



TR0000033

HYBRID REAKTÖR SİSTEMİ YARDIMIYLA UO_2 YAKITLI TERMAL REAKTÖR ATIKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE FİSSİL YAKIT ÜRETİMİ

Osman İPEK

Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İSPARTA

ÖZET

Nükleer atıklardan fissil yakıt üretimi için Hızlı Üretken Reaktörlerin kullanılması ve bu reaktörlerin yeni bir nötron kaynağı ile çalıştırılması gündeme gelmektedir. Bu amaçla , termonükleer reaktörlerde, D-T, D-D, Semikatalize(D-D) ve diğer muhtemel birleşme reaksiyonlarıyla elde edilebilecek 2.45-14.1 MeV enerjili nötronları kullanmak mümkündür. Bunu gerçekleştirmek için ise, deneysel ve teorik bazda çalışmalarını sürdürülen “ Hybrid Reaktör Sistemi” dikkate alınması gereken teknolojik bir gelişmedir.

Bu çalışmada, bir grafit reflektörlü Hybrid Blanket geometrisinin nötronik analizi yapılmıştır. D-T sürüclü füzyon reaksiyonu UO_2 yakıt katmanıyla kuşatılmış, fertil-fissil dönüşümüyle atık durumundaki ^{238}U ‘dan ^{239}Pu fissil yakıt üretiminin gerçekleştirilmesi analiz edilmiştir ve diğer muhtemel reaksiyonlarla da karşılaştırılmıştır. Hesaplamalar sonucunda, 1000MW ‘lık füzyon güne karşılık yılda D-T reaksiyonu ile 815.8 kg , Semikatalize(D-D) reaksiyonu ile da 1431.6 kg ^{239}Pu üretiminin gerçekleştirilebileceği gözlenmiştir. Bu ise, sırasıyla yılda 2.8 ve 4.94 adet LWR’ün yakıt ihtiyacının üretilmesi demektir. Ayrıca, bu sistemle 1000MW’lık füzyon gücü D-T için 3415 MW’a Semikatalize(D-D) için ise 4274 MW’a çoğalmaktadır. Sistem tamamen kritikaltı çalışmaktadır ve kritiklik sırasıyla 0.4115 ve 0.312 olarak hesaplandığından nükleer enerji üretiminde, sistem güvenliği açısından da önemli üstünlükler sağlanabilmektedir. Hesaplamalarda, ANISN-ORNL kodu, S_{16} - P_3 yaklaşımı ve DLC36 data paketi kullanılmıştır.

ABSTRACT

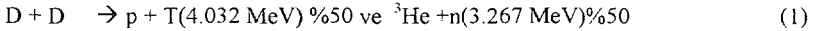
FISSIL FUEL PRODUCTION AND USAGE OF THERMAL REACTOR WASTE FUELED WITH UO_2 BY MEANS OF HYBRID REACTOR SYSTEM

The use of Fast Breeder Reactors to produce fissile fuel from nuclear waste and the operation of these reactors with a new neutron source are becoming today's topic. In the thermonuclear reactors, it is possible to use 2.45-14.1 MeV - neutrons which can be obtained by D-T, D-D Semicatalyzed(D-D) and other fusion reactions. To be able to do these, Hybrid Reactor System, which still has experimental and theoretical studies, have to be taken into consideration. In this study, neutronic analysis of hybrid blanket with grafit reflector, is performed. D-T driven fusion reaction is surrounded by UO_2 fuel layer and the production of ^{239}Pu fissile fuel from waste ^{238}U is analyzed. It is also compared to the other possible fusion reactions. The results show that 815.8 kg/year ^{239}Pu with D-T reaction and 1431.6 kg/year ^{239}Pu with semicatalyzed (D-D) reaction can be produced for 1000 MW fusion power. This means production of 2.8 /year and 4.94/year LWR respectively. In addition, 1000 MW fusion power is multiplied to 3415 MW and 4274 MW for D-T and Semicatalyzed(D-D) reactions respectively. The system works subcritical and these values are 0.4115 and 0.312 in order. The calculations, ANISN-ORNL code, S_{16} - P_3 approach and DLC36 data library are used.

