

T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



# MEGEP

(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN  
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

## BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİLERİ

### X-IŞIN TÜPLERİ

ANKARA 2008

**Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;**

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. X-IŞIN TÜPLERİ.....	3
1.1. Röntgen Tüpleri .....	3
1.1.1. Yapıları ve Çeşitleri.....	3
1.1.2. X-Işın Tüp Kontrolü .....	5
1.1.3. Röntgen Tüplerinin Gücü .....	6
1.2. Röntgen Tüpü Arızaları .....	7
1.2.1. Gazlaşmanın Yok Edilmesi-Gettering process .....	9
1.2.2. Tüplerin Isınması.....	10
1.3. Arızalı Tüp Değişimi .....	11
1.4. Test Cihazları ve Ölçümler .....	13
UYGULAMA FAALİYETİ .....	15
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	17
ÖĞRENME FAALİYETİ -2 .....	18
2. RÖNTGEN IŞIN SINIRLAYICILAR .....	18
2.1. Görevleri .....	18
2.2. Çeşitleri .....	18
2.3. Yapıları ve Çalışması.....	18
2.4. Ayarları .....	21
2.4.1. Röntgen Işınının Hizalanması.....	21
2.4.2. Işık Alanının Röntgen Alanı ile Hizalanması .....	23
2.4.3. Röntgen Işınının Diklik Seviyesinin Görüntü Alıcısı ile Ayarlanması .....	25
2.4.4. Röntgen Alanı ve Görüntü Alıcısının Merkezlenmesi .....	26
2.4.5. Alan Boyutu Belirleme Testi .....	27
2.5. Kolimatör Lambası Parlaklık Testi .....	28
2.5.1. Kolimatör Işık Alanı Gerilimi .....	28
2.5.2. Kolimatör Işık Alanı Zıtlık Oranı .....	29
2.6. Işın Sınırlayıcılarda Arıza Çeşitleri.....	31
UYGULAMA FAALİYETİ .....	32
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	35
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	37
CEVAP ANAHTARLARI .....	38
KAYNAKÇA .....	41

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	<b>523EO0219</b>
<b>ALAN</b>	<b>Biyomedikal Cihaz Teknolojileri</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Tıbbi Görüntüleme Sistemleri</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>X-Işın Tüpleri</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	X-ışın tüpleri; röntgen tüpleri, arızaları, değişimi, test cihazları, ölçümü ile röntgen ışın sınırlayıcıların görevleri, çeşitleri, yapıları, çalışması, kolimatör test ve hesaplamaları, arıza çeşitleri ile ilgili bilgi ve becerilerin verildiği öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/16
<b>ÖN KOŞUL</b>	Röntgen Donanım Arızaları modülü ve biyomedikal alan ortak modüllerini başarmış olmak
<b>YETERLİK</b>	Röntgen cihazlarında ön kontroller yapmak ve arıza gidermek
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında, Teknik ve İdari Şartnameler, Kurumsal Yönetmelikler ve Yönergeler, Cihazın Marka Modelinin CE Marking Direktifleri ( <b>Directive 93/68/EEC</b> ), TS 4535 EN 60601-1 ( <b>Elektrikli Tıbbi Cihazlar Bölüm-1 Genel Güvenlik Kuralları</b> ), TS 4535 EN 60601-1-3 servis el kitabı,18861 sayılı Radyasyon Güvenliği Tüzüğü, ISO 780:1985 (TSE 990) kuralları dâhilinde gerekli ortam sağlandığında röntgen cihazlarının özel kontrollerini yapabilecek ve arızalarını tespit edip giderebileceksiniz. <b>Amaçlar</b> Servis el kitabındaki talimatlara göre, 1. Radyoaktif güvenlik tedbirlerini alarak malzemeye özel el aletleri ile tüp değişimini yapabileceksiniz. 2. Işın sınırlayıcıları ayırt ederek ayar ve arıza giderme işlemlerini yapabileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Sistem analizi atölyesi, tıbbi görüntüleme sistemleri dal atölyesi, görüntüleme sistemleri firma teknik servisleri/ biyomedikal atölyeleri <b>Donanım:</b> Şartnameler, yönetmelikler, yönergeler, servis el kitabı, envanter bilgileri, röntgen cihazı el takımları, X-ışın tüpü
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modülün içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra, verilen ölçme araçlarıyla kazandığınız bilgileri ölçerek kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen, modül sonunda size ölçme aracı (test, çoktan seçmeli, doğru yanlış vb.) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgileri ölçerek değerlendirecektir.

# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

Tıp alanında tanı amaçlı kullanılan röntgen cihazları üretici firma ve kullanıldıkları alana göre farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklara rağmen röntgen cihazlarının değişmeyen ve en önemli parçalarının başında röntgen tüpleri ve ışın sınırlayıcılar gelmektedir.

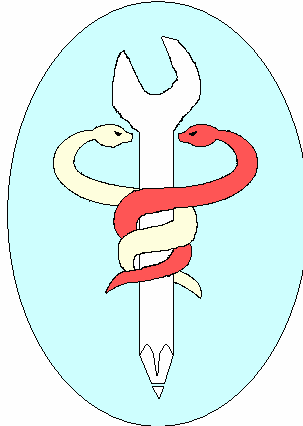
Röntgen tüpleri ve ışın sınırlayıcılar röntgen tüplerinin olmazsa olmaz parçalarındandır. Bu parçalardaki herhangi bir arıza cihazın tamamen işlevsiz kalmasına neden olmaktadır. Tıp alanında kullanılan cihazlar arasında oldukça önemli bir yere sahip ve maliyet açısından yüksek değerlerde olan bu cihazların işlevsiz kalması hem sağlık açısından hem de ekonomik açıdan önemli kayıplar oluşturur.

Yukarıda belirttiğimiz önemin dışında röntgen cihazları kullanıcılar ve hastalar açısından da oldukça önemli riskler taşımaktadır. Röntgen cihazlarındaki bu parçaların arızalanması veya yanlış çalışması bu riskleri artırmakta ve önemli kazalara ve yaralanmalara neden olabilmektedir.

Tüm bu nedenlerden dolayı röntgen cihazlarında tüp ve ışın sınırlayıcıların doğru ve eksiksiz çalışması oldukça önemlidir. Ayrıca arızalanan ve sistemden çıkarılmış cihazların arızalarının kısa sürede giderilerek sisteme kazandırılması da sağlık hizmeti ve ekonomik açıdan oldukça önemlidir.

Elinizdeki modülde röntgen cihazlarında kullanılan röntgen tüplerinin yapılarını, çalışmalarını, arıza çeşitlerini ve arıza oluşturabilecek nedenleri öğrenecek ve arızaları giderme yollarını görebileceksiniz. Bu modülde ayrıca ışın sınırlayıcılardan kolimatörlerin yapısını, çalışmasını ve ayarlarını görebileceksiniz.

Tıbbi cihaz ve sistemlerin bulunduğu ortamların insan sağlığı ve çevre için önemli riskler taşıdığını unutmayınız. Bu cihazlarla çalışırken üzerinize düşen sorumluluğun son derece büyük olduğunu ve çok küçük ihmallerin ne kadar büyük sonuçlar doğurabileceği bilinciyle hareket ediniz ve tüm çalışmalarınızda bu duyarlılığı gösteriniz.





# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda, x-ışın tüplerine ait ölçümleri yapabilecek, arızaları tespit edip tüp değişimlerini yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Farklı marka ve güçteki x-ışın tüplerine ait kataloglar bularak teknik bilgilerini inceleyiniz ve aralarındaki farkları arkadaşlarınızla tartışınız.

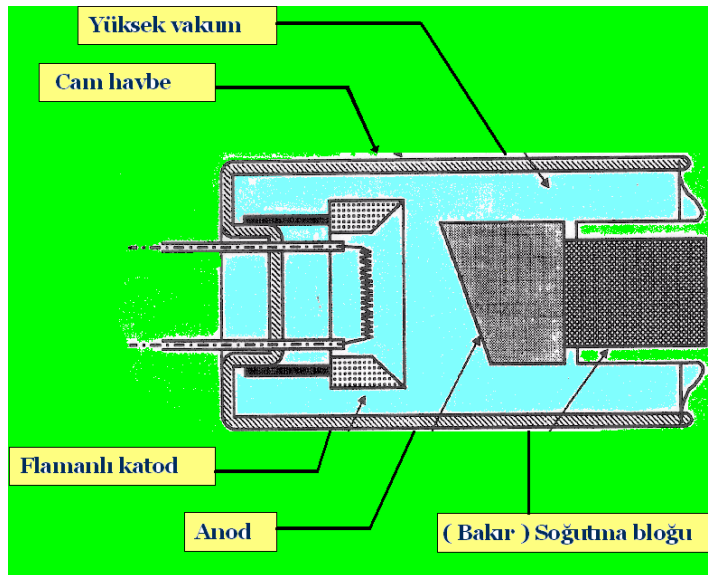
## 1. X-IŞIN TÜPLERİ

### 1.1. Röntgen Tüpleri

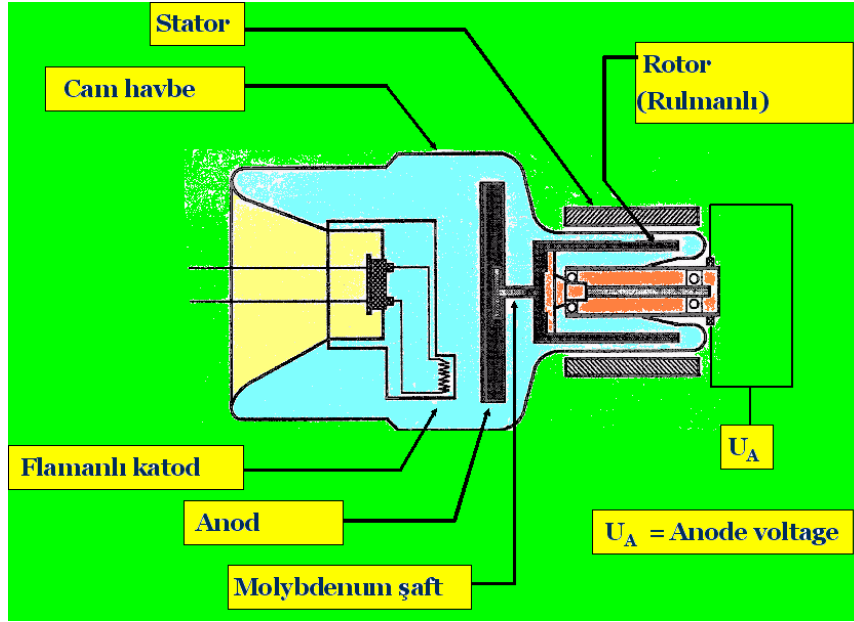
#### 1.1.1. Yapıları ve Çeşitleri

Röntgen tüplerinin yapısından ve çalışma şeklinden, daha önceki X-Işın Cihazlar modülünde söz etmiştik. Kısaca hatırlatma yapacak olursak; röntgen tüpleri, bir flamanın bulunduğu katot, sabit veya döner haldeki anodun havası alınmış cam bir zarf içine yerleştirilmesinden oluşmaktadır. Sözü edilen bu cam zarf içinde soğutma amaçlı yağ bulunan kurşun kılıf içine yerleştirilmiştir. Bu kılıfa havbe adı verilmektedir. Röntgen tüpleri temel olarak iki çeşittir. Bunlar;

- Sabit anotlu
- Döner anotlu

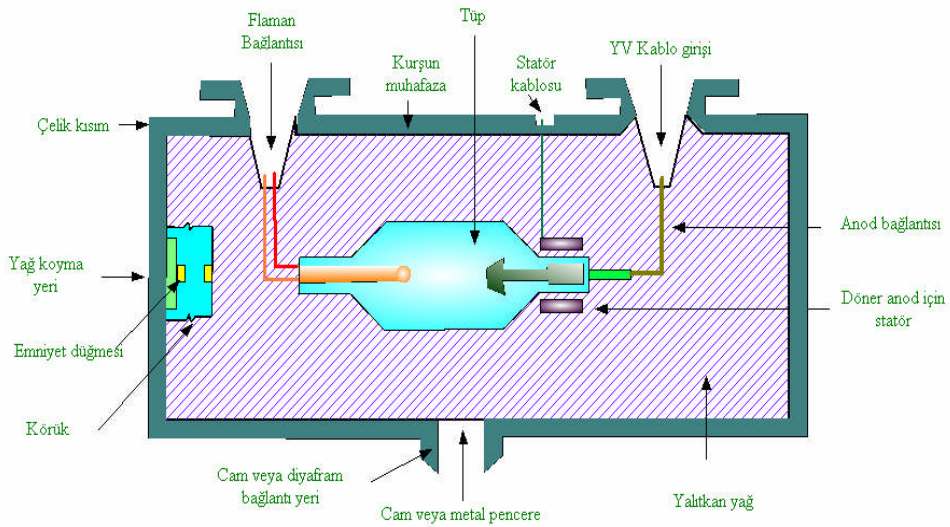


Resim 1.1: Sabit anotlu röntgen tüpü



**Resim 1.2: Döner anotlu röntgen tüpü**

Röntgen tüplerinden x-ışını elde edilmesi temel olarak anot katot uçlarına uygulanan yüksek voltaj nedeniyle oluşan elektronların, katot ucundaki flamanı uygulanan akım sayesinde hızlandırılarak anot üzerindeki tungsten maddeye çarptırılarak oluşur. Hava alınıp cam zarf içinde oluşan x-ışınları cam zarfı kaplayan havbe üzerindeki x-ışın penceresinden yayılır. Bu konu ile ilgili olarak daha önceki x-ışın Cihazlar modülümüzde ayrıntılı anlatılmıştır.



