

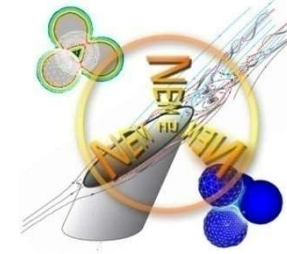
# NÜKLEER VE RADYOLOJİK ACİL DURUMLARDA OLUŞAN RADYOAKTİF ATIKLARIN YÖNETİMİ

Dr. Öğr. Üye. Banu Bulut Acar  
Hacettepe Üniversitesi  
Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü

**II. Uluslararası KBRN Kongresi**  
27-29 Kasım 2019, Ankara



## Radyoaktif atık nedir?



Radyoaktivite bulaşmış ve tekrar kullanılması düşünülmemeyen malzemelerdir.





## Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık oluşumu

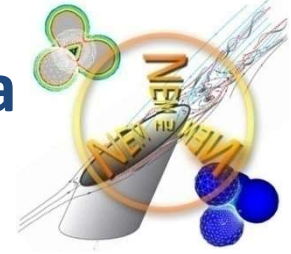


- Nükleer/radyolojik acil duruma müdahale sırasında,
- Nükleer/radyolojik acil durumdan etkilenen bölgenin iyileştirilmesi sırasında,
- Nükleer/radyolojik acil durumdan etkilenen tesislerin işletmeden çıkarılması sırasında,
- Nükleer/radyolojik acil durum sonucunda oluşan radyoaktif atıkların yönetimi sırasında (ikincil radyoaktif atıklar)

*“Bütün radyoaktif atıkların kısa ve uzun dönemde güvenli bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir.”*



# Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık oluşumu

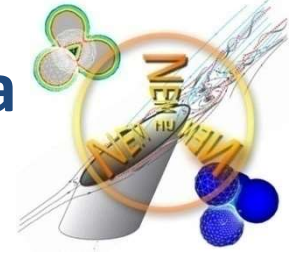


## ➤ Fukushima Daiichi Nükleer Santral Kazası

- Kazanın temel nedeni: Reaktörün tasarımı sırasında öngörülemeyen büyüklükte bir deprem ve tsunami
- Radyolojik kontaminasyon: Ağırlıklı olarak soy gazlar ve uçucu maddelerin salınımı; (Cs-134, Cs-137)
- Radyoaktif atık: Çeşitli radyonüklitlerle kontamine olmuş toprak, bitki (santral sahası dışında) ; beton, metal ve su (santral sahasında)
- Etkilenen bölge: Yaklaşık 1400 km<sup>2</sup> alanda 185 kBq/m<sup>2</sup> üzerinde kontaminasyon, yaklaşık 5200 km<sup>2</sup> alanda 37 kBq/m<sup>2</sup> üzerinde kontaminasyon
- Atık miktarı: Dekontaminasyon sırasında oluşan atık 22 milyon m<sup>3</sup>



# Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık oluşumu

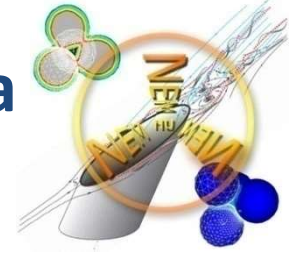


## ➤ Çernobil Nükleer Santral Kazası

- Kazanın temel nedeni: Deney sırasında reaktörde patlama gerçekleşmesi
- Radyolojik kontaminasyon: Uçucu, yarı uçucu radyonüklitler, yapısal malzemeler, nükleer yakıt parçaları; (Cs-134, Cs-137)
- Radyoaktif atık: Reaktör kalbine ait parçalar, metal, beton
- Etkilenen bölge: Yaklaşık 30000 km<sup>2</sup> alanda 185 kBq/m<sup>2</sup> üzerinde kontaminasyon, yaklaşık 190000 km<sup>2</sup> alanda 37 kBq/m<sup>2</sup> üzerinde kontaminasyon
- Atık miktarı: Dekontaminasyon sırasında oluşan atık 2.8 milyon m<sup>3</sup>; 8.5E+15 Bq toplam aktivite



# Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık oluşumu

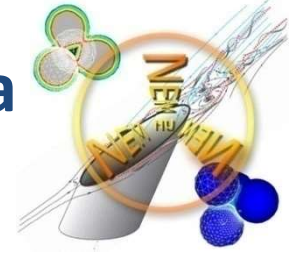


## ➤ Goiania Radyolojik Kazası

- Kazanın temel nedeni: Radyasyon kaynağı yönetimi hatası
- Radyolojik kontaminasyon: Cs-137
- Radyoaktif atık: İnsan eliyle taşınan radyoaktif kaynak
- Etkilenen bölge: Bölgede bulunan bir çok yer ve insanın kontaminasyonu
- Atık miktarı: 3400 m<sup>3</sup>; 46 TBq toplam aktivite



## Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık oluşumu

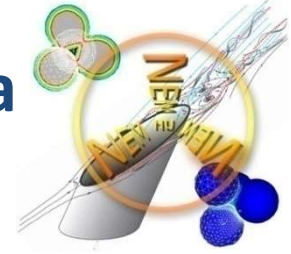


Her nükleer ve radyolojik kaza kendine özgüdür.

Bu nedenle, acil durumun nasıl gelişeceğini ve sonuçlarını önceden tam olarak belirlemek mümkün değildir. Ancak, geçmişte yaşanmış nükleer ve radyolojik kazalar dikkate alınarak acil durumun bazı sonuçları öngörülebilir ya da tahmin edilebilir.

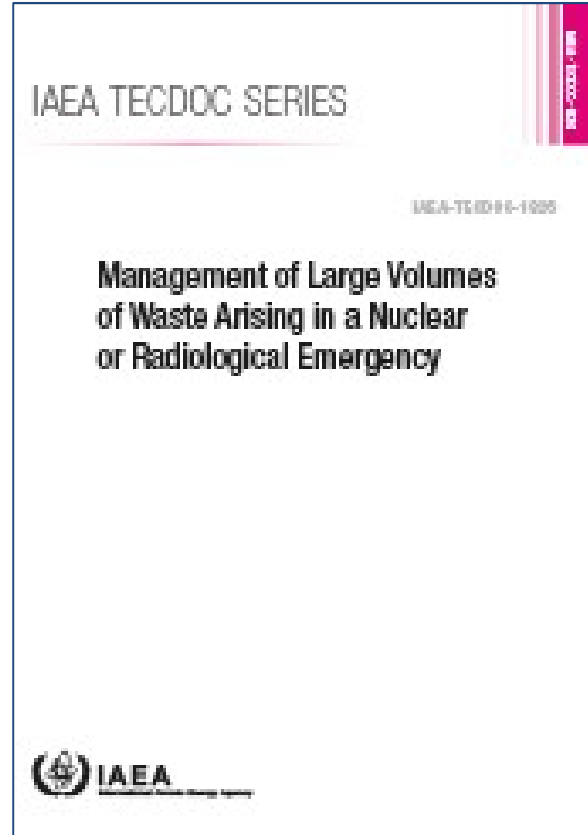


## Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık yönetimi



➤ Geçmişte yaşanan nükleer ve radyolojik kazalardan alınan dersler ve edinilen tecrübeler ışığında acil durumlarda radyoaktif atık yönetimindeki zorluklar belirlenmiştir:

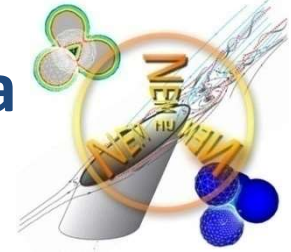
- Nükleer ve radyolojik acil durumlar sonrasında oluşan radyoaktif atığın büyük miktarlarda olması
- Acil durum müdahalesi sırasında sahanın durağanlaştırılmasına odaklanıldığı için radyoaktif atık yönetimine gerekli önemin verilememesi
- Normal işletme ve işletmeden çıkarma atıklarına göre daha karmaşık ve heterojen yapıda atık oluşumunun söz konusu olması







## Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık yönetimi

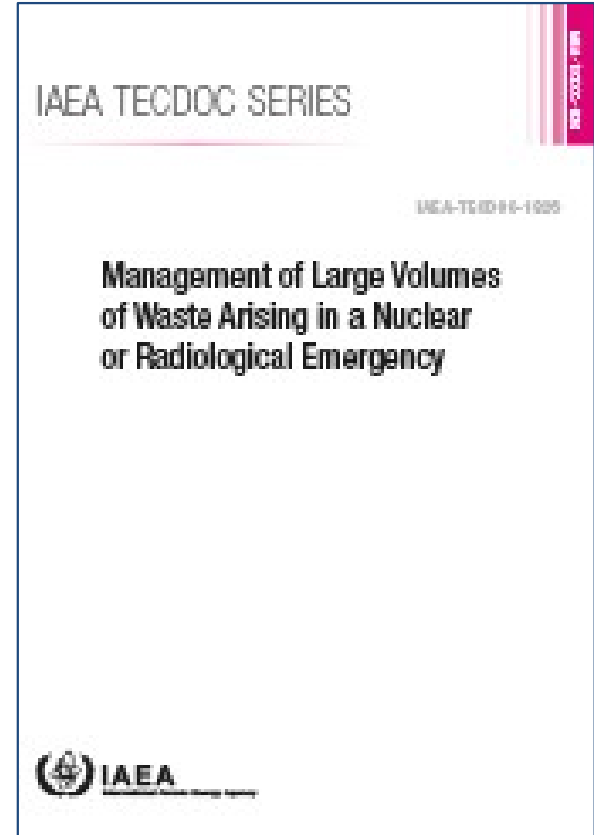


➤ UAEA üye ülkelerine radyoaktif atık yönetimi için idari ve teknik önerilerde bulunulmuştur:

- düzenleyici-uygulayıcı etkileşimi-paydaşların katılımı
- atıkların sınıflandırılması ve karakterizasyonu
- atıkların uygunlaştırılması, depolanması ve bertarafı



“genel acil durum hazırlık programının bir parçası olan ve kapsamlı iyileştirme çalışmaları da dikkate alınarak geliştirilmiş bir “**nükleer ve radyolojik acil durumlar için radyoaktif atık yönetimi ön-planı**”





## Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık yönetiminin planlanması



- Nükleer ve radyolojik acil durumlar için radyoaktif atık yönetimi ön-planının yapısı:
  - Ulusal politika ve mevzuat
  - Radyoaktif atık yönetimi için yapılanma, roller ve sorumluluklar
  - İyileştirme, bertaraf öncesi atık yönetimi ve atık bertarafı için birlikte değerlendirilmesi gereken idari teknik hususlar
  - İyileştirme, bertaraf öncesi atık yönetimi ve bertarafa ilişkin teknik çözümler



# Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık yönetiminin planlanması



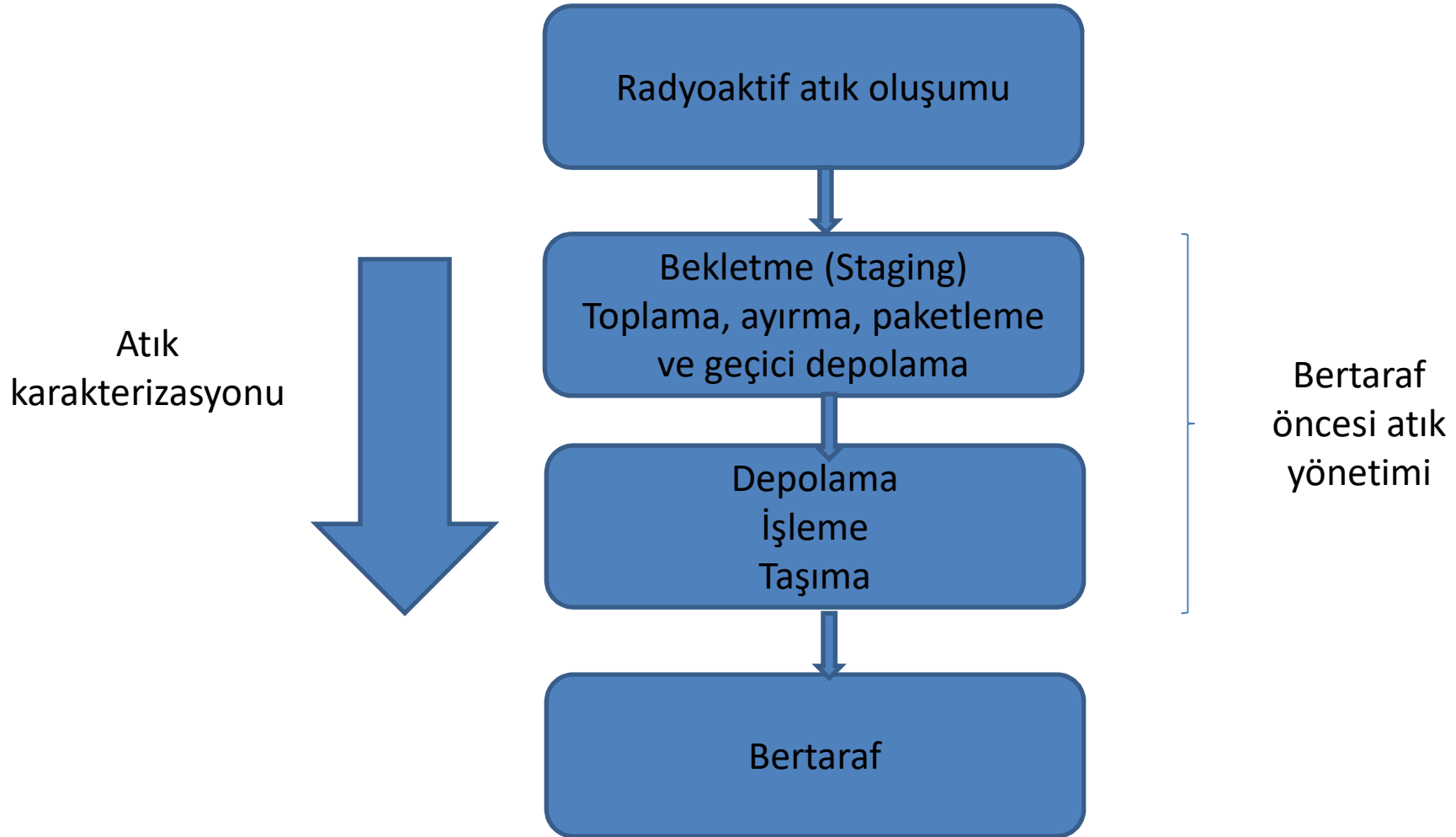
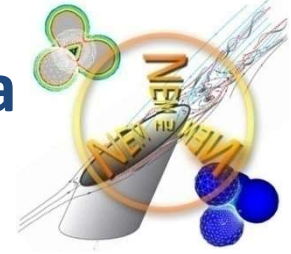
## ➤ Ön-plan hazırlanırken,

- Normal koşullarda uygulanan atık yönetimi ile uyumlu olmasına dikkat edilmeli (oluşacak atık miktarının minimize edilmesi için; gerek duyulacak atık yönetim tesislerinin saha, lisanslama ve inşasının zamanında yapılabilmesi için),
- Nükleer güvenlik temel alınmalı,
- Var olan atık miktarı/özellikleri ve atık yönetimi alt yapısı belirlenmeli,
- En kötü senaryonun da dahil olduğu farklı kaza senaryoları için atık miktarları ve sınıfları belirlenmelidir.



