T.C.

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

WEB TABANLI RADYASYON KAYIT VE TAKİP SİSTEMİ ÜRETİMİ

OZAN GÜMÜŞ

MEDİKAL FİZİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZMİR - 2017

TEZ KODU:DEU.HSI.MSc-20149700678

T.C.

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

WEB TABANLI RADYASYON KAYIT VE TAKİP SİSTEMİ ÜRETİMİ

MEDİKAL FİZİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OZAN GÜMÜŞ

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Ayşegül YURT

2. DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Kadir AKGÜNGÖR

TEZ KODU:DEU.HSI.MSc-2014970068

Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Medikal Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans programı öğrencisi Ozan Gümüş, **'WEB TABANLI RADYASYON KAYIT VE TAKİP SİSTEMİ ÜRETİMİ'** konulu Yüksek Lisans tezini 19.12.2017 tarihinde başarılı olarak tamamlamıştır.

BAŞKAN
Yrd. Doç. Dr. Ayşegül YURT
(DEÜ Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu)

ÜYE
Yrd. Doç. Dr. Kadir AKGÜNGÖR
(DEÜ Fen Fakültesi Fizik Bölümü)

ÜYE
Prof. Dr. Emel ADA
(DEÜ Tıp Fakültesi Radyoloji A.D.)

ÜYE
Prof. Dr. Ayşe Nur DEMİRAL
(DEÜ Tıp Fakültesi Rad. Onk. A.D.)

ÜYE
Yrd. Doç. Dr. Özgür MASALCI
(EGEÜ Fen Fakültesi Fizik Bölümü)

YEDEK ÜYE
Prof. Dr. Gamze ÇAPA KAYA
(DEÜ Tıp Fakültesi Nükleer Tıp A.D.)

YEDEK ÜYE
Prof. Dr. Fatma YURT
(EGEÜ Nükleer Bilimler Enstitüsü)

i

İçindekiler

TABLO DİZİNİ ..... **İV**

ŞEKİL DİZİNİ ..... **V**

KISALTMALAR ..... **Vİİ**

ÖNSÖZ (TEŞEKKÜR) ..... **Vİİİ**

ÖZET **1**

ABSTRACT **2**

1. GİRİŞ VE AMAÇ **3**

2. GENEL BİLGİLER **5**

2.1. Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği **5**

2.2. Radyasyon Dedeksiyon Yöntemleri **5**

2.2.1. Gaz dolu dedektörler 5

2.3. Radyasyon Ölçüm Birimleri **7**

3. GEREÇ VE YÖNTEM **10**

3.1. Araştırmanın Tipi **10**

3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı **10**

3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi **10**

3.4. Çalışma Materyali **10**

3.4.1. Web Tabanlı Radyasyon Kayıt ve Takip Sistemi 10

3.4.2. Radyasyon Alan Monitörü 18

3.4.3. Radyonüklidler 19

3.5. Araştırmanın Değişkenleri **19**

3.6. Veri Toplama Araçları **19**

3.6.1. Yapılan Ölçümler 19

3.7. Araştırma Planı ve Takvimi **21**

3.8. Verilerin Değerlendirilmesi **22**

3.8.1. Dönüşüm Katsayısı Hesabı 22

3.8.2. Açı Bağımsızlık Hesabı 22

3.8.3. Farklı Zırh Kalınlıkları Ölçüm Sonucu İlişkisi 22

3.9. Etik Kurul Onayı **23**

4. BULGULAR **24**

5. TARTIŞMA **29**

6. SONUÇ VE ÖNERİLER **30**

7. KAYNAKLAR **31**

EK 1: ÖZGEÇMİŞ **33**

EK 2: ETİK KURUL ONAYI **36**

TABLO DİZİNİ

Sayfa No

TABLO 1 TASARLANAN SİSTEM İLE ALINAN ÖLÇÜMLER 24
TABLO 2 REFERANS ALAN MONİTÖRÜ İLE ALINAN ÖLÇÜMLER 25
TABLO 3 FARKLI AÇILARDA ALINAN ÖLÇÜM SONUÇLARI 26
TABLO 4 FARKLI ZIRH KALINLIKLARI İLE ALINAN ÖLÇÜM SONUÇLARI 27
TABLO 5 HERBİR AÇI DEĞERİ İÇİN HESAPLANAN STANDART SAPMA DEĞERLERİ 28

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa No

ŞEKİL 1: EPA'NIN RADYASYON GÖZETLEME NOKTALARI (RADNET) 4
ŞEKİL 2: GAZLI SAYAÇ YAPISI 5
ŞEKİL 3: TÜP VOLTAJI CEVAP EĞRİSİ 6
ŞEKİL 4: OLUŞTURULAN KARE DALGALAR 10
ŞEKİL 5: CİHAZ ÖLÇÜM EKRANI 12
ŞEKİL 6: BLOK DİAGRAMI 11
ŞEKİL 7: KULLANICI GİRİŞİ SAYFASI BİLGİSAYAR ARAYÜZÜ 12
ŞEKİL 8: KULLANICI GİRİŞİ SAYFASI MOBİL ARAYÜZ 13
ŞEKİL 9: ANLIK ÖLÇÜM SONUÇLARI SAYFASI BİLGİSAYAR ARAYÜZÜ 13
ŞEKİL 10: ANLIK ÖLÇÜM SONUÇLARI SAYFASI MOBİL ARAYÜZÜ 14
ŞEKİL 11: SİSTEM MENÜSÜ SAYFASI BİLGİSAYAR ARAYÜZÜ 14
ŞEKİL 12: SİSTEM MENÜSÜ SAYFASI MOBİL ARAYÜZÜ 15
ŞEKİL 13: SİSTEM AYARLARI SAYFASI BİLGİSAYAR ARAYÜZÜ 15
ŞEKİL 14: SİSTEM AYARLARI SAYFASI MOBİL ARAYÜZÜ 16
ŞEKİL 15: GEÇMİŞ KAYITLAR SAYFASI BİLGİSAYAR ARAYÜZÜ 16
ŞEKİL 16: GEÇMİŞ KAYITLAR SAYFASI MOBİL ARAYÜZÜ 17
ŞEKİL 17: VERİTABANI MİMARİSİ 17

GRAFİK DİZİNİ

Sayfa No

GRAFİK 1 MESAFEYE BAĞLI SAYIM GRAFİĞİ 25
GRAFİK 2 AÇI BAĞIMSIZLIK GRAFİĞİ 26
GRAFİK 3 FARKLI ZIRH KALINLIKLARINDA SAYIM GRAFİĞİ 27

KISALTMALAR

CPS	: Count Per Second
R/h	: Röntgen/saat
Co57	: Kobalt57
Ba133	: Baryum133
Cs137	: Sezyum137
TLD	: Termo Lüminesans Dozimetre
EPA	: United States Environmental Protection Agency
mSv	: MiliSievert
kHz	: KiloHertz
UART	: Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
HTML5	: Hypertext Markup Language 5
CSS3	: Cascading Style Sheets 3
PHP	: Hypertext Preprocessor

ÖNSÖZ (TEŞEKKÜR)

Bu çalışma boyunca başta bana zaman ayırıp öncülük eden ve yürüdüğüm yolda çok değerli emekleri bulunan hocalarım Yrd. Doç. Dr. Ayşegül Yurt ve Yrd. Doç. Dr. Kadir Akgüngör olmak üzere öğrenim hayatıma büyük katkılarda bulunan tüm hocalarıma, sabahlara kadar klavye tıkırtılarını dinlemek zorunda kalan sevgili eşim Muhlise'ye, benden maddi manevi hiçbir desteğini esirgemeyen sevgili aileme ve itici güçleriyle yanımda bulunan tüm arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Ozan GÜMÜŞ

Nisan, 2017

ÖZET

WEB TABANLI RADYASYON KAYIT VE TAKİP SİSTEMİ ÜRETİMİ

Ozan GÜMÜŞ

Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Medikal Fizik Anabilim Dalı, İnciraltı-İZMİR

info@ozangumus.com.tr

Amaç: Kamu ve Özel hastaneler bünyesinde bulunan Radyoloji, Nükleer Tıp, Radyasyon Onkolojisi gibi radyasyon ile çalışılan alanlarda ortam radyasyon dozunun anlık olarak ölçülerek takip edilmesi, ölçüm sonuçlarına uzaktan erişim sağlanması ve elde edilen verilerin kayıt edilebilmesiyle geçmişe dönük sorgulama yapabilecek bir sistem üretmektir.

Gereç ve Yöntem: Sistem tasarımında dedektör olarak Geiger - Müller tüpü kullanıldı. Elektronik kart tasarımı EAGLE FREEWARE elektronik kart tasarım programıyla çizilip, üretildi. Üretilen elektronik kartın montajı tamamlandıktan sonra cihazın mikroişlemcisi, grafik arayüzü ve web arayüzü programlandı. Sistem tasarımı tamamlandıktan sonra; kalibrasyonu yapılmış Radyasyon Alan Monitörü ile beraber dönüşüm katsayısı hesabı için 10cm aralıklar ile 10 – 120 cm aralığında, eş zamanlı ölçüm yapıldı, açı bağımsızlığını tespit etmek için 22.5° ’lik açılar ile ölçümler alınarak her bir açı değeri için standart sapmalar hesaplandı ve enerji bağımsızlığını ölçmek için Co-57, Ba-133, Cs-137 ile farklı dedektör – kaynak mesafelerinde ölçüm alındı.

Bulgular: Farklı dedektör – kaynak mesafelerinde yapılan ölçümler sonucunda geliştirilen cihazın ölçüm birimi olan cps, R/h’a çevrilebilmesi için gereken dönüşüm katsayısı 0.0044 olarak hesaplandı. Açı bağımsızlığı testinde herbir açı değeri için hesaplanan en büyük değer %4.04, en küçük değer %0,51 olarak hesaplandı.

Sonuç: Geliştirilen sistemin dozimetrik ölçüm sonuçları mevcut kullanılan sistemlerin ölçüm sonuçları ile uyumlu olduğu gözlemlendi.

Anahtar Sözcükler: Radyasyon kayıt, radyasyon takip, dedektör, web tabanlı radyasyon kayıt ve takip sistemi

ABSTRACT

WEB BASED RADIATION TRACK AND RECORD SYSTEM DESIGN

Ozan Gümüş

Dokuz Eylul University Health Sciences Institute

Medical Physics Department, İnciralti-IZMIR

info@ozangumus.com.tr

Objective: It is to produce a system capable of monitoring of the radiation dose of the environment instantaneously radition fields such as Radiology, Nuclear Medicine, Radiation Oncology etc. which are located in public and private hospitals, providing remote access to the measurement results and recording the obtained data to produce a system that can perform retrospective inquiry.

