REFERANS STANDART DOZİMETRE SİSTEMLERİNİN İZLENEBİLİRLİĞİ

Tülin ZENGİN
Enis KAPDAN
Selim AYDIN
Muharrem KORKMAZ
Hasan EREZ
Doğan YAŞAR

ÖZET

Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇNAEM), Sekonder Standart Dozimetre laboratuvarı (SSDL); Türkiye'nin ulusal sekonder standart dozimetri laboratuvarıdır ve medikal alanda radyasyon dozu ölçümünde kullanılan dozimetre ve doz hızı ölçerlerin kalibrasyonlarını sağlamaktadır. Bu bağlamda, tedavi düzeyli dozimetre kalibrasyonlarında uygulanan iki ayrı yöntemden akreditedir. Sekonder standardın izlenebilirliği için öncelikle, Primer Standart Dozimetri Laboratuvarı (PSDL) The Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)'de belirli aralıklarla kalibre ettirilmektedir. Ayrıca düzenli olarak, laboratuvar standart koşullarında standart kontrol kaynağı ile ölçüm alınarak kararlı okuma kabiliyeti tespit edilip kayıt altına alınmaktadır. Böylelikle SSDL Standart Dozimetre Sistemlerinin performansı kontrol edilmekte ve izlenebilirliği sağlanmaktadır. İzlenebilirlik için yukarıda anlatılan çalışmalar sonucunda; SSDL'de kullanılan referans ve standart dozimetre sistemlerinin ölçüm okuma değerlerinin istenilen ve beklenilen aralıkta kaldığı görülmüştür. Bu çalışmalar dışında, SSDL, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından düzenlenen ve SSDL'ler arasında yapılan "IAEA/WHO TLD Postal Dose Quality Audit for Co-60 Gamma Beam" adlı karşılaştırma programına her yıl katılmaktadır. Son 10 yılın katılım sonuçları ± % 3,5 referans aralık içerisinde kalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sekonder standart dozimetri, İzlenebilirlik, Referans dozimetre, Standart kontrol kaynağı, Kalibrasyon.

ABSTRACT

Çekmece Nuclear Research and Training Center Secondary Standard Dosimetry Laboratory (SSDL) is the national secondary standard dosimetry laboratory of Turkey. SSDL provides calibration of therapy level dosimeter sistems used in radiotherapy and radiation protection level dose ratemeter. SSDL was accredited by its two different methods for calibration of therapy level dosimeter systems. For the traceability, the secondary standard dosimeter systems are primarily calibrated in regular periods at the Primary Standard Dosimetry Laboratory (PSDL) The Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). In addition, by reading with the standard check source, the stable reading performance of the secondary standard dosimeter system is determined and kept under records. In this manner, the performance of the standard dosimeter systems in SSDL are being checked and their traceability is provided. In consequence of these studies, the measurements of the reference and the standard dosimeter systems used in SSDL were determined to be in the expected interval. In addition to this studies, SSDL participates every year to "IAEA/WHO TLD Postal Dose Quality Audit for Co-60 Gamma Beam" intercomparison between the SSDL's which is organized by the International Atomic Energy Agency (IAEA). The participation results of the last 10 years are in the ± % 3,5 reference intervals.

Key Words: Secondary standard dosimetry, Traceability, Reference dosimeter, Standard check source, Calibration

1. GİRİŞ

Nükleer teknolojinin gelişmesine paralel olarak son yıllarda, birçok hastalığın yanında, özellikle kanser teşhis ve tedavisinde kullanılan pek çok yeni cihaz geliştirilmiştir. Tedavinin başarılı bir şekilde yapılabilmesi için, kullanılan tedavi düzeyli dozimetre sistemlerinin, belirli aralıklarla standart radyasyon kaynakları veya standart dozimetreler kullanılarak kalibre edilmeleri çok büyük önem kazanmakla birlikte zorunludur. Ayrıca iyonlaştırıcı radyasyonlar insanların duyu organları ile algılanamadığından, bunların varlığını tespit etmede ve seviyesini ölçmede, korunma amaçlı dozimetre ve radyasyon doz hızı ölçer adı verilen cihazlar kullanılmaktadır. Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇNAEM) Sekonder Standart Dozimetri Laboratuvarı (SSDL); Türkiye'nin tek ulusal laboratuvarıdır. Medikal alanda kullanılan tedavi düzeyli dozimetre sistemlerinin ve radyasyonun bulunduğu ortamlarda kullanılan korunma düzeyli radyasyon ölçer cihazların kalibrasyon hizmeti, Türkiye geneline SSDL tarafından verilmektedir. SSDL, tedavi düzeyli dozimetre sistemlerinin kalibrasyonunda, akredite olmuştur. Alınan radyasyon dozu, insan sağlığını ve tedavi kalitesini doğrudan etkilediğinden, tedavi düzeyli dozimetre sistemlerinin ve korunma düzeyli radyasyon ölçer cihazların kalibrasyonu, doğru, hassas ve güvenilir olarak yapılmalıdır. Bu anlamda SSDL'de kullanılan referans sekonder standart izlenebilir olmalıdır. Referans sekonder standardın izlenebilirliğini sağlayabilmek için;

1. Referans sekonder standart; Primer Standart Dozimetri Laboratuvarı (PSDL) "The Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)"de düzenli aralıklarla kalibre ettirilmektedir.
2. Standart kontrol kaynağı kullanılarak, sekonder standart dozimetre sistemleri ile standart laboratuvar koşullarında ve düzenli olarak, ölçümler alınmaktadır. Alınan ölçüm değerleri, tablo ve grafiklere geçirilerek, geçmiş okuma değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Böylece SSDL sekonder standart dozimetre sistemlerinin performansları ve kararlılıkları kontrol edilmektedir.
3. SSDL, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından organize edilen ve Dünyadaki SSDL'ler arasında yapılan "IAEA / WHO TLD Postal Dose Quality Audit for Co-60 Gamma Beam" adlı karşılaştırma programına düzenli olarak her yıl katılmaktadır.

2. ÇNAEM – SSDL TEDAVİ DÜZEYLİ KALİBRASYON LABORATUVARI

ÇNAEM Metroloji Birimi bünyesinde bulunan Sekonder Standart Dozimetre laboratuvarı SSDL; Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından organize edilen "İkinci Derece Standart Dozimetri Laboratuvarları" zincirine dahildir. Ülkemizde sadece SSDL'de bulunan Tedavi Düzeyli Kalibrasyon Laboratuvarında, radyasyon onkolojisi kliniklerinde kullanılan tedavi düzeyli dozimetre sistemlerinin kalibrasyonları yapılmakta ve kalibrasyon katsayıları sertifikalandırılarak verilmektedir. SSDL, tedavi düzeyli dozimetre sistemlerinin kalibrasyonunda, iki ayrı metottan TURKAK tarafından akredite edilmiştir. Akreditasyon belgeleri aşağıda verilmektedir.


TÜRK AKREDİTASYON KURUMU

AKREDİTASYON SERTİFİKASI

Kalibrasyon Laboratuvarı olarak faaliyet gösteren,

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
Çekmece Nükleer Araştırma Ve Eğitim Merkezi
Yeşilyurt Mah. Nükleer Araştırma Merkezi Yolu No:10
34303 İSTANBUL / TÜRKİYE

TÜRKAK tarafından yapılan denetim sonucunda TS EN ISO/IEC 17025:2005 Standardına göre Ek'te yer alan kapsamlarda akredite edilmiştir.

Akreditasyon No : AB-0073-K
Akreditasyon Tarihi : 18-Aralık-2010

Bu Belgenin, yukarıda açık adı ve adresi yazılı Kuruluşun TS EN ISO/IEC 17025:2005 standardına uygunluğunu sürdürmesi halinde 17 Aralık 2014 tarihine kadar geçerlidir.

