

RADYOTERAPİ

UYGULAMALARINDA

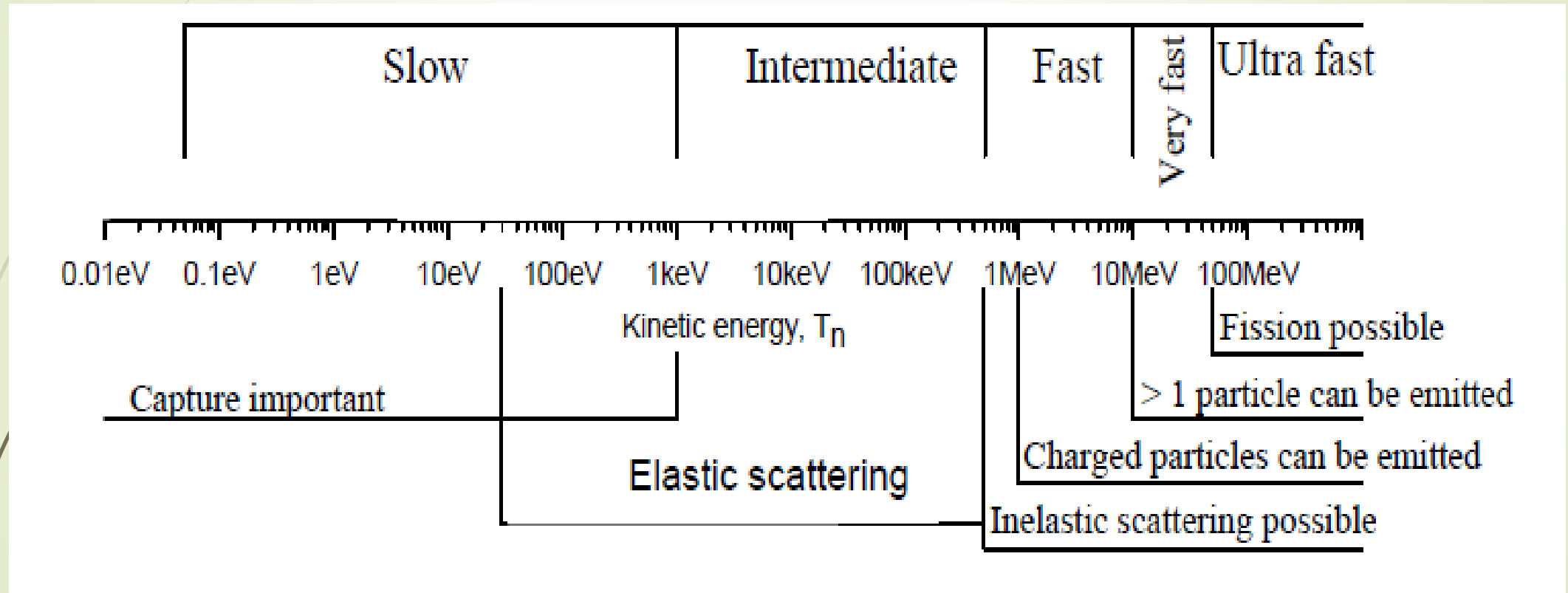
NÖTRON

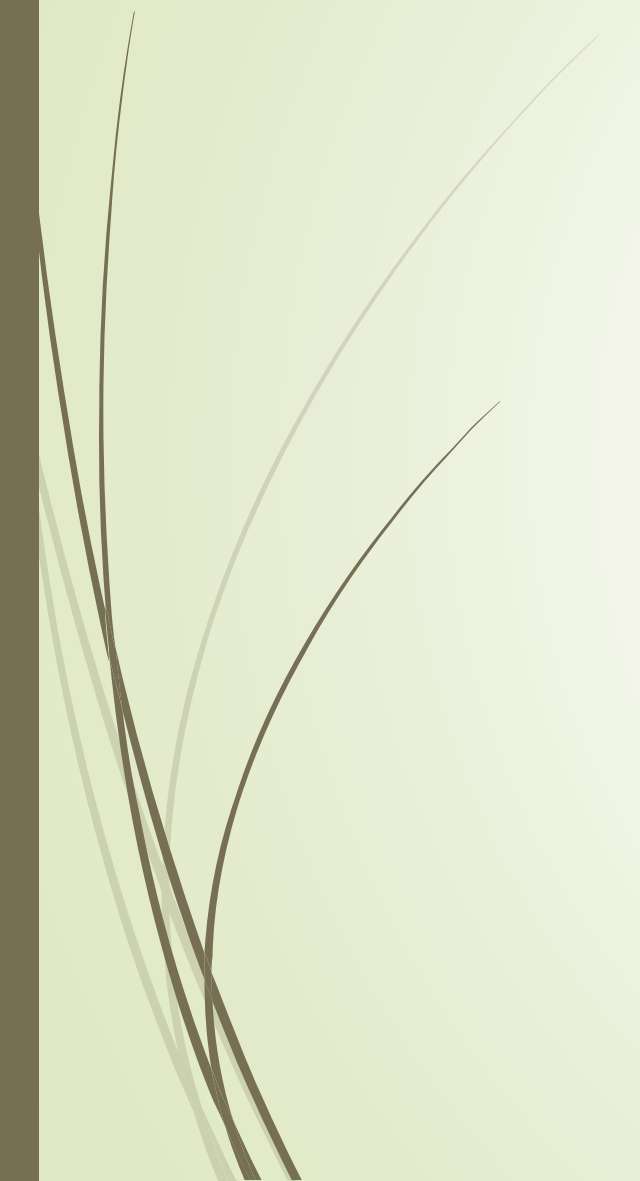
DOZU

İçerik

- Nötron radyasyonu hakkında genel bilgi
- Radyoterapi uygulamalarında nötron radyasyonun oluşması
- Nötron radyasyonunu etkileyen faktörler
- Nötron radyasyonunun zırhlanması ve dikkat edilmesi gereken noktalar

Nötronların enerjilerine göre sınıflandırılması





Hızlı nötronlar



Termal Nötronlar



Çekirdek tarafından yutulma

***Elastik + İnelastik
çarpışma***

Termal Nötron Kesit alanı σ (barn)