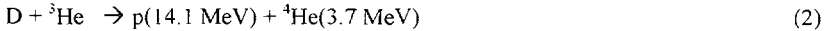
1.GİRİŞ

Fosil yakıt kaynaklı enerjinin , hem kaynak dağılımı hemde çevresel problemlere bağlı olarak, sınırlandırılması, enerji üretiminde kaynak dağılımını, fosil yakıtlardan nükleer yakıtlara kaydırmıştır [1]. Bu yönlele birlikte, nükleer teknoloji, Termal Reaktör, Hızlı Reaktör(FBR) ve Termonükleer Reaktör aşamalarından geçmiş ve yaklaşık 30 yıllık mazisiyle sürekli gelişme göstermiştir. Hızla artan enerji talebinin kısa zaman aralığında karşılanmasının zorluğu, fissil yakıt kaynaklarının azalması, nükleer atıkların değerlendirilmesi ve de sistem güvenliği gibi etkenler , yukarıda ifade edilen gelişmede önemli zorlayıcı rol oynamıştır. Dünya Enerji [2] Konferansının 1991 yılı raporuna göre, günümüzün en önemli nükleer yakıt kaynağı olan uranyumun 1.4×10^6 ton'luk rezervi ile ancak 60 yıllık bir ömre sahip olduğu ifade edilmektedir [3,4,5]. Bütün bu faktörlere bağlı olarak yapılan çalışmalar neticesi, termal ve hızlı reaktör teknolojisi gelişimini tamamlamış gözükürken, termonükleer reaktörlerin gelişimini tamamlaması için 2050 yılı hedef olarak alınmıştır [5]. Termal reaktörlerin fissil yakıt ihtiyacının karşılanması için, Hızlı Üretken Reaktör (FBR) teknolojisi önemli bir alternatif olarak gözükmektedir [5-7]. Yaklaşık 30 yıllık katlanma periyoduna sahip olan bu reaktörlerde bölünebilir yakıt (fissionable fuel) eldesi mümkün olabilmektedir. Termal reaktörlerin fissil yakıt kaynağı %75 nisbetinde Tabii Uranyum olduğu ve bu yakıtın %0.7 ^{235}U ve ^{238}U izotoplarından meydana geldiği dikkate alındığında, %0.7 'lik kısmı oluşturan ^{235}U 'nun fissil yakıt olarak kullanılıyor olması ve diğer izotopun atık olarak çıkması hem yakıt kaynağı hemde atıkların defn konusunda ciddi bir problemi ortaya çıkarmaktadır.

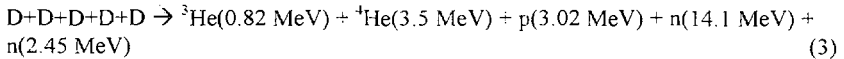
Kullanılmış ve radyoaktif atık olarak çıkan yakıtların yenilenmesi ve fissil yakıt üretimi için FBR'un kullanılması durumunda, bu reaktörün yeni bir nötron kaynağı ile çalıştırılması gerekmektedir. Bu noktada füzyon reaksiyonlarının dolayısıyla Termonükleer Reaktörlerin önemi ortaya çıkmaktadır. Termonükleer reaktörlerde D-D , D-T ve diğer muhtemel füzyon reaksiyonlarından çıkan füzyon nötronları FBRs için önemli bir nötron kaynağıdır. Bu reaksiyonlardan katalize(D-D) reaksiyonu:



şeklinde gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonla 1975 yılında 0.1 W güç üretilmişken 1990 yılında bu değer 10^5 W 'a çıkarılmıştır.



reaksiyonuyla 1990 yılında yaklaşık 1 MW güç üretilmiştir. Bunun dışında



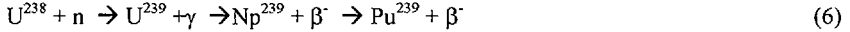
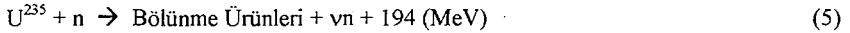
reaksiyonu (1) denkleminde verilen Katalize(D-D) reaksiyonuyla ortaya çıkan ^3He 'nin sürekli ortamdaki alınmasıyla elde edilmekte ve Semikatalize(D-D) reaksiyonu adı verilmektedir [8-13]. Henüz proj safhasında olan ve asıl füzyon yakıtı olarak tanımlanan D-T reaksiyonu ise:



bağıntısıyla gerçekleşmektedir. 1995 yılında yaklaşık 10^8 W 'lık bir güce projelendirilmiş olan bu reaksiyonların ticari olması için 2050 yılı hedeflenmiştir [9]. D-T'nin dışında kalan füzyon reaksiyonlarının gerçekleşebilmesi için daha yüksek tutuşma sıcaklığına(ignition temperature)