**Resim 1.3: Tüp detayı**

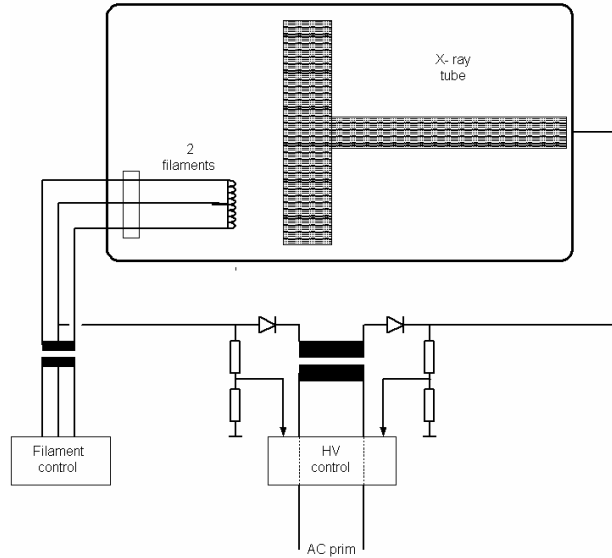




**Resim 1.4: Haube**

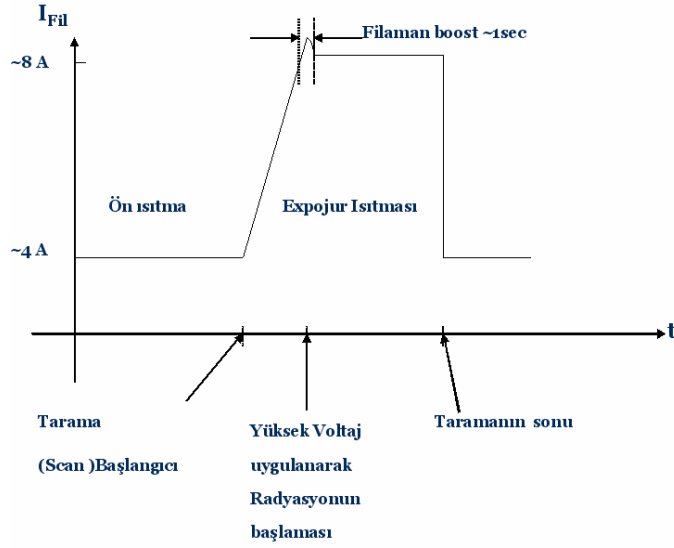
### 1.1.2. X-Işın Tüp Kontrolü

Daha önce de açıkladığımız gibi röntgen tüplerinden x-ışını elde edebilmek için tüpün anot katot uçlarına yüksek voltaj uygulamamız gerekmektedir. Bu nedenle röntgen sistemlerinde yüksek voltaj kontrol devreleri kullanılmaktadır. Bu devrelerde yüksek voltaj transformatörü düşük AC gerilimini maksimum 145 kV'a dönüştürmektedir. Bu AC gerilim diyotlar kullanılarak DC gerilime çevrilir. Bu devrenin pozitif çıkışı röntgen tüpünün anoduna, negatif çıkışı da röntgen tüpünün katoduna bağlanır.



**Şekil 1.1: Tüp kontrol devresi**

Ayrıca yüksek voltaj transformatörü içinde voltaj bölücüler mevcuttur ve bunlar da yüksek voltaj kontrolü için kullanılmaktadır. Bu devre ile birlikte flaman kontrol devresi de mevcuttur. Bu devre flaman akımını kontrol etmek için kullanılır. Tüp voltajı sabit kaldığında, flaman akımı artıkcça tüp akımı da artacaktır.



**Şekil 1.2: Flaman kontrolü**

Röntgen tüpleri, radyasyonun başlaması için gerekli zamanın en aza indirilmesi amacıyla, daima ön ısı olarak adlandırılan yaklaşık 4 A değerindeki AC akım ile beslenmektedir.

Radyasyon başlama ( Ekspojur butonu) anahtarına basıldığında, flamanların ısı değeri, elektron neşriyatının başalayabilmesi için gereken ekspojur ısı değerine yükselir. Boost (artırma) işlemi flaman akımını artırma olarak adlandırılır. Boost anında flaman akımı, flamanın ısınma süresini azaltmak için ekspojur akımının yaklaşık 10 % ' u kadar artırılmaktadır.

Katot ısındığında, X ray jeneratörü kontrol devresi sayesinde tüpe yüksek voltaj uygulanarak radyasyon üreilmeye başlanır. Tarama sonunda, flaman ısısı tekrar ön ısı durumuna geri döner.

### 1.1.3. Röntgen Tüplerinin Gücü

Belirli bir Kv değerinde tüpü fazla yüklemeyen kullanılabilir mA değerinin, ışınlama zamanı ile olan ilişkisine röntgen tüpünün gücü denir. Röntgen tüplerinin güçleri üretici tarafından belirlenmiş olup, bu konudaki bilgiler, tüpün kullanılacağı röntgen cihazının servis kılavuzundan öğrenilmelidir. X-ışın jeneratörlerinde olduğu gibi röntgen tüplerinde de güç KW olarak ifade edilmektedir.  $W = V \times A$  dir.

Röntgen tüplerinin gücünü şu faktörler etkilemektedir.

- Tüpe uygulanan akımın şekli
- Elektronların çarptığı fokus (odak) alanı
- Işınlama süresi
- Tüpe uygulanan Kv ve mA değerleri
- Anot, yağ ve havbenin ısı depo etme kapasiteleri
- Anot diskinin yaptığı devir sayısı

Röntgen tüpüne yüksek voltaj uygulandığında enerjinin çok azı x-ışımına dönüşmekte ve büyük miktarı ısı olarak açığa çıkmaktadır. Ortaya çıkan ısı HU ( Heat Unit) ısı birimi olarak adlandırılmaktadır. Tüplerin ısı depo etme kapasitesi de HU olarak ifade edilir.

**Örnek;** 50 kV 200mA ve 0,2 sn değerlerinde ışınlama faktörleri kullanılarak yapılan bir ışınlama sonucu meydana gelen ısı birimi  $HU = kV \times mA \times s$  olduğundan;

$$HU = 50 \times 200 \times 0,2 = 2000 \text{ dir.}$$

Yukarıdaki örneğin yorumu: Eğer bu ışınlama faktörlerinin uygulandığı tüpün ısı biriktirme kapasitesi 2000 ısı biriminden fazla ise, bu ışınlama faktörleri tüpe emniyetle uygulanabilir. Eğer bu örnekte adı geçen tüpün ısı biriktirme kapasitesi 20000 HU ise bu ışınlama faktörleri kullanılarak birbiri ardına 10 kez ışınlama yapılabilir. Röntgen tüplerinde güç değerlendirilirken farklı tiplerdeki güçlerden de söz edilir. Bunlar;:

- Radyografik güç: Radyografik ışınlama anında tüpe emniyetle uygulanabilecek akımı ve tüpe zarar vermeden kaç defa uygulanabileceğini ifade eder.
- Isı gücü: Arızaya sebebiyet vermeden, anot ve bir bütün olarak tüpe uygulanabilecek ısı miktarını ifade eder.
- Fluoroskopik güç: Fluoroskopik tetkiklerde, tüpün emniyetle devamlı olarak kaç dakika çalıştırılabileceğini ifade eder. Fluoroskopide ışınlama zamanı dakika, radyoskopide ise saniye ile değerlendirilir.

## 1.2. Röntgen Tüpü Arızaları

Röntgen tüpleri röntgen cihazlarının en önemli parçalarından biridir. Tüplerdeki herhangi bir arıza radyografik kaliteyi düşürebileceği gibi hizmetin aksamasına ve insan sağlığı açısından da tehlikenin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle tüplerde oluşabilecek arızaların iyi bilinmesi, bu arızalar için önlem alınması ve arızanın hızlı giderilmesi oldukça önemlidir.

Röntgen tüplerinde karşılaşılabilecek arızaları aşağıdaki başlıklar altında sıralayabiliriz.

- Flaman arızası
- Anot-rotor bilyelerinin erimesi ve aşınması
- Anot arızası
- Cam zarfın kırılması
- Tüpün gazlanması

- Tungsten buharlaşması

Flaman arızası genel olarak aşağıdaki nedenlerden meydana gelir.

- Yüksek voltaj kablolarının katoda iyi temas etmemesi
- Mekanik çarpma sonucu flamanın kopması
- Flaman devresini ısıtmak için hazırlık düğmesine uzun süre basılması

Flaman arızası sonucu flaman kopmuşsa, ışınlamadan sonra film banyo edildiğinde görüntü oluşmaz. Bu arızanın önlenmesi için yüksek voltaj kablolarının bağlantı ucunun temasının iyi sağlanmış olması gerekir. Röntgen tüpü mekanik çarpmalardan korunmalıdır. Ayrıca gereğinden fazla hazırlık düğmesine basılmamalıdır.

Anot-rotor bilyelerinin erimesi ve aşınması nedeni genel olarak çalışma sonucu zamanla oluşan normal aşınma ve fazla ısınma nedeniyle erimedir. Bu arızanın belirtileri anottaki disk dönerken duyulan seste artma, anotun dönme zamanında azalma ve anodun hiç dönmemesidir.

Anot arızaları genel olarak, art arda yapılan ışınlamalardan, devamlı yüksek kV değerlerini kullanmaktan ve oluşan yüksek ısıdan meydana gelmektedir. Bu arızanın belirtileri, foküste oluşan radyasyon şiddetinde azalma ve aynı kalitede radyografi doz değerlerini zamanla artırma gereğidir. Bu arızanın önüne geçilebilmesi için tüp gücünü aşmayan ışınlama dozu kullanmak ve ışınlama aralarında tüpün soğuması için biraz zaman ayırmak gerekir.

Cam zarfın kırılması, mekanik çarpmadan kaynaklanabileceği gibi, belirtilen en son kV değerini aşma ve tüpün muhafaza edildiği havbenin yağ sızdırması, neticesinde sızan yağın yerine dışarıdan hava girmesi sonucu bunun da yağın yalıtkanlığını zayıflatarak yüksek gerilim atlamasına neden olmasından da kaynaklanabilir.

Tüpün gazlanması, genelde az görülen bir durumdur. Meydana geldiğinde tüp kullanılamaz. Nedeni; Yüksek mA değerlerinde kısa aralıklarla ışınlama yapmak ve fazla ısı nedeni ile tüpün diğer kısımlarının da gaz yayması sonucu oluşur. Belirtileri;

- Katottan nikel, tungsten ve anottan tungsten zerrecikleri tüp camı üzerinde görülür.
- Elektronların tüp içindeki gaz atomlarını iyonize etmesi sonucu, tüp mA değeri artar. Bu nedenle mA ve mAs göstergeleri istenilen değeri göstermez.
- Filmler az ışınlandığından, istenilen yoğunluk ve kontrast sağlanamaz.
- Pozitif iyonların, camı ve katodu bombardıman etmesi sonucu cam çatlar.

Bu arızanın önüne geçilmesi için çok yüksek mA değerlerinin aralıksız kullanılmaması gerekir.

Tungsten buharlaşması: Tüp kullanıldıkça, flaman ve anottan tungsten parçacıkları yayılır. Bu parçacıklar, cam zarf içinde ince bir tabaka oluşturur. Belirtileri; flaman akkor halindeyken mavimtrak bir renk görülür. Tüp kullanıldıkça bu renk daha da koyulaşır.

