

**SODYUM KLORÜRÜN RADYASYON DOZİMETRİ OLARAK
MAMOGRAFİDE KULLANILMASI**

Bekir Sinan DEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2006
ANKARA**

**SODYUM KLORÜRÜN RADYASYON DOZİMETRİ OLARAK
MAMOGRAFİDE KULLANILMASI**

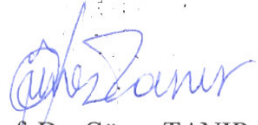
Bekir Sinan DEMİR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK**

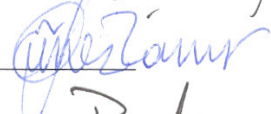
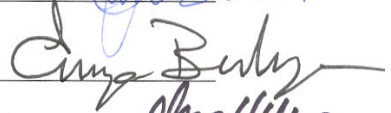
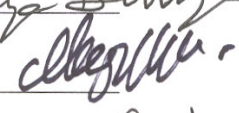
**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2006
ANKARA**

Bekir Sinan Demir tarafından hazırlanan SODYUM KLORÜRÜN RADYASYON DOZİMETRİ OLARAK MAMAOGRAFİDE KULLANILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.


Prof. Dr. Güneş TANIR
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Fizik Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Başar Şarer 
Üye : Prof. Dr. Güneş Tanır 
Üye : Doç. Dr. Enver Bulur 
Üye : Yrd. Doç. Dr. Niyazi Meriç 
Üye : Yrd. Doç. Dr. Eyyüp TEL 

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

**SODYUM KLORÜRÜN RADYASYON DOZİMETRİ OLARAK
MAMOGRAFİDE KULLANILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Bekir Sinan DEMİR

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Şubat 2006

ÖZET

Dozimetri, radyasyon emisyonunun bir sonucu olarak insan dokularındaki atomların uyarılması ve iyonizasyonu ile absorbe edilen radyasyon enerjisi miktarının ölçülmesidir. Bu çalışmada, IRSL tekniği kullanılarak bir NaCl örneğinin mamografi işlemlerinde dozimetri olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar en ideal doğruya fit edilerek doğrunun denklemi bulunmuştur. Bu denklem kullanılarak NaCl örneğine verilen ışınlama süreleri karşılaştırılmıştır.

Bilim Kodu : 202
Anahtar Kelimeler : Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL), Sodyum Klorür (NaCl), Mamografi, Dozimetri
Sayfa Adedi : 32
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Güneş TANIR

**USAGE OF SODIUM CHLORIDE IN MAMMOGRAPHY
AS RADIATION DOSIMETRY**

(M. Sc. Thesis)

Bekir Sinan DEMİR

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

February 2006

ABSTRACT

Dosimetry is the stimulation of atoms within the human tissues as a result of radiation emission and measurement of absorbed radiation energy amount via ionization. In this study, ability to use a NaCl sample during mammography processes as dosimetry with using IRSL technique. Obtained results are fitted to the most ideal line and equation of the line is found. Exposure times administered to the NaCl sample are compared with using this equation.

Science Code	: 202
Key Words	: Optically Stimulates Luminescence (OSL), Sodium Chloride (NaCl), Mammography, Dosimetry
Page Number	: 32
Adviser	: Prof. Dr. Gunes TANIR

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca kıymetli tecrübelerinden faydalandığım, yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. Güneş TANIR' a, OSL konusundaki bilgilerini benimle paylaşan ve yol gösteren arkadaşım Mustafa Hicabi BÖLÜKDEMİR' e, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan tüm arkadaşlarıma, mamografi cihazını kullanmam sırasında bana her türlü kolaylığı sağlayan Dr. Levent KUŞÇU' ya, bana bir işin nasıl yapılacağını öğreten ve ilerdeki hayatım için kendisinden çok büyük tecrübeler kazandığım Dr. Uğur ÇİFTÇİ' ye, yaptığı her şeyi hayranlıkla izlediğim Düzen Laboratuvarlar Grubu kurucusu ve yöneticisi Prof. Dr. Yahya LALELİ' ye, zor sevinçleri paylaşan ve her şeyin en iyisini hak eden aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca tanıdığım iki mükemmel insana ayrıca teşekkür ederim. Leyla OĞULTÜRK, bana asla yalnız olmadığımı hissettirdiğin, hayatımda olduğun ve sonsuz güvenin için. Ferit ŞANVAR, her zaman en doğru olanı bildiğin, güzel öğütlerini benimle paylaştığın, bana her an bir şeyler öğrettiğin ve kendime örnek aldığım tek insan olduğun için. Ferit Amcam ve Leyla, bilin ki siz olmasaydınız ben yine olurdum ama böyle olmazdım. Her şey için çok teşekkürler.

Ve Mustafa Kemal ATATÜRK, sana teşekkürler sahip olduğum her şey için.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Dozimetri.....	4
2.2. Termoluminesans ve Optik Uyarmalı Lüminesans (TL ve OSL).....	6
2.3. Enerji Depolanması.....	11
2.4. OSL ve TL Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	12
2.5. OSL'nin TL Üzerindeki Avantajı	14
2.6. Mamografi Nedir.....	15
2.7. Mamografi Nasıl Yapılır	15
3. DENEYSEL İŞLEMLER.....	16
3.1. Deney Düzeneği	16
3.1.1. OSL 9010 sistemi ve özellikleri	16
3.2. OSL 9010 Sisteminin Kalibrasyonu.....	17
3.3. HF – X PLUS Mamografi Cihazının Özellikleri	20

	Sayfa
4. UYGULANAN YÖNTEM	23
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	26
KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ	32

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. NaCl'e uygulanan ışnlama süreleri ve lüminesans sayımları	26

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. İyonik bir kristalin örgü kusurları	7
Şekil 2.2. Lüminesans işlemlerinde enerji diyagramı	9
Şekil 2.3. Bir feldspat örneği için tipik bir TL eğrisi	10
Şekil 2.4. Bir feldspat örneğinin OSL bozunma eğrisi	11
Şekil 2.5. TL ve OSL işlemlerini gösteren enerji diyagramları	14
Şekil 3.1. OSL 9010 sayma sistemi deney düzeneğinin şematik gösterimi.....	17
Şekil 3.2. Fotoçoğaltıcı tüpün H. T. voltaj kalibrasyon eğrisi	18
Şekil 3.3. OSL 9010 sistemindeki ön yükselticinin eşik değerini bulmak için elde edilen kalibrasyon eğrisi.....	19
Şekil 3.4. HF-X PLUS mamografi cihazı	21
Şekil 3.5. HF-X PLUS mamografi cihazının üstten görünüşü.....	21
Şekil 3.6. HF-X PLUS mamografi cihazında kullanılan örneğin ve fantomun yeri	22
Şekil 4.1. Ön ısıtma sıcaklığı için elde edilen grafik	23
Şekil 4.2. NaCl'ün 2 s ışınlanmasıyla elde edilen OSL bozunum eğrisi	25
Şekil 5.1. NaCl'e uygulanan ışınlama süresinin fonksiyonu olarak lüminesans şiddeti	27

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

ED = D_e

Eşdeğer doz

Gy

Radyasyon dozu (Gy); 1 Gy = 1 J/ kg = 100 rad

KV

Kilovolt; 1 KV = 1000 volt

mA

Miliamper

Kısaltmalar

Açıklama

EPR

Elektron paramanyetik rezonans

ESR

Elektron spin rezonans

HT

Yüksek eşik değer

IRLED

Infrared ışık yayan diyot

IRSL

Infrared uyarmalı lüminesans

IAEA

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı

ICPR

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu

LED

Işık yayan diyot

L

Lüminesans merkezi

OSL

Optik uyarmalı lüminesans

TL

Termolüminesans

T

Tuzak merkezi

1. GİRİŞ

Değişen ve gelişen dünya şartlarında radyasyondan farklı amaçlarla yararlanılması kaçınılmazdır. Radyasyonu insan yararına kullanmayı amaçlarken şimdi ve gelecekteki toplumun sağlığını korumak ilk şarttır. Bu nedenle radyasyonun canlılar üzerinde oluşturduğu biyolojik etkilerin ve korunma yöntemlerinin iyi bilinmesi gerekmektedir (1,2). Son 20 yıl içinde, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ve birkaç ulusal kurum yüksek enerjili foton ve elektron ışımasının kalibrasyonu için dozimetri protokolü yayınlamıştır (3).

Dozimetri, radyasyon emisyonunun bir sonucu olarak insan dokularındaki atomların uyarılması ve iyonizasyonu ile absorbe edilen radyasyon enerjisi miktarının ölçülmesidir (4). Gerek bireysel (nükleer tesislerde, endüstrinin ilgili alanlarında ve tıpta radyasyonla çalışanlar) ve gerekse toplumsal radyasyon kazası durumlarında (Çernobil gibi nükleer reaktörlerin bulunduğu merkezlerdeki kazalar), Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan atom bombaları gibi askeri amaçlarla kullanıldıkları durumlarda soğurulan radyasyon dozunun bilinmesi yani radyasyonun izlenmesi (monitoring) halk sağlığı açısından önemlidir. Ayrıca radyasyon kazası sonucunda fazla doza maruz kalan insanların tedavi planlarının yapılabilmesi için, kaza süresince absorbe edilen radyasyon dozunun bilinmesi gerekir (1,2).

Optik Uyarımlı Lüminesans (OSL) yöntemi jeolojik ve arkeolojik eserlerin yaşlarını tayin etmek için ilk olarak Huntley ve ark. (1985) tarafından kullanılmıştır. Bu yöntem Termolüminesans (TL) ve Elektron Spin Rezonans (ESR) ile benzer özellikler gösterir ve doğal bir radyasyon dozimetre yöntemi olarak kullanılabilir (5).

Bir nesne gömüldüğünde, toprakta doğal olarak bulunan ^{40}K , Th ve U gibi radyoizotoplardan veya kozmik ışınlardan gelen radyasyonun etkisinde kalır ve toprak altındaki nesnenin maruz kaldığı doğal radyoaktivite genel olarak ^{40}K , Th ve U' dan kaynaklanır (6). Soğurulan radyasyon dozu, normal atomik bölgelerdeki elektronların serbest kalmasına neden olur. Bu elektronlar başka yerlerde tuzaklanarak düzenli olması gereken yapıda bozulmalar oluştururlar. Tuzaklanmış

elektronların sayısı, mineralin aldığı radyasyon dozuyla, lüminesans şiddeti de örneğin aldığı radyasyon dozuyla orantılıdır. Mineral uyarılırsa elektronlar bu tuzaklardan serbest hale geçebilirler. Bu uyarma TL'de ısı, OSL'de ışık ile sağlanır (7). Mineral toprak altında ne kadar çok kaldıysa o kadar çok radyasyon almıştır. Böylece lüminesans şiddetinin ölçümü ile maddenin son kez gün ışığına maruz kaldığından beri ne kadar zaman geçtiğini bulabiliriz (5).