yani 60keV (1keV=1.16x10⁷K) [14] ihtiyaç duyulması ve de reaksiyona giren componentlerin yeterince bol olmaması D - T reaksiyonunu cazip hale getirmiştir. 35 keV'luk tutuşma sıcaklığına ulaşıldığı günümüzde, 4 keV'luk tutuşma sıcaklığına sahip olan D - T reaksiyonunun önemini arttırmaktadır [15]. Bu reaksiyon sonucunda çıkan enerjinin %80'i 14.1 MeV enerjili nötronlar tarafından taşınmaktadır. Bu nötronlar bir şekilde değerlendirilmedikçe, füzyon reaktöründen ciddi bir atık olarak çıkmak durumundadır. Bu nötronların FBRs'de hızlı nötron kaynağı olarak değerlendirilmesi amacıyla yeni bir sistem üzerinde deneysel ve teorik bazda çalışmalar sürdürülmektedir [16-18]. Birbirinin özelliğini tamamlamak üzere çekirdek birleşmesi ve bölünmesi olaylarının birlikte gerçekleştiği bu yeni sistem "Hybrid Reaktör" olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemde temel fikir, füzyon plazmasını, bölünebilir yakıt dönüşebilecek nükleer malzemeden (fettle material, ²³⁸U veya ²³²Th) meydana gelen bir blanketle çevrelemek ve hem fisil yakıt hemde enerji üretimini birlikte gerçekleştirmektir.

Blanketin yakıt bölgesinde oluşan bölünme ve dönüşüm reaksiyonları:



şeklinde gerçekleşmektedir. Burada, (5) denlemlle verilen reaksiyonda etkili olan nötronlar termal nötronlar olup asıl fonksiyonu enerji üretmektir. Diğer denklemde (6) ise esas olarak fisil yakıt üretimi gerçekleştirilmektedir ve etkili olan nötronlar hızlı nötronlardır. Bu amaç için ise blanket içerisinde (4) denklemiyle verin füzyon reaksiyonundan çıkan nötronlar kullanılmaktadır.

D-T reaksiyonuna bağlı bir plazma için gerekli trityum eldesi, yine blanket içerisinde gerçekleştirilmektedir. Blanket içerisinde, yakıt bölgesinden sonra yer alan "Trityum Üretim Bölgesi(TBZ)", bu amaç içindir. "Fusil Breeding" olarak da bilinen bu katmanda oluşan temel reaksiyonlar ise:



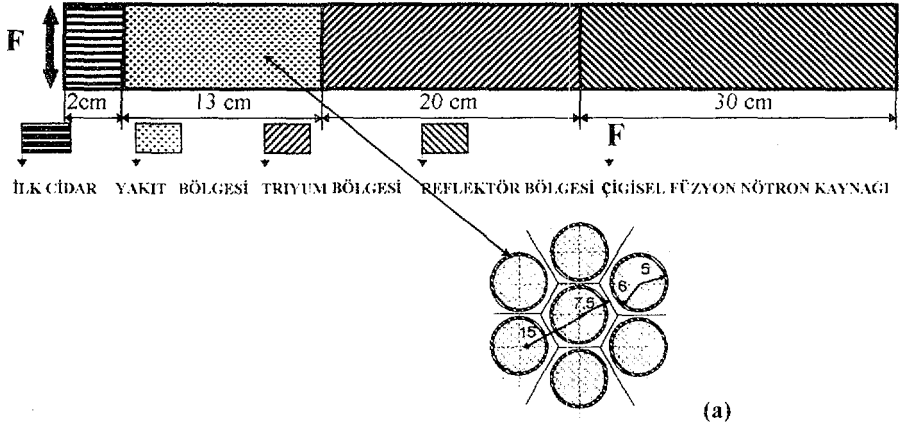
şeklinde gerçekleşmektedir.