Bunun sonucu oluşan bu tabaka, ışınları emerek, filtre görevi görür ve ışın demetinin şiddeti değişir. Bu da zamanla ışınlama faktörlerini artırmayı gerektirir. Ayrıca camın elektriki geçirgenliği artar ki, bu da yüksek voltaj atlamasını kolaylaştırır.

### 1.2.1. Gazlaşmanın Yok Edilmesi-Gettering process

**Amaç:** Bu işlem anında vakum oluşturulur. Ark esnasında vakum kalitesi azalmaktadır. Yapılan bu işlemle vakumdaki bu kayıp temizlenir.

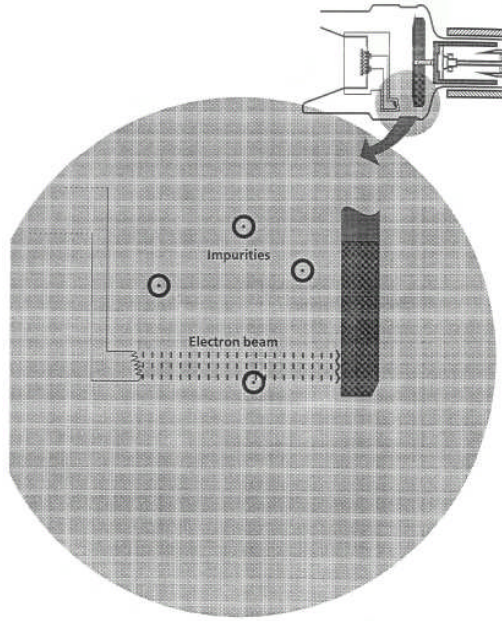
**Yapılan işlem:** Normal tarama işlemi yapılırken, elektron hüzmesi yüksek enerjiye (yüksek voltaj ve yüksek akım) sahip olduğundan flamanlarda ve anodun yüzeyinde aşınma oluşacaktır. Bu eskime anında metal yüzeyden kopan metal atomları arkın oluşmasına neden olacaktır.

Gazlaşmanın yok edilmesi işlemi esnasında, elektron hüzmesi, düşük kV ve düşük akım kullanılarak aktif hale getirilir. Bu uygulama esnasında filamandaki ve anod yüzeyindeki aşınma daha azdır. Tüp içindeki vakumlu ortamı kirleten ve iyonlaşmaya neden olan metal atomları eninde sonunda elektron hüzmesi yoluna girecektir. Anot ve katot arasına uygulanan yüksek voltaj sayesinde bu metal atomları hızlanarak anot yüzeyine çarpacak ve burada yapışıp kalacaktır.

Tüp içerisinde artık ark oluşmayınca kadar, Kv adım adım yükseltilir ve anot ile katot arasındaki yalıtkan ortam tekrar sağlanarak vakumlu ortam yeniden oluşturulmuş olur. Bu yöntemde vakumun kalitesinin iyileştirilmesine iyon gettering işlemi kısaca gettering adı verilir.

**Hızlandırılmış atom:** Bu atomlar iyonlaşmalar da elektron hüzmesi yoluna girdikleri anda hızlandırılmış olur. Hızlandırılmış atomlar tüpün cam yüzeyine çarptığında burada yoğunlaşır. Bu atomlar da aslında vakumlu ortamdan ayrılan atomlardır. Tüpün cam yüzeyine yapışıp kaldıklarından bu bölge kahverengimsi renk alarak leke kalır. Metal tüplerde, tüplerin iç kısmı görülememektedir.

Gettering işlemi ile vakumlu ortam birkaç kez iyileştirilebilirse de tüpün ömrünü sonsuza kadar uzatamamaktadır. Kopan atomların sayısı arttıkça artık küçük kV değerlerinde bile tüpte ark oluşacaktır. Artık çok küçük kV ve küçük akımlı çalışmalarda vakum hızla ortadan kaybolacaktır. Bu oluştuğunda Tüp değiştirilmelidir.



**Resim 1.5: Gazlaşmanın yok edilmesi (Gettering Process)**

### 1.2.2. Tüplerin Isınması

Tüpe uygulanan enerjinin % 1'i X ışınına dönüşür, % 99 'u ısı olarak ortama yayılır. Anot sıcaklığı x ışını ortaya çıkarken 2.600 °C'ye kadar kadar ulaşır.

Tüplerde ısı temel problemdir. Yüksek performanslı tüplerde, sıcaklık seviyesi aşırı artıp soğuma sonrası azalmaktadır. 100.000 veya daha fazla defa sıcaklık değişikliğine dayanabilecek az sayıda madde mevcuttur. Tüpler dizayn edilirken aşırı ısı yükselmesini mümkün olabilen en kısa sürede dağıtabilecek ve uzun süre yüksek performansta kullanılabilen tüpler hedeflenmektedir.



**Resim 1.6: Isınmış tüp ve disk görüntüsü**

Isı üç basamakta dağıtılır.

- Yüksek ısı grafitten yapılmış anotta birikir.
- Isı daha sonra cam havbeye yayılır
- Cam havbeden tüp içindeki yağa ısı transferi olur.

Bazı tüplerde (CT) heat exchanger ünitesi tarafından tüp içindeki yağ sirkülasyona tabi tutularak yağ soğutulur. X ray tüplerinde sıcaklık 80 °'ye kadar çıkabilir. Döner anot rulmanlarındaki ısı maksimum 450°'de tutularak rulman yapısına hasar vermeyecek kadardır.

Tüp ömrünü uzatmak için mümkün olabilen düşük enerji seviyelerinde (miliamper, kilovolt, zaman) çalışmak gerekir.

**Isı saklama kapasitesi ( Heat Storage Capacity ):** Radyasyon açığa çıktığında anotta ısı birikimi oluşur. Anotta oluşan ısı hemen dağılmaz. Önce yalıtım ve soğutma görevi yapan yağ, daha sonra metal dış tüp havbesi ısıyı dağıtır. Anodun ne kadar ısıyı hasar oluşmadan üzerinde tutabildiği üretici tüp eğrilerinde gösterilir. Grafik – E ANOT SOĞUMA EĞRİSİ'nde tüpün maksimum ısı kapasitesi 75.000. H.U (Heat Unit) ısı birimi olarak görülmektedir.

(H.U.= ma x kvp x saniye) olarak hesaplanır.

**Soğuma oranı:** Tüp soğuması yağ ve dış metal havbe tarafından gerçekleşirken tüp soğutma fanları kullanılarak soğutma kapasiteleri iki katına çıkarılır. E grafiğine bakıldığında maksimum 75.000 HU'dan 1 dakika sonra 63.000 HU'ya düşmektedir. Bir dakikada 24.000 HU'luk soğuma gerçekleşmektedir.

**Ekspojur limitlenmesi:** Örnek: A grafiğinde 200 ma, 70 kvp ve 3 saniyelik ekspojur yapıldığında, Isı birikimi H.U = 200 ma x 70 kvp x 3 saniye = 42.000 H.U olacaktır. Bu tek yapılan ekspojur E grafiğine bakıldığında maksimum 75.000. H.U değerini geçmeyeceğinden OVERLOAD ( aşırı yüklenme olmayacaktır. ) ancak hemen ardından aynı teknikte (200 ma x 70 kvp x 3 saniye) ikinci bir ekspojur yapılırsa tüp henüz soğumadan 42.000 HU + 42.000 HU = 84.000 HU seviyesine ulaşacak tüp ısı karakteristik eğrisindeki maksimum müsaade edilen 75.000 HU seviyesini geçecek (OVERLOAD) aşırı yük oluşacak ve anota hasar verecektir.

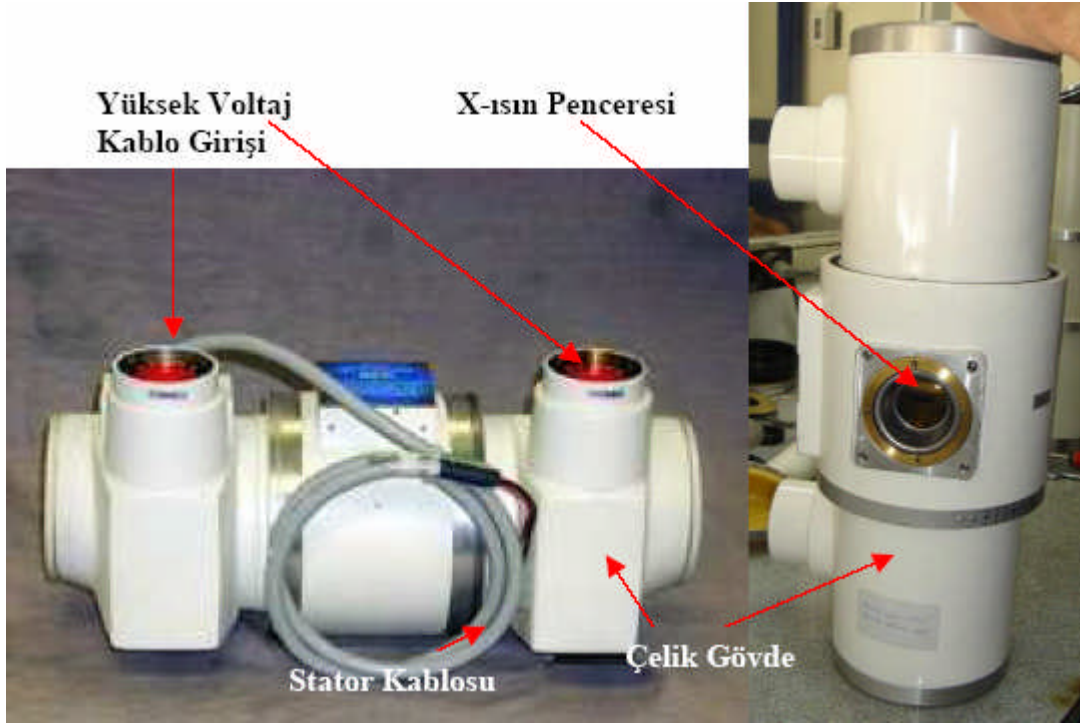
Anot soğutma eğrisine benzer tüp dış havbe soğutma eğrileri yine üreticiler tarafından sağlanmaktadır. Bu eğride dış havbe metalden yapıldığından, içerisinde yağ ve cam iç havbe olduğundan daha fazla ısı saklama kapasitesine sahiptir. Bu değer 750.000 ve 2.500.000 H.U arasındadır.

### 1.3. Arızalı Tüp Değişimi

Röntgen tüpleri arızalarında onarım çok fazla mümkün olmamaktadır. Bu nedenle tüplerin yenileri ile değiştirilmeleri gerekmektedir. Değiştirilecek tüpler seçilirken cihazın servis el kitabında belirtilen değerlere göre seçilmesi ve değiştirilmesi gerekmektedir.

Arızalı tüpler değiştirilirken uygun tüpün seçilmesi önemlidir. Uygun tüp seçildikten sonra tüp sökülürken röntgen cihazının servis el kitabındaki talimatların dikkat edilmeli ve gerekli güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir.

Röntgen tüpleri daha öncede sözünü ettiğimiz gibi havbe adı verilen çelik muhafazalar içinde yer alır. Tüplerin soğutulması için havbe içine yağ konulmaktadır. Aşağıda bir havbe resmi görülmektedir.



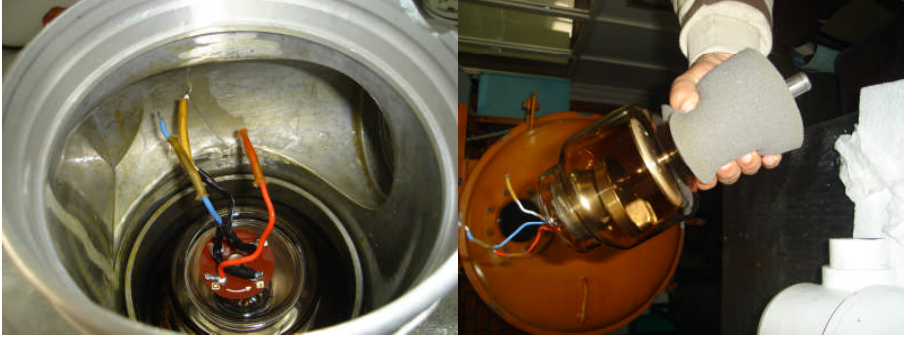
**Resim 1.7: Röntgen tüpü muhafazası (Havbe)**

Yukarıdaki resimde de görüldüğü gibi röntgen tüpü muhafazası üzerinde anoda uygulanacak yüksek voltaj kablo girişleri bulunmaktadır. Anodun dönüşünü sağlayan stator enerji kabloları da koruyucu muhafaza dışına çıkarılmıştır. Muhafaza üzerinde tüp tarafından üretilen x-ışınlarının dışarı alınabilmesi için bir pencere bulunmaktadır. Muhafaza yan taraflarında gerekli montajın ve bakımın yapılabilmesi için kapaklar bulunmaktadır. Bir röntgen tüpünün muhafaza içine montajı aşağıda açıklanmıştır.

