereği çeşitli disiplinlerde araştırma yapan ve farklı görüşlere sahip uzmanları bu çalışmaya davet ederek ele alınan konularının ayrıntılı tartışılmasına ve uygulama alanlarının geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. 01 – 02 Kasım 2019 tarihinde yapılan Çevre Jeolojisi Çalıştayı’nda, ele alınan çalışma konuları ve bu konulara dair çalıştayın sonuçları aşağıda sunulmuştur:

#### 1. TERMİK SANTRALLERİN YER SEÇİMİ VE YÖNETİMİ

Termik santrallerde yer seçimi, jeolojik (havza analizleri, doğal afet riskleri), çevre düzeni planlarına uygunluk, sosyoekonomik ve ekolojik analizler bir bütünsellik içinde yapılmalıdır.

Teknik ve yasal açıdan santrallerin denetimi bağımsız kurullarca yapılmalı, santrallerin çevresindeki yerleşimlerin çevresel ölçümleri düzenli yapılmalıdır. Denetim şeffaf ve kamuoyu tarafından ulaşılabilir olmalıdır. Örneğin, santrallere dair baca gazı ölçümleri, herkesin erişimine açılmalıdır.

Elektrik enerjisi üretiminde devlet, toplum yararını gözetmek zorundadır. Toplum yararı kavramı, muğlaklıktan çıkarılarak öznel olarak değerlendirilmelidir. Elektrik üretiminde yararlanılan doğal kaynaklar ve servetler topluma aittir. Elektrik enerjisinin üretimi, bir kamu hizmetidir. Kamu hizmeti de Devlet’in varlık nedenidir.

Özel sektör firmalarında enerji ve teknoloji konusunda bilgi ve deneyim eksikliği vardır. Bu durum üniversitelerin ara eleman eğitiminin geldiği durum ile yakından ilintilidir. Termik santral yönetiminin ve çalışanlarının büyük bir bölümü, belirli bir çevre bilincine sahiptir. Ancak faaliyet sahiplerinin baskısıyla, bazı kural dışı uygulamalar yapılmaktadır.

Ortaya çıkması olası sorunları aşmak üzere, termik santrallerin yer seçiminden başlayarak, santrallerin yönetiminde önemli yeri olan kullanılacak enerji türünün üretim süreçleri de dikkate alınarak planlanması, inşası, işletilmesi-teknolojisi, sökümü ve rehabilitasyonu bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Tesislerin işletilmesi de, bu değerlendirmeden sonra, halkın da katılımıyla ÇED süreçlerinin şeffaf ve demokratik bir ortamda tartışılıp hayata geçirilmelidir

## 2. NÜKLEER SANTRALLERİN YER SEÇİMİ VE YÖNETİMİ

Nükleer enerjinin kullanımına dair, çok farklı görüşler ve bilgi kirliliği vardır. Nükleer enerjiye karşı ya da yanında olursa da, bu enerji türü ve teknoloji yakından izlenmelidir. Bu durum mühendis olmanın yanında, tüm yurtseverlere düşen bir görevdir. Aynı zamanda bu görev, çağdaş yaşamın dayattığı bir zorunluluktur. Çünkü nükleer enerji, teknolojik gelişmelere koşut olarak tıp, tarım, sanayi ve elektrik üretimi olmak üzere yaşamın her alanında kullanılmaktadır.

Yapılan tartışmalar ışığında, ülkenin enerji kaynaklarının sınırlı olduğu, enerji kaynaklarını çeşitlendirmek ve geliştirmekte olan sanayinin baz yükünü karşılamak amacıyla, düzenli ve planlı bir enerji üretimine ihtiyaç duyulacağı değerlendirilmiştir.

Her yakıt türü, kullanıldığında, tümüyle yok olmaz ya da tümüyle enerjiye dönüşmez. Her durumda mutlaka bir miktar “Atık” ortaya çıkar. O nedenle gerek fosil kaynakların gerekse radyoaktif kaynakların kaçınılmaz olarak çevresel etkileri olacaktır. Önemli olan bu atıkların, gelecek kuşaklara sorun oluşturmada yönetilebilir olmasıdır. Bu konuda bazı kaygıların olduğu açıktır. Bu kaygıların giderilmesi için tüm süreçlerin şeffaf bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir.