OSL ilk olarak Huntley (1985) tarafından kuvarz örneklerindeki lüminesansı, 514 nm'lik bir argon lazerden çıkan yeşil renkte bir ışığı kullanarak tanımlamıştır. Örnekler lazer demetinin yeşil ışığı ile uyarılmış ve yayınlanan mavi/mor lüminesans sinyalleri ölçülmüştür. Hütt ve ark.(1988) ilk kez infrared ışığın (880 m80 nm) feldspatlardaki lüminesansı ölçmek için kullanılabileceğini ortaya çıkarmıştır. Son yıllarda OSL ölçümünde kuvarzlarla ilgili çalışmalar sıklaşmıştır (9). Bu çalışmalar sayesinde dozimetri ve ölçüm teknikleri gelişmiştir. Hütt et al. (1988) feldspatlar için lüminesans uyarımında infrared ışığın kullanılabileceğini bulmuştur ve bunu diğer çalışmalar izlemiştir. Poolton ve ark. (1995) feldspatların kimyasal bileşenlerinin materyaldeki infrared OSL geçişlerinin yerlerinin tespitinde rol aldıklarını bulmuşlardır. Çoğunlukla Na ve K zengini feldspatlardaki OSL geçişleri tamamen birbirinden farklıdır (8).

Galloway (1991)'e göre maliyeti düşük olan yeşil ışık veren diyotların şiddetlerinin yetersiz oluşu yaygın olarak kullanımlarını sınırlar. Duller ve ark. (1994) tarafından yapılan bir çalışmada farklı yaklaşımlar kullanılarak yaşları farklı yöntemlerle belirlenmiş örneklerle infrared uyarmalı lüminesans (IRSL) uygulanmış ve TL'den daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. İnfrared diyot sistemleri, lazer sistemlerine göre ölçüm cihazına ve ölçümlere kolaylık getirmiştir. IRSL kuvarzlardan lüminesans ölçmek için uygun olmamasına rağmen kuvarz örneklerin saflığını test etmek için uygulanmıştır (5).

Lüminesans sinyalinin ölçümü, mineralin aldığı toplam dozu (eşdeğer doz = ED) belirlemek için kullanılır. Doz hızı, mineralin bir yıl içinde maruz kalabileceği

radasyon dozudur ve ^{40}K , U, Th gibi radyoaktif izotopların bozunma zinciri sonucu tespit edilir. Minerallerde, lüminesans sinyalinin sıfırlanması konusunda, bazı sedimentlerin lüminesans tarihlendirme düzenine uymadığı son çalışmalarda gözlenmiştir (5).

Kuvartzlar ve feldspatlar dışındaki diğer materyaller için, kafes potansiyelinin çok derin olduğu yerlerde kusurlar tarafından tuzaklanan elektronlar uyarılma ile dışarı çıkamazlar. Böyle burumlarda, lüminesans tekniğinden daha karmaşık olan elektron spin rezonans (ESR) yöntemi kullanılır (10).

Aznar, Hemdal ve ark. (2005) mamografi ölçümlerinde absorbe edilen radyasyon dozunu bulmak için karbon katkılı alüminyum oksit kullanarak bir dozimetri sistemi geliştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlar genellikle mamografide absorbe edilen radyasyon dozunu bulmakta kullanılan iyonizasyon odasındakilerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar mamografi ölçümlerinde ve rutin kontrollerinde bu tekniğin kullanılabileceğini göstermiştir (11).

Bu çalışmada IRSI tekniği kullanılarak bir NaCl örneğinin mamografi işlemlerinde dozimetri olarak kullanılabilirliği tartışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Dozimetri

Radyasyon dozimetresi, bir sistemdeki absorbe edilen dozu ya da eşdeğer dozu iyonize radyasyon miktarına bağlı olarak hesaplamamıza yarayan bir alettir. Dozimetrik miktarı ölçmek, dozimetri sistemleri kullanarak toplam absorbe edilen miktarı bulma işlemidir (12). Radyasyon dozimetreler çalışanı radyasyondan korumazlar fakat çalışanın maruz kaldığı radyasyon miktarını tespit ederler. En çok kullanılan dozimetrelerden biri termoluminesans (TLD) dozimetrelerdir. TLD'ler yüksek enerjili beta, gama ya da x-ışınlarını tespit etmede kullanılırlar. Film ve iyonizasyon odasını içeren birkaç yöntem de absorbe edilen doz miktarını tespit etmede kullanılmaktadır (13).

Dozimetreler çok az miktardaki dozları tespit etmede de kullanılabilirler. Bir noktadaki dozu bulmak için nokta dozimetreler karakterize edilmiştir. TLD çok küçük boyutludur ve nokta ölçümleri yapabilir. Dozimetri çeşitlerinden iyonizasyon odası gerekli duyarlılıkta ölçüm yapmasına rağmen yeni mikro odalar problemi saptamada daha sık kullanılmaktadır. İyonizasyon odası gibi direk okuyucu dozimetreler ışınlama işlemi takiben okuma yapan TLD'den daha kullanışlıdır. İyonizasyon odaları radyoterapide ve radyolojide radyasyon dozunu tespit etmede kullanılırlar (1,2).

Toplu halde veya bireysel olarak radyasyona maruz kalan bireylerin absorbe ettikleri radyasyon dozu, fiziksel veya biyolojik yöntemlerden biri ya da her ikisiyle birlikte belirlenebilir. Meslek gereği radyasyonla çalışanların fiziksel dozimetri çeşitleri olan Film, Cep veya TLD'den birini taşımaları gerekir. Ancak fiziksel dozimetrenin vücut üzerindeki konumu nedeniyle yetersiz kalması, büyük kitlelerin zarar gördüğü toplumsal radyasyon kazalarında ise bireylerde fiziksel dozimetrenin bulunmaması ve biyolojik çeşitlilik nedeniyle kişilerin radyoduyarlılığının farklı olması biyolojik dozimetriye üstünlük sağlamakta bu nedenle de fiziksel ölçümlerin biyolojik metotlarla desteklenmesi gerekmektedir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA)

radasyon kazası durumlarında, fiziksel dozimetri ile birlikte biyolojik dozimetrenin de absorbe edilmiş dozun belirlenmesinde bağımsız olarak kullanılmasını önermiştir (1,2).

Biyolojik dozimetri, kişilerin absorbe ettikleri radyasyon dozunun biyolojik indikatörler (belirleyiciler) kullanılarak ortaya çıkarılmasına denir. Biyolojik dozimetri için ideal koşullar şunlardır:

- Dozları tahmin etmek için seçilen etkiler iyonize radyasyona özgü olmalı
- Radyasyona maruz kalma sonucu oluşan etki kalıcı olmalı, eğer kalıcı değilse zamana bağlı olarak oluşan değişiklikler bilinmeli
- Oluşturulan kontrol doz – cevap eğrilerinde dozların aralığı mesleki ışınlamalarda olduğu gibi çok küçük dozları ve kaza durumlarında olduğu gibi birkaç Gy'e varan dozları da içermeli
- Farklı radyasyon çeşitlerine uygulanabilmeli (Co, X-ışını, nötron v.b.)
- Biyolojik materyal kolay elde edilebilmeli (kan gibi)
- Ölçümler kolay ve hızlı olmalı, kısa sürede sonuç elde edilebilmeli

Bu özellikleri taşıyan ideal bir biyolojik dozimetri yöntemi bilinmemektedir. Fakat, insan periferik kanından lenfosit kültüründen kromozom analizinin yapılması bugün için bilinen en iyi biyolojik dozimetri yöntemidir. Biyolojik dozimetri çeşitlerinden olan kromozom dozimetresi (sitogenetik dozimetri), kişilerin absorbe ettikleri radyasyon dozu ile insan lenfositlerinde oluşan kromozom aberasyonları arasındaki kantitatif ilişki esasına dayanır (1,2).

Radyasyonun canlılarda oluşturduğu etkileri değerlendirmek için başka biyolojik indikatör sistemler de geliştirilmiştir. Elektron spin rezonans, Biyokimyasal indikatörler (kıl, tükürük, saç, sperm v.b.), Retikülosit sayımı, Mutasyon noktalarının analizi v.b. Bu tür sistemlerin çoğu örnek almadaki güçlükler, hücrelerin yaşam sürelerinin kısa olması, yöntemin belli dozlarda etkili olması ve bazen de ışınlama süresinin önemi nedeniyle dozimetri amacıyla rutin olarak kullanılamazlar (1,2).

Elektron paramanyetik rezonans dozimetresi (EPR) iyonize radyasyondan absorbe edilen doz miktarını bulmak için fiziksel bir methodur. Bu diş gibi insan vücudundaki katı dokularda kararlı radyasyonun neden olduğu radikallerin ölçülmesiyle ilgilidir. Olaydan yıllar sonra bile diş ya da kemiklerde depolanan iyonize radyasyonla ilgili bilgileri bu yöntemle bulabiliriz (14).

Dozimetri için kullanılan teknoloji bir alandaki radyasyon güvenliği için gereklidir. Başarılı bir ışınlama için, sağlıklı doku ve riskli organlarda en iyi korumayı sağlayarak, hedefe belirli bir dozun doğrulukla verilmesi gereklidir (15).

2.2. Termolüminesans ve Optik Uyarımalı Lüminesans (TL ve OSL)

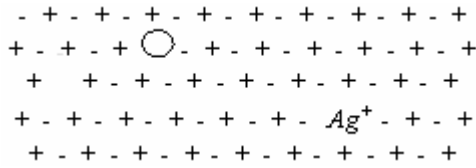
Işık emisyonu, düşük enerji durumundan daha yüksek bir enerji durumuna atom veya moleküllerin uyarılması sonucu gerçekleşir. Uyarılma enerjisi termal veya termal olmayan enerji şeklinde olabilir (8). İyonize radyasyondan enerji absorbe işlemi sırasında serbest elektronlar kristal kafesine doğru hareket ederler ve bazıları kafes içindeki kusurlar tarafından tuzaklanır (10). Tuzaklanan yükler, kristal ısı veya ışııkla uyarıldığında salınırlar. Bu işlem lüminesans olarak adlandırılır (16). Tuzaklanan yükler ısı veya ışııkla uyarılıp salındığında lüminesans sinyali üretilir. Bu yükler daha sonra lüminesans merkezlerinde birleşebilirler ve bu yolla ışıık üretilir. Tuzaklanan yükler ve bu lüminesans sinyali, toplam radyasyon doz ölçümünde kullanılır (9). Lüminesans şiddeti, absorbe edilen doz ve tuzaklanan yük miktarına bağlıdır. Eğer tuzaklanan yükler ısı kullanılarak salınıyorlarsa işlem TL, ışıık kullanılarak salınıyorlarsa işlem OSL olarak adlandırılır (16). Kristalin ısıtılması sonrasında, ışıık emisyonuna bağlı olarak tuzaklanan elektronlardan bazıları TL veya OSL şeklinde salınır (10). Lüminesans olayları uyarıcı etkene göre adlandırılır. Eğer uyarıcı;

- Radyoaktif ışıınlarla oluyorsa Radyolüminesans
- Katod ışıınları ile oluyorsa Katodolüminesans
- Elektrik enerjisiyle gerçekleşiyorsa Elektrolüminesans
- Kristallerin kırılma ve parçalanmasıyla oluyorsa Tribolüminesans

- Bir fosfor veya organik molekülün kimyasal tepkimesi sonucu açığa çıkan enerjinin ışımasıyla oluyorsa Kemilüminesans
- Biyolojik maddelerin yaydığı ışımayla oluyorsa Biyolüminesans
- Bir cismin yanması sırasında alev içindeki ışımayla oluyorsa Kandolüminesans adını alır.

