

7420

CANDU TÜKETİLMİŞ YAKITININ GENÇLEŞTİRİLMESİ İÇİN  
MODERE EDİLMİŞ VE HIZLI (D,T) HİBRİD BLANKETLERİN  
POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

Hüseyin YAPICI

T. C.  
Yükseköğretim Kurulu  
Dokümantasyon Merkezi

ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ' NE  
MAKİNA ANABİLİM DAL' INDA DOKTORA TEZİ OLARAK  
SUNULMUŞTUR

MART - 1989

Erciyes Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü' ne

Bu çalışma, jürimiz tarafından Makina Anabilim Dal' ında  
Doktora tezi olarak kabul edilmiştir

3 / 3 / 1989

Başkan : Prof. Dr. Sümer Sahin  
S. Sahin

üye : Doç. Dr. Ali İzzet...  
Ali İzzet

üye : Doç. Dr. Bekir Sami YILBAŞ, Bekir Sami Yılmaz

ONAY :

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait  
olduğunu onaylarım.

3 / 3 / 1989

Doç. Dr. Bekir Sami YILBAŞ  
Enstitü Müdürü

Bekir Sami Yılmaz

## Ö Z E T

Bu çalışmada, Modere edilmiş (termal) ve hızlı blanket potansiyeli, CANDU tüketilmiş yakıt elemanlarının gençleştirilmesi (rejuvenation) için incelendi. Modere edilmiş hibrid blanket zayıf nötronik performans gösterdiğinden dolayı CANDU tükenmiş yakıt gençleştirilmesi için uygun görülmedi. Hızlı bölünmeye (fast fissioning) dayalı hibrid blanket ise mükemmel nötronik performansa sahip olup aşağıda belirtilen üç farklı uygulamada fisil (bölünebilir) izotopların değişik zenginleştirme yüzdeleri (EGFI) için araştırma yapıldı.

- Konvansiyonel bir ticari CANDU reaktöründe yakıt çevrimi (EGFI = %0.71).
- Geliştirilmiş bir CANDU reaktöründe yüksek yanma oranı (Burn-up rate) ile yakıt çevrimi (EGFI = %1).
- Toryum yakıtlı geliştirilmiş bir üretken reaktöründe (Breeder) yakıt çevrimi (EGFI = %1,5).

2.25 MW/m<sup>2</sup>' ye eşdeğer 10<sup>14</sup> - 14 MeVn/cm<sup>2</sup>sn' lik bir ilk cidar (D,T) füzyon nötron akı yüküne maruz hızlı parçalanmaya dayalı blanket için 24 aya kadarlık bir gençleştirme periyodu %75' lik bir tesis faktörüyle araştırıldı.

Gençleştirme peryodları, yukarıda sözü edilen reaktör tipleri için 6 veya 9 aya kadarlık, 10 veya 16 aya kadarlık ve 18 aydan daha büyük dönemler için sırasıyla ayrı ayrı değerlendirildi.

M blanket enerji çoğalım katsayısı, 24 ayda sadece %20'lik bir artış göstermiştir. Bunun neticesinde bu güç üretim tesisi nükleer çekirdek dışı kısım için mükemmel bir kullanıma sahiptir. Aynı zamanda maksimum ortalama fisyon güç yoğunluğunun ortalama değerine oranı  $\Gamma$  yaklaşık %9.1 mertebesinde azalmaktadır.

## A B S T R A C T

The potential of moderated and fast hybrid blankets is investigated for the rejuvenation of CANDU spent fuel. The moderated hybrid blanket has revealed poor neutronic performance and is not suitable for CANDU spent fuel rejuvenation. The fast fissioning hybrid blanket has excellent neutronic performance and is investigated to achieve different enrichment grades of fissile isotopes (EGFI) for three different applications:

- Recycling in a conventional commercial CANDU reactor, (EGFI = 0.71%)
- Recycling in a advanced CANDU reactor concept with high burn-up rate (EGFI = 1%)
- Recycling in an advanced breeder with thorium fuel (EGFI = 1.5%)

For fast fissioning blanket, a rejuvenation period of up to 24 months is investigated by a plant factor of 75% under a first-wall (D,T) fusion neutron flux load of  $10^{14}$  -  $14 \text{ MeVn/cm}^2\cdot\text{sec}$ , corresponding to  $2.25 \text{ MW/m}^2$ .

The rejuvenation periods are evaluated for the above mentioned reactor types, as 6 to 9 months, 10-16 months and 18 months, respectively.

The blanket energy multiplication  $M$  increases only by about 20% in 24 months, i.e., the electricity production remains fairly constant during this period. Consequently, this power plant has an excellent exploitation of the non-nuclear island. In the same time, the peak-to-average fission power density ratio  $\Gamma$  decreases by about 9.1%.



## Ö Z G E Ç M İ Ş

1956 yılında Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini Adana'da tamamladı. 1979 yılında Adana İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Mühendislik Yüksek Okulunu bitirdi. Temmuz 1980' de Kayseri Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademi' sine Öğretim elemanı olarak girdi. 1982 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Anabilim Dal' ını bitirerek Yüksek Mühendis ünvanını aldı. 1985-1986 öğretim yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Anabilim Dal' ında doktora başladı. Halen bu Üniversite' nin Mühendislik Fakültesin' de öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.

T E Ő E K K Ü R

Doktora tez çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Sumer ŞAHİN ve Doç. Dr. Ali ERIŐEN' e, maddi ve manevi destekleri için Sayın Dekan veklimiz Doç. Dr. Bekir Sami YILBAŞ' a, fakültemiz elemanlarına ve .N.A.E.M.Nük. Müh. Bölümü çalışanlarına teşekkür ederim.



## I Ç İ N D E K İ L E R

	<u>Sayfa No</u>
Özet .....	iii
Abstract .....	v
Özgeçmiş .....	vii
Teşekkür .....	viii
İçindekiler .....	ix
Şekiller .....	x
Tablolar .....	xiii
Semboller ve Kısaltmalar .....	xv
1. Giriş .....	1
2. Hibrid Blanket .....	3
2.1. Füzyon-Fisyon Hibrid Sistemi .....	3
2.2. Blanket Geometrisi .....	4
3. Sayısal Hesaplar .....	13
3.1. Su Moderatörlü Blanket .....	17
3.2. Hızlı Parçalanmalı Blanket .....	17
4. Sonuçlar .....	44
Yararlanılan Kaynaklar .....	46
Ekler .....	49

## Ş E K İ L L E R

Sayfa No

- Şekil 1 : İncelenen hibrid blanketin kesit görünüşü  
(Su soğutmalı blanket için  $d = 14$  cm,  
Hava soğutmalı blanket için  $d = 15$  cm) 5
- Şekil 2 : Su soğutmalı hibrid blankette CANDU yakıt  
çubuklarının radyal yönde 5 sıra halinde  
altıgen dizilişi ( $V_m/N_F = 5.3$ ) 7
- Şekil 3 : Hava soğutmalı hibrid blankette CANDU yakıt  
çubuklarının radyal yönde 10 sıra halinde  
altıgen dizilişi 9
- Şekil 4 : İncelenen hibrid blankette CANDU yakıt  
çubuklarının altıgen yapıdaki hücre boyutları 10
- Şekil 5 : Su soğutmalı hibrid blankette yakıt  
bölgesinin merkezindeki nötron spektrumu 18
- Şekil 6 : Su soğutmalı hibrid blankette değişik zaman  
adımları için kümülatif fisil yakıt birikimi 20

- Şekil 7 : Hava soğutmalı hibrid blankette 2 yıllık bir tesis işletim periyodu boyunca kümülatif fisil yakıt birikimi 29
- Şekil 8 : Hava soğutmalı hibrid blankette farklı izotoplara ait füzyon nötron başına fisyon nötron yoğunluğu (başlangıçta) 31
- Şekil 9 : Hava soğutmalı hibrid blankette farklı izotoplara ait füzyon nötron başına fisyon nötron yoğunluğu (24 ay sonra) 32
- Şekil 10 : Hava soğutmalı hibrid blankette füzyon nötron başına Pu-239, Pu-240 ve Pu-241' in oluşma oranları 33
- Şekil 11 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (başlangıçta)  
A : İlk cidara bitişik yakıt bölgesi  
B : İlk Li<sub>2</sub>O bölgesine bitişik yakıt bölgesi 35
- Şekil 12 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu ( 2 ay sonra) 36
- Şekil 13 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu ( 4 ay sonra) 37
- Şekil 14 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu ( 8 ay sonra) 38

Şekil 15 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (12 ay sonra)	39
Şekil 16 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (16 ay sonra)	40
Şekil 17 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (20 ay sonra)	41
Şekil 18 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (24 ay sonra)	42
Şekil 19 : Hava soğutmalı hibrid blankette füzyon nötron başına trityum üretim oranı	43

## T A B L O L A R

	<u>Sayfa No</u>
Tablo I : Bir 600 MW' lık standard CANDU-PHW' de, farklı yanma safhaları için tabii uranyumun izotopik kompozisyonları (gr/kg) [13]	6
Tablo II : Radyal yönde, blanket bölgelerinin malzeme kompozisyonu	11
Tablo III : Blanket bölgelerinin malzeme kompozisyonları (başlangıçta)	12
Tablo IV : Sayısal hesaplamalarda kullanılan datanın enerji grup yapısı	14
Tablo V : Su soğutmalı blankette, (D,T) füzyon nötronu başına integral nötronik datanın tesis işletim periyodu boyunca değişimi	19
Tablo VI : Hızlı parçalanmalı blankette, (D,T) füzyon nötronu başına integral nötronik datanın tesis işletim periyodu boyunca değişimi	22

- Tablo VII : Birinci yakıt bölgesinde (ilk cidara komşu), fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi (parantez içi değerler yüzde olarak izotopik oranları göstermektedir) 23
- Tablo VIII : İkinci yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi 24
- Tablo IX : Üçüncü yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi 25
- Tablo X : Dördüncü yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi 26
- Tablo XI : Beşinci yakıt bölgesinde (ilk Li<sub>2</sub>O bölgesine komşu), fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi 27

## S E M B O L L E R V E K I S A L T M A L A R

- $dS$  = Diferansiyel yüzey elemanı  
 $dV$  = Diferansiyel hacim elemanı  
 $E$  = Nötron enerjisi  
 $PF$  = Tesis faktörü  
 $J$  = Nötron akımı  
 $k_{eff}$  = Hibrid blanketin efektif nötron çoğalım katsayısı  
 $L$  = Nötron kaçağı  
 $M$  = Blanket enerji çoğalım katsayısı  
 $N$  = İzotop atomik yoğunluk  
 $t$  = Tesis işletim zamanı

## Greek

- $\gamma$  = Yakalama tesir kesti  
 $\Gamma$  = Maksimum güç yoğunluğunun ortalamasına oranı  
 $\nu$  = Fisyon başına nötron üretimi  
 $\sigma$  = Mikroskopik tesir kesiti  
 $\Sigma$  = Makroskopik tesir kesiti  
 $\Phi$  = Nötron akısı

## Alt indisler

- $a$  = Absorbsiyon  
 $b$  = Üretim  
 $dep$  = Tüketim  
 $f$  = Fisyon  
 $m$  = Moderatör  
 $F$  = Yakıt

## B Ö L Ü M 1

### G I R I Ő

Mevcut nükleer güç tesisleri fisil yakıtın sadece belirli bir yüzdesini kullanabilmektedir. Tüketilmiş nükleer yakıtların bir hibrid blankette gençleştirilebilme ihtimali ilk kuşak füzyon reaktörleri için ilgi çekici bir uygulamadır.

Geçmişte bu imkan LWR tüketilmiş yakıtı için incelenmiştir [1,2]. CANDU tipi reaktörlerin birim yakıt kütlesi için düşük yakıt tüketim oranına ve dolayısıyla en yüksek tüketilmiş yakıt kütlesi/yakıt tüketim oranına sahip olmalarına rağmen, tüketilmiş CANDU yakıtının gençleştirilmesine çok az önem verilmiştir. Günümüzde işletilmekte olan pek çok CANDU reaktörü vardır ve gelecekteki kullanımına yönelik herhangi belirli plan ortaya konulmaksızın büyük miktarlarda tüketilmiş yakıt depo edilmektedir.

Mevcut çalışmada, yakıt bölgesinde CANDU tüketilmiş yakıtı bulunduran bir hibrid blanket incelendi. Çalışmanın temel amacı, böyle bir blanketi kullanabilecek bir nükleer güç üretim tesisinin büyük miktardaki elektrik üretim potansiyeline paralel olarak tüketilmiş yakıtın blanket içerisindeki gençleştirilme davranışının incelenmesidir.



Çalışma boyunca CANDU tüketilmiş yakıt geliştirilmesinin davranışı, kümülatif fisil yakıtın elde edilebilecek üç farklı zenginleştirme oranı için incelendi.

a) Konvansiyonel bir tip CANDU reaktöründe yakıt çevrimi için %0.71' lik zenginleştirme yüzdesi (tabii uranyum yüzdesi).

b) İleri tip ticari bir ağır su reaktöründe kullanıma yönelik %1' lik zenginleştirme yüzdesi. Son çalışmalar, bir CANDU reaktöründe yakıt tüketim oranının, yakıt yükü hafifçe zenginleştirildiğinde, büyük miktarlarda arttırılabileceğini göstermiştir [3].

c) Tasarlanmış toryum yakıtlı ileri bir CANDU üretken reaktöründe kullanmak üzere %1.5' lik zenginleştirme yüzdesi. Böyle bir reaktör tasarımı ticari olarak Th-232' den U-233' ün üretilmesi imkanını ekonomik bir tutarlılıkla gerçekleştirmek için, başlangıçta %1.5' den büyük bir zenginleştirme yüzdesi gerektirmektedir.

## B Ö L Ü M 2

### H İ B R İ D B L A N K E T

#### 2.1. FÜZYON - FİSYON HİBRİD SİSTEMİ

Bir füzyon-fisyon hibrid reaktörü D-D veya D-T füzyonunun oluşturduğu plazma ile bu plazmayı çevreleyerek, kaçan yüksek enerjili nötronları yakalayan üretken malzemedan (Th-232, U-238, Li-6, Li-7 gibi) oluşmuş ve kritikaltı çalışan bir blanketten ibarettir. D-T füzyonu sonucu oluşan yüksek enerjili (14 MeV) nötronlar, Th-232, U-238 gibi nötron yakalamaları sonucu U-233, Pu-239 ve Pu-241 gibi fisil nükleer yakıtın elde edildiği fertil malzemeler için yüksek parçalama yeteneğine sahiptir. Bu arada Li-6 ve Li-7'nin nötronlarla reaksiyona girmesi sonucu oluşan trityum, fisyon oluşumu için gerekli trityumu sağlamaktadır.

Hibrid reaktörlerin füzyon nötron kaynakları füzyon sürücüsü olarak adlandırılır. Elde edilen nötronların %99' u 14.1 MeV (D-T nötronları), %1' i ise 2-8 MeV (D-D ve D-T nötronları) enerjiye sahiptirler. Bu nedenle füzyon sonucu elde edilen nötronların genellikle 14 MeV' lik enerjiye sahip olduğu kabul edilir. Bu 14 MeV' lik nötronların üretken malzeme ile tepkimesi ile büyük bir nötron ve enerji çoğalımı olur. Hibrid reaktörlerin sahip olduğu diğer bir potansiyel de net trityum üretimidir.

## 2.2. BLANKET GEOMETRİSİ

Değerlendirilecek nötronik parametrelerin, daha önce hibrid reaktörlere ait yapılan çalışmalardakilerle karşılaştırılmasını sağlayacak şekilde bir deneysel hibrid blanket geometrisi seçildi. Bu geometri değişik zamanlarda uluslararası bilim topluluğuna sunulmuş ve değerlendirilmiştir. [5,11]. Şekil 1, bu çalışmada esas alınan blanket geometrisini göstermektedir.

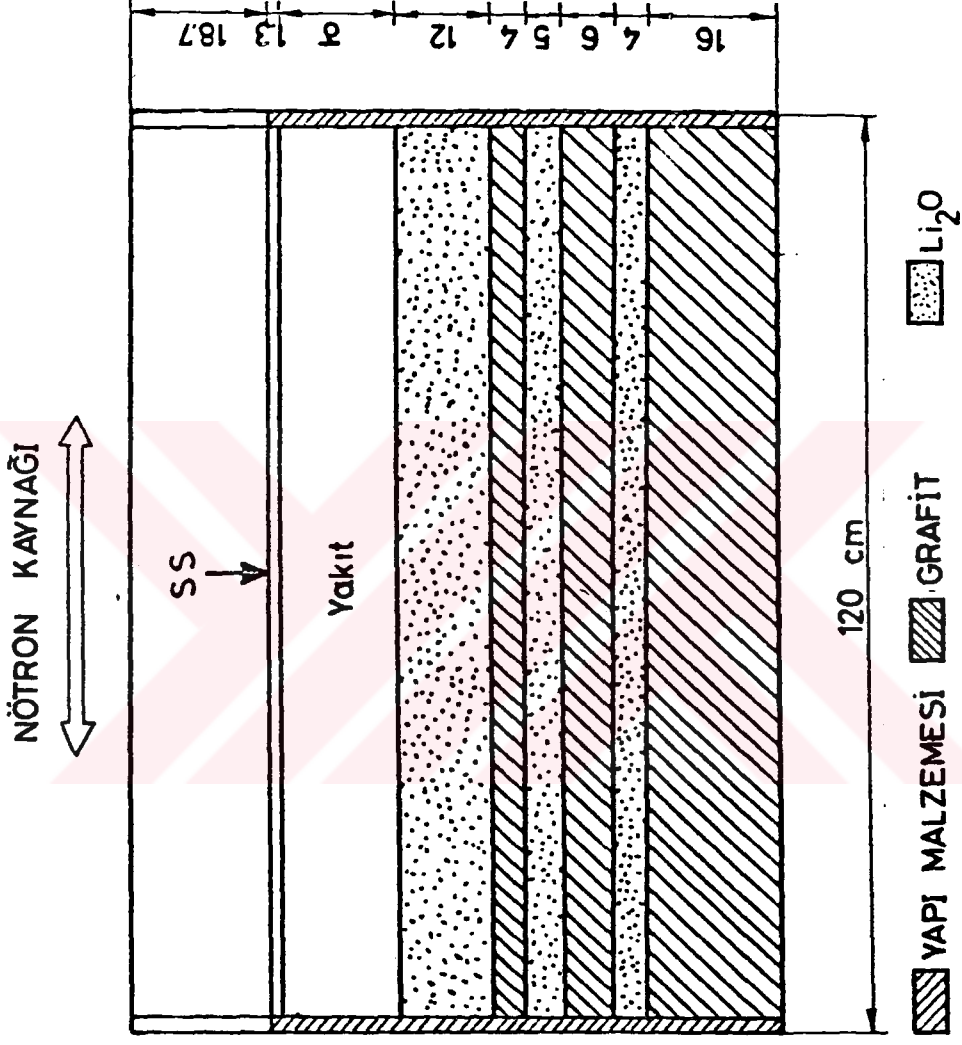
Fisil yakıt bölgesi, zirkolay kılıflı ve içerisinde tüketilmiş yakıt bulunan CANDU yakıt çubuklarından meydana gelmiştir. Bu yakıt çubuklarının izotopik kompozisyonu bir çevrimlik tabii uranyum yakıtıyla çalışan CANDU-PHWR' de 12252 MWD/T' luk yakıt tüketim oranına karşı gelen değerlerdir [12]. Tablo I, tipik bir CANDU yakıtının izotopik kompozisyonunun değişimini göstermektedir. Bu çalışmada, Tablo I' deki en yüksek yakıt tüketim oranı hibrid blankette kullanmak üzere tüketilmiş yakıtın tüketim oranı olarak seçildi.

İki farklı soğutucu uygulaması araştırıldı.

a) Modere edilmiş bir hibrid blanket için su ile soğutma.

b) Hızlı bir hibrid blanket için hava ile soğutma.