Nükleer döngünün sağlıklı işlemesi, sahanın onayı, tesisin inşaat ve işletmesi ile işletmeden çıkarılmasını içeren tüm süreçlerde, nükleer güvenlik ve emniyet, çevresel ve radyolojik etkiler, radyoaktif atıkların bertarafının güvenceye alınması ve bu süreçler gözetilerek oluşturulan acil durum planlarının iyi bir şekilde düzenlenmesine ve yönetimine bağlıdır.

## 3. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YERKÜRE’YE VE ÜLKEMİZE ETKİLERİ

İklim atmosfer, hidrosfer (okyanuslar, bölgesel denizler, buz örtüleri, karasal sular) ve biyosferden oluşan bir sistemin istatistiksel özetleri olarak tanımlanır. Bu sistemin bileşenleri çok farklı zaman ölçeklerinde değişir. Atmosfer günler ölçeğinde değişirken, okyanuslardaki değişimler yıllar, on yıllar, yüzyıllar boyunca gerçekleşir. Buzul örtüleri ise binlerce, on binlerce yılda oluşurlar ya da erirler.

Dünyanın jeolojik tarihine bakıldığında, günümüzden çok daha sıcak ve çok daha soğuk dönemlerin yaşandığı ve iklimin dünyadaki yaşamı derinden etkilediği görülmektedir. Tüm bu değişimler de dünyanın doğal döngüsünün içinde gerçekleşmiştir. Ancak, sanayi devrimiyle beraber ortaya çıkan denetimsiz doğal kaynak tüketimi, küresel iklim değişiminin tetikleyicisi ve en önemli temel nedenlerinden birisi olmuştur. İklim değişiminin en büyük sorumlusu olarak da CO<sub>2</sub> salımındaki artış kabul edilmektedir. Sanayileşmeden önce 280 ppm düzeyinde olan atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu, fosil yakıtların tüketimine bağlı olarak günümüzde 400 ppm’in üzerine çıkmıştır. Oysa dünya için CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun güvenlik sınırı 350 ppm olarak kabul edilmektedir. 1980’lere kadar pek de belirgin olmayan uç iklim olayları, belirginleşmeye başlamış ve

sorun artık iklim değişikliğini önlemekten çıkıp, bu değişikliğin ne zaman ve ne kadar yavaşlatabileceği sorusuna dönüşmüştür.

İklim değişimindeki en önemli yıkıcı sonuçlar; tarımda, hayvancılıkta, insan sağlığında ve bir bütün olarak doğal yaşamda gözlenmeye başlanmıştır. Bunun bir sonucu olarak kent ve kent yaşamı, uluslararası siyasi ilişkiler, sınır aşan sular, doğal kaynakların kullanımı ile ilgili politikalar yeniden belirlenmeye başlanmıştır.

Küresel iklim değişimiyle ilgili mücadelede atılması gereken ilk adım, her alanda denetimsiz üretim ve sınırsız tüketimden vazgeçmektir. Bunun için; doğal kaynak kullanımı, “koruma-kullanma dengesi” gözetilerek planlanmalı ve yönetilmelidir; doğaya yapılan her türlü müdahalede “etik değerler” göz önünde bulundurulmalıdır; enerji temininde yenilenebilir enerji ve enerji depolama tekniklerine yönelip, doğanın korunması ve doğal kaynakların bilinçli ve etkin kullanılması için farkındalık eğitimlerinin yapılması gerekmektedir.

***Küresel ısınmaya dair tartışmalar bundan sonra da devam edecektir. Zamanla, tartışmalar politikadan soyutlanıp daha bilimsel bir temele oturacaktır. İnsanlık tarihinde her zaman akıl ve bilim kazanmıştır.***

**Sonuç olarak,** yukarıda her üç masada yapılan tespitler ve geleceğe yönelik öneriler, temel çevre sorunlarının ancak çok disiplinli bir anlayışla çözülebileceğini göstermektedir. Mesleki kaygılar taşımadan, ekip çalışmalarını esas alarak, önyargısız olarak yapılacak çalışmalarda, daha kapsamlı ve çevreyi koruyucu bilgilerin üretilebileceğine kuşku yoktur.