Lüminesans üretim mekanizmasının, fiziksel olarak çok karmaşık yapıya sahip olması nedeniyle çelişkili sonuçlar elde edilmektedir. Lüminesans üretimi için pek çok model ileri sürülmesine rağmen en basit model katılardaki band modelidir. En basit sistemde bile analitik çözüm yoktur sadece varsayımlara dayanan çözüm önerileri vardır.

Lüminesans yöntemi Şekil 2.1'deki gibi basit bir modelle açıklanabilir (17).



Şekil 2.1. İyonik bir kristalin örgü kusurları

Şekil 2.1 iyonik bir kristalin örgü yapısındaki kusurları göstermektedir. Görüldüğü gibi bir iyonik kristal ($NaCl$ veya $CaCO_3$ gibi) pozitif ve negatif iyonlarla, safsızlık atomlarından kaynaklanan kusurlar içermektedir. Bu kusurlar iyonik kristalin, çok yüksek sıcaklık derecelerinde iken hızla soğumasından kaynaklanabilir. Şekil 2.1'de genel olarak üç tip kusur gösterilmektedir. Olması gereken yerden bir başka noktaya yerleşmiş olan bir negatif iyon, negatif iyon boşluğu olarak adlandırılır ve bir elektron tuzağı gibi davranır. Tuzaklardaki elektronlar örgü titreşimleriyle bu tuzaklardan çıkarılıncaya kadar burada kalabilirler. Örgü titreşimlerinin kuvvetli hale getirilmesiyle tuzaklardan çıkarılan elektronlar, ya daha derin tuzaklarda hapsolabilirler ya da bir iyonla birleşirler. Bu birleşme iki şekilde olabilir: Işık emisyonu ile veya emisyon olmadan. Işık emisyonu ile birleşme olan merkezlere

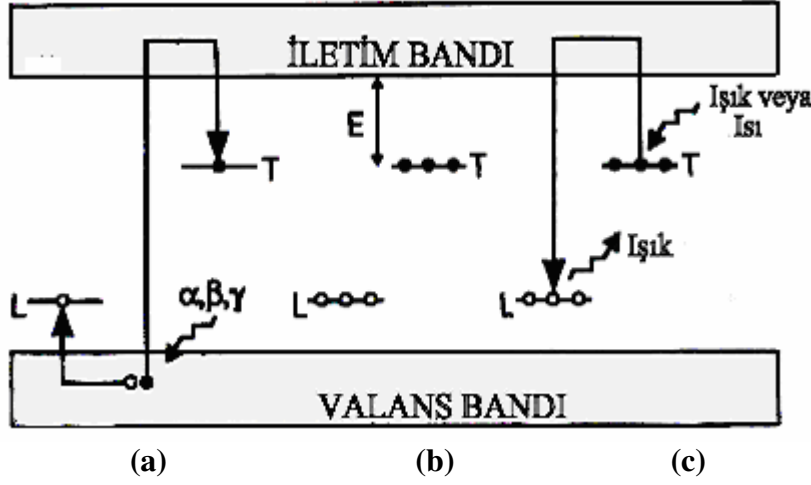
“lümİnesans merkezleri” denir. Lümİnesans merkezleri özel bir kusur tipidir ve genellikle Ag^{+2} veya Mn^{+2} gibi safsızlıklardan kaynaklanır (17).

Şekil 2.2’ de görüldüğü gibi iletken ve yarıiletkenlerde düşük enerjili band valans, yüksek enerjili band iletim bandı olarak adlandırılır. İdeal bir kristalde elektronlar bu enerji bölümlerini geçemezler. Fakat hiçbir kristal mükemmel değildir. Hepsi atomlardaki boşluklardan, yanlış yerdeki atomlardan veya çeşitli kafes hatalarından meydana gelen kusurlar içerirler. Bunlar izinsiz enerji seviyelerindeki elektronların tuzaklanmalarını sağlarlar. Şekil 2.2’ de lümİnesansın nasıl üretildiği basit şekilde gösterilmiştir (19-22).

Kristal iyonlaştırıcı radyasyona maruz kaldığında, valans bandından iletim bandına doğru hareket eden elektronlar tarafından elektron boşluk çiftleri üretilir. Uyarılmış elektronlar bir elektron tuzak merkezi (T) veya bir lümİnesans merkezi (L) tarafından yakalanıncaya kadar kristal içinde serbestçe hareket ederler. Valans bandında yaratılan boşluk, lümİnesans merkezinde (L) veya boş tuzak merkezinde (T) yakalanır (18).

Kristal ısıtıldığına yakalanan elektron ve boşluklar iletim ya da valans bandından termal olarak salınırlar ve lümİnesans merkezinde (L) dönüşüme uğrarlar. Bu işlem termal uyarmalı lümİnesans (TL) olarak adlandırılır (18).

Dışarıdan gelen ışığa maruz kalan kristalde, yakalanan elektron ve boşluklar iletim ya da valans bandından salınırlar ve lümİnesans merkezinde (L) dönüşüme uğrarlar. Bu işlemde optik uyarmalı lümİnesans (OSL) olarak adlandırılır (18).



Şekil 2.2. Lüminesans işlemlerinde enerji diyagramı (8).

Şekil 2.2’de lüminesans işleminin evreleri gösterilmektedir.

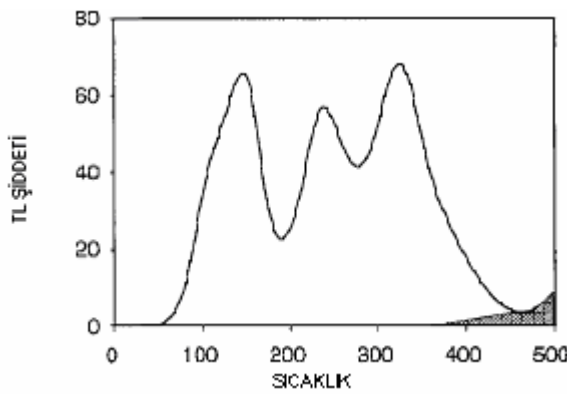
- Kristaldeki elektron ve boşlukların, nükleer radyasyona maruz kalmasından kaynaklanan iyonizasyon,
- Bu elektronların tuzaklar tarafından kapılmaları ve burada bir etkiyle karşılaşınca kadar kalabilmeleri. Tuzaklardaki elektronların ömrü tuzağın E derinliği ile belirlenir. Yaş tayini yapabilmek için derin tuzaklarla ilgilenilir,
- Lüminesansı gözlemek için, örnek infrared ışık ile uyarılarak tuzaklardan elektronlar çıkarılır. Çıkan elektronlar lüminesans merkezlerine ulaşır ve birleşme sonucu ışık yayınlanır.

Ölçümlerde kristal tarafından absorbe edilen radyasyon miktarı bulunur. Bu eşdeğer doz (ED ya da D_e) hesabıdır ve birimi Gray ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/ kg}$)’dir. Lüminesans şiddeti absorbe edilen nükleer radyasyon miktarının bir fonksiyonudur. Buna göre eşdeğer doz miktarı yıllık doz miktarına bölündüğünde yaş bulunabilir (24).

TL sinyalinin karakteristiği, örnekteki elektron tuzaklarından salınan ve farklı sıcaklıklarda meydana gelen farklı tepe noktalarına sahip ışıma eğrisi şeklindedir (8). Bu eğrinin şeklini etkileyen en önemli faktörler, kristalin türü, şekli ve büyüklüğü, ışınlama düzeyi, ısıtma hızı, radyasyon tipi, kristalin fırınlanması, ışınlanıp okunması arasında geçen süre ve kullanılan kayıt aletidir. Işıma eğrisinde, kristal tuzaklarının

farklı enerji seviyelerinde bulunmalarından dolayı birden fazla pik olabilir. Dolayısıyla piklerin sayısı kullanılan kristale bağlıdır. Eğrinin altında kalan toplam alan ise kristalin maruz kaldığı toplam radyasyonla ve aynı zamanda ısıtıldığında yaydığı ışık miktarıyla orantılıdır (25).

Tipik bir TL ışıma eğrisi Şekil 2.3’de gösterilmiştir. Farklı sıcaklıklara karşılık gelen tepe noktaları şekilde rahatlıkla görülmektedir (8).

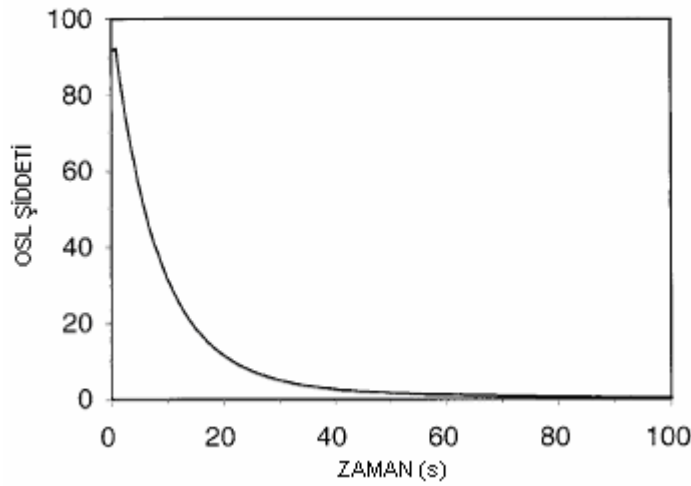


Şekil 2.3. Bir feldspat örneği için tipik bir TL eğrisi

Derin tuzaklardaki elektronların ömrü sığ tuzaklardaki elektronların ömründen daha uzundur. Normalde çevre sıcaklığında elektronlar bu tuzaklardan giderler. Bu nedenle 200 °C daha düşük sıcaklıklarda tuzakların ışıma eğrileri dozimetri için kullanışlı değildir. Genellikle 300 °C veya daha yüksek sıcaklıklarda ışıma eğrileri dozimetri için kullanışlı hale gelir (8).