Şekil 2, su moderatörlü bir hibrid blanket içerisindeki CANDU tüketilmiş yakıt çubuklarının altıgen düzenlenişini göstermektedir. Bu düzenlemede yakıt, kılıf ve suyun hacim yüzdeleri sırasıyla %15.5, %3.5 ve %82 olarak hesaplandı. Bu tasarımda füzyon kaynak nötronlarının yakıt bölgesinde dikkate değer bir moderasyonunu sağlayabilmek için relatif olarak yüksek bir moderatör/yakıt oranı seçildi.



Şekil 1 : İncelenen hibrid blanketin kesit görünüşü  
 (Su soğutmalı blanket için  $\sigma = 14$  cm,  
 Hava soğutmalı blanket için  $\sigma = 15$  cm)

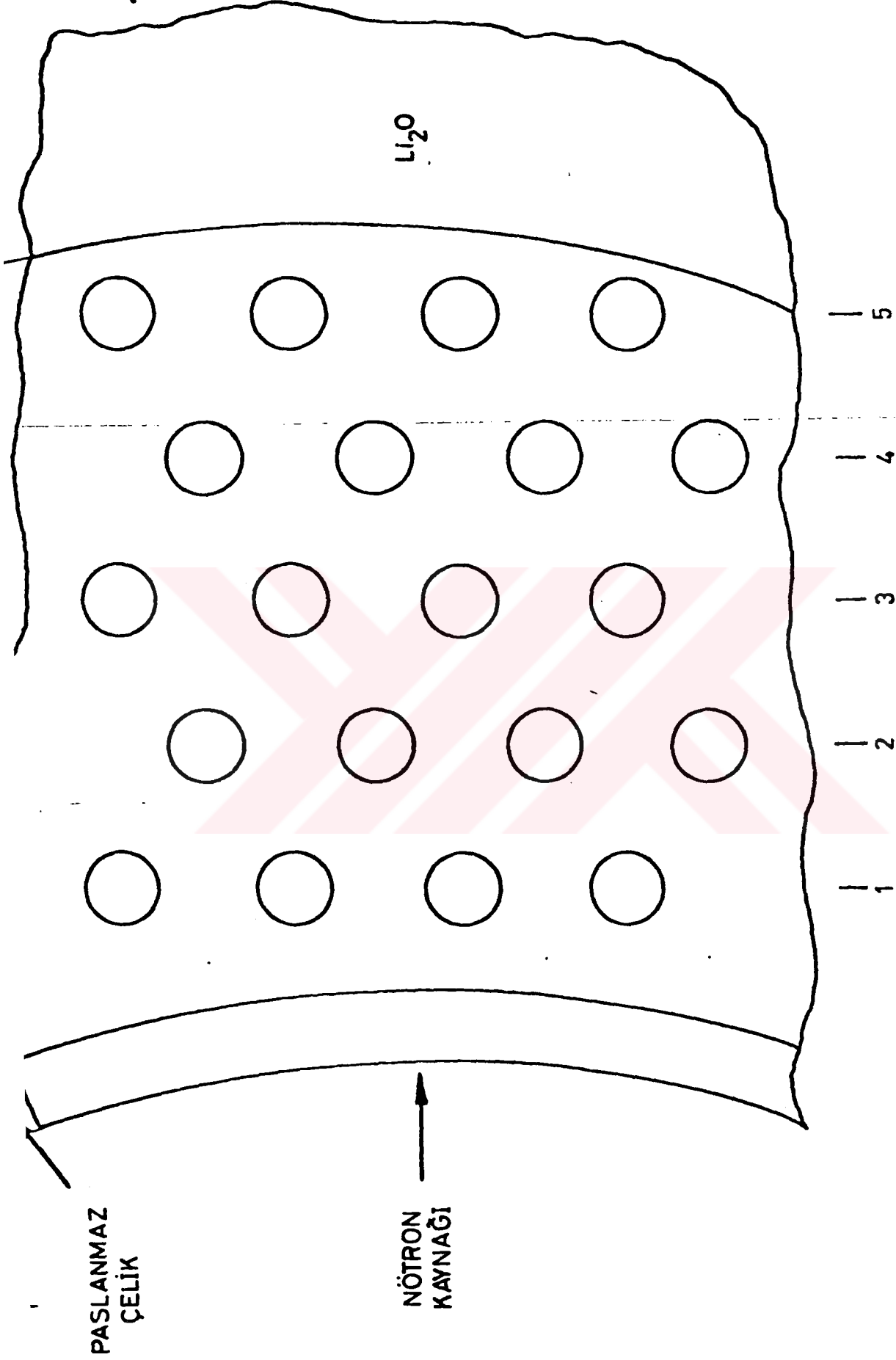
TABLO I

Bir 600 MW'lık standard CANDU-PHW' de farklı yanna safhaları için tabii uranyumun izotopik kompozisyonları (gr/kg yakıt) [13]

IZOTOP	U-235	U-236	Np-237	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Pu-242	TOPLAM Pu	CM-242	AM-241
YANMA											
(MWd/T)											
0.	7.116E+00	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
790.	6.255E+00	1.329E-01	9.157E-04	9.451E-06	6.878E-01	2.603E-02	1.161E-03	2.665E-05	7.150E+01	1.482E-08	7.745E-07
1617.	5.500E+00	2.492E-01	2.815E-03	6.974E-05	1.209E+00	1.024E-01	8.680E-03	4.316E-04	1.320E+00	5.585E-07	1.250E-05
2466.	4.838E+00	3.506E-01	5.353E-03	2.094E-04	1.603E+00	2.112E-01	2.435E-02	1.939E-03	1.841E+00	4.023E-06	5.583E-05
3324.	4.257E+00	4.390E-01	8.384E-03	4.450E-04	1.902E+00	3.402E-01	4.662E-02	5.241E-03	2.294E+00	1.495E-05	1.479E-04
4182.	3.747E+00	5.159E-01	1.179E-02	7.863E-04	2.126E+00	4.805E-01	7.355E-02	1.084E-02	2.672E+00	3.895E-05	2.967E-04
5035.	3.300E+00	5.826E-01	1.547E-02	1.237E-03	2.294E+00	6.261E-01	1.035E-01	1.904E-02	3.044E+00	8.152E-05	5.027E-04
5880.	2.908E+00	6.404E-01	1.934E-02	1.799E-03	2.420E+00	7.726E-01	1.351E-01	3.000E-02	3.359E+00	1.473E-04	7.611E-04
6715.	2.564E+00	6.905E-01	2.332E-02	2.467E-03	2.513E+00	9.168E-01	1.674E-01	4.379E-02	3.644E+00	2.397E-04	1.064E-03
7538.	2.261E+00	7.337E-01	2.737E-02	3.236E-03	2.582E+00	1.057E+00	1.997E-01	6.035E-02	3.902E+00	3.607E-04	1.403E-03
8349.	1.996E+00	7.711E-01	3.142E-02	4.100E-03	2.632E+00	1.191E+00	2.315E-01	7.961E-02	4.138E+00	5.113E-04	1.768E-03
9150.	1.762E+00	8.032E-01	3.544E-02	5.050E-03	2.668E+00	1.319E+00	2.623E-01	1.014E-01	4.356E+00	6.911E-04	2.152E-03
9939.	1.557E+00	8.308E-01	3.942E-02	6.079E-03	2.694E+00	1.440E+00	2.918E-01	1.257E-01	4.557E+00	8.992E-04	2.546E-03
10719.	1.376E+00	8.545E-01	4.332E-02	7.177E-03	2.711E+00	1.554E+00	3.200E-01	1.521E-01	4.745E+00	1.134E-03	2.946E-03
11489.	1.217E+00	8.747E-01	4.714E-02	8.337E-03	2.723E+00	1.661E+00	3.468E-01	1.807E-01	4.921E+00	1.393E-03	3.345E-03
12252.	1.076E+00	8.918E-01	5.085E-02	9.550E-03	2.731E+00	1.762E+00	3.720E-01	2.111E-01	5.085E+00	1.674E-03	3.739E-03

Yakıt yoğunluğu 10.35900E-6 gr/m\*\*3

a) U-238 = 987 gr/kg



Şekil 2 : Su soğutmalı hibrid blankette CANDU yakıt çubuklarının radyal yönde 5 sıra halinde altıgen dizilişi ( $V_m/N_F = 5.3$ )

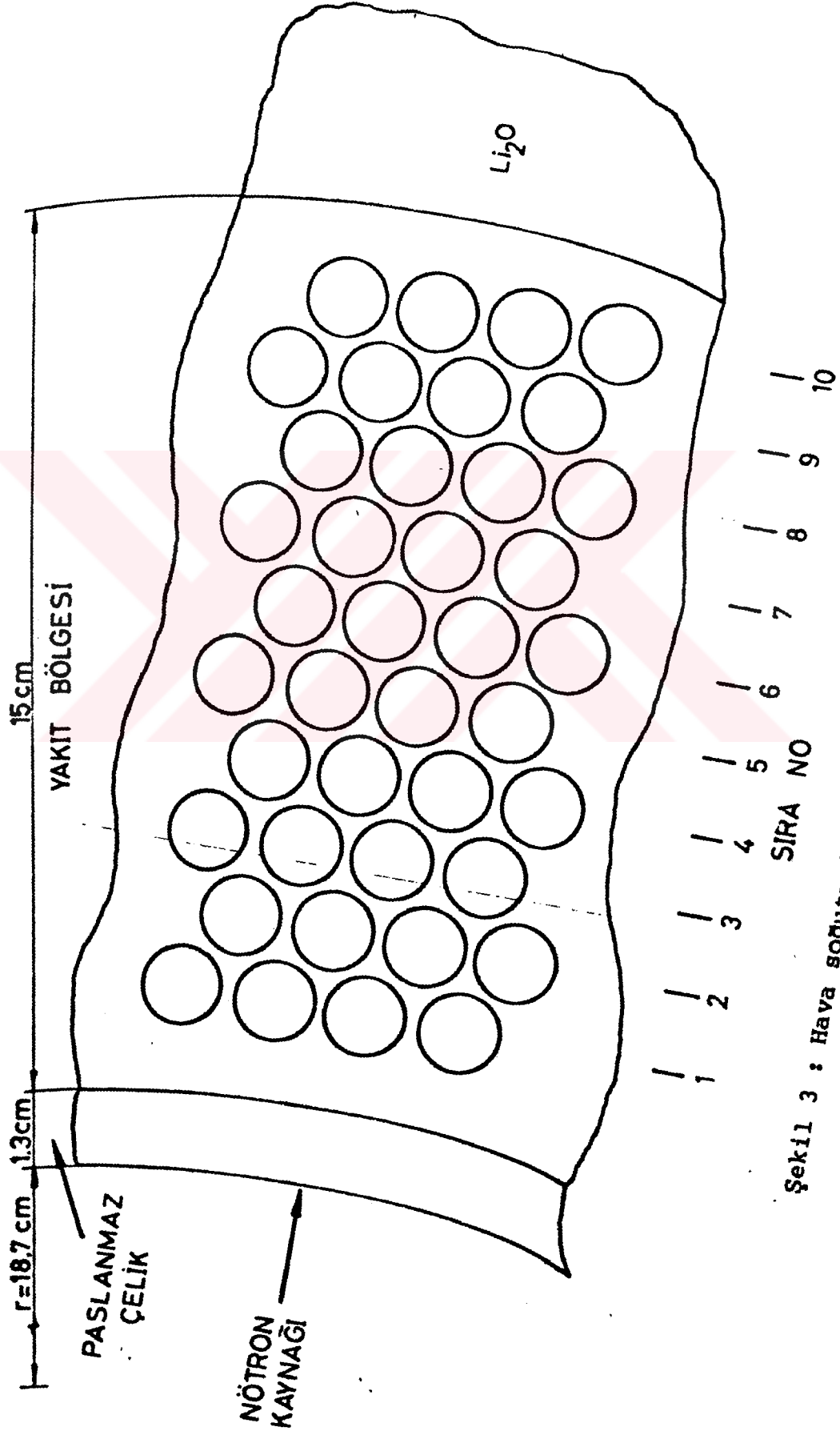
Şekil 3 bir hava soğutmalı hızlı blanketin kesit görünüşünü göstermektedir. Bu altıgen yakıt çubuk düzenlenmesinde, nötronik incelemelerde gaz soğutmalı hızlı bir blanketi simule edecek şekilde yakıt, kılıf ve hava hacim yüzdeleri sırasıyla %59.5, %9.5 ve %31 olarak hesaplandı.

Şekil 4 tipik bir yakıt hücresinde, her iki soğutma durumu için, esas ölçüleri göstermektedir.

İncelenen blanket bölgelerinin malzeme bileşimleri ve ölçüleri TABLO II' de verilmektedir.

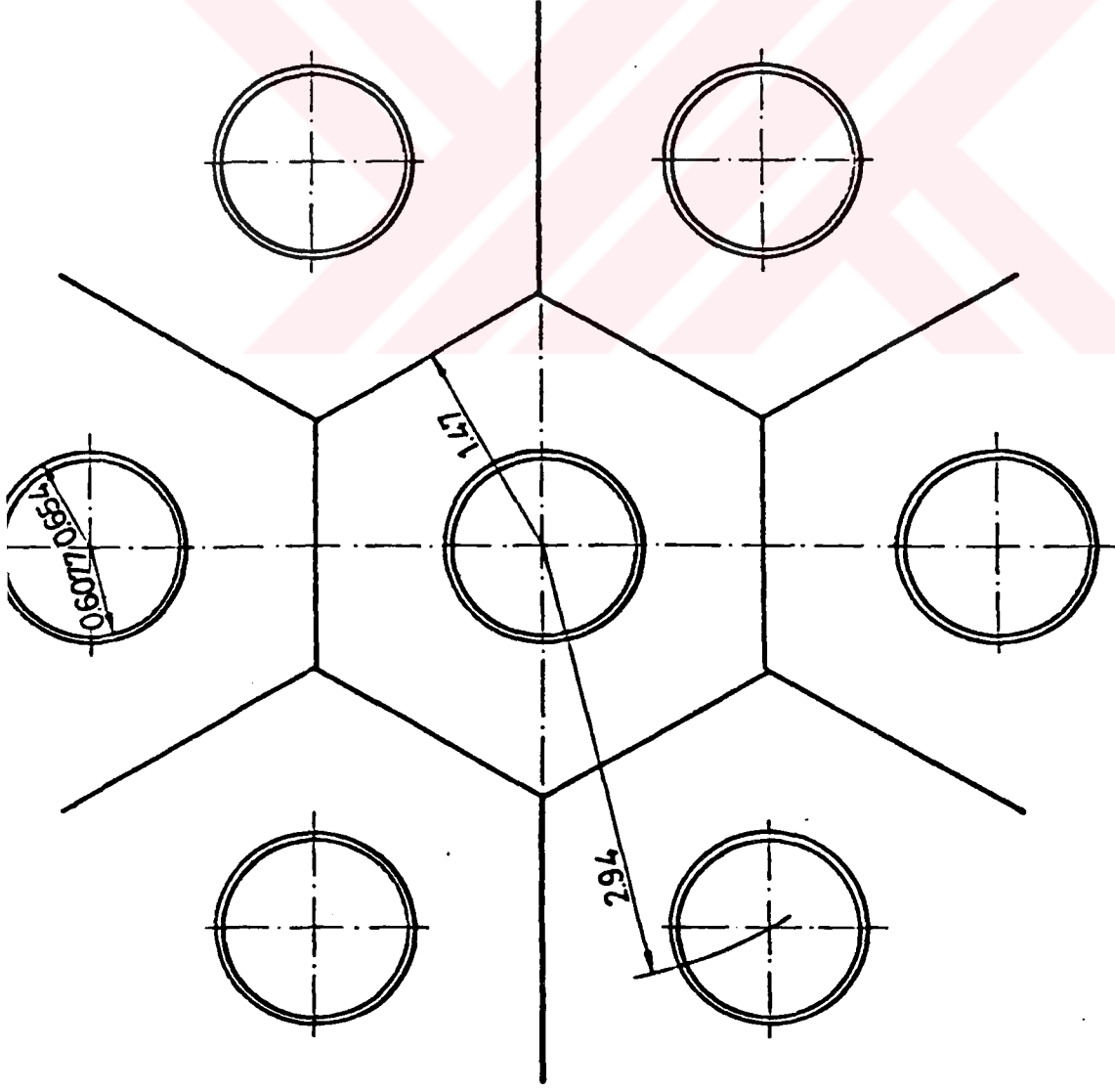
Tablo III incelenen blanketlerdeki başlangıç itibariyle malzeme bileşimleri ve homojenize edilmiş yoğunlukları göstermektedir.

Daha önceki çalışmalar, nötron spektrumundaki lokal yumuşama sebebiyle berilyumdan meydana gelen bir nötron çoğaltıcı tabakanın, hemen yanı başında ortaya çıkacak lokal fisyon ısınmasına engel olmak için, kullanılmamasını tavsiye etmektedir [9,11]. Böylece mevcut çalışmada herhangi bir berilyum tabaka kullanılmadı.