Günümüzde, nükleer enerji ile ilgili bilimsel çalışmalar, füzyon enerjisini de kullanmayı amaçlayan hybrid reaktör sistemi üzerinde yoğunlaşmıştır [7,8,19]. Bu çalışmalardan bir kısmı trityum(T) üretimi gerçekleştirmeye yönelik iken çalışmaların diğer bir kısmı da fisil yakıt üretimi üzerinde yoğunlaşmaktadır [20-24]. Kullanılmış ve radyoaktif atık olarak çıkan nükleer yakıtların bir hybrid reaktörde yenilenmesi olayı füzyon reaktör kuşağının başlangıcı için çok cazip bir uygulama alanıdır [25]. Nükleer santraller için konvansiyonel yakıt tüketim miktarı, HWR, LWR ve FBR için sırasıyla MWgün/Ton olarak 10000, 30000 ve 100000 olarak ifade edilmektedir. Bu değerler, yakıt çubuklarının yüksek yanma oranıyla tüketilmesi durumu için verilmiştir [25]. Bu nedenle, nükleer atık durumundaki yakıtları yenilemek, enerji üretimi için önemli bir ekonomik potansiyel sağlayacaktır. Bunun neticesi olarak, daha büyük oranda nükleer yakıtı enerji üretimine katmak mümkün olurken, yakıt üretim prosesleride azalacaktır. Üretilen enerjiye karşılık kullanılan yakıt miktarı da önemli ölçüde azalacaktır.

Bu çalışmada, oluşturulan bir Hybrid Blanketin , enerji ve fisil yakıt üretimi açısından nötronik analizi yapılmıştır. Yapılmakta olan çalışmalarla karşılaştırma yapma imkanının da sağlandığı hesaplama sonuçları ANISN-ORNL bilgisayar koduyla elde edilmiştir. Sonuçlar grafik ve tablolar halinde verilmiştir.

2.BLANKETİN GEOMETRİK YAPISI

Öncelikle, 14.1 MeV'lik füzyon nötronlarının silindirik hybrid blanketin ana eksenı boyunca çizgisel bir kaynak olarak geldiği bir hybrid reaktör modelinin nötronik analizi yapılmıştır. Şekil 1'de verilen bu geometrik yapıda, esas olarak D-T füzyon sürücü hesaplamalara sokulurken Kataize(D-D) ve Semikatalize(D-D) ile kısmi karşılaştırmaları yapılmıştır. Şekil 1'de verilen



Şekil:1 Nötronik Analizi Yapılan Hybrid Blanket Geometrisi

Tablo 1: İncelenen Blanketin Malzeme Kompozisyonu ve Geometrik Ölçüleri

Bölge	Cıdar Kalınlığı (cm)	Malzeme	Çekirdek	Çekirdek Yoğunluğu *10 ³⁰ /m ³
1 İlk Cıdar	2	316 Paslanmaz Çelik	Silyum Krom Manganez Demir Nikeli Molibden	1.7108-03 1.6627-02 1.7548-03 5.7651-02 8.1863-03 1.0022-03
2 YAKIT	33	Tabii Uranyum (%0.7 ²³⁵ U + %99.3 ²³⁸ U)	²³⁵ U ²³⁸ U Oksijen Aluminyu	5.51703-05 7.82630-03 1.57630-02 8.67910-03
3 Tritiyum Üretim Katmanı (TBZ)	20	Li ₂ O	⁶ Li ⁷ Li Oksijen	4.63794-03 5.70380-02 3.08374-02
4 Reflektör	30	Karbon	Karbon	1.12840-01

Blanket geometrisi esas olarak üç ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar, 2 cm kalınlığındaki silindirik ilk cıdar, UO₂'den oluşan, 13 cm kalınlığında, yakıt çubukları 10 sıra halinde ve şekil 1 (a)'da verildiği gibi dizilmiş yakıt katmanı, D-T reaksiyonunun T komponentinin üretilmesinin amaçlandığı 20 cm kalınlığında Li₂O'dan oluşan Tritiyum Üretim Katmanı (TBZ).

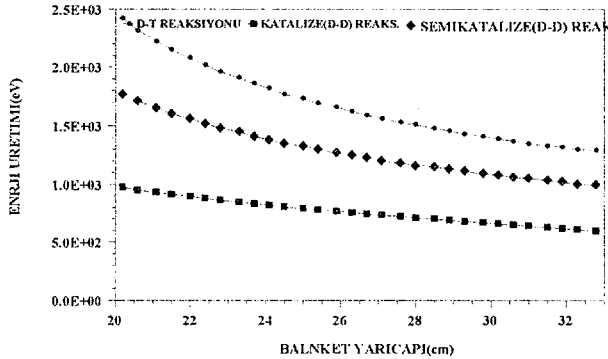
Bunun dışında, nötron ekenomoisi için Grafitten oluşan 30 cm kalınlığında reflektör katmanı bulunmaktadır. Bütün bu bölgelerin hem malzeme hemde geometri olarak özellikleri Tablo 1' de verilmiştir. Yakıt çubukları, 10 mm çapında olup, iç çapı 10.4 mm dış çapıda 12 mm olan alüminyum bir kılıf içine alınmıştır. Yakıt çubukları arasında, toplam yakıt bölgesi hacminin %45'i mertebesinde hava boşluğu vardır.

