

Radyasyon Güvenliği ve Radyasyon Kazaları

Mehmet Ertuğrul ERTÜRK
MNT

İçerik

- Güvenlik nedir, kaza nedir?
- Güvenlik kültürü
- Radyasyon güvenliği
- Radyasyon kazası nedir?
- Radyasyon kazaları ve alınabilecek önlemler
- Tartışma: Söz uçar yazı kalır

Medikal Fizik Uzmanının Görevleri



Medikal Fizik Uzmanının Görevleri

- Medikal Fizik Uzmanı;
 - Radyoterapi cihazlarının kabul testleri, kliniğe hazırlık testleri, kalibrasyonu ve tüm radyoterapi cihaz ve ekipmanlarının kalite temini;
 - Hasta dozlarının planlanması, hesaplanması ve verifikasyonu için hesaplama prosedürleri;
 - Radyoterapide kullanılan gerek tedavi gerekse simülasyon cihazlarının koruyucu bakımı, güvenliği ve performanslarının takibi;
 - Rutin kalite temin programının oluşturulması ve sürdürülmesi;
 - Radyoterapi departmanında radyasyondan korunma ve güvenlik süreçlerinin takibi;
 - Radyasyon onkolojisi bölümünde radyasyonla çalışan ve çalışmayan personelin radyasyon güvenliği eğitiminin verilmesi.
- Medikal Fizik Uzmanı kalite ve güvenlikten sorumludur.

Mesleğin Durumu

Radiotherapy physicists have become glorified technicians rather than clinical scientists

Howard I. Amols and Frank Van den Heuvel

Reproduced from *Medical Physics* **37**, 1379-1381 (2010)

(<http://dx.doi.org/10.1118/1.3298378>)

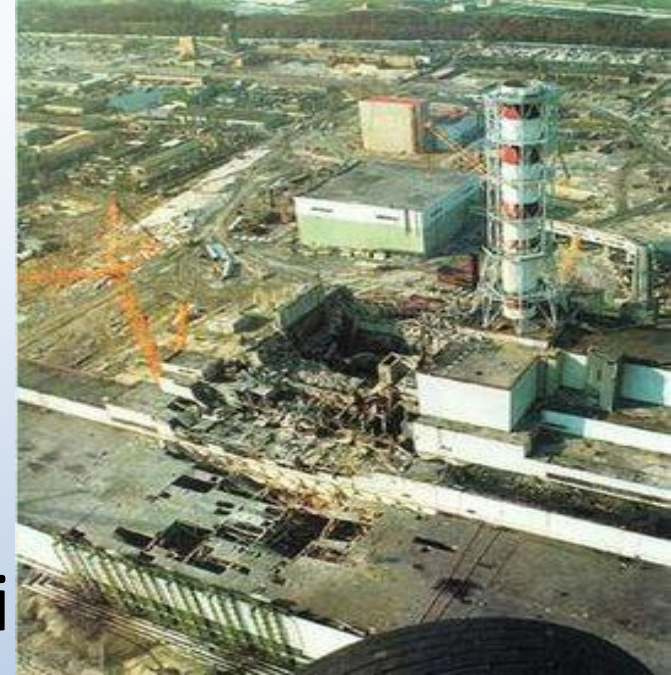
Ne yaptığımızı bilmezsek, ne yaptığımızı anlatamayız!

Güvenlik Nedir

- Güvenlik: Tehlike altında olmama ya da zarar görmeme durumu.
 - Kalite kontrol ve güvenlik gereksinimlerinin yerine getirilmesi
- Tehlike:
 - Yaralanma, acı, doku kaybı ya da ölme olasılığı
 - İstenmeyen veya kötü birşeyin olma olasılığı
- Zarar: Maddi ya da manevi

Güvenlik Kültürü

- Çernobil sonrası başlayan ilgi
 - İhmal edilen yönetmelikler
 - Mesleki maçoçluk
 - ...
- Tüm kuzey yarım küre etkilendi
- Kuzey kutbunda 1986 yılına ait yağın kar katmanını bulunabilir?



Güvenlik Kültürü

- Güvenlik kavramını hayatımızın merkezine koymak

- Herhangi bir toplantıda
- Spontan konuşmalarda
- Güncel yayın ve tavsiye takibi

Bir çok kaza aslında basit yöntemlerle engellenebilir



Kaza Nedir?

- Kaza: Planlananın dışında olan zarara ve yaralanmaya neden olan olaydır.
- Kaza: Normal işleyiş prosedürü dışında kalan her türlü durum.

Hayat Kritik Sistemler

- Hayat kritik ya da güvenlik kritik sistemler bozulması ya da düzgün çalışmaması sonucunda tekli ya da çoklu
 - Ölüm, yaralanma
 - Ekipmanın kaybı veya ağır zarar görmesi
 - Çevresel etki
- Tıp
 - Kalp cihazları
 - Radyoterapi cihazları
 - Robotik cerrahi cihazları ...

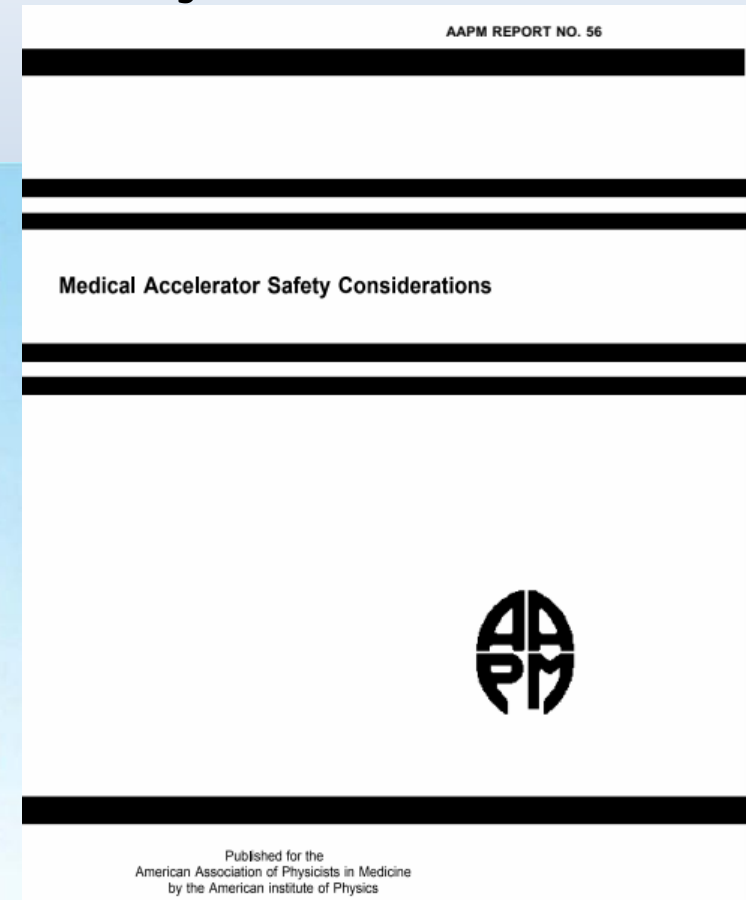
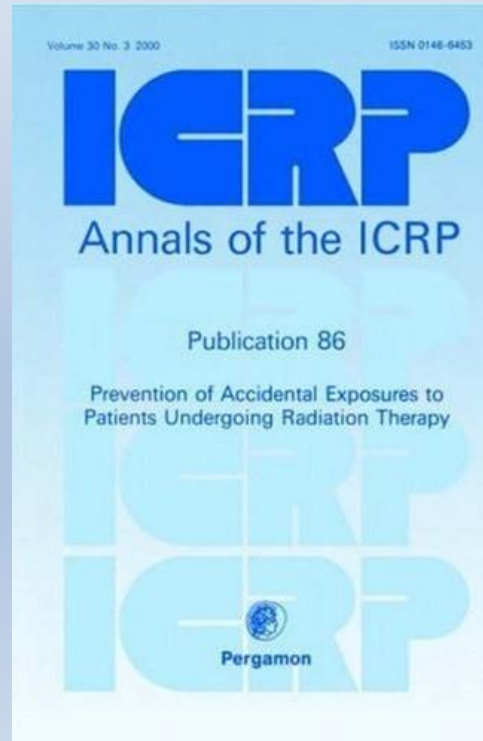