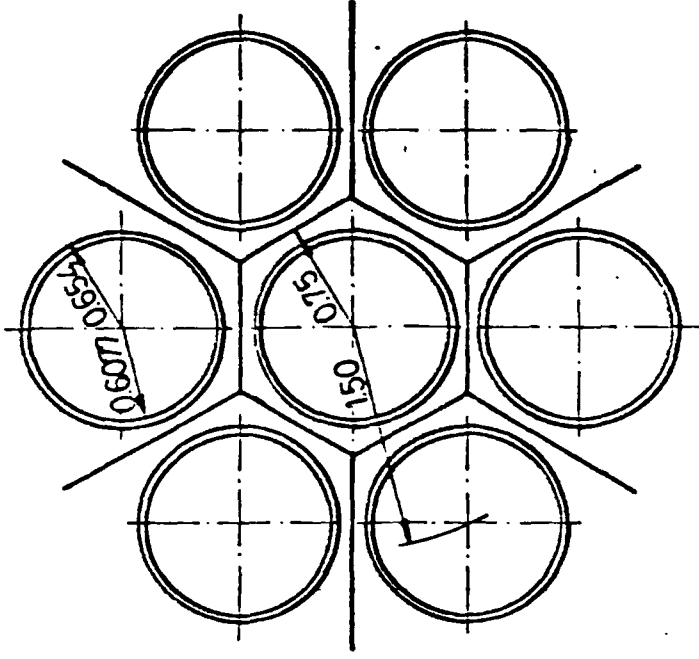


Şekil 3 : Hava soğutmalı hibrid blankette CANDU yakıt çubuklarının radyal yönde 10 sıra halinde altıgen dizilişi





a)SU MODERATÖRLÜ



b)HAVA SOĞUTMALI

Şekil 4 : İncelenen hibrid blankette CANDU yakıt çubuklarının altıgen yapıdaki hücre boyutları

TABLO II

Radyal yönde, blanket bölgelerinin malzeme kompozisyonları

BÖLGE	MALZEME	BOYUTLAR [cm]	
		Su Moderatörlü	Hava Soğutmalı
Boşluk	Hava	0 - 18.7	0 - 18.7
İlk cidar (a) Yakıt	Tip 316 paslanmaz çelik CANDU kullanılmış yakıtı + su CANDU kullanılmış yakıtı (hava soğutmalı)	18.7 - 20 20 - 34 —	18.7 - 20 — 20 - 35
Trityum Üretme Reflektör	Li <sub>2</sub> O Grafit	34 - 46 46 - 50	35 - 47 47 - 51
Trityum Üretme Reflektör	Li <sub>2</sub> O Grafit	50 - 55 55 - 61	51 - 56 56 - 62
Trityum Üretme Reflektör	Li <sub>2</sub> O Grafit	61 - 65 65 - 81	62 - 66 66 - 82

a) Yakıt bölgesi kalınlıkları tasarlanmış birçok hibrid blankette 10 ile 20 cm arasında değişmektedir

TABLO III

Blanket bölgelerinin malzeme kompozisyonları (başlangıçta)

BÖLGE	MALZEME	ÇEKİRDEK	ÇEKİRDEK YOĞUNLUĞU [ $10^{30}/m^3$ ]	
			SU MODERATÖRLÜ	HAVA SOĞUTMALI
ilk cidar	Tip 316 paslanmaz çelik (a)	—	—	—
Yakıt	CANDU kullanılmış yakıtı + su CANDU kullanılmış yakıtı (hava soğutmalı)	Zirkolay Oksijen Hidrojen U-235 U-236 U-238 Np-237 Pu-239 Pu-240 Pu-241 Pu-242	1.16100E-3 3.45775E-2 5.48295E-2 3.85357E-6 3.19388E-6 3.55598E-3 1.82113E-7 9.78077E-6 6.31040E-6 1.33227E-6 7.56031E-7	6.07936E-3 2.75098E-2 — 1.48003E-5 1.22668E-5 1.36573E-2 6.99437E-7 3.75646E-5 2.42361E-5 5.11682E-6 2.90366E-6
Tritiyum Üretme	Li <sub>2</sub> O	Li-6 Li-7 Oksijen Aliminyum	4.63794E-3 5.70367E-2 3.08374E-2 3.01356E-3	4.63794E-3 5.70367E-2 3.08374E-2 3.01356E-3
Reflektör	Karbon	Karbon	1.12840E-1	1.12840E-1

a) 316 paslanmaz çelik için tesir kesitleri GAT Kütüphanesinde yer almaktadır

## B Ö L Ü M 3

### S A Y I S A L H E S A P L A R

Nötronik analiz GAT çok gruplu nötron datası [13] eşliğinde S<sub>4</sub>-P<sub>1</sub> yaklaşımıyla ANISN Nötron Transport Kod' u [14] kullanılarak gerçekleştirildi. Nötron datasının orjinal 200 grupluk yapısı GGC-4 Bilgisayar Kod' u [13] ile yapılan bir hücre hesaplaması sonucunda 97 grupluk bir enerji yapısına (47 hızlı + 2.3 eV altında 50 termal) indirgendi. Elde edilen bu datalar Tablo IV' de verilmektedir. GGC-4 Kod' u, rezonans enerji bölgesi self-shielding tesirlerini Nordheim Integral metotlarıyla [15,16] göz önüne almaktadır. GAT, saçılma tesir kesitlerini sadece P<sub>1</sub> yaklaşımıyla ihtiva etmektedir. Bu datanın seçilmesindeki temel düşünce termal grupların çok gruplu bir yapıda uygun bir şekilde göz önüne alınmalarına ve GAT aracılığıyla rezonans self-shielding hesaplamalarının gerçekleştirilmesi imkanının olmasına dayalıdır. Diğer çalışmalarda kullanılan çok gruplu datalar (CLAW-4 [17] ve DLC-2F [18] gibi) yüksek merteye yaklaşımlı anizotropik saçılma tesir kesitlerini ihtiva etmesine rağmen termal enerjiler için çok düşük sayıda gruba sahiptir.

TABLO IV

Sayısal hesaplamalarda kullanılan datanın enerji grup yapısı  
( $E_{max} = 1.49180E+07$  eV)

Grup	$E_g^a$	$\Delta U_g$	Grup	$E_g$	$\Delta U_g$	Grup	$E_g$	$\Delta U_g$
1	1.34986E+07	0.10	33	2.03478E+03	0.50	65	8.50000E-01	0.05
2	1.10517E+07	0.20	34	1.23410E+03	0.50	66	7.50000E-01	0.13
3	9.04837E+06	0.20	35	7.48519E+02	0.50	67	6.83000E-01	0.09
4	7.40818E+06	0.20	36	4.54000E+02	0.50	68	6.25000E-01	0.09
5	6.06331E+06	0.20	37	2.75365E+02	0.50	69	5.90000E-01	0.06
6	4.96583E+06	0.20	38	1.67017E+02	0.50	70	5.50000E-01	0.07
7	4.06570E+06	0.20	39	1.01301E+02	0.50	71	5.00000E-01	0.10
8	3.32871E+06	0.20	40	6.14422E+01	0.50	72	4.80000E-01	0.04
9	2.72532E+06	0.20	41	3.72665E+01	0.50	73	4.70000E-01	0.02
10	2.23130E+06	0.20	42	2.26033E+01	0.50	74	4.50000E-01	0.04
11	1.82684E+06	0.20	43	1.37096E+01	0.50	75	4.20000E-01	0.07
12	1.49569E+06	0.20	44	8.31529E+00	0.50	76	3.80000E-01	0.10
13	1.22456E+06	0.20	45	5.04348E+00	0.50	77	3.50000E-01	0.08
14	1.00259E+06	0.20	46	3.05902E+00	0.50	78	3.30000E-01	0.06
15	8.25850E+05	0.20	47	2.38237E+00	0.25	79	3.10000E-01	0.06
16	6.72055E+05	0.20	48	2.38000E+00	0.01	80	2.90000E-01	0.07
17	5.50232E+05	0.20	49	2.29000E+00	0.04	81	2.70000E-01	0.07
18	4.50492E+05	0.20	50	2.00000E+00	0.14	82	2.50000E-01	0.08
19	3.68832E+05	0.20	51	1.86000E+00	0.07	83	2.30000E-01	0.08
20	3.01974E+05	0.20	52	1.60000E+00	0.15	84	2.00000E-01	0.14
21	2.47235E+05	0.20	53	1.44000E+00	0.11	85	1.60000E-01	0.22
22	2.02419E+05	0.20	54	1.30000E+00	0.10	86	1.20000E-01	0.29
23	1.65727E+05	0.20	55	1.20000E+00	0.08	87	9.50000E-02	0.23
24	1.35686E+05	0.20	56	1.13000E+00	0.06	88	8.50000E-02	0.11
25	1.11090E+05	0.20	57	1.11000E+00	0.02	89	7.50000E-02	0.13
26	6.73795E+04	0.50	58	1.08000E+00	0.03	90	6.50000E-02	0.14
27	4.08677E+04	0.50	59	1.06000E+00	0.02	91	5.00000E-02	0.26
28	2.47875E+04	0.50	60	1.02500E+00	0.03	92	3.00000E-02	0.51
29	1.50344E+04	0.50	61	9.90000E-01	0.03	93	2.00000E-02	0.41
30	9.11882E+03	0.50	62	9.70000E-01	0.02	94	1.00000E-02	0.69
31	5.53085E+03	0.50	63	9.30000E-01	0.04	95	7.00000E-03	0.36
32	3.35463E+03	0.50	64	9.90000E-01	0.04	96	4.00000E-03	0.56
						97	1.00000E-03	1.39

a) Alt enerji sınırı

ANISN Kod' u için, incelenen hibrid blanketeye uygun hazırlanan ve tesis işletim periyodunca değişen inputlardan 1. (başlangıçta) ve 2. si (2 ay sonraki) Ek 1-2' de sunulmaktadır. ANISN Kod' unun çalıştırılmasından sonra elde edilen sonuçları değerlendirerek yukarıda bahsedilen inputları hazırlayan bir bilgisayar programı Ek 3' de yine bu sonuçları kullanarak trityum hesaplarını yapan diğer bir bilgisayar programı da Ek 4' de verilmektedir.

Yukarıda verilen CANDU tüketilmiş yakıtlı iki farklı hibrid blanketin nötronik performansını ve gençleştirme davranışını değerlendirmek üzere bir dizi hesaplamalar yapıldı. Blanketteki geçici olarak ortaya çıkabilecek en büyük tesirleri görebilmek için yakıt bölgesinin büyük füzyon reaktör dizayn çalışmalarında da gözönüne alınan  $2.25 \text{ MW/m}^2$ ' lik bir ilk cidar nötron yüküne maruz bırakıldığı kabul edildi. Bu değer  $10^{14}$ - $14 \text{ MeVn/cm}^2\text{sn}$ ' lik bir füzyon nötron akısına tekabül etmektedir. Ayrıca, PF tesis kullanım faktörü  $\approx 75$  olarak alındı. Bu nötron yükü altında yakıt bileşimindeki değişimler aşağıdaki reaksiyonlar göz önüne alınarak değerlendirildi.

1) Üretim (breeder) reaksiyonları ( $\sigma_b$ ):

U-238 (n, $\gamma$ ) Pu-239  
 Pu-240 (n, $\gamma$ ) Pu-240  
 Pu-240 (n, $\gamma$ ) Pu-241  
 Pu-241 (n, $\gamma$ ) Pu-242

2) Tüketim (depletion) reaksiyonları ( $\sigma_{dep}$ ):

U-235, U-236, U-238, Np-237, Pu-239, Pu-241 ve Pu-242 için.

Her bir izotop için ayrı ayrı yoğunlukta ortaya çıkabilecek  $\Delta N$  kısmi değişimleri aşağıda gösterildiği gibi hesaplandı.

Üretim reaksiyonları için:

$$+ \Delta N_2 = PF. \Delta t. N_1. \int_E \sigma_{b1}(E). \Phi(E). dE. \quad (1)$$

1 ve 2 indisleri sırasıyla ana ve türev izotopları temsil etmektedir.

Tüketim reaksiyonları için:

$$- \Delta N = PF. \Delta t. N. \int_E \sigma_{dep}(E). \Phi(E). dE. \quad (2)$$

Blanket hesaplamaları,  $PF = 0.75$  lik bir tesis faktörü ve değişik tesis işletim zaman aralıkları için aşağıdaki 3.1 ve 3.2 alt bölümlerinde açıklandığı üzere yakıt bileşimindeki yoğunluk değişiklikleri dikkate alınarak gerçekleştirildi.

### 3.1. SU MODERATÖRLÜ BLANKET

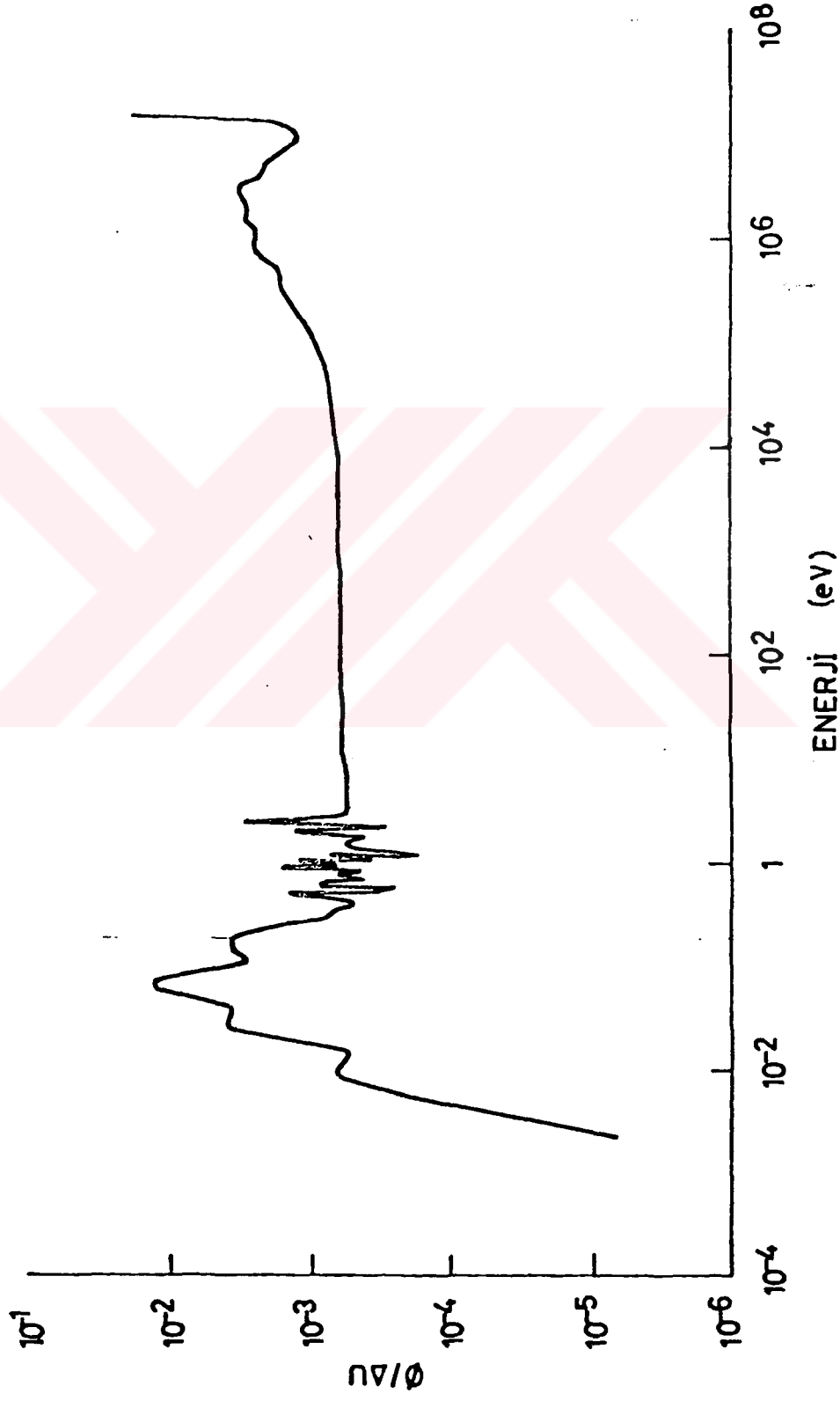
İlk seri nötronik hesaplamalar Şekil 1 ve 2' de gösterilen hafif su moderatörlü blanket için yapıldı. Şekil 5 yakıt bölgesinin merkezindeki nötron spektrumunu göstermektedir. Bu şekilden, yakıt bölgesinde iyi bir şekilde modere edilmiş nötron spektrumunun hakimiyeti gözlenebilmektedir.

Tablo V, bu CANDU tüketilmiş yakıtını kullanan su moderatörlü hibrid blanketin ilk 2 aylık nötronik performansını göstermektedir. Olumsuz bir nokta olarak, daha önceki çalışmalarda yer alan benzer ölçü ve geometriye sahip blanketlerle karşılaştırıldığında bu blanket düşük bir performansa sahiptir [7,11]. Ayrıca trityum üretim oranında çok düşüktür. Şekil 6 değişik zaman adımları için kümülatif fisil yakıt (U-235 + Pu-239 + Pu-241) zenginleştirilmesinin (CFFE) değişimini göstermektedir. 2 aylık bir tesis işletim periodundan sonra toplam zenginleştirme derecesinin azalmaya başladığı görülmektedir. Böylece bu su moderatörlü blanketin tüketilmiş yakıt geliştirilmesi için uygun olmadığı sonucuna varıldı.

### 3.2. HIZLI PARÇALANMALI BLANKET

Şekil 1 ve 3' de incelenen hızlı nötronlarla gerçekleştirilen çekirdek bölünmesine dayalı blankette yakıt çubukları, fisil izotopların atomik yoğunlukları hava soğutmalıda daha yüksek olacak şekilde, moderatörlü durumdan, daha kompakt olarak düzenlendi (Tablo III' e bakınız). Böylece hızlı bölünme esaslı hibrid blankette daha iyi bir nötron ekonomisinin ortaya çıkabileceği beklenebilir.





Şekil 5 : Su soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesinin merkezindeki nötron spektrumu

TABLO V

Su soğutmalı blankette (D,T) füzyon nötronu başına nötronik datanın tesis işletim peryodu boyunca değişimi

Tesis işletim peryodu [Aylar]	0	2
$T_6$	3.32166E-1	3.32164E-1
$T_7$	5.26069E-2	5.26052E-2
$T_{total}$	3.83935E-1	3.83869E-1
$V\Sigma_f$	1.04517E+0	1.04517E+0
$\Sigma_f$	3.46741E-1	3.76069E-1
$L^a$	1.78623E-2	1.78620E-2
$M^b$	6.03071E+0	6.44671E+0
$k_{eff}^c$	4.70096E-1	4.70096E-1
$\Gamma^d$	1.25949E+0	1.25950E+0

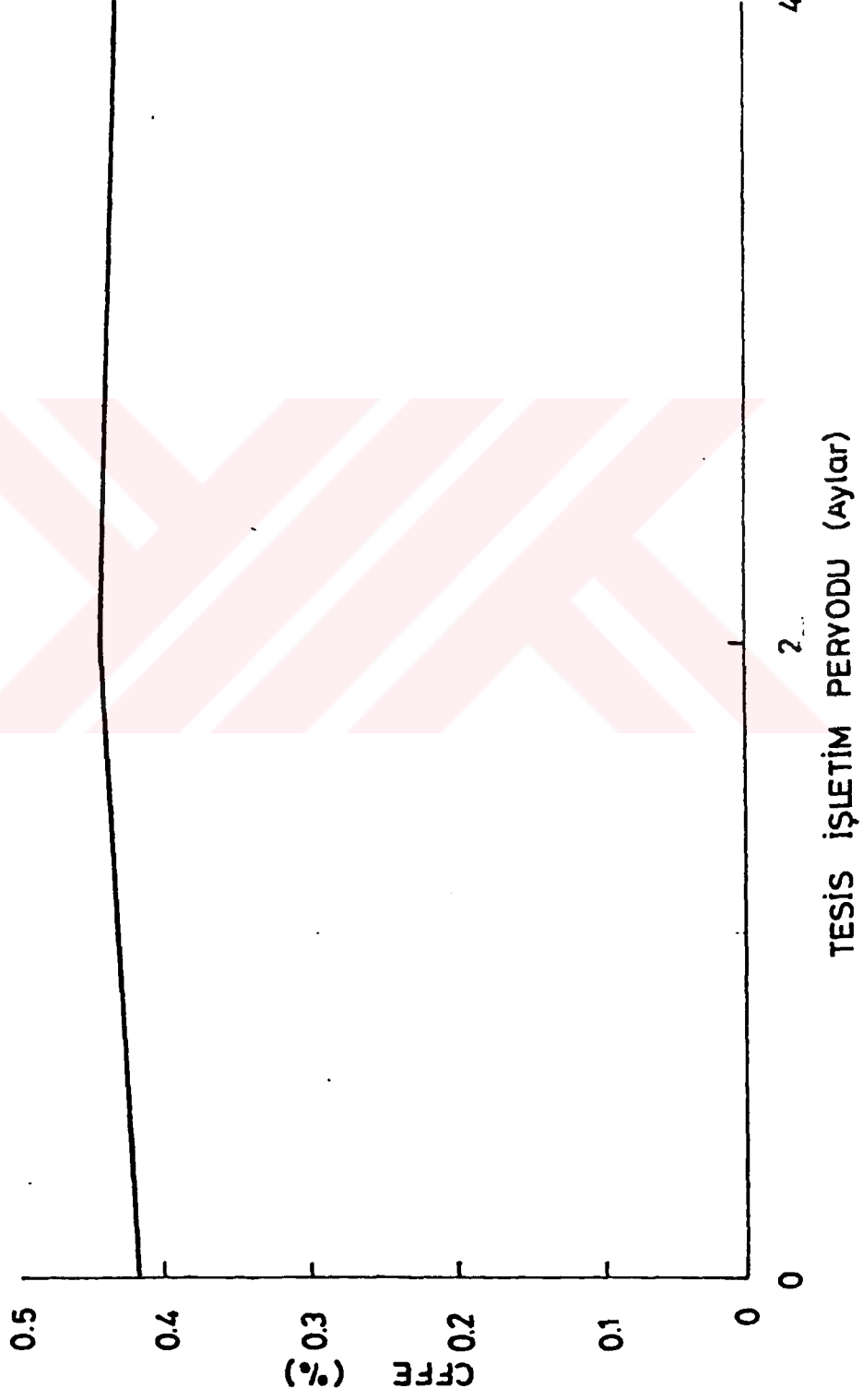
a)  $L$  = Radyal nötron kaçağı

b)  $M = \frac{\text{Blankette açığa çıkan enerji}}{14.1} + 1$

$$\int \int V \Sigma_f \cdot \phi \cdot dV \cdot dE$$

c)  $k_{eff} = \frac{\int \int V \Sigma_f \cdot \phi \cdot dV \cdot dE}{\int \int \Sigma_a \cdot \phi \cdot dV \cdot dE + \int \int J \cdot dS \cdot dE}$  (  $J$  : Nötron akımı )

d)  $\Gamma$  = Maksimum güç yoğunluğunun ortalamasına oranı



Şekil 6 : Su soğutmalı hibrid blankette değişik zaman adımları için kümülatif fisil yakıt birikimi

Sayısal hesaplamalar sırasında fisyon yapabilen (fissionable) izotopların atomik yoğunluklarının değişimi, fisil yakıt bölgesindeki spektral değişimin dikkate alınmasıyla detaylı olarak takip edildi. Bu yüzden yakıt bölgesi, bu bölgedeki yoğunluk değişimlerinin relatif olarak daha hassas bir tarzda değerlendirilebilmesi için eşit aralıklı 5 alt bölgeye ayrıldı.