Doğal çevrenin korunması ve geliştirilmesi için mesleki alanlarda ortak mücadelenin sürdürülmesi zorunludur. Daha fazla kâr ve sömürü için doğal çevreyi tahrip eden politikalara karşı çıkmak yetmez; yaşamın her alanında toprağa, suya, havaya, kıyılara, meralara, ormanlara kısaca tüm yaşam alanlarına hep birlikte sahip çıkmak gerekmektedir.

Doğanın ve çevrenin korunmasına dair mücadele, çevre ile ilgili sorumluluk duyan diğer kurumların çalışanlarıyla ortaklaşarak, sürdürülmelidir. Kirlenmeden ve kirlletmeden barış içinde eşit, özgür, adil ve aydınlık bir dünya; bağımsız ve demokratik bir Türkiye dileğiyle...

**Bilimle, Emekle, İnatla, Umutla!**

**TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu ve  
Çevre Jeolojisi Çalıştayları Düzenleme Kurulu**





## II. ÇEVRE JEOLJİSİ ÇALIŞTAYI'NI DEĞERLENDİRME ANKETİ

Çalıştaya yaklaşık olarak 70 kişi aktif olarak katılmıştır. Anket ise, ikinci gün öğleden sonra verilmiş ve toplam 30 kişi yanıtlamıştır. Ancak, **Evet** ve **Hayır** sorularının tümüne yakını katılımcılar tarafından yanıtlanırken, açıklamalı olan sorulara katılımcıların bir bölümü yanıtlamıştır. Çalıştayan anketi ile yazılarak yanıtlanan ve katılımcılar tarafından benimsenen öneriler, önemine göre 1'den başlayarak aşağıda sunulmuştur:

|                                                                       |                 |                  |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|
| <b>Çalıştay süresi yeterli miydi?</b>                                 | <b>Evet: 28</b> | <b>Hayır: 2</b>  |
| <b>Katılımcılar ve katılımcı sayısı yeterli miydi?</b>                | <b>Evet: 17</b> | <b>Hayır: 13</b> |
| <b>Çalıştay için yapılan hazırlığı yeterli buluyor musunuz?</b>       | <b>Evet: 24</b> | <b>Hayır: 5</b>  |
| <b>Çalışma grupları birlikte mi; yoksa ayrı ayrı mı çalışmalıydı?</b> | <b>Birlikte</b> | <b>Ayrı ayrı</b> |
|                                                                       | <b>6</b>        | <b>24</b>        |
| <b>Grupların ele aldığı konuların/soruların sayısı yeterli miydi?</b> | <b>Evet: 25</b> | <b>Hayır: 5</b>  |
| <b>Çalışma gruplarının konuları işleyişi yeterli miydi?</b>           | <b>Evet: 27</b> | <b>Hayır: 2</b>  |

### Çalıştayan daha iyi bir işleyişi için önerileriniz nelerdir?

#### Konuların içeriğine dair öneriler

1. Bu çalıştayda seçilen konuların içeriği yeterliydi ve uygundu.
2. Madencilik ve sorunları,
3. Jeotermal kaynaklar ve sorunları,
4. Doğa kaynaklı afetler, özellikle deprem, heyelan, sel ve taşkınlar gibi konular,
5. Su kaynaklarının yönetimi,
6. Mühendislik ve etik,
7. Bundan sonra konular daha geniş tutulabilir. Bir ya da iki konu seçilebilir. Tek konu daha yararlı olur.
8. Ele alınacak konuların hukuk, sosyal, psikolojik ve kültürel yönleri de tartışmaya açılmalı,

#### Katılımcıların bileşimine dair öneriler

1. Çalıştaya daha çok kamu çalışanlarının ve ilgili bakanlıklardan yetkili kişilerin davet edilmesi,
2. Yatırımcıların ve işletmelerde çalışanların da listeye dâhil edilmesi,
3. Çevre jeolojisinin çok disiplinli yapısı gözetilerek, katılımcı listelerinin geniş tutulması, daha çok disiplinin temsilcilerinin katılımcılar listesine dâhil edilmesi

