

Alternatif Baz Yüklü Karbonsuz Nükleer Elektrik Santralleri Geliştirilmesi Süreci Kapsamında Nükleer Yakıt Olarak Toryum Elementi Kullanımı ve Tüketimi

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

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

Dünyada vuku bulan uluslararası olumsuz gelişmeler doğrultusunda global enerji arz güvenliği temini önlemleri yönünde doğa dostu alternatif enerji kaynakları önem kazanmaktadır. Küresel enerji darboğazı ve çıkmazı içerisine düşmemek için ülkeler, özellikle dünya karbonsuzlaştırma teknolojileri kapsamında çalışmalar yürüterek global fosil yakıtlar bağımlılığının azaltılması planları ve programları yapmaktadır. Geliştirilmesi beklenen global nükleer enerji teknikleri arasında ise temel yük kaynağı toryum kökenli karbonsuz nükleer güç santralleri NGS reaktörleri kompleksleri dikkat çekmektedir. Toryum yakıtlı nükleer elektrik tesisleri türleri arasında olan su gerektirmeyen ve kurak bölgelere kurulabilen aynı zamanda nükleer yakıt erimesi kazaları riski ve tehlikesi düşük olan iklim dostu toryum kaynaklı dördüncü nesil ergimiş tuz reaktörleri - ETR (Molten Salt Reactors - MSR) üniteleri kurulması araştırma – geliştirme Ar – Ge faaliyetleri giderek artmaktadır. Küresel nükleer elektrik üretimi teknolojileri açısından ehemmiyet kazanan toryum elementinin olumlu ve olumsuz yönleri bu yazıda incelenmektedir.

Toryum; demir ve uranyum gibi doğanın temel elementleri arasında sayılmaktadır. Toryum elementi, uranyuma benzer biçimde kimyasal özellikler ve fiziksel nitelikler içermektedir. Bu bağlamda toryum, günümüz iklim dostu karbonsuz yeni nesil nükleer güç santralleri NGS reaktörleri elektrik üretimleri için önemli bir alternatif inovatif nükleer enerji kaynağı geliştirilmesi çalışmalarına dahil olmaktadır. Toryum, kendi kendine bölünebilir bir element olmayıp enerji de üretmemektedir. Ancak, nötronlar ile ışınlanması durumunda toryum, nükleer kimyasal tepkimeler sayesinde bir dizi nükleer zincir reaksiyonları serisine uğramaktadır. Nükleer zincir tepkimeleri serisi sonrası meydana gelen uranyum-233 (U-233) izotopu ise parçalanarak nötron absorblaması ve soğurması ile birlikte karbonsuz nükleer enerji üretimi gerçekleştirmektedir. Böylece toryum, fisyon haline geçmeye hazır üretken (fertil) element vasfını taşımaktadır. Uranyum-233 (U-233) de fisil, bir başka deyimle, bölünebilir bir element şeklinde tanımlanmaktadır. Karbonsuz temel yük kaynağı yeni kuşak nükleer güç santralleri NGS kompleksleri Toryum – Uranyum (Th - U) nükleer yakıt çevrimi çerçevesinde işletilmektedir. Halen ve gelecek karbonsuz yeni nesil nükleer elektrik reaktörleri, zenginleştirilmiş uranyum (U-235) yakıtları ya da Uranyum - Plutonyum çevrimi içinde yer alan plutonyum-239 (Pu-239) yakıtları kullanmaktadır. Sadece çok az sayıdaki karbonsuz yenilikçi nükleer güç kompleksi içinde toryum yakıtı yer almaktadır. Halihazır ve egzotik nükleer enerji tasarımı modelleri ise teorik olarak toryum elementi seçeneğini inovatif nükleer yakıt dizaynları kapsamına dahil etmektedir. Toryum – Uranyum (Th - U) nükleer yakıt döngüsü; Uranyum – Plutonyum (U - Pu) nükleer yakıt çevrimi seçimine göre bazı şaşırtıcı kapasiteler, nitelikler ve özelliklere sahip bir konumdadır. Ancak, söz konusu toryumlu nükleer yakıt seçeneğinin de dezavantajları ve olumsuz yönleri bulunmaktadır.

Gelecek vadeden inovasyona dayalı evrimsel nükleer enerji tesisi reaktörleri işletilmesi yönünde ulusal elektrik üretimi gereksinimleri çok yüksek olan Çin ve Hindistan'da uranyum madeni kaynakları ve yataklarına kıyasla önemli miktarlarda

geniş toryum madeni rezervi sahaları keşfedilmiştir. Böylece, gelişmekte olan her iki ülkede de karbonsuz temel enerji kaynağı toryum yakıtlı **nükleer güç santralleri NGS** üniteleri kurulması projeleri ve yatırımları popüler hale gelmektedir.

İçerisinde radyoaktivite içerikli toryum elementi bulunan ve iyonlaştırıcı radyasyonlar ile parlayan radyoaktif silahı geçmişte bir savaşçının kullanması aşağıdaki resimde temsili olarak canlandırılmaktadır.