Tablo VI, 24 aya kadarlık bir tesis işletim dönemi için hızlı hibrid blanketteki en önemli integral nötronik data-nın geçici değişimlerini göstermektedir. Tüm blanket nötronik performansının genel fakat yavaş bir gelişimi gözle-nebilmektedir. M hibrid blanket enerji çoğalım faktörü 2 yıl içerisinde yaklaşık olarak %20 artmaktadır. Aynı dö-nemde maksimum fisyon güç yoğunluğunun ortalamasına oranı olan  $\beta$ 'da %9.1 lik gibi hafif bir düşme söz konusudur. Tritiyum üretimi açısından blanket kendi kendine yeterli-dir. Tritiyum üretim bölgesi ve grafit reflektörünün sandviç katmanlı yapısı radyal yöndeki nötron kaçağını düşürür [5,6].

Tablo VII - XI farklı yakıt bölgelerindeki 24 aya kadarlık bir tesis işletim periyodu için fisyon yapabilen izotoplara ait atom yoğunluklarının değişimini göstermektedir. U-235, Pu-239 ve Pu-241 gibi fisil izotopların temporal (zamana göre değişen) davranışının uzun dönemde takip edilmesi aşağıda açıklanacağı gibi çok ilgi çekicidir.

- Tabii fisil izotop olan U-235 kararlı bir şekilde tüketilmektedir.

- İkincil türev olan fisil izotop Pu-241'in atom yoğunluğu yaklaşık olarak sabit kalacak şekilde bu izotopa ait tüketim ve üretim oranları çok iyi dengelenmektedir.

TABLO VI

Hızlı parçalanmalı blankette (D,T) füzyon nötronu başına  
integral nötronik datanın tesis işletim periyodu boyunca değişimi

Tesis İşletim Periyodu [Aylar]	0	2	4	8	12	16	20	24
T <sub>6</sub>	1.06317E+0	1.07021E+0	1.07719E+0	1.09146E+0	1.10574E+0	1.12045E+0	1.13512E+0	1.14989E+0
T <sub>7</sub>	3.62957E-2	3.63542E-2	3.64134E-2	3.65334E-2	3.66560E-2	3.67811E-2	3.69089E-2	3.70391E-2
T <sub>1000</sub>	1.09947E+0	1.10657E+0	1.11360E+0	1.12799E+0	1.14240E+0	1.15723E+0	1.17203E+0	1.18693E+0
Y <sub>Σ</sub>	9.73050E-1	9.90621E-1	1.00827E+0	1.04388E+0	1.07980E+0	1.11597E+0	1.15243E+0	1.18918E+0
L <sub>Σ</sub>	2.68832E-1	2.74671E-1	2.80539E-1	2.92380E-1	3.04327E-1	3.16358E-1	3.28495E-1	3.40730E-1
L <sub>a</sub>	4.86170E-2	4.89519E-2	4.92873E-2	4.99667E-2	5.06514E-2	5.13503E-2	5.20519E-2	5.27616E-2
M <sub>B</sub>	5.17394E+0	5.25916E+0	5.34475E+0	5.51755E+0	5.69186E+0	5.86751E+0	6.04464E+0	6.22320E+0
K <sub>eff</sub>	4.15413E-1	4.19797E-1	4.24135E-1	4.32695E-1	4.41080E-1	4.49283E01	4.57311E-1	4.65175E-1
Γ <sub>d</sub>	3.29202E+0	3.25597E+0	3.22916E+0	3.17742E+0	3.12794E+0	3.08053E+0	3.03509E+0	2.99142E+0

TABLO VII

Birinci yakıt bölgesinde (ilk cidara komşu), fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi (parantez içi değerler yüzde olarak izotopik oranları göstermektedir)

izotop/Ay	0	2	4	8	12	16	20	24
U-235	1.48003E-5 (0.108)	1.46106E-5 (0.106)	1.44226E-5 (0.105)	1.40500E-5 (0.102)	1.36842E-5 (0.099)	1.33250E-5 (0.098)	1.29726E-5 (0.095)	1.26268E-5 (0.093)
U-236	1.22666E-5 (0.108)	1.22639E-5 (0.089)	1.22607E-5 (0.089)	1.22535E-5 (0.089)	1.22445E-5 (0.089)	1.22337E-5 (0.090)	1.22212E-5 (0.90)	1.22069E-5 (0.090)
U-238	1.36573E-2 (99.3)	1.36302E-2 (99.2)	1.36030E-2 (99.1)	1.35486E-2 (98.8)	1.34940E-2 (98.6)	1.34392E-2 (98.4)	1.33843E-2 (98.2)	1.33292E-2 (97.9)
Pu-239	3.75646E-5 (0.273)	5.36140E-5 (0.390)	6.95042E-5 (0.506)	1.00975E-4 (0.737)	1.31814E-4 (0.963)	1.62033E-4 (0.119)	1.91610E-4 (0.141)	2.20564E-4 (0.162)
Pu-240	2.42361E-5 (0.176)	2.41540E-5 (0.176)	2.41011E-5 (0.1.6)	2.40530E-5 (0.175)	2.41192E-5 (0.176)	2.42971E-5 (0.178)	2.45838E-5 (0.180)	2.49769E-5 (0.184)
Pu-241	5.11682E-6 (0.037)	5.09965E-6 (0.037)	5.08233E-6 (0.037)	5.04760E-6 (0.037)	5.01302E-6 (0.037)	4.97931E-6 (0.036)	4.94711E-6 (0.0.6)	4.91708E-6 (0.036)
Pu-242	2.90366E-6 (0.021)	2.89601E-6 (0.021)	2.88834E-6 (0.021)	2.87296E-6 (0.021)	2.85751E-6 (0.021)	2.84198E-6 (0.021)	2.82637E-6 (0.021)	2.81070E-6 (0.021)
Np-237	6.99437E-7 (0.005)	7.17869E-7 (0.005)	7.36179E-7 (0.005)	7.72571E-7 (0.006)	8.08493E-7 (0.006)	8.43969E-7 (0.006)	8.78966E-7 (0.006)	9.13513E-7 (0.007)
CFE								
[(U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)]-	(0.418)	(0.534)	(0.648)	(0.876)	(1.100)	(1.320)	(1.540)	(1.750)

TABLO VIII

ikinci yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi

izotop/ay	0	2	4	8	12	16	20	24
U-235	1.48003E-5 (0.108)	1.46369E-5 (0.106)	1.44747E-5 (0.105)	1.41524E-5 (0.103)	1.38346E-5 (0.101)	1.35211E-5 (0.099)	1.32122E-5 (0.097)	1.29076E-5 (0.094)
U-236	1.22666E-5 (0.089)	1.22698E-5 (0.089)	1.22726E-5 (0.089)	1.22774E-5 (0.089)	1.22808E-5 (0.090)	1.22827E-5 (0.090)	1.22831E-5 (0.090)	1.22821E-5 (0.090)
U-238	1.36573E-2 (99.3)	1.36365E-2 (99.2)	1.36156E-2 (99.1)	1.35737E-2 (98.9)	1.35315E-2 (98.7)	1.34891E-2 (98.5)	1.34464E-2 (98.3)	1.34035E-2 (98.1)
Pu-239	3.75646E-5 (0.273)	5.21212E-5 (0.379)	6.65738E-5 (0.484)	9.52769E-5 (0.694)	1.23562E-4 (0.901)	1.51435E-4 (1.110)	1.78877E-4 (1.310)	2.05896E-4 (1.510)
Pu-240	2.42361E-5 (0.176)	2.41809E-5 (0.176)	2.41497E-5 (0.176)	2.41349E-5 (0.176)	2.42149E-5 (0.177)	2.43884E-5 (0.178)	2.46539E-5 (0.180)	2.50101E-5 (0.183)
Pu-241	5.11682E-6 (0.037)	5.10496E-6 (0.037)	5.09240E-6 (0.037)	5.06765E-6 (0.037)	5.04283E-6 (0.037)	5.01849E-6 (0.037)	4.99512E-6 (0.037)	4.97324E-6 (0.036)
Pu-242	2.90366E-6 (0.021)	2.89902E-6 (0.021)	2.89435E-6 (0.021)	2.88496E-6 (0.021)	2.87544E-6 (0.021)	2.86580E-6 (0.021)	2.85604E-6 (0.021)	2.84617E-6 (0.021)
Np-237	6.99437E-7 (0.005)	7.16817E-7 (0.005)	7.34121E-7 (0.005)	7.68587E-7 (0.006)	8.02759E-7 (0.006)	8.36655E-7 (0.006)	8.70252E-7 (0.006)	9.03568E-7 (0.007)
CFE								
[(U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)]-	(0.418)	(0.523)	(0.627)	(0.834)	(1.040)	(1.240)	(1.440)	(1.640)

TABLO IX

Üçüncü yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi

izotop/ay	0	2	4	8	12	16	20	24
U-235	1.48003E-5 (0.108)	1.46597E-5 (0.107)	1.45198E-5 (0.106)	1.42413E-5 (0.104)	1.39656E-5 (0.102)	1.36926E-5 (0.100)	1.34225E-5 (0.098)	1.31552E-5 (0.096)
U-236	1.22666E-5 (0.089)	1.22719E-5 (0.089)	1.22769E-5 (0.089)	1.22864E-5 (0.089)	1.22948E-5 (0.090)	1.23020E-5 (0.090)	1.23081E-5 (0.090)	1.23130E-5 (0.090)
U-238	1.36573E-2 (99.3)	1.36405E-2 (99.2)	1.36237E-2 (99.1)	1.35899E-2 (98.9)	1.35558E-2 (98.7)	1.35215E-2 (98.6)	1.34869E-2 (98.4)	1.34520E-2 (98.2)
U-239	3.75646E-5 (0.273)	5.03902E-5 (0.366)	6.31535E-5 (0.459)	8.85581E-5 (0.645)	1.13710E-4 (0.828)	1.38608E-4 (1.01)	1.63242E-4 (1.19)	1.87611E-4 (1.37)
Pu-240	2.42361E-5 (0.176)	2.41977E-5 (0.176)	2.41785E-5 (0.176)	2.41785E-5 (0.176)	2.42551E-5 (0.177)	2.24077E-5 (0.178)	2.46358E-5 (0.180)	2.49389E-5 (0.182)
Pu-241	5.11682E-6 (0.037)	5.10915E-6 (0.037)	5.10132E-6 (0.037)	5.08544E-6 (0.037)	5.06934E-6 (0.037)	5.05342E-6 (0.037)	5.03805E-6 (0.037)	5.02363E-6 (0.037)
Pu-242	2.90366E-6 (0.021)	2.90089E-6 (0.021)	2.89809E-6 (0.021)	2.89244E-6 (0.021)	2.88668E-6 (0.021)	2.88081E-6 (0.021)	2.87483E-6 (0.021)	2.86874E-6 (0.021)
Np-237	6.99437E-7 (0.005)	7.15636E-7 (0.005)	7.31789E-7 (0.005)	7.64012E-7 (0.006)	7.96062E-7 (0.006)	8.27950E-7 (0.006)	8.59663E-7 (0.006)	8.91212E-7 (0.007)
CFE								
[(U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)]-	(0.418)	(0.510)	(0.602)	(0.785)	(0.967)	(1.150)	(1.330)	(1.500)



TABLE X

Dördüncü yakıt bölgesinde, fisyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi

izotop/ay	0	2	4	8	12	16	20	24
U-235	1.48003E-5 (0.108)	1.46795E-5 (0.107)	1.45590E-5 (0.106)	1.43189E-5 (0.104)	1.40804E-5 (0.102)	1.38435E-5 (0.101)	1.36082E-5 (0.099)	1.33746E-5 (0.098)
U-236	1.22666E-5 (0.089)	1.22725E-5 (0.089)	1.22782E-5 (0.089)	1.22891E-5 (0.089)	1.22991E-5 (0.090)	1.23083E-5 (0.090)	1.23166E-5 (0.90)	1.23240E-5 (0.090)
U-238	1.36573E-2 (99.3)	1.36436E-2 (99.2)	1.36298E-2 (99.1)	1.36022E-2 (99.0)	1.35743E-2 (98.8)	1.35462E-2 (98.7)	1.35178E-2 (98.5)	1.34892E-2 (98.3)
Pu-239	3.75646E-5 (0.273)	4.86559E-5 (0.354)	5.97152E-5 (0.434)	8.17694E-5 (0.595)	1.03691E-4 (0.755)	1.25477E-4 (0.914)	1.47122E-4 (1.070)	1.48622E-4 (1.230)
Pu-240	2.42361E-5 (0.176)	2.42092E-5 (0.176)	2.41977E-5 (0.176)	2.42053E-5 (0.176)	2.42744E-5 (0.177)	2.44051E-5 (0.178)	2.45973E-5 (0.179)	2.48511E-5 (0.181)
Pu-241	5.11682E-6 (0.037)	5.11385E-6 (0.037)	5.11073E-6 (0.037)	5.10426E-6 (0.037)	5.09748E-6 (0.037)	5.09068E-6 (0.037)	5.08415E-6 (0.037)	5.07819E-6 (0.037)
Pu-242	2.90366E-6 (0.021)	2.90219E-6 (0.021)	2.90070E-6 (0.021)	2.89768E-6 (0.021)	2.89459E-6 (0.021)	2.89142E-6 (0.021)	2.88818E-6 (0.021)	2.88486E-6 (0.021)
Np-237	6.99437E-7 (0.005)	7.14650E-7 (0.005)	7.29842E-7 (0.005)	7.60187E-7 (0.005)	7.90453E-7 (0.006)	8.20645E-7 (0.006)	8.50758E-7 (0.006)	8.80796E-7 (0.006)
CFFE								
[(U-235)+ (Pu-239)+ (Pu-241)]-	(0.418)	(0.498)	(0.577)	(0.736)	(0.894)	(1.050)	(1.210)	(1.360)

TABLO XI

Beşinci yakıt bölgesinde (ilk Li<sub>2</sub>O bölgesine komşu),  
filyon yapabilen izotopların atomik yoğunluklarının değişimi

izotop/ay	0	2	4	8	12	16	20	24
U-235	1.48003E-5 (0.108)	1.46955E-5 (0.107)	1.45909E-5 (0.106)	1.43820E-5 (0.105)	1.41738E-5 (0.103)	1.39664E-5 (0.102)	1.37598E-5 (0.100)	1.35540E-5 (0.099)
U-236	1.22666E-5 (0.089)	1.22723E-5 (0.089)	1.22778E-5 (0.089)	1.22885E-5 (0.089)	1.22986E-5 (0.089)	1.23080E-5 (0.090)	1.23167E-5 (0.090)	1.23247E-5 (0.090)
U-238	1.36573E-2 (99.3)	1.36460E-2 (99.2)	1.36347E-2 (99.2)	1.36119E-2 (99.0)	1.35889E-2 (98.9)	1.35656E-2 (98.7)	1.35421E-2 (98.6)	1.35184E-2 (98.5)
Pu-239	3.75646E-5 (0.273)	4.70916E-5 (0.342)	5.66076E-5 (0.412)	7.56160E-5 (0.550)	9.45763E-5 (0.688)	1.13484E-4 (0.826)	1.32337E-4 (0.964)	1.51130E-4 (1.100)
Pu-240	2.42361E-5 (0.176)	2.42175E-5 (0.176)	2.42115E-5 (0.176)	2.42248E-5 (0.176)	2.42892E-5 (0.177)	2.44051E-5 (0.178)	2.45729E-5 (0.179)	2.47930E-5 (0.181)
Pu-241	5.11682E-6 (0.037)	5.11932E-6 (0.037)	5.12169E-6 (0.037)	5.12623E-6 (0.037)	5.13049E-6 (0.037)	5.13469E-6 (0.037)	5.13907E-6 (0.037)	5.14385E-6 (0.037)
Pu-242	2.90366E-6 (0.021)	2.90322E-6 (0.021)	2.90278E-6 (0.021)	2.90188E-6 (0.021)	2.90096E-6 (0.021)	2.90001E-6 (0.021)	2.89904E-6 (0.021)	2.89804E-6 (0.021)
Np-237	6.99437E-7 (0.005)	7.14210E-7 (0.005)	7.28989E-7 (0.005)	7.58556E-7 (0.006)	7.88145E-7 (0.006)	8.17755E-7 (0.006)	8.47386E-7 (0.006)	8.77035E-7 (0.006)
CFE								
[(U-235) + (Pu-239) + (Pu-241)] =	(0.418)	(0.486)	(0.555)	(0.692)	(0.829)	(0.965)	(1.100)	(1.240)

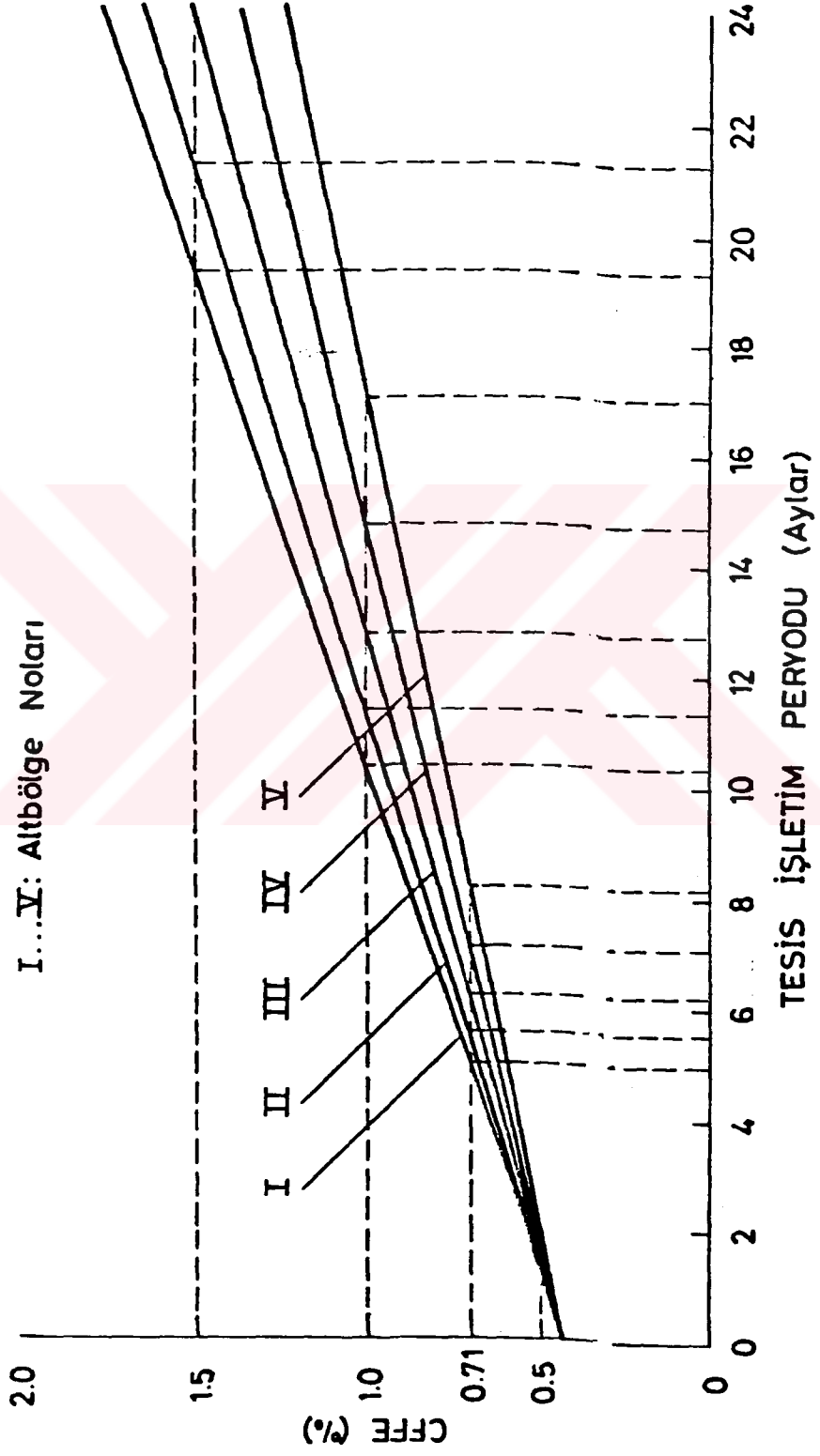
- Birincil türev olan fisil izotop Pu-239' un atomik yoğunluğu bu hızlı parçalanmalı hibrid blankette kararlı olarak artar. M Blanketin enerji çoğalımı (Tablo VI' ya bakınız), bu tip hibrid güç tesisinin sahip olacağı elektrik üretimine karşı gelecek şekilde relatif olarak yüksektir.