Hayat Kritik Sistemler

- Hava yastığı: Kazada açılmazsa varlığının önemi yoktur.
- Fren: Yokuş aşağı tutmazsa varlığının önemi yoktur.
- Uçak iniş takımı: İnerken açılmıyorsa başka zaman açılmasa da olur!!!
- Paraşüt: Açılmadığı anlaşıldığında tamirine gerek olmayan şeydir.
- FAILURE IS NOT AN OPTION

Radyasyon Kazası Nedir

- WHO: 'radyasyon kazası iyonlaştırıcı radyasyon ile yapılan rutinde olmayan fazla ışınlamadır...'
- ICRP 86 nolu rapor
- AAPM RPT 56

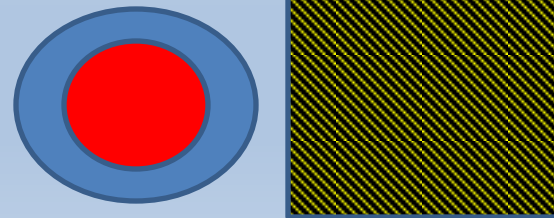


ICRP 86 ve AAPM RPT 56

- Tip A: Reçetelendirilen dozun %25'i ve daha fazlası
 - Ciddi hasarlar ve hatta ölüm
 - LD50/5
- Tip B: Reçetelendirilen dozun %5'i ile %25'i arasındaki aşırı ışınlama ve reçetelendirilen dozdan daha az yapılan ışınlamalar

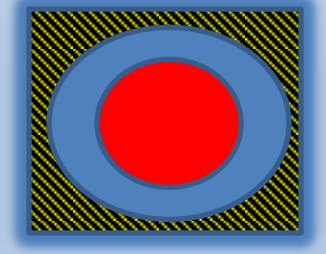
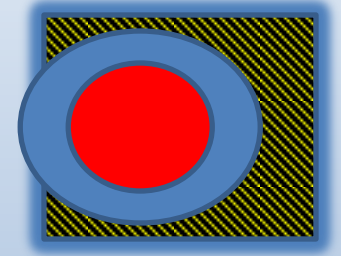
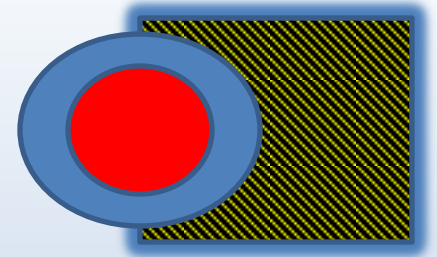
Örnek

- Bu bir A tipi kaza mıdır?
 - IGRT ile pozisyonlaması yapılan bir hasta, küresel 3 cm çaplı bir tümör.
 - Hastaya istenilen doz veriliyor.
 - Ancak IGRT ekipmanı iyi kullanılamıyor
 - Işınlanmak istenilen bölgenin 4 cm laterali ışınlanıyor
 - Tümör tekrar ışınlanabilir
 - Tümör tekrar ışınlanamaz



Diğer 3 Durum Hangisi Kaza?

- Yanlış pozisyonlama
 - IGRT
 - Kullanmama
 - Yanlış kullanma
- PTV marjları
 - Yetersizliği
- Cihazın tanınması
 - Kapasite ve yeteneklerinin anlaşılması



Tip B Hatalar Fark Edilebilir mi?

- Hastanın muayenesi düzenli yapan tecrübeli bir doktor tedavi başlangıcından itibaren birkaç hafta için %7-10'luk fazla dozu algılayabilir.
 - Belirsizlik
 - Güvenlik marjı



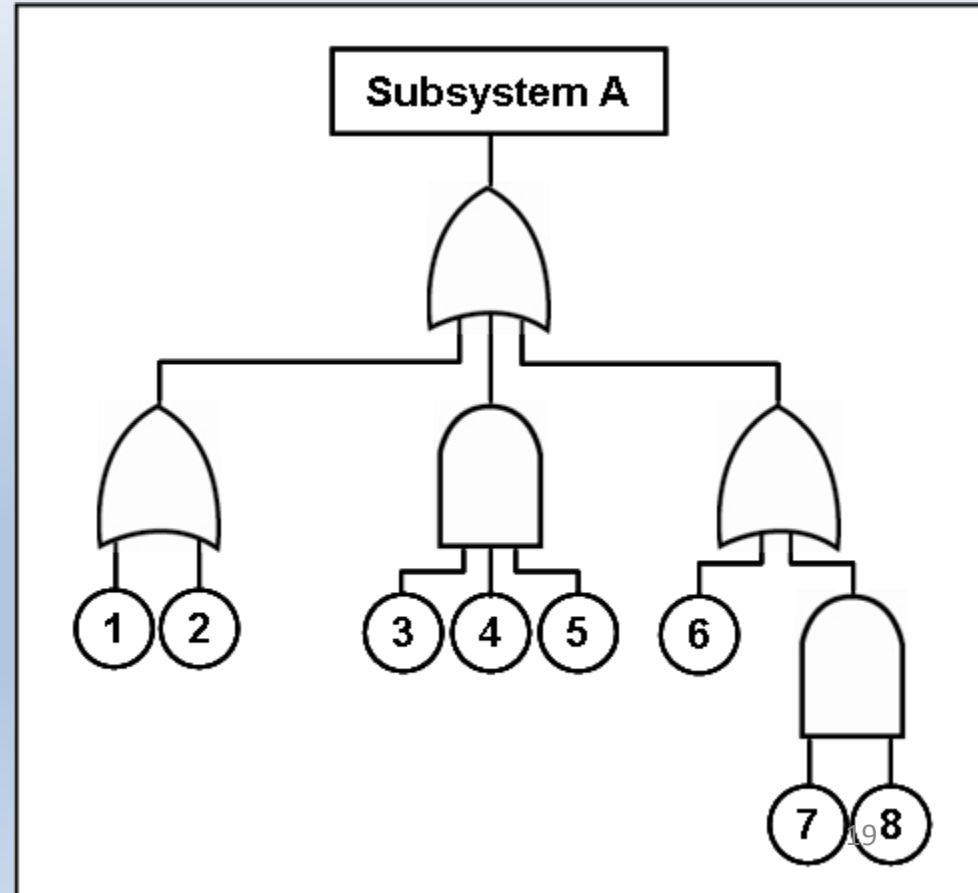
Beklenen Hatalar

- %5
 - verimin zaman içindeki değişimi
 - Homojenite düzeltmesi
 - Bir takım algoritma hataları
 - Sayısal yuvarlama hatalar
 - Modelleme ihmalleri
 - Yakınsama hataları
 - Mekanik hatalar
 - Vs...