3. NÜMERİK HESAPLAMALAR

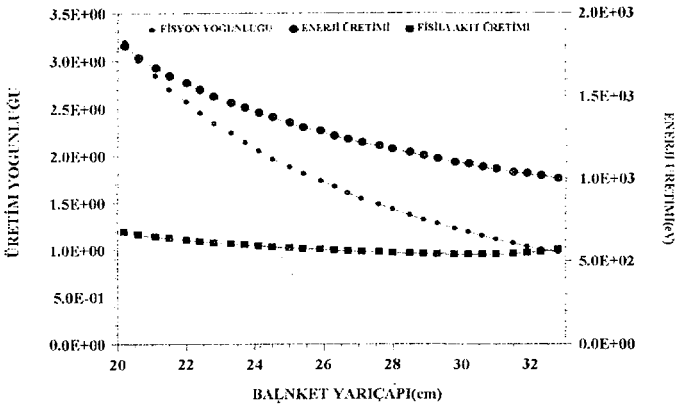
Blanket içerisindeki üretim yoğunlukları, Enerji ve Nötron Spektrumlarının hesaplanmasında, Boltzmann Nötron Transport Denklemlerinin Nümerik Sonuçlarını veren ANISN-ORNL [26] Transpot kodu, S_{16} -P₃ yaklaşımı ve 42 gruplu DLC36 nötron reaksiyon etki kesitleri kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalarda, 14.1 MeV'lik füzyon nötronlarının akısına karşılık 2.25 MW/m² lik ilk cidar yükü öngörülmüştür. Elde edilen önemli sonuçlar Tablo 2 de ve Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4 de verilmiştir.

Şekil 2'de blanketin yakıt bölgesindeki enerji üretiminin değişimi verilmektedir. Esas olarak (D-T) reaksiyonu için gözlenen ve Kataliz(D-D) ile Semikatalize(D-D) reaksiyonu için de elde edilen değişim eğrileri, blanketin radyal yoğunluğunda belli bir azalma göstermektedir. Bu değişim Şekil 3'de verilen fisyon yoğunluklarındaki değişim ve fisil yakıt üretimi ile birlikte değerlendirildiğinde, yakıt bölgesinde enerji üretiminin azalmasıyla birlikte, fisyon yoğunluğu da azalırken, fisil yakıt üretimi daha hafif bir azalma göstermektedir. Şekil 3'de verilen eğriye göre, başlangıçta üretilen enerji 1.875x10³ eV/fisyon iken blanketin son intervalinde 10³ eV/fisyon mertebesine inmekte ve 1.875 kat yumuşamaktadır. Nötron ortalama enerjisindeki bu değişim (9) denklemi yardımıyla nümerik olarak hesaplanamılmaktadır. Aynı şekilde, Fisyon yoğunluğu 2.52 kat yumuşarken fisil yakıt üretimi 1.2 kat yumuşamaktadır. Fisil yakıt üretimi yakıt katmanının orta intervalinden itibaren yaklaşık 1.2 kat artarken diğer eğriyende düşme devam etmektedir. Bu sonuçlardan hareketle, blanketin belli noktalarında enerji üretimi ağırlıklı hale gelirken bir notadan sonra fisil yakıt üretimi ağırlıklı hale gelmektedir.

$$\bar{E} = \frac{\int E \phi(E) dE}{\int \phi(E) dE} \quad (9)$$

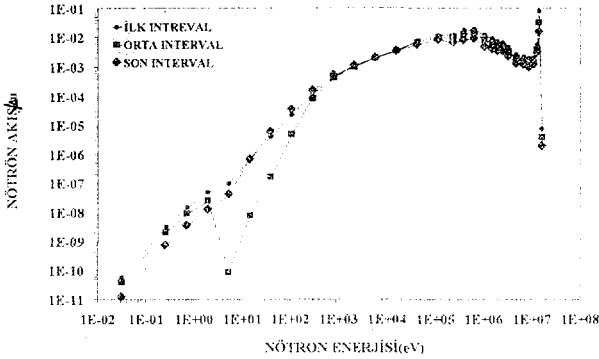


Şekil 2: Seçilen Blanketin Yakıt Bölgesine Ait Farklı Füzyon Sürücüler İçin Enerji Üretimi