Şekil 7 tesis işletimi sırasında kümülatif fisil izotopların temporal değişimini ve artışını göstermektedir. Bu şekilden hemen çıkarılacak sonuçlar ise aşağıda verilmektedir.

- Fisil yakıt bölgesindeki yakıt çubuklarının pozisyonuna bağlı olarak tabii uranyumlu CANDU reaktöründe 6 ile 9 aylık bir gençleştirme döneminden sonra CANDU tüketilmiş yakıtı tekrar kullanılabilir hale gelmektedir.

- Yine fisil yakıt bölgesindeki yakıt çubuklarını pozisyonuna bağlı olarak kümülatif fisil yakıt miktarının yaklaşık %1 artması için 10 ila 16 aylık bir gençleştirme periyodu gerekmektedir. Bu yakıtın kalitesi konvansiyonel tip bir CANDU reaktöründe daha yüksek yakıt tüketim oranlarının gerçekleştirilmesine müsaade eder [3].

- Toryum yakıtlı ileri bir CANDU üretken reaktör tasarımı başlangıçta %1.5' luk bir ortalama zenginleştirme gerektirir [11]. Böyle bir gençleştirme mertebesi incelenen hibrid blankette yaklaşık olarak 18 aylık tesis işletim periyodundan sonra ortaya çıkmaktadır. Ayrıca ilk olarak ortaya çıkabilecek hibrid reaktörler ile toryum yakıtlı ileri CANDU üretici reaktörlerinin gelişim ve uygulamalarının zamanlamasının çakışabileceği de beklenmektedir.



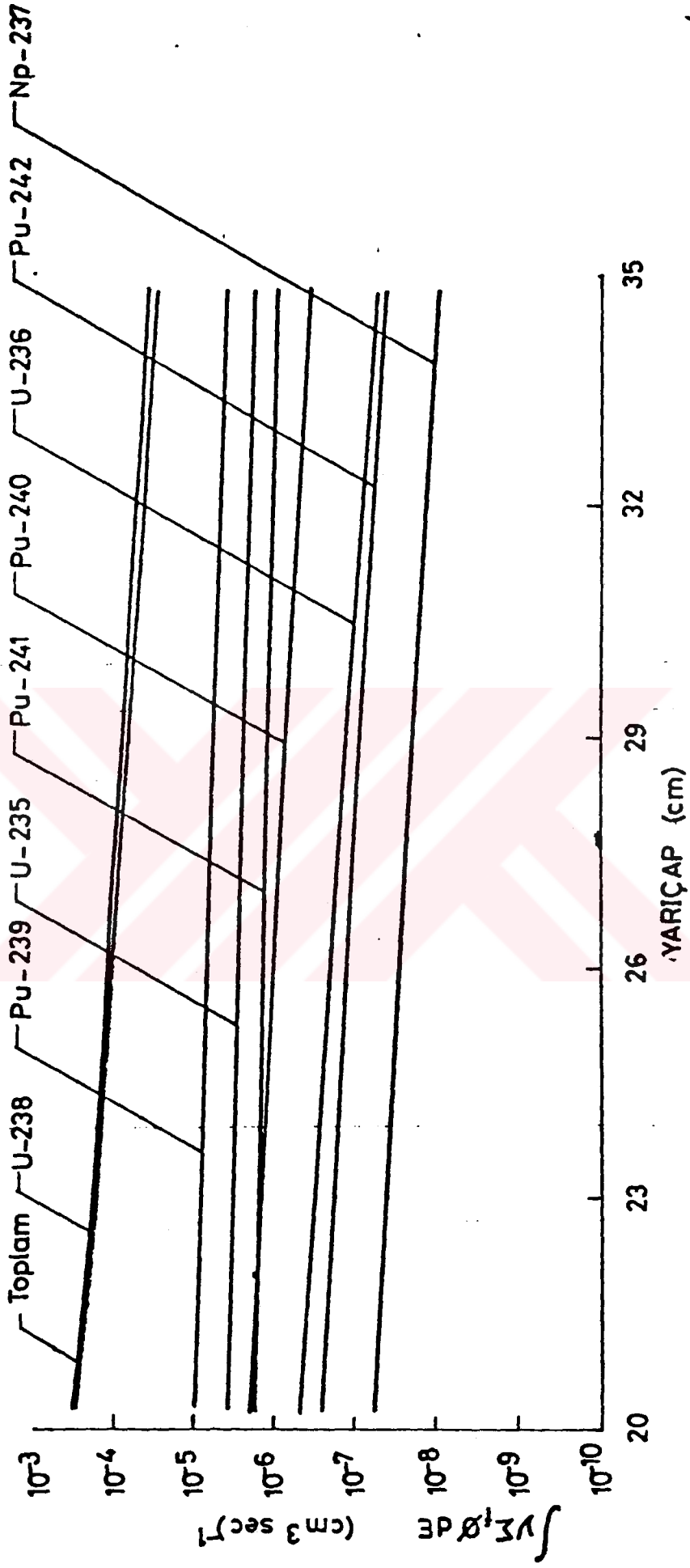
Şekil 7 : Hava soğutmalı hibrid blankette 2 yıllık bir tesis işletim periyodu boyunca kümülatif fisil yakıt birikimi

İlk cidarda daha yüksek bir nötron akısının, yukarıda belirtildiği gibi, uygulamalar açısından daha kısa bir gençleştirme periyodunu ortaya çıkaracağı açıktır.

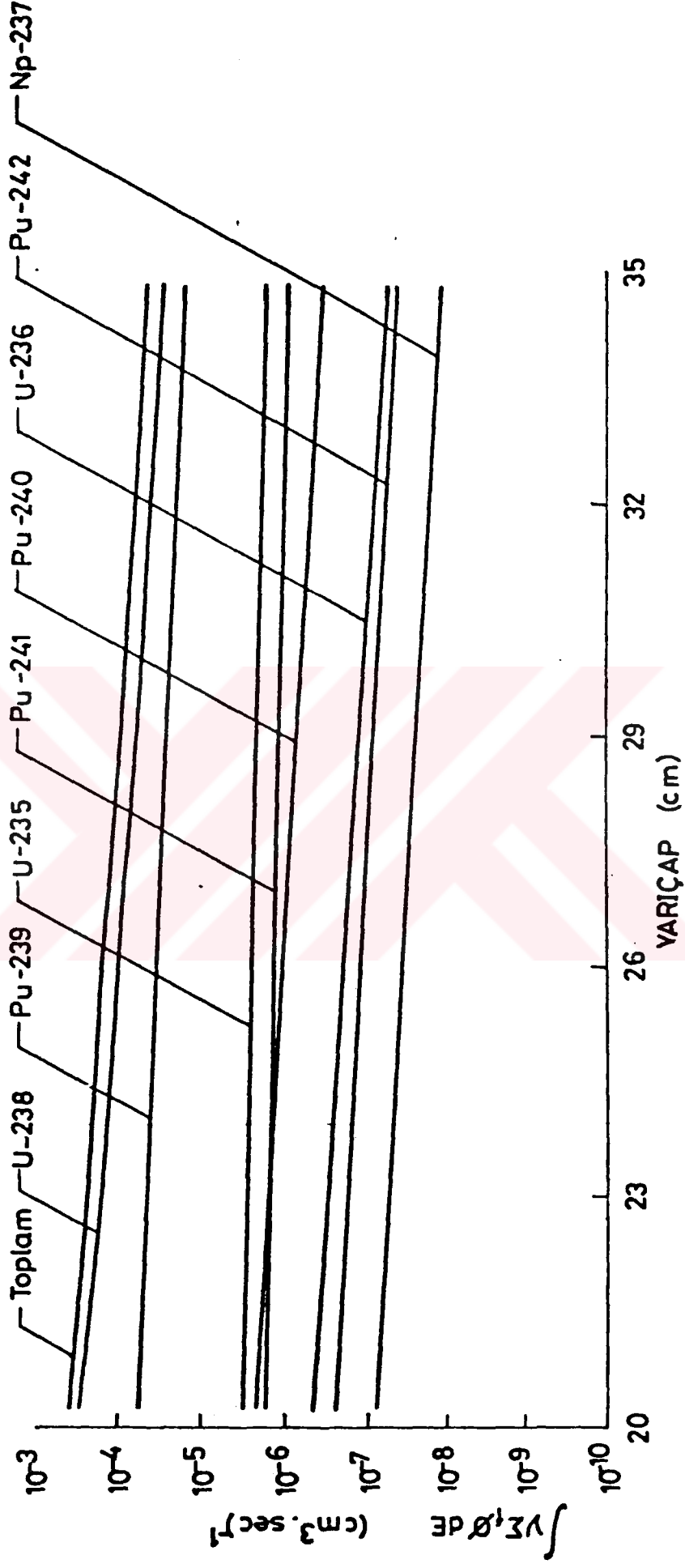
Yukarıda açıklandığı gibi M blanket enerji çoğalımı 2 yıl içerisinde yaklaşık olarak sadece %20 artmaktadır. Çok uzun bir dönemde M sayısı, tesis işletim periodunda önemli temporal bir artışın gerçekleştiği taze tabii uranyumla yüklenmiş hibrid reaktörleri [19] ile karşılaştığında bu sayı bir hibrid reaktör için pratik anlamda sabit bir enerji üretimi olarak düşünülebilir. Mevcut çalışmada, başlangıç nükleer yakıt yükü tüketilmiş yakıt olup, içerisinde iyi bir şekilde dengelenecek tarzda tüketilen ve üretilen farklı fisyon yapabilen izotopları bulundurur. Bunlardan sadece Pu-239 bileşeni, M sayısında yavaş bir artışa sebep olacak şekilde, kararlı olarak artar.

Şekil 8 ve 9 blanket içerisinde farklı izotoplara ait başlangıçta ve 24 ay sonundaki fisyon nötronlarının oranlarını göstermektedir. En hakim olan çekirdek bölünmesi olayı U-238' de ortaya çıkar. Bunu da Pu-239 takip eder. Yalnız Pu-239' un katkısı 24 ay boyunca bir artış gösterir. Diğer bütün fisyon bileşenleri bu periyot içerisinde yaklaşık olarak sabit bir bölünme olayına maruz kalırlar.

Şekil 10 blanket içerisinde Pu-239, Pu-240 ve Pu-241' in oluşma oranlarını (build-up rates) göstermektedir. Bunlar da yaklaşık olarak sabittir. Bu yüzden pozitif anlamda çok düşük bir düşme olsa bile fisyon enerji üretim yoğunluğu tesis işletim periyodu boyunca değişmez ve maksimum fisyon güç yoğunluğunun ortalamasına oranı olan  $\beta$  da yaklaşık olarak sabit kalır. Relatif olarak M sayısındaki yavaş artış uzun bir tesis işletim dönemi için tesisin nükleer olmayan kısımlarının optimal olarak kullanılabilmesi sonucunu doğurur.



Şekil 8 : Hava soğutmalı hibrid blankette farklı izotoplara ait füzyon nötron başına fisyon nötron yoğunluğu (başlangıçta)



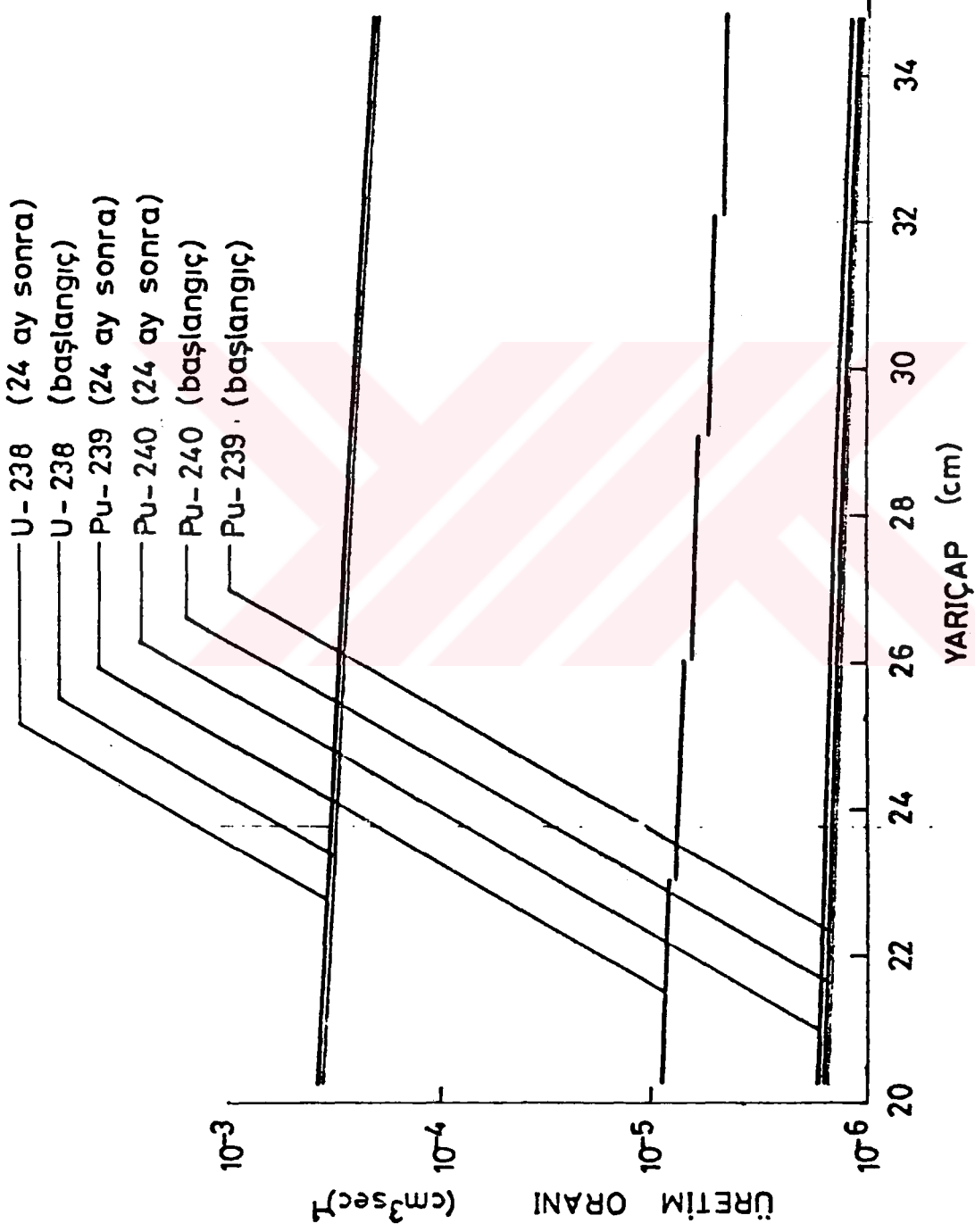
Şekil 9 : Hava soğutmalı hibrid blankette farklı izotoplara ait füzyon nötron başına fisyon nötron yoğunluğu (24 ay sonra)

Yaklaşık olarak dengeli bir  $\beta$ , blanketteki yakıt değiş-tirme gerekliliğini minimuma düşürür.

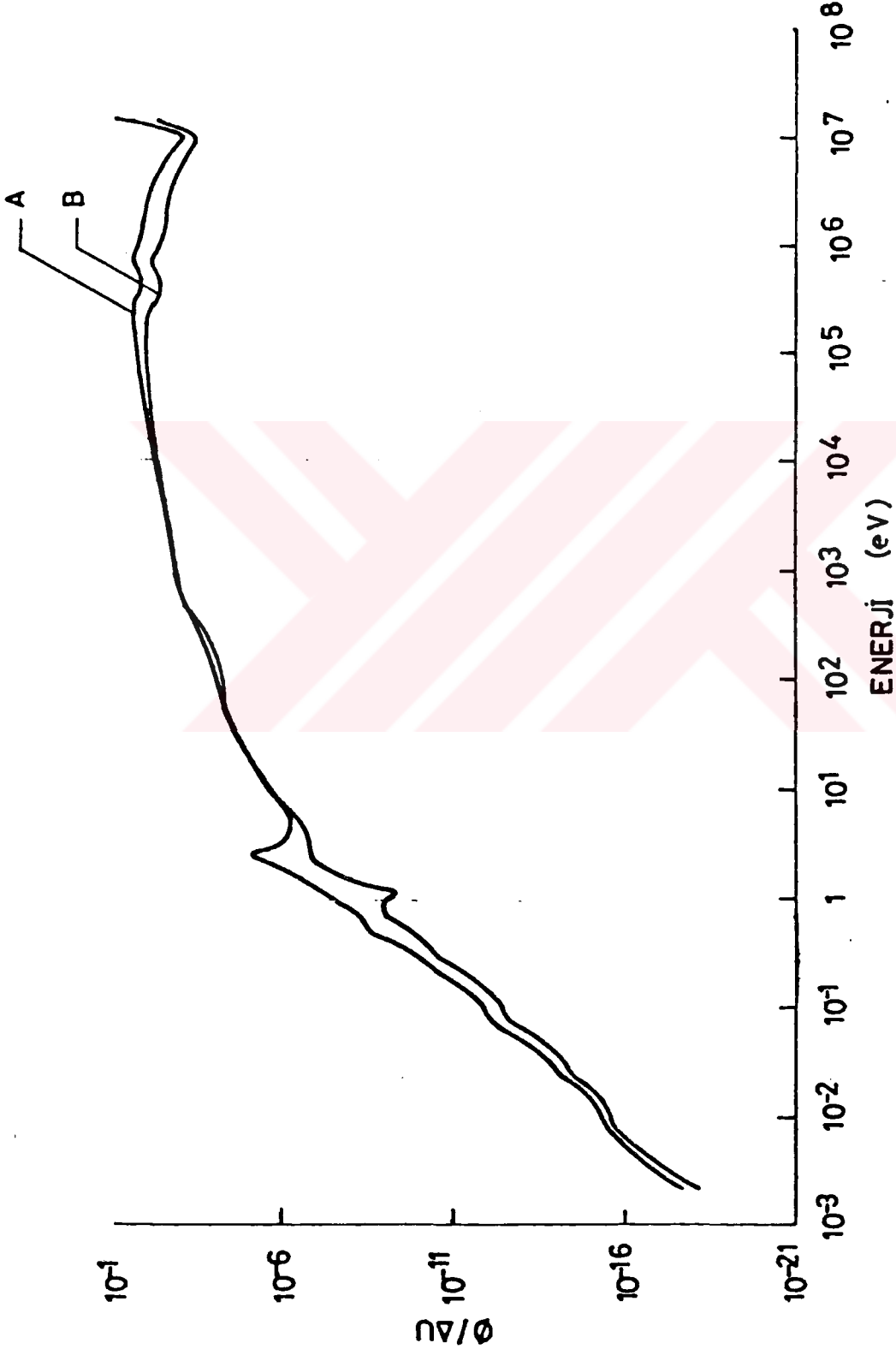
Şekil 11 ve 18' de iki yıllık bir tesis işletim peryodu boyunca yakıt bölgesindeki nötron spektrumu gözlenebilir. Yakıt bölgesindeki nötron spektrumunun nötron akısının çok düşük değerlere ulaştığı düşük nötron enerji bölgesi dışında pratik olarak değişmediği görülür. Bu, uzun bir iş-letim peryodu içerisinde nötronik olarak birbirine bağlı bütün tesis parametrelerinin çok dengeli ve kararlı davranışını açıklar.