ALİ BOĞA
Yönetim Kurulu Başkanı

Akkan BAŞTÜRK
Genel Sekreter

Şekil 1. Akreditasyon belgesi 1.sayfa


Akreditasyon Sertifikası Eki (Sayfa 1/1)

Akreditasyon Kapsamı

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
Çekmece Nükleer Araştırma Ve Eğitim Merkezi
Sağlık Kalibrasyon Laboratuvarı
Revizyon No: 04 Tarih: 18-Aralık-2013

KAPSAM SONU

ALİ BOĞA
Yönetim Kurulu Başkanı

Akkan BAŞTÜRK
Genel Sekreter

Şekil 2. Akreditasyon belgesi 2.sayfa

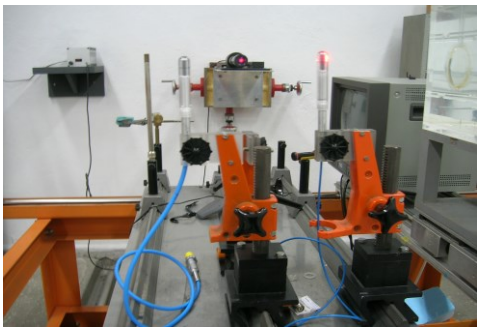
3. MATERYAL VE METOTLAR

SSDL'de, tedavi düzeyli dozimetre kalibrasyonlarında yer değiştirme metodu kullanılmaktadır**.** Bu metotta; kalibrasyonu yapılacak iyon odası veya cihaz ışın demetine dik olarak yerleştirilir. Standart iyon odası ile kalibrasyonu yapılacak olan iyon odasının sırayla aynı geometride ve standart radyasyon kaynağı karşısında okuması yapılır. Standart iyon odasının okuma değeri, kalibrasyonu yapılacak olan iyon odasının okuma değerine oranlanır.

SSDL, kalibrasyon faktörlerini oluştururken, PSDL'de kalibrasyonu yapılmış referans standart dozimetre sistemini kullandığı gibi rutin çalışmalarda, referans standart dozimetre sistemine göre kalibre edilmiş working standart dozimetre sitemi de kullanmaktadır. Bu şekilde kalibrasyon faktörü belirlenirken; öncelikle working standart dozimetre sistemi kullanarak doz okumaları yapılmaktadır. Daha sonra ise aynı ortam ve geometride yer değiştirme metodu kullanılarak kullanıcıya ait dozimetre sisteminin doz okumaları yapılmaktadır. Working standart dozimetre sistemi okuma değerleri ile kullanıcıya ait dozimetre sisteminin okuma değerleri matematiksel olarak oranlanır.



Şekil 3. Standart test kaynağı Sr-90



Şekil 4. Yer değiştirme metodu hava kerma uygulaması

Kalibrasyon katsayıları elde edilirken uluslararası protokoller dikkate alınmaktadır.

1. Tedavi düzeyli dozimetrelerin hava kerma kalibrasyonu, *IAEA TRS-277 Code of Practice* dokümanına göre gerçekleştirilmektedir.

2. Suda absorblanan doz kalibrasyonu ise, *IAEA TRS-398 Code of Practice* dokümanına göre gerçekleştirilmektedir.

Her iki yöntem TURKAK tarafından akredite edilmiştir.

3.1. SSDL'de Kullanılan Standart Dozimetre Sistemleri

Referans Standart Dozimetre Sistemi

Elektrometre: PTW Webline, Model : T10021, Seri no:122
İyon Odası : PTW Freiburg, Model : TM30013, Seri no:2483
İyon Odası : PTW Freiburg, Model : M23342, Seri no:1633
İyon Odası : PTW Freiburg, Model : TW33004, Seri no:25254

Working Standart Dozimetre Sistemi
Elektrometre : IBA-Wellhöfer, Model : Dose-1, Seri no : 7967
İyon Odası : PTW Freiburg, Model : TM30001, Seri no :1418

4. PSDL KALİBRASYONLARI

SSDL'de kullanılan referans sekonder standart dozimetre sistemi, izlenebilir olmalıdır. Bu izlenebilirliğin sağlanması için Primer Standart Dozimetri Laboratuvarında düzenli periyotlarla kalibrasyonunun yaptırılması gerekmektedir. Bunu sağlamak amacıyla, SSDL, referans standart dozimetre sisteminin kalibrasyonunu PTB de yaptırmaktadır. Kalibrasyonu yapılan referans standart dozimetre sistemine göre de; rutin çalışmalarda kullanılan working standart dozimetre sistemi, SSDL'de kalibre edilmektedir. SSDL referans standart dozimetre sistemlerinin, PTB de yaptırılan kalibrasyonlarına ait kalibrasyon sertifikaları Şekil 5, 6, 7 de verilmektedir. SSDL working standart dozimetre sisteminin referans standarda göre kalibrasyon sertifikaları Şekil 8,9'da verilmektedir.


Physikalisch-Technische Bundesanstalt PTB
Braunschweig und Berlin

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Gegenstand: Ionisation chamber with display unit

Hersteller: PTW Freiburg

Typ: Chamber: TM30013 SIN 2483
Display Unit: UNIDOS Webline T 10021 SIN0122

Kennnummer: see above

Auftraggeber: TAEK ÇNAEM SSDL Laboratory
Yarımburgaz Mah. Nükleer Araştırma Merkezi Yolu
34303 Küçükçekmece Istanbul
Turkey

Anzahl der Seiten: 5

Geschäftszeichen: 6.25 - 31/12K

Kalibrierzeichen: chamber PTB 60184-12, unit PTB 60186-12

Datum der Kalibrierung: 2012-06-07 to 2012-06-12

Im Auftrag: Braunschweig, 2012-06-27
Dr. L.Büermann

Im Auftrag
I. Warkentin


Physikalisch-Technische Bundesanstalt PTB
Braunschweig und Berlin

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Gegenstand: Ionisation chamber with display unit

Hersteller: PTW Freiburg

Typ: Chamber: M23342 SIN 1633
Display unit: UNIDOS Webline T10021 SIN0122

Kennnummer: see above

Auftraggeber: TAEK ÇNAEM SSDL Laboratory
Yarımburgaz Mah. Nükleer Araştırma Merkezi Yolu
34303 Küçükçekmece Istanbul
Turkey

Anzahl der Seiten: 5

Geschäftszeichen: 6.25 - 31/2K

Kalibrierzeichen: PTB 60185-12

Datum der Kalibrierung: 2012-06-06 to 2012-06-11

Im Auftrag: Braunschweig, 2012-06-27
Dr.L. Büermann

Im Auftrag
I. Warkentin


Physikalisch-Technische Bundesanstalt PTB
Braunschweig und Berlin

Kalibrierschein
Calibration Certificate

Gegenstand: HDR-well-type ionization chamber

Hersteller: PTW Freiburg

Typ: TW33004

Kennnummer: 25254

Auftraggeber: TAEK ÇNAEM SSDL Laboratory
Yarımburgaz Mah. Nükleer Araştırma Merkezi Yolu
34303 Küçükçekmece Istanbul
Turkey

Anzahl der Seiten: 5

Geschäftszeichen: 6.22-31/12 K

Kalibrierzeichen: PTB 60174-12

Datum der Kalibrierung: 2012-05-24

Im Auftrag: Braunschweig, 2012-06-06
M. Meier

Bearbeiter:
A. ElSmann

Şekil 5. PTW ,TM30013, 2483 kalibrasyon sertifikası

Şekil 6. PTW, M23342, 1633 kalibrasyon sertifikası

Şekil 7. PTW, TW33004, 25254 kalibrasyon sertifikası


TÜRKAK
TÜRK AKREDİTASYON KURUMU
TURKISH ACCREDITATION AGENCY

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
ÇEKMECE NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

SEKONDER STANDART DOZİMETRİ LABORATUVARI

01.08.2012 1483

Kalibrasyon Sertifikası
Calibration Certificate

Müşteri/Adres: ÇNAEM METROLOJİ BİRİMİ, SEKONDER STANDART DOZİMETRİ LABORATUVARI

İstek Numarası: -

Metre/Cihaz: Tedavi Dozimetresi / Therapy Dosimeter

Üretici/Model: Elektrometre/Electrometer: İyon Odası/Ionization Chamber
PTW

Tip: Doz/ Dose 1 30001

Seri Numarası: 7967 1418

Kalibrasyon Tarihi: 09/08/2012

Sertifika Sayfa Sayısı: 3

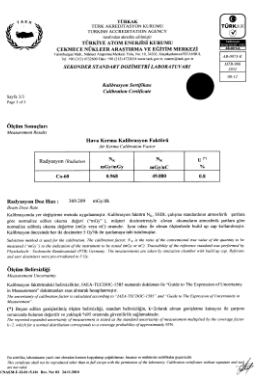
Bu kalibrasyon sertifikası, Uluslararası Birimler Sistemi'nde (SI) tanımlanmış birimleri esalın olan ulusal ölçüm standartlarına izlenebilirliği belgeler.

Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) kalibrasyon sertifikalarının tanınması konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanınma anlaşmasının imzalanmıştır.

Ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri ve kalibrasyon sonuçları bu sertifikanın tanımlayıcı kısmını teşkil eden sayfalarda verilmiştir.

Selim AYDIN
Kalibrasyon Yapan
Calibrated by

Dr. Michael KÖHLER
Müdür a.
Müdür Yardımcısı V.
Deputy Director


TÜRKAK
TÜRK AKREDİTASYON KURUMU
TURKISH ACCREDITATION AGENCY

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
ÇEKMECE NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

SEKONDER STANDART DOZİMETRİ LABORATUVARI

Kalibrasyon Sertifikası
Calibration Certificate

Ölçüm Sonuçları
Measurement Results

Hava Kovma Kalibrasyon Faktörü
Air Kerma Calibration Factor

Radyasyon /Radiation	N_K mGy/mGy	N_K mGy/nC	$U^{(*)}$ %
Co-60	0.968	49.080	0.8

Radyasyon Doz Hızı : 349.209 mGy/dk
Beam Dose Rate

Kalibrasyonda yer değiştirme metoda uygulanmıştır. Kalibrasyon faktörü N_K, SSDL çalışma standartının atmosferik şartları göre normalize edilen okuma değeri ("reçü"), mükteri dozimetresiyle olması okumalarının atmosferik şartlara göre normalize edilmiş okuma değerine (reçü veya nC) oranıdır. Referans standartın izlenebilirliği Fiziksalisch - Technische Bundesanstalt tarafından sağlanmaktadır. Su fantomundaki ölçümler su geçirmez sparat ile yönteyor. Her iki dozimetre kalibrasyon öncesinde 1 Gy'lik bir ışınlamaya tabi tutulmuştur.

Ölçüm Belirsizliği
Measurement Uncertainty

Kalibrasyon faktörünün belirsizlikleri, IAEA-TECDOC-1585 numaralı dokümanı ile "Guide to The Expression of Uncertainty in Measurement" dokümanları esas alınarak hesaplanmıştır.

The uncertainty of calibration factor is calculated according to "IAEA-TECDOC-1585" and "Guide to The Expression of Uncertainty in Measurement".

(*) Bütün sütün genişletilmiş ölçüm belirsizliği, standart belirsizliğin, k=2 olarak alınan genişletme katsayısı ile çarpımı sonucu bulunmuştur. Bu değer normal dağılımda yaklaşık %95 oranında güvenilirlik sağlamaktadır.
The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor k=2, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95%.

Selim AYDIN
Kalibrasyon Yapan
Calibrated by

Dr. Michael KÖHLER
Müdür a.
Müdür Yardımcısı V.
Deputy Director


TÜRKAK
TÜRK AKREDİTASYON KURUMU
TURKISH ACCREDITATION AGENCY

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
ÇEKMECE NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

SEKONDER STANDART DOZİMETRİ LABORATUVARI

Kalibrasyon Sertifikası
Calibration Certificate

Müşteri/Adres: ÇNAEM METROLOJİ BİRİMİ, SEKONDER STANDART DOZİMETRİ LABORATUVARI

İstek Numarası: -

Metre/Cihaz: Tedavi Dozimetresi / Therapy Dosimeter

Üretici/Model: Elektrometre/Electrometer: İyon Odası/Ionization Chamber
PTW

Tip: Doz/ Dose 1 30001

Seri Numarası: 7967 1418

Kalibrasyon Tarihi: 08/08/2012

Sertifika Sayfa Sayısı: 3

Bu kalibrasyon sertifikası, Uluslararası Birimler Sistemi'nde (SI) tanımlanmış birimleri esalın olan ulusal ölçüm standartlarına izlenebilirliği belgeler.

Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) kalibrasyon sertifikalarının tanınması konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanınma anlaşmasının imzalanmıştır.

Ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri ve kalibrasyon sonuçları bu sertifikanın tanımlayıcı kısmını teşkil eden sayfalarda verilmiştir.

Selim AYDIN
Kalibrasyon Yapan
Calibrated by

Dr. Michael KÖHLER
Müdür a.
Müdür Yardımcısı V.
Deputy Director


TÜRKAK
TÜRK AKREDİTASYON KURUMU
TURKISH ACCREDITATION AGENCY

TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU
ÇEKMECE NÜKLEER ARAŞTIRMA VE EĞİTİM MERKEZİ

SEKONDER STANDART DOZİMETRİ LABORATUVARI

Kalibrasyon Sertifikası
Calibration Certificate

Ölçüm Sonuçları
Measurement Results

Suda Absorblanan Doz Kalibrasyon Faktörü
Absorbed Dose to Water Calibration Factor

Radyasyon /Radiation	N_{DW} mGy/nC	N_{DW} mGy/nC	$U^{(*)}$ %
Co-60	1.040	53.618	0.7

Radyasyon Doz Hızı : 362.379 mGy/dk
Beam Dose Rate

Kalibrasyonda yer değiştirme metoda uygulanmıştır. Kalibrasyon faktörü N_{DW}, SSDL çalışma standartının atmosferik şartları göre normalize edilen okuma değeri ("reçü"), mükteri dozimetresiyle alınan okumalarını atmosferik şartlara göre normalize edilmiş okuma değerine (reçü veya nC) oranıdır. Referans standartın izlenebilirliği Physikalisch - Technische Bundesanstalt tarafından sağlanmaktadır. Su fantomundaki ölçümler su geçirmez sparat ile yönteyor. Her iki dozimetre kalibrasyon öncesinde 1 Gy'lik bir ışınlamaya tabi tutulmuştur.

Ölçüm Belirsizliği
Measurement Uncertainty

Kalibrasyon faktörünün belirsizlikleri, IAEA-TECDOC-1585 numaralı dokümanı ile "Guide to The Expression of Uncertainty in Measurement" dokümanları esas alınarak hesaplanmıştır.

The uncertainty of calibration factor is calculated according to "IAEA-TECDOC-1585" and "Guide to The Expression of Uncertainty in Measurement".

(*) Bütün sütün genişletilmiş ölçüm belirsizliği, standart belirsizliğin, k=2 olarak alınan genişletme katsayısı ile çarpımı sonucu bulunmuştur. Bu değer normal dağılımda yaklaşık %95 oranında güvenilirlik sağlamaktadır.
The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor k=2, which for a normal distribution corresponds to a coverage probability of approximately 95%.

Şekil 8. PTW 30001#1418 iyon odası için N_K kalibrasyon sertifikası

Şekil 9. PTW 30001#1418 iyon odası için N_{DW} Kalibrasyon Sertifikası

5. STANDART KONTROL KAYNAĞI ÖLÇÜMLERİ

SSDL, tedavi düzeyli referans ve working standart dozimetre sistemlerinin izlenebilirliği için standart kontrol kaynakları kullanarak düzenli aralıklarla ölçümler almaktadır. Bunun için öncelikle referans ve working standart dozimetre sistemleri ile başlangıç aktivitesi belli standart kaynak kullanarak ölçüm düzenekleri hazırlanmaktadır. Hazırlanan ölçüm düzeneğinden, standart laboratuvar koşullarında ölçümler alınmaktadır. Alınan ölçüm değerleri, tablo ve grafiklere geçirilerek, geçmiş okuma değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Böylece SSDL referans ve standart dozimetre sistemlerinin performansları ve kararlılıkları kontrol edilerek izlenebilmektedir.