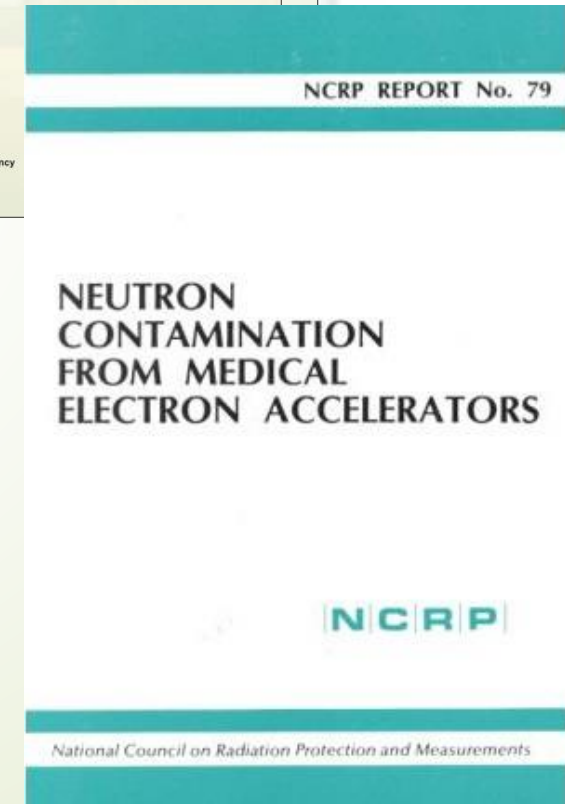
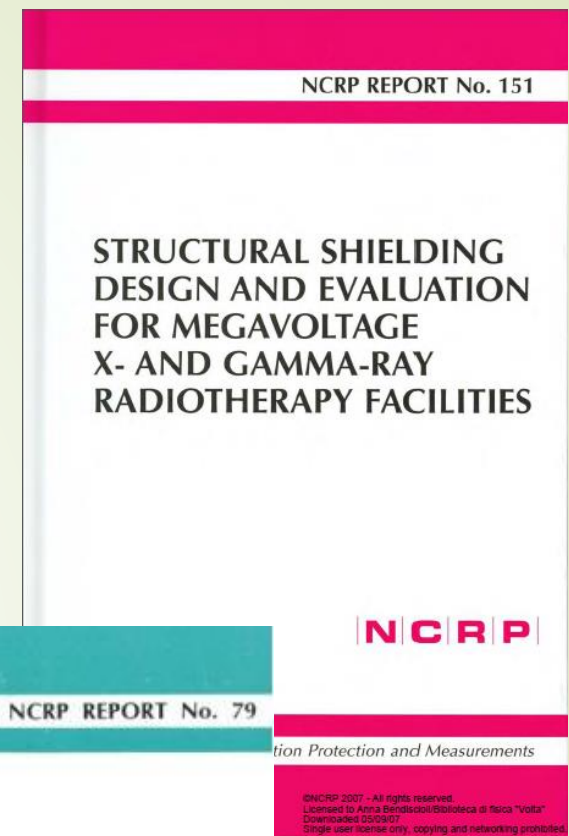
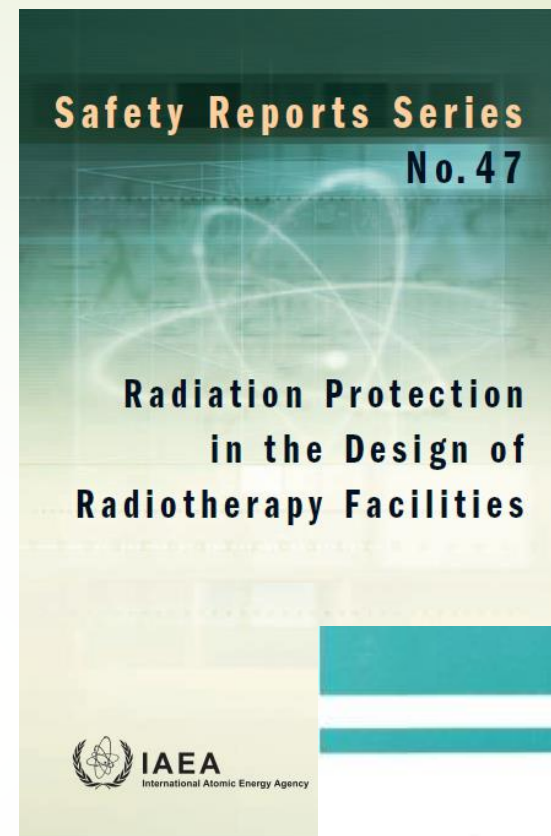
^{10}B (~%20)	3837
^{11}B	0.005
^{12}C	0.0035
^1H	0.33
^{14}N	1.70
^{35}Cl	43.6
^{23}Na	0.534
^{157}Gd (~% 16)	254000
^{153}Gd	0.02



Nötron enerjisi termal bölgenin üzerinde olduğunda tesir kesit alan değerleri $(\frac{1}{\sqrt{E}})$ düşer.

➤ Kullanılan Kaynaklar ;