Şekil 19 kendisi için yeterli olan bu blankette trityum üretiminin değişimini göstermektedir. Bu nötronik paramet-rede 24 ay içerisinde çok dengeli kalmaktadır.

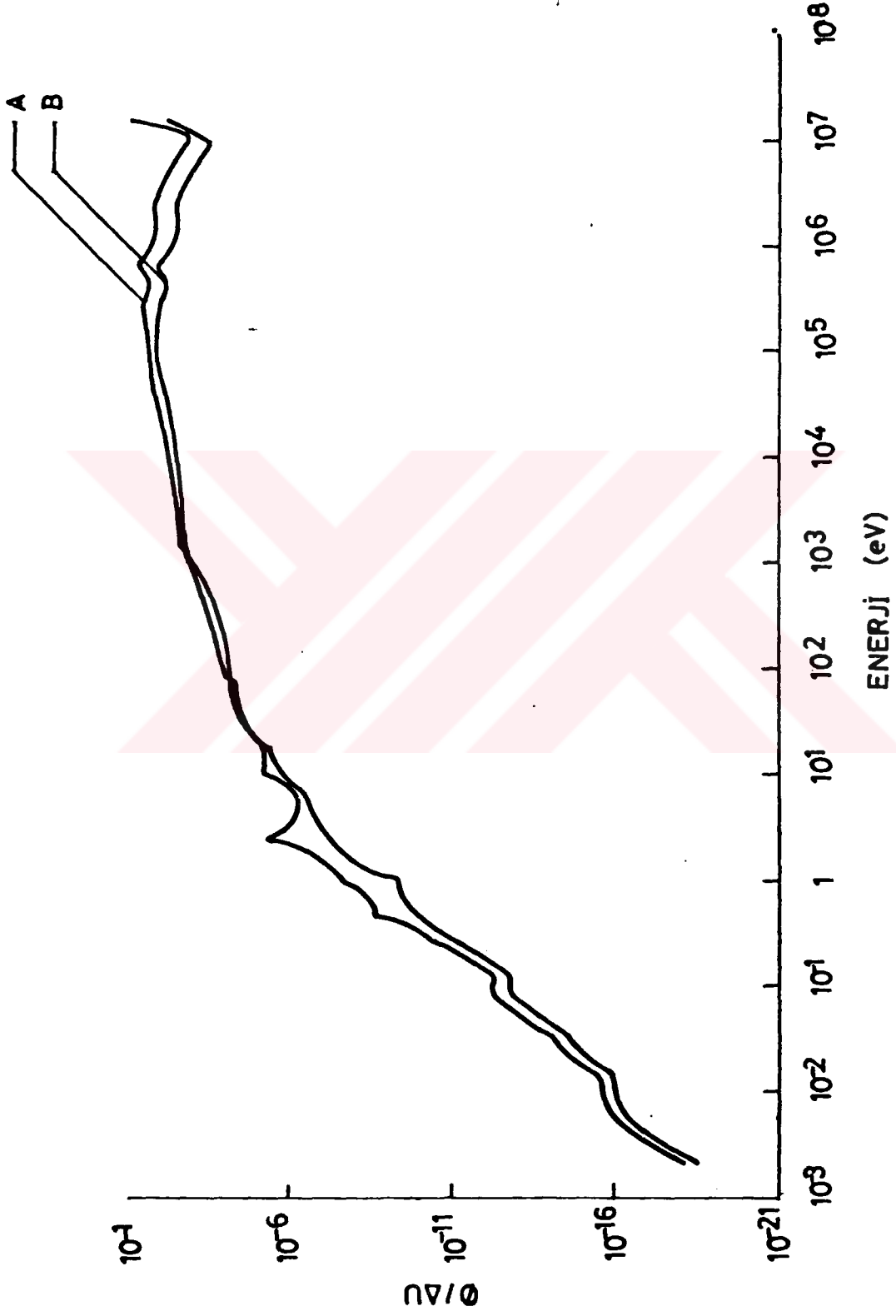




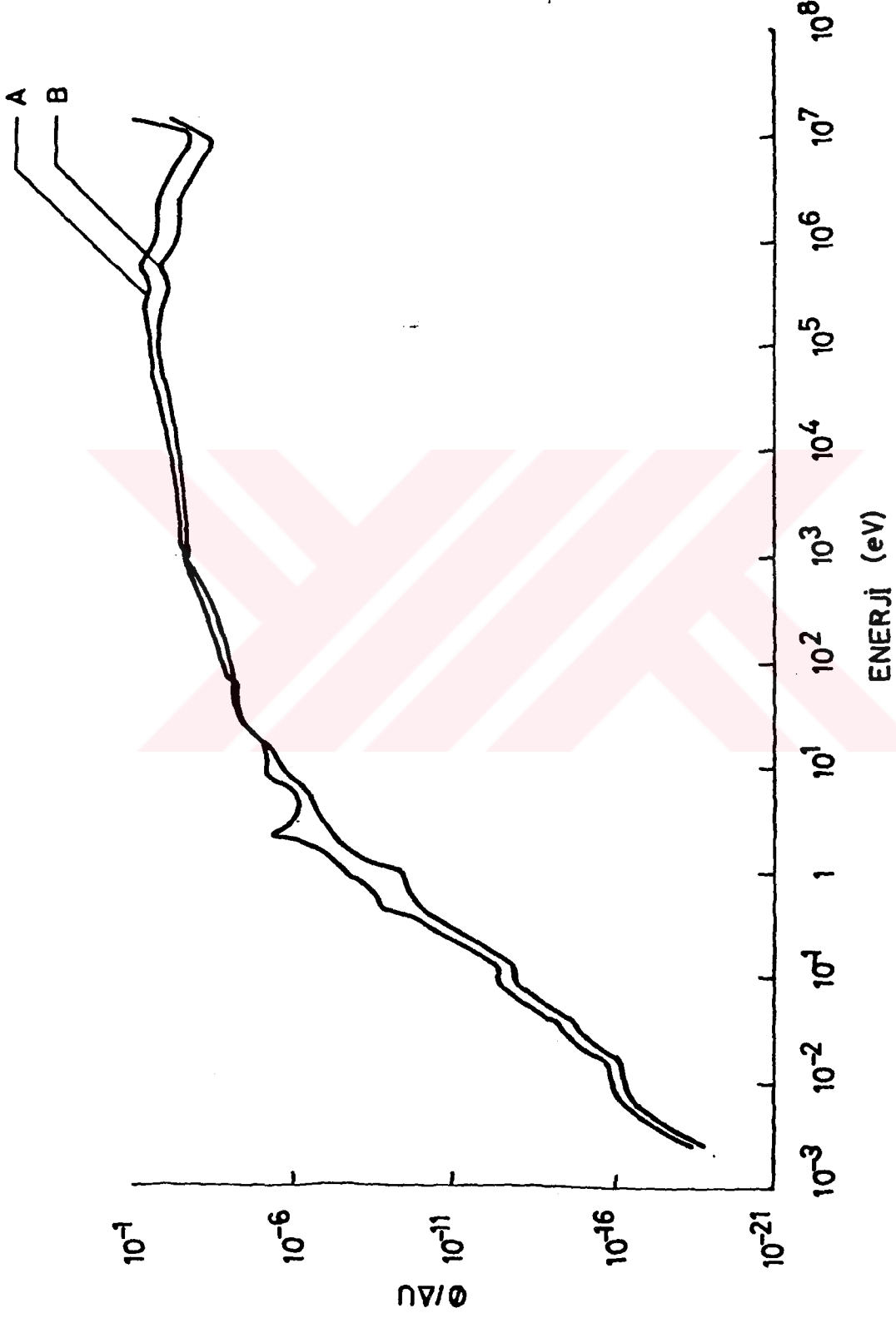
Şekil 10 : Hava soğutmalı hibrid blankette füzyon nötron başına Pu-239, Pu-240 ve Pu-241' in oluşma oranları



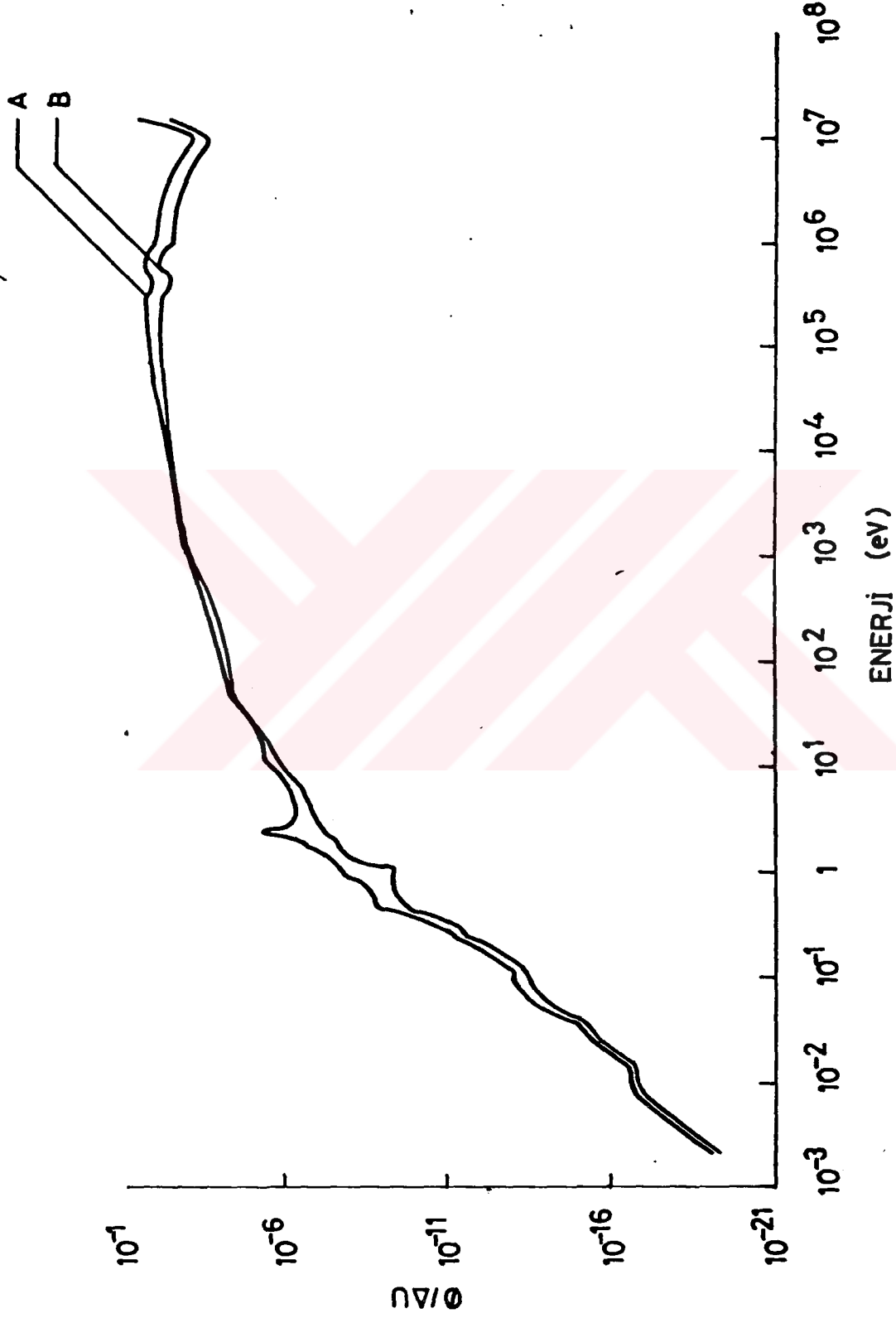
Şekil 11 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (başlangıçta)  
A : İlk cidara bitişik yakıt bölgesi  
B : İlk Li<sub>2</sub>O bölgesine bitişik yakıt bölgesi



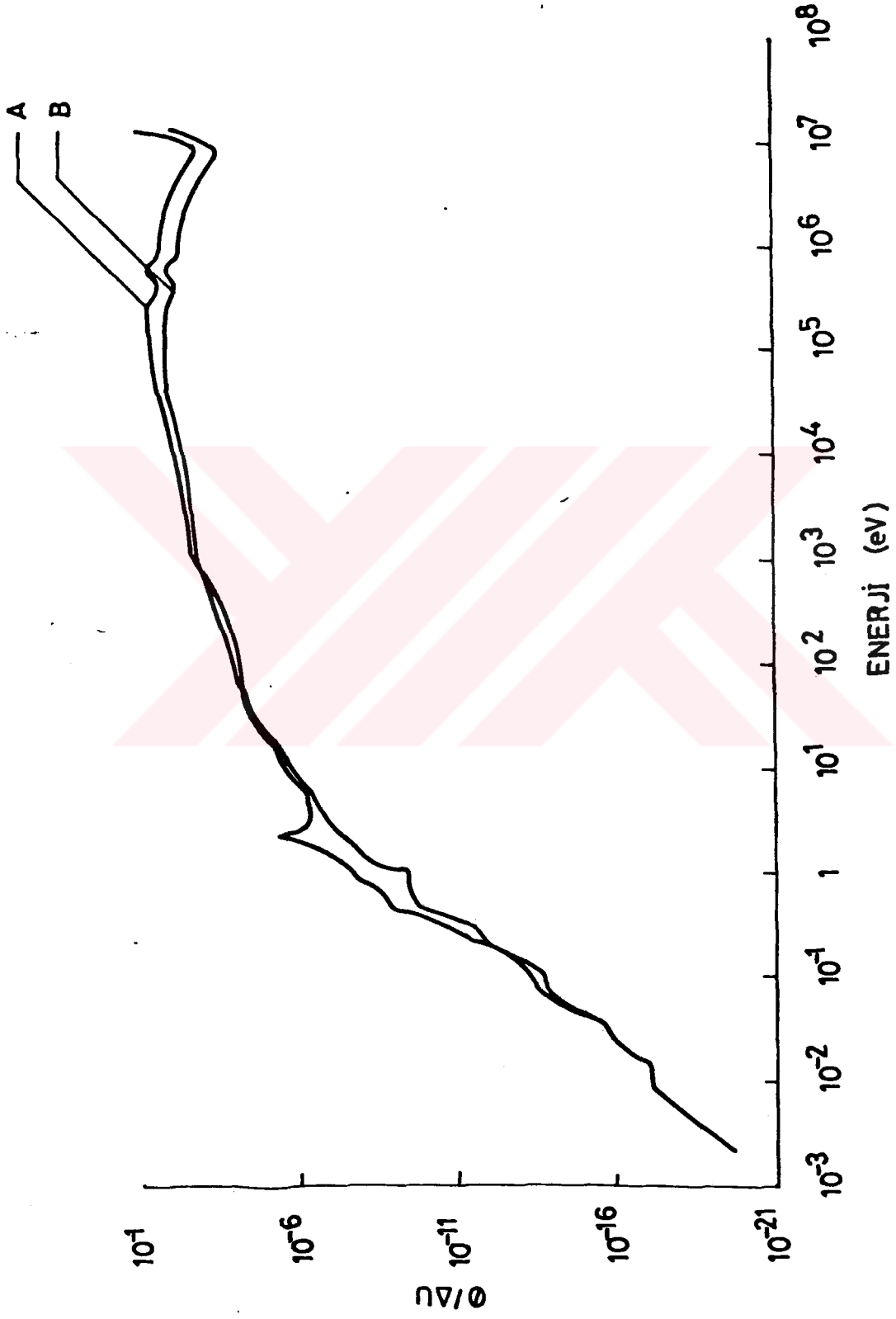
Şekil 12 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu ( 2 ay sonra )



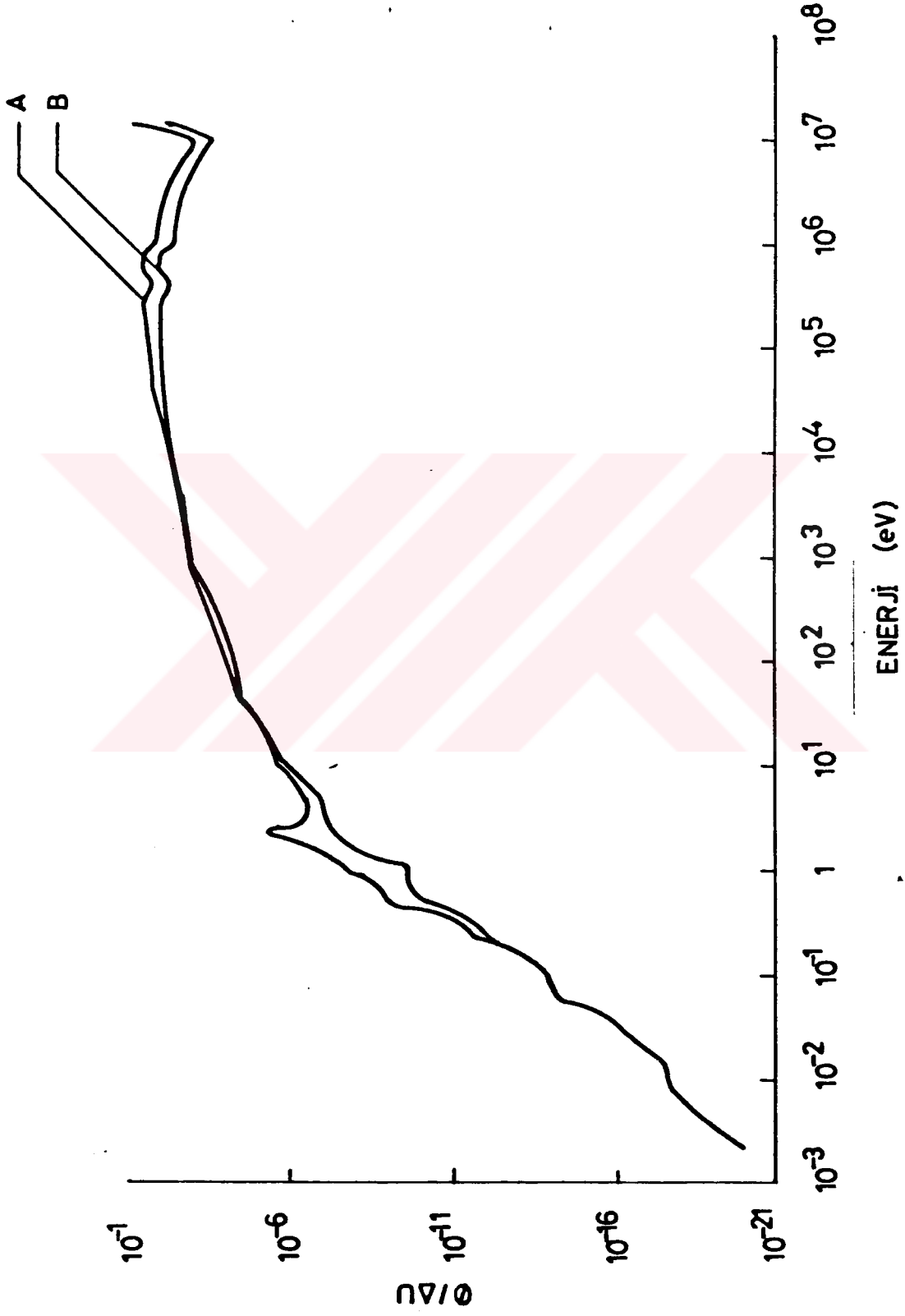
Şekil 13 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu ( 4 ay sonra )