Termolüminesans (TL) 1950’den beri nükleer radyasyon doz ölçümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. TL, 1960’lı yılların başında arkeolojik ve 1980’li yılların başından itibaren de jeolojik çalışmalar için kullanılmaya başlanmıştır (8). Termal uyarmalı lüminesans, basit iki tuzaklı bant modeliyle Randall ve Wilkins tarafından tanımlanmıştır (18). Termolüminesans dozimetreler, iyonize radyasyon dozimetresi için ucuz ve kaliteli bir metottur (26). TL, değişmeyen orandaki bazı sıcaklıklarda bir örneğin ısıtılması ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak salınan lüminesansın ölçülmesidir (27).

OSL, kristal içindeki elektron tuzaklarından ışığın yine ışık kullanılarak salınması işlemidir. Tuzaklardaki elektron yoğunluğu materyaldeki ışımanın sonucudur ve OSL şiddeti absorbe edilen radyasyon miktarına bağlıdır. Genellikle tuzaklanan yüklerin yeniden birleşmesi esnasında yayınlanan OSL miktarı, uyarılmış fotonların farklı spektral bölgelerdeki ölçümüdür (8). Bozunma şekli, örneğin yapısına, örneğin absorbladığı doza, örneğe verilen uyarma fotonlarının şiddetine ve sıcaklığa bağlıdır (7). Şekil 2.4’de bir feldspat örneğinin OSL bozunma eğrisi verilmiştir (8). Radyasyon dozimeri yöntemi olarak OSL materyalleri uzay uygulamalarında ve medikal dozimetride doz ölçümünde kullanılmaktadır (28, 29).



Şekil 2.4. Bir feldspat örneğinin OSL bozunma eğrisi (8).

2.3. Enerji Depolanması

Tek kristal yapıya sahip bir katıda iletkenlik ve valans bandı arasında kuantum teorisine göre yasaklanmış olan fakat kristaldeki yapısal bozukluklar veya kristal içinde yabancı atomların bulunmasından dolayı meydana gelen ara enerji durumları vardır. Bu ara enerji durumları deşikler ve elektronlar için tuzak olarak davranır. Kristal radyasyonla uyarıldığında bu ara enerji durumlarına geçen deşikler ve elektronlar buradaki tuzaklar tarafından yakalanırlar. Bu şekilde uyarılma enerjisinin büyük bir kısmı kristale aktarılmış olur (25).

İletim bandında bir elektronumuzun ve valans bandında da bir deşığimizin olduğunu düşünelim. Doğadaki her şey minimum enerjiye ulaşmak isteyeceğinden lüminesans merkezi tarafından deşığı doldurmak üzere elektron serbest bırakılır. Şekil 2.2’de gösterildiğı gibi E elektronun yukarı banda kaçışını engelleyecek kadar büyüktür. Böylece burada elektron tuzaklanmış olarak kalır (25).

Elektronun tuzaktan kurtulması için E’yi geçecek bir enerjiye ihtiyacı vardır. Tuzaklanmış elektron tekrar iletim bandına çıkar, boş lüminesans merkezini bulur ve aşağı düşer. Bu seviyeler arasındaki enerji farkı görünür ışık olarak yayınlanır. Kristal IR ışık ile uyarıldığında, tuzaklanmış deşikler ve elektronlar bu tuzaklardan kurtulurlar ve daha düşük enerji durumlarına dönerken enerji farkını ışık fotonu olarak dışarı yayarlar (25).

2.4. OSL ve TL Yöntemlerinin Karşılaştırılması

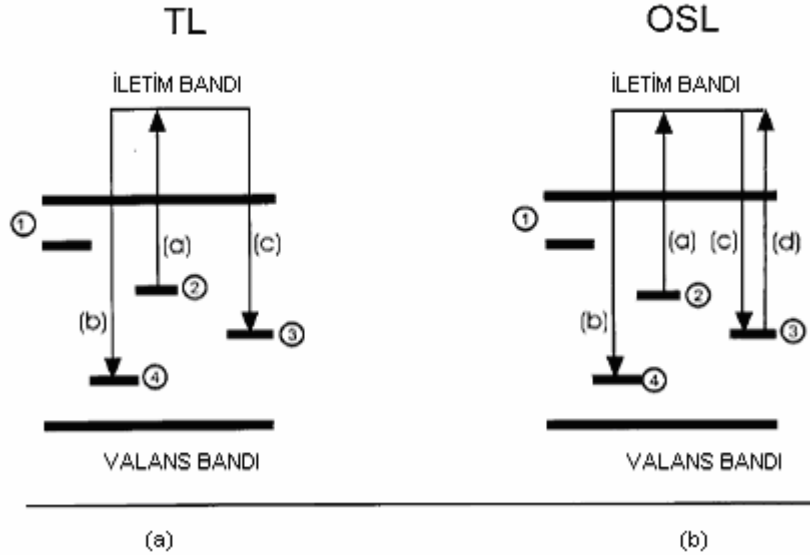
OSL sediment örneklerinin tarihlendirilmesinde kullanılır. Çünkü sediment güneş ışığına maruz kaldığında OSL sinyali hızlı bir şekilde azalma gösterir (19). Isıtılma sırasındaki TL sinyali, farklı sıcaklıklardaki farklı tepe noktalarını gösteren bir eğri şeklindedir. Buna karşılık ışıma sırasındaki OSL sinyali, tuzaklanan yük miktarındaki eksilme sonucunda azalan bir eğriyi gösterir (8).

TL ışıma eğrisi sıcaklığın bir fonksiyonu olarak lüminesansı verir. Işıma eğrisindeki çeşitli pikler farklı tuzaklara karşılık gelir. Bu tuzakların analizi onların elektron transfer mekanizması ve derinlikleri hakkında bilgi verir. Bu yapısal bilgi TL’nin bir avantajıdır. OSL’de farklı şekilde bir eğri elde edilir (20).

Ölçümlerde kararsız OSL’den kaçınmak için uygun ön ısıtma uygulamalarına gerek duyulmaktadır. Uyarma ışınlamasının bir fonksiyonu olarak OSL sinyalindeki azalma, OSL tuzaklarında meydana gelen elektron popülasyonundaki azalmayı gösterir. Kuvartzlar ve feldspatlar için OSL bozunma eğrisindeki azalma beklenen üstel azalmadan daha yavaştır (8).

TL ve OSL işlemlerinin her ikisi de Şekil 2.5’de gösterilmiştir. Bu modelde elektronların optik (OSL) veya termal (TL) olarak uyarıldığı dozimetrik tuzak seviye 2 şeklinde gösterilmiştir. Salınan elektronların birleşme merkezlerinde (seviye 4) boşluklarla birleşmesiyle OSL veya TL emisyonu gerçekleşir. Ana dozimetrik tuzağa (ya da tuzaklara) ek olarak bütün lüminesans materyallerinin, oda ısısında uzun süre tuzaklanan yük depolayamayan, sık tuzakları (seviye 1) kapsadığı beklenebilir. Bazı derin tuzaklarda uyarma kaynağı olarak yüksek enerjili kısa dalga boylu ışık kullanılarak yüklerin optik salınımı çoğu materyalde mümkündür. Dozimetrik bilgi kaynağı olarak derin tuzakları kullandığından dolayı OSL, TL’den daha avantajlıdır (8).

Şekil 2.5 TL ve OSL sırasında ana dönüşüm işlemlerini göstermektedir. Şekil 2.5.a’da dozimetrik tuzaktan elektronun termal şekilde uyarılması a ile, birleşme yoluyla TL üretimi b ile gösterilmiştir. Bu işlemler sırasında elektronlar derin tuzaklardan harekete geçerler (c dönüşümü) ve birleşme işlemiyle kaybolurlar. Bu şekilde TL birkaç yeniden tuzaklama ve birleşme olayını içerir. Şekil 2.5.b’de OSL işlemi gösterilmiştir. Optik uyarılmayı takiben, a, birleşmeler meydana gelir, b, ve OSL sinyali üretilir. Yeniden tuzaklama, c, dalga boyuna bağlı olarak derin tuzaklarda meydana gelir, optik salınım, d, derin tuzaklardaki yüklerin a dönüşümüyle veya daha sonra uyarılmasıyla gerçekleşir (8).



Şekil 2.5. TL ve OSL işlemlerini gösteren enerji diyagramları
 (1) Sığ tuzak (2) TL/OSL tuzak (3) Derin tuzak (4) Radyoaktif tekrar birleşme merkezi

2.5. OSL'nin TL Üzerindeki Avantajı

OSL, radyasyon dozimetri için çok önemli bir metottur. Birçok laboratuvarında TL metodunun yerini almaktadır. OSL tekniği hızlıdır, çok amaçlı kullanılabilir ve yeni tekniklerin gelişmesine olanak tanır (31,32).

OSL'nin TL üzerindeki avantajı, genellikle oda sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta ölçülmesidir. Bu durum üzerinde çalışılan örneğin daha az zarar görmesini sağlar (8,29).

TL ile karşılaştırıldığında OSL'nin temel avantajları aşağıda özetlenmiştir.

- OSL normalde oda sıcaklığında veya bu sıcaklığa yakın sıcaklıkta ölçüldüğünden TL metoduna göre daha duyarlıdır.
- Aynı örnekte OSL ölçümünden sonra TL ölçümü de yapılabilir.
- OSL kullanarak küçük miktardaki bir örnek ölçülebilir.
- OSL ölçümünde tuzaklanan elektronlar ışığa duyarlı tuzaklarda bulunurlar ve bu jeolojik örneklerin ölçümünde çok önemlidir.

- OSL için ısıya gerek olmadığından verimliliği daha yüksektir .
- Lüminesans sinyali ışığa çok hassastır. Böylece OSL sinyali TL'ye göre ışığa maruz bırakıldığında çok hızlı bir şekilde sıfırlanabilmektedir (8,23,33).

2.6. Mamografi Nedir?

Meme görüntülemeye gelişmeye yönelik tüm çalışmalar, meme kanserinin erken tanısına katkıda bulunmayı ve bunu yaparken hastalara verilebilecek zararın en az olmasını amaçlamaktadır. Yani hedef, erken dönem tanı oranını arttırmak ve bunu daha az x-ışını kullanarak gerçekleştirmektir.

Mamografi, göğsün detaylı görüntüsünün düşük dozajlı x-ışını yardımı ile çıkarılmasıdır. Mamografide düşük dozajlı x-ışını, yüksek kontrastlı ve yoğunluklu filmler ile özel olarak dizayn edilmiş röntgen cihazları kullanılır (34).