(örneğin çalıştayın hukuk ayağı önemli bir eksiklikti),

4. Karşıt görüşlerde yer alanların dengeli bir şekilde yer alması, konusunda daha yetkin olanların davet edilmesi,

### **Zamanlama ve süreye dair öneriler**

1. Mevcut süre uygun ve yeterliydi.
2. 20 dakika sunum, 10 dakika tartışma daha yararlı olur,
3. Sürenin iyi kullanılması, tartışmalara daha çok zaman ayrılması iyi olur,
4. Program akışı içinde sürenin kullanımında esneklik de olmalı,
5. İlk gün açılışı izleyen süre daha verimli kullanılabilir,
6. Çalıştay süresi bir gün olmalı,

### **Çalışma yöntemine ve diğer konulara dair öneriler**

1. Uygulanan yöntemler olumlu ve yeterliydi.
2. Görüşler katılımcılardan yazılı olarak alınmalı ve nihai sonuç bildirgesine eklenmeli,
3. Eş başkanların yönetim tarzı önemli, tartışmanın dağılmasına seyirci kalınmamalı, dolayısıyla Eş başkanların seçimi önemli,
4. Çalışma grupları arasında iletişimin sağlanması,
5. Her oturum için kısa bir açılış konuşmasının yapılması,
6. Bir sorun çözülmeden başka bir soruna geçilmemeli,
7. Önce sunumların, sonra sorunların ele alınması çalıştay yöntemine uygun değil,
8. Programın ikinci günü ortak bir toplantı yapılmalı,
9. NGS yer seçimi ve yönetimi yerine, NGS gerekli mi, gereksiz mi konusu daha çok tartışıldı,
10. Salon ve teknik desteğin yeterliliğinin sağlanması,
11. Sunumların anlatımla değil, görsel verilerle sunulması,

### **Daha iyi bir hazırlık yapmak üzere önerileriniz nelerdir?**

1. Sunumlar ve sorular, çalıştaydan çok daha önce belirlenip katılımcılarla paylaşılmalı,
2. Duyuruların daha iyi ve etkili bir şekilde yapılması,
3. Daha iyi bir hazırlık için, katılımcılarla birlikte daha uygun koşullar yaratılmalı,
4. Sektörlerde yaşanan sorunlar gözetilerek çalıştayın konu başlıklarının seçilmesi

5. Kamu kuruluşlarından, yerel yönetimlerden ve özel sektörden, yani daha geniş meslek gruplarından katılımın sağlanması,
6. Sunulacak bildiriler için biçim ve içerik tanımlanmalı,
7. Jeoloji mühendislerinin katkı sunmadığı alanlarda daha çok sayıda jeoloji mühendisinin katılımcı olarak yer almasının sağlanması,
8. Komisyon üyelerinin ve JMO yönetiminin çalıştay hazırlıklarına daha çok katkı sağlamalı,
9. Sunumlar ve sorular, çalıştaydan çok daha önce belirlenip katılımcılarla paylaşılmalı,
10. Duyuruların daha iyi ve etkili bir şekilde yapılması,
11. Farklı görüşlere sahip katılımcılar arasında dengeli bir seçim yapılmalı,

|                                                      |                 |                 |
|------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| <b>Hazırlanan kitapçığı yeterli buluyor musunuz?</b> | <b>Evet: 27</b> | <b>Hayır: 3</b> |
|------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|

**Daha iyi bir kitapçık hazırlamak üzere önerileriniz nelerdir?**

1. Sunulan kitapçık çalıştay günü için yeterliydi.
2. Sunumların tam metninin Sonuç Raporu'nda yer almasının ve bunun için sunuculardan da görüş alınmasının sağlanması,
3. Sunumların nihai metinleri, sunucular tarafından görülmeli,
4. Kitapçıkta sadece görüş birliği sağlanan bilgilerin değil, aykırı görüşlerin de yansıtılması,
5. Kitapçık e-pdf formatında basılsın, kâğıt/afiş gibi gereksiz harcamalar yapılmasın,
6. Beyin fırtınası gerektiren sorular ve bu soruları sormayı gerektiren durum ve gözlemlerin kitaba yansıtılması,
7. ODA'nın genel politikasına uygun yapıda bir kitapçığın hazırlanması,

|                                                                      |                 |                 |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| <b>Çalıştayı belli periyotlarda sürdürülmesinde yarar var mıdır?</b> | <b>Evet: 30</b> | <b>Hayır: -</b> |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|

|                                                                                                                  |                  |                 |                 |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Şayet çalıştayı sürdürülmesinde yarar görüyorsanız, bunun hangi aralıklarda olmasında yarar görüyorsunuz?</b> |                  |                 |                 |                 |
| <b>1 yıl: 8</b>                                                                                                  | <b>2 yıl: 19</b> | <b>3 yıl: 3</b> | <b>4 yıl: -</b> | <b>5 yıl: -</b> |