Material and Method: Geiger Müller tube was used as detector in System Design. Electronic card design was drawn and produced with EAGLE FREEWARE electronic card design software. After the assembly of the produced electronic card is completed, the microprocessor, graphic interface and web interface of the device are programmed. After system design is completed; simultaneous measurements were made in the range of 10 - 120 cm with 10 cm intervals for the conversion coefficient account together with the calibrated Radiation Field Monitor, in order to measure energy independence, measurements were taken at different detector – source distances with Co-57, Ba-133, Cs-137.

Results: cps, which is the measuring unit of the device developed as a result of measurements made at different detector-source distances, was calculated as 0.0044, which is required to convert it to R/h. In the angle independence test, the maximum value calculated for each angle value was calculated as 4.04% and the smallest value as 0.51%.

Conclusion: It is observed that the existing systems are compatible with the measurement results according to the values obtained as a result of the dosimetric measurements of the developed system.

Keywords : Radiation recording, radiation tracking, detector, web based radiation recording and tracking system

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Hastanelerin çeşitli birimlerinde iyonlaştırıcı radyasyon tanı ve tedavi amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Bu nedenle Radyoloji, Radyasyon Onkolojisi ve özellikle açık radyoaktif kaynak kullanılarak tanı ve tedavi uygulamaları yapılan Nükleer Tıp gibi birimlerde sürekli doz ölçümü yapılması büyük önem kazanmaktadır.

Radyasyon ile çalışılan ortamlar denetimli ve gözetimli alanlar olarak sınıflandırılır. Denetimli ve Gözetimli olarak sınıflandırılmış alanlarda ortam radyasyonunun sürekli olarak takip edilmesi gerekmektedir(1). Bu tür alanlardaki radyasyon seviyesi "Radyasyon Alan Monitörü" adı verilen cihazlar ile takip edilmektedir (2).

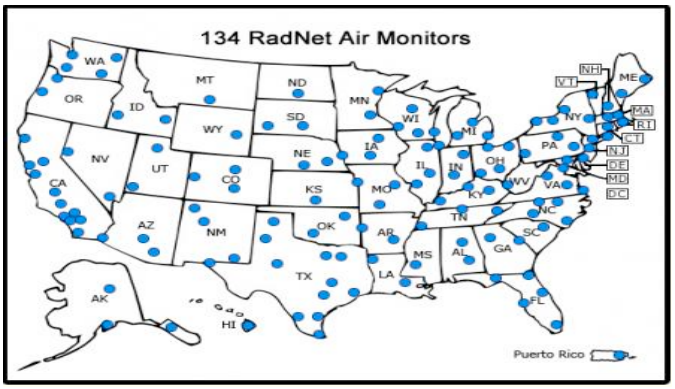
Ayrıca denetimli alanlarda çalışan personelin maruz kaldığı radyasyon dozunun ölçülmesi amacıyla TLD'ler kullanılmaktadır. TLD'lerin kaydettiği radyasyon doz miktarı ortalama 2 aylık dönemler ile okunmaktadır. Bu süre insan sağlığı düşünüldüğü zaman uzun bir süredir ve ölçüm sonuçlarında personelin hangi gün ne kadar radyasyona maruz kaldığının belirlenmesi mümkün olmamaktadır(3).

Diğer taraftan Denetimli ve Gözetimli alanlarda radyasyon ölçümü bir Geiger Müller dedektör ile anlık olarak yapılmasına rağmen ölçülen radyasyon değerlerinin herhangi bir ortamda otomatik kayıt tutma işlemi yapılmamaktadır.

Mevcut sistemlerde anlık ölçümler dışında gözlem ve denetim yapılmamaktadır. Bu ise geçmişe dönük takibe olanak vermemektedir.

Diğer taraftan, kablosuz iletişim teknolojisindeki gelişmeler sonucunda; ölçüm, kontrol gibi birçok endüstriyel alanda yazılım ve donanım arasındaki veri aktarımının kablosuz olarak gerçekleştirilmesi aktif olarak kullanılmaktadır. Özellikle nükleer santrallerde, araştırma reaktörlerinde kullanılan radyasyon takip sistemlerinde kablosuz veri aktarım teknolojileri aktif olarak kullanıldığı gözlemlenmektedir(4).

Bu sorunun farkında olan EPA'nın başlatmış olduğu "RadNet" projesi ile Şekil 1'den görüldüğü gibi Amerika'da 50 eyalette konumlanmış olan 134 adet radyasyon monitörü ile gama radyasyonuna ait veriler 7 gün 24 saat toplanıp kayıt edilmektedir. Kayıt edilen bu veriler web arayüzünden anlık olarak izlenebilmektedir(5).



Şekil 1: EPA'nın Radyasyon Gözetleme Noktaları (RadNet)

Ülkemizde de radyasyon güvenliği amacıyla radyasyon takip ve kontrolü ilgili yönetmelikler ile zorunlu hale getirilmiştir. Ülkemizdeki bu eksikliğin giderilmesi için bu çalışmada, nükleer santrallerde kullanılan düzeneklere benzer bir sistemin, radyasyon ile çalışan kurumlarda kurulmasını sağlamak için 7 gün 24 saat wifi bağlantısı ile kayıt yapabilen, tek bir arayüz üzerinden uzaktan bilgisayar ve/veya mobil cihazlardan bağlanılarak sürekli takibini sağlayabilen bir radyasyon ölçüm cihazı üretimi amaçlanmıştır.

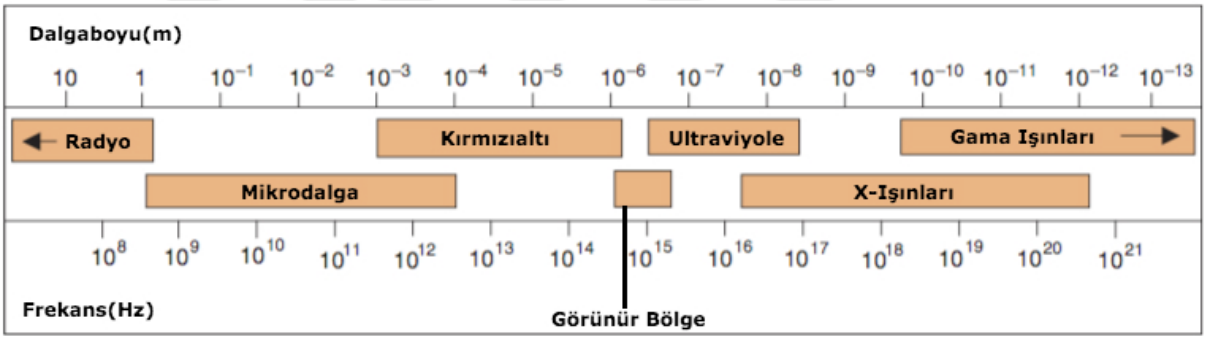
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Radyasyon Nedir?

Radyasyon, enerjinin parçacık yada elektromanyetik dalga ile yayılması olarak tanımlanmaktadır. Bu sebeple parçacık ve elektromanyetik radyasyon olmak üzere iki formu vardır.

a) **Parçacık Radyasyonu:** Kararsız bir atomun kararlı hale geçerken alfa(He çekirdeği), beta nötron gibi parçacık yayınlayarak fazlalık enerjisini açığa çıkarmasıdır.

b) **Elektromanyetik Radyasyon:** Enerjinin uzayda ışık hızında hareket eden salınımlı elektromanyetik alan tarafından taşınmasıdır. X ve gamma ışınları gibi foton özelliğine sahip elektromanyetik radyasyondur. Elektromanyetik dalganın frekansına bağlı olarak bir spektrum göstermektedir (Şekil 2) (6).



Şekil 2: Elektomanyetik Spektrum

2.2. Radyasyon Dedeksiyon Yöntemleri

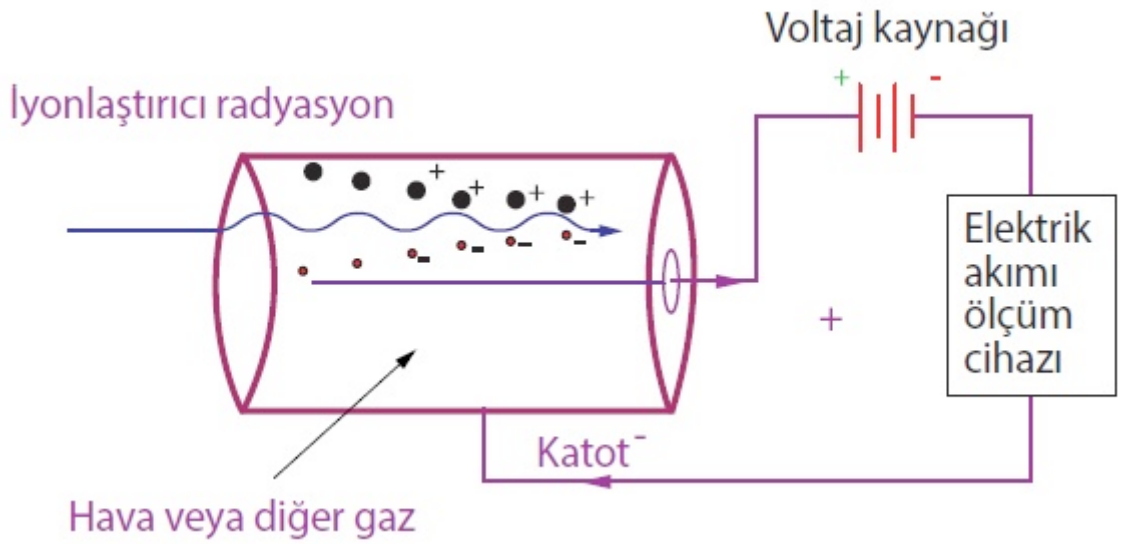
Radyasyonun varlığı, çeşitli duyu organları ile algılanması mümkün olmadığı için radyasyonun algılanması ve ölçülmesi radyasyona duyarlı cihazlar ile yapılabilmektedir.

Radyasyonun ölçülebilmesi, radyasyonun madde ile etkileşimi prensibine dayanır. Radyasyon dedeksiyonu yapılacak yöntem, dedeksiyonu yapılacak radyasyon türü ve enerjisine göre değişmektedir. Radyasyonun türü ve enerjisine göre gaz dolu dedektörler, yarı iletken dedektörler ve sintilasyon dedektörleri kullanılmaktadır.