- IAEA Safety Report 47
- NCRP 79
- NCRP 151

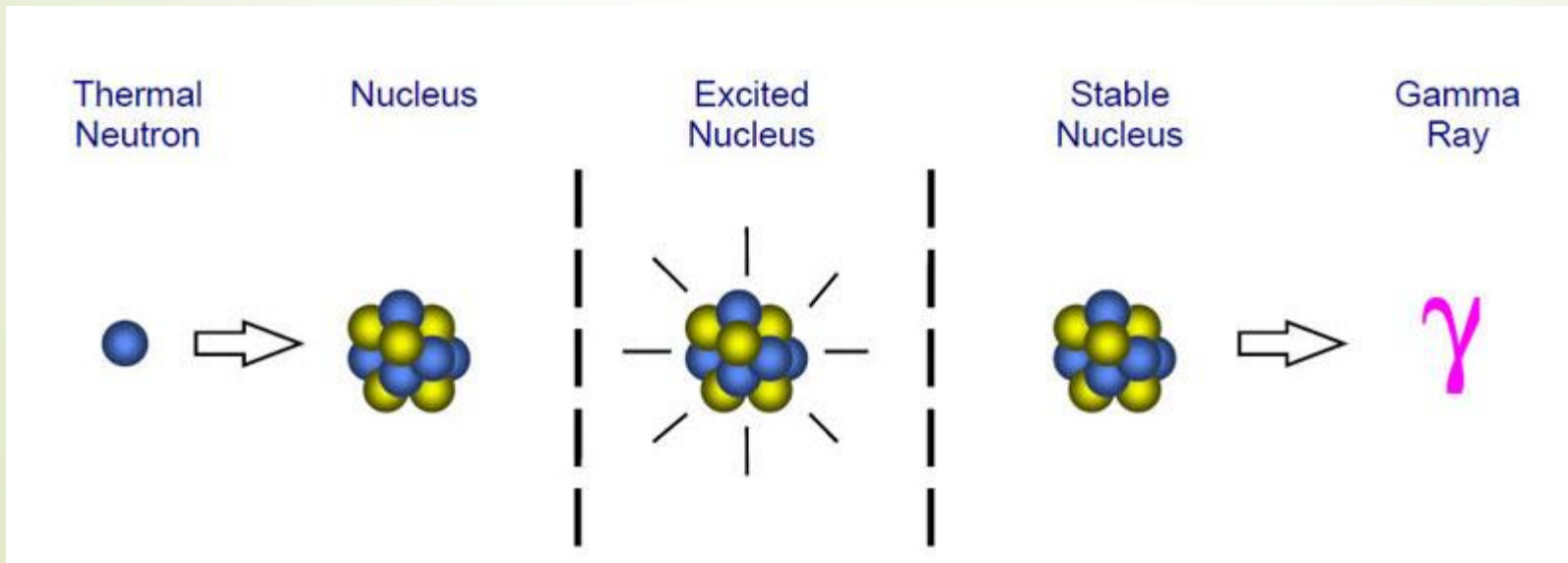


Radyoterapi Uygulamalarında Nötron Radyasyonunun Oluşması

$E_{\text{foton}} = 7\text{-}8 \text{ MeV}$ kurşun ve tungsten

$E_{\text{foton}} \sim 10 \text{ MeV}$ Demir

$E_{\text{foton}} \sim 13 \text{ MeV}$ Alüminyum



Tablo 1: Toplam Nötron Akısı (Q_n) (NCRP 151 Tablo B.9)

Üretici	MV	Q_n (N/Gy)
Varian	10	6,0E+10
	15	7,6E+11
	18	9,6E+11
	20	9,6E+11
	24	7,7E+11
Siemens	10	8,0E+10
	15	2,0E+11
	18	8,8E+11
	20	9,2E+11
	24	1,5E+12
Elekta/ Philips	10	1,4E+11
	15	3,2E+11
	18	6,9E+11
	20	9,6E+11
	24	1,4E+12
GE	12	2,4E+11
	15	4,7E+11
	18	1,5E+12
	25	2,4E+12

- Nötron alanı, aynı zamanda gantry açısına ve uygulama odasında hedefin açısal konumuna bağlı olarak da değişir.
- Mc Ginley ve Butker (1991), şekilde görüldüğü üzere gantry açısı 1-3 yönünde yatay olarak yöneldiğinde nötron seviyesi maksimum olduğunu belirtmiştir.

Değiştirilmiş Kersey Metodu

Wu and McGinley (2003)

$$H_{n,D} = 2.4 \times 10^{-15} \varphi_A \sqrt{\frac{S_0}{S_1}} \left[1.64 \times 10^{-\left(\frac{d_2}{1.9}\right)} + 10^{-\left(\frac{d_2}{TVD}\right)} \right]$$