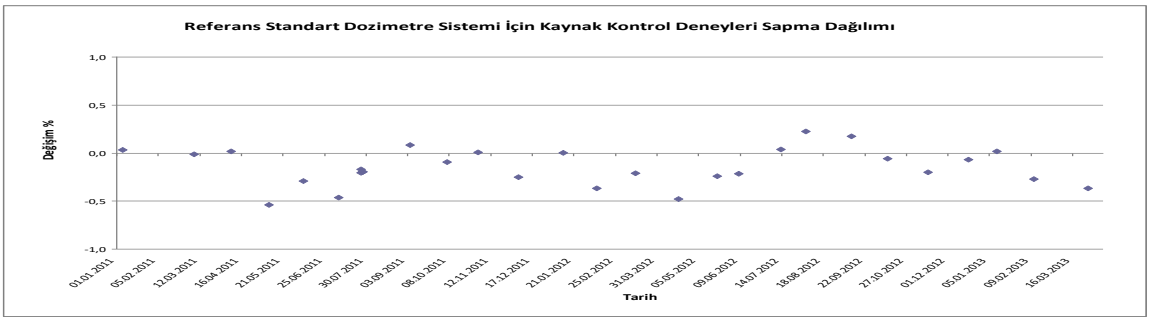
5.1. Referans Standart Dozimetre Sisteminin Standart Kontrol Kaynağı Ölçüm Sonuçları

Tablo 1, SSDL referans dozimetre sisteminin performansını ve kararlılığını gösteren standart kontrol kaynağı ölçüm değerleri vermektedir. Şekil 10 de ise ölçüm sonuçlarının grafiğe dönüştürülmüş hali gösterilmektedir. Ölçüm sonuçları arasındaki sapmalar, beklenen ve istenilen aralıkta kalmaktadır.

Tablo 1. Referans standart dozimetre sisteminin standart kontrol kaynağı ölçüm değerleri.

ELEKTROMETRE : PTW UNIDOS WEBLINE T-10021# 122
İYON ODASI : PTW TM30013#2483
TEST KAYNAĞI : Sr-90 PTW 23261#149 (SSDL:1)
TERMOMETRE : Referans Termometre
CİHAZ DURUMU : Yüksek Voltaj=+400V Q=Ka N=4.987E+07 Gy/C

Referans Tarih		**Referans Değer**		**3,503**	**nC/300 sn**
25.11.2009		**Standart sapma**		**0,006**	
Tarih	**Dozimetre okuması (nC/300 s)**	**Gün Sayısı**	**Bozunma Faktörü**	**Düzeltilen okuma (nC/300 s)**	**% HATA**
06.01.2011	3,411	407,00	0,973	3,504	0,03
07.03.2011	3,396	467,00	0,970	3,503	-0,01
07.04.2011	3,390	498,00	0,968	3,504	0,02
09.05.2011	3,364	530,00	0,966	3,484	-0,54
07.06.2011	3,366	559,00	0,964	3,493	-0,29
07.07.2011	3,354	589,00	0,962	3,487	-0,46
26.07.2011	3,359	608,00	0,961	3,497	-0,17
26.07.2011	3,358	608,00	0,961	3,496	-0,21
27.07.2011	3,358	609,00	0,961	3,496	-0,19
27.07.2011	3,358	609,00	0,961	3,496	-0,19
05.09.2011	3,359	649,00	0,958	3,506	0,08
06.10.2011	3,346	680,00	0,956	3,500	-0,09
01.11.2011	3,343	706,00	0,954	3,503	0,01
05.12.2011	3,327	740,00	0,952	3,494	-0,25
12.01.2012	3,327	778,00	0,950	3,503	0,00
09.02.2012	3,309	806,00	0,948	3,490	-0,37
13.03.2012	3,307	839,00	0,946	3,496	-0,21
18.04.2012	3,290	875,00	0,944	3,486	-0,48
21.05.2012	3,291	908,00	0,942	3,495	-0,24
08.06.2012	3,288	926,00	0,941	3,495	-0,22
13.07.2012	3,288	961,00	0,938	3,504	0,04
03.08.2012	3,290	982,00	0,937	3,511	0,23
11.09.2012	3,280	1021,00	0,935	3,509	0,18
11.10.2012	3,266	1051,00	0,933	3,501	-0,06
14.11.2012	3,254	1085,00	0,931	3,496	-0,20
18.12.2012	3,251	1119,00	0,929	3,501	-0,07
11.01.2013	3,249	1143,00	0,927	3,504	0,02
11.02.2013	3,233	1174,00	0,925	3,494	-0,27
29.03.2013	3,220	1220,00	0,922	3,490	-0,37
29.04.2013	3,218	1251,00	0,921	3,496	-0,20



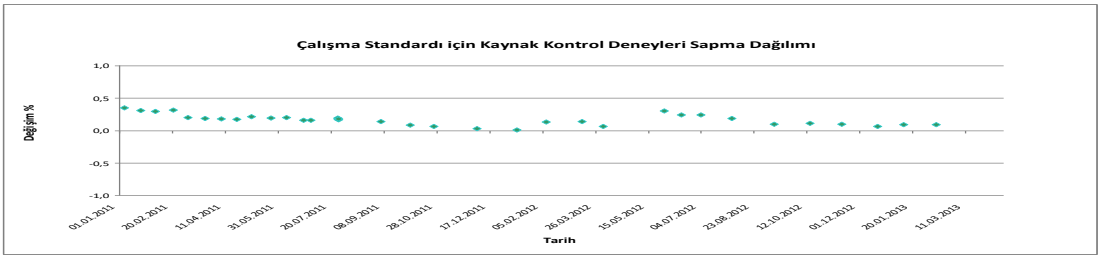
Şekil 10. Referans dozimetrenin, kontrol kaynağı test ölçümleri dağılımı.

5.2. Working Standart Dozimetre Sistemi Standart Kontrol Kaynağı Ölçümü

Tablo 2'de, working standart dozimetre sisteminin, belirli aralıklarla yapılan standart kontrol kaynağı ölçüm sonuçları verilmektedir. Şekil 11 de ise working standart dozimetre sisteminin, performansını ve kararlılığını izleyebilmek için ölçüm sonuçları, grafiksel olarak gösterilmektedir.

Tablo 2. Working standart dozimetre sisteminin standart kontrol kaynağı ölçüm değerleri.

ELEKTROMETRE : WELLHÖFER DOSE 1 # 7967 **İYON ODASI :** PTW 30001#1418 **TEST KAYNAĞI :** Sr-90 2503-3#1878 (SSDL:6) **TERMOMETRE :** NPL 155 **CİHAZ DURUMU :** Factor=1.00 Sensitivity=19.40 nc/Gy Bias Voltage= +399 V					
Referans Tarih		Referans Değer		6,277	nC/300 sn
19.11.2009		Standart sapma		0,002	
Tarih	**Dozimetre okuması (nC/300 s)**	**Gün Sayısı**	**Bozunma Faktörü**	**Düzeltilen okuma (nC/300 s)**	**% HATA**
06.01.2011	6,129	413,00	0,973	6,299	0,35
21.01.2011	6,121	428,00	0,972	6,296	0,31
04.02.2011	6,114	442,00	0,971	6,296	0,29
21.02.2011	6,109	459,00	0,970	6,297	0,32
07.03.2011	6,096	473,00	0,969	6,290	0,20
23.03.2011	6,089	489,00	0,968	6,289	0,18
07.04.2011	6,082	504,00	0,967	6,288	0,18
22.04.2011	6,076	519,00	0,966	6,288	0,17
06.05.2011	6,073	533,00	0,965	6,291	0,22
24.05.2011	6,064	551,00	0,964	6,289	0,19
08.06.2011	6,058	566,00	0,963	6,290	0,20
24.06.2011	6,050	582,00	0,962	6,287	0,16
01.07.2011	6,047	589,00	0,962	6,287	0,16
26.07.2011	6,038	614,00	0,960	6,288	0,18
26.07.2011	6,039	614,00	0,960	6,290	0,20
27.07.2011	6,037	615,00	0,960	6,287	0,16
27.07.2011	6,038	615,00	0,960	6,288	0,18
05.09.2011	6,019	655,00	0,958	6,286	0,14
03.10.2011	6,005	683,00	0,956	6,283	0,09
25.10.2011	5,995	705,00	0,954	6,281	0,06
05.12.2011	5,977	746,00	0,952	6,279	0,03
12.01.2012	5,961	784,00	0,949	6,278	0,01
08.02.2012	5,957	811,00	0,948	6,286	0,13
13.03.2012	5,944	845,00	0,946	6,286	0,14
02.04.2012	5,932	865,00	0,944	6,281	0,07
30.05.2012	5,923	923,00	0,941	6,296	0,30
15.06.2012	5,913	939,00	0,940	6,292	0,24
04.07.2012	5,906	958,00	0,939	6,292	0,24
02.08.2012	5,891	987,00	0,937	6,289	0,19
11.09.2012	5,871	1027,00	0,934	6,284	0,10
15.10.2012	5,858	1061,00	0,932	6,284	0,11
14.11.2012	5,846	1091,00	0,930	6,284	0,10
18.12.2012	5,831	1125,00	0,928	6,281	0,06
11.01.2013	5,823	1149,00	0,927	6,283	0,09
11.02.2013	5,811	1180,00	0,925	6,283	0,09
29.03.2013	5,798	1226,00	0,922	6,287	0,16
29.04.2013	5,788	1257,00	0,920	6,290	0,21



