

Çin İyonlaştırıcı Radyasyon Elektron Demeti (Electron Beam - EB) Teknolojisi Uygulamaları Kanalıyla Tıbbi Atık Suların Sterilizasyonu ve Bertarafı

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

Fizik Mühendisleri Odası FMO (canguzel.taner@gmail.com)

İyonlaştırıcı radyasyon teknolojileri arasında özellikle elektron demeti (Electron Beam EB) teknikleri ve kobalt-60 (Co-60) radyoaktif kaynaklı gama ışınlama tesisleri ön plana çıkmaktadır. İyonlaştırıcı radyasyonlarla ışınlanma yoluyla endüstri, sağlık ve gıda alanlarında kullanılan çok sayıda ürünün istenilen amaca uygun hale getirilmesi temin edilmektedir. Örneğin, sağlık sektöründe yer alan değişik üç bini aşkın tek kullanımlık tıbbi ürünlerin radyasyonla sterilizasyonu yaygın boyutta gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, iyonlaştırıcı radyasyonlar ile gıdaların pastörizasyonu yöntemleri sayesinde çabuk bozulan ürünlerin korunması ve saklanması da küresel ölçekte yoğun olarak devreye girmektedir. Bilhassa baharatların radyasyonla ışınlanması işlemleri kanalı ile sağlığa zararlı olan mikroorganizmaların yok edilmesi sağlanmaktadır. Bir defa kullanılan tıbbi malzemelerin iyonlaştırıcı radyasyonla dezenfeksiyonu işlemleri açısından gama ışınlama teknolojileri (Co-60) ve etilen oksit (ETO) teknikleri karşısında elektron demeti (Electron Beam EB) uygulamaları en avantajlı konuma gelmektedir. Geliştirilen Çin nükleer teknoloji kaynaklı sürdürülebilir tıbbi atık idaresi kapsamında ülke genelinde covid-19 virüsü kirlilikleri bulaşmış ve çevreye atılan günlük 3000 ton ulusal tıbbi atık suyun da bertaraf edilmesi hedeflenmektedir. Tıbbi atık suların yönetimi konusunda Çin ve Asya kıtasında ilk kez kurulan elektron demeti EB tesisi bu yazıda incelenmektedir.

Asya kıtasının demonstrasyon amaçlı elektron demeti EB teknolojisi kullanan ilk tıbbi atık suların idaresi tesisi 2021 yılında Çin'de faaliyete başlamıştır. **Tsinghua Üniversitesi (Tsinghua University) Nükleer ve Yeni Enerji Teknoloji Enstitüsü (Institute of Nuclear and New Energy Technology - NET)** öğretim üyesi **Prof Dr Shijun He**, çalışmaya başlayan Çin elektron demeti EB pilot kompleksi kapsamında günde takribi 400 metreküp tıbbi atık su dezenfeksiyonu yapılması hedeflendiğini açıklamaktadır. **Hubel Eyaleti**'nde faaliyete geçen elektron demeti EB tesisinde ilave dezenfektan kullanmaksızın ve ikincil bir kirliliğe neden olmaksızın, iyonlaştırıcı radyasyon teknolojisi sayesinde tıbbi atık suların arıtılması ve antibiyotiklerin bertarafı gerçekleştirilmektedir. **Dr He**, **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı - UAEA (International Atomic Energy Agency - IAEA)** araştırma ve teknik işbirliği fonları yardımlarının Çin elektron demeti ışınlama tesisi kurulumu için temel finansman kaynağı oluşturduğunu işaret etmektedir. Ayrıca, Çin elektron demeti (Elektron Beam - EB) teknolojisi uygulamaları kapsamında **UAEA**'nin uzman, danışmanlık ve donanım yardımları hizmetlerinin de önemli bir rol oynadığı vurgulanmaktadır. Çin elektron demeti ışınlama kompleksi Mayıs 2021 tarihinde açıldığı ifade edilmektedir. Elektron demeti ışınlama teknikleri üzerine odaklanmış olan **Çin - UAEA işbirliği ve teknik yardım projesi**, **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı** tarafından 2010 yılından beri desteklenmiştir. **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı - UAEA Asya ve Pasifik Bölgesi Teknik İşbirliği Bölümü Başkanı Gashaw Wolde**, elektron demeti ile tıbbi atık suların idaresi projesinin Çin'in süregelen ilerlemesi doğrultusunda somut sosyo ekonomik ve çevresel etkiler oluşturduğunu dile getirmektedir. Böylece, söz konusu **UAEA elektron demeti EB** kökenli nükleer teknoloji transferi sayesinde ülkenin gelişme ve ekonomik büyüme önceliklerine ağırlık verildiği de kanıtlanmaktadır.