2.7. Mamografi Nasıl Yapılır?

Mamografi çekilirken, bir x-ışını kaynağı çalıştırılır ve oluşan x-ışınları sıkıştırılmış olan göğsün üzerinden geçerek göğsün altındaki fotoğraf filmi kartuşuna ulaşırlar. Film kartuşu üzerinde bulunan özel bir fosfor tabakası üzerine düşen x-ışınları oranında parlar ve bu parlaklık fotoğraf filmi tarafından kaydedilir. X-ışınları farklı yoğunluktaki ve tipteki dokulardan farklı oranlarda geçtiği için göğsün iç yapısı görüntülenmiş olur. Bu iki aşamalı görüntüleme yöntemi, duyarlılığı yüksek fotoğraf filmleri ve özel x-ışınları kullanılarak yapıldığı için göğsün çok detaylı görüntüsünü olası olan en az radyasyon miktarı ile üretir (34).

3. DENEYSEL İŞLEMLER

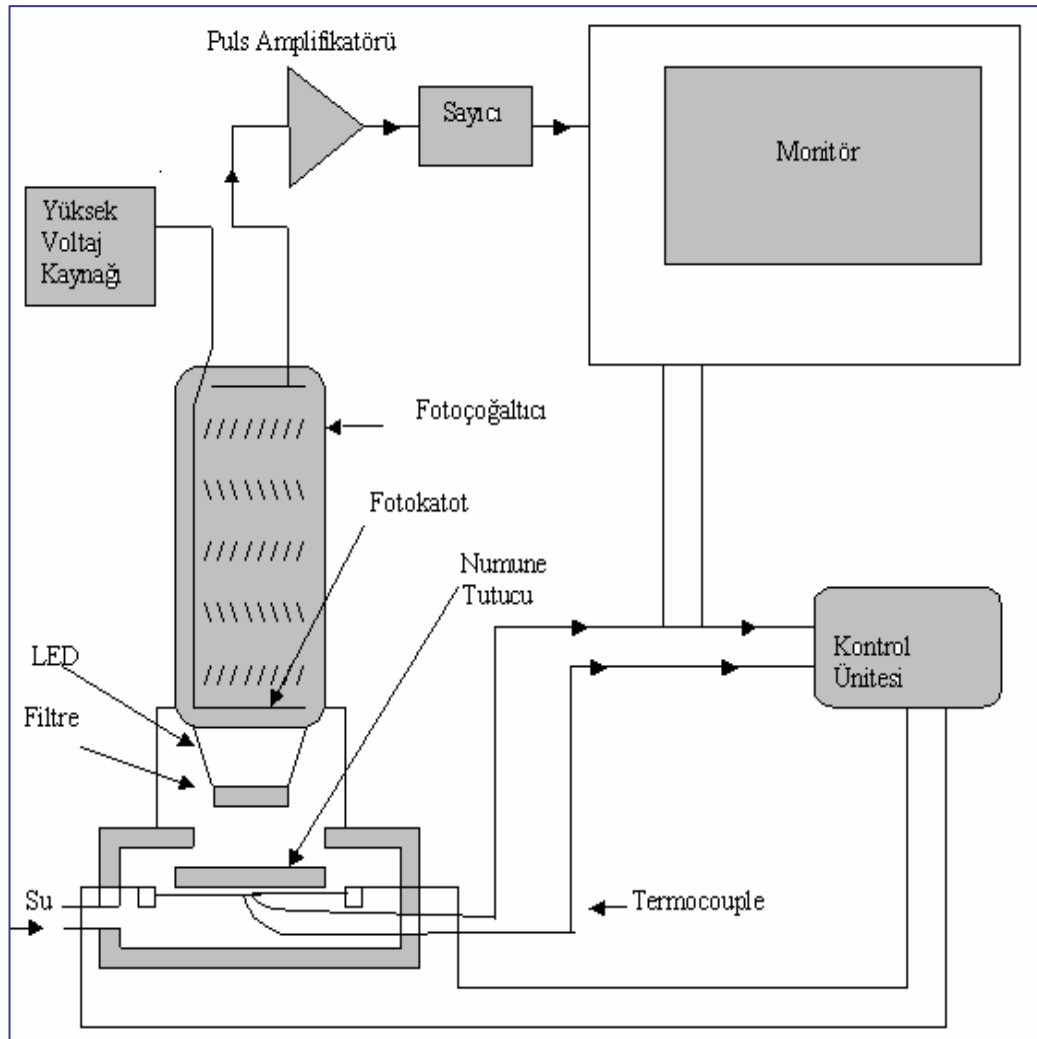
3.1. Deney Düzeneği

3.1.1. OSL 9010 sistemi ve özellikleri

OSL 9010 sayma sistemi N.A. Spooner ve ark. (1990) tarafından geliştirilmiştir. Çalışmada kullanılan deney düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 3.1.'de verilmiştir. OSL 9010 sayma sisteminin temel özellikleri aşağıdaki gibidir;

- 1- Toplam dozu belirlemede doğruluk payı %95-97 civarındadır.
- 2- Örnek diskleri bir kez yerleştirdikten sonra el ile müdahaleye gerek olmayacak şekilde düzenlenmiştir.
- 3- 64 örnek aynı çalışma sürecinde incelenebilir.
- 4- En iyi lüminesans birikimini sağlar.
- 5- Sıcaklık kontrolü otomatik olarak yapılır.
- 6- Kullanma kolaylığı sağlar.
- 7- İşlemler hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Uyarma süresi 1 saniyeden az olması durumunda 64 örnek için ışınlama süresi 10 dakika civarındadır.

Sistem 0,01 saniyeden 1 yıla kadar zaman aralığı için örnek ışınlatabilir. Tuzaklardan elektronları çıkarmak için kullanılan İnfrared ışık yayan diyot (IRLED)'lar (TEMT 484) ~40 mA akım verildiğinde 30 mW/cm^2 güç sağlar. Foton sayımı için Thorn EMI 9235 QA fotoçoğaltıcı tüp kullanılmıştır.



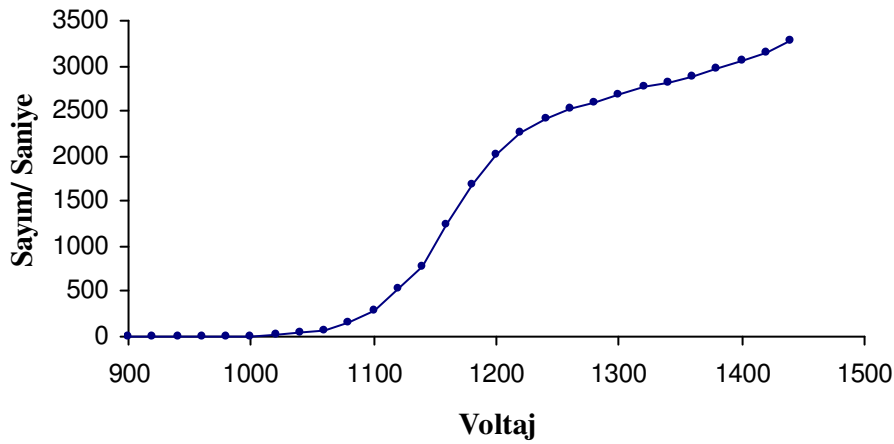
Şekil 3.1. OSL 9010 sayma sistemi deney düzeneğinin şematik gösterimi

3.2. OSL 9010 Sisteminin Kalibrasyonu

Deney sisteminde foton sayımı için kullanılan fotoçoğaltıcıların hassasiyeti yüksek voltaj kaynağından uygulanan voltajla orantılı olmasına rağmen genellikle voltaj değeri çok yükseltildiğinde taban sayım gürültüsü (yalancı sayım) de artacağından bir eşik gerilimi tespiti yapılmalıdır. Eşik gerilimi tespiti fotoçoğaltıcı tüpün altına yerleştirilen kararlı bir ışık kaynağı ile yapılır. Fotoçoğaltıcı tüpün üst kısmındaki eşik değeri kontrol potansiyometresi 3 veya 4 değerine ayarlanarak yüksek voltaj kaynağı 20 V aralıklarla 700-1400 V arasında değiştirilir. Buradan ölçülen sayımlara karşılık voltaj grafiği çizilir. Bu grafikte plato bölgesinin tam ortasına karşılık gelen

voltaj değeri, güç kaynağının en uygun çalışma voltajıdır. Bu değerin belirlenmesi ile yüksek voltaj güç kaynağının kalibrasyon işlemi tamamlanmış olur.

Yapılan çalışmada toplam 100 saniyelik sürede 10 periyotluk sayımlar, 900 V ile 1440 V arasındaki voltaj değerleri için 20 V'luk artışlarla ölçülerek yüksek voltaj değerlerine göre grafiği çizilmiştir (Şekil 3.2). Bu grafiğe göre deney sisteminin güvenilir çalışması için gerekli olan çalışma voltaj değeri 1220V'dur.



Şekil 3.2. Fotoçoğaltıcı tüpün H.T.Voltaj kalibrasyon eğrisi

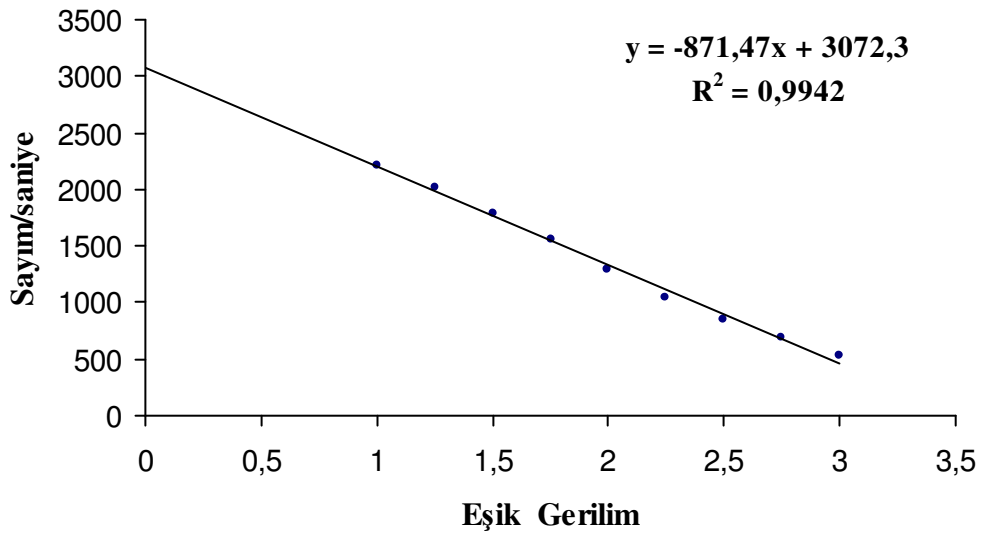
(Eşik değeri =1 için)

Fotoçoğaltıcının lüminesans sayımını düşük seviyeli sayımlar olumsuz yönde etkileyebilir. Fotoçoğaltıcının düşük seviyeli sayımları almaması için önyükselticinin de eşik değerinin ayarlanması gerekir. Bu eşik değeri; taban gürültüyü mümkün olduğu kadar azaltıp aynı zamanda gerçek fakat küçük pulsları kaybetmeyecek şekilde ayarlanmalıdır.

Önyükselticinin kalibrasyon işleminin yapılması için ışık kaynağı aynen H.T. Voltaj kalibrasyonunda olduğu gibi yerleştirilir. H.T.Voltajı 1220 V'da sabit tutulurken eşik değeri 0 ile 10 V aralığında 0,25 V'luk artışlarla değiştirilerek ışık şiddeti ölçümleri alınır. Daha sonra alınan bu değerlerden faydalanılarak ışık şiddetinin eşik gerilimine göre grafiği çizilir (Şekil 3.3). Grafikten faydalanılarak eşik değerini

bulmak için %85 kuralı uygulanır. Alınan verilerden en uygun doğru geçirilerek, bu doğrunun y eksenini kestiği nokta bulunur. Bulunan bu değerin yani ışık şiddetinin %85'ine karşılık gelen değer hesaplanılarak, bu değere yani ışık şiddetine karşılık gelen eşik gerilimi değeri tespit edilir. Tespit edilen bu değer bize deneyde kullanacağımız eşik değerini verir. Bu şekilde önyükseltici kalibrasyon işlemi de tamamlanmış olur.

OSL 9010 Eşik Gerilim Eşdeğer Voltajı



Şekil 3.3. OSL 9010 sistemindeki önyükselticinin eşik değerini bulmak için elde edilen kalibrasyon eğrisi

%85 kuralına göre sistemin eşik değerinin hesaplanması:

Kalibrasyon eğrisinin eğimi	:	$y = -871,467x + 3072,3$
y eksenini kestiği nokta	:	$x = 0$ iken $y = 3072,3$
y değerinin %85'i	:	$y' = 2611,455$
y' ne karşılık gelen x değeri	:	$x' = 0,52$

Yapılan kalibrasyon işlemi sonucunda bulunan önyükselticinin eşik değeri $\approx 0,52'$ dir.

3.3. HF-X PLUS Mamografi Cihazının Özellikleri

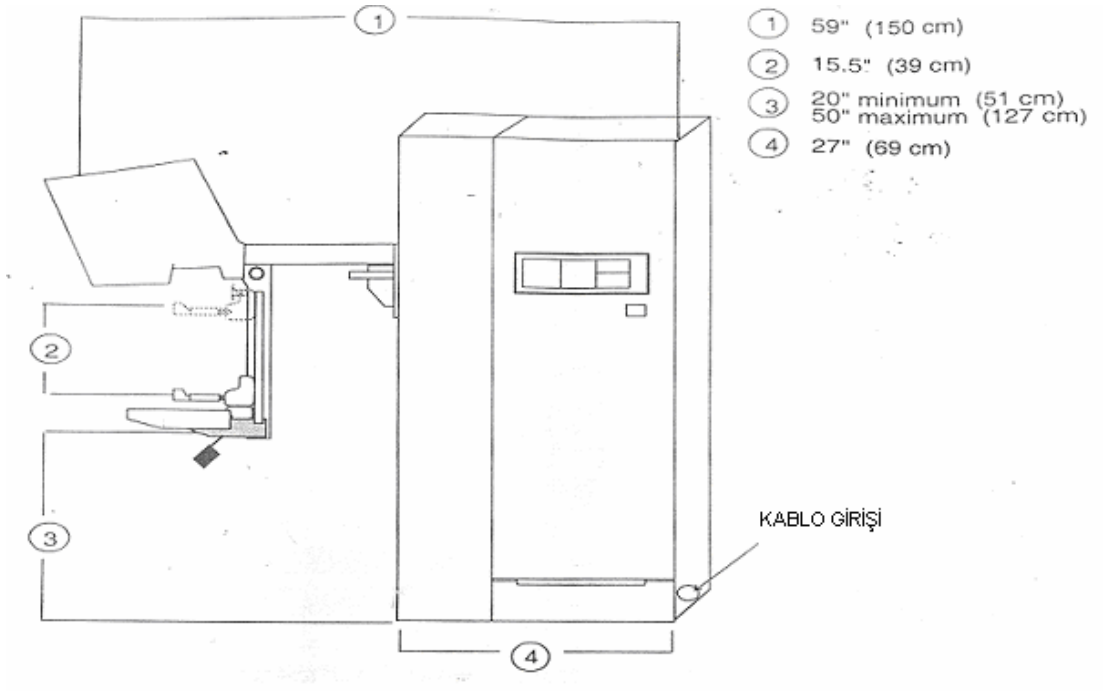
HF-X PLUS mamografi cihazı göğsü sıkıştıran çeşitli aletlerden ve yüksek voltaj dönüştürücü, X-ışını tüpü, tüp destekleyicisi ve X-ışını kontrollerinden meydana gelmiştir.

HF-X PLUS film çekimlerinde X-ışını spektrasını en iyi şekilde kullanan ve geometriyle birlikte rutin mamografi muayenelerinde kullanılan bir sistemdir.

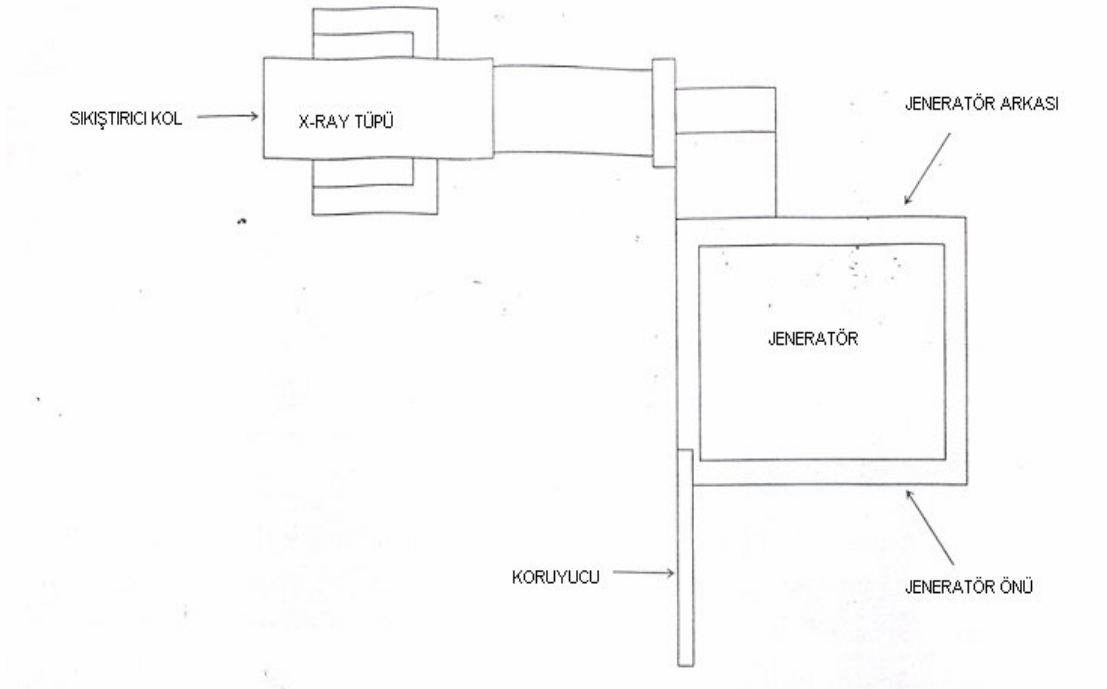
Bu sistem hasta otururken veya ayakta dururken mamografi muayenelerinin yapılmasına olanak sağlar.

Temel özellikleri şöyle sıralanabilir.

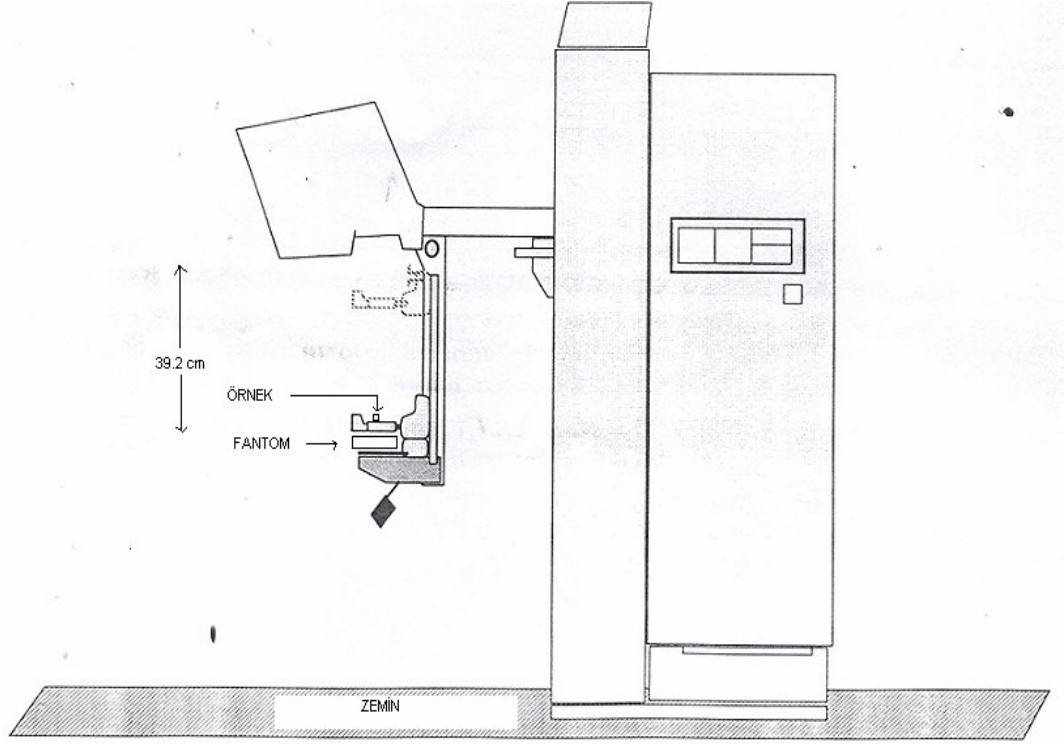
- a) Jeneratör, operatör ya da sistem bir hata tespit ettiğinde mikroişlemcilerle ışınlamayı kendiliğinden durdurur.
- b) X-ışını jeneratörü bir tek giriş kullanır ve çıkıştaki değişim sıklığına bağlı olarak güç temin eder.
- c) Dijital görüntü sistemi muayenelerin doğru ve tam yapılmasını sağlar.
- d) Dijital kamera HF-X PLUS ve MAMMOTEST PLUS biyopsi aletleri arasında istenilen şekilde ayarlanabilir.
- e) AEC dedektörü diğer görüşler için maksimum muayene bilgisini kapsayan 6 pozisyonda çekim yapabilir.
- f) Sistem isteğe bağlı olarak Bucky tarafından desteklenir. Bucky 31 line/cm 5:1 oranında hareketli grid kullanır.
- g) Ağır mamografik tüp 0,5 mm 5° veya 0,3 mm'lik microfocal spot ve yüksek görüntü kalitesi veren bir cihazdır.
- h) Sıkıştırıcı kolun toplam dikey uzunluğu tepedeki platformdan aşağıya kadar 101,60 cm'dir.
- i) CompuTracII, otomatik ışınlama kontrol sistemi, lineer olmayan tutarlı izleme yolunu kullanarak, göğüsteki çeşitli incelikleri ve yoğunlukları maksimum görüntüleme ile tespit eder (25).



Şekil 3.4. HF-X PLUS mamografi cihazı



Şekil 3.5. HF-X PLUS mamografi cihazının üstten görünüşü

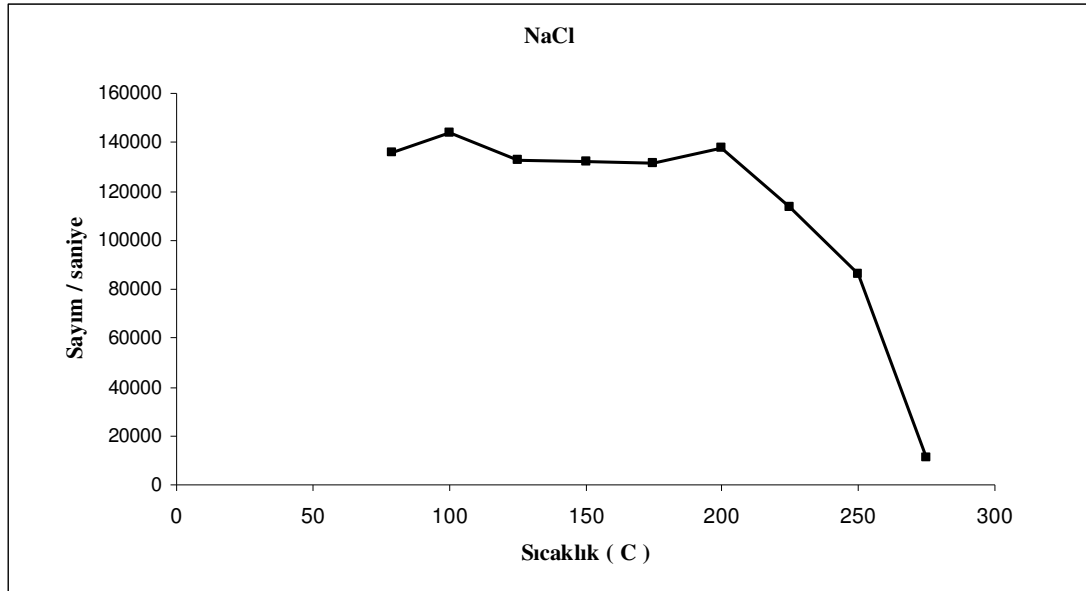


Şekil 3.6. HF-X PLUS mamografi cihazında kullanılan örneğin ve fantomun yeri

4. UYGULANAN YÖNTEM

Deneyde kullanılan NaCl, havanda ezilerek olabildiğince ince hale getirilmeye çalışılmıştır. Alınan 1 adet alüminyum foil üzerine yapışmayı sağlamak için ince bir tabaka oluşturacak şekilde nijöl yağı sürülmüştür. Daha sonra foilin üzerine çok kalın bir tabaka oluşturmayacak ve yüzeye homojen bir şekilde dağılacak biçimde eşit ağırlıklarda NaCl yayılmış ve bu işlemin ardından da üzerine bastırılmak suretiyle deneyde kullanacağımız numune elde edilmiştir.

Deney için ön ısıtma sıcaklığı 180 °C tespit edilmiştir. Bunun için sıfırlanmış bir NaCl örneğine 20 Gy doz verilmiş ve 75 °C sıcaklık uygulanmıştır. Daha sonra lüminesans ölçülmüş ve örnek sıfırlanmıştır. Bu işlemler 125 °C, 175 °C, 225 °C ve 275 °C için tekrarlanmış ve ön ısıtma sıcaklığı tespit edilmiştir. Ön ısıtma sıcaklığının tespiti için elde edilen grafik Şekil 4.1’de verilmiştir.

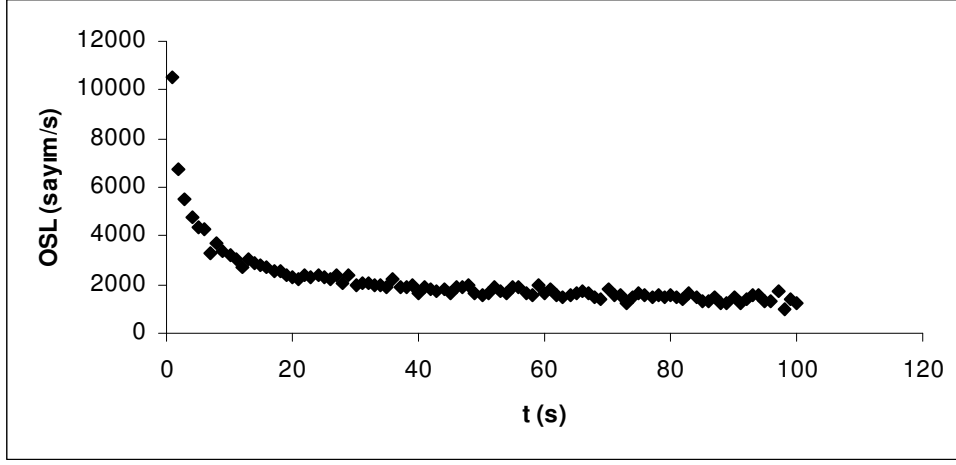


Şekil 4.1. Ön ısıtma sıcaklığı için elde edilen grafik

Örnekten 1 adet tablet hazırlanmıştır. Uygulanan yöntem şu şekildedir;

1. Örnek 1 gün boyunca güneş ışığına bırakılmış ve sıfırlanmıştır.
2. Sıfırlanmış NaCl örneğinin taban sayımı 60 sayım/s bulunmuştur.
3. Örnek HF – X PLUS mamografi cihazına Şekil 3.6’da gösterilen şekilde yerleştirilmiştir.
4. Mamografi cihazı çekim için 25 KV, 180 mA’ e ayarlanmış ve örnek 1 s ışınlanmıştır.
5. NaCl tableti örnek tutucuya yerleştirilmiş ve ışık görmeyecek şekilde kapatılarak laboratuvara getirilmiştir.
6. Örnek 180 °C’ de 5 dakika ön ısıtmaya tabi tutulmuştur.
7. 20 dakika beklenildikten sonra 100 s’ lik lüminesans sayımı elde edilmiştir.
8. Örnek 1 gün boyunca güneş ışığına bırakılarak sıfırlanmıştır.
9. Bu işlemler 2 s, 3 s, 4 s ve 5 s’lik ışınlamalar için tekrarlanmıştır.
10. Her adım arasında örneğin sıfırlanıp sıfırlanmadığı lüminesans ölçülerek kontrol edilmiş ve sayım, taban seviyeye düşmemişse güneş ışığına maruz bırakılarak örnek sıfırlanıncaya kadar işleme devam edilmiştir.
11. Daha sonra lüminesans sayımları zamana karşı çizilmiş ve en ideal doğruya fit edilmiştir.
12. Deneyimizin amacı NaCl örneğinin iyi bir radyasyon dozimetresi olarak kullanılabilirliğini mamografi cihazı kullanarak test etmektir. Bu nedenle mamografi cihazında NaCl örneği 10 s ışınlanmış ve örneğin 100 s’ lik lüminesans şiddeti elde edilmiştir.
13. 10 s’lik ışınlamaya karşılık gelen lüminesans şiddeti, daha önce bulduğumuz denklemde yerine yazılarak örneğin ışınlama süresi bulunmuştur. Hesaplayarak bulduğumuz ışınlama süresi ile örneğe verilen ışınlama süresi karşılaştırılmıştır.

Deneyimizde NaCl örneğinin 2 s ışınlanmasıyla elde edilen OSL bozunma eğrisi Şekil 4.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. NaCl'ün 2 s ışınlanmasıyla elde edilen OSL bozunum eğrisi

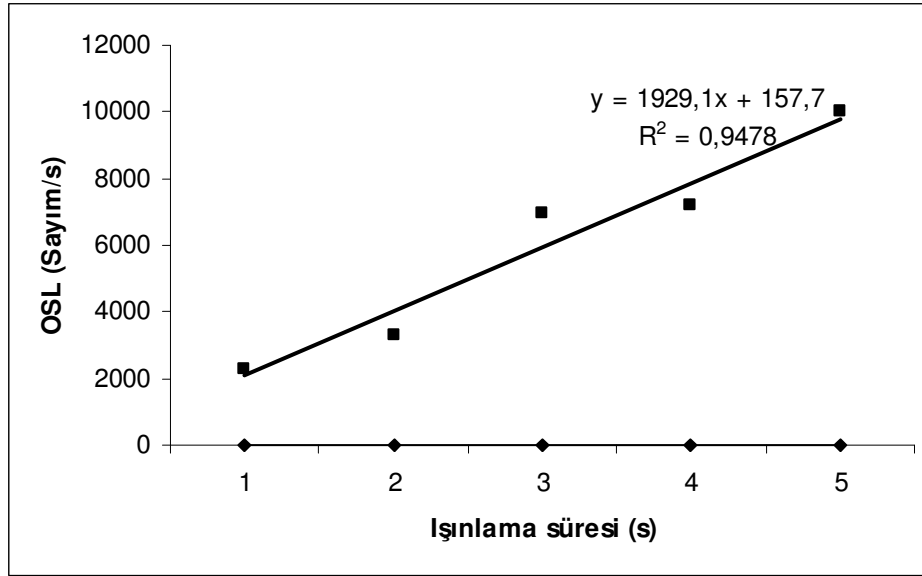
5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Lüminesans şiddetinin bağlı olduğu faktörler arasında en önemli parametrelerden birisi örneklerin aldığı radyasyon dozlarıdır. Lüminesans şiddeti alınan radyasyon dozuyla orantılıdır. Çizelge 5.1’de lüminesans şiddetinin örneğin aldığı radyasyon dozuyla orantılı olduğu açıkça görülmektedir.

Bu çalışmada NaCl’ün radyasyon dozimetresi olarak mamografide kullanılması incelenmiştir. NaCl örneği mamografi cihazında değişik sürelerde ışınlanmış ve lüminesans şiddeti ölçülmüştür. Çizelge 5.1’de NaCl örneğinin ışınlama süreleri ve bu ışınlama sürelerine karşılık gelen lüminesans sayımları gösterilmiştir. Her ışınlamadan sonra örneğin 100 s’lik bozunma eğrileri elde edilmiştir. İlk 5 ölçümden sonra, lüminesans şiddetinin örneğe uyguladığımız ışınlama süresine göre grafiği çizilmiş ve doğrunun denklemi Şekil 5.2’de gösterilen şekilde bulunmuştur.

Çizelge 5.1. NaCl’e uygulanan ışınlama süreleri ve lüminesans sayımları

Ölçüm No	İşnlama Süresi (s)	Sayım (s)	Lüminesans Şiddeti (Sayım/s)	Tabletin Kütlesi (g)
1	1	100	2294	0,1598
2	2	100	3309	0,1595
3	3	100	6938	0,1594
4	4	100	7180	0,1578
5	5	100	10004	0,1578
6	10	100	22132	0,1571



Şekil 5.1. NaCl'e uygulanan ışınlama süresinin fonksiyonu olarak lüminesans şiddeti

Bu işlemler sonunda elde ettiğimiz denklemin kalibrasyon için kullanılıp kullanılamayacağını görmek için aynı örnek 10 s ışınlanmış ve lüminesans şiddeti ölçülmüştür. 10 s'lik ışınlama için elde ettiğimiz lüminesans değeri bulduğumuz denklemde yerine yazılarak aşağıdaki hesaplama yapılmıştır.

Doğrunun Denklemi :	$y = 1929,1x + 157,7$
Doz miktarını bulmak için :	$y = 22132$ iken
y' ye karşılık gelen x değeri :	$x = 11,3$

Hesaplama sonucu NaCl örneğine uygulanan ışınlama süresi 11,3 s bulunmuştur. Gerçekte NaCl örneği son sayımda 10 s ışınlanmıştır. Deney şartlarımıza rağmen aradaki farkın çok az olduğu görülmektedir. Örneğin mamografi cihazına yerleştirilmesi, ışınlama yapıldıktan sonra alınıp örnek tutucuya konulması ve laboratuvara ölçüm için getirilmesi sırasında kesinlikle sallanmaması ve ışık görmemesi gerekmektedir. Buna dikkat edilmesine rağmen Çizelge 5.1'de görüldüğü gibi her ölçümden sonra örneğin kütleinde küçükte olsa bir azalma gözlenmektedir. Bu azalma örneğin getirilip götürülmesi sırasında üzerindeki NaCl'ün dökülmesinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 5.1'deki ölçüm değerlerine bakıldığında 3 ve 4 numaralı ölçümlerin lüminesans şiddetleri arasında çok az bir fark olduğu görülmektedir. Normalde lüminesans şiddeti verilen dozla orantılı olduğundan aradaki farkın daha fazla olması beklenmektedir. 4 numaralı ölçüm sırasında kütlede bir miktar azalma olmaktadır. Kütledeki bu azalmaya bağlı olarak 4 numaralı ölçümde lüminesans şiddeti beklenilenin altında çıkmıştır.

Mamografide örneğe doz verilmesi sırasında odanın karanlık olması gerekmektedir fakat bu tam anlamıyla sağlanamamıştır. 3 ve 4 numaralı ölçümlerde lüminesans şiddetleri arasındaki farkın az olmasının bir nedeninin de 4 numaralı ölçüm sırasında örneğin güneş ışığı görmesi nedeniyle tuzakların boşalması olduğu düşünülmektedir. Deney şartlarındaki bu olumsuzluklara rağmen elde ettiğimiz sonuçlar tatmin edicidir. Uygulanan ışınlamalar için sayım hızı artmaktadır. Buna göre lüminesans şiddetinin uygulanan ışınlama süresiyle dolayısıyla artan dozla arttığı gözlemlenmiştir.

Deney sonuçları bize NaCl'nin bir radyasyon dozimetri maddesi olarak mamaografide kullanılabileceğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

1. IAEA, "Biological dosimetry" , *Chromosomal Aberration for Dose Assessment Technical Report*, International Atomic Energy, Vienna, 260 (1986).
2. Bauchinger, M., "Quantification of low level radiation exposure by conventional chromosome aberration analysis" , *Mutat., Res.*, 339:177 (1995).
3. Andreo, P., Huq, M. S., Westermarck, M., Song, H., Tilikidis, A., DeWerd, L. And Shortt, K., "Protocols for the dosimetry of high energy photon and electron beams: a comparison of the IAEA TRS-398 and previous international codes of practice" , *Institute of Physics Publishing*, 47, 3033-3034 (2002).
4. U.S. Department of Energy, "Internal dosimetry" , *DOE Standard* , 1121-98, 1-2 (2003).
5. Huntley, D. J., Godfrey-Smith, D. I. And Thewalt, M. L. W., "Optical dating of sediments" , *Nature.*, 313: 105-107 (1985).
6. Liritzis, I., "The significance of gamma self dose and beta ranges in ceramics revisited" , *Revue d' Archeometrie.*, 10: 95-102 (1986).
7. Gülen, S., "Optik uyarmalı lüminesans şiddetinin β radyasyon dozuna bağımlılığı" , Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-3 (2000).
8. Bøtter-Jensen, L., "Development of optically stimulated luminescence techniques using natural minerals and ceramics, and their application to retrospective dosimetry" , *Risø National Laboratory, Roskilde*, Risø-R-1211 (EN), 11 (2000).
9. Zander, A., Duller, G. A. T. and Wintle, A. G., "Multiple and single aliquot luminescence dating techniques applied to quartz extracted from Middle and Upper Upper Weichselian loess" , *Journal of Quaternary Science*, 15(1): 1-2 (2000).
10. Thorne, A., Grün, R., Mortimer, G., Spooner, N. A., Simpson, J. J., McCulloch, M., Taylor, L. and Curnoe, D., "Luminescence radiometric dating" , *Journal of Human Evolution*, 36 (6): 591-592 (1999).
11. Aznar, M. C., Hemdal, B., Medin, J., Marckmann, C. J., Andersen, C. E., Bøtter-Jensen, L., Andersson, I. and Mattsson, S., "In vivo absorbed dose measurements in mammography using a new real time luminescence technique" , *British Journal of Radiology.*, 78: 328-334 (2005).
12. Klvenhagen, S. C., "Physics and dosimetry of therapy electron beams" , *Medical Physics Publishing*, Madison, WI, 21-24 (1993).

13. Chu, W. C., "Radiation dosimetry using fricke infused gels and magnetic resonance imaging" , *Proc. Natl. Science Counc. ROC(B)*, 25 (1): 1-11 (2001).
14. IAEA, "Use of electronparamagnetic resonance dosimetry with tooth enamel for retrospective dose assessment" , *Report of a Co-Ordinated Research Project IAEA*, IAEA-TECDOC-1331: 55-59 (2002).
15. Baş, M., Alkaya, F., Kemikler, G., Gürsoy, O., "Düzensiz nazofarenks alanlarına kobalt-60 ile radyoterapi uygulamalarında koruma bloklarının doz parametrelerine etkisi" , *Cerrahpaşa Tıp Dergisi*, 32(1): 7-8 (2001).
16. Duller, G. T. A., "A new method for the analysis of infrared stimulated luminescence data from potassium feldspars" , *Radiation Measurements.*, 23: 281-285 (1994).
17. Aitken, M. J., "Thermoluminescence dating" , *Academic Pres.*, London, 16-18 (1985).
18. Larsen, N. A., "Dosimetry based on thermally and optically stimulated luminescence" , *Risø National Laboratory*, Risø-R-1090(EN), 3-5 (1999).
19. McKeever, S. W. S., "Models for optical bleaching of thermoluminescence in sediments" , *Radiation Measurement*, 23: 267-275 (1994).
20. Levy, P. W., "Characteristics of thermoluminescence glow curves" , *PACT*, 9: 109-122 (1983).
21. Sunta, C. M., Yoshimura, E. M. and Okuno, E., "Supralinearity and sensitization factors in thermoluminescence" , *Radiation Measurement*, 23: 655-666 (1994).
22. Franklin, A. D., Prescott, J. R. and Scholefield, R. B., "The mechanism of thermoluminescence in an Australian sedimentary quartz" , *Journal of Luminescence*, 63: 317-326 (1995).
23. Duller, G. A. T., "Luminescence dating of quaternary sediments: recent advances" , *Journal of Quaternary Science*, 19(2): 183-192 (2004).
24. Blair, M. W., Kalchgruber, R., Deo, S. and McKeever, S. W. S., "Developing OSL geological dating techniques for use on future missions to Mars" , *Lunar and Planetary Science XXXVI*, 37-43 (2005).
25. Uludağ, Y., "Dozimetri ve Radyasyon Uygulamaları" , Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 25-29 (2001).

26. Lavat, A., Graselli, C., Santiago, M., Pomarico, J. and Caselli, E., "Influence of the preparation route on the optical properties of dosimetric phosphors based on rare-earth doped polycrystalline strontium borates" , *Cryst. Res. Technol*, 39(10): 840-848 (2004).
27. Joukowsky, M., "A complete manual of field archaeology" , *Tools and Techniques of Fieldwork for Archaeologists.*, 5(2): 21-29 (1980).
28. Deneau, I., "Technology in personel dosimetry and other medical applications" , *Newsletter of the Physics Society.*, 4(1): 12-14 (2005).
29. Dusseau, L., Polge, G., Matias, S., Vaille, J. R., Germanicus, R., Broadhead, R., Camanzi, B., Glaser, M., Saigne, F., Fesquet, J. and Gasiot, J., "High-energy particle irradiation of optically stimulated luminescent films at CERN" , *IEEE Trans. Nuclear Science*, 48: 2056-2066 (2001).
30. Atay, Z., "Karatepe seramiklerinin termolüminesans ve optik uyarmalı lüminesans yöntemiyle tarihlendirilmesi" , Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 19-21 (2000).
31. Chen, R., "The role of retrapping in dose dependence of pulsed optically stimulated luminescence" , *Radiation Protection Dosimetry*, 100(4): 71-74 (2002).
32. McKeever, S. W. S. and Moscovitch, M., "The potential of optically stimulated luminescence as a personal dosimetry method for astronauts" , *Radiation Protection Dosimetry.*, 104: 263-270 (2003).
33. Barboza-Flores, M., Melendrez, R., Gonçalves, J. A. N., Sandomato, G. M., Chernov, V., Cruz-Zaragoza, E., Ochoa-Nuno, J. D., Bernal, R. and Cruz-Vazquez, C., "Optically stimulated luminescence dosimetry on CVD films" , *Phys. Stat. Sol.(a)*, 201(11): 2548-2552 (2004).
34. Tükel, S., "Dijital mamografi" , *Türk Tanısal ve Girişimsel Radyoloji Dergisi*, 8(2): 222-227 (2002).

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Tokat ilinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Tokat’ da tamamladı. 1997 yılında Gazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik bölümüne girdi ve 2002 yılında mezun oldu. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik bölümünde yüksek lisans programına girdi. 1999 yılından beri özel bir laboratuvarında çalışmaktadır.