

**Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Çevresel Etki  
Değerlendirme (ÇED) Alanında Kapasitesinin  
Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi**



**Kitapçık B04  
(Ek I – 2b)**

**Nükleer Güç Santralleri veya Diğer Nükleer Reaktörlerin  
Kurulması veya Sökümünden Kaynaklı Çevresel Etkiler**

## I. GİRİŞ

Bu belge nükleer güç santralleri veya diğer nükleer reaktörlerin kurulması veya sökümünün çevresel etkileri konusunda temel seviyede bilgi vermek amacıyla hazırlanmıştır.

Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) alanında fikir sahibi olmak isteyenler ve planlanan yatırımların temel çevresel etkileri hakkında bilgilenecek isteyen halk, yatırımcı ve diğer ilgili kurum ve kuruluşlar ile onların temsilcileri bu belgenin hedef kitesidir.

Bu belgeye konu olan tesisler ÇED Yönetmeliği'nin;

- Ek-I listesinin 2. Maddesi'nin b) bendi "Nükleer güç santralleri veya diğer nükleer reaktörlerin kurulması veya sökümü, (maksimum gücü sürekli termik yük bakımından 1 kilovattı aşmayan, atom çekirdeği parçalanabilen ve çoğalan maddelerin dönüşümü, üretimi amaçlı araştırma projeleri hariç)" kapsamında yer almaktadır.

## II. SEKTÖRÜN KISA TANIMI

Nükleer reaktörler, zincirleme reaksiyonu ve ağır çekirdeklerin (U-235) (filyon) ile daimi bir nötron akışı üretmek için tasarlanmaktadır.. Bu enerji de, türbin jeneratörlerini çevirmek ve elektrik üretmek için kullanılan buharı elde etmek için suyu ısıtmada kullanılmaktadır. 2017 yılı itibarıyla, dünya çapında faaliyetteki yaklaşık 446 nükleer enerji santralının, toplam 390.429 MWe net kurulu güç kapasitesi bulunmaktadır.

## III. ÇEVRESEL ETKİLER

### III.1. İNŞAAT ÖNCESİ VE İNŞAAT SÜRECİ

İnşaat öncesi ve inşaat faaliyetleri sırasında aşağıda belirtilen çevresel etkiler dikkate alınmalıdır:

#### III.1.1. Gürültü ve titreşim

- Tesis altyapısının (ana binalar, reaktör binası, yol bağlantıları vb.) kazı, hafriyat ve inşası için kullanılan inşaat ekipmanlarından kaynaklı gürültü,
- İnşaat faaliyetlerinin yarattığı trafikten kaynaklı gürültü (hafriyat toprağının taşınması, inşaat malzemelerinin şantiyeye nakliyesi vb.),
- Enerji santraline gelen ve giden yollar kapsamında yer alan enerji santrali birimlerinin inşasının sebep olduğu titreşim (alt tabakaların sıkıştırılması, betonun sıkıştırılması vb.),

- Büyük yapı parçalarının taşınması için kullanılan araçlardan ve reaktör altyapısının inşasından kaynaklı gürültü (metal ve beton blokların kesilmesi, kaynaklanması ya da monte edilmesi vb.).
- İnşaat öncesinde, arka plan gürültü seviyeleri, gürültü açısından mevcut kirlilik yükünün belirlenmesi amacıyla farklı noktalarda ve periyotlarda ölçümlerin ve analizlerin yapılmış olması gerekmektedir.

### III.1.2. Hava kirliliği

- Soğutma suyu tünellerinin ve enerji santralının temelini inşa edilmesi amacıyla (dolgu, zemin yükseltme ve tesis alanının ve çevresindeki alanların tesviyesi vb.) gerçekleştirilen patlatma ve hafriyat sonucunda ortaya çıkan toz emisyonu,
- Hafriyat çalışmaları (soğutma kuleleri, liman alanı ile soğutma suyu alma ve deşarj yapıları vb.) da dahil olmak üzere, hidrolik mühendisliği çalışmaları sonucunda ortaya çıkan toz emisyonu,
- İnşaat makineleri ile trafikten kaynaklı kirlenici maddelerin emisyonu (NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> ve benzen).
- Mevcut hava kalitesinin ve bölgenin mevcut kirlilik yükünün belirlenmesi amacıyla farklı noktalarda ve periyotlarda numune alınarak ölçüm ve analizlerin yapılmış olması gerekmektedir.

### III.1.3. Atıklar

- Santral alanında dolgu, zemin yükseltme ve tesviye de dahil olmak üzere, hafriyat atıkları,
- Sevkiyat, montaj ve inşaat faaliyetlerinden kaynaklı tehlikesiz atıklar,
- Sevkiyat, montaj ve inşaat faaliyetleri kaynaklı tehlikeli atıklar (atık yağlar ve filtreler vb.).