Tıbbi ve sanayi atık sularının yönetimi açısından elektron demeti uygulamaları çalışmalarının çok çeşitli faydaları bulunmaktadır. Örneğin, klasik su yönetimi kapsamında filtrasyon dahil olmak üzere kimyasal ve biyolojik işlemler gerekmektedir. **Xiyuan Hastanesi Genel Direktörü Liu Zhenwei**, geleneksel tıbbi atık suların idaresi prosesleri çerçevesinde mikroorganizmaları öldürülmesi için atık sular içerisine **sodyum hipoklorit (sodium hypochlorite NaClO)** gibi kimyasal dezenfektanlar ilave edildiğini ifade etmektedir. Ancak sodyum hipoklorit, tortular ve kalıntılar ile birlikte kolayca kimyasal tepkimeler ve kimyasal reaksiyonlar oluşturmaktadır. Böylece, atık sular içinde arta kalan antibiyotikler, çözünmemekte ve ayrışmaya uğramamaktadır. Yenilikçi nükleer arıtma teknikleri ise ileri oksidasyon ve indirgeme (oxidation/reduction) prosesleri işlemlerine dayanmaktadır. Bu bağlamda elektron demeti ışınlamaları ve gama radyasyonları uygulamaları sayesinde mikrokirleticilerin yok edilmesi için güvenli ve emniyetli bir alternatif çözüm yolu da ortaya çıkmaktadır.

Çinli bir teknisyenin elektron hızlandırıcısı (**Electron Beam EB**) tesisi içinde çalışması aşağıdaki resimde görüntülenmektedir. Elektron hızlandırıcısı makinesi tarafından üretilen yüksek enerjili elektron demetleri, mikroorganizmaların DNA/RNA molekülleri ve hücreleri ile kimyasal reaksiyonlar ve kimyasal tepkimelere girerek onları tamamen tahrip etmektedir.



Fotoğraf: Çin Atom Enerjisi Kurumu (China Atomic Energy Authority - CAEA)

Çin elektron demeti ışınlama tesisleri kurulması hakkında **Çin Atom Enerjisi Kurumu (China Atomic Energy Authority - CAEA)**'nin koordinasyonu çerçevesinde **Tsinghua Üniversitesi** ve **Çin Nükleer Güç Şirketi (China General Nuclear Power Corporation)** uzmanları eşgüdüm halinde başarılı çalışmalar yürütmektedir. Neticede tek kullanımlık tıbbi malzemelerin radyasyonla sterilizasyonu için Çin'de ilk olarak bir elektron demeti ışınlama kompleksi de çalışmalarına başlamıştır. Söz konusu kuruluşların ortak araştırma grubu, ülkede elektron demeti teknolojisi uygulamaları kapsamında kullanılan donanımların imal edilmesi çalışmaları da yürütmektedir. Örneğin, özellikle tıbbi atık suların radyasyonla ışınlanması faaliyetlerine yönelik kendinden korumunlu yenilikçi elektron hızlandırıcı cihazı (self-