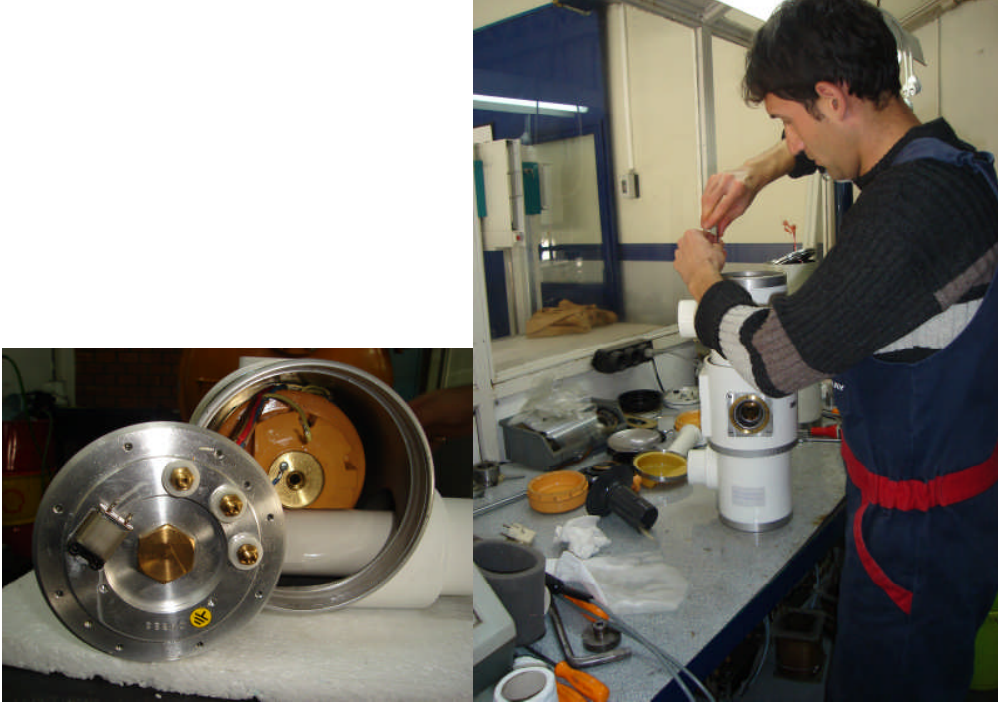
- Röntgen tüpü cam zarfı aşağıda görüldüğü gibi cam kısmına el değirmeden tutularak muhafaza içine yerleştirilmelidir.
- Tüpü yerleştirirken flaman kabloları yukarıya gelecek şekilde yerleştirilmelidir.
- Flaman kabloları kapak üzerindeki konnektörlere bağlanmalıdır.
- Stator güç kabloları kapak üzerindeki konnektörlere bağlanmalıdır.
- Yüksek voltaj girişleri konnektörlere sıkıca bağlanmalıdır.
- Koruyucu muhafaza yan kapakları kapatılmalıdır.



- Koruyucu muhafaza içine soğutma işlemi için uygun yağ konulmalıdır.



Resim 1.8: Röntgen tüpünün muhafaza içine yerleştirilmesi



Resim 1.9: Kabloların konnektörlere bağlanması

#### 1.4. Test Cihazları ve Ölçümler

Röntgen tüplerinde oluşan arızaların tespitinde ışınlama esnasında uygulanan mAs ve kVp değerlerinin istenilen düzeyde oluşup oluşmadığının test edilmesi gerekmektedir. Bu amaçlarda kVp metre, mAs metre ve zaman ölçüm cihazları kullanılmaktadır. Bu cihazlar tek başlarına olduğu gibi bütün ölçümleri bir arada yapabilen cihazlar da bulunmaktadır.



Resim 1.10: kVp metre



Resim 1.11: mAs metre



Resim 1.12: Dozimetre



Resim 1.13: Zaman metre



Resim 1.14: PMX-I kVp ve zaman ölçüm cihazı



Resim 1.15: PMX-I Cihazı mamografide

Ölçümü yapılacak değer için gerekli olan alet tüp altına yerleştirilerek On düğmesine basılır. İşnlama yapılarak ekran üzerinde ölçülen değer uygulanan değer ile karşılaştırılır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Bulduğunuz yerdeki bir röntgen cihazının tüp montajını yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Servis el kitabındaki montaj talimatlarını okuyunuz.</li><li>➤ Montaj için gerekli olan el takımlarını hazırlayınız.</li><li>➤ Montajını yapacağınız tüpün cam zarfına el değmeden tüpü muhafaza içine flaman kabloları yukarıya gelecek şekilde yerleştiriniz.</li><li>➤ Flaman kablolarını kapak üzerindeki konnektörlere bağlayınız.</li><li>➤ Stator güç kablolarını kapak üzerindeki konnektörlere bağlayınız.</li><li>➤ Yüksek voltaj girişleri konnektörlere sıkıca bağlayınız.</li><li>➤ Koruyucu muhafaza yan kapakları kapatınız.</li><li>➤ Koruyucu muhafaza içine soğutma işlemi için uygun yağ koyunuz.</li><li>➤ Muhafaza etrafında yağ kaçağı olup olmadığını kontrol ediniz.</li><li>➤ Çalışma ortamını temizleyiniz.</li><li>➤ Yapılan işlemleri arıza/montaj formuna aktarınız.</li><li>➤ Envanter kayıtlarından kullanılan malzemeleri düşününüz.</li><li>➤ Değişim işlemlerini raporlayınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Servis el kitabındaki talimatlara kesinlikle uyunuz.</li><li>➤ Gerekli kişisel güvenlik önlemlerinizi alınız.</li><li>➤ Montaj esnasında uygun el aletleri kullandığımızdan emin olunuz.</li><li>➤ Uygun özellikte tüp seçtiğinizden emin olunuz.</li><li>➤ Bağlantıları yaptıktan sonra sağlığını kontrol etmeyi unutmayınız.</li><li>➤ Uygun yağ koyduğunuzdan emin olunuz.</li><li>➤ Kaçak yok ise daha önceki Röntgen Montajı modülünde açıklanan tüp tutucunun montajına geçebilirsiniz.</li></ul>

## KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Servis el kitabındaki montaj talimatlarını okudunuz mu?		
2	Montaj için gerekli olan el takımlarını hazırladınız mı?		
3	Montajını yapacağınız tüpün cam zarfına el değmeden tüpü muhafaza içine flaman kabloları yukarıya gelecek şekilde yerleştirdiniz mi?		
4	Flaman kablolarını kapak üzerindeki konnektörlere bağladınız mı?		
5	Stator güç kablolarını kapak üzerindeki konnektörlere bağladınız mı?		
6	Yüksek voltaj girişlerini konnektörlere sıkıca bağladınız mı?		
7	Koruyucu muhafaza yan kapakları kapattınız mı?		
8	Koruyucu muhafaza içine soğutma işlemi için uygun yağ koydunuz mu?		
9	Muhafaza etrafında yağ kaçağı olup olmadığını kontrol ettiniz mi?		
10	Yapılan işlemleri arıza/montaj formuna aktardınız mı?		
11	Envanter kayıtlarından kullanılan malzemeleri düştünüz mü?		
12	Değişim işlemlerini raporladınız mı?		

## DEĞERLENDİRME

Yapılan değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki paragraflarda boş bırakılan yerleri uygun şekilde doldurunuz.

1. Röntgen tüpleri soğutma amaçlı yağ bulunan kurşun kılıf içine yerleştirilmiştir. Bu kılıfa .....adı verilmektedir.
2. Röntgen tüplerinden x-ışını elde edebilmek için tüpün anot katot uçlarına ..... uygulamamız gerekmektedir.
3. ....işlemi filaman akımını artırma olarak adlandırılır.
4. Belirli bir kV değerinde tüpü fazla yüklemekten kullanılabilecek mA değerinin, ışınlama zamanı ile olan ilişkisine röntgen tüpünün .....denir.
5. ....; radyografik ışınlama anında tüpe emniyetle uygulanabilecek akımı ve tüpe zarar vermeden kaç defa uygulanabileceğini ifade eder
6. .... ; fluoroskopik tetkiklerde, tüpün emniyetle devamlı olarak kaç dakika çalıştırılabileceğini ifade eder.
7. ....; arızaya sebebiyet vermeden, anot ve bir bütün olarak tüpe uygulanabilecek ısı miktarını ifade eder.
8. Röntgen tüpü cam zarfı cam kısmına ..... tutularak muhafaza içine yerleştirilmelidir.
9. Koruyucu muhafaza içine soğutma işlemi için ..... konulmalıdır.
10. Tüplerin ısı depo etme kapasitesi ..... olarak ifade edilir.

## DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarını karşılaştırınız, cevaplarınız doğru ise uygulama faaliyetine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetini başarıyla tamamladığınızda, röntgen cihazlarında ışın sınırlayıcılarla ilgili arızaları giderebilecek ve ayarlarını yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Farklı tiplerde kolimatör servis el kitapları temin ediniz, değişebilecek parçalarını ve arıza talimatlarını inceleyerek arkadaşlarınızla tartışınız.

## 2. RÖNTGEN IŞIN SINIRLAYICILAR

### 2.1. Görevleri

Daha önceki Röntgen Montajı modülünde de sözünü ettiğimiz gibi, röntgen tüpünde, foküsten çıkan radyasyon primer, bunun dışında oluşan radyasyon ise sekonder radyasyon olarak isimlendirilir. Sekonder radyasyonlar, primer radyasyonların çarptığı katı cisimler tarafından yayılır. Sekonder radyasyon insan sağlığı açısından zararlı olduğu kadar, röntgen görüntüsü üzerinde de olumsuz etkilerde bulunabilir. Bu olumsuz etkilerin önlenmesi amacı ile röntgen cihazlarında ışın sınırlayıcılar kullanılmaktadır.

### 2.2. Çeşitleri

Işın sınırlayıcıları çeşitlerini şu şekilde sıralayabiliriz.

- Diyaframlar
- Tubuslar
- Konuslar
- Kolimatörler

Günümüzde kullanılan röntgen cihazlarında genellikle kolimatörler tercih edilmektedir.

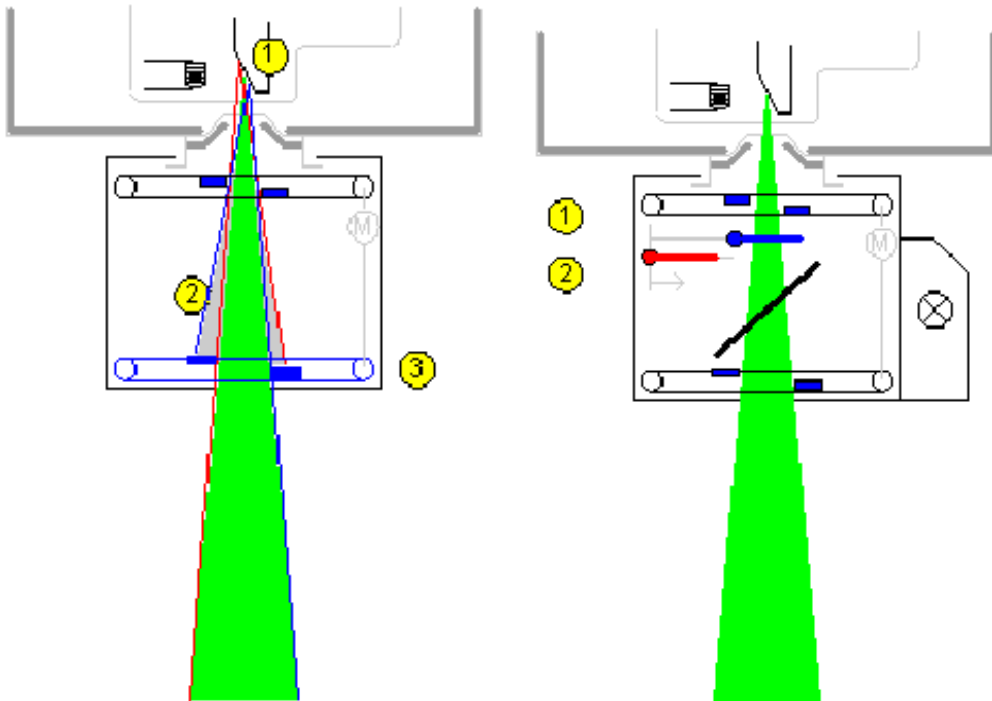
### 2.3. Yapıları ve Çalışması

Radyasyondan korunma söz konusu olunca KOLİMATÖR hayati rol oynar. Kolimatörler ortama yayılan radyasyon alanını, radyografik görüntüleme yapılacak alanı kapsayacak kadar daraltmak için kullanılır. Bunu yaparken de radyasyon alanı daraltması için kare veya yuvarlak bir grup kurşun plaka kullanılmaktadır. Kolimasyon (daraltma) yapılırken kurşun plakaları manuel veya motorize sistemler aracılığı ile açılıp kapatılır.