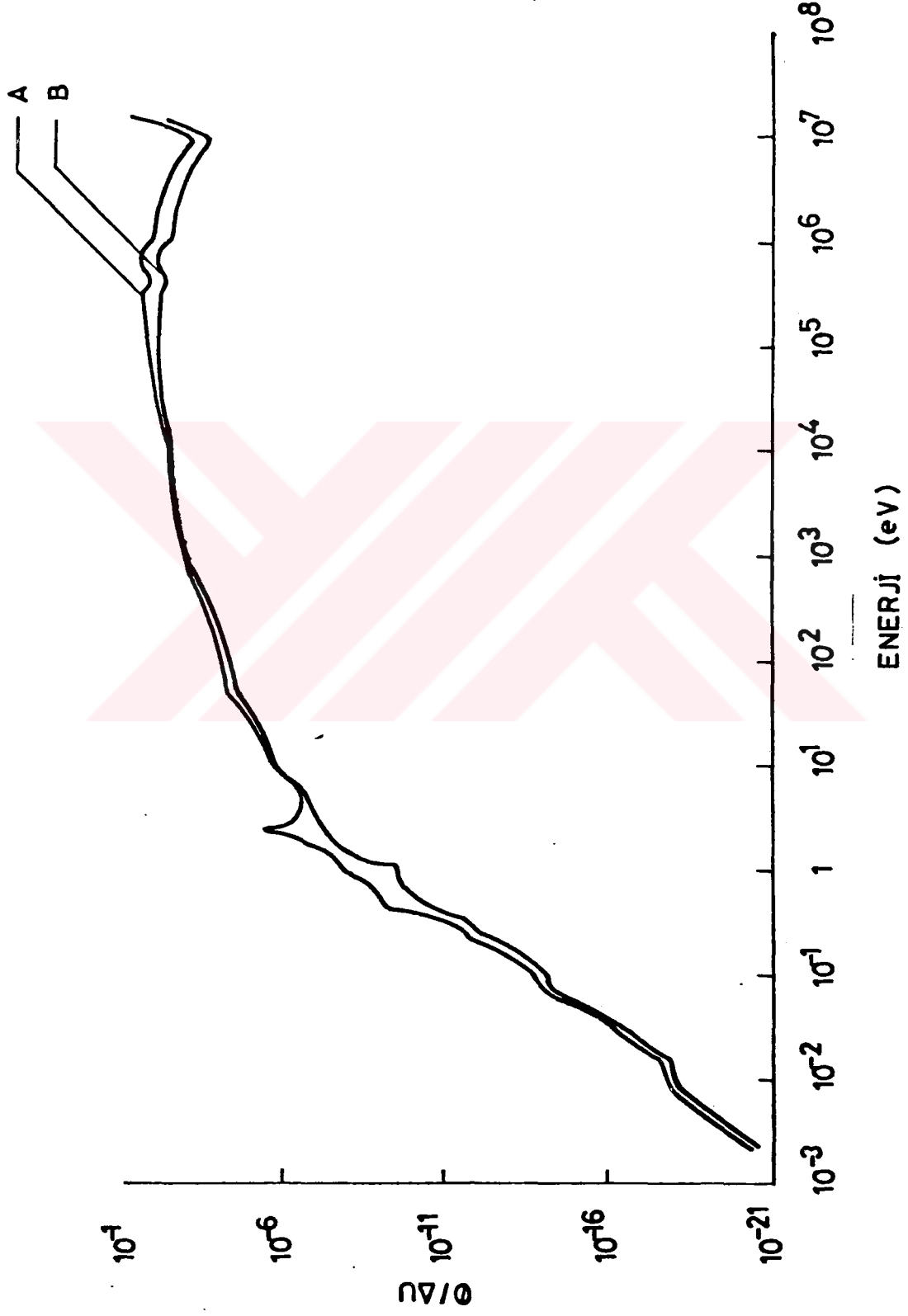
Şekil 14 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu ( 8 ay sonra )



Şekil 15 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (12 ay sonra)

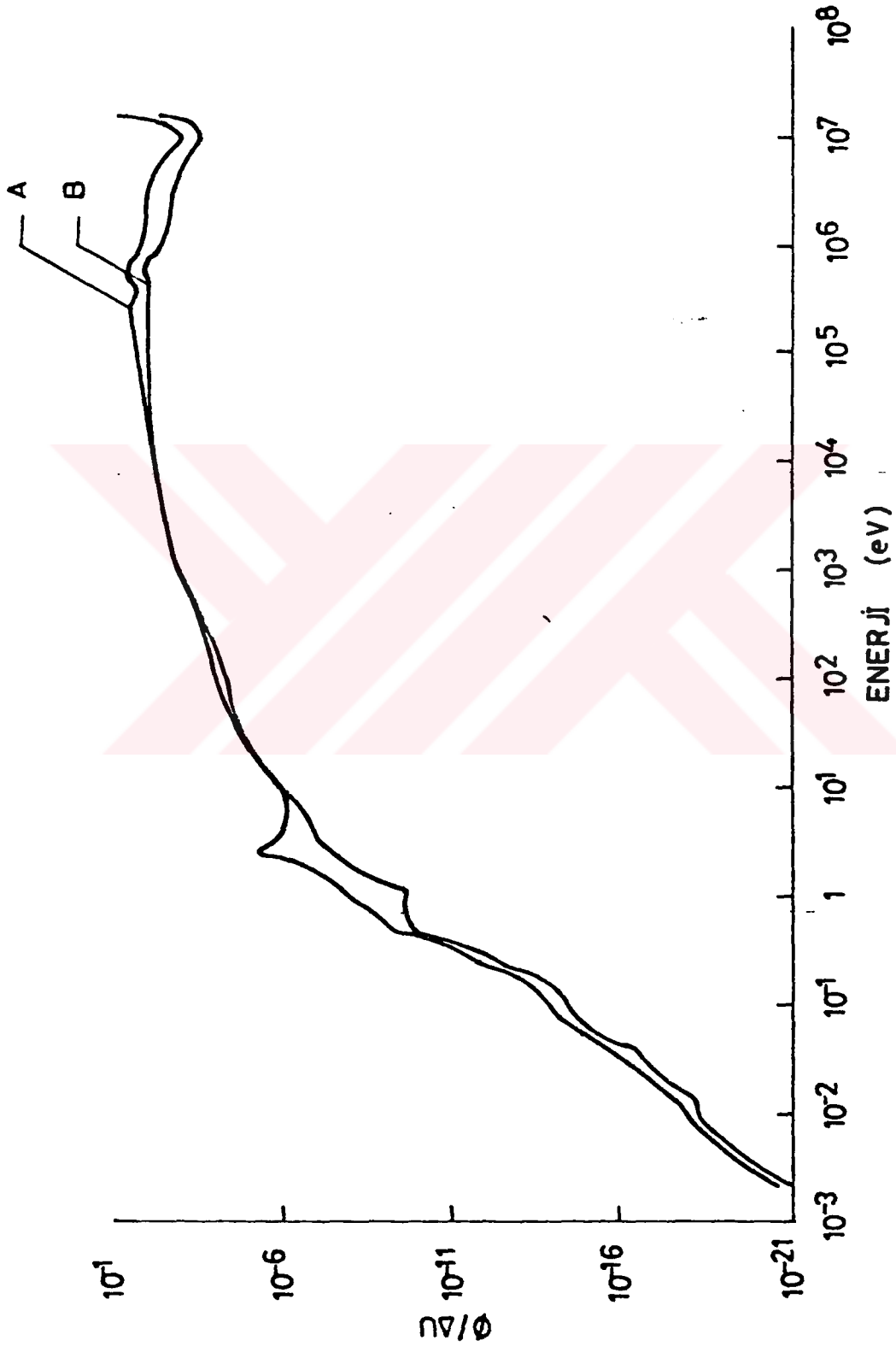


Şekil 16 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (16 ay sonra)

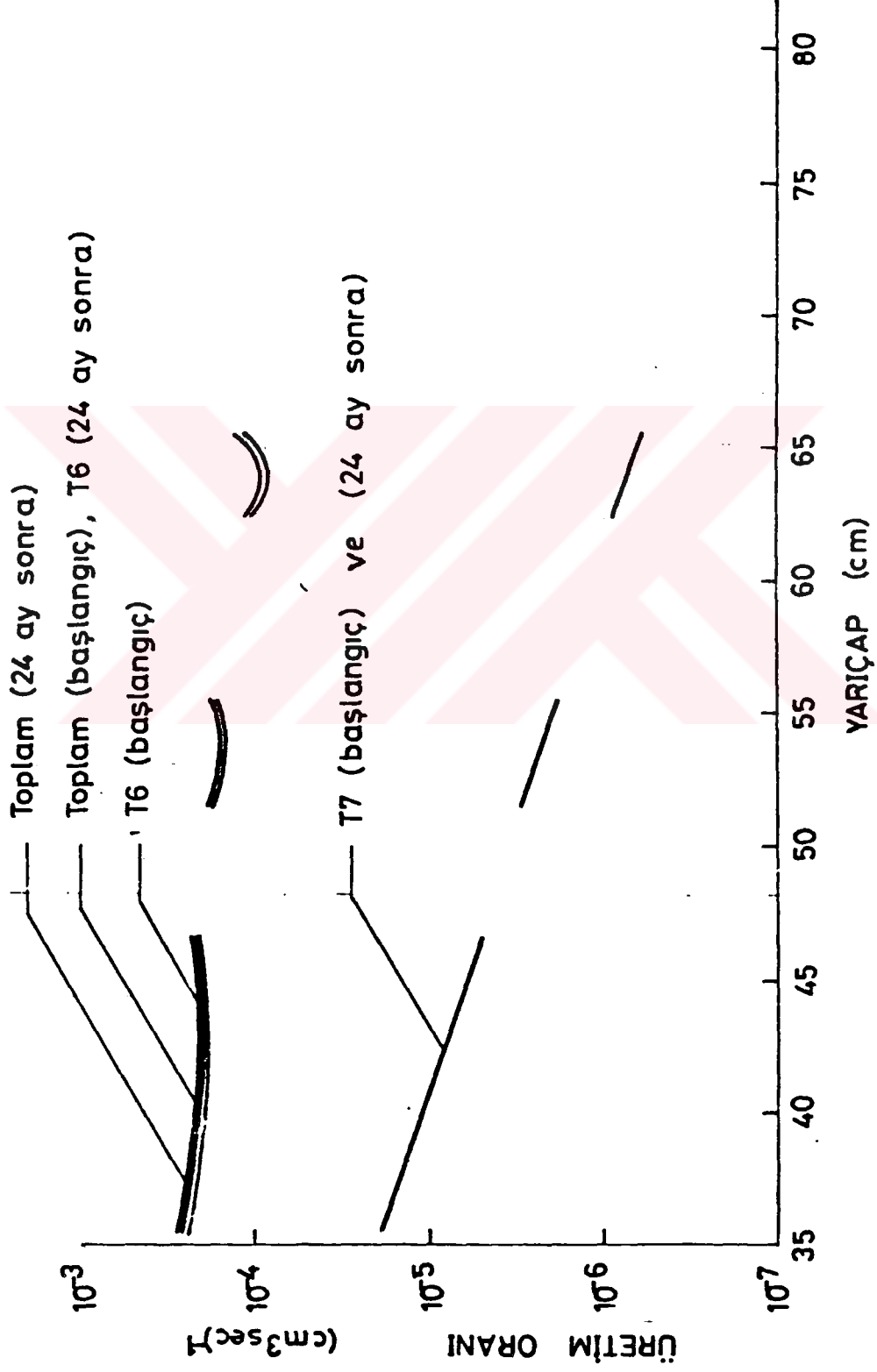


Şekil 17 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (20 ay sonra)





Şekil 18 : Hava soğutmalı hibrid blankette yakıt bölgesindeki nötron spektrumu (24 ay sonra)



Şekil 19 : Hava soğutmalı hibrid blankette füzyon nötron başına trityum üretim oranı

## B Ö L Ü M 4

### S O N U Ç L A R

Yapılan çalışma CANDU tüketilmiş yakıtının bu hibrid blankette gençleştirme ihtimalini dikkatlice analiz etmiştir. En önemli sonuçlar ise aşağıda sıralanmaktadır.

a) CANDU tüketilmiş yakıtını kullanan modere edilmiş bir hibrid blanket çok düşük bir nötronik performans gösterir. Böylece, böyle bir hibrid blanket tüketilmiş yakıt gençleştirmesi için uygun değildir.

b) CANDU tüketilmiş yakıtı kullanan hızlı parçalanmalı bir hibrid blanket ise mükemmel nötronik performans sergiler. Böyle bir blanket önemli miktarda tesis içi elektrik üretimini sağlarken, dikkate değer bir periyod içerisinde değişik uygulama amaçları için CANDU tüketilmiş yakıtını da gençleştirmektedir.

c) Tüketilmiş yakıt gençleştirme periyodu konvansiyonel bir CANDU reaktöründe tekrar kullanım için relatif olarak kısadır (6 ile 9 ay). Bu periyod ileri CANDU reaktör uygulamaları için artmaktadır.

d) CANDU tüketilmiş yakıtını içinde bulunduran bir hibrid blankete ait başlangıç yakıt yükünde önemli miktarda farklı fisil izotopların varlığı, M blanket enerji çoğalımının relatif olarak yavaş bir düzeyde artmasını ortaya çıkarır. Çünkü Pu-239 dışında bu izotopların tüketilme ve üretilme oranları yaklaşık olarak aynı seviyededir. Esas olarak, M'deki yavaş temporal artışa Pu-239 sebep olur. Bu durum uzun tesis işletim periyodları içerisinde tesisin nükleer olmayan kısımları için yapılacak yatırımın iyi bir şekilde kullanılmasına müsaade eder. Böyle bir durum başlangıçta tabii uranyumla yüklenmiş bir hibrid blanket için geçerli değildir.

Özetle hızlı parçalanmaya dayalı bir hibrid blanket, nötronik davranışın bütün incelenen kriterleri için CANDU tüketilmiş yakıt gençleştirilmesi açısından çok uygundur.

Y A R A R L A N I L A N      K A Y N A K L A R

- 1) E.Greenspan, "Fusion-fission hybrid reactors", Advances in Nuclear Science and Technology (editors J.Lewins, M.Becker), Vol.16, p.289, Plenum Press, (1984).
- 2) R.W.CONN, F.KANTROWITZ and W.F.VOGELSANG, "Hybrids for Direct Enrichment and Self-Protected Fissile Fuel Production", Nuclear Technology, Vol.49, p.458, (1980).
- 3) G.L.Brooks; Advances in commercial heavy water reactor power stations, Proc.from the 6th pasific Basin Nuclear Conference, Trans. Am.Nucl.Soc., Supl. to Vol. 56, p.41, (1988).
- 4) Status and Prospects of Thermal Breeders and their effects on Fuel Utilization, Technical Report Series No: 195, International Atomic Energy Agency, Vienna, (1979).
- 5) S.ŞAHİN, AL-KUSAYER, M.AL-SEMAIR, M.ABDUL RAOOF, "Neutronic investigations of experimental Ayman hybrid blankets", Trans. Am. Nucl. Soc., Vol.47, p.150-154, (Nov.1984).
- 6) S.ŞAHİN, T.A. AL-KUSAYER, and M.ABDUL RAOOF, "Preliminary Design Studies of a Cylindrical Experimental Hybrid Blanket with Deuterium- Tritium Driver", Fusion Technol., Vol.10, p.84, (1986).

7) S.ŞAHİN and M. ABDUL RAOOF, "Neutronic Parameters of a Cylindrical Hybrid Blanket Driver by a Simulated Line Source", Fusion Technol., Vol.10, p.1315, (1986).

8) S.ŞAHİN, M.AL-ESHAIKH, "A Numerical-Graphical Power Flattening Method for Fast Hybrid Blankets", Proc. 4th Int. Conf. Emerging Nuclear Energy Systems, p.59, Madrid, Spain, June 30-July 4, 1986.

9) S.ŞAHİN, M.AL-ESHAIKH, "Fission Power Flattening in Hybrid Blankets Using Mixed Fuel", Fusion Technol., vol.12, p.395, (1987).

10) S.ŞAHİN, A.ERİŞEN and Y.ÇEBİ, "A Fast Hybrid Blanket with Flat Fusion Power over a long Operational Period", Trans.Am. Nucl. Soc., vol.54, p.134, (1987)

11) S.ŞAHİN, A.ERİŞEN and Y.ÇEBİ, "Realization of a flat Fission Power Density in a Hybrid Blanket over long Operating Periods", Fusion Technology, vol.15, no.1, p.37, (Jan. 1989).

12) DATA BASE for a CANDU-PHW operating on a once-through natural uranium cycle., Atomic Energy of Canadian Limited AECL-6593, (1979).

13) J.ADIN and D.Lathrop, "Theory of Methods Used in GGC-4 Multigroup Cross Section code GA-9021.", General Atomics, (1968).

14) W.W.ENGLE, Jr., "ANISN, A One-Dimensional Discrete Ordinates Transport Code With Anisotropic Scattering", K-1693, Oak Ridge National Laboratory, (1970).

15) Nordheim, L.W., "A Program of Research and Calculations of Resonance Absorption", GA-2527, General Atomics, (Aug.1961).

16) Nordheim, L.W., "The Theory of Resonance Absorption", Symposium on Applied Mathematics, Vol.1, (1961).

17) Al-Kusayer, T.A., S. Şahin, and A. Drira : CLAW-IV Coupled 30 Neutrons, 12 Gamma-Ray Group Cross Section with Retrieval Programs for Radiation Transport Calculations, available from the Radiation Shielding Information Center, Oak Ridge National Laboratory (1984), RSIC-Newsletter, p.4, (May 1988).

18) DLC-2F: 100-Group Neutron Cross-Section Data Based on ENDF/B", RSIC-ORNL, Oak Ridge National Lab., (1975).

19) F.R. MYNATT, "Analysis of acceleration Breeder Concepts with LMFBR, GCFF and Molten Salt Type Blankets", Proc. Information Mtg. Accelerator Breeding, Upton, New York, January 18-19, 1977, CONF. 770107.