2.2.1. Gaz Dolu Dedektörler

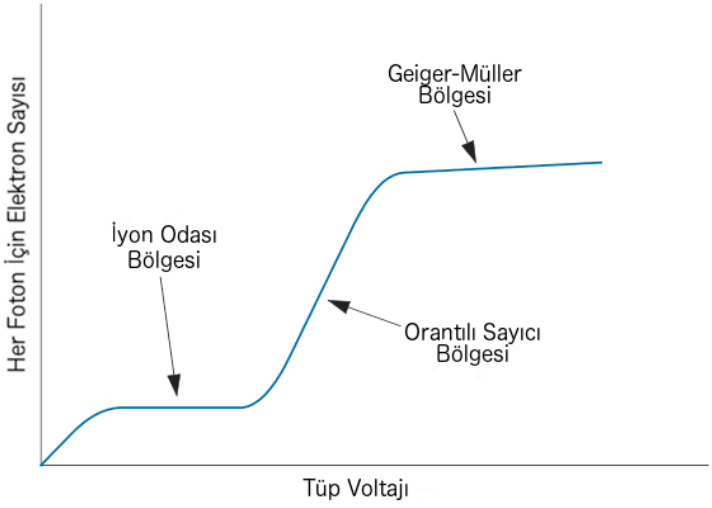
Bu tip dedektörlerin çalışma prensibi, iyonlaştırıcı radyasyonun gaz dolu ortamı iyonlaştırması sonucu ortaya çıkan iyonların ölçülmesi prensibine dayanır.

Yapısal olarak içi gaz dolu bir tüpten oluşmaktadır. Tüpün dış yüzeyi katod, merkezinden geçen ince tel ise anod olacak şekilde bir potansiyel farkı uygulanmıştır. Uygulanan bu potansiyel farka "Tüp Voltajı" denmektedir. İyonlaştırıcı radyasyonun gaz atomları ile etkileşimi sonucu gaz atomları iyonlaşarak negatif ve pozitif iyon çiftlerine dönüşür. Etkileşim sonucu oluşan elektronlar, anod ve katod arasındaki elektrik alan sebebiyle hızlanarak anoda hareket ederler. Elektronların bu hareketleri sonucu bir elektrik akımı oluşur(Şekil 3). Oluşan elektrik akımı büyüklüğü tüp üzerine düşen radyasyon miktarıyla doğru orantılı olacaktır.



Şekil 3: Gazlı Sayaç Yapısı

Gaz dolu dedektörler üzerine uygulanan tüp voltajına göre çeşitlere ayrılmaktadır(Şekil 4).



Şekil 4: Tüp Voltajı Cevap Eğrisi

Tüp voltajının iyonizasyon sonucu oluşan elektronların hepsinin anoda ulaşabildiği voltaj değerine Saturasyon Voltajı adı verilir. Saturasyon voltajı tüp dizaynına bağlı olarak değişmekle beraber yaklaşık 50-300V arasındadır. Bu voltaj değerine kadarki voltaj aralığında iyonizasyon sonucu oluşan elektronlar anoda ulaşamadan içinde bulunduğu ortamdaki pozitif iyonlar ile tekrar birleşerek nötr duruma geçerler. Tüp voltajı arttıkça oluşan iyon çiftlerinin hızı artacağı için saturasyon voltajı değerine ulaşana kadar anoda ulaşan elektron sayısı artacaktır. Saturasyon voltajına kadarki bölgeye Geri Birleşme Bölgesi adı verilir.

Tüp voltajı arttıkça sadece oluşan iyonların hızı artacaktır. Bu sebeple oluşan iyon sayısında bir değişiklik olmayacağı için çıkış sinyalinde bir artış gözlemlenmeyecektir. Artan tüp voltajına karşılık çıkış sinyalinin değişmediği bu bölgeye İyon Odası Bölgesi adı verilmektedir.

Artan tüp voltajı sebebiyle hızlanan elektronların kinetik enerjileri ortamda bulunan gaz atomları ile etkileşerek iyonizasyon geçekleştirecek mertebededir. Bu etkileşimler sonucu oluşan elektronlara ikincil elektron adıverilir. Bu sebeple hızlanan elektronlar gaz atomları ile etkileşerek iyonizasyona sebep olurlar. Bu bölgede tüp dizaynı ve uygulanan voltaja bağlı olmakla beraber Gaz Amplifikasyon Oranı yaklaşık 10^6 mertebesindedir. Bu bölgeye Orantılı Sayıcı Bölgesi adı verilir.

Tüp voltajının artmasıyla hızlanan elektronlar tüm etkileşimleri gerçekleştirmiş daha fazla ikincil elektron oluşturmamaktadır. Bu durumda voltaj arttıkça foton başına düşen elektron sayısı sabit kalmaktadır. Dolayısıyla çıkış sinyalinde bir artış gözlemlenmemektedir. Bu bölgeye Geiger-Müller Bölgesi adı verilir (7).

2.2.2. Yarı İletken Dedektörler

Yarı iletken dedektörler temelde katılaşmış iyon odalarıdır. Bu dedektörlerde kullanılan malzemeler, gazlardan 2000-5000 kat daha yoğun olduğundan çok daha iyi durdurma gücünde sahiptir. X ışınları ve γ ışınları için çok daha etkili dedektörlerdir.

Yarı iletken dedektörlerin normal olarak elektrik iletkenlikleri zayıftır. Ancak bir iyonlaştırıcı radyasyon ile iyonize edildiklerinde, üretilen elektrik yükü gaz dolu dedektörlerde olduğu gibi harici uygulanan bir voltaj ile toplanabilir (8).

2.2.3. Sintilasyon Dedektörleri

Radyoaktif maddelerden gelen radyasyon atomların ve moleküllerin iyonizasyonuna veya uyarılmasına neden olarak madde ile etkileşime girer. İyonize olmuş veya uyarılmış atomlar eski haline dönerlerken açığa enerji çıkarırlar. Bu enerji moleküler titreşimler, örgü titreşimleri gibi termal enerji olarak salındığı gibi bazı maddelerde enerjinin bir kısmı görünür ışık olarak salınır. Bu malzemelere sintilatör ve bu malzemelerden yapılmış dedektörlere ise sinitilasyon dedektörü adı verilir (9).

2.3. Radyasyon Ölçüm Birimleri

a) **cps:** Birim zamanda alınan ölçüm sayısıdır.

b) **Işınlama Dozu:** Normal Hava Şartlarında (0 ^{o}C ve 760 mm Hg basıncı) havanın 1kg'ında $2.58x10^{-4}$ Coulomb'luk elektrik yükü değerinde iyon çifti oluşturan X veya γ radyasyonu miktarıdır. Birimi **Röntgen**dir.

c) **Soğurulmuş Doz:** Işınlanan maddenin 1kg'ına 1 Joule'lük enerji veren radyasyon miktarıdır. Birimi **Gray**'dir

d) **Doz Eşdeğeri:** 1 Gray'lik X ve γ ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır. Birimi **Sievert**'tir(10).

2.4. Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) "Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği" 3. Bölüm 15. Madde'de radyasyon alanlarının sınıflandırılması aşağıdaki gibi belirtilmiştir.

Madde 15 - Maruz kalınacak yıllık dozun 1 mSv değerini geçme olasılığı bulunan alanlar radyasyon alanı olarak nitelendirilir ve radyasyon alanları radyasyon düzeylerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır:

a) **Denetimli Alanlar:** Radyasyon görevlilerinin giriş ve çıkışlarının özel denetime, çalışmalarının radyasyon korunması bakımından özel kurallara bağlı olduğu ve görevi gereği radyasyon ile çalışan kişilerin ardışık beş yılın ortalama yıllık doz sınırlarının 3/10'undan fazla radyasyon dozuna maruz kalabilecekleri alanlardır. Denetimli

alanların girişlerinde ve bu alanlarda radyasyon uyarı levhaları bulunması zorunludur.

b) **Gözetimli Alanlar:** Radyasyon görevlileri için yıllık doz sınırlarının 1/20'sinin aşılma olasılığı olup, 3/10'unun aşılması beklenmeyen, kişisel doz ölçümünü gerektirmeyen fakat çevresel radyasyonun izlenmesini gerektiren alanlardır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Tipi

Çalışmada üretilen cihazla alınan ölçümlerin teorik hesaplama ve referans ölçümlerle karşılaştırması yapılacaktır.

3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Araştırma Dokuz Eylül Üniversitesi Hastanesi'ne bağlı Nükleer Tıp Anabilim Dalı ve Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı Medikal Fizik Anabilim Dalında 15 Ekim 2015 - 15 Ocak 2016 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Çalışmada gönüllü yoktur ve örneklemi bulunmamaktadır.

3.4. Çalışma Materyali

Çalışmanın materyalini Dokuz Eylül Üniversitesi Nükleer Tıp Anabilim Dalında bulunan Cs-137, Ba-133, Co-57 radyoaktif kaynakları ve T.A.E.K. NEB.215 marka model alan monitörü oluşturmaktadır. Referans ölçüm için hastane bünyesinde kullanılan kalibrasyonu yapılmış mevcut radyasyon alan monitörleri kullanılmıştır.