Şekil 11. Working dozimetrenin, kontrol kaynağı test ölçümleri dağılımı.

6. REFERANS ve WORKING STANDART DOZİMETRE SİSTEMLERİNİN TEST ÖLÇÜMLERİ

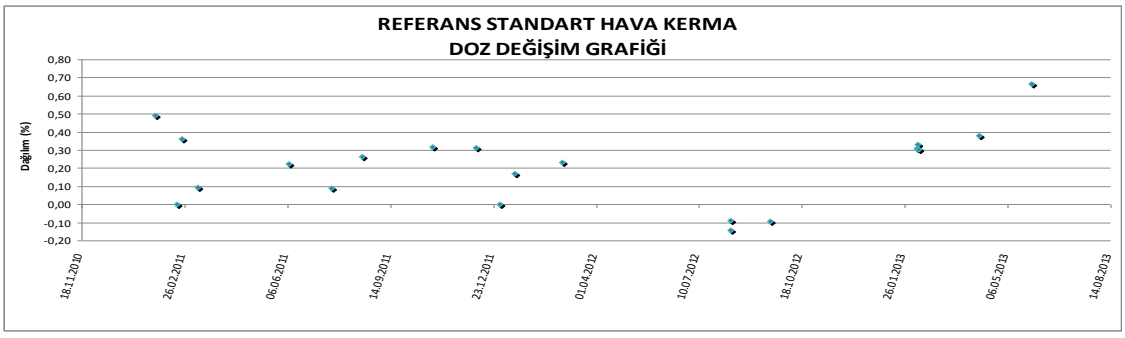
Tedavi düzeyli referans standart ve working standart dozimetre sistemlerinin doz okuma kararlılığını izleyebilmek için belirli aralıklarla ölçümler alınmaktadır. Bunun için TURKAK tarafından akredite edilen, hava kerma ve suda absorblanan doz kalibrasyon yöntemlerine göre standart ölçüm düzenekleri hazırlanmaktadır. Ölçümler, referans sıcaklık (±20 ^{o}C) ve basınca (1013,25 mbar/760 mmHg) normalize edilmektedir.

6.1. Referans Standart Dozimetre Sisteminin Ölçüm Sonuçları

SSDL referans standart dozimetre sisteminin, kararlılığını izleyebilmek amacıyla belirli aralıklarla alınan hava kerma ve suda absorblanan doz okuma ölçüm sonuçları tablo ve grafiklerle verilmektedir. Tablo 3 de, referans dozimetre sisteminin hava kerma doz okuma ölçüm değerleri verilmektedir. Şekil 12 de ise hava kerma doz okuma ölçüm değerleri arasındaki değişim grafiksel olarak gösterilmektedir. Tablo 4 de referans dozimetre sisteminin suda absorblanan doz okuma ölçüm değerleri verilmektedir. Şekil 13 de ise suda absorblanan doz okuma ölçüm değerleri arasındaki değişim grafiksel olarak gösterilmektedir. Grafiklerden de görüldüğü üzere ölçüm sonuçları arasındaki dağılım beklenilen ve istenilen aralıkta kalmıştır.

Tablo 3. SSDL referans dozimetre sisteminin hava kerma doz ölçüm değerleri.

ELEKTROMETRE : PTW UNIDOS WEBLINE T10021 #122 + PTW 30013 # 2483 SSD= 100 cm FS= 10x10 cm Timer= Co-60 timer					
Hava Kerma Değerleri		Geçen Gün	Dikey Faktörü	Düzeltilen	% HATA
Tarih	nC/dk	Sayısı		nC/dk	
28.01.2011	8,538	-21,00	1,0076	8,474	0,49
18.02.2011	8,432	0,00	1,0000	8,432	0,00
23.02.2011	8,448	5,00	0,9982	8,463	0,36
11.03.2011	8,377	21,00	0,9924	8,440	0,10
07.06.2011	8,125	109,00	0,9614	8,451	0,22
19.07.2011	7,992	151,00	0,9470	8,440	0,09
17.08.2011	7,923	180,00	0,9371	8,454	0,26
25.10.2011	7,732	249,00	0,9140	8,459	0,32
06.12.2011	7,615	291,00	0,9003	8,459	0,31
29.12.2011	8,018	314,00	0,8929	8,980	0,00
13.01.2012	7,988	329,00	0,8880	8,996	0,17
28.02.2012	7,861	375,00	0,8734	9,001	0,23
09.08.2012	7,385	538,00	0,8235	8,967	-0,14
09.08.2012	7,389	538,00	0,8235	8,972	-0,09
17.09.2012	7,285	577,00	0,8120	8,972	-0,09
06.02.2013	6,949	719,00	0,7714	9,008	0,31
07.02.2013	6,948	720,00	0,7711	9,010	0,33
08.02.2013	6,944	721,00	0,7709	9,007	0,31
08.04.2013	6,802	780,00	0,7546	9,014	0,38
29.05.2013	6,697	831,00	0,7409	9,040	0,67

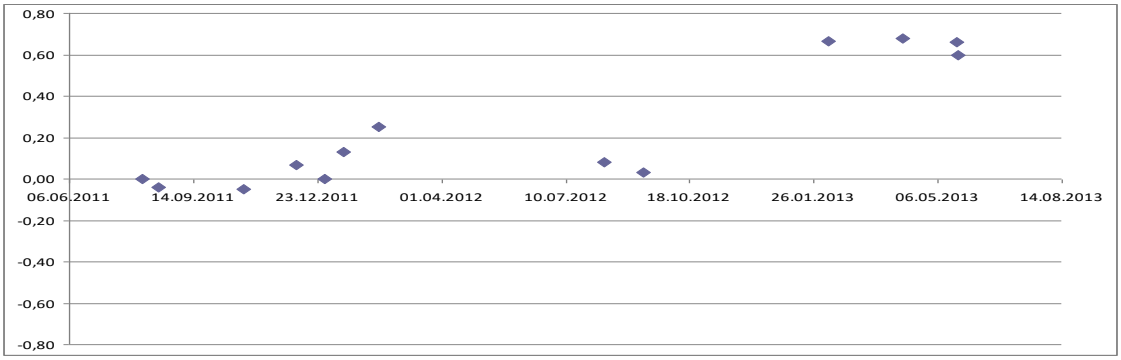


Şekil 12. Referans dozimetre sisteminin, hava kerma doz ölçüm değerlerindeki değişim grafiği.

Tablo 4. SSDL referans dozimetre sisteminin suda absorblanan doz ölçüm değerleri.