$$TVD = 2.06 \sqrt{S_1}$$

$$H_n = W_L H_{n,D}$$

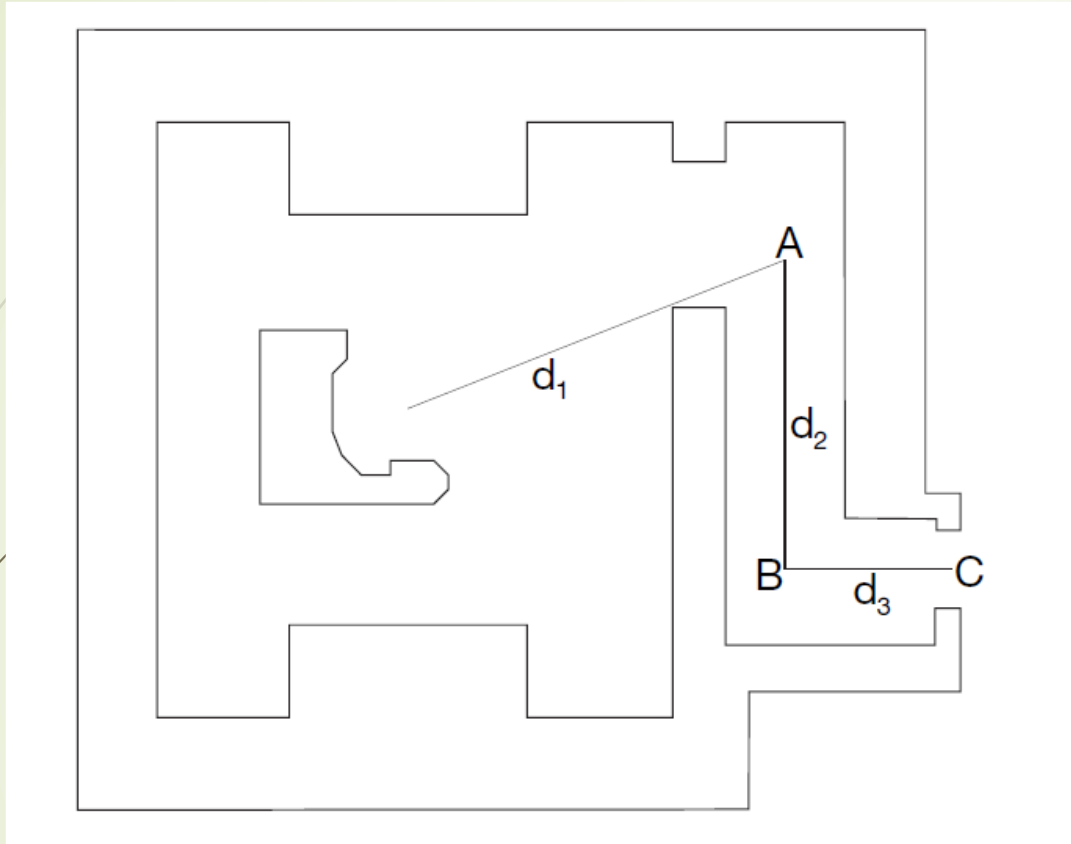
$H_{n,D}$ = İsocentre' da 1 gray'lik soğurulmuş X ışını dozu başına sievert cinsinden şaşırtma koridoru girişinde nötron doz eşdeğeri.

ϕ_A = İsocentre' da birim soğurulmuş doz başına nötron akısı

S_0 / S_1 = Şaşırtma koridorunun girişinin kesit alanının, şaşırtma koridoru boyunca birim kesit alanına oranıdır.

TVD = Ondabir değer mesafesi

Ekstra koridor bulunduğunda ise ;



$$D_n = H_1 \times 10^{-3} \times (A_r / S_l) \times (1/d_2)^2 \times (10^{-d_2/5}) \times (10^{-d_3/5}) \times (1/3)$$

- ❖ Maze girişinde ortalama nötron enerjisi 100 keV civarındadır. Bu durumda kullanılacak polietilen malzemenin yarı değer kalınlığı 4,5cm' dir (NCRP, 1984).
- ❖ %5 bor katkılı polietilen (BPE) için ; 2 MeV enerjili nötronların zırhlanmasında TVL değeri 3,8 cm iken, termal nötronların zırhlanmasında bu değer 1,2 cm' ye düşmektedir. Bu nedenle kapı zırhlanmasında güvenli olması açısından 4,5 cm TVL değeri alınır.
- ❖ Maze uzunluğu 8m' den uzun olan odalarda kapı zırhlanmasında 0,6-1,2 cm kurşun ve 2-4 cm BPE kullanımı yeterli olmaktadır.
- ❖ Kapı zırhlanmasında **Pb + BPE + Pb** sırası takip edilir.
 - Elastik olmayan saçılma ile nötronların enerjisini düşürür
 - Termal nötronları soğurur ancak 478 keV enerjili gama fotonları ortaya çıkar
 - 478 keV lik gama fotonlarını soğurur.