3.4.1. Web Tabanlı Radyasyon Kayıt ve Takip Sistemi

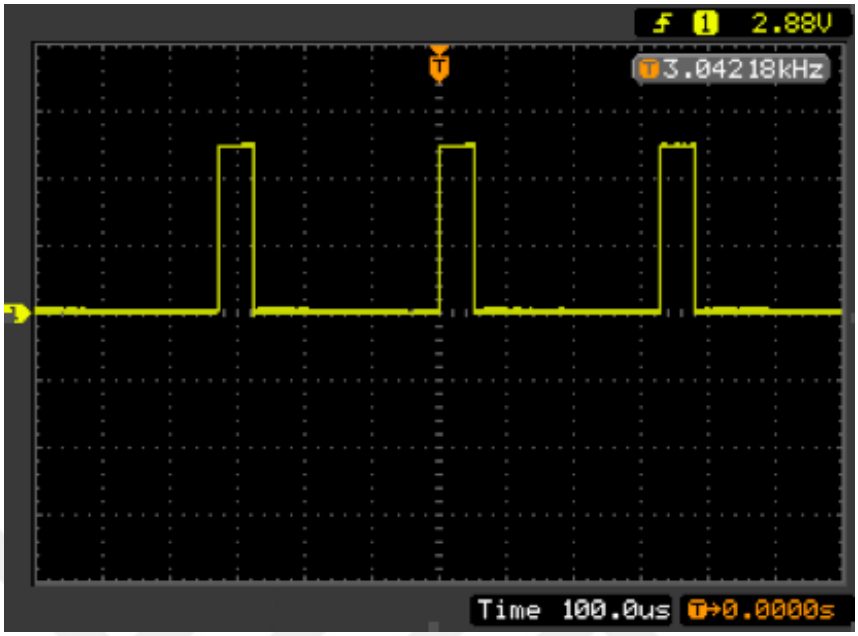
Geliştirmiş olduğumuz sistem iyonlaştırıcı radyasyonu elektrik sinyallerine çeviren, birim zamanda ölçüm sayısını üzerinde bulunan ekranda gösteren, Wifi bağlantısı ile bulut ortamda çalışan yazılıma gönderen donanım ve gelen ölçüm sonuçlarının kayıt edildiği, tüm işletim sistemlerindeki bilgisayarlar ve mobil cihazlar üzerinde çalışan yazılımdan oluşmaktadır.

3.4.1.1. Donanım

Geliştirilen sistem 5V doğrusal akım ile çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Sisteme uygulanan 5V gerilim Geiger – Müller tüpü üretici firmasının belirlemiş olduğu optimum tüp voltajına yükseltildi.

Sistemin çalışma prensibi temel olarak; 3.4 kHz civarında kare dalgalar oluşturuluyor. Oluşan kare dalgaların dalga tepesi 5V dalga çukuru ise 0V'a denk gelmektedir. Oluşan kare

dalgalar Geiger – Müller tüpü çıkışında sinyal oluştuğunda yani Geiger – Müller tüpü üzerine iyonize radyasyon düştüğünde 0V'a çekiliyor(Şekil 5).



Şekil 5: Oluşturulan Kare Dalgalar

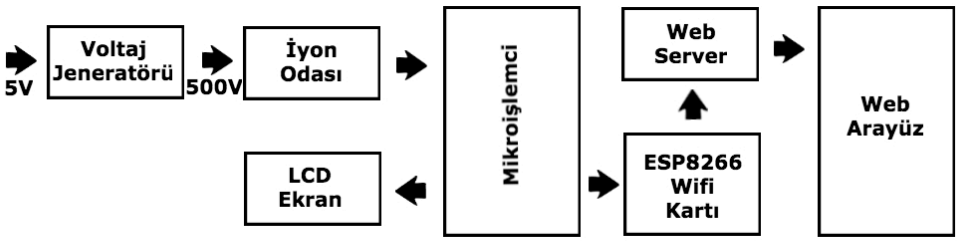
0 V'a çekilen kare dalga sayısı mikroişlemci üzerindeki tetikleme (trigger) pini bağlantısı sayesinde belirlenen zaman aralıklarında sayılıyor. Zaman aralığı dolduğunda elde edilen değer cps olarak kayıt ediliyor ve yeni ölçüm değerleri için sıfırlanıyor. Bu sayede radyasyon bilgisi işlenerek dijital veriye dönüşmüş oluyor.

Ölçülen değer ekranda gösterilmek üzere UART Haberleşme Protokolü ile mikroişlemcinin dijital12 numaralı pininden ekrana gönderiliyor(Şekil 6).



Şekil 6: Cihaz Ölçüm Ekranı

Ölçülen verilerin bulut ortamında kayıt edilmesi ve bilgisayar, mobil cihazlar üzerinde anlık gösterilmesi amacıyla UART Haberleşme Protokolü ile dijital5 pininden ESP8266-05 çipine gönderiliyor. (Şekil 7)



Şekil 7: Blok Diagramı

3.4.1.1.2. Mikroişlemci Yazılımı

Elektronik olarak elde edilen bütün sinyaller Atmega328P mikroişlemcisi ile işlendi. Mikroişlemci ilgili hesaplama ve işlemleri yapabilmesi amacıyla C++ programlama diliyle programlandı.

Mikroişlemci yazılımı gelen sinyallerin dijital olarak birim zamandaki ölçüm sayısına çevrilmesi, birim zamandaki ölçüm sayısının LCD ekranda yazdırılması, ölçüm sonuçlarının wi-fi ağı ile web sunucuya gönderilmesi işlemlerini gerçekleştirmektedir.

Genel olarak setup ve loop bloklarından oluşmaktadır. Setup bloğu mikroişlemciye elektrik geldiği anda bir defaya mahsus çalışır. Pin tanımlamaları, Haberleşme protokolü konfigürasyonları, bu blokta tanımlanır. Projede Geiger – Müller tüpü, LCD ekran ve ESP8266-05 wi-fi çipi mikroişlemci ile doğrudan haberleşmesi sebeiyle iyon odası için tetikleme pin, LCD ekran için alıcı verici pin, ESP8266-05 için alıcı verici pin tanımlamaları, lcd ekran ve ESP8266-05 mikroişlemci ile UART protokolü ile haberleşmesinden dolayı haberleşmenin Band Genişliği tanımlamaları ve haberleşmenin başlatılması setup bloğunda yapıldı.

Loop bloğu setup bloğu çalışmasını tamamladıktan sonra çalışmaya başlar ve sürekli olarak blok içerisinde yer alan komutları sırasıyla çalıştırır. Setup bloğunda tanımlamaları yapılan tetikleme pininin dinlenmesi, sinyal geldiğinde ölçümü yapacak fonksiyonun çalıştırılması, LCD ekrana birim zamandaki ölçüm sayısının gönderilmesi, ESP8266-05'e birim zamandaki ölçüm sonucunun gönderilmesi işlemlerinin hepsi bu blokta yapılmaktadır.

3.4.1.2. Yazılım

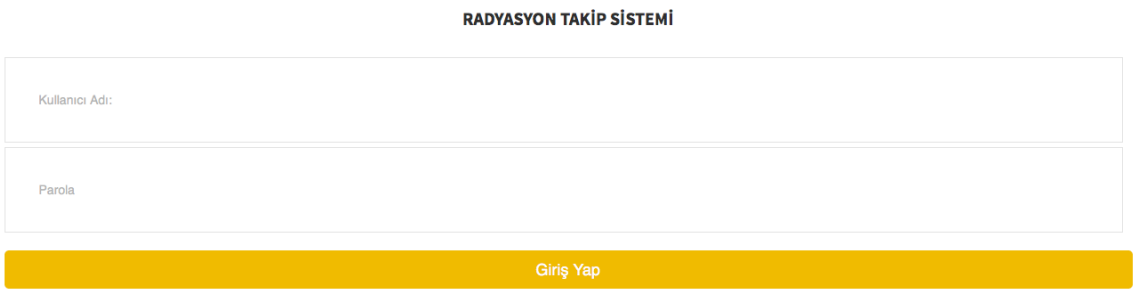
Geliştirilen yazılım işletim sistemi ve bilgisayar bağımsız olması için web tabanlı yazılım mimarisi geliştirildi. Arayüz Tasarımı HTML5, CSS3, Jquery dilleri ile tasarlandı.

Ölçüm sonuçlarının yakalanması ve kaydı, ayarların kayıt edilmesi, geçmiş kayıtların listelenmesi gibi işlemler için PHP yazılım dili kullanıldı.

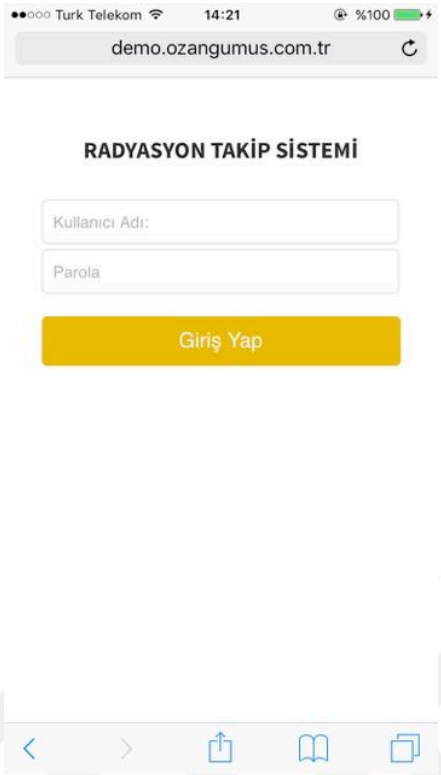
3.4.1.2.1. Web Arayüz

İnternet bağlantısı olan bütün bilgisayar ve mobil cihazlar üzerinden yazılıma erişim amacıyla web yazılım tercih edildi. Jquery mobile kütüphanesi kullanılarak arayüz Responsive tasarlandı. Bu sayede yazılım erişim yapılan cihaz türüne göre görünümünü modifiye ederek her türlü cihaza uyumlu hale getirmesi sağlandı.

Sistem erişimi çerez yapısıyla kullanıcı bazında kısıtlandı. Böylelikle izinsiz erişimler engellenmiş oldu. Şekil 8'de görülen kullanıcı giriş ekranından sisteme daha önce tanımlanmış olan kullanıcı adı ve parola ile sisteme giriş yaptıktan sonra otomatik olarak anlık ölçüm sonuçlarının görüntülendiği arayüz gelmektedir. Şekil 9'da ise mobil arayüz kullanıcı giriş sayfasını tanımlamaktadır.