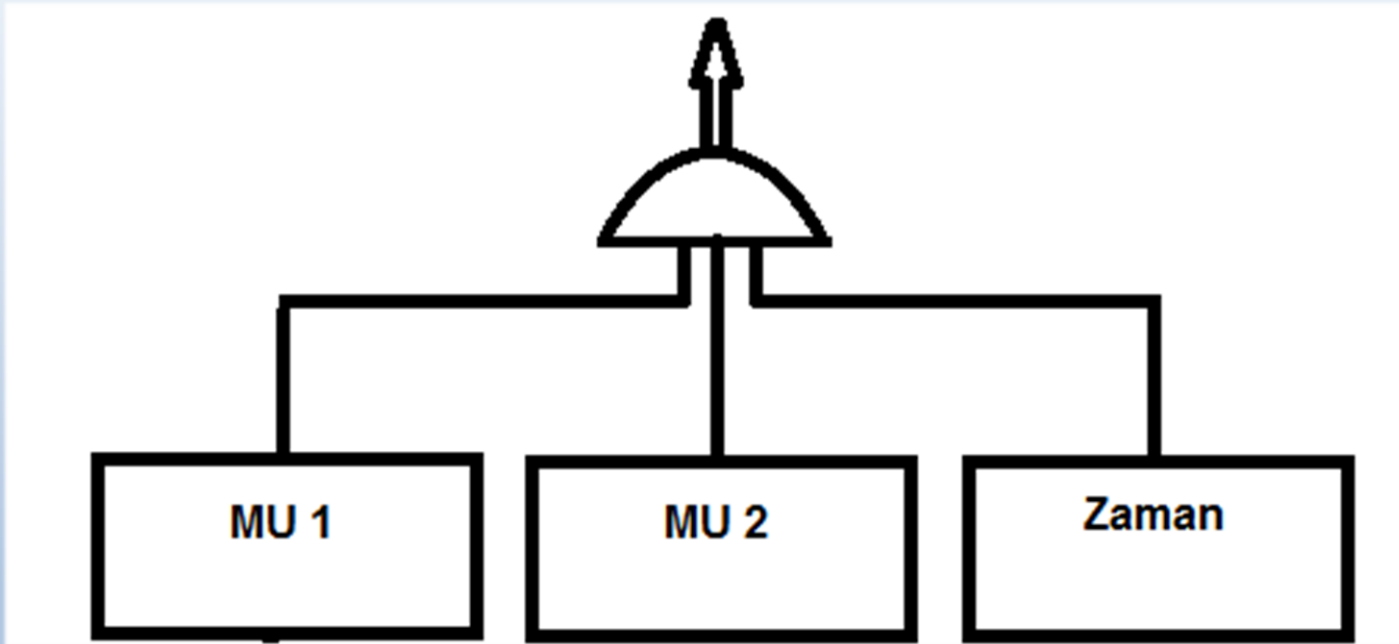
Güvenlik Yöntemlerinin Analizi

Hata Ağacı Analizi

- Bir olayın gerçekleşmesine neden olan alt olayları inceler
- Çeşitli geçitler
 - Ve
 - Veya
 - ...

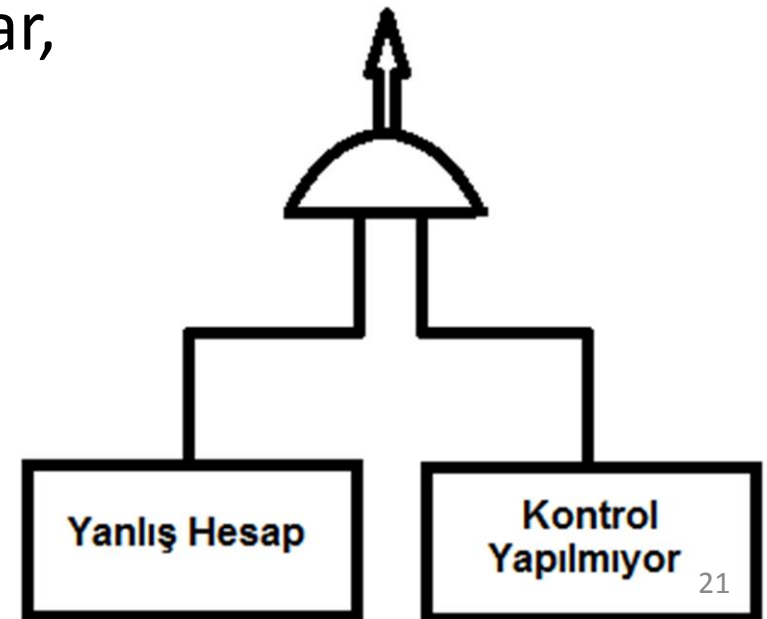


Cihazda Doz Durmaması Hatası

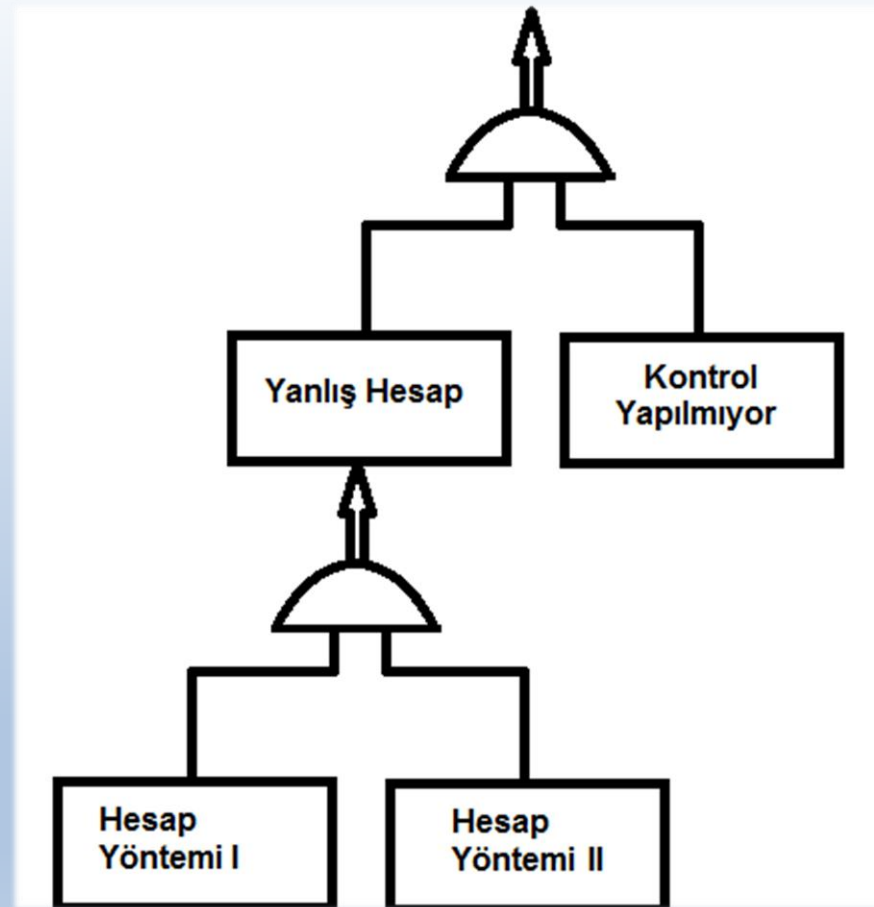


Kaza 1

- Amerika Co-60 bozunumunun yanlış hesabı
 - Bozunum eğrisini yanlış çiziyorlar, 50%'ye varan fazla doz
 - 1974 ve 76 yılları arası
 - 22 ay hiç ölçüm yapmıyorlar,
 - 426 hasta etkileniyor