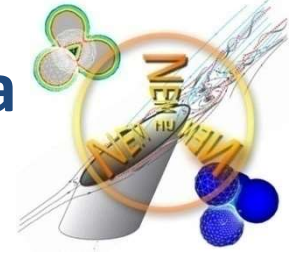


# Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık yönetimi adımları





## Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık yönetimi



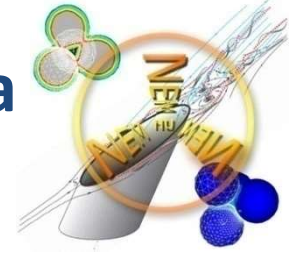
### ➤ Bekletme:

- Beklemeye alınan atıklar artık kontrol altındadır ve bir atık yönetimine tabi tutulur.
- Radyolojik, kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre atıklar ayrılır. Bu işlem atık karakterizasyonunu başlatır ve geçici depolamayı kolaylaştırır.
- Atıklar için bir kayıt sistemi oluşturulur.
- Saha içinde yapılmadığı için emniyet ayrıca önemlidir.





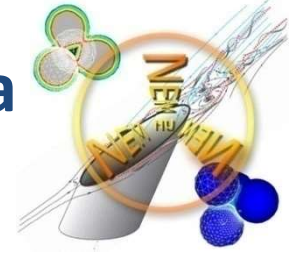
## Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık yönetimi



- **Atık karakterizasyonu ve atıkların ayrılması:**
  - Radyoaktif atıkların sınıflandırılmasını sağlar.
  - Atık minimizasyonu için önemli bir adımdır.
  - Atığa nasıl bir işlem uygulanacağına karar verilmesi için karakterizasyon yapılmalıdır.
  - Paketleme, depolama ve bertaraf adımlarından hangisinin uygulanacağına karar verilmesini sağlar.
  - Dekontaminasyon uygulanabilir ise yönteminin belirlenmesini sağlar.



## Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık yönetimi

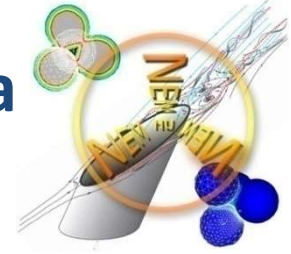


### ➤ Teknik adımlardaki zorluklar:

- Büyük hacimlerde atığın karakterize edilmesi ve işlenmesi için önemli miktarda ekipman gerekir.
- Atıkların içeriğinin kompleks olması ve farklı özelliklerde atıklar oluşması karakterizasyonu zorlaştırır. (daha fazla ölçüm, örnekleme, zaman)
- Başlangıçta karakterizasyon teknik ve cihazları yetersiz kalabilir.
- Radyasyondan korunma ekipmanı yetersiz kalabilir (uzaktan müdahale)
- Benzer sorunlar işleme, depolama, taşıma ve bertaraf adımları için de söz konusu olabilir.



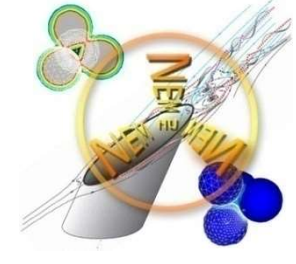
## Nükleer ve radyolojik acil durumlarda radyoaktif atık yönetimi



Nükleer ve radyolojik kazalar sonrasında uygulanacak atık yönetimi acil durum sonrasında gerçekleştirilmesi gereken diğer faaliyetleri de etkilediği için etkin bir atık yönetiminin uygulanması önem arz eder.

Etkin atık yönetimi için bir ön-planın geliştirilmesi, görev/sorumlulukların belirlenmesi ve uygulanabilir teknik çözümlerin ortaya konması gerekir.





TEŞEKKÜRLER