### III.1.4. Toprak

- Arazi hazırlık çalışmaları öncesinde, bitkisel toprağın sıyrılması ve tekniğine uygun biçimde depolanması ile ilgili işlemler,
- Hafriyat çalışmalarından kaynaklı geçici arazi/toprak edinimi ve işgali,
- Kaliteli toprak kaybına sebep olan, geniş bir arazinin kalıcı olarak edinimi ve işgali,
- Toprak erozyonu ve yakındaki su kaynaklarında ya da sulak alanlarda yağmur ve rüzgâr nedeniyle sedimentasyon birikimi,

- Sevkiyat ve inşaat faaliyetlerinden kaynaklı toprak kirliliği.

### III.1.5. Su kirliliği

- İnşaat çalışmaları sırasında patlayıcıların kullanılması ve ana kayaya enjeksiyon gerçekleştirilmesine bağlı olarak yeraltı sularının kalitesinin etkilenmesi,
- İnşaat sırasında yeraltı su seviyesinin ve basıncının azalabilmesi,
- Toprak erozyonu, çökme ve kirleticilerin, yüzey suları tarafından inşaat sahasından taşınması,
- Sulak alanlara yakın gerçekleştirilen inşaat faaliyetleri, su akışının miktar ya da yönünü değiştirebildiği gibi, sulak alanların doğal yapısını da etkilemesi,
- Şantiye tesislerinden kaynaklı evsel atıksu.

### III.1.6. Flora ve fauna, ekosistemler, korunan alanlar

- Bitki örtüsünün kaldırılması ya da flora ve fauna üzerinde sebep olunacak zararın etkileri (Toprak kalitesi ve verimliliği, sebep olunacak rahatsızlığın derecesi ve türü vb. yerel duruma bağlı olarak değişmektedir.),
- Ekosistem üzerindeki etkiler, kara tarafında ve deniz ortamında yürütülecek inşaat faaliyetlerinden kaynaklı karasal ve denizel ekosisteme olabilecek etkiler (Su, toprak ve hava kalitesinin bozulması ile yerel duruma bağlı olarak sediman birikimi vb.),
- Korunan alanlar üzerindeki etkiler (Yerel duruma bağlı olarak, koruma altındaki türlerin belirlenmesi ve korunması ile tarihi ve arkeolojik öneme sahip alanların belirlenmesi ve korunması vb.),
- Peyzaj üzerindeki etkiler (yerel duruma bağlı olarak, arazi kullanımının uygunluğu, tarım ve rekreasyon alanları, emlak değerleri, estetik etkiler vb.).

## III.2. İŞLETME AŞAMASI

### III.2.1. Hava Kirliliği

- İşletme aşaması boyunca personelin, ekipmanların ve atıkların taşınması için santral sahasında kullanılan araçlardan kaynaklı emisyonlar (egzoz gazı),
- Dizel jeneratörler, gaz türbinleri ve yardımcı kazanlardan salınacak CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> ve toz emisyonları,
- Art alan (arka plan) radrasyon seviyesinin belirlenmesi, örnekleme nokta sayısı, lokasyonu, örnekleme periyodu,
- Harici ve dahili radyasyon maruziyeti,
- Atmosfere salınan nüklidlerden yayılan harici radyasyon, yer yüzeyinde biriken

nüklidlerden yayılan harici radyasyon, atmosferde bulunan radyonüklidlerin solunması ve besin zincirinde bulunan radyonüklidin sindirilmesidir, yerdeki birikimden havaya karışan radyonüklidlerden soluma yolu,

- Normal işletme koşullarında olası radyolojik etkiler (radyotoksosite),
- Radyonüklidlerin fiziksel çevreye taşınimleri (halk, personel ve karasal/sucul canlılar açısından, normal işletme koşullarında ve kaza durumunda ayrı ayrı değerlendirilmeli),
- Kaza, doğal afet gibi beklenmedik olayların sonucunda ortaya çıkacak radyoaktif gazlardan kaynaklı hava kirliliği (Hava-izleme sisteminin mevcut olması ve HEPA (High Efficiency Particulate Arresting) ya da karbon filtrelerin, uygun kapasitelerde kurulu olması gerekmektedir.)

### III.2.2. Toprak

Nükleer enerji santralının normal işletme koşullarında, toprak üzerinde herhangi bir ciddi olumsuz etkiye sebep olması beklenmemektedir.