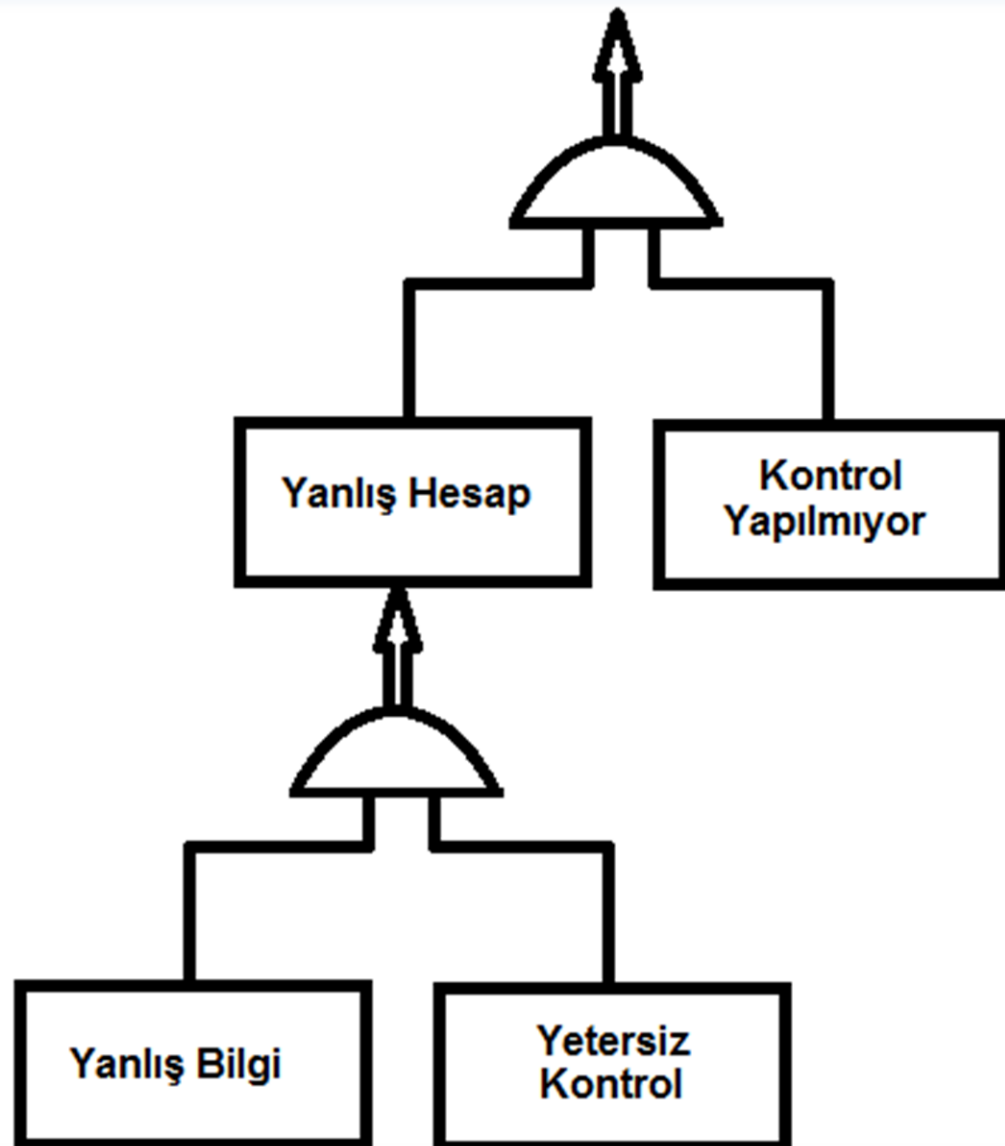
Alternatif Önlem



Kaza 2

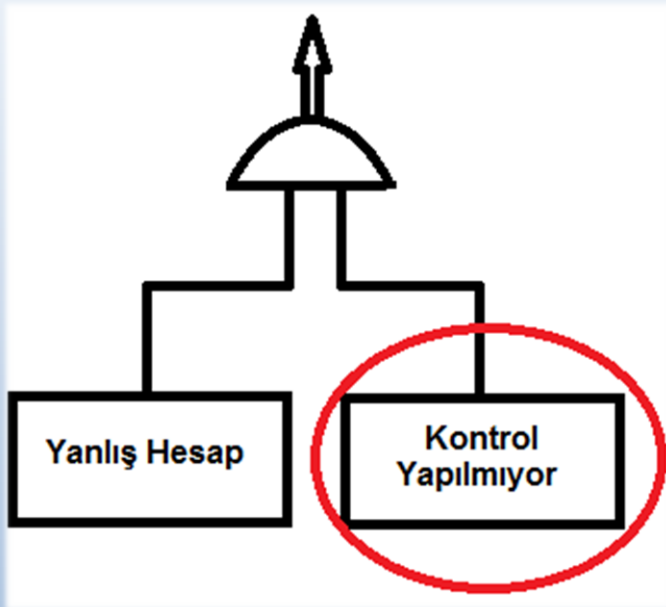
- Planlama sisteminin anlaşılammaması ve yetersiz testler (82-90) UK
 - Tedavilerin çoğu SSD 100 cm'de yapılıyor.
 - SDD $\neq$ 100 $\rightarrow$ ters kare düzeltmesini dozimetristler hesaplıyor.
 - Yeni planlama sistemi ters kare düzeltmesi yapabiliyor, dozimetristler de...
 - %30 az ışınlama, 1045 hastanın 492'si lokal nüks