Otomatik modda çalışılırken imajın alınacağı alan tespit edildikten sonra kolimasyon plakaları bu alana uygun olarak hareket ettirilir. Kolimatörlerde ışınlanacak alanın işaretlenmesi için lambalar kullanılmaktadır.



**Resim 2.1: Kolimatör ( Işın sınırlayıcı)**



**Resim 2.2: Kolimatör iç yapısı**

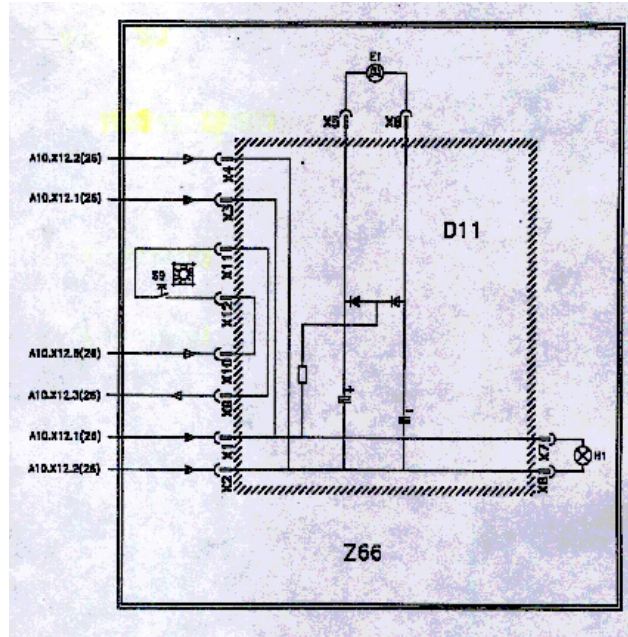
Kolimatörün dış yüzeyi çelikten yapılmıştır. Dış yüzeyler maksimum radyasyondan korunma amacıyla kurşun plakalarla kaplanmıştır.

X-ışını alanı 6 çift shutter (ışın kesici) ile limitlenmektedir. Bu kesicilerden 4 tanesi kurşun plakalardan yapılmıştır. 2 adet shutter (ışın kesici), tüpün fokus tarafına, 2 adet shutter giriş camına yakın yere, 2 shutter ise kolimatörün çıkış penceresine yakın olarak yerleştirilmiştir.

Kolimatörün ön paneline monte edilmiş iki adet kontrol kolu ile shutterlar kontrol edilmektedir. Fabrikasyon olarak sağlanan kolimasyon için gerekli minimum filtrasyon dışında değişik filtreler ilave olarak eklenebilir. Kolimatörlerin teknik özellikleri olarak da aşağıdakiler sıralanabilir.

- Ayarlanabilir dâhili ayna açısı
- İlave filtreleme: 1mm'lik alüminyum filtre desteğine ilave olarak 0,1mm bakır filtre, 1mm lik alüminyum filtre desteğine ilave olarak 0,2 mm bakır filtre
- Yüksek ışık şiddeti sağlamak için QUARTZ İOD lamba kullanılır.
- Lambanın ısınmasını engellemek ve ömrünü uzatmak için 30 saniyelik ayarlı timer
- 150 kVp radyasyon koruması
- Minimum dâhili 2mm alüminyum filtre
- 90 cm mesafeden film kapama özelliği 0 x 0 to 43 x 43 cm,  $\pm 1\%$
- Film ile X ışını tüpü odakları arasındaki – FFD ( Film Fokus mesafesi ) , veya SID- Source İmage Distance ( kaynak ve görüntü mesafesi)

Aşağıdaki resimde örnek bir kolimatörün bağlantı şeması verilmiştir.



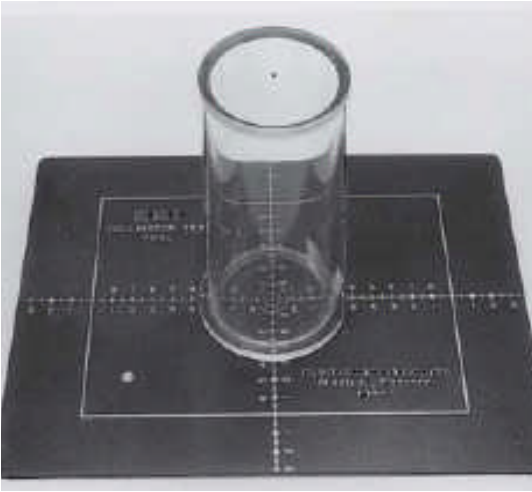
Resim 2.3: Kolimatör bağlantı şeması



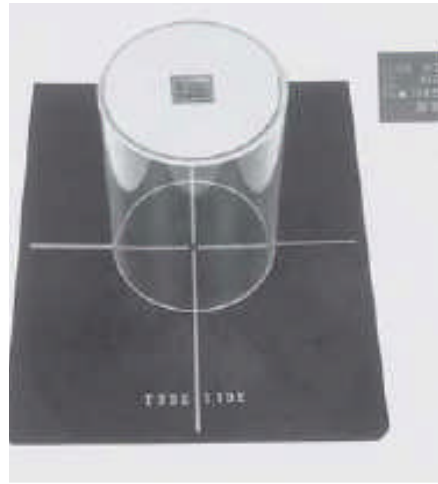
## 2.4. Ayarları

Kolimatörlerin arıza giderildikten ve ilk kurulduktan sonra ayarlarının yapılması gerekmektedir. Bu testler için aşağıdaki test aletleri kullanılmaktadır.

- Kolimatör test aleti
- Işın hizalama test aleti
- SID test standı aleti
- Fotometre (Işıkkölçer)



**Resim 2.4: Kolimatör ışığı test aleti**

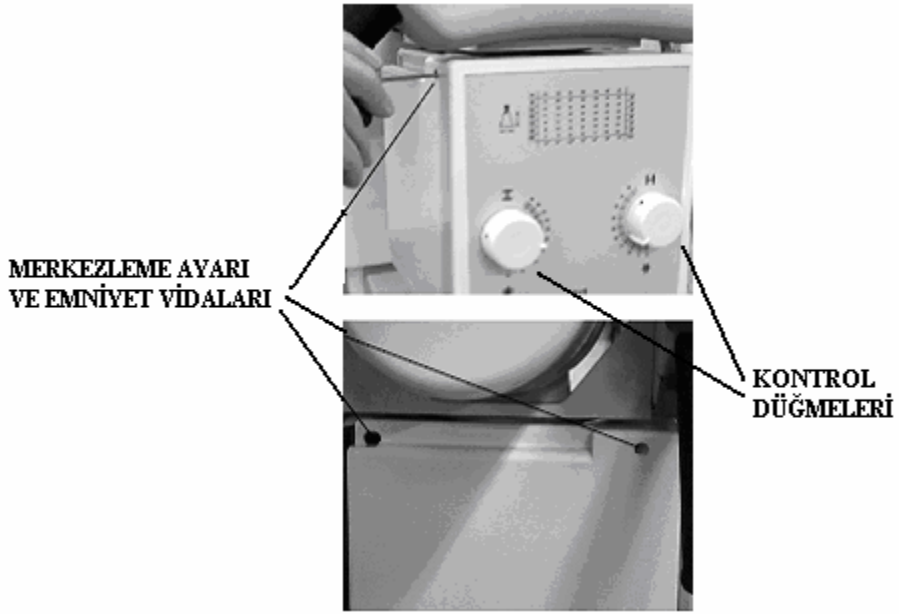


**Resim 2.5: Fokal spot test aleti**

### 2.4.1. Röntgen Işınının Hizalanması

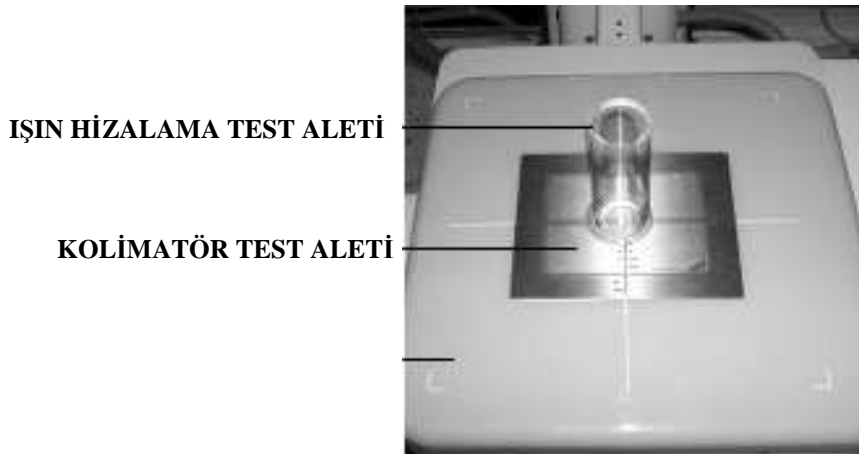
Röntgen ışınının hizalanması için aşağıdaki adımlar izlenmelidir.

- Tüp kolimatör düzeneği yatay kolun 1 metre uzağına yerleştirilmelidir.
- Tüp kolimatör düzeneği ve tezgâhın yatay konumunun dengeli olup olmadığı kontrol edilmelidir.
- Kolimatör ışığı açılmalı ve kolimatör kola uygun olarak merkezlemelidir.
- Kolimatör lambasının yansıttığı ışık eksenlerin yatay ve enine konumu, yatay kolun eksenleri ile hizada olmalıdır.
- Gerek duyulması halinde kolimatörün dört merkezleme ayar ve emniyet vidaları gevşetilerek veya sıkılarak kolimatör konumu ayarlamalıdır.



Resim 2.6: Kolimatör ayar vidaları

- Kolimatör test aleti tezgâha yerleştirilir.
- Kolimatör ışığı açılır ve kolimatör kontrol düğmeleri yardımı ile kolimatör test aleti kolimatör lambasının yansıttığı ışık eksenleri ile merkezlenir.
- Kolimatör lambasının ışık alanı kolimatör test aletinin içerisinde oluşan dikdörtgene göre ayarlanır.
- Merkezlenen ışın hizalama aleti kolimatör test aleti üzerine yerleştirilir.
- Kaset film tablasına film yerleştirilir.
- 60 kVp / 5 mAs'da görüntü alınır ve film basılır.



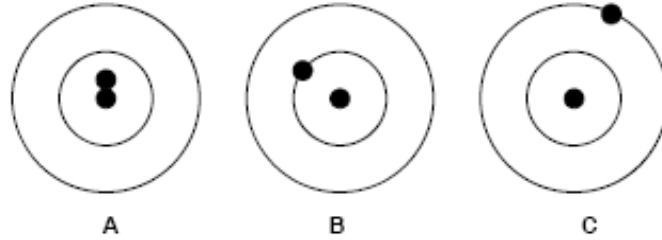
Resim 2.7: Test aletlerinin yerleştirilmesi

Film basıldıktan sonra;

- Röntgen alanının kolimatör test aletinin içindeki dikdörtgen şekli içerisine düşüp düşmediğini kontrol ediniz. Röntgen alanının bir kısmının içteki dikdörtgenin dışına düşmesi halinde, ışık alanının ışık alanı ile yanlış olarak hizlandığı anlamına gelmektedir. Azami yanlış hizalamanın SID'in %2'si olması gerekmektedir. 1m'lik SID için hata payı 2 cm'dir.
- Röntgen ışınının görüntü alıcısının düzlemine düşey olup olmadığını kontrol ediniz. Görüntü alıcısının tezgâha paralel olması halinde, röntgen ışınının diklik seviyesi, kolimatör test aleti ile birlikte ışın hizalama aleti kullanılarak test edilebilir.

Aşağıdaki şekle dayanarak 1 metrelik SID ile ortaya çıkan kriterler şunlardır.

- Şekil A- İki top görüntüsünün birbirlerinin üstüne gelmesi halinde, röntgen ışını 0,50 içerisinde düşeydir.
- Şekil B- Üstteki top görüntüsünün (daha büyük gölge) ilk daireyi kesmesi halinde, röntgen ışını dikey çizgiden 1,50 kadar dışarıdadır.
- Şekil C- Üstteki top görüntüsünün (daha büyük gölge) ikinci daireyi kesmesi halinde, röntgen ışını dikey çizgiden 30 kadar dışarıdadır.