- Harici ve dahili radyasyon maruziyeti,
- Katı, sıvı ve gaz haldeki radyoaktif atıkların santralin normal işletme koşullarında ve kaza durumunda, toprak üzerinde yatarabileceği radyotoksosite,
- Kaza, doğal afet vb. gibi beklenmedik olayların sonucunda ortaya çıkacak (filyon) ürünlerinden kaynaklı toprak kirliliği,
- İşletme aşamasında kullanılan araç ve ekipmanlardan kaynaklı (radyoaktif olmayan) yağ, yakıt, yağlayıcı madde ve diğer kimyasalların sızıntı, dökülme vs nedenlerle toprak üzerinde yaratacağı etkiler.

### III.2.3. Su

Nükleer enerji santralının normal işletme koşullarında, su kaynaklarının radyoaktif kontaminasyonu beklenmemektedir.

- Proses, içme ve kullanma suyu ile ilgili deşarj kriterleri, arıtma ve bertaraf yöntemleri,
- Kaza, doğal afet gibi beklenmedik olayların sonucunda ortaya çıkacak filyon ürünlerinden kaynaklı su kirliliği,
- Bir nükleer enerji santralinden kaynaklı denize olabilecek radyoaktif deşarjlar, C-14, Cs-137, Co-60, Gama Radyoaktivitesi, Gross Alpha Aktivitesi, Gross Beta Aktivitesi, K-40, Pu-239, Pu-240, Ra-226, Sr-90, Th-232, Tritiyum, U-238 gibi radyonüklidleri (radyoaktif çekirdekleri) içerebilmektedir (izin verilen sınırların altında olması gerekmektedir),
- Harici ve dahili radyasyon maruziyeti,
- Radyotoksosite,
- Su izleme sisteminin mevcut olması ve radyoaktif atık yönetimi tesislerinin gereken

şekilde tasarlanması ile atık yönetimi faaliyetlerinin doğru şekilde uygulanması gerekmektedir.

- Su deşarjları sonucunda artan deniz suyu sıcaklığı nedeniyle, kıyılardaki deniz yaşamı üzerindeki etkiler ile diğer çevresel etkiler önem arz edebilmektedir.

#### III.2.4. Atık

Radyoaktif atıklar Uluslararası Atom Enerjisi Ajansının (IAEA) kriterlerine göre temel olarak 5 sınıfa ayrılmıştır. Her sınıf için alınacak tedbirler ve uygulanacak yöntemler farklıdır. Kısa Yarılanma Ömrüne Sahip Atıklar, Çok Düşük Seviyeli Radyoaktif Atıklar, Düşük Seviyeli Radyoaktif Atıklar, Orta Seviyeli Radyoaktif Atıklar ve Yüksek Seviyeli Radyoaktif Atıklar. Bunlar için ayrı ayrı atık yönetim planları hazırlanmalı, bertaraf yöntemleri belirlenmelidir.

Bir Nükleer Santralin normal işletme koşullarında açığa çıkan atıkların **sadece %3'ü** yüksek seviyeli atıklardır.

#### Kullanılmış Yakıt

- Doğal afet, kaza gibi beklenmedik olaylar sonucunda ortaya çıkabilecek, kullanılmış yakıttan kaynaklı radyoaktif atıklar kullanılmış nükleer yakıtlar güvenli bir şekilde yönetildiği, uygun şartlarda geçici süre depolandığı ve tesis işletmeleri dikkatli bir şekilde gerçekleştirildiği takdirde, önemli bir çevresel etki oluşması beklenmemektedir.

#### Radyoaktif/Tehlikeli/Konvansiyonel Atıklar

- Beklenmedik olaylar sonucunda atık tesislerinden kaynaklı radyoaktif atıklar (Nükleer enerji santrallerinden kaynaklı radyoaktif, tehlikeli ve konvansiyonel atıkların, santral içinde ve dışında uygun şekilde yönetilmesi gerekmektedir.)
- Radyoaktif ve tehlikeli atıklar da dâhil olmak üzere, nükleer enerji santralinden kaynaklı atıkların, yürürlükteki kanun ve yönetmeliklere uygun olarak bertaraf edilmesi halinde önemli bir etki oluşturması beklenmemektedir.

#### III.2.5. Diğer etkiler (koku, gürültü, titreşim, elektromanyetik alan vb.)

- Harici ve dahili radyasyon maruziyeti,
- Radyotoksisite,
- Normal işletme koşullarında, bir nükleer enerji santralinden kaynaklı gürültü (30 dB'den düşük), tesise en yakın yerleşim alanlarında önemli bir etki olarak değerlendirilmemektedir.
- Normal işletme koşullarında, bir nükleer enerji santralinden kaynaklanacak koku, önemli bir etki olarak değerlendirilmemektedir.
- Normal işletme koşullarında, bir nükleer enerji santralinden kaynaklanacak titreşimler,

önemli bir etki olarak değerlendirilmemektedir.