ELEKTROMETRE : PTW UNIDOS WEBLINE T10021 # 121 + PTW 30013# 2483
SSD= 95 +5 cm IAEA Su Fantomu FS= 10x10 cm Timer= Co-60 timer

Hava Kerma Değerleri		Geçen Gün	Dikey Faktörü	Düzeltilen	% HATA
Tarih	nC/dk	Sayısı		nC/dk	
04.08.2011	7,287	0,00	1,00	7,287	0,00
17.08.2011	7,250	13,00	1,00	7,284	-0,04
24.10.2011	7,074	81,00	0,97	7,283	-0,05
06.12.2011	6,973	124,00	0,96	7,292	0,07
29.12.2011	7,297	147,00	0,95	7,695	0,00
13.01.2012	7,267	162,00	0,94	7,705	0,13
10.02.2012	7,203	190,00	0,93	7,714	0,25
10.08.2012	6,733	372,00	0,87	7,701	0,08
11.09.2012	6,653	404,00	0,86	7,697	0,03
06.02.2013	6,350	552,00	0,82	7,750	0,72
07.02.2013	6,344	553,00	0,82	7,746	0,66
08.02.2013	6,345	554,00	0,82	7,749	0,71
08.04.2013	6,209	613,00	0,80	7,747	0,68
21.05.2013	6,112	656,00	0,79	7,745	0,66
22.05.2013	6,107	657,00	0,79	7,741	0,60



Şekil 13. Referans dozimetre sisteminin, suda absorblanan doz ölçüm değerlerindeki değişim grafiği.

6.2. Working Standart Dozimetre Sisteminin Ölçüm Sonuçları

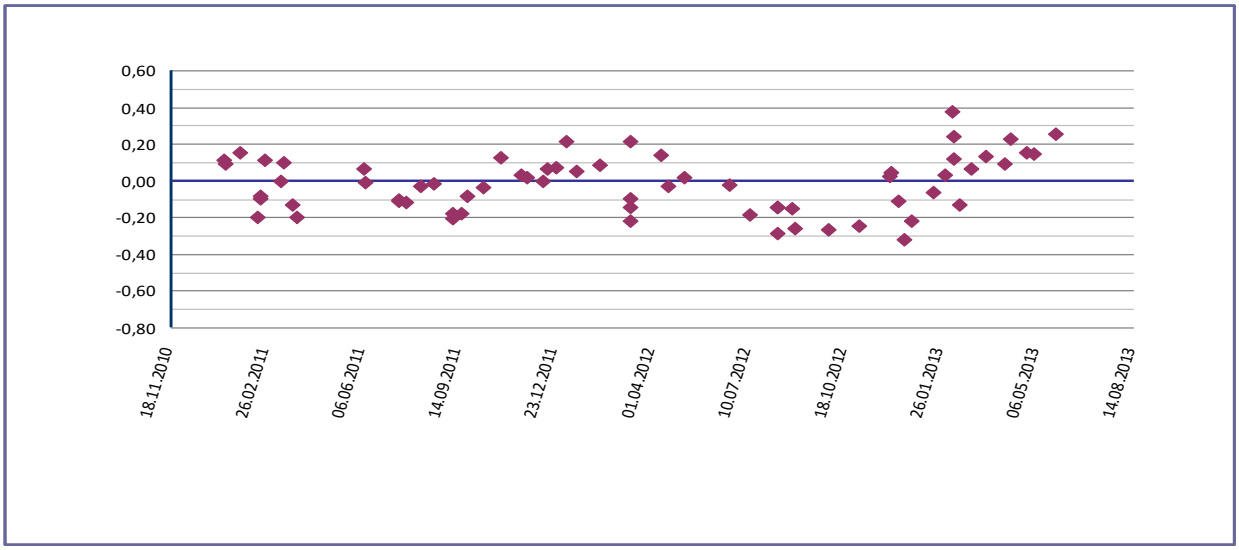
Working standart dozimetre sisteminin kararlılığını izleyebilmek amacıyla, düzenli olarak belirli aralıklarla doz okuma ölçümleri alınmıştır. Tablo 5 te, working standart dozimetre sisteminin hava kerma doz okuma ölçüm değerleri verilmektedir. Şekil 14 de ise working standart hava kerma doz okuma ölçüm değerleri arasındaki değişim grafiksel olarak gösterilmektedir. Tablo 6 da working standart dozimetre sisteminin suda absorblanan doz okuma ölçüm değerleri verilmektedir. Şekil 15 de ise working standart suda absorblanan doz okuma ölçüm değerleri arasındaki değişim grafiksel olarak gösterilmektedir. Grafiklerden de görüldüğü gibi ölçüm sonuçları arasındaki sapma dağılımı beklenilen ve istenilen aralıkta kalmıştır.

Tablo 5. Working standart dozimetre sisteminin hava kerma doz ölçüm değerleri.

ELEKTROMETRE : WELLHÖFER DOSE 1 # 7967 + PTW 30001# 1418
SSD= 100 cm FS= 10x10 cm Timer= Co-60 timer

Hava Kerma Değerleri		Geçen Gün	Dikey Faktörü	Düzeltilen	% HATA
Tarih	nC/dk	Sayısı		mGy/nC	
11.01.2011	8,609	-59,000	1,022	8,43	0,11
13.01.2011	8,601	-57,000	1,021	8,43	0,09
28.01.2011	8,560	-42,000	1,015	8,43	0,15
16.02.2011	8,472	-23,000	1,008	8,40	-0,20
18.02.2011	8,474	-21,000	1,008	8,41	-0,10

18.02.2011	8,475	-21,000	1,008	8,41	-0,09
23.02.2011	8,477	-16,000	1,006	8,43	0,11
11.03.2011	8,418	0,000	1,000	8,42	0,00
14.03.2011	8,418	3,000	0,999	8,43	0,10
24.03.2011	8,368	13,000	0,995	8,41	-0,13
28.03.2011	8,350	17,000	0,994	8,40	-0,20
06.06.2011	8,164	87,000	0,969	8,42	0,07
07.06.2011	8,155	88,000	0,969	8,42	-0,01
12.07.2011	8,044	123,000	0,957	8,41	-0,11
12.07.2011	8,044	123,000	0,957	8,41	-0,11
19.07.2011	8,023	130,000	0,954	8,41	-0,12
03.08.2011	7,987	145,000	0,949	8,42	-0,03
17.08.2011	7,947	159,000	0,944	8,42	-0,02
06.09.2011	7,878	179,000	0,937	8,40	-0,18
06.09.2011	7,875	179,000	0,937	8,40	-0,20
15.09.2011	7,852	188,000	0,934	8,40	-0,18
21.09.2011	7,843	194,000	0,932	8,41	-0,08
07.10.2011	7,801	210,000	0,927	8,42	-0,03
26.10.2011	7,760	229,000	0,921	8,43	0,13
16.11.2011	7,694	250,000	0,914	8,42	0,03
22.11.2011	7,676	256,000	0,912	8,42	0,01
09.12.2011	**8,095**	**0,00**	**1,000**	**8,095**	**0,00**
13.12.2011	8,089	4,00	0,999	8,100	0,06
22.12.2011	8,063	13,00	0,995	8,101	0,07
02.01.2012	8,042	24,00	0,991	8,112	0,21
13.01.2012	7,998	35,00	0,987	8,099	0,05
06.02.2012	7,931	59,00	0,979	8,102	0,08
08.03.2012	7,853	90,00	0,968	8,112	0,21
08.03.2012	7,825	90,00	0,968	8,084	-0,14
08.03.2012	7,819	90,00	0,968	8,077	-0,22
08.03.2012	7,829	90,00	0,968	8,087	-0,10
09.04.2012	7,757	122,00	0,957	8,106	0,14
17.04.2012	7,722	130,00	0,954	8,093	-0,03
03.05.2012	7,681	146,00	0,949	8,097	0,02
20.06.2012	7,546	194,00	0,932	8,093	-0,02
11.07.2012	7,477	215,00	0,925	8,080	-0,18
08.08.2012	7,404	243,00	0,916	8,083	-0,15
09.08.2012	7,392	244,00	0,916	8,072	-0,28
09.08.2012	7,402	244,00	0,916	8,083	-0,14
24.08.2012	7,362	259,00	0,911	8,083	-0,15
27.08.2012	7,346	262,00	0,910	8,074	-0,26
01.10.2012	7,253	297,00	0,898	8,074	-0,26
01.11.2012	7,174	328,00	0,888	8,075	-0,24
03.12.2012	7,111	360,00	0,878	8,097	0,03
04.12.2012	7,110	361,00	0,878	8,099	0,05
12.12.2012	7,078	369,00	0,875	8,086	-0,11
18.12.2012	7,048	375,00	0,873	8,069	-0,32
26.12.2012	7,034	383,00	0,871	8,077	-0,22
17.01.2013	6,990	405,00	0,86	8,090	-0,06
29.01.2013	6,966	417,00	0,86	8,098	0,03
06.02.2013	6,970	425,00	0,86	8,125	0,37
07.02.2013	6,958	426,00	0,86	8,114	0,24
08.02.2013	6,947	427,00	0,86	8,105	0,12
14.02.2013	6,915	433,00	0,86	8,085	-0,13
25.02.2013	6,901	444,00	0,85	8,100	0,06
13.03.2013	6,866	460,00	0,85	8,106	0,14
01.04.2013	6,816	479,00	0,84	8,103	0,09
08.04.2013	6,808	486,00	0,84	8,113	0,23
24.04.2013	6,764	502,00	0,83	8,108	0,16
02.05.2013	6,744	510,00	0,83	8,107	0,15
24.05.2013	6,698	532,00	0,83	8,116	0,26