KAZA 2

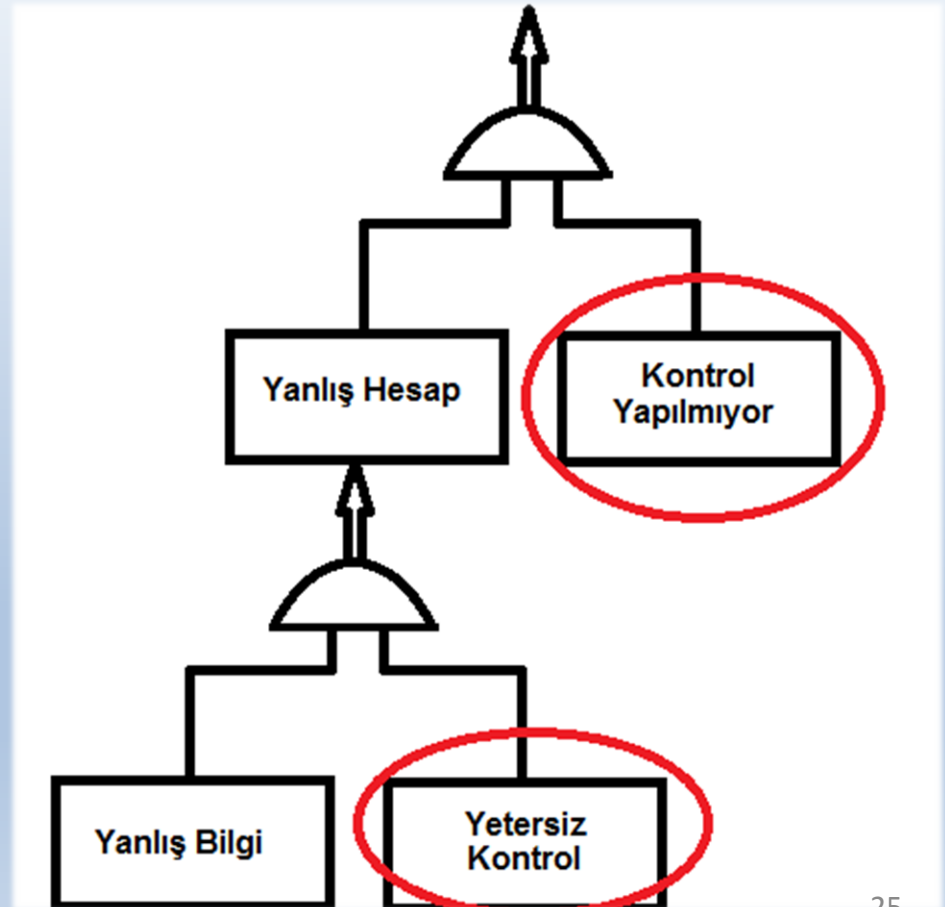


Her Zaman Kalite Kontrol Yapmaya Gerek Var mı?

- KAZA 1



KAZA 2

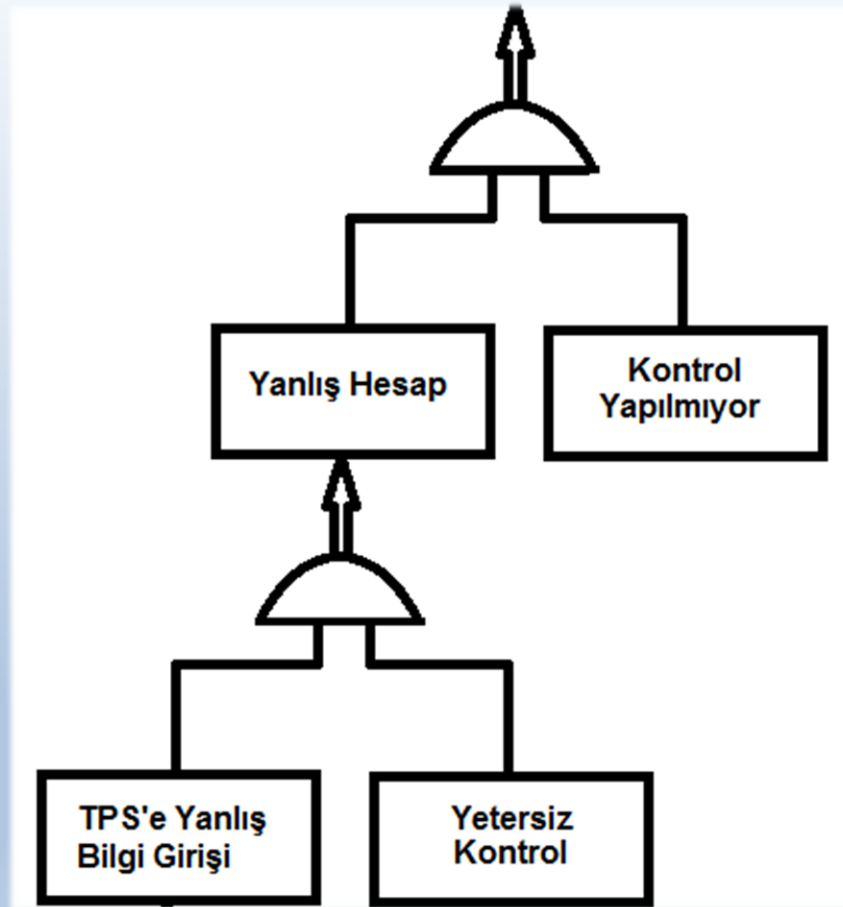


Bazı Temel Hatalar

- Planlama sistemine yanlış veri yüklenmesi:
- Gy/Mu kalibrasyonu (6 MV)
 - SSD 100 cm 1 cGy=1 MU dmax'ta
 - Referans doz 6 MV için 1.5 cm yerine 10 cm seçilmiş: doz değeri 100 Mu=1Gy seçilmiş
 - Gerçek Doz: 0.662 Gy hata %33 eksik doz

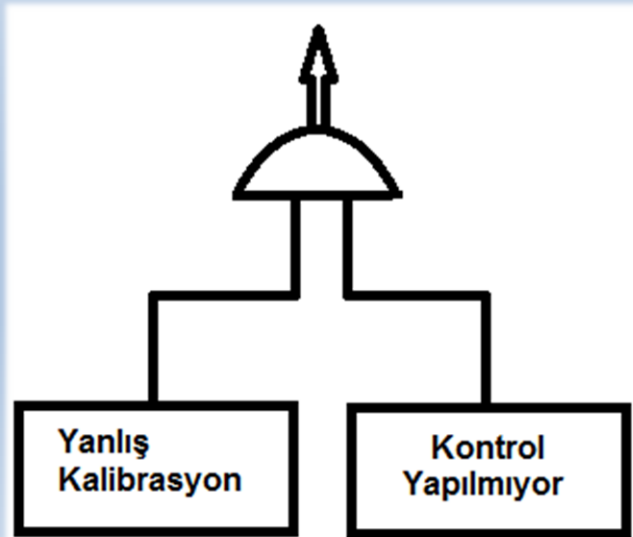
Bazı Temel Hatalar

- Planlama sistemine yanlış veri yüklenmesi:
- Gy/Mu kalibrasyonu
 - Planlamada SSD 100 dmax'ta 1Gy/100 Mu şeklinde ayar yapıldı.
 - Cihazın verim kalibrasyonunda SAD kalibrasyonu yapıldı
 - Hata 6 MV için %3, 18 MV için %6.5 eksik doz
 - Tersinde ise 6.5% fazla doz



Bazı Temel Hatalar

- Basınç: Kullanıcı 900 metre rakımlı bir yerleşimde
 - Gerçek basınç: 91 kPa
 - İndirgenmiş basınç 102 kPa
 - Yanlış Ctp hesabı, %11 fazla doz



- Dikkat ettiniz mi?
- Kötü planlamadan kaynaklı hiç kaza yoktu?
- Planlar 10 numara 😊