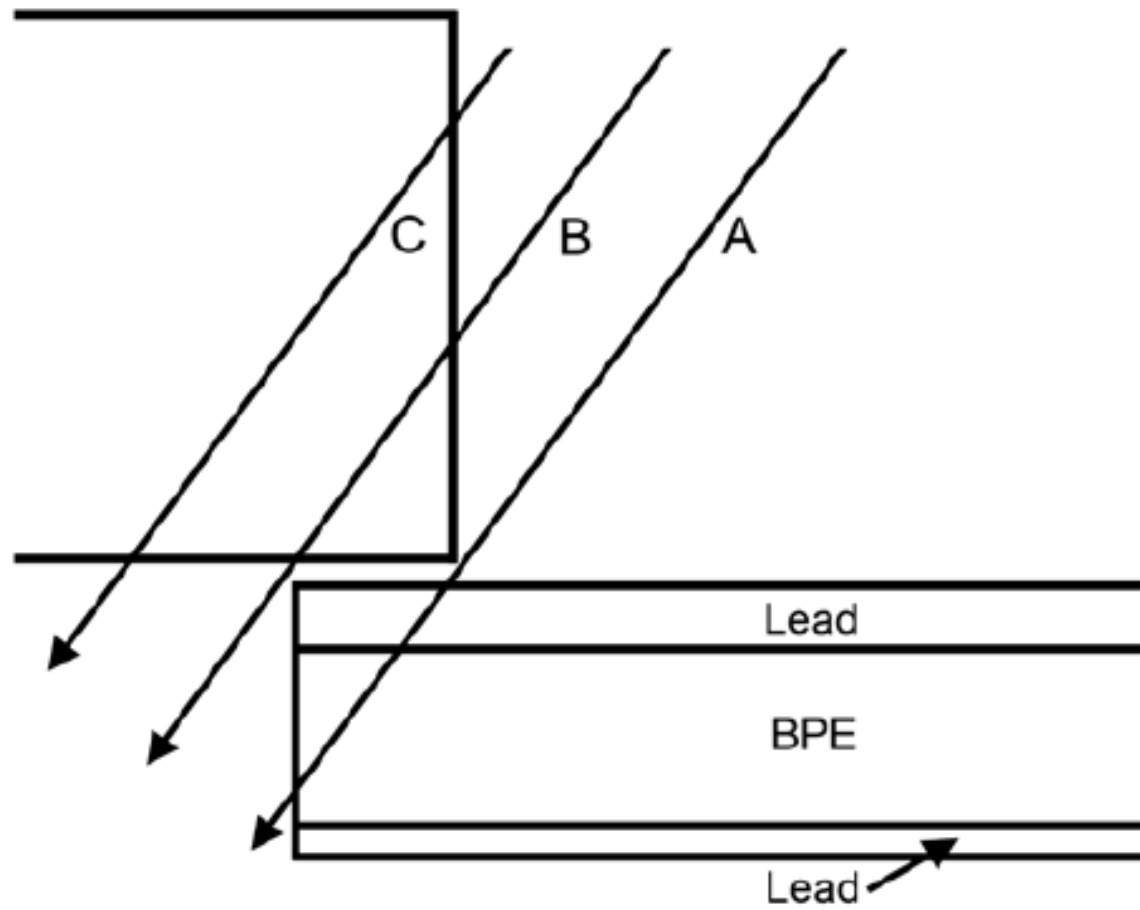


Fig. 2.10. Incomplete shielding at door.