Şekil 14. Working standart dozimetre sisteminin, hava kerma ölçüm değerlerindeki değişimin grafiksel olarak gösterimi.

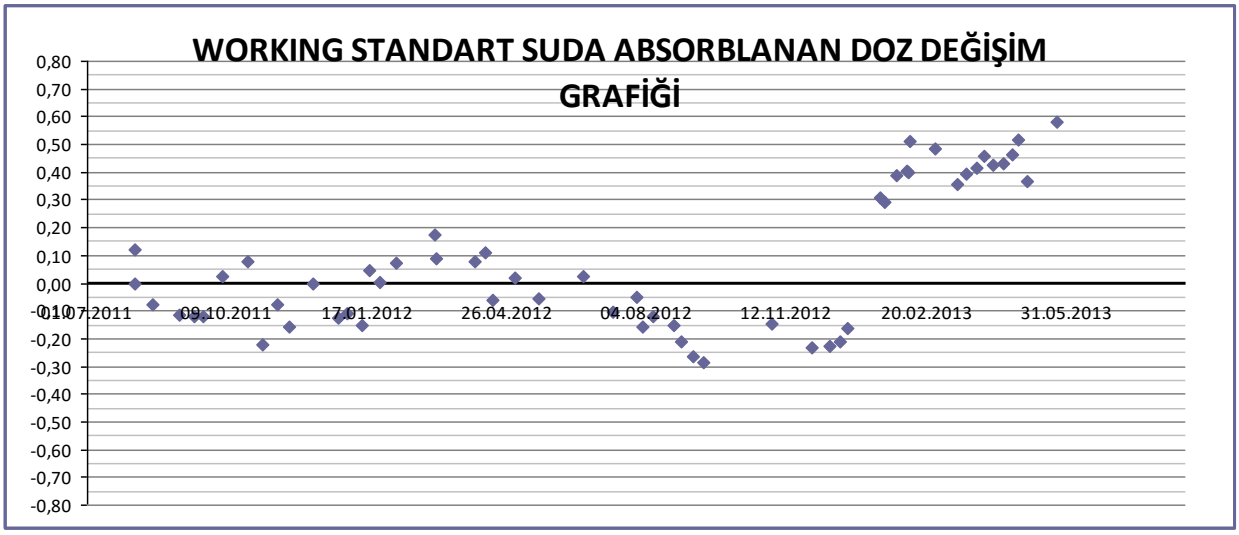
Tablo 6. Working standart dozimetre sisteminin suda absorblanan doz ölçüm değerleri.

ELEKTROMETRE : WELLHÖFER DOSE 1 # 7967 + PTW 3001# 1418
SSD= 95 +5 cm IAEA Su Fantomu FS= 10x10 cm Timer= Co-60 timer

Su Fant. Absorlanan Doz Değerleri		Geçen Gün	Dikey Faktörü	Düzeltilen nC/dk	% HATA
Tarih	nC/dk	Sayısı			
04.08.2011	7,317	0,00	1,0000	7,317	0,12
04.08.2011	7,308	0,00	1,0000	7,308	0,00
17.08.2011	7,268	13,00	0,9953	7,302	-0,08
05.09.2011	7,216	32,00	0,9885	7,300	-0,11
15.09.2011	7,189	42,00	0,9850	7,299	-0,12
22.09.2011	7,171	49,00	0,9825	7,299	-0,12
06.10.2011	7,146	63,00	0,9775	7,310	0,03
24.10.2011	7,103	81,00	0,9712	7,314	0,08
03.11.2011	7,056	91,00	0,9677	7,292	*-0,22
14.11.2011	7,038	102,00	0,9639	7,302	*-0,08
22.11.2011	7,012	110,00	0,9611	7,296	-0,16
09.12.2011	**7,387**	**0,00**	**1,0000**	**7,387**	***0,00**
27.12.2011	7,330	18,00	0,9935	7,378	-0,13
03.01.2012	7,313	25,00	0,9910	7,379	-0,11
13.01.2012	7,283	35,00	0,9874	7,376	-0,15
19.01.2012	7,282	41,00	0,9853	7,390	0,05
26.01.2012	7,260	48,00	0,9828	7,387	0,00
07.02.2012	7,234	60,00	0,9786	7,392	0,07
05.03.2012	7,171	87,00	0,9691	7,400	0,17
06.03.2012	7,162	88,00	0,9687	7,394	0,09
03.04.2012	7,090	116,00	0,9590	7,393	*0,08
10.04.2012	7,074	123,00	0,9566	7,395	0,11
16.04.2012	7,047	129,00	0,9545	7,383	-0,06
02.05.2012	7,012	145,00	0,9490	7,388	0,02
18.05.2012	6,966	161,00	0,9435	7,383	-0,05
19.06.2012	6,892	193,00	0,9327	7,389	*0,03
10.07.2012	6,831	214,00	0,9257	7,379	-0,11
27.07.2012	6,793	231,00	0,9200	7,383	-0,05
01.08.2012	6,773	236,00	0,9183	7,375	-0,16
08.08.2012	6,758	243,00	0,9160	7,378	-0,12
23.08.2012	6,720	258,00	0,9111	7,376	-0,15
28.08.2012	6,704	263,00	0,9094	7,371	*-0,21
06.09.2012	6,678	272,00	0,9065	7,367	-0,27
13.09.2012	6,660	279,00	0,9042	7,366	-0,29
08.10.2012	6,586	304,00	0,8961	7,349	-0,51

01.11.2012	6,553	328,00	0,8884	7,376	-0,15
30.11.2012	6,479	357,00	0,8791	7,370	-0,24
12.12.2012	6,451	369,00	0,8753	7,370	-0,23
20.12.2012	6,434	377,00	0,8728	7,372	-0,21
25.12.2012	6,425	382,00	0,8712	7,375	-0,16
18.01.2013	6,400	406,00	0,8637	7,410	*0,31
21.01.2013	6,392	409,00	0,8628	7,409	0,29
29.01.2013	6,380	417,00	0,8603	7,416	0,39
06.02.2013	6,362	425,00	0,8578	7,417	0,40
07.02.2013	6,360	426,00	0,8575	7,417	0,40
08.02.2013	6,364	427,00	0,8572	7,425	0,51
26.02.2013	6,321	445,00	0,8516	7,423	0,48
14.03.2013	6,277	461,00	0,8467	7,413	0,35
20.03.2013	6,266	467,00	0,8449	7,416	0,39
27.03.2013	6,251	474,00	0,8428	7,418	0,42
02.04.2013	6,240	480,00	0,8409	7,421	0,46
08.04.2013	6,225	486,00	0,8391	7,419	0,43
15.04.2013	6,209	493,00	0,8370	7,419	0,43
22.04.2013	6,196	500,00	0,8349	7,421	0,46
26.04.2013	6,190	504,00	0,8337	7,425	0,52
02.05.2013	6,168	510,00	0,8319	7,414	0,37
24.05.2013	6,132	532,00	0,8253	7,430	0,58

(*) Set-up değişikliği olduğunu gösterir.