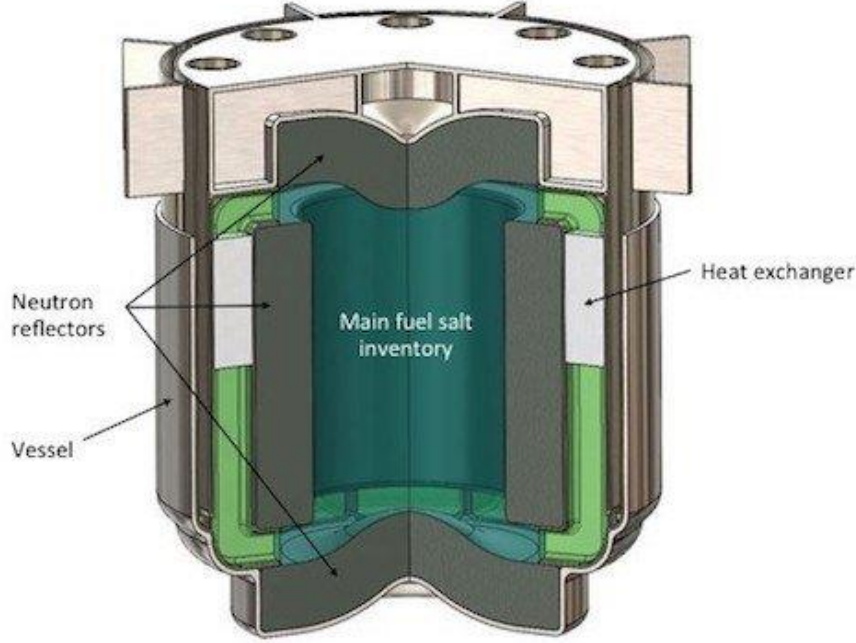


Kaynak: Vikipedi Özgür Ansiklopedi

Toryum yakıt çevrimleri, hızlı üretken reaktörler (**Fast Breeder Reactors - FBR**) yerine yavaş nötron üretken reaktörler kurulması çalışmalarına olanak tanımaktadır. Klasik yavaş nötron tipi reaktörler kapsamında kullanılan nükleer yakıt içinde soğurulan nötron sayıları çok daha fazla miktarlara erişmektedir. Nükleer yakıtın tekrar işlenmesi halinde ise nükleer reaktör ünitelerinin reaktiflik ya da tepkisellik konumunun artırılması yönünde ilave zenginleştirilmiş uranyum-235 (U-235) nükleer yakıt ikmali yapılmaksızın karbonsuz nükleer güç tesisi çalışmalarını sürdürmektedir. Böylece, hızlı üretken reaktör komplekslerinin karmaşık nükleer yakıt üretimleri proseslerine ihtiyaç duyulmaksızın küresel nükleer yakıt miktarlarının yaklaşık iki kat bir büyüklüğe ulaşması da sağlanmaktadır. Bu bağlamda termal üretkenlik açısından ise iklim dostu karbonsuz dördüncü nesil eritilmiş tuz reaktörleri **ETR (Molten Salt Reactors - MSR)** kompleksleri küresel boyutta rağbet görmektedir. Toryum - Uranyum (Th - U) döngüsü kapsamında uranyum-238 (U-238) ışınlanmamakta olup, bu nedenle uranyumdan daha büyük olan plutonyum, amerisyum ve kuryum gibi uranyum ötesi transuranyum atomları meydana gelmemektedir. Transuranyum elementleri yüksek aktiviteli uzun yarı ömürlü nükleer atıklar oluşturdukları için küresel radyoaktif atık yönetimi perspektifleri açısından global insan sağlığı tehlikesi ve çevre güvenliği riski teşkil etmektedir. Toryum - Uranyum (Th - U) çevrimi nükleer atıkları, 10000 yıl süresi boyunca çok daha kısa yarı ömürlü radyoaktif atıklar düzeyinde yer almaktadır. Diğer taraftan, küresel toryum rezervleri, global uranyum

yatakları ve kaynaklarına nazaran oldukça bol bir seviyede bulunmaktadır. Örneğin, yer kabuğunda keşfedilen toryum konsantrasyonu %0.0006 iken uranyum konsantrasyonu ise 0.00018 mertebesindedir. Bir başka deyimle, global toryum kaynakları, küresel uranyum rezervleri miktarlarına nazaran üç kat daha fazla bir konumdadır.

Karbondiosit emisyonları olmayan baz yüklü ergimiş tuz reaktörü **ETR (Molten Salt Reactors - MSR)** kalbi şeması aşağıdaki resimde görüntülenmektedir.



Kaynak: TerraPower Şirketi

Toryum yakıtlı nükleer reaktör ünitelerinin dezavantajları aşağıda sıralanmaktadır.