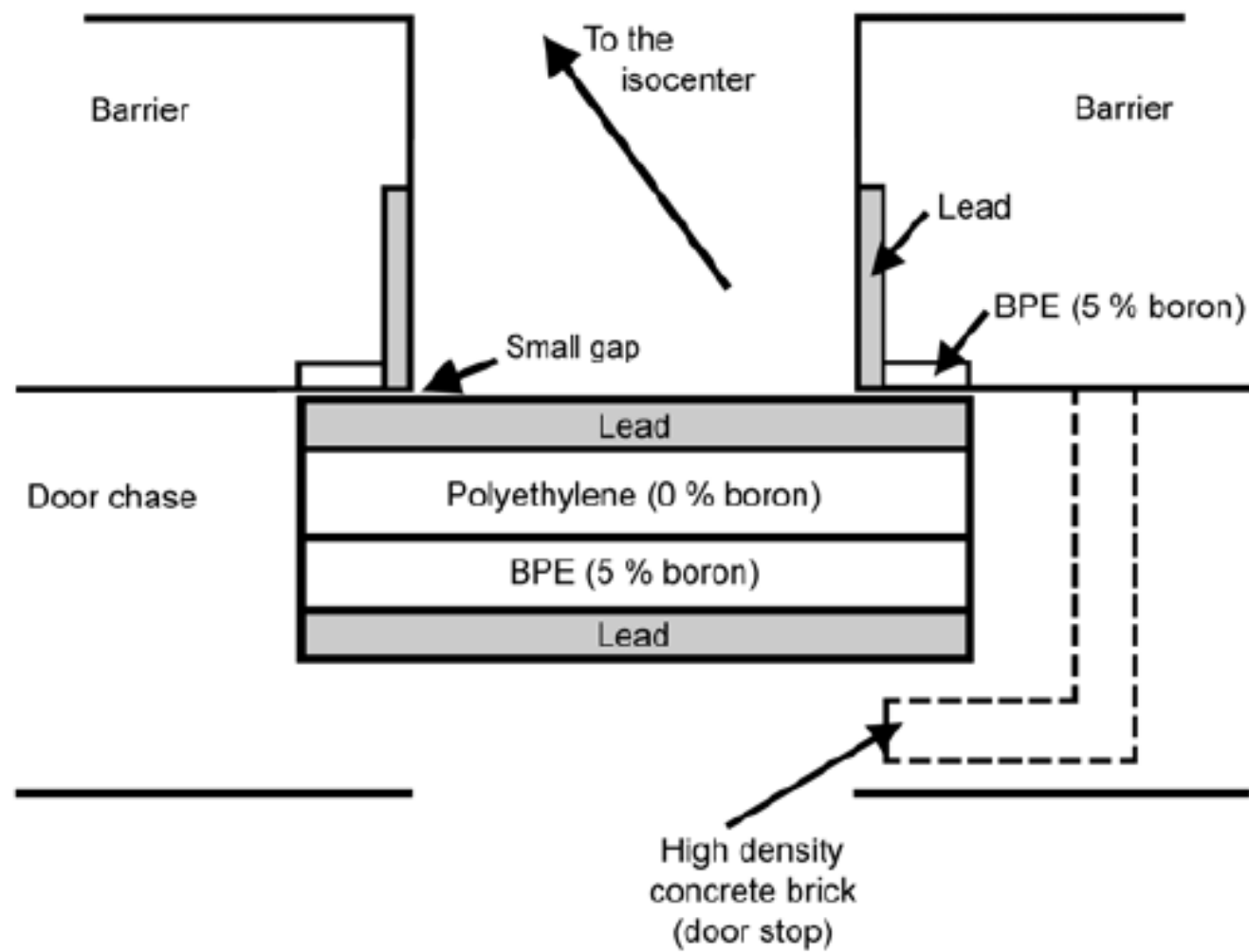


Fig. 2.11. Alternative to large overlap at door.

Nötron Radyasyonu Ölçümü

- Şaşırtma koridorunun dışında ortalama nötron enerjisi ~ 100 keV civarındadır.
- Nötron ölçümü yapılacak alanda nötronların enerji spektrumunun bilinmesi gerekir.

	σ (barns)	Reaksiyon	Enerji (MeV)
BF ₃ orantılı sayaç	3,840	$^{10}\text{B} (n_{\text{th}}, \alpha)^7\text{Li}$	$E_Q = 2,31 \text{ MeV}$
^3He orantılı sayaç	5,330	$^3\text{He} (n_{\text{th}}, p)^3\text{H}$	$E_Q = 0,765 \text{ MeV}$
$^6\text{Li(Eu)}$ sintilasyon	940	$^6\text{Li} (n_{\text{th}}, \alpha)^3\text{H}$	$E_Q = 4,78 \text{ MeV}$