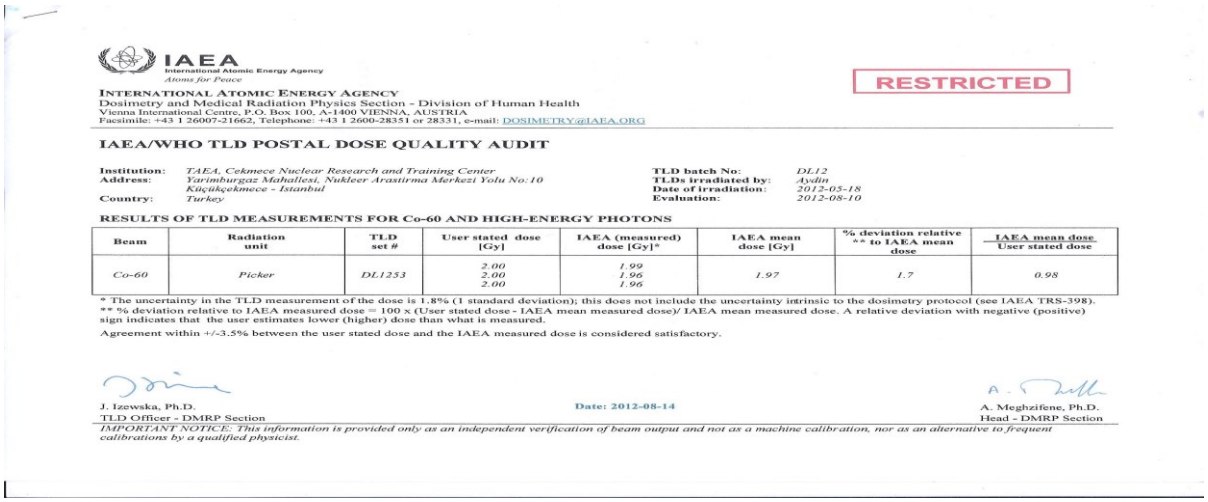
Şekil 15. Working standart dozimetre sisteminin, suda absorblanan doz ölçüm değerlerindeki değişimin grafiksel olarak gösterimi.

7. "IAEA/WHO TLD POSTAL DOSE QUALITY AUDIT for Co-60 GAMMA BEAM" DOZ KARŞILAŞTIRMA PROGRAMI SONUÇLARI

"IAEA/WHO TLD Postal Dose Quality Audit for Co-60 Gamma Beam"; Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından organize edilen ve dünyadaki SSDL'ler arasında yapılan bir karşılaştırma programıdır (Intercomparison). SSDL, bu karşılaştırma programına düzenli olarak her yıl katılmaktadır. Tablo 7 den de görüleceği üzere SSDL için karşılaştırma programı sonucunda belirlenen 1998-2011 sapma değerleri maksimum ± % 1,5 değer aralığı içerisinde kalmıştır. Şekil 16 ve 17de görüldüğü gibi 2012 karşılaştırma programı sonucu da aynı aralık içerisindedir. Uluslararası kabul gören sapma aralığının ± % 3,5 olduğu dikkate alındığında karşılaştırma programı sonuçları oldukça başarılıdır.

Tablo 7. "IAEA / WHO TLD Postal Dose Quality Audit for Co-60 Gamma Beam" doz karşılaştırma programı sonuçları.

Tarih	Kullanılan ışın	Kullanıcı Dozu (Gy)	IAEA Dozu (Gy)	IAEA Dozuna Bağlı Sapma %
06.02.1998	Co-60	2,000	2,008	-0,4
03.02.1999	Co-60	2,008	2,000	0,4
22.12.1999	Co-60	2,000	2,002	-0,1
26.01.2001	Co-60	2,000	2,014	-0,7
03.03.2003	Co-60	2,000	2,022	-1,1
04.02.2004	Co-60	2,006	2,000	0,3
07.03.2005	Co-60	2,000	2,030	-1,5
06.02.2006	Co-60	2,000	2,018	-0,9
27.06.2007	Co-60	2,000	2,026	-1,3
29.07.2008	Co-60	2,000	2,012	-0,6
26.11.2009	Co-60	2,000	2,012	-0,6
05.10.2010	Co-60	2,000	2,020	-1,0
03.08.2011	Co-60	2,010	2,000	0,5



IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms for Peace

RESTRICTED

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
Dosimetry and Medical Radiation Physics Section - Division of Human Health
Vienna International Centre, P.O. Box 100, A-1400 VIENNA, AUSTRIA
Facsimile: +43 1 26007-21662, Telephone: +43 1 2600-28351 or 28331, e-mail: DOSIMETRY@IAEA.ORG

IAEA/WHO TLD POSTAL DOSE QUALITY AUDIT

Institution: *TAEA, Cekmece Nuclear Research and Training Center*
Address: *Yarimburgaz Mahallesi, Nukleer Arastirma Merkezi Yolu No:10 Küçükçekmece - Istanbul*
Country: *Turkey*

TLD batch No: *DL12*
TLDs irradiated by: *Aydin*
Date of irradiation: *2012-05-18*
Evaluation: *2012-08-10*

RESULTS OF TLD MEASUREMENTS FOR Co-60 AND HIGH-ENERGY PHOTONS

Beam	Radiation unit	TLD set #	User stated dose [Gy]	IAEA (measured) dose [Gy]*	IAEA mean dose [Gy]	% deviation relative ** to IAEA mean dose	IAEA mean dose / User stated dose
Co-60	*Picker*	*DL1253*	*2.00* *2.00* *2.00*	*1.99* *1.96* *1.96*	*1.97*	*1.7*	*0.98*

* The uncertainty in the TLD measurement of the dose is 1.8% (1 standard deviation); this does not include the uncertainty intrinsic to the dosimetry protocol (see IAEA TRS-398).
** % deviation relative to IAEA measured dose = 100 x (User stated dose - IAEA mean measured dose)/ IAEA mean measured dose. A relative deviation with negative (positive) sign indicates that the user estimates lower (higher) dose than what is measured.
Agreement within +/-3.5% between the user stated dose and the IAEA measured dose is considered satisfactory.

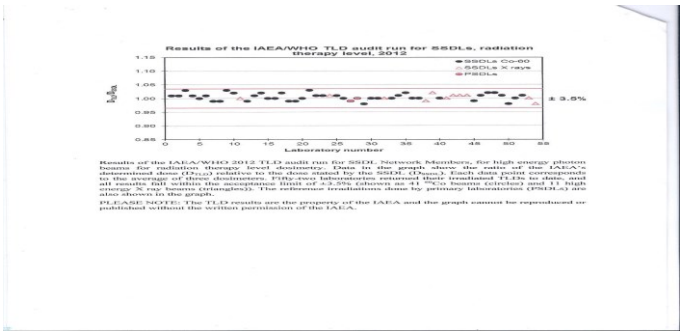
J. Izewska, Ph.D.
TLD Officer - DMRP Section

Date: 2012-08-14

A. Meghzifene, Ph.D.
Head - DMRP Section

IMPORTANT NOTICE: This information is provided only as an independent verification of beam output and not as a machine calibration, nor as an alternative to frequent calibrations by a qualified physicist.

Şekil 16. 2012 yılı "IAEA / WHO TLD Postal Dose Quality Audit for Co-60 Gamma Beam" doz karşılaştırma programı sonucu.



Şekil 17. 2012 yılı "IAEA / WHO TLD Postal Dose Quality Audit for Co-60 Gamma Beam" doz karşılaştırma programı sonucu grafiksel gösterimi.

SONUÇ

Türkiye'nin tek ulusal sekonder standart dozimetri laboratuvarı olan ÇNAEM Metroloji