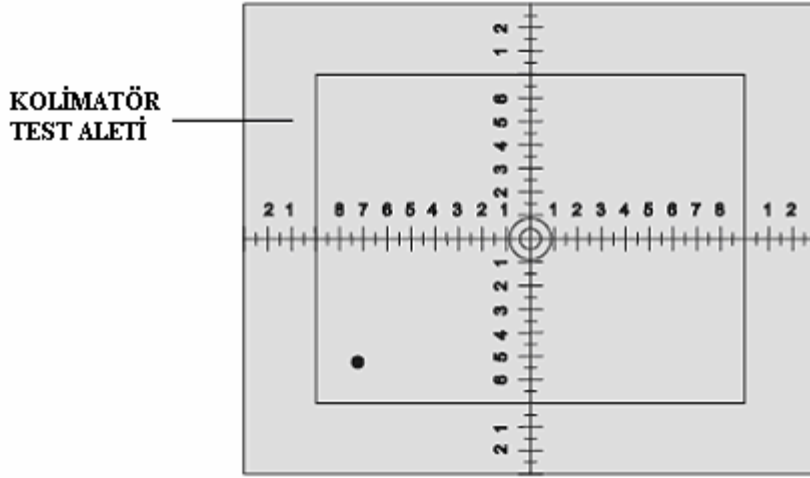
Şekil 2.1: Nokta görüntüleri

Röntgen ışınının görüntü alıcısı yardımı ile düzgün bir şekilde merkezlenip merkezlenmediğini kontrol ediniz. Işık alanı ve görüntü alıcısının merkezlenmesi ileride açıklanacaktır.

#### 2.4.2. Işık Alanının Röntgen Alanı ile Hizalanması

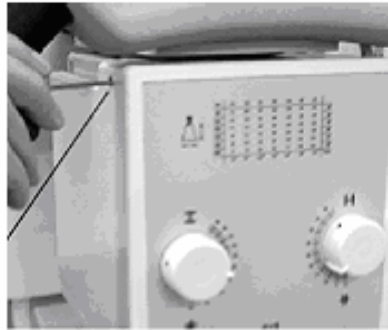
Işık alanının röntgen alanı ile hizalanması için aşağıdaki adımlar izlenmelidir.

- Kolimatör ışığını açınız ve tüp kolimatör düzeneğini yatay kol ile düzgün bir şekilde merkezlenmiş halde yerleştiriniz.
- Tüp kolimatör düzeneğini ve tezgâhın yatay konumlarının dengeli olup olmadığını kontrol ediniz.
- SID'İ 1 metre uzağa yerleştiriniz.
- Kolimatör test aletini, kolimatör lambasının yansıttığı ışık eksenleri aracılığı ile tezgâha merkezleyiniz.

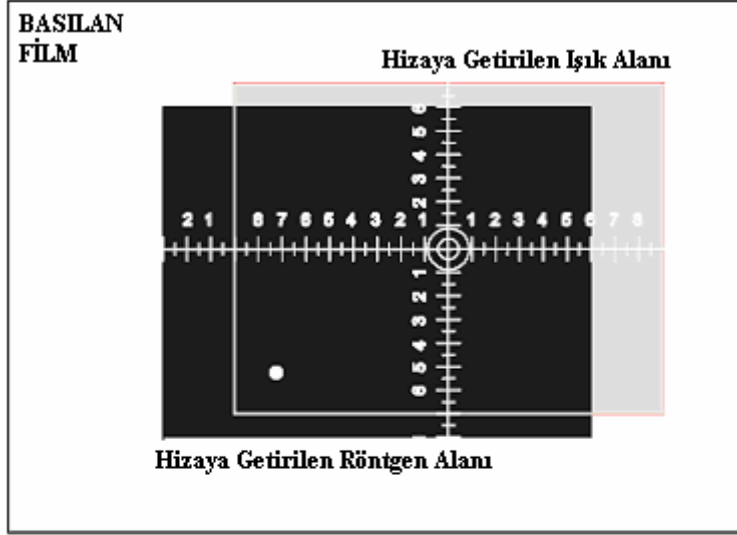


**Şekil 2.2: Kolimatör test aleti**

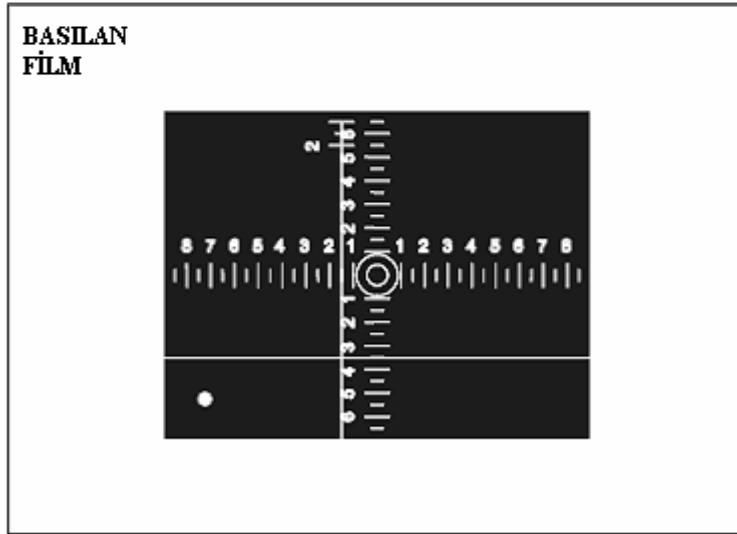
- Kolimatör lambasının ışık alanını kolimatör test aleti içerisinde ortaya çıkan dikdörtgene göre ayarlayınız.
- Basılan filmde, ışık alanı ile röntgen alanının çakışması için gerekli olan ayarın gerçekleşip gerçekleşmediğini kontrol ediniz. Filmde yansıtılan eksenlerde ortaya çıkan sapmayı belirleyiniz.
- Kolimatör test aletini ilk konumunda sabit bırakınız ve kolimatör birimi veya kolimatör lambasını hareket ettirerek ışık alanını ayarlayınız.
  - Kolimatör ışığı ışık alanı ayarlaması esnasında ON konumunda bulundurulmalıdır.
  - Dört merkezleme ayar ve emniyet vidasını ışık alanı basılan filmde yansıtılan eksenlere ( numaralar ve noktalar ) çakışana kadar dikkatli bir şekilde gevşeterek ve sıkarak kolimatör konumunu ayarlayınız.
  - Hâlâ gerek duyulması halinde kolimatör lambasının konumunu kolimatörün servis el kitabındaki talimatlar doğrultusunda ayarlayınız.
- Sonuç tatmin edici olana kadar, görüntü almaya ve bu yöntemi uygulamaya devam ediniz. Azami yanlış hizalama SID'in %2'si konumundadır.



**Resim 2.8: Kolimatörün ayarlanması**



**İŞIK ALANININ YANLIŞ HİZALANMASI**



**İŞIK ALANININ DOĞRU HİZALANMASI**

**Şekil 2.3: Basılan film görüntüleri**

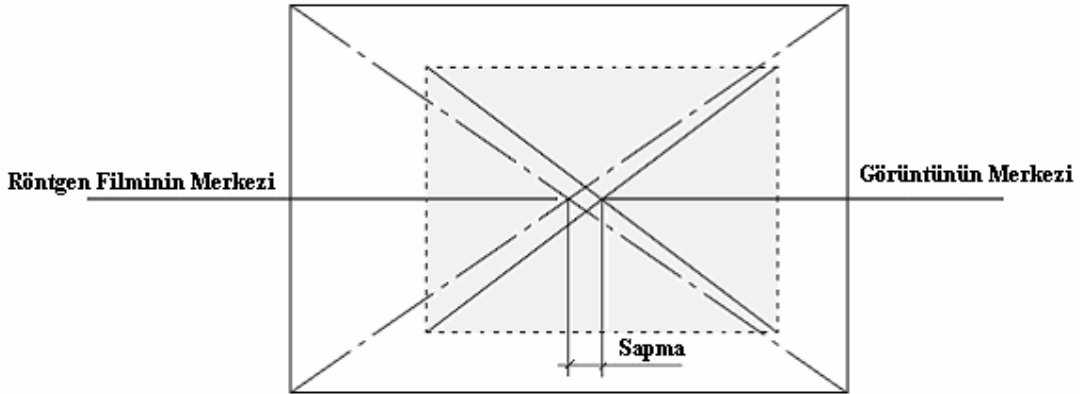
### **2.4.3. Röntgen Işınının Diklik Seviyesinin Görüntü Alıcısı ile Ayarlanması**

Diklik seviyesinin belirlenen hata payı sınırları dışında olması (üstteki topun ilk dairenin dışında olması) halinde, diklik seviyesi aşağıda belirtilen şekilde ayarlanmalıdır.

- Tüp kolimatör düzeneğini yatay kol ile düzgün bir şekilde merkezlenmiş halde yerleştiriniz. Tüp kolimatörü düzeneği ve tezgâhın yatay konumlarının dengeli olup olmadığını kontrol ediniz.
- SID’i 1 metre uzağa yerleştiriniz.
- Kolimatör test aletini tezgâh üzerine yerleştiriniz.
- Kolimatör ışığını açınız ve kolimatör kontrol düğmeleri yardımı ile kolimatör lambasının yansıttığı ışık eksenleri ile merkezleyin.
- Merkezlenen ışın hizalama aletini kolimatör test aleti üzerine yerleştiriniz.
- Kolimatör ışığını açınız ve ışın hizalama aletinin gölgesinin bu ışık çevresinde eşit oranlarla yansıtılıp yansıtılmadığını gözlemleyiniz.
- Basılan filmde, üstteki top işaretini merkezlemek için gerekli olan ayarın gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğini kontrol ediniz. Ayrıca, ışın hizalama aletinin çevresindeki gölge de doğrulama yapmaya yardımcı olabilir.
- Tüp kolimatör düzeneğini, yatay kolu nirengi noktası kabul ederek yatay olarak ayarlayınız.
- Yatay sapmanın bir hayli fazla olması halinde, kolu yatay olarak ayarlayıp dengeleyiniz.
- Dikey ayarlama gerekli değildir, çünkü tüp kolimatör düzeneği herhangi bir dikey konumda yerleştirilebilir.
- Sonuç tatmin edici olana kadar, görüntü almaya ve yöntemi uygulamaya devam ediniz. (Üstteki top ilk dairenin içerisinde olmalıdır).

#### 2.4.4. Röntgen Alanı ve Görüntü Alıcısının Merkezlenmesi

Görüntü alıcısı merkezinin belirlenmesi için, merkezden röntgen filminin merkezine kadar çapraz çizgiler çiziniz. Ardından film yarıya katlanıp merkezden kıvrılabilir. Film merkezinde iki çizgi kesişecektir. Bundan sonra görüntülenene röntgen alanının köşelerinden çapraz çizgiler çiziniz. Röntgen alanı ve görüntü alıcısının merkezlerinin aynı olması durumunda her iki çizgi dizisinin köşegenleri de aynı noktada kesişmelidir. Azami yanlış hizalama SID’in %2’si konumundadır (1metrelik SID için 2 cm hata payı bulunmaktadır).



Şekil 2.4: Röntgen alanı ve görüntü alanının merkezlenmesi

Sapmanın SID’in %2’sinden fazla olması durumunda aşağıdaki adımlar izlenmelidir.