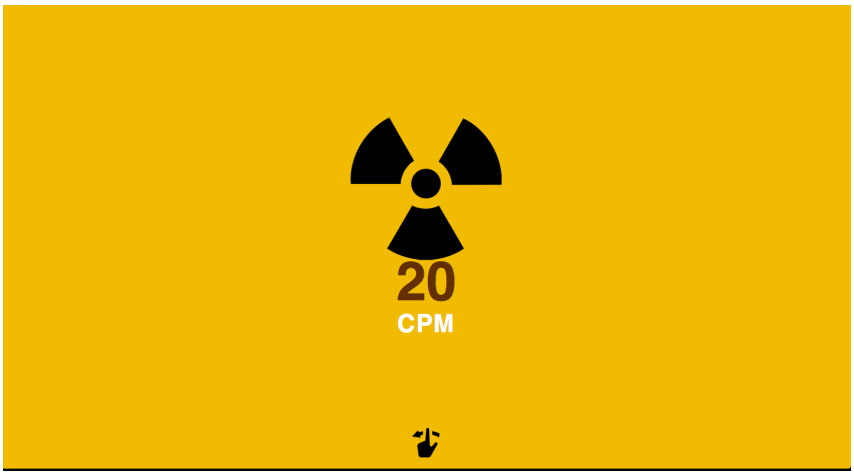


Şekil 8: Kullanıcı Girişi Sayfası Bilgisayar Arayüzü

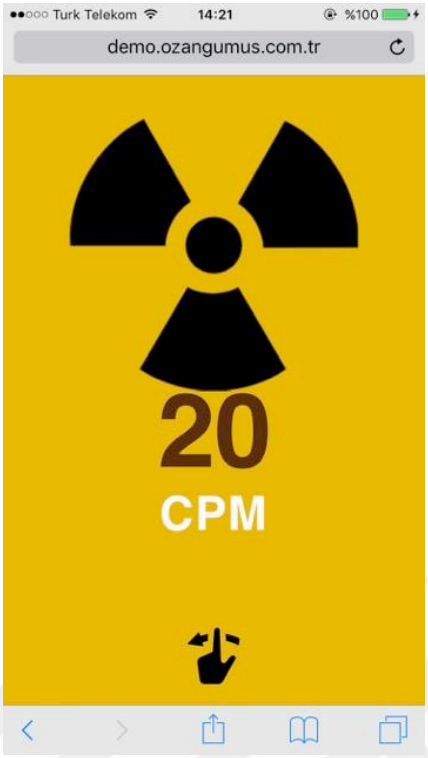


Şekil 9: Kullanıcı Girişi Sayfası Mobil Arayüz

Anlık ölçüm sonuçları ekranında görüntülenen ölçüm sonucu otomatik olarak ölçüm alınan süre kadar aralıklarla otomatik yenilenmektedir(Şekil 10 ve 11).

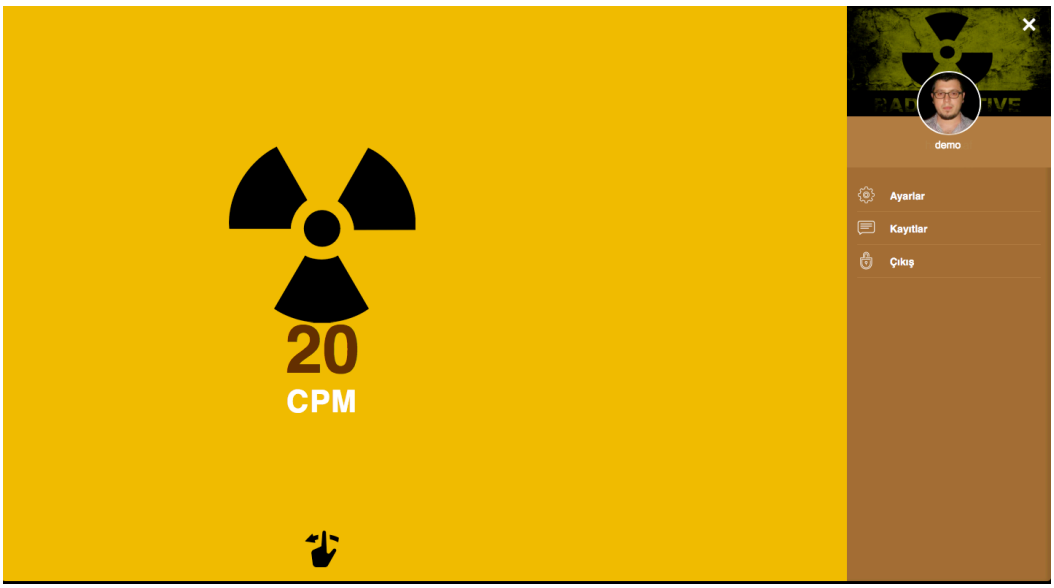


Şekil 10: Anlık Ölçüm Sonuçları Sayfası Bilgisayar Arayüzü

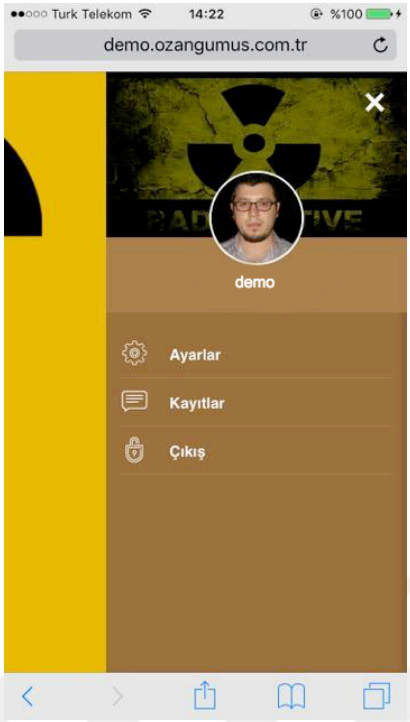


Şekil 11: Anlık Ölçüm Sonuçları Sayfası Mobil Arayüzü

Arayüz tasarımı yapılırken mobil cihazlarda da çalışacağı göz önünde bulundurularak sistem menüsüne ulaşmak için ekranı tutulup sola çekildiğinde sistem menüsü açılmaktadır. Aynı özellik mobil ve bilgisayar arayüzünde de geçerlidir.



Şekil 12: Sistem Menüsü Sayfası Bilgisayar Arayüzü



Şekil 13: Sistem Menüsü Sayfası Mobil Arayüzü

Açılan menü üzerinden sistem ayarları, geçmiş kayıtlar ve sistemden çıkış menü elemanları yer almaktadır(Şekil 12 ve 13). Ayarlar Menüsünden ölçüm birimi ve deneysel olarak hesaplanan dönüşüm katsayısının sisteme tanımlanması gibi işlemler yapılmaktadır(Şekil 14 ve 15).

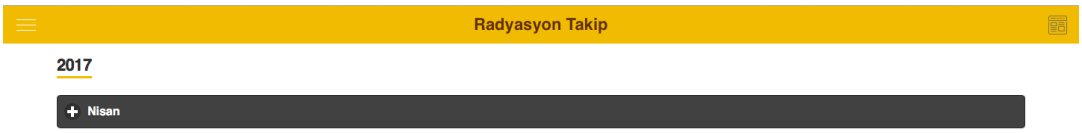


Şekil 14: Sistem Ayarları Sayfası Bilgisayar Arayüzü

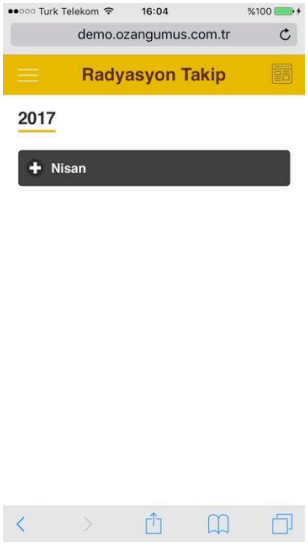


Şekil 15: Sistem Ayarları Sayfası Mobil Arayüzü

Donanım tarafından sürekli ve anlık olarak gönderilen ölçüm sonuçları sisteme 5dk'lık aralıklar ile sürekli kayıt ediliyor. Geçmiş tarihlere yönelik radyasyon seviyeleri incelenmek istendiğinde "Kayıtlar" menüsü altından erişilebilmektedir (Şekil 16 ve 17).



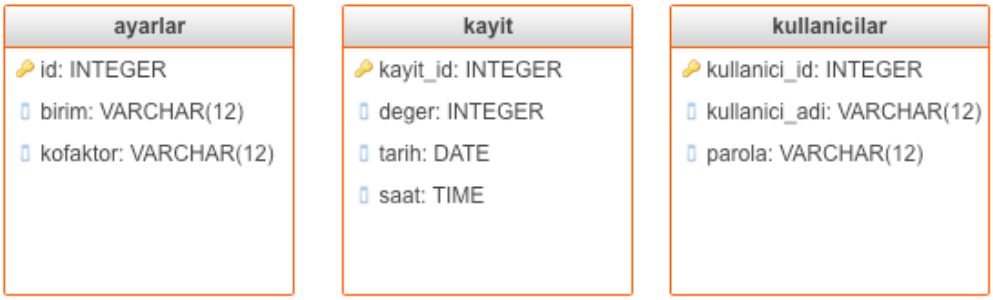
Şekil 16: Geçmiş Kayıtlar Sayfası Bilgisayar Arayüzü



Şekil 17: Geçmiş Kayıtlar Sayfası Mobil Arayüzü

3.4.1.3. Veritabanı

Ölçüm sonuçları, dönüşüm katsayısı, kullanıcı hesapları gibi bilgilerin kayıt edilmesi için MYSQL veritabanı kullanıldı. Cihazdan gelen ölçüm sonuçları 5 dakikalık aralıklar ile veritabanının kayıt tablosunda, kullanıcı hesapları kullanıcı tablosunda, sistem ayarları ise ayarlar tablosunda tutulmaktadır (Şekil 18).



Şekil 18: Veritabanı Mimarisi

3.4.2. Radyasyon Alan Monitörü

Geliştirilen sistemin dozimetrik doğruluğunu test etmek amacıyla daha önce kalibrasyonu yapılmış TAEK NEB.215 marka model alan monitörü kullanıldı.

3.4.3. Radyonüklidler

3.4.3.1 Cs-137

Cs-137, 30 yıl yarı ömüre sahip, 661 keV'lik enerjiye sahip gama fotonları yayınlayan bir radyonükliddir.

3.4.3.2. Ba-133

Ba-133, 10.51 yıl yarı ömüre sahip, 80 keV'lik enerjiye sahip gama fotonları yayınlayan bir radyonükliddir.

3.4.3.3 Co-57

Co-57, 270 gün yarı ömüre sahip, 122 keV'lik enerjiye sahip gama fotonları yayınlayan bir radyonükliddir.

3.5. Araştırmanın Değişkenleri

Araştırmanın bağımlı değişkenleri birim zamanda alınan ölçüm sayısıdır. Bağımsız değişkenler ise **Dedektör - Radyasyon kaynağı** arasındaki mesafe, zırh kalınlığı, ölçüm açısıdır.

3.6. Veri Toplama Araçları

Tasarlanan cihaz UART haberleşme protokolü ile haberleştiği için test aşamasında ölçüm sonuçlarını kayıt etmek amacıyla bilgisayar bağlantısı SerialTools yazılımı kullanıldı. Bu yazılım OsX işletim sistemi üzerinde çalışan ücretsiz bir yazılımdır. Yazılım üzerinden haberleşmenin seriport, band genişliği gibi parametreler ayarlanarak cihaz ve bilgisayar arasında veri akışını sağlayacak bağlantı sağlandı.