Şekil 3: Seçilen Blanketin Yakıt Bölgesine Ait Üretim Yoğunluğu Ve Enerji Üretimi

Nötron spektrumunu belirleyen hesaplama sonuçları Şekil 4' de verilmiştir. Bu şekil, balanketin ilk orta ve son intervallerindeki akı dağılımını yarçapın fonksiyonu olarak göstermektedir. Yakıt bölgesi içerisinde, radyal doğrultuda nötron spektrumunun genel olarak bir azalma gösterdiği beklenen bir sonucudur. Buradan, blanketin orta noktasına yaklaşılrken nötronların modere oldukları azalan nötron enerjisi de fisyon reaksiyonları yerine yutulma ile fisil yakıt üretiminde etkili olmaya başladıklarını söylemek mümkündür. Radyal doğrultuda ve blanketin orta intervalinde, meydana gelen fisyon reaksiyonlarından çıkan vede blanket içinde geri yansıyan düşük enerjili nötron populasyonundaki artmadan dolayı, nötron akısı da kısmen azalmaktadır. İlk ve son intervaldeki nötron akısı azalmasının daha az olması bu noktadaki nötron yoğunluğunun daha enerjik nötronlardan oluşmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4: Seçilen Blanketin Yakıt Bölgesinin Farklı Intervallrine Ait Nötron Spektrumu

Blanket içerisindeki nötron çoğalım faktörü ve kritiklik aşağıdaki bağıntılarla verilmektedir. Burada (10) deklemini, bu çoğalımda $(n,2n)$ reaksiyonlarının etkin olmaması durumu ifade ederken (11) nolu denklem $(n,2n)$ reaksiyonlarının etkisini öngörmektedir. Bu denklemlerle elde edilen değerler farklı füzyon sürücüler için Tablo 2'de verilmiştir.

$$k_{\text{eff}}^* = \frac{\text{Fisyon Nötron Kaynağı}}{\text{AABSORTPTIPN} + \text{LEAK}} \quad (10)$$

$$k_{\text{eff}}^{**} = \frac{\text{Fisyon Nötron Kaynağı} + 2(n,2n)}{\text{ABSORPTION} + (n,2n) + \text{LEAK}} \quad (11)$$

Tablo 2: Farklı Füzyon Reaksiyonları İçin Blanketin Yakıt Bölgesinde Oluşan Reaksiyon Miktarları ve Önemli Kriterler

ADI	SEMBOL	D-T	Katalize(D-D)	Semikatalize(D-D)
Li ⁶ dan üretilen	T6	8.2193E-01	6.246E-01	1.44814
Li ⁷ dan üretilen	T7	1.0956E-01	1.428E-03	1.112E-02
Toplam Tritiyum	T6+T7	9.315E-01	6.261E-01	1.5593E-01
U-235 Nöron reaka. Mikt.	U-235(n,2n)	1.843E-04	1.5925E-06	1.8621E-04
U-235 den Fiyon reaks. mik.	U-235(n,f)	1.179E-02	8.589E-03	2.0385E-02
U-238 Nöron reaka. Mikt.	U-238(n,2n)	7.5063E-02	5.0656E-04	7.5554E-02
U-238 den Fiyon reaks. Mik.	U-238(n,γ)	2.485E-01	1.874E-01	4.3606E-01
U-238 den Gama Reaks. Mikt.	U-238(n,f)	1.388E-01	7.556E-02	2.151E-01
Toplam Nötron Reak. Mikt.	(n,2n)	7.525E-02	5.08154E-04	7.5740E-01
Toplam Fisyon Reaks. Mikt.	(n,f)	1.506E-01	8.415E-02	2.2544E-01
Toplam Gama Reaks. Mikt.	(n,γ)	2.485E-01	1.874E-02	4.3606E-01
Enerji Çoğalım Katsayısı	M	3.4155	2.4044	4.274
Nötron Kaçakları	LEAK	1.5324E-01	8.881E-02	2.421E-01
Nötron Absorpsiyonu	ABSORPTION	1.3444	1.1339	2.481
Kritiklik, (n,2n) Dahil	Keff [*]	3.3170E-01	1.8176E-01	2.650E-01
Kritiklik (n,2n) Hariç	Keff ^{**}	4.1153E-01	1.8251E-01	3.3196E-01

Hybrid blanketin enerji çoğalımını tanımlayan (12) nulu dekleme de farklı füzyon sürücüler için hesaplamalarda kullanılmış ve sonuçlar yine tablo 2 'de verilmiştir.