- Normal işletme koşullarında, bir nükleer enerji santralinden kaynaklanacak elektromanyetik alan, önemli bir etki olarak değerlendirilmemektedir.

### III.2.6. Enerji tüketimi

- Normal işletme koşullarında, bir nükleer enerji santralinde iç tüketim (proseste kullanılan ekipmanların çalıştırılması için gerekli enerji ihtiyacı), önemli bir etki olarak değerlendirilmemektedir.

### III.2.7. Su tüketimi

- Nükleer enerji santrallerinde, kapalı-devre (devirdaimli) soğutma sisteminde, çekilen su miktarı, MWh başına 3.000 ila 9.800 litre arasında değişiklik göstermektedir.
- Açık devre soğutma sisteminde ise, çekilen su, 95.000 ila 227.000 litre/MWh arasında değişiklik göstermektedir.
- Genel olarak, soğutma kuleleri, sucul yaşam üzerindeki etkileri azaltmakta, ancak su tüketimini artırmaktadır. Su tüketimi, nükleer reaktörün tasarımına bağlı değişmekte olup, sebep olacağı etkiler de nükleer altyapı ve su kaynakları ile ilişkilidir.

### III.2.8. Hammade tüketimi

- Nükleer altyapı, herhangi bir hammadde tüketimi gerektirmemektedir. Nükleer yakıtlar ve diğer materyaller, inşaat sahası dışında yer alan uzman şirketler tarafından hazırlandıkları ya da üretildiklerinden dolayı, hammadde olarak düşünülmemektedirler.

## III.3. KAPAMA/İŞLETMEDEN ÇIKARMA

Kapama faaliyetleri sırasında aşağıda belirtilen çevresel etkiler dikkate alınmalıdır:

### III.3.1. Gürültü ve titreşim

- Nükleer enerji santrali altyapısının (binalar, tesisler, demiryolları vb.) ve yer altında bulunan yapıların yıkılması için kullanılan makinelerden kaynaklı gürültü ve titreşim.
- Kapama ile ilgili trafikten kaynaklı gürültü (bina kalıntılarının kaldırılması vb.),

### III.3.2. Hava kirliliği

- Radyoaktif asılı tozların (Kr-85, Xe-135 vb. fisyon ürünleri) emisyonu,
- Harici ve dahili radyasyon maruziyeti,
- Radyotoksinite,
- Tozlu yüzeylerin rüzgâra ve/veya trafiğe maruz kalması sonucu ortaya çıkan toz emisyonu,

- Nükleer enerji santralının altyapısının ve yeraltında bulunan yapıların yıkılmasında kullanılan araç ve makinelerden kaynaklı kirletici maddelerin (NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> ile benzen) emisyonu.

### III.3.3. Atıklar

- Orta ve düşük-seviyeli radyoaktif atıklar (katı ve sıvı),
- Dekontaminasyon sıvıları,
- Teknolojik Olarak Zenginleştirilmiş Radyoaktif Materyaller (TENORM),
- Kontamine olmuş yıkım atıkları (beton, çelik vb. de dahil olmak üzere kontamine bina kalıntıları)
- Kapama faaliyetlerinden kaynaklı tehlikesiz atıklar,
- Kapama işlemi için kullanılacak makinelerden/araçlardan (kontamine temizlik malzemeleri, atık yağlar ve hidrolik yağlar vb.) kaynaklı tehlikeli atıklar,
- Önceki faaliyetlerin sonucunda kontamine olmuş hafriyat toprağı,
- Şantiye tesislerinden kaynaklı evsel atıksu.

### III.3.4. Su kirliliği

- Kapama çalışmaları sırasında, fisyon ürünlerden kaynaklı yüzey suyu kirliliği,
- Harici ve dahili radyasyon maruziyeti,
- Radyotoksisite,
- Yüzey sularından deniz ya da yeraltı sularına radyonüklid taşınması,
- Nükleer enerji santrali sahasından kaynaklı evsel atıksular.

### III.3.5. Toprak

- Kapama çalışmaları sırasında, fisyon ürünlerden kaynaklı toprak kirliliği,
- Harici ve dahili radyasyon maruziyeti,
- Radyotoksisite,
- sahada önceki faaliyetler sonucunda kontamine olmuş hafriyat toprağı.



## IV. ÖZET

Nükleer güç santralleri veya diğer nükleer reaktörlere ilişkin başlıca çevresel etkiler aşağıdaki gibidir:

- İnşaat ve işletme aşamalarında açığa çıkan, radyoaktif olmayan konvansiyonell atıklar,
- Hava emisyonları,
- Su ve toprağın radyoaktif kontaminasyonu,
- Harici ve dahili radyasyon maruziyeti ile,
- Radyotoksitedir.