**Şayet çalıştayı sürdürülmesinde yarar görüyorsanız, bir sonraki çalıştayda hangi konular ele alınmalıdır? Başka hangi çalışma grupları da bulunsaydı iyi olurdu?**

1. Madencilik sektöründe yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri,
2. Jeotermal kaynakların yönetiminde yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri,

3. Deprem, heyelan, sel ve taşkınlar başta olmak üzere doğa kaynaklı afetlerle ilgili yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri,
4. Su kaynaklarının yönetimi,
5. Küresel ısınmaya dair tespitler ve ülke açısından alınması gereken önlemler,
6. Enerji kaynakları ve halk sağlığı,
7. Yenilenebilir enerji konusunda yaşanan çevresel sorunlar ve çözüm önerileri,
8. Mühendislik-Müşavirlik hizmetlerinin sorunları ve çözüm önerileri,
9. Atık yönetiminde, özellikle geri dönüşüm evresinde yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri,
10. Mühendislik etiği,
11. Ekosistemlerle jeolojik ortamın ilişkisi,
12. Çevre jeolojisi ve Turizm-Jeosit planlaması,
13. Çalıştayı gerçekleştireceği yıl içinde farkındalık yaratması olası konular,

**Çalıştayı sonuçlarını bir kitap halinde basılmasında yarar görüyor musunuz?**

**Evet: 29**

**Hayır: 1**

#### **Çalıştaydan elde edilen somut yararlar nelerdir?**

1. Çevre Jeolojisi'ne dair somut bir farkındalık yaratılmış olması,
2. Çeşitli disiplinlerde uzmanların aynı konuda bilgilerini paylaşımlarının önemi,
3. Doğru ve tarafsız bilgi paylaşımının önemi,
4. Enerji yatırımlarının daha bilinçli yapılmasının gerekliliği,
5. Kalıplaşmış algıların giderilmesi ve yepyeni bilgilerin paylaşılması,
6. Farklı disiplinlere sahip uzmanların bir arada yer alması ve aynı konuyu tartışması, karşılıklı etkileşimi de olumlu yönde etkilemesi,
7. İklim değişiminde jeolojinin yeri ve insanın rolünün daha iyi anlaşılması,
8. Bazı konularda görüş birliği ve farkındalığın sağlanması, bunun da toplum ve kamuoyu ile paylaşmanın önemi,
9. Termik Santrallerin ve Nükleer Santrallerin sorunlarına dair konuların önyargısız ve şeffaf bir ortamda tartışılması,
10. Çevre Jeolojisi eğitiminin önemli olduğu ve mevcut jeoloji mühendisliği eğitimlerinin yeniden düzenlenmesi gereğinin ortaya çıkması,
11. Somut olarak farklı paydaşların konuya bakış açıları hakkında bilgi alışverişinin olması,

### Çalıştayda görülen aksaklıklar ve eksiklikler nelerdir?

1. Çok kapsamlı ve önemli bir aksaklığın olmaması olumlu,
2. Az katılımın olması olumsuz,
3. Katılacağını belirtip gelemeyenlerin varlığı,
4. Bazı çalıştay komisyonu üyelerinin eksikliği ve çalıştaya katkı sunamaması,
5. Katkı koyabilme potansiyeline sahip uzmanların azlığı,
6. Elektriklerin sıkça kesilmesi,
7. Oturumlarda planlanan süreler uyulmaması,
8. Programın son halinin, katılımcılara çok geç gelmesi,
9. İzleyiciler için de bir kontenjanın düşünülmemesi,

### Bulunsaydı katkı koyabilirdi diyebileceğiniz jeoloji mühendisleri ve diğer uzmanları ekleyiniz.

#### *Mesleki alanlara dair öneriler*

Böyle bir çalıştayda, hukukçular ve ekonomistler başta olmak üzere okyanus bilimciler, biyologlar, ziraatçılar, hidro-jeologlar, diğer oda temsilcileri (Özellikle Elektrik, Meteoroloji, Çevre, Jeofizik, Maden, İnşaat Mühendisleri Odaları), tabipler odası, STKlar, enerji konularını çalışanlar, nükleer karşıtı platform üyeleri, etkilenen halk kurumsal olarak çağrılmalıydı.