$$M = \frac{\text{Fisyon Enerjisi} + \text{Nötron Enerjisi}}{14.1} + 1 \quad (12)$$

Blanketin yakıt bölgesinde üretilen fisil yakıt miktarları, yani, 1000 Mw'lık füzyon gücüne karşılık yılda, ²³⁸U'dan ²³⁹Pu üretim miktarı aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmıştır.

$$G = 13.7369 R^T A \quad (13)$$

Burada R reaksiyon miktarını r ise reaksiyonun türünü göstermektedir. Fisil yakıt üretiminde etkili olan reaksiyon (n,γ) reaksiyonudur ve denklem (6) ile verilmiştir. Denklem (13)'de A üretilecek fisil yakıtın atom ağırlığıdır. (n,γ) reaksiyon miktarları yine Tablo 2'de verilmiştir.

Aynı denlem kullanılarak (7) ve (8) reaksiyonlarıyla elde edilecek olan T6 ve T7 üretim miktarları da hesaplanabilir. Elde edilen T6+T7 toplam tritiyum miktarının bir kısmı D-T reaksiyonunun gereksinimi olan T için harcanırken artan kısım depolanmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucunda yılda D-T reaksiyonu yardımıyla 815.8 kg ²³⁹Pu üretilmektedir. 0.75 işletme faktörüyle çalışan 1000 MW gücündeki bir fisyon reaktörünün taze yakıt tüketiminin 290 kg [27] olduğu dikkate alındığında, yılda 2.8 adet LWR'ün yakıt ihtiyacının karşılanabileceği ve 1000MW'lık füzyon gücünün 3415 MW'a çoğaltılabileceğini söylemek

mümkündür. Üretilen Toplam Tiryum(T) miktarı ise yılda 38.387 kg olmaktadır. Semikataize(D-D) reaksiyonu ile de 1431.6 kg ²³⁹Pu üretiminin gerçekleştirilebileceği gözlenmiştir. Bu ise 4.94 adet LWR'ün yakıt ihtiyacının üretilmesi demektir. Ayrıca, bu sistemle 1000MW'lık füzyon gücü 4274 MW'a çoğalmaktadır. Sistem tamamen kritikaltı çalışmaktadır ve kritiklik sırasıyla 0.4115 ve 0.312 olarak hesaplandığından nükleer enerji üretiminde, sistem güvenliği açısından da önemli üstünlükler sağlanabilmektedir.

Elde edilen değerler açısından Semikatalize(D-D) reaksiyonlu Hybrid Blanketin iyi bir performan sağladığı görülmektedir.

4. SONUÇ

Füzyon nötronlarının, bir hybrid blankette, bölünebilir yakıt ve enerji üretimine yönelik olarak kullanılması, bölünebilir yakıtla çalışan termal reaktörlerin . ortaya çıkan ve çıkabilecek olan yakıt açığını kapatmada ve termonükleer reaktörlerin, çok uzak gözüken ekonomik kullanım noktasına ulaşmadan, etkin olarak devreye sokulmasında, hybrid reaktörler, alternatif bir kaynak niteliği kazanmaktadır.

Blanket, içinde, değişik noktalara ait akı dağılım eğrilerinin incelenmesinin, sözkonusu blanketin, nötronik davranışını doğru bir şekilde yansıtmada, göz önüne alınması gerekli olan önemli bir kriter olduğu açık olarak gözlenmektedir. Diğer kriterlerin hesaplanmasından elde edilen sonuçlara göre, füzyon sürücüler içinde Semikatalize(D-D)' nin önemi belirgin hale gelirken, genel olarak Hybrid Sistem, atık radioaktif yakıtların değerlendirilmesinde ve buna uygun yeni reaktör sistemlerinin geliştirilmesinde önemli bir rol üstlenebilir. UO₂ yakıtını kullanan termal reaktörlerin atıklarının değerlendirilebilmesi için dikkate alınması gerekli bazı önemli kriterlerin değişiminin öncelikle ele alındığı bu çalışma, yapılacak yeni deneysel ve teorik çalışmalara yardımcı olabilir.