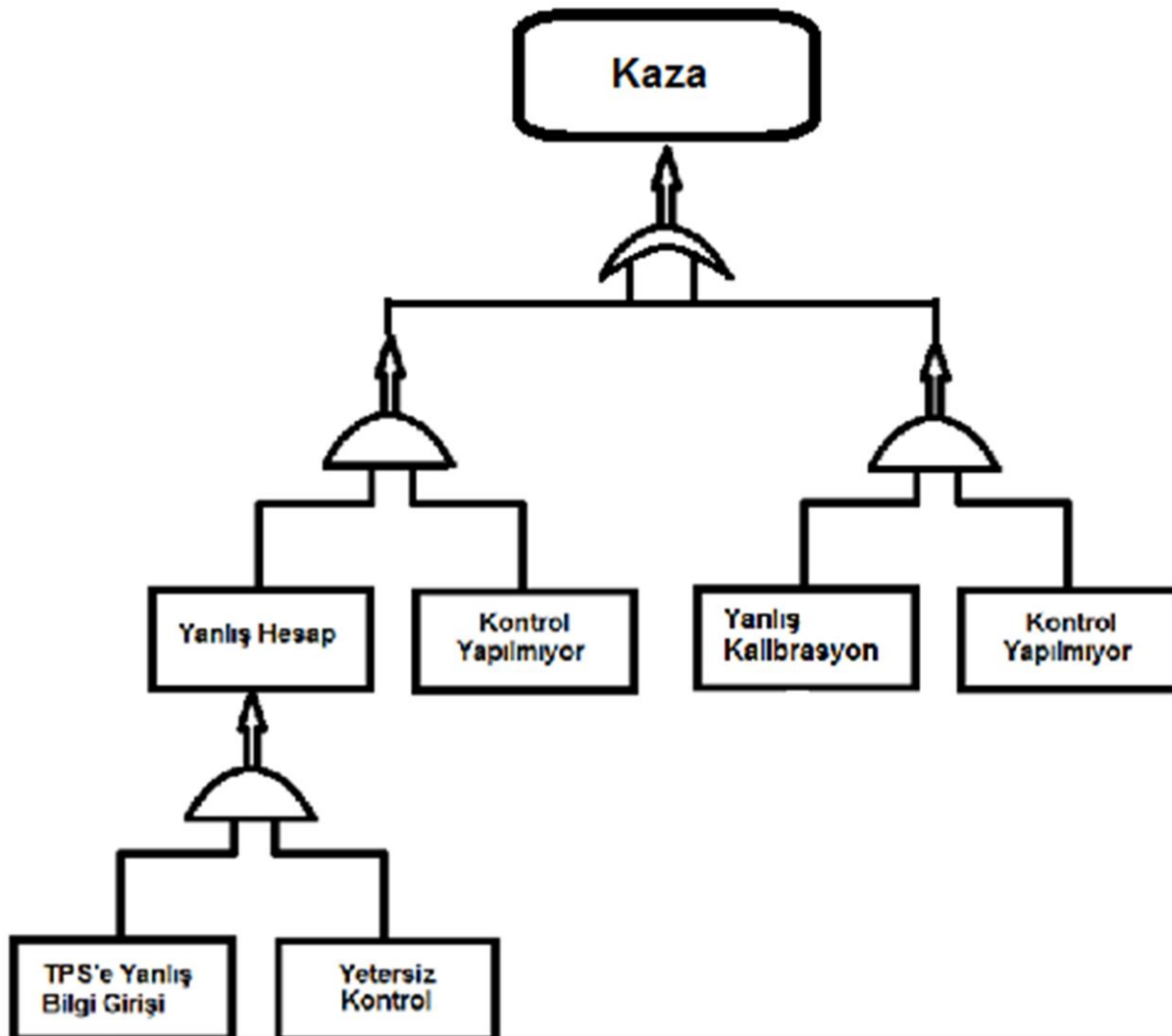
Mekanik Hata

- Alan boyutu
 - SRS yapılan bir merkez konformal ark tedavisi
 - Planlanan alan 2 cm x 2 cm (verim faktörü: 0.85)
 - Mekanik alan
 - 2.1 cm x 2.1 cm (0.855) 0.6 %
 - 2.2 cm x 2.2 cm (0.86) 1.1%
 - 2.3 cm x 2.3 cm (0.865) 1.7%

Bileşke Hatalar - Kaza Hesabı 1

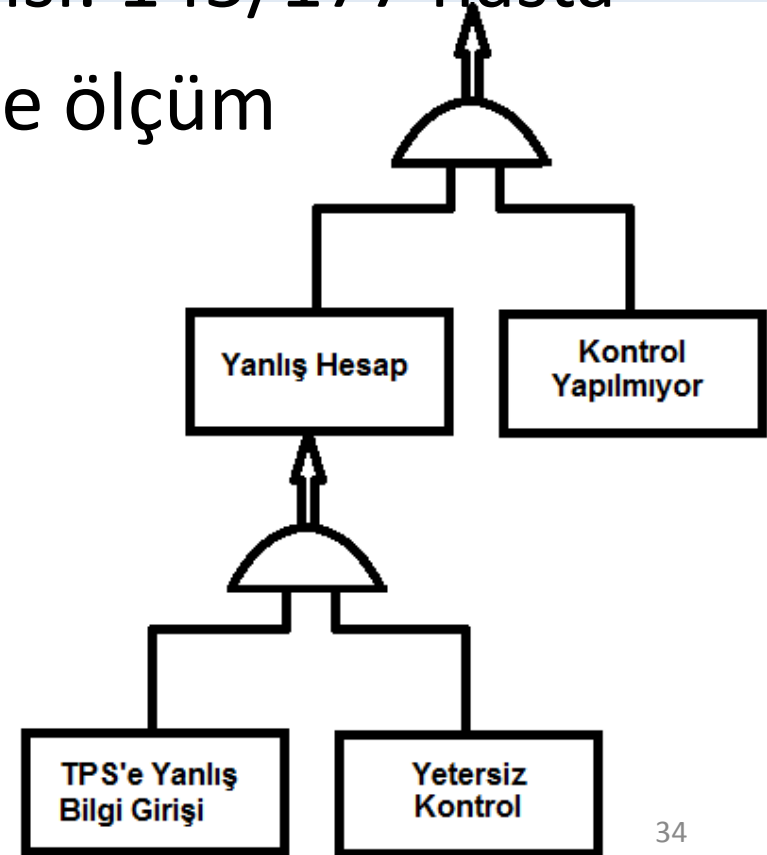
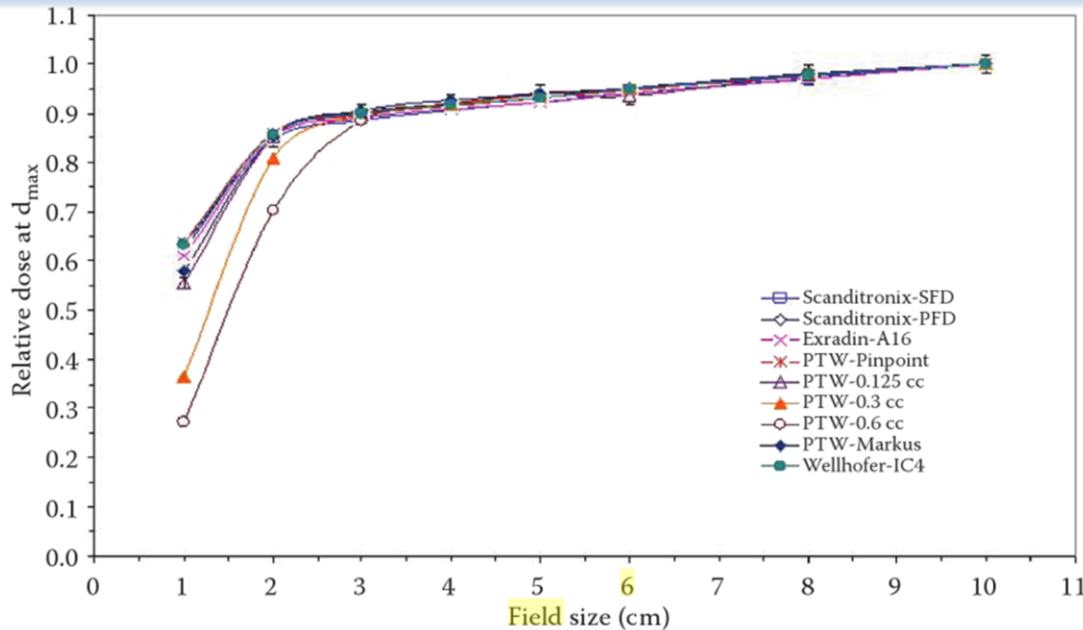
- Enerji 18 MV
 - TPS SAD->Ölçüm SSD, 1.065
 - Basınç düzeltme hatası 1.1
 - Maksimum belirsizlik %5, 1.05
- %23 fazla doz.