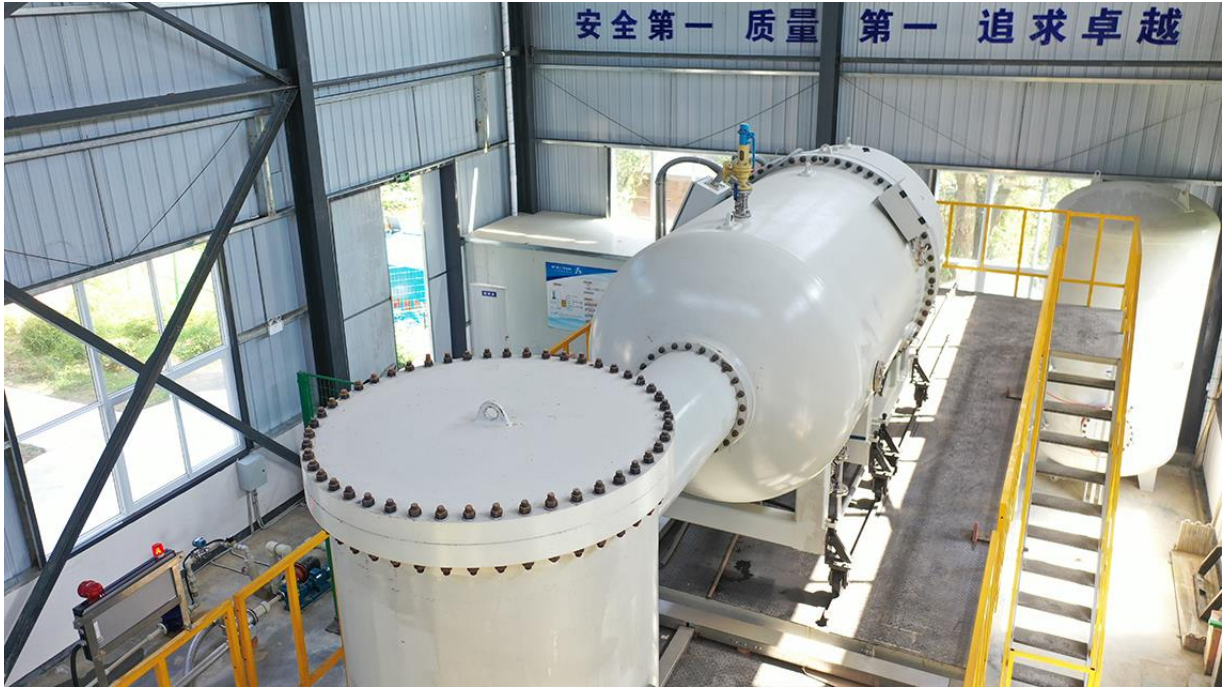
shield electron accelerator) ışınlama ekipmanı üretilmesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, inovasyona dayalı nükleer teknoloji metotları ile birlikte **covid-19** pandemisine neden olan virüslerin dedekte edilmesi de olası kılınmaktadır. **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı - UAEA Radyoizotop Üretimleri ve Radyasyon Teknolojisi Bölümü Başkanı Joao Osso Junior**, hastaneden hastaneye değişen kontamine olmuş kirlilikleri ve virüsleri içeren atık suların yönetimi için ulusal standartlara uygunluğu kabul edilen spesifik teknolojiler ve parametreler gerektiğini vurgulamaktadır.

Tıbbi atık su yönetimi amaçlı elektron demeti ışınlama teknolojisi uygulamaları sırasında büyük miktarlarda elektrik enerjisi sarfiyatı olmamakta aynı zamanda buhar ve kimyasal maddeler kullanımları gerekmemektedir. Ayrıca, elektron demeti ışınlama kompleksleri sayesinde insan sağlığı ve çevre güvenliğini tehdit eden tehlikeli malzemelerin taşınması riskleri de ortadan kalkmaktadır. Elektron hızlandırıcıları yoluyla oluşan yüksek enerjili elektron demetleri, mikroorganizmaların DNA/RNA molekülleri ve hücreleri ile reaksiyonlara girmektedir. İyonlaştırıcı radyasyonlar vasıtasıyla meydana gelen kimyasal reaksiyonlar, mikrobiyal büyümeyi engelleyerek virüsleri ve patojenik bakterileri öldürmektedir. **Çin Güney Kuzey Su Güzergâhı Projesi - China's South-to-North Water Diversion Project (South-North Water Transfer Project)**'ni besleyen ana su kaynağı yakınlarına su arıtma tesisi kurulması ile beraber halk sağlığı konusunda çok önemli bir ilerleme kaydedildiği bildirilmektedir. Çin atık sularının arıtılması kalitesinin ulusal standartların üstüne çıkarılarak hastane kökenli bulaşıcı hastalıkların yok edilmesi sağlandığı da açıklanmaktadır. Elektron demeti **EB** teknolojisi uygulanan en son Çin demonstrasyon amaçlı ışınlama tesisi yıldan yıla ilerleme kaydetmiştir. Örneğin, Çin sanayi atık sularının yönetimi bağlamında teknoloji transferi ve teknik bilgi aktarımı (know-how) konularında **UAEA** tarafından 2010 yılında bir çalışma başlatılmıştır. **UAEA** teknik işbirliği projesi çerçevesinde 2012 yılında **Tsinghua Üniversitesi** de dahil olmak üzere Çinli bilim insanlarınca elektron demeti teknolojisi kanalı ile atık suların idaresi hakkında bir bilimsel araştırma programı oluşturulmuştur. Dünyadaki elektron demeti bazlı ışınlama tesisleri kapsamında Çinlilerin işbaşı eğitimleri, ulusal eğitim kursları ve uzman ziyaretleri, söz konusu projenin gelişimi doğrultusunda ve **UAEA** desteği vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Elektron demeti kullanan ilk Çin endüstriyel atık su arıtma kompleksi 2017 yılında işletmeye açılmıştır. Dünyanın en büyük elektron demeti teknolojili atık su yönetimi tesisi de yine Çin'de 2020 yılında faaliyete geçmiştir. Bahse konu Çin atık su ışınlama tesisi kapasitesi günde 30 milyon litre düzeyinde olup sanayi atık sularının radyasyonla temizlenmesi yapılmaktadır.