KAYNAKLAR

- [1] 'Energy Statistic Yearbook', United .Nation. New York 1990
- [2] 'WEC Conference and Studies Committee , Global Energy Conference', London 1989
- [3] 'WEC 1989 Survey of Energy Resources ', WEC ,London 1989
- [4] Pease ,R.S., 'Global Energy Scenarios and the Potential Role of Fusion Energy in the 21st Century ', Journal of Nuclear Materials 191-194 7-14 North Holland 1992
- [5] Greenspan , E., Miley , G.H., 'Pathways for Fusion Penetration into the Energy Economy ', Trans. Am. Nucl.Soc., 38,253,1981
- [6] Levrence .L., ' Proceeding of US-USSR Symposium on Fusion-Fission Reactor ', California Conference 760333, July 13-16, 1976
- [7] Moir,R. W., ' The Fusion-Fission Fuel Factory',Fusion., Vol.1., Part B. Chap.15 ,Teil E., Ed., Academic Press, New York. 1981.
- [8] Kulcinski , G.L., et all., 'Fusion Power From Lunar Resources .', Fusion Tech., Vol.1, July 1992
- [9] Stever, H.G., 'Fusion Policy Advisory Committee Final Report .', DOE/S-0081,U.S, Department of Energy Sep. 1990
- [10] Wittenberg , J.F., et all., 'Clean Thermonuclear Power from the Moon', Fusion Tech., 10,167, 1986
- [11] Kulcinski , G.L., et all., 'The Moon An Abundant Source of Clean and Safety Fuel

- for the 21st Century,' Proc. 11th Century, Moscow, USSR, October 1-6 Priroda 1,62 1990
- [12] Kulcinski, G.L., et al., 'The Commercial Potential of D-³He Fusion Reactor,' Proc. 12th Symposium Fusion Energy, Monterey, California, Oct. 12-16, Vol.1, p.772, Institute of Electrical and Electronic Engineers, 1987.
- [13] Kulcinski, G.L.,Comeron, E.N., ' Fusion Energy from the Moon for the 21st Century, ' Proc.,2nd Conf., Lunar, Bases and Space Activities of the 21st Century, Austin, Texas, April 5-7, Lunar and Planetary Institute 1991.
- [14] Emmert, G.A., et al., ' Possibilities of Brekave and Ignition of D/He-3 Fusion in a Nocr Term Tokamak ', Nucl., Fusion, 29,9,1437 1987
- [15] Meade, D., et al., ' Recent TFTR Result,' Proc., 13th Int. Conf., Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research ', International Atomic Agency, D.C., Oct. 1-6, Washington, 1991
- [16] Youssef, M.Z. and Conn, R.W., ' A survy of Fusion-Fission System Designs and Nuclear Analysis ', UWFDM-308, Univrsity of Wisconsin, July, 1979
- [17] Leonard, B.R.Jr., ' A Review of Fusion -Fission (Hybrid) Concepts,' , Nucl. Tech. ,20,161, 1973
- [18] Ipek.,O.,Erişen.,A.,' Hybrid Reactor System,' The 2nd International Conference On New Energy System And Conversion 31 July-4 August, Istanbul-Türkey, 1995
- [19] Maniscalco,J.,et al., 'Recent Progress in Fusion-Fission Hybrid Reactor Design Studies', Nucl. Tech./ Fusion, 1,419, 1981
- [20] Greenspan, E., ' Fusion-Fission Hybrid Reactor ', Advanced Nucl. Science and Tech. Vol.16., J, Lewins and M. Becker. Eds., Planum Press, New York 1984
- [22] Bachmann, H., et al., ' Neutron Spectrum and Tritium Production Measurements in Lithium Sphere to Check Fusion Reactor Blanket Calculation', Nucl. Sci. Eng., 47,74, 1948
- [23] Harker, Y.D., et all., ' TFTR Lithium Blanket Module Program Final Design Report ', Vol. VII, E66-PBS-6808i E666 Tdaho July, 1984.
- [24] Krumbein, A.D.,et al., ' Reaction Rate calculations in Uranium and Thorium Blankets Surrounding a Central Deuterium -Tritium Neotrñ Source', Nucl. Tech., 48,110, 1980
- [25] Şahin, S., et al., ' Investigation of Neutronic Potential of Moderated And Fast (D-T) Hybrid Blankets For Rejuvenation of Candu Spent Fuel', Fusion Tech. Vol 16, Nov, 1989
- [26] Engle, W.W.Jr., ' ANISN, A One-Dimensional Discreta Ordinates Transport Code With Anistropic Scattering', K-1693, Oak Ridge Gaseous Diffusion Plant, 1970, Uptated -1994
- [27] Şahin,S. and Al-Kusayer, T.A.,' conceptual design Studies of A Cylindrical Experimental ThO₂ Hybrid Blanket With (D-D Driver)', Atomkernenergie/Kernttechnik Vol. 47 No.4 1985