(1) Teknolojik yönden nükleer enerji mühendisleri ve nükleer reaktör operatörleri yeterli bir toryum yakıtlı reaktör işletilmesi deneyimine sahip değildir. Nükleer endüstri, diğer bir deyişle, nükleer yakıt sanayi epeyce muhafazakâr olup, toryumun en büyük sorunu ise özellikle nükleer reaktör işletme tecrübesi noksanlığından kaynaklanmaktadır. Finansal ve mali ortam koşulları tehlikeye girdiği zaman toryum için klasik normlar ve geleneksel görüşlerin değiştirilmesi de zor sayılmaktadır.

(2) Toryum yakıtı hazırlanması için zorlu bir süreç icap etmektedir. Örneğin, konvansiyonel uranyum dioksitine göre toryum dioksit daha yüksek sıcaklık olan 550°C düzeyinde erimektedir. Böylece, çok yüksek sıcaklıkta son derece kaliteli nükleer yakıt üretilmesi gerekmektedir. Toryumun kolayca reaksiyonlara girmemesi ise kimyasal prosesleri zor bir duruma sokmaktadır.

(3) Işınlanmış toryum kısa bir periyot için çok daha tehlikeli ve riskli radyoaktif madde haline dönüşmektedir. Toryum – Uranyum (Th – U) döngüsü kapsamında üretilen uranyum-232 (U-232), 2.6 MeV gama enerjili talyum-208 (Tl-208) radyoizotopuna bozunmaktadır. Ayrıca, ortaya çıkan bizmut-212 (Bi-212) izotopu da çeşitli problemler

yaratmaktadır. Nükleer tepkimeler ve nükleer kimyasal reaksiyonlar neticesi oluşan gama ışınlarının zırhlanması da çok zor olduğu kabul edilmektedir. Söz konusu açıdan değerlendirildiği takdirde tüketilmiş toryum yakıtının yönetimi ve yeniden prosese dahil edilmesi işlemleri maliyetleri ise yüksek düzeyde seyretmektedir.

(4) Öte yandan toryum; uranyum – plutonyum çevrimleri ile kıyaslandığında **Birleşmiş Milletler BM Nükleer Silahsızlanma (United Nations UN Nuclear Non Proliferation Treaty - NPT) Anlaşması** hükümlerine göre küresel nükleer silahların yayılmasının önlenmesi çerçevesinde genellikle olumlu kabul edilmektedir. Örneğin, olası atom bombası üretilmesi ve muhtemel nükleer silah yapımı bağlamında plutonyumun kimyasal olarak nükleer atıklardan ayrıştırılması da mümkün görülmektedir. Plutonyum elementinden nükleer bomba üretilmesi çalışmalarından kaçınılması için toryum döngüleri son derece üstün bir nitelik ve özellik taşımaktadır.

Sonuçta, yukarıda üstünlükleri ve olumsuz yanları kısaca anlatılan toryum elementinin mevcut sorunlarının çözülmesi için küresel iklim dostu toryum yakıtlı nükleer güç santralleri **NGS** reaktörleri geliştirilmesi yönünde global **araştırma-geliştirme Ar-Ge** faaliyetleri yürütülmesi yoğun biçimde sürdürülmektedir.

Kaynaklar:

- Yeni Nesil Nükleer Güç Reaktörleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Nükleer Güç Santralleri Gelişiminde Nükleer Emniyet ve Nükleer Güvenlik, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Global Karbonsuz Toryum Yakıtlı Nükleer Güç Santralleri Elektrik Üretimi için Çin ve Hindistan'da Yürütülen **Araştırma Geliştirme ARGE** Faaliyetleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Dünya Toryum Rezervleri ile Küresel Karbonsuz Toryum Kaynaklı Nükleer Elektrik Reaktörleri Geliştirilmesi için Yapılan Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Karbonsuz Hızlı Nükleer Santraller veya Hızlı Üretken Reaktörler ile Baz Yüklü Küçük Modüler Nükleer Güç Reaktörleri (**SMR**) Yatırımları Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2019.
- Temel Güç Kaynakları Karbonsuz Mini Nükleer Elektrik Reaktörleri ve Global Nükleer Yakıt Erimesi Kazaları Karşısındaki Teknolojik Üstünlükleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2020.
- Microsoft Şirketi Kurucusu ve Dünyanın Önde Gelen Girişimcisi Bill Gates'in Temel Enerji Kaynağı Karbonsuz Nükleer Güç Santrali NGS Yatırımları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Küresel İnovatif Nükleer Güç Sanayi Gelişmeleri Doğrultusunda Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı UAEA 2050 Nükleer Elektrik Üretimi Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Çin Karbonsuz Toryum Yakıtlı Dördüncü Nesil Ergimiş Tuz Santralleri **ETS** Kompleksleri Kurulması ve Ticari Nükleer Güç Üretimi Başlatılması Planları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Thorium As Nuclear Fuel, **whatisnuclear.com** internet yayını, 2022.

Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:

www.fmo.org.tr/_yayinlar/faydali-bilgiler