Çin Atom Enerjisi Kurumu (China Atomic Energy Authority - CAEA) Başkan Yardımcısı **Zhang Jianhua**, nükleer teknolojilerin sanayi, tarım, tıp, halk sağlığı, doğanın korunması ve çevre güvenliği gibi çok sayıda alanda küresel çapta yaygın biçimde kullanıldığını işaret etmektedir. Türkiye, Marmara Denizi sahillerinde 2021 yılında ortaya çıkan mülaj deniz salyası (sea snout) çevre kirliliği sorunlarının çözümü açısından inovatif nükleer teknolojiler yönünde elektron demeti (**Electron Beam EB**) teknikleri uygulanarak denize kontrolsüz dökülen atık suların radyasyonla ışınlanması ve muamelesi yoluyla arıtılması da alternatif bir yöntem olarak sayılmaktadır.

Sonuçta, Çin'de başlatılan yenilikçi nükleer teknoloji sayesinde ülkenin sosyal ve ekonomik gelişimi yanında dünya halk sağlığı standartlarının yükseltilmesi bağlamında önemli bir katkı sağlanması beklenmektedir.

Çin tıbbi atık sularının iyonlaştırıcı radyasyonlarla arıtılması ve temizlenmesi için işletilmeye başlayan kendinden korumunlu inovatif elektron hızlandırıcısı (self-shield electron accelerator) ışınlama kompleksi aşağıdaki resimde görülmektedir.



Fotoğraf: Çin Atom Enerjisi Kurumu (China Atomic Energy Authority - CAEA)

Kaynaklar:

- Atom, Radyoaktivite, Radyoizotoplar ve Radyasyon Türleri, Ahmet Cangüzel Taner **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Evren, İnsan ve İyonlaştırıcı Radyasyonlar, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- İyonlaştırıcı Radyasyonların Biyolojik Etkileşme Mekanizmaları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Yeni Kuşak Radyasyon Teknolojileri Uygulamaları ve Kobalt-60 (Co-60) Gama Işınlama Tesisleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Temel Enerji Kaynağı Karbonsuz Yeni Nesil **Nükleer Güç Santralleri NGS** Üstünlükleri ve İyonlaştırıcı Radyasyon Teknolojileri Avantajları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2020.
- İyonlaştırıcı Radyasyonlar Çeşitleri Olmayan **Ultraviyole Işınlar (UV – Mor Ötesi Işınlar)** ile Yüzey, Hava ve Sulardan **COVID19** Virüslerinin Sterilizasyonu, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2020.
- Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı UAEA** Tarafından Kurulan İkincil Standart Dozimetri Laboratuvarları ve İyonlaştırıcı Radyasyon Dozları Doğruluğu, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
- China Opens Asia's First Facility to Treat Medical Wastewater Using Electron Beam Technology, **Uluslararası Atom Enerjisi UAEA** (International Atomic Energy Agency - **IAEA**) Yayını, 11 Ağustos 2021.