E K L E R



EK-1 : ANISN KOD' U İÇİN 1. INPUT (BAŞLANGIÇ)

1000000		HYBRID REACTOR CORE ANALYSIS					
15\$	1	0	1	4	2	1	
	0	12	71	0	97	5	
	21	121	112	1	32	49	
	0	0	1	0	0	100	
	0	0	44	1	100	0	
	0	0	0	0	1	0	
16\$	0.0	0.0	0.001	1.420892	0.0	0.0	
	0.0	1.0	0.0	0.5	0.002	0.05	
	0.003	0.75					
T	1	2	3	4	5	6	
13\$	9	10	11	12	13	14	
	15	16	17	18	19	20	
	21	22	23	24	25	26	
	27	28	29	30	31	32	
	33	34					

## EK-1' in devamı

14*	3.29520-1	1.41965+7	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	3.71500-1	1.22344+7	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	3.98167-1	1.00167+7	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	4.16869-1	8.20093+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	4.36500-1	6.71435+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	3.01990-1	5.49727+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	6.30950-2	4.50078+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	1.14815-2	3.68493+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	1.81970-3	3.01696+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	2.47008+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	2.02233+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	1.65575+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	1.35561+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	1.10988+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	9.08693+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	7.43974+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	6.09115+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	4.98701+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	4.08302+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	3.34289+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	2.73693+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	2.24081+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	1.83462+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	1.50206+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0

## EK-1' in devami

0.00000+0	1.22978+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	8.74210+4	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	5.30235+4	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	3.21604+4	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.95063+4	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.18312+4	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	7.17595+3	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	4.35244+3	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.63995+3	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.60121+3	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	9.71160+2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	5.89038+2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	3.57270+2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.16695+2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.31432+2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	7.97177+1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	4.83512+1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.93265+1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.77874+1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.07886+1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	6.54362+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	3.96891+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.70662+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.38119+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.33471+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0

## EK-1' in devamı

0.00000+0	2.14173+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.92915+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.72674+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.51860+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.36881+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.24933+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.16465+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.11997+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.09493+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.06997+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.04240+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.00740+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	9.79966-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	9.49860-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	9.09853-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	8.69847-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	7.98957-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	7.15978-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	6.53571-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	6.07332-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	5.69766-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	5.24603-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	4.89932-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	4.74982-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	4.59928-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0





EK-1' in devamı

1.16769+6	1.11564+6	1.07545+6	1.04166+6	9.99527+5	9.65933+5
9.51081+5	9.35888+5	9.09993+5	8.72424+5	8.33495+5	8.04555+5
7.80519+5	7.55717+5	7.30072+5	7.03491+5	6.75863+5	6.39360+5
5.84275+5	5.14579+5	4.51439+5	4.13787+5	3.90068+5	3.64803+5
3.29968+5	2.73060+5	2.16722+5	1.65755+5	1.26562+5	1.01040+5
6.41966+4					
6*	0.0	0.16666	0.0	0.16666	0.16666
	0.16666	0.16666			
7*	-0.471404	0.3333	-0.942809	-0.881917	-0.3333
	0.3333	0.881917			
8\$					
2R	1 6R	2 6R	3 6R	4 6R	5 6R
2R	7 4R	8 5R	9 6R	10 4R	11 8R
9\$					
	34	36	36	36	36
	38	40	40	40	40
10\$					
	34	3510R	3610R	37 4R	38 4R
	40	41			
11\$					
	4	5	2	14	18
	22	24	26	28	30
	3	15	19	21	23
	27	29	31	33	8
	14	16	9	11	15
	12	13			17

EK-1' in devamı

12*	8.48600-2	8.48600-2	6.07936-3	2.75098-2	1.48003-5	1.22666-5
	1.36573-2	6.99437-7	3.75646-5	2.42361-5	5.11682-6	2.90366-6
	6.07936-3	2.75098-2	1.48003-5	1.22666-5	1.36573-2	6.99437-7
	3.75646-5	2.42361-5	5.11682-6	2.90366-6	4.63794-3	5.70367-2
	3.08374-2	3.01356-3	4.63790-3	5.70367-2	3.08374-2	3.01356-3
	1.12840-1	1.12840-1				
19\$						
F	1					
22\$						
23R	-1	-8 5R	-18 5R	-20 5R	-22 5R	-24
5R	-26 5R	-28 5R	-30 5R	-32		
23\$						
	1	2	121	3	1	2
	3	4	5	1	2	3
	4	5	1	2	3	4
	5	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5	1
	2	3	4	5	1	2
	3	4	5			
	4					

T  
SON  
T



EK-2 : ANISN KOD' U İÇİN 2. INPUT (2 AY SONRA)

1000000		HYBRID REACTOR CORE ANALYSIS					
15\$	1	0	1	4	2	1	
	0	12	71	0	97	5	
	21	121	112	1	32	49	
	0	0	1	0	0	100	
	0	0	44	1	100	0	
	0	0	0	0	1	0	
16\$	0.0	0.0	0.001	1.420892	0.0	0.0	
	0.0	1.0	0.0	0.5	0.002	0.05	
	0.003	0.75					
T	1	2	3	4	5	6	
13\$	9	10	11	12	13	14	
	15	16	17	18	19	20	
	21	22	23	24	25	26	
	27	28	29	30	31	32	
	33	34					

## EK-2' nin devamı

14*	3.29520-1	1.41965+7	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	3.71500-1	1.22344+7	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	3.98167-1	1.00167+7	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	4.16869-1	8.20093+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	4.36500-1	6.71435+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	3.01990-1	5.49727+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	6.30950-2	4.50078+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	1.14815-2	3.68493+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	1.81970-3	3.01696+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	2.47008+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	2.02233+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	1.65575+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	1.35561+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	1.10988+6	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	9.08693+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	7.43974+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	6.09115+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	4.98701+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	4.08302+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	3.34289+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	2.73693+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	2.24081+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	1.83462+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
	0.00000+0	1.50206+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0

## EK-2' nin devamı

0.00000+0	1.22978+5	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	8.74210+4	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	5.30235+4	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	3.21604+4	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.95063+4	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.18312+4	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	7.17595+3	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	4.35244+3	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.63995+3	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.60121+3	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	9.71160+2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	5.89038+2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	3.57270+2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.16695+2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.31432+2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	7.97177+1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	4.83512+1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.93265+1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.77874+1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.07886+1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	6.54362+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	3.96891+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.70662+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.38119+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.33471+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0

## EK-2' nin devamı

0.00000+0	2.14173+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.92915+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.72674+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.51860+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.36881+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.24933+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.16465+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.11997+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.09493+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.06997+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.04240+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.00740+0	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	9.79966-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	9.49860-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	9.09853-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	8.69847-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	7.98957-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	7.15978-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	6.53571-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	6.07332-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	5.69766-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	5.24603-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	4.89932-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	4.74982-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	4.59928-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0

## EK-2' nin devamı

0.00000+0	4.34828-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	3.99666-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	3.64794-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	3.39902-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	3.19896-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.99889-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.79881-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.59872-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.39861-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.14651-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.79257-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.39042-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.07014-1	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	8.99073-2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	7.98957-2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	6.98808-2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	5.71724-2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	3.91523-2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.46630-2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	1.44270-2	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	8.41102-3	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	5.36082-3	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0
0.00000+0	2.16404-3	1.000+099R	0.018R	0.0	1.00+0

T



EK-2' nin devamı

1.16769+6	1.11564+6	1.07545+6	1.04166+6	9.99527+5	9.65933+5
9.51081+5	9.35888+5	9.09993+5	8.72424+5	8.33495+5	8.04555+5
7.80519+5	7.55717+5	7.30072+5	7.03491+5	6.75863+5	6.39360+5
5.84275+5	5.14579+5	4.51439+5	4.13787+5	3.90068+5	3.64803+5
3.29968+5	2.73060+5	2.16722+5	1.65755+5	1.26562+5	1.01040+5
6.41966+4					
6*	0.0	0.16666	0.0	0.16666	0.16666
	0.16666	0.16666			
7*	-0.471404	-0.3333	-0.942809	-0.881917	-0.3333
	0.3333	0.881917			
8\$					
2R	1 6R	2 6R	3 6R	4 6R	5 6R
2R	7 4R	8 5R	9 6R	10 4R	11 8R
9\$					
	34	36	38	40	42
	46	48	46	48	46
10\$					
	34	3510R	3610R	3710R	3810R
10R	4010R	4110R	4210R	4310R	4410R
4R	46 4R	47	48	49	

## EK-2' nin devamı

11\$	4	5	2	14	18	20
	22	24	26	28	30	32
	3	15	19	21	23	25
	27	29	31	33	2	14
	18	20	22	24	26	28
	30	32	3	15	19	21
	23	25	27	29	31	33
	2	14	18	20	22	24
	26	28	30	32	3	15
	19	21	23	25	27	29
	31	33	2	14	18	20
	22	24	26	28	30	32
	3	15	19	21	23	25
	27	29	31	33	2	14
	18	20	22	24	26	28
	30	32	3	15	19	21
	23	25	27	29	31	33
	8	10	14	16	11	
	15	17	12	13	9	



## EK-2' nin devamı

12*	8.48600-2	8.48600-2	6.07939-3	2.75098-2	1.46106-5	1.22639-5
	1.36302-2	7.17869-7	5.36140-5	2.41540-5	5.09965-6	2.89601-6
	6.07936-3	2.75098-2	1.46106-5	1.22639-5	1.36302-2	7.17869-7
	5.36140-5	2.41540-5	5.09965-6	2.89601-6	6.07936-3	2.75098-2
	1.46369-5	1.22698-5	1.36365-2	7.16817-7	5.21212-5	2.41809-5
	5.10469-6	2.89902-6	6.07936-3	2.75098-2	1.46369-5	1.22698-5
	1.36365-2	7.16817-7	5.21212-5	2.41809-5	5.10469-6	2.89902-6
	6.07936-3	2.75098-2	1.46597-5	1.22719-5	1.36405-2	7.15636-7
	5.03902-5	2.41977-5	5.10915-6	2.90089-6	6.07936-3	2.75098-2
	1.46497-5	1.22719-5	1.36405-2	7.15636-7	5.03902-5	2.41977-5
	5.10915-6	2.90089-6	6.07936-3	2.75098-2	1.46795-5	1.22725-5
	1.36436-2	7.14650-7	4.86559-5	2.42092-5	5.11385-6	2.90219-6
	6.07936-3	2.75098-2	1.46795-5	1.22725-5	1.36436-2	7.14650-7
	4.86559-5	2.42092-5	5.11385-6	2.90219-6	6.07936-3	2.75098-2
	1.46955-5	1.22723-5	1.36460-2	7.14210-7	4.70916-5	2.42175-5
	5.11932-6	2.90322-6	6.07936-3	2.75098-2	1.46955-5	1.22723-5
	1.36460-2	7.14210-7	4.70916-5	2.42175-5	5.11932-6	2.90322-6
	4.63794-3	5.70367-2	3.08374-2	3.01356-3	4.63790-3	5.70367-2
	3.08374-2	3.01356-3	1.12840-1	1.12840-1		
19\$	F	1				
22\$						
23R	-1	-8 5R	-18 5R	-20 5R	-22 5R	-24
5R	-26 5R	-28 5R	-30 5R	-32		

EK-2' nin devamı

23\$

1 3 4 5 1 2 3 4

2 4 5 1 2 3 4 5

121  
5 1 2 3 4 5

3 1 2 3 4 5 1

1 2 3 4 5 1 2

2 3 4 5 1 2 3

T  
SON  
T

## EK-3 : ANISN KOD' UNA INPUT HAZIRLAMA PROGRAMI

```

IMPLICIT REAL*8 (A,D,N,U,P)
CHARACTER*3 SATIR(24)
CHARACTER*1 IS(112)
DIMENSION DENS(112),ACT(5,48),K(112),VOL(5)
DATA VOL/405.265,461.814,518.363,574.911,631.460/
FAKTOR=(0.2779)/6
1 READ(21,2) (SATIR(I),I=1,24)
2 FORMAT(24A3)
WRITE(23,2) (SATIR(I),I=1,24)
IF(SATIR(1).NE.'12*')GOTO 1
READ(21,10) (DENS(I),IS(I),K(I),I=1,112)
10 FORMAT(6(3X,F7.5,A1,I1))
DO 29 I=1,48,8
DO 29 J=1,5
29 READ(22,*)H,ACT(J,I),ACT(J,I+1),ACT(J,I+2),ACT(J,I+3),
&ACT(J,I+4),ACT(J,I+5),ACT(J,I+6),ACT(J,I+7)
ORTOR=0
I=-20
DO 17 J=1,5
I=I+20
U5DEN=DENS(I+15)/10**K(I+15)
U6DEN=DENS(I+16)/10**K(I+16)
U8DEN=DENS(I+17)/10**K(I+17)
P9DEN=DENS(I+19)/10**K(I+19)
P4DEN=DENS(I+20)/10**K(I+20)
P1DEN=DENS(I+21)/10**K(I+21)
P2DEN=DENS(I+22)/10**K(I+22)
NPDEN=DENS(I+18)/10**K(I+18)
DEPLU5=ACT(J,7)*U5DEN/VOL(J)
U5DENY=U5DEN-DEPLU5*FAKTOR
DEPLU8=ACT(J,17)*U8DEN/VOL(J)
U8DENY=U8DEN-DEPLU8*FAKTOR
DEPLP9=ACT(J,27)*P9DEN/VOL(J)
P9DENY=U8DEN*ACT(J,16)*FAKTOR/VOL(J)+P9DEN-DEPLP9*FAKTOR
DEPLP4=ACT(J,32)*P4DEN/VOL(J)
P4DENY=P9DEN*ACT(J,26)*FAKTOR/VOL(J)+P4DEN-DEPLP4*FAKTOR
DEPLP1=ACT(J,37)*P1DEN/VOL(J)
P1DENY=P4DEN*ACT(J,31)*FAKTOR/VOL(J)+P1DEN-DEPLP1*FAKTOR
DEPLP2=ACT(J,42)*P2DEN/VOL(J)
P2DENY=P1DEN*ACT(J,36)*FAKTOR/VOL(J)+P2DEN-DEPLP2*FAKTOR
DEPLU6=ACT(J,12)*U6DEN/VOL(J)
U6DENY=U5DEN*ACT(J,6)*FAKTOR/VOL(J)+U6DEN-DEPLU6*FAKTOR
DEPLNP=ACT(J,22)*NPDEN/VOL(J)
NPDENY=U6DEN*ACT(J,11)*FAKTOR/VOL(J)+NPDEN-DEPLNP*FAKTOR

```

## EK-3' ün devamı

```

K(I+15)=DABS(DLOG10(U5DENY))+1
K(I+16)=DABS(DLOG10(U6DENY))+1
K(I+17)=DABS(DLOG10(U8DENY))+1
K(I+19)=DABS(DLOG10(P9DENY))+1
K(I+20)=DABS(DLOG10(P4DENY))+1
K(I+21)=DABS(DLOG10(P1DENY))+1
K(I+22)=DABS(DLOG10(P2DENY))+1
K(I+18)=DABS(DLOG10(NPDENY))+1
DENS(I+15)=U5DENY*10**K(I+15)
DENS(I+16)=U6DENY*10**K(I+16)
DENS(I+17)=U8DENY*10**K(I+17)
DENS(I+19)=P9DENY*10**K(I+19)
DENS(I+20)=P4DENY*10**K(I+20)
DENS(I+21)=P1DENY*10**K(I+21)
DENS(I+22)=P2DENY*10**K(I+22)
DENS(I+18)=NPDENY*10**K(I+18)
DENS(I+5)=DENS(I+15)
DENS(I+6)=DENS(I+16)
DENS(I+7)=DENS(I+17)
DENS(I+9)=DENS(I+19)
DENS(I+10)=DENS(I+20)
DENS(I+11)=DENS(I+21)
DENS(I+12)=DENS(I+22)
DENS(I+8)=DENS(I+18)
K(I+5)=K(I+15)
K(I+6)=K(I+16)
K(I+7)=K(I+17)
K(I+9)=K(I+19)
K(I+10)=K(I+20)
K(I+11)=K(I+21)
K(I+12)=K(I+22)
K(I+8)=K(I+18)
XORAN=U5DENY+U6DENY+U8DENY+P9DENY+P1DENY+P2DENY+NPDENY
U5ORAN=U5DENY/XORAN
U6ORAN=U6DENY/XORAN
U8ORAN=U8DENY/XORAN
P9ORAN=P9DENY/XORAN
P4ORAN=P4DENY/XORAN
P1ORAN=P1DENY/XORAN
P2ORAN=P2DENY/XORAN
NPORAN=NPDENY/XORAN
XORANT=U5ORAN+P9ORAN+P1ORAN
ORTOR=ORTOR+XORAN
WRITE(27,40)J
40 FORMAT(//10X,'ZONE=',I3/)

```

## EK-3' ün devamı

```
WRITE(27,30)U5DEN,U5DENY,U5ORAN
WRITE(27,31)U6DEN,U6DENY,U6ORAN
WRITE(27,32)U8DEN,U8DENY,U8ORAN
WRITE(27,33)P9DEN,P9DENY,P9ORAN
WRITE(27,34)P4DEN,P4DENY,P4ORAN
WRITE(27,35)P1DEN,P1DENY,P1ORAN
WRITE(27,36)P2DEN,P2DENY,P2ORAN
WRITE(27,37)NPDEN,NPDENY,NPORAN
WRITE(27,39)FAKTOR,XORAN
WRITE(27,38)XORANT
39 FORMAT(/5X,'FAKT=' ,1PE12.5,'ORAN  =' ,1PE12.5)
30 FORMAT(5X,'U5DEN=' ,1PE12.5,5X,'U5DENY=' ,1PE12.5,5X,
&'U5ORAN=' ,1PE12.5)
31 FORMAT(5X,'U6DEN=' ,1PE12.5,5X,'U6DENY=' ,1PE12.5,5X,
&'U6ORAN=' ,1PE12.5)
32 FORMAT(5X,'U8DEN=' ,1PE12.5,5X,'U8DENY=' ,1PE12.5,5X,
&'U8ORAN=' ,1PE12.5)
33 FORMAT(5X,'P9DEN=' ,1PE12.5,5X,'P9DENY=' ,1PE12.5,5X,
&'P9ORAN=' ,1PE12.5)
34 FORMAT(5X,'P4DEN=' ,1PE12.5,5X,'P4DENY=' ,1PE12.5,5X,
&'P4ORAN=' ,1PE12.5)
35 FORMAT(5X,'P1DEN=' ,1PE12.5,5X,'P1DENY=' ,1PE12.5,5X,
&'P1ORAN=' ,1PE12.5)
36 FORMAT(5X,'P2DEN=' ,1PE12.5,5X,'P2DENY=' ,1PE12.5,5X,
&'P2ORAN=' ,1PE12.5)
37 FORMAT(5X,'NPDEN=' ,1PE12.5,5X,'NPDENY=' ,1PE12.5,5X,
&'NPORAN=' ,1PE12.5)
38 FORMAT(/ ,5X,'U5ORAN+P9ORAN+P1ORAN='1PE12.50
17 CONTINUE
XORTOR=ORTOR/5
WRITE(27,98)XORTOR
98 FORMAT(/5X,'ORTALAMA ORAN=' ,1PE12.5)
WRITE(23,10)(DEN(I),IS(I),K(I),I=1,112)
11 READ(21,2,END=100)(SATIR(I),I=1,24)
WRITE(23,2)(SATIR(I),I=1,24)
GO TO 11
100 STOP
END
```

## EK-4 : TRITYUM HESAPLAMA PROGRAMI

```

CHARACTER*3 SATIR(24)
CHARACTER*1 IS(112)
DIMENSION A(5,48),D(112),K(112)
DO 1 I=1,48,8
DO 1 J=1,5
1 READ(22,*)H,A(J,I),A(J,I+1),A(J,I+2),A(J,I+3),A(J,I+4),
&A(J,I+5),A(J,I+6),A(J,I+7)
READ(22,*)H,AL73,AL63
READ(22,*)H,AL75,AL65
READ(22,*)H,AL77,AL67
2 READ(21,3)(SATIR(I),I=1,240)
3 FORMAT(24A3)
IF(SATIR(I).NE.'12*')GOTO 2
READ(21,100)(D(I),IS(I),K(I),I=1,112)
10 FORMAT(6(3X,F7.5,A1,I1)
DO 4 I=1,112
4 D(I)=D(I)/10**K(I)
T6=(AL63+AL65+AL67)*D(103)
T7=(AL73+AL75+AL77)*D(104)
TT67=T6+T7
X=0
M=-20
DO 5 L=1,5
J=0
M=M+20
DO 5 I=5,12
J=J+5
5 X=X+D(M+I)*A(L,J)
WRITE(28,20)T6,T7,TT67,XM
20 FORMAT(3X,'T6=',1PE12.5,3X,'T7=',1PE12.5,3X,
&'TOTAL=',1PE12.5,5X,'M=',1PE12.5)
STOP
END

```