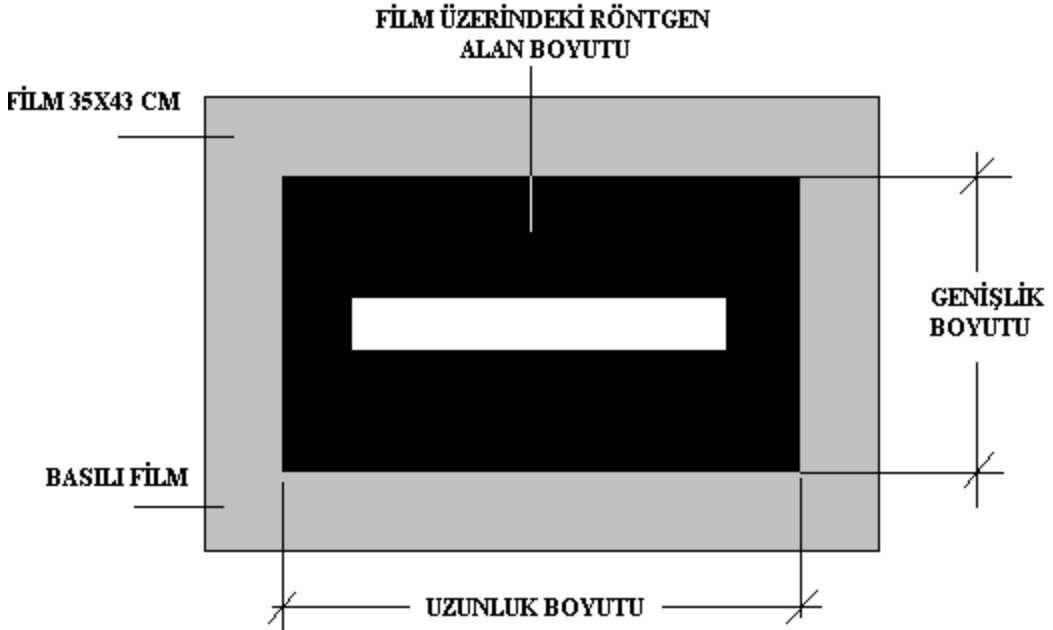
- Basılan filmde röntgen alanı ile görüntü alıcısının merkezlenmesi için gerekli olan düzeltmenin yapıp yapılmadığını kontrol ediniz. Ayarlamalar diklik seviyesinin düzeltilmesi ile ilgili olarak belirtilen şekilde gerçekleştirilir. Bu yüzden sadece gerek duyulması halinde ayar yapılmalıdır.
- Merkezleme ayarlamaları diklik seviyesi düzeltmelerini etkileyebileceği için buna dikkat edilmelidir.
- Merkez konumları hata payı sınırları içinde yer alana kadar, görüntü almaya ve bu yöntemi uygulamaya devam edilmelidir.

#### 2.4.5. Alan Boyutu Belirleme Testi

Boyut belirleme testine başlamadan önce, röntgen ışınının hizalanması testi ve ışık alanının röntgen alanı ile hizalanması testleri gerçekleştirilmelidir. Bu test için aşağıdaki adımlar izlenmelidir.

Diğer testlerdeki işlemler tamamlandıktan ve film basıldıktan sonra aşağıdaki ölçümler kontrol edilmelidir.

- Basılı film üzerinde, röntgen alanının uzunluğunu ölçünüz.( L olarak belirtilmektedir.)
- Basılı film üzerinde röntgen alanının uzunluğunu ölçünüz.( W olarak belirtilmektedir.)



Şekil 2.5: Alan boyu belirleme testi ölçüleri

- Elde edilen ölçümler ve seçilen alan boyutuna göre, sonuçlar şu şekilde olmalıdır.

Uzunluk boyutu (L) = 300 mm

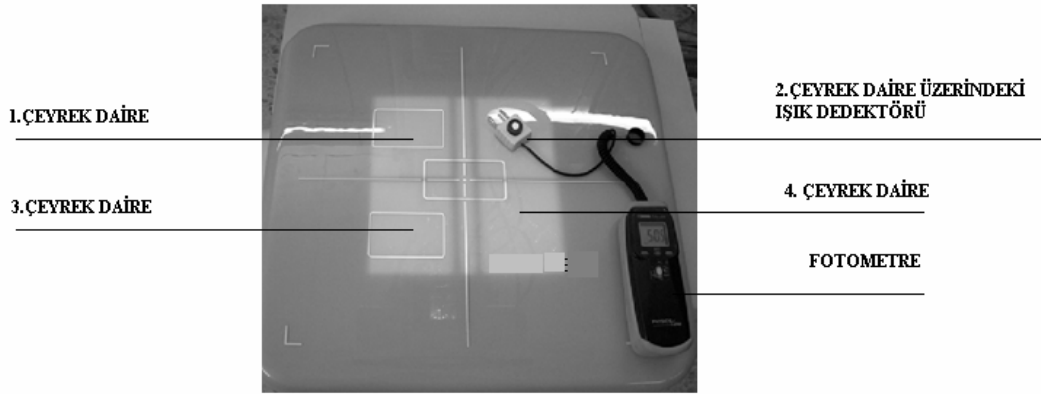
Genişlik Boyutu (W) = 240 mm

- Belirlenen alan boyutu ve elde edilen alan boyutu arasındaki fark hangi yönde olursa olsun SID'in % 1,5'ini (sınır) geçmemelidir. Bu yüzden, hangi yönde olursa olsun, sapmanın 1 metrelik SID için 15 mm'den fazla olmaması gerekmektedir.
- Belirlenen alan boyutunda meydana gelen sapmanın kabul edilen sınırlar dâhilinde olmaması durumunda, kolimatör bıçakları kontrol düğmelerinin göstergelerinin yeniden ayarlanması gerekmektedir. Bunu gerçekleştirmek için kolimatör kontrol düğmelerini gevşetiniz ve sapmaya göre konumlandırınız. Seçilen alan boyutu (24x30 cm) elde edilene kadar bu testleri tekrarlayınız.

## 2.5. Kolimatör Lambası Parlaklık Testi

### 2.5.1. Kolimatör Işık Alanı Gerilimi

- Tüp kolimatör düzeneğini yatay kol ile düzgün merkezlenecek şekilde yerleştiriniz.
- Tüp kolimatör düzeneği ve tezgâhın yatay konumlarının dengeli olup olmadığını kontrol ediniz.
- SID'i 1 metre uzağa yerleştiriniz.
- Kolimatör kontrol düğmeleri aracılığıyla kolimatör bıçaklarını açınız ve 1 metrelik SID için 25x25 cm ebatlarında bir alan boyutu oluşturunuz.
- Kolimatör ışığını açınız ve kolimatörü yatay kola göre merkezleyiniz. Kolimatör lambasının yansıttığı ışık eksenlerinin yatay ve enine konumlarının yatay kol eksenleri ile hizalı olması gerekmektedir.
- Fotometreyi aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi dedektör ışık kaynağına yöneltilmiş durumdayken tezgâha yerleştiriniz.
- Fotometreyi aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi ışık alanının çeyrek dairelerinden birinin merkezine yerleştiriniz.



**Resim 2.9: Fotometrenin yerleştirilmesi**



- Kolimatör lambası kapalı iken ortamdaki ışık seviyesini ölçüp ilgili değeri kaydediniz.
- Fotometreyi hareket ettirmeden kolimatör lambasını açınız ve çeyrek dairenin ışık seviyesini ölçüp ilgili değeri kaydediniz.
- Ortamdaki ışık seviyesinden ilgili ışık seviyesini çıkararak bu çeyrek dairesinin ışık gerilimini bulunuz.
- Geriye kalan üç çeyrek dairenin merkezlerinde bu ölçümleri tekrarlayınız.
- Ölçümler sonucu ortaya çıkan ışık alan gerilimi sonuçlarının 170 lüx'ten yüksek olması ve bütün çeyrek daireler arasındaki ışık alan geriliminin % 10'dan fazla farklılık göstermemesi gerekmektedir.
- Odak noktasının 1 metre uzaklıktaki ortalama aydınlatma seviyesinin 160 lüx'ten az olmaması gerekmektedir. Üst sınır ise 170 lüxtür.

Işık alan gerilim sapmasının kabul edilen sınırlar dâhilinde olmaması halinde aşağıda belirtilen bilgileri göz önüne almak gerekir.

Bütün çeyrek daireler arasındaki ışık alan gerilimi farkının % 10'dan fazla olması halinde, kolimatör lambası socketinin yeniden ayarlanması gerekmektedir. Bunun için kolimatör servis el kitabındaki talimatlara uyulmalıdır.

Bütün çeyrek dairelerdeki ışık seviyesinin 170 lüx'ten az olması halinde aşağıdaki göstergeleri kontrol etmek gerekir.

- Lamba ON konumunda iken yani açıkken lamba voltaj seviyesinin 24 V AC'den düşük olmaması gerekmektedir. ( Voltajı ampul socket bağlantısında ölçünüz)
- Kolimatör lambası ayna ve mylar penceresinin tozlu ya da renginin bozulmuş olup olmadığını kontrol ediniz.
- Aynanın doğru konumda olup olmadığını kontrol ediniz. Bunun için kolimatör servis el kitabındaki talimatlara uyunuz.

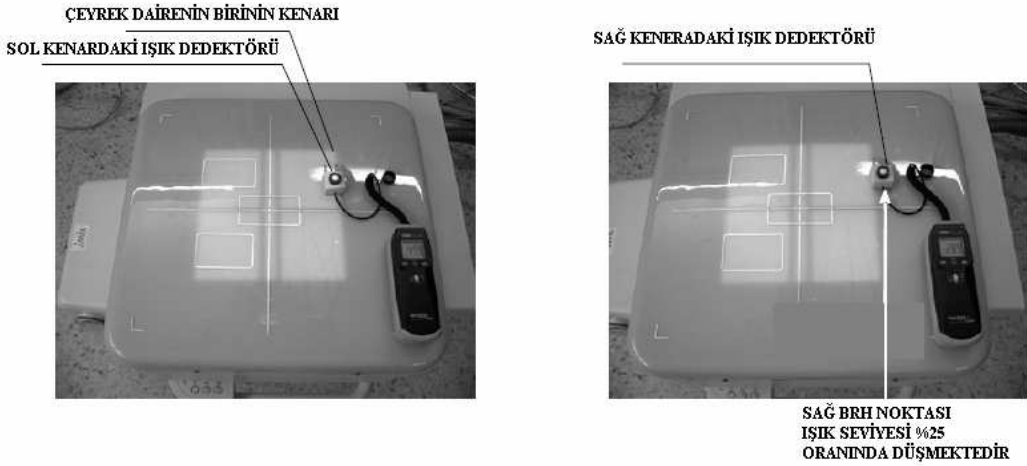
Işık seviyesinin, yukarıdaki göstergeler doğru olmasına rağmen düşük olması durumunda;

- Kolimatör ampulünü değiştiriniz.
- Kolimatör ampul socketini değiştiriniz.

### **2.5.2. Kolimatör Işık Alanı Zıtlık Oranı**

- Tüp kolimatör düzeneğini yatay kol ile düzgün merkezlenecek şekilde yerleştiriniz.
- Tüp kolimatör düzeneği ve tezgâhın yatay konumlarının dengeli olup olmadığını kontrol ediniz.
- SID'i 1 metre uzağa yerleştiriniz.
- Kolimatör kontrol düğmeleri aracılığıyla kolimatör bıçaklarını açınız ve 1 metrelik SID için 25x25 cm ebatlarında bir alan boyutu oluşturunuz.

- Kolimatör ışığını açınız ve kolimatörü yatay kola göre merkezleyiniz. Kolimatör lambasının yansıttığı ışık eksenlerinin yatay ve enine konumlarının yatay kol eksenleri ile hizalı olması gerekmektedir.
- Fotometreyi aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi dedektör ışık kaynağına yöneltmiş durumdayken tezgâha yerleştiriniz.
- Fotometreyi aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi ışık alanının çeyrek dairelerinden birinin merkezine yerleştiriniz.
- Odadaki aydınlatmayı en az seviyeye getiriniz. Kolimatör lambası kapalı iken ortamdaki ışık seviyesini ölçüp ilgili değerleri not ediniz.
- Kolimatör ışığını açınız. Azami aydınlatmayı ölçünüz; bu işlem alan merkezinin yakınında gerçekleştirilmelidir. Işık dedektörünü tezgâh boyunca gezdiriniz ve aydınlatmanın azami olarak % 75'e düştüğü noktayı belirleyiniz. Bu noktanın BRH aracılığı ile ışık alanının kenarında olduğu belirlenmektedir. Bunun ardından gerçekleştirilecek olan bütün ölçümlerde bu nokta ve kenar tanımı göz önünde bulundurulacaktır.



**Resim 2.10: Işık zıtlık hesaplaması**

- Alanın kıyısından alan merkezine doğru 3 mm uzaklıkta olan bir noktadaki aydınlatma seviyesini ölçünüz (yukarıdaki resimde kenarın solundaki ışık dedektörü). Bu değeri 11 olarak kaydediniz.
- Alanın kıyısından alan merkezine doğru 3 mm uzaklıkta olan bir noktadaki aydınlatma seviyesini ölçünüz (yukarıdaki resimde kenarın sağındaki ışık dedektörü). Bu değeri 12 olarak kaydediniz.
- 11 ve 12 değerlerinden daha önce ölçülen ortamdaki ışık değerlerini çıkararak 11 ve 12 değerlerini düzeltin. Bundan sonra ise 11'in düzeltilmiş değerini 12'ye bölünüz. Bu oranın 4 ya da daha yüksek bir değer olması gerekmektedir.
- Aynı süreci, ışık alanının bütün çeyrek daireleri için tekrarlayınız.