Bileşke Hatalar - Kaza Hesabı 1



Kaza 3

- Fransa 2006-2007
- Toplam etkilenen hasta sayısı: 145/177 hasta
- Uygun olmayan dedektör ile ölçüm



Kaza Hesabı 2

- Tedavi Alanı 2 cm x 2 cm
 - Diyet, diamond -> $Scp=0.85$
 - Farmer 0.6 cc -> $Scp=0.7$
- Doz Farkı: %21.5 fazla doz



Kaza 4

- Tampa Florida
- SRS cihazı TG 51 yanlış kalibrasyon
- İkinci bir kalite kontrol yöntemi yok (TLD)
- 2004-2005
 - 77 beyin tümörü->%50 fazla doz

- Google->iaea tld postal audit



Kaza 5. New York Kazası

- Planlama yapılıyor,
- Hasta verisi transfer edilirken
 - Ekran donuyor,
 - Transferin doğru yapıp yapılmadığı bilinmiyor
 - MLC bilgisi aktarılmıyor
- Hasta mlc olmadan ışınlanıyor.
- Not: Kayıt & onaylama sisteminin ilgili hastanede kullanılan sürümünde MLC planlama olmadan silinebiliyor MU'lar kalıyor.

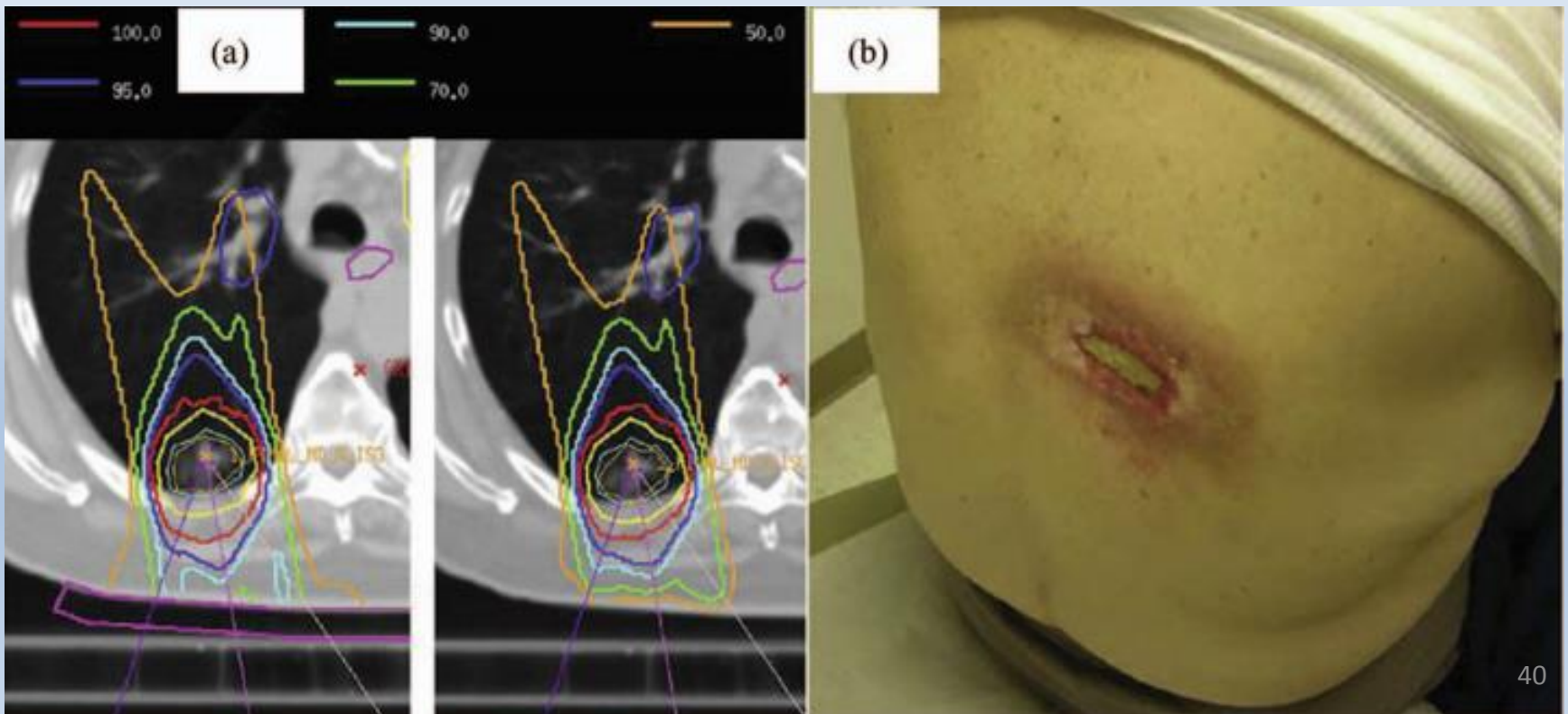
Kaza 6 - 40 x 40 mı?

- Tekniker: Alan boyutu 40 x 40 mı?
- Medikal Fizik Uzmanı: Evet 40 x 40



Kaza 7

- 3 posterior alan ile SBRT



KAZA RAPORLAMA



Radyoterapi Tehlike Durum Planı

- Google-> TAEK radyoterapi tehlike durum planı
- Tehlike durum planı
 - Potansiyel kaza durumlarının tanımlanması
 - Kaza durumunda alınacak önlemler ve kaza yönetimi
 - Kaza durumunda başvurulacak kişilerin adres ve telefonları
 - 444TAEK (4448235)
 - Kazanın TAEK'e bildirilmesi

Radyoterapi Tehlike Durum Planı

- Google-> TAEK radyoterapi tehlike durum planı
- Kazanın değerlendirilmesi ve kaza raporu
 - Kazanın tanımlanması
 - Hasar tespiti
 - Işınlanan kişilerin ve ışınlama düzeyinin tespiti
 - Kaza değerlendirmesinin Kurum'a bildirimi;

Testiyi Kirmadan Önce...