Çevre jeolojisi konusunda lisansüstü çalışmaları olan elemanların öncelikle yer alması sağlanmalıydı. Yetkili makamlarda bulunan uzmanların varlığı, sosyoloji, psikoloji, çevre felsefesi ve çevre ahlakı konusunda çalışanlar da çalıştaya renk katardı.

#### *Böyle bir çalıştaya katılmasında yarar görülen uzmanlar*

Prof. Dr. Ömer L. Şen (İTÜ), Prof. Dr.Nüzhet Dalfa (İTÜ), Prof. Dr. Levent Kurnaz (Boğaziçi Üniversitesi), Prof. Dr. Murat Türkeş (Emekli Öğretim üyesi), Mustafa Kemal Özşen (Hidrojeoloji Müh.), Sevinç Kızılay (Jeoloji-Çevre Müh.), Ebru Doğutepe (Çevre Müh.-Aksu Madencilik),

## ANKETİN ÖZETİ

Gerçekleştirilen çalışmaya dair anketin analizi yapıldığında, çalıştayan bir farkındalık yarattığı kabul edilebilir. Katılımın az olmasının olumsuz etkileriyle birlikte, çalıştayan verimli geçtiği ve katılımcıların yeni bilgiler de edinerek ayrıldığı, ankette memnuniyetlerini belirten ifadelerden anlaşılmaktadır. Bazı konularda katılımcılar arasında görüş farklılıklarının olması da doğaldır. Çünkü katılımcılar, farklı disiplinlerde eğitim görmüş ve konulara farklı açılardan bakmaktadır.

Hukukçular, ekonomistler ve basın temsilcileri başta olmak üzere, bazı meslek alanlarını temsil eden kurumların, kurumsal olarak çalıştaya yer almaması önemli bir eksiklik olarak değerlendirilmektedir. Ancak ilk davet listeleri incelendiğinde hukukçuların ve basın temsilcilerinin yanı sıra ziraat, inşaat, maden ve çevre mühendisliğini temsil eden uzmanların davet edildiği, ancak gelemedikleri açıkça görülmektedir.

Diğer önemli bir husus da, çeşitli disiplinlerde uzmanların aynı konuda bilgilerini paylaşımlarının öneminin anlaşılmasıdır. Bilgi paylaşımıyla ortak kaygıların belirlenmesi, sorunların çözümüne dair umutları da artırmaktadır. Böylece önemli çevre sorunlarının da el birliği ile Çevre Jeolojisi'nin birikimlerinden yararlanarak çözülebileceği bir kez daha vurgulanmıştır.

Ankete katılanlar, gelecek çalıştaya aşağıdaki konulara öncelik verilmesini uygun görmektedir.

- 1-Madencilik sektörünün yönetiminde yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri,
- 2-Jeotermal kaynakların yönetiminde yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri,
- 3-Deprem, heyelan, sel ve taşkınlar başta olmak üzere doğa kaynaklı afetlerle ilgili yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri,
- 4- Su kaynaklarının yönetimi,

Ankete katılanların tümü, böylesi bir çalıştayan sürdürülmesinin yararlı olacağını, tümüne yakın oranda da hazırlanan programa dair kitapçığı yeterli görmekte ve çalıştaya sunulan tüm bilgilerin bir kitap halinde basılmasında yarar görmektedir. Bunun da nedeni, jeoloji camiasının tartışılan konulara mesafesi, ihtiyaç duyması ve çevre jeolojisi konusunda yeterli dokümanların olmaması ile ilgili olabilir.

Sonuç olarak, sunulan bu anket çerçevesinde yapılan öneriler ve eleştiriler gözetilerek, Çevre Jeolojisi Çalıştayı'nın daha planlı, katılımı yüksek, güncel sorunları ele alarak verimli bir doğrultuda sürdürülmesinde yarar görülmektedir.

**Prof. Dr. Ali YILMAZ,**

**II. Çevre Jeolojisi Çalıştayı Başkanı**