Işık alanı zıtlık oranı sapmasının kabul edilen sınırlar dâhilinde olmaması halinde aşağıdaki göstergeleri kontrol etmek gerekir.

- Kolimatör lambası ayna ve mylar penceresinin tozlu ya da renginin bozulmuş olup olmadığını kontrol ediniz.
- Işık alan gerilim seviyesinin 170 lüx'ten fazla olması gerekmektedir.
- Ölçümlerden doğruluk derecesini etkileyeceğinden, ortamdaki ışık seviyesinin düşük olması gerekmektedir.

## 2.6. Işın Sınırlayıcılarda Arıza Çeşitleri

Kolimatörler de daha öncede sözünü ettiğimiz gibi ışının düşeceği alanı sınırlayan plakalar mevcuttur. Bu plakalar kontrol kolları yardımı ile hareket ettirilir. Ayrıca çekim yapılacak alanın belirlenmesi için bir lamba mevcuttur. Bununla birlikte dâhili bir ayna ve zamanlayıcılar da bulunmaktadır.

Kolimatörlerde kullanım hataları ve çarpmalara bağlı olarak dâhili aynada ve lambada kırılma ve bozulma meydana gelebilir. Bununla birlikte plakaların hareketini sağlayan kollarda sıkışma ve kırılmalar meydana gelebilir.

Kolimatörlerde arızalanan parçaların yenisi ile değiştirilmesi gerekir. Arızalanan parçaların değişiminden sonra yukarıda açıklanan testlerin yapılması gerekmektedir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Bulduğunuz yerdeki bir röntgen cihazının kolimatöründe ışık alanının röntgen alanı ile hizalanması testini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kolimatör ışığını açınız ve tüp kolimatör düzeneğini yatay kol ile düzgün bir şekilde merkezlenmiş halde yerleştiriniz.</li><li>➤ Tüp kolimatör düzeneğini ve tezgâhın yatay konumlarının dengeli olup olmadığını kontrol ediniz.</li><li>➤ SID'İ 1 metre uzağa yerleştiriniz.</li><li>➤ Kolimatör test aletini, kolimatör lambasının yansıttığı ışık eksenleri aracılığı ile tezgâha merkezleyiniz.</li><li>➤ Kolimatör lambasının ışık alanını kolimatör test aleti içerisinde ortaya çıkan dikdörtgene göre ayarlayınız.</li><li>➤ Basılan filmde, ışık alanı ile röntgen alanının çakışması için gerekli olan ayarın gerçekleşip gerçekleşmediğini kontrol ediniz. Filmde yansıtılan eksenlerde ortaya çıkan sapmayı belirleyiniz.</li><li>➤ Kolimatör test aletini ilk konumunda sabit bırakınız ve kolimatör birimi veya kolimatör lambasını hareket ettirerek ışık alanını ayarlayınız.</li><li>➤ Dört merkezleme ayar ve emniyet vidasını ışık alanı basılan filmde yansıtılan eksenlere ( numaralar ve noktalar ) çakışana kadar dikkatli bir şekilde gevşeterek ve sıkarak kolimatör konumunu ayarlayınız.</li><li>➤ Hala gerek duyulması halinde kolimatör lambasının konumunu kolimatörün servis el kitabındaki talimatlar doğrultusunda ayarlayınız.</li><li>➤ Sonuç tatmin edici olana kadar, görüntü almaya</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Servis el kitabındaki talimatlara kesinlikle uyunuz.</li><li>➤ Gerekli kişisel güvenlik önlemlerinizi alınız.</li><li>➤ Kolimatör ışığı ışık alanı ayarlaması esnasında ON konumunda bulundurulmalıdır.</li><li>➤ Azami yanlış hizalama SID'in %2'si konumundadır.</li></ul>

<p>ve bu yöntemi uygulamaya devam ediniz.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sonuçlar uygunsa çalışmanızı raporlandırınız.</li><li>➤ Yapılan işlemleri arıza formuna aktarınız.</li></ul>	
--	--

## KONTROL LİSTESİ

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Kolimatör ışığını açtın mı ve tüp kolimatör düzeneğini yatay kol ile düzgün bir şekilde merkezlenmiş halde yerleştirdiniz mi?		
2	Tüp kolimatör düzeneğini ve tezgâhın yatay konumlarının dengeli olup olmadığını kontrol ettiniz mi?		
3	SID'yi 1 metre uzağa yerleştirdiniz mi?		
4	Kolimatör test aletini, kolimatör lambasının yansıttığı ışık eksenleri aracılığı ile tezgâha merkezlediniz mi?		
5	Kolimatör lambasının ışık alanını kolimatör test aleti içerisinde ortaya çıkan dikdörtgene göre ayarladınız mı?		
6	Basılan filmde, ışık alanı ile röntgen alanının çakışması için gerekli olan ayarın gerçekleşip gerçekleşmediğini kontrol ettiniz mi?		
7	Filmde yansıtılan eksenlerde ortaya çıkan sapmayı belirlediniz mi?		
8	Kolimatör test aletini ilk konumunda sabit bırakıp kolimatör birimi veya kolimatör lambasını hareket ettirerek ışık alanını ayarladınız mı?		
9	Dört merkezleme ayar ve emniyet vidasını ışık alanı basılan filmde yansıtılan eksenlere ( numaralar ve noktalar ) çakışana kadar dikkatli bir şekilde gevşeterek ve sıkarak kolimatör konumunu ayarladınız mı?		
10	Hala gerek duyulması halinde kolimatör lambasının konumunu kolimatörün servis el kitabındaki talimatlar doğrultusunda ayarladınız mı?		
11	Sonuç tatmin edici olana kadar, görüntü almaya ve bu yöntemi uygulamaya devam ettiniz mi?		
12	Çalışmanızı raporlandınız mı?		
13	Yapılan işlemleri arıza formuna aktardınız mı?		

## DEĞERLENDİRME

Yapılan değerlendirme sonunda hayır şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Cevaplarınızın tamamı evet ise bir sonraki faaliyete geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki paragraflarda boş bırakılan yerleri uygun şekilde doldurunuz.

1. Kolimatörün ön paneline monte edilmiş iki adet ..... ile shutterlar kontrol edilmektedir.
2. Kolimatörlerde lambanın ısınmasını engellemek ve ömrünü ve uzatmak için 30 saniyelik ayarlı ..... bulunmaktadır.
3. Kolimatör testleri yapılırken tüp kolimatör düzeneği ve tezgâhın yatay konumunun ..... olup olmadığı kontrol edilmelidir.
4. Gerek duyulması halinde kolimatörün dört merkezleme ..... vidaları gevşetilerek veya sıkılarak kolimatör konumu ayarlanır.
5. Kolimatör ışığı ışık alanı ayarlaması esnasında ..... konumunda bulundurulmalıdır.
6. Röntgen alanı ve görüntü alıcısının merkezlenmesi esnasında sapmanın SID'in ..... fazla olması gerekmektedir.
7. Belirlenen alan boyutu ve elde edilen alan boyutu arasındaki fark hangi yönde olursa olsun SID'in ..... (sınır) geçmemelidir.
8. Lamba ON konumunda iken yani açıkken lamba voltaj seviyesinin ..... düşük olmaması gerekmektedir.
9. Işık seviyesinin, yukarıdaki göstergeler doğru olmasına rağmen düşük olması durumunda; kolimatör ..... değiştiriniz.
10. Işık alan gerilim seviyesinin ..... fazla olması gerekmektedir.

## DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile cevap anahtarını karşılaştırınız, cevaplarınız doğru ise uygulama faaliyetine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerdeki boşlukları doldurunuz.

1. ....; radyografik ışınlama anında tüpe emniyetle uygulanabilecek akımı ve tüpe zarar vermeden kaç defa uygulanabileceğini ifade eder.
2. .... ; fluoroskopik tetkiklerde, tüpün emniyetle devamlı olarak kaç dakika çalıştırılabileceğini ifade eder.
3. ....; arızaya sebebiyet vermeden, anot ve bir bütün olarak tüpe uygulanabilecek ısı miktarını ifade eder.
4. Röntgen tüpü cam zarfı cam kısmına ..... tutularak muhafaza içine yerleştirilmelidir.
5. Koruyucu muhafaza içine soğutma işlemi için ..... konulmalıdır.
6. Tüplerin ısı depo etme kapasitesi ..... olarak ifade edilir.
7. Kolimatörün ön paneline monte edilmiş iki adet ..... ile shutterlar kontrol edilmektedir.
8. Kolimatörlerde lambanın ısınmasını engellemek ve ömrünü ve uzatmak için 30 saniyelik ayarlı ..... bulunmaktadır.
9. Kolimatör testleri yapılırken tüp kolimatör düzeneği ve tezgâhın yatay konumunun ..... olup olmadığı kontrol edilmelidir.
10. Gerek duyulması halinde kolimatörün dört merkezleme ..... vidaları gevşetilerek veya sıkılarak kolimatör konumu ayarlanır.



## YETERLİK TESTİ

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
Röntgen tüplerinin kontrollerini yaparak değişim zamanı gelmiş tüpleri değiştirebiliyor musunuz?		
Işın sınırlayıcıların arızalarını tespit edip bu arızaları giderebiliyor musunuz?		
Işın sınırlayıcılar için gerekli ayarları yapabiliyor musunuz?		

## DEĞERLENDİRME

Modül çalışmaları ve araştırmalar sonucunda kazandığınız bilgi ve becerilerin ölçülmesi için öğretmeniniz size ölçme araçları uygulayacaktır.

Ölçme sonuçlarına göre sizin modül ile ilgili durumunuz öğretmeniniz tarafından değerlendirilecektir.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖLÇME DEĞERLENDİRME -1 CEVAP ANAHTARI

1	Havbe
2	Yüksek voltaj
3	Boost (artırma)
4	Gücü
5	Radyografik güç
6	Fluoroskopik güç
7	Isı gücü
8	El değirmen
9	Yağ
10	HÜ

## ÖLÇME DEĞERLENDİRME -2 CEVAP ANAHTARI

1	Kontrol kolu
2	Timer (zamanlayıcı)
3	Dengeli
4	Ayar ve emniyet
5	ON
6	% 2'sinden
7	% 1,5
8	24 V AC
9	Ampülü ve ampul soketini
10	170 lüx'ten

## MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

1	Radyografik güç
2	Fluoroskopik güç
3	Isı gücü
4	El değirmeden
5	Yağ
6	HÜ
7	Kontrol kolu
8	Timer (zamanlayıcı)
9	Dengeli
10	Ayar ve emniyet

## ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- Farklı tip ve markalarda x-ışınlı görüntüleyici cihazların servis el kitapları
- Kumaş Ahmet, **Radyoloji**, Tamer Matbaacılık, Ankara 1996.
- [www.delmedical.com](http://www.delmedical.com)
- [www.flukebiomedical.com](http://www.flukebiomedical.com)
- [www.kanit.com.tr](http://www.kanit.com.tr)
- [www.metam.org.tr](http://www.metam.org.tr)
- [www.taek.gov.tr](http://www.taek.gov.tr)
- [www.usx-ray.com](http://www.usx-ray.com)

# KAYNAKÇA

- Bor Dođan, Buyan Gönül, Radyasyondan Korunma, Radyoloji Gündemi
- Edwin L. Dove , Physics of Medical Imaging – An Introduction , 2003
- Karagöz Dr. İrfan, Erođul Dr. Osman, Tıbbi Görüntüleme Sistemleri, Haberal Eğitim Vakfı Yayını, Ankara 1998.
- Kaya T, Adapınar B, Özkan R., Temel Radyoloji Tekniđi, Güneş & Nobel Yayınları, Bursa 1997
- Kaya Prof Dr Tamer, Tıp Öğrencileri İçin Temel Radyoloji Fiziđi Ders Notları
- Kumaş Ahmet, Radyoloji, Tamer Matbaacılık, Ankara, 1996
- Kurdaş Turgay, Shh. Tekns. Kd. Bçvş. Eğt. ve Kurs Astsubayı Yayınlanmamış Notları
- Multirad –TC- Radyografik Sistemler Usx-ray Teknik Yayın SM-0630R01 Servis El Kitabı
- Tükel Prf.Dr. Selma, Mamografide Kalite Kontrol Sistemleri.
- U-ARC-DRT Radiographic System Service Manual P/N 8000-UARC-DRT-SM Del Medical
- [www.delmedical.com](http://www.delmedical.com)
- [www.flukebiomedical.com](http://www.flukebiomedical.com)
- [www.kanit.com.tr](http://www.kanit.com.tr)
- [www.metam.org.tr](http://www.metam.org.tr)
- [www.taek.gov.tr](http://www.taek.gov.tr)
- [www.usx-ray.com](http://www.usx-ray.com)