3.6.1. Yapılan Ölçümler

Bölüm 3.4.3.' te detaylı olarak anlatılan radyonüklidler ile sistemin doğruluğunu test etmek amacıyla aşağıda belirtilen ölçümler yapılmıştır.

3.6.1.1. Farklı Dedektör – Kaynak Mesafesi ile Ölçüm

Tasarlanan sistemin kurgusu Geiger – Müller tüpü üzerine düşen radyasyonu cps'e dönüştürmek olması sebebiyle doz hızı biriminde ölçüm yapmak için dönüşüm katsayısı hesaplamak gerekmektedir. Bu sebeple radyoaktif kaynaktan 10 cm lik aralıklar ile 10 – 130

cm aralığında önce tasarlamış olduğumuz dedektör sistemi ile ölçümler yapıldı. Radyoaktif kaynak olarak Cs-137 radyonüklidi kullanıldı. Ancak ölçüm için radyonüklid kullanıldığı ve radyoaktif bozunmanın probabilistik davranışından dolayı aynı şartlarda seri ölçümler alınsa bile her ölçüm değerinde bu davranıştan dolayı salınımlar gözlemlenmektedir. Bu sebeple her bir kaynak – dedektör mesafeasinde 5 adet ölçüm alınarak ortalaması alındı. Tasarlanan sistem ile ölçümler alındıktan sonra aynı ölçüm şartları ile referans alan monitörü ile ölçümler alındı.

3.6.1.2. Farklı Açılar ile Ölçüm

Sistemde kullanılan Geiger – Müller tüpü silindirik şekilde tasarlanması sebebiyle 360^{o} dereceden ölçüm alabilmektedir. Bu sebeple farklı dedektörün 22.5^{o}'lik açılar ile her bir açı değeri için Cs137 radyonüklidi ile 5'er adet ölçüm alındı.

3.6.1.3. Farklı Zırh Kalınlıkları ile Ölçüm

Cs-137 radyonüklidi ile sabit dedektör – kaynak mesafesinde 5,10,15 mm farklı zırh kalınlıklarında referans alan monitörü ve tasarlanan sistem ile 5'er adet ölçüm alındı.

3.7. Araştırma Planı ve Takvimi

Literatür Taraması

03.12.2015 - 24.06.2016

↓

Gerekli Komponentlerin Tedarik Edilmesi

25.07.2016 - 04.08.2016

↓

Sistem Dizaynı

07.08.2016 - 07.04.2017

↓

Performans Testlerinin Yapılması

08.04.2017 - 27.04.2017

↓

Deneme Ölçümleri

28.04.2017 - 06.05.2017

↓

Yazım ve Sunum

07.05.2017 - 19.12.2017

3.8. Verilerin Değerlendirilmesi

3.8.1. Dönüşüm Katsayısı Hesabı

Dönüşüm katsayısı hesaplamak amacıyla referans alan monitörü ve tasarlanan sistem için farklı kaynak – dedektör mesafelerinde alınan ortalama ölçüm sonuçları koordinat düzlemine yerleştirildi. Elde edilen verilerle oluşan grafiğin eğimi hesaplandı. Hesaplanan eğim tasarlanan sistem için birim zamanda alınan ölçüm sayısının doz hızına dönüştürülmesi için gereken katsayıyı vermektedir.

3.8.2. Açı Bağımsızlık Hesabı

22.5^{o} 'lik açılar ile alınan ölçümler için ortalama birim zamanda alınan ölçüm sayısı 192.38 olarak hesaplandı. Her bir açı değeri ölçülen ortalama birim zamanda alınan ölçüm sayısı için standart sapma hesaplandı.

3.8.3. Farklı Zırh Kalınlıkları Ölçüm Sonucu İlişkisi

Referans alan monitörü ve tasarlanan sistem için farklı zırh kalınlıklarında alınan ortalama ölçüm sonuçları koordinat düzlemine yerleştirildi. Elde edilen verilerle oluşan grafiğin eğimi hesaplandı. Hesaplanan eğim tasarlanan sistem için birim zamanda alınan ölçüm sayısının doz hızına dönüştürülmesi için hesaplanan katsayıyı vermektedir.

3.9. Etik Kurul Onayı

Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmaları Etik Kurulu tarafından 18.07.2016 tarih ve 2016/19-31 karar no.'lu toplantısında "Web Tabanlı Radyasyon Kayıt ve Takip Sistemi Üretimi" isimli araştırmanın onayı alınmıştır.

4. BULGULAR

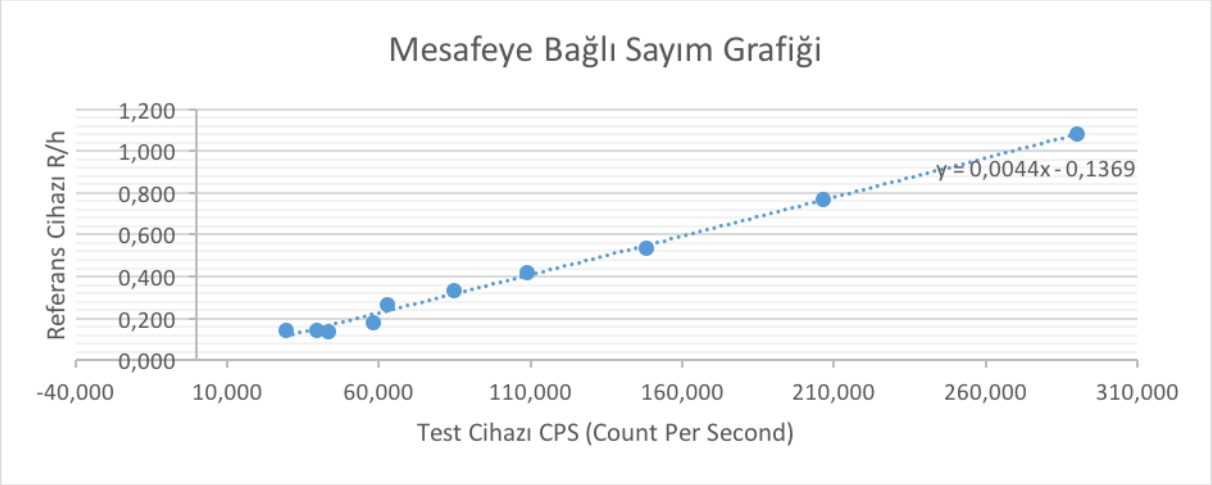
4.1. Dönüşüm Katsayısı Hesabı

Tablo 1: Tasarlanan Sistem ile Alınan Ölçümler

Mesafe	Ölçüm(cps)	Standart Sapma (%)	Ortalama	Mesafe	Ölçüm(cps)	Standart Sapma	Ortalama
130	29	-1.36	29.4	70	105	-3.66	109.0
	30	2.04			102	-6.42	
	31	5.44			110	0.91	
	32	8.84			114	4.58	
	25	-14.96			114	4.58	
120	39	-0.10	39.4	60	163	10.13	148.0
	39	-0.10			150	1.35	
	41	4.06			143	-3.37	
	40	1.50			143	-3.37	
	38	-3.55			141	-4.72	
110	43	0.46	43.2	50	213	3.19	206.4
	41	-5.09			207	0.29	
	40	-2.94			209	1.20	
	45	7.40			203	-1.64	
	47	8.79			200	-3.10	
100	62	6.52	58.2	40	291	0.34	290.0
	56	-3.78			286	-1.37	
	59	1.37			287	-1.03	
	58	-0.34			297	2.41	
	56	-3.70			289	-0.34	
90	60	-4.76	63.0	30	499	-3.44	516.8
	62	-1.58			501	-3.05	
	63	0.00			539	4.29	
	65	3.17			530	2.55	
	65	3.17			515	-0.34	
80	92	8.49	84.8	20	1086	-0.65	1093.2
	87	2.50			1085	-0.75	
	86	1.41			1097	0.34	
	79	-6.80			1091	-0.2	
	80	-5.66			1107	1.20	

Tablo 2: Referans Alan Monitörü İle Alınan Ölçümler

Mesafe	Ölçüm(R/h)	Standart Sapma(%)	Ortalama	Mesafe	Ölçüm(R/h)	Standart Sapma	Ortalama
130	0.14	-2.77	0.144	70	0.47	12.98	0.416
	0.12	-16.6			0.43	3.36	
	0.17	18.05			0.40	-3.84	
	0.15	4.16			0.37	-11.05	
	0.14	-2.77			0.41	-1.44	
120	0.15	5.63	0.142	60	0.52	-3.34	0.538
	0.14	-1.4			0.55	2.23	
	0.14	-1.4			0.57	5.94	
	0.15	5.63			0.54	0.37	
	0.13	-8.45			0.51	-5.20	
110	0.14	1.44	0.138	50	0.78	1.82	0.766
	0.13	-5.79			0.76	-0.78	
	0.15	8.69			0.80	0.52	
	0.13	-5.79			0.76	-0.78	
	0.14	1.44			0.73	-4.69	
100	0.17	-5.55	0.180	40	1.00	-7.40	1.080
	0.16	-11.11			1.10	1.85	
	0.18	0			1.10	1.85	
	0.20	11.11			1.20	11.11	
	0.18	0			1.00	-7.40	
90	0.26	-2.98	0.268	30	1.80	-3.22	1.860
	0.28	4.47			1.90	2.15	
	0.25	-6.72			1.80	-3.22	
	0.28	4.47			1.80	-3.22	
	0.27	0.74			2.00	7.52	
80	0.33	0	0.330	20	3.90	-2.50	4.000
	0.37	12.12			3.80	-5.00	
	0.36	9.09			4.00	0	
	0.30	-9.09			4.10	2.50	
	0.29	-12.12			4.20	5.00	



Grafik 1: Mesafeye Bağlı Sayım Grafiği

Birim zamanda alınan ölçüm sayısının doz hızına dönüştürülmesi için gereken katsayı Grafik 1'den görüldüğü gibi 0.0044 olarak hesaplanmıştır.