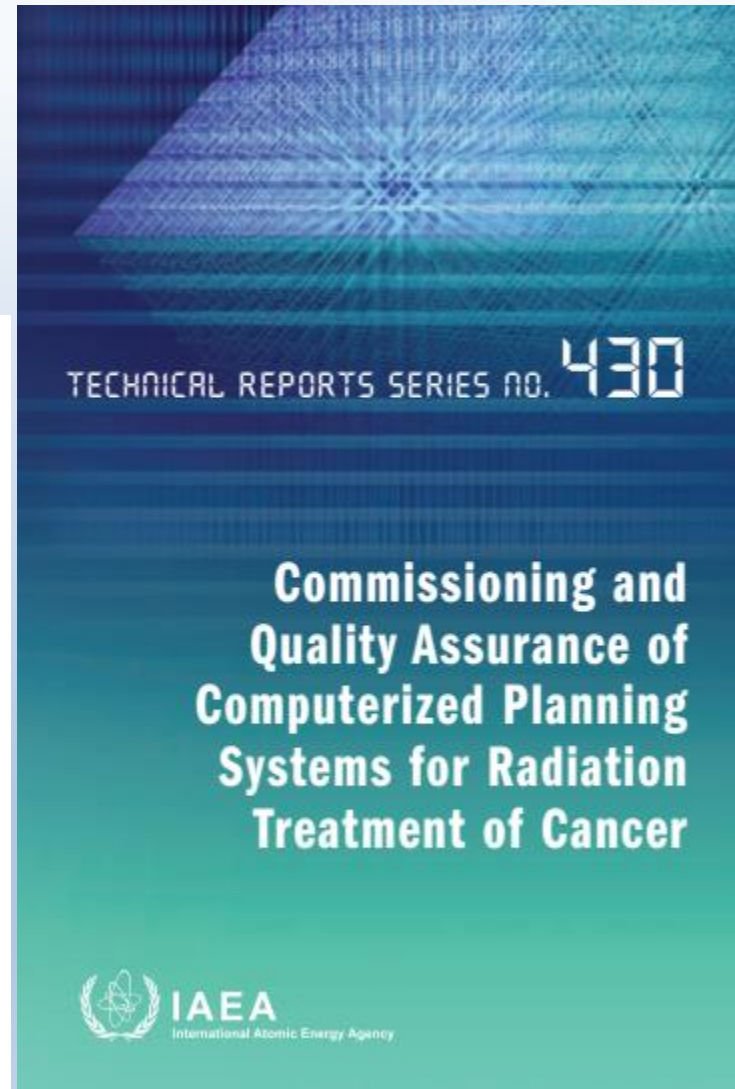
- Kabul testleri
- Google->trs 398 excel

1. Radiation treatment unit and reference conditions for $D_{w,Q}$ determination

Accelerator:		Nominal energy:	6.000	MeV
Nominal dose rate:		MU min ⁻¹	2.320	g cm ⁻²
Reference phantom:	☒ water ☐ plastic	obtained from	☐ ionization ☒ dose curves	
Reference field size:	cm x cm	Reference SSD:	100	cm
Beam quality, Q ($R_{50,w}$):	2.320 g cm ⁻²	Ref. depth $z_{ref,w} = 0.6 R_{50} - 0.1$:	1.3	g cm ⁻²

2. Ionization chamber and electrometer

Ion. chamber model	Roos	Serial No.:	4171	☒ pp ☐ cyl
Chamber wall / window	Attix RMI 449	thickness:	0.1180	g cm ⁻²
Waterproof sleeve	Capintec PS-033	thickness:		g cm ⁻²
Phantom window	Exradin P11	thickness:		g cm ⁻²
	Holt (Memorial)			
	NACP / Calcam			
	Markus			
Abs. dose-to-water $c_{w,Q}$	Roos		90.33	☒ Gy/nC ☐ Gy/rdg
Calibration quality Q_0 :	☒ Co-60 ☐ electron beam	Calibration depth:	5.0	g cm ⁻²
If Q_0 is electron beam, give $R_{50,w}$:				g cm ⁻²
Reference conditions for calibration				
P_0 :	101.3	kPa	T_0 :	20.0 °C
			Rel. humidity:	10 %
Pol. potential V_f :	200	V	Calib. polarity:	☒ +ve ☐ -ve ☒ corrected for polarity effect
			User polarity:	☒ +ve ☐ -ve
Calibration laboratory:		Date:		
Electrometer model:		Serial no.:		
Calib. separately from chamber:	☐ yes ☒ no	Range setting:		
If yes Calibration laboratory:		Date:		

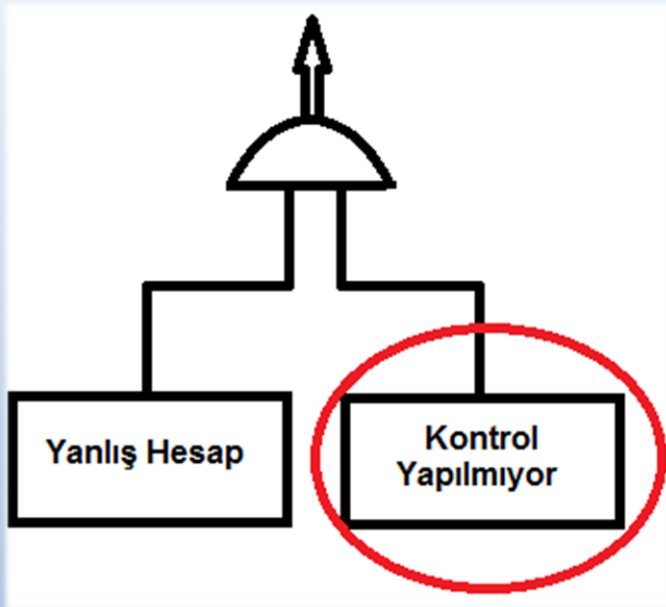


Hangi Kalite Kontrol

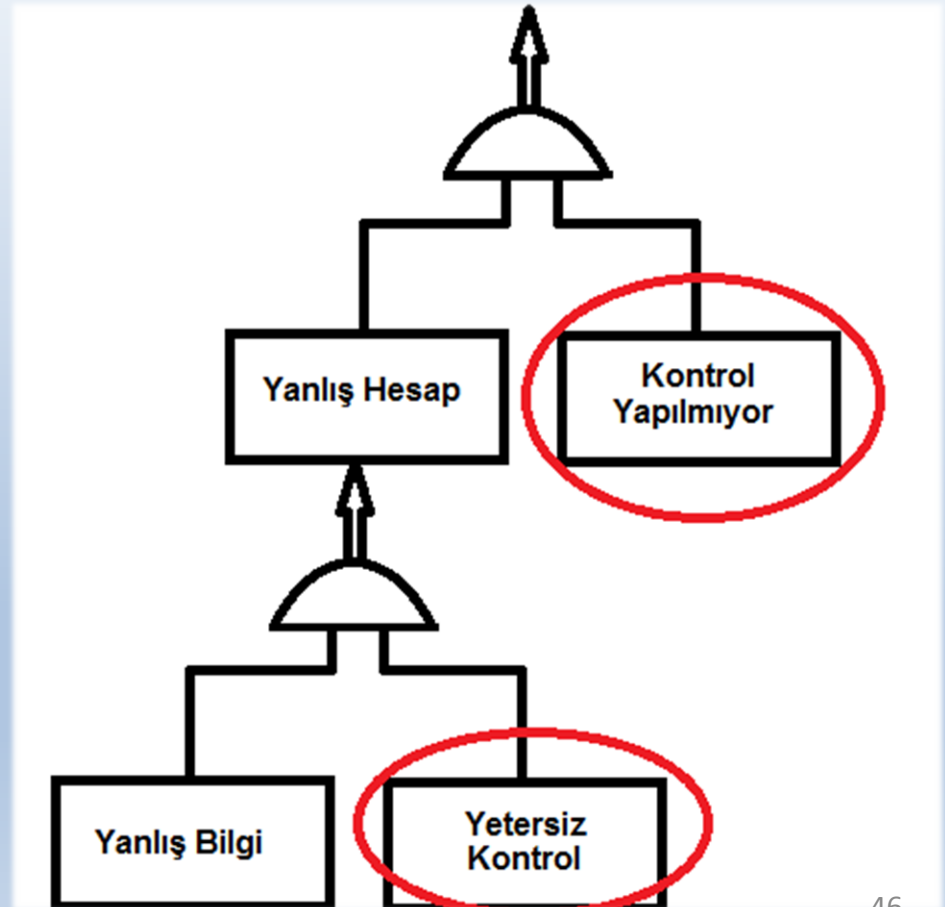


Doğru Kalite Kontrol

- KAZA 1



KAZA 2



TEŞEKKÜRLER