4.2. Açı Bağımsızlığı Hesabı

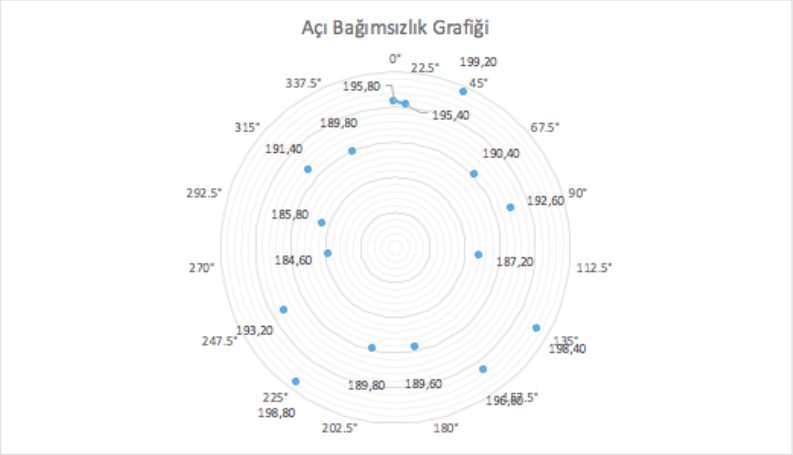
Tablo 3: Farklı Açılarda Alınan Ölçüm Sonuçları

Açı	Ölçüm(cps)	Ortalama(cps)	Açı	Ölçüm(cps)	Ortalama(cps)
0°	193	195.8	180°	191	189.6
	201			202	
	198			197	
	193			181	
	194			177	
22.5°	191	195.4	202.5°	220	189.8
	191			173	
	197			192	
	193			181	
	205			183	
45°	199	199.2	225°	205	198.8
	201			199	
	201			194	
	199			197	
	196			199	
67.5°	181	190.4	247.5°	207	193.2
	200			209	
	185			189	
	191			180	
	195			181	
90°	199	192.6	270°	178	184.6

	191			187	
	195			178	
	187			189	
	191			191	
112.5°	207	187.2	292.5°	180	185.8
	189			181	
	180			185	
	179			190	
	181			193	
135°	201	198.4	315°	196	191.4
	206			196	
	207			192	
	181			191	
	197			182	
157.5°	203	196.6	337.5°	178	189.8
	204			184	
	198			181	
	191			209	
	187			197	

Tablo 4: Herbir Açı Değeri İçin Hesaplanan Standart Sapma Değerleri

Açı	Standart Sapma(%)	Açı	Standart Sapma(%)	Açı	Standart Sapma(%)	Açı	Standart Sapma(%)
0	-1.78	90	1.03	180	1.45	270	4.04
22.5	-1.57	112.5	2.69	202.5	1.34	292.5	3.42
45	-3.55	135	-3.13	225	-3.34	315	0.51
67.5	1.03	157.5	-2.19	247.5	-0.43	337.5	1.34



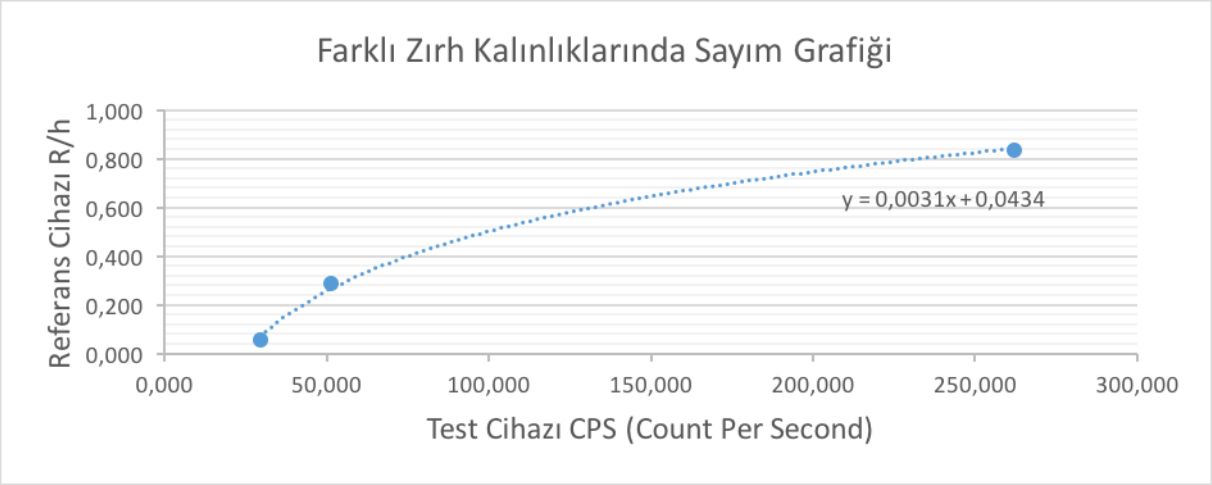
Grafik 2: Açı Bağımsızlık Grafiği

Her bir açı değeri için hesaplanan en yüksek standart sapma değeri Tablo 4'te görüldüğü gibi %4.04'tür.

4.3. Farklı Zırh Kalınlıkları Ölçüm Sonucu İlişkisi

Tablo 5: Farklı Zırh Kalınlıkları ile Alınan Ölçüm Sonuçları

Zırh Kalınlığı(mm)	Ölçüm(R/h)	Ortalama(R/h)	Ölçüm(cps)	Ortalama(cps)
5	0.88	0.836	264	262.2
	0.83		258	
	0.86		266	
	0.81		264	
	0.80		259	
10	0.28	0.288	51	51.2
	0.30		49	
	0.28		51	
	0.27		52	
	0.31		53	
15	0.068	0.054	35	29.6
	0.045		30	
	0.044		29	
	0.050		27	
	0.062		27	



Grafik 3: Farklı Zırh Kalınlıklarında Sayım Grafiği

Grafik 3'de görüldüğü gibi birim zamanda alınan ölçüm sayısının doz hızına dönüştürülmesi için gereken katsayı 0.0031 olarak hesaplanmıştır.

5. TARTIŞMA

Radyasyon ile çalışılan ortamlar denetimli ve gözetimli alanlar olarak sınıflandırılır ve bu alanlarda ortam radyasyonunun sürekli olarak takip edilmesi gerekmektedir (1). Bu sebeple kamu ve özel hastanelerin Nükleer Tıp, Radyasyon Onkolojisi, Radyoloji gibi departmanlarında ortam radyasyonunu sürekli takip edilmesi için dedektör ve sistemleri ve özellikle Nükleer Tıp bölümlerinde alan monitörleri mevcuttur.

Ancak halihazırda kurulu olan sistemlerin çoğunda çeşitli sebeplerden dolayı ortam radyasyonunu kayıt etmek ve istenildiği takdirde geçmiş kayıtları incelemeye imkan verecek bir özellik bulunmamaktadır. Bu sebeple geliştirmiş olduğumuz sistem yapmış olduğu ölçüm sonuçlarını sürekli olarak bulut ortamında depolaması sebebi ile geçmişe yönelik bütün kayıtlar incelenebilmektedir(3).

Bu özelliğe ek olarak sistemin yazılım mimarisi bulut ortamında çalışması sebebiyle anlık ölçüm sonuçları ve geçmiş kayıtlara bütün bilgisayar ve/veya mobil cihazlar ile erişim sağlanabilmektedir.

Anlık doz ölçümü, belli periyotlarla çalışma ortamında radyasyon ölçümü yapılarak ilgili kişiye sürekli bilgi sağlamakta ve riskli bir durum ile karşılaşıldığında sorumlu kişinin kısa zamanda önlem alabilmesi söz konusu olacaktır. Bu da sonuçta; ortamdaki radyasyon maruziyetini en az düzeye indirilmesini sağlayacaktır.

Farklı dedektör – kaynak mesafelerinde yapılan ölçümler sonucu hesaplanan dönüşüm katsayısı ve farklı zırh kalınlıkları ile yapılan ölçüm sonucu hesaplanan katsayı arasındaki yaklaşık %29 luk farkın sebebi projede kullanılan Geiger – Müller tüpü eğitim amaçlı satılan, ticari olmayan, çok ucuz ve eski olması ve radyoaktif çekirdek bozunumunun probalistik bozunma karakterinden kaynaklanan belirsizlik sebeplerinden kaynaklanmaktadır.

Çalışmamızda radyasyon ile çalışılan alanlarda aktif olarak kullanılan T.A.E.K. NEB.215 marka model radyasyon monitörü ±%15 Lineeriteye sahip iken tasarladığımız sistemin lineeritesi yaklaşık %29'luk bir değere sahiptir. Lineerite değeri temel olarak sistemde kullanılan Geiger-Müller tüpü ile ilişkili olduğu göz önünde bulundurulursa NEB.215 radyasyon monitüründe Philips ZP1400 marka model yaklaşık 180 euro fiyatı olan Geiger Müller tüpü kullanılmıştır. Buna karşın tasarladığımız sistemde çok uygun fiyata sahip Geiger Müller tüpü kullanılmıştır. Lineerite'deki fark kullanılan tüplerden kaynaklanmaktadır. NEB.215 radyasyon monitörünün ölçüm aralığı 10 mR/h ile 1.99 R/h arasında iken

tasarladığmız sistemde 0.014 mR/h ile 144 mR/h arasındadır. NEB.215 radyasyon monitörünün üretici firmanın vermis olduğu efektif çalışma sıcaklığı 0 ^{o}C ile +50 ^{o}C arasında iken tasarladığımız sistemde kullanılan Geiger Müller Tüpü ve komponentlerin ortalama sıcaklığı -60 ^{o}C ile +70 ^{o}C arasındadır. NEB.215 radyasyon monitöründe 2 ½ dijit LCD ekran kullanılırken tasarladığımız sistemde 4.3 inch dokunmatik TFT ekran kullanılmaktadır. Kullanılan bu ekran sayesinde system üzerinde herhangi bir tuş bulunmamakta yapılacak bütün işlemler dokunmatik ekran ile yapılabilmektedir. NEB.215 radyasyon monitörü 230x220x105 mm boyutlar ve 1685 gr kütleye sahip iken tasarladığımız sistem 180x115x44 mm boyut ve 277 gr kütleye sahiptir.

Bu özelliklere ek olarak tasarladığımız sistemde kullanılan 1 Gb depolama alanına sahip sunucu ile 38 yıl 72 gün boyunca sürekli kayıt imkanı sağlanmaktadır NEB.215 radyasyon monitöründe böyle bir özellik yoktur. Sistemde kullanılan ESP8266 wifi çipinin otomatik uyku modu ve 5 μA/h'lik tüketimi, 10 sn ekranda işlem yapılmadığında otomatik uyku modu sayesinde 1 yıl 8 ay batarya ömrüne sahiptir NEB.215 radyasyon monitöründe bu süre 1 haftadır. Tasarladığımız sistemde 2 saat 6 dakikaya kadar elektrik kesintilerinde ölçüm sonuçları dahili EEPROM'a kayıt edilip elektrik kesintisi sona erdiğinde sunucu bağlantısı otomatik tekrar sağlanıp bu süredeki ölçüm sonuçları sisteme otomatik yüklenmektedir NEB.215 radyasyon monitöründe böyle bir özellik bulunmamaktadır (11).

Tasarladığımız sistemin web ve mobil programları ile radyasyon ile çalışılan alanlarda ölçüm yapmak için ilgili alanlarda bulunma zorunluluğu yoktur. Uzaktan ölçüm sonuçları gözlemlenebilmektedir.

Tasarladığımız sistemi kararlılığı yüksek Geiger-Müller tüpleri ile deneyerek çok daha düşük standart sapma değerlerine ulaşmak mümkündür. Ancak referans olarak ölçümlerde kullanılan ve halihazırda ticari olarak satılan alan monitörünün üretici tarafından yayınlanan teknik özelliklerinde lineerliğinin %15 olması bu farktaki önemli etkenlerden bir tanesidir.

EPA'nın RadNet projesi ulusal bazda atmosferik nükleer silah denemeleri ve Chernobyl(Ukrayna) ve Fukushima(Japonya) gibi nükleer reaktor kazaları sebebiyle oluşan radyasyonu ölçmesi için dedektörler global olarak konumlanıdırılmışlardır. Bu sebeple RadNet projesi halkı radyasyon seviyeleri hakkında bilgilendirmek olup bu çalışmada ise Denetimli ve Gözetimli Alanlardaki radyasyon seviyeleri sürekli ve anlık ölçülüp kayıt edilerek ve bu ölçüm ve kayıt işlemlerinin uzaktan ilgili personel tarafından radyasyon maaruziyeti olmaksızın yapılması çalışmanın pozitif yönlerindendir(6).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tasarladığımız sistemde kullanılan Geiger – Müller tüpünün farklı açılardaki ölçüm doğruluğuna bakacak olursak en yüksek standart sapma değerinin %4.04 olması sistemin açı bağımsızlığı konusunda tatmin edici bir değerdir.

Tasarladığımız sistemde elde ettiğimiz sonuçlar, mevcut sistemlere göre sahip olduğu üstünlükler ve üretim maliyetleri bu sistemi ilgili bölümlerde alan monitörü olarak güvenle kullanabileceğimizi göstermiştir.

Tasarladığımız sistemde elektronik kart tasarımı yapılırken tüp voltajı ayarlanabilir olarak tasarlanmıştır. Bu sebeple dedeksiyonu yapılacak radyasyon türüne göre tüp voltajı uygun değere aralığına ayarlandığında farklı gaz dolu dedektörler kullanılabilmektedir.

Sistem üzerinde bulunan TFT dokunmatik ekran kaldırılıp fiziksel olarak küçük boyutlu gaz dolu dedektör kullanıldığında kişisel dozimetre, sistem içerisinde kullanılan Geiger Müller tüpü harici prob olarak kullanılırsa radyasyon alan monitörü olarak kullanılabilecektir.

7. KAYNAKLAR

1. Resmi Gazete, 24 Mart 2000.

2. Resmi Gazete, 18 Haziran 2011.

3. Oberhoferi M. Techniques and Management of Personnel Thermoluminescence Dosimetry Services. 1976;(305).

4. Rania G, Ihab A, Karam S, Ahmed S, Hani R et al. ZigBee Wireless Sensor Network for Radiation Monitoring at Nuclear Facilities. Wireless and Mobile Networking Conference (WMNC) 2013

5. http://www2.epa.gov/radnet (Erişim Tarihi: 23.10.2017).

6. Simon C. , James S. , Michael P. Physics in Nuclear Medicine 4. Baskı. Elsevier 2012; 8

7. Mustafa D. Nükleer Tıp Fiziği ve Klinik Uygulamalar. 4. Baskı. İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, 2014

8. Simon C. , James S. , Michael P. Physics in Nuclear Medicine 4. Baskı. Elsevier 2012; 96

9. Simon C. , James S. , Michael P. Physics in Nuclear Medicine 4. Baskı. Elsevier 2012; 97

10. http://www.taek.gov.tr/ogrenci/sf4.html (Erişim Tarihi: 23.10.2017).

11. http://www.taek.gov.tr/images/urunler/neb_215.html (Erişim Tarihi: 21.11.2017).

EK 1: ÖZGEÇMİŞ

Yardımcı Araştırmacı Ozan GÜMÜŞ

ÖZGEÇMİŞ



TC Kimlik No / Pasaport No:	54163004474
Doğum Yılı:	1988
Yazışma Adresi :	Fevzi Çakmak mah. Ali Reis sok. 1/9 Balçova
Telefon :	0554 386 1401
Faks :	
e-posta :	info@ozangumus.com.tr

EĞİTİM BİLGİLERİ

Ülke	Üniversite	Fakülte/Enstitü	Öğrenim Alanı	Derece	Mezuniyet Yılı
Türkiye	Dokuz Eylül Üniversitesi	Sağlık Bilimleri Enstitüsü	Medikal Fizik Yüksek Lisans	Yüksek Lisans	Devam ediyor
Türkiye	Dokuz Eylül Üniversitesi	Fen Fakültesi	Fizik	Lisans	2012

AKADEMİK/MESLEKTE DENEYİM

Kurum/Kuruluş	Ülke	Şehir	Bölüm/Birim	Görev Türü	Görev Dönemi
TAEK	Türkiye	İstanbul	ÇNAEM	Gönüllü Stajyer	2008 (Ağustos-Eylül)

UZMANLIK ALANLARI

Uzmanlık Alanları

Medikal Fizik, Radyoterapi Fiziği, Radyoloji Fiziği, Radyasyon Fiziği, Nükleer Tıp Fiziği, Dozimetri, Radyasyondan Korunma ve Radyasyon Güvenliği, Radyobiyoloji

DİĞER AKADEMİK FAALİYETLER

Son Bir Yılda Uluslararası İndekslere Kayıtlı Makale/Derleme İçin Yapılan Danışmanlık Sayısı			
Son Bir Yılda Projeler İçin Yapılan Danışmanlık Sayısı			
Yayınlara Alınan Toplam Atıf Sayısı			
Danışmanlık Yapılan Öğrenci Sayısı		**Tamamlanan**	**Devam Eden**
	Yüksek Lisans		
	Doktora		
	Uzmanlık		

Diğer Faaliyetler (Eser/görev/faaliyet/ sorumluluk/olay/üyelik vb.)	- Radyoterapi Teknikerleri Derneği'nin Dokuz Eylül Üniversitesi AD'da gerçekleştirdiği "Eğitim Semineri-IV"de katılımcı (22.11.2014) - 15. Ulusal Medikal Fizik Kongresi'nde "Web Tabanlı Radyasyon Kayıt ve Takip Sistemi Üretimi" konulu poster sunum (16.05.2015-19.05.2015) - Radyasyondan Korunma Uzmanları Derneği ve İş Sağlığı ve Güvenliği Profesyonelleri Derneği'nin Dokuz Eylül Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi'nde gerçekleştirdiği "İş Sağlığı ve Güvenliğinde Radyasyondan Korunmanın Yeri ve Önemi" konulu çalıştayda katılımcı. (03.06.2016-04.06.2016)

ÖDÜLLER

YAYINLARI

SCI, SSCI, AHCI indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleler

Diğer dergilerde yayınlanan makaleler

Hakemli konferans/sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar

EK 2: ETİK KURUL ONAYI

KARAR BİLGİLERİ	**Karar No:2016/19-31**	**Tarih:14.07.2016**
	Yrd.Doç.Dr.Ayşegül YURT'un sorumlusu olduğu **"Web Tabanlı Radyasyon Kayıt ve Takip Sistemi Üretimi"** isimli klinik araştırmaya ait başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş, etik açıdan çalışmanın gerçekleştirilmesinin uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.	
ETİK KURUL BİLGİLERİ		
ÇALIŞMA ESASI	Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu İşleyiş Yönergesi İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu	
ETİK KURUL ÜYELERİ		

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile İlişkili mi?		İmza
Prof.Dr.Banu ÖNVURAL (Başkan)	Tıbbi Biyokimya	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı	Kadın	E☐	H☒	
Prof.Dr.Ş.Reyhan UÇKU (Başkan Yardımcısı)	Halk Sağlığı	DEU Tıp Fakültesi Halk Sağlığı A.D.	Kadın	E☐	H☒	
Prof.Dr.Nejat SARIOSMANOĞLU	Kalp Damar Cerrahisi	DEU Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı	Erkek	E☐	H☒	
Prof.Dr.Ece BÖBER	Pediatrik Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	Kadın	E☐	H☒	
Prof.Dr.Vesile ÖZTÜRK	Nöroloji	DEU Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı	Kadın	E☐	H☒	
Prof.Dr.Sevinç ERASLAN	Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı	Kadın	E☐	H☒	katılmadı
Prof.Dr.Mukaddes GÜMÜŞTEKİN	Tıbbi Farmakoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı	Kadın	E☐	H☒	katılmadı
Prof.Dr.Ayşe Aydan ÖZKÜTÜK	Tıbbi Mikrobiyoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E☐	H☒	katılmadı
Prof.Dr.Nihal GELECEK	Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon	DEU Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksek Okulu	Kadın	E☐	H☒	
Prof.Dr.Müge KİRAY	Fizyoloji	DEU Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E☐	H☒	
Doç.Dr.Şeyda SEREN İNTEPELER	Hemşirelik Yönetimi	DEU Hemşirelik Fakültesi Hemşirelik Yönetimi A.D	Kadın	E☐	H☒	
Doç.Dr.Sefa KIZILDAĞ	Tıbbi Biyoloji ve Genetik	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Biyoloji ve Genetik A.D	Erkek	E☐	H☒	
Prof.Dr.Sevda ÖZKARDEŞLER	Anesteziyoloji	DEÜ Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon A.D.	Kadın	E☐	H☒	
Uzm.Dr.Ahmet Can BİLGİN	Hukuk	DEU Tıp Tarihi ve Etik A.D	Erkek	E☐	H☒	katılmadı
Mehmet Erhan ÖZKUL	Sağlık mensubu olmayan üye	D.E.U Tıp Fakültesi İdari Mali İşler	Erkek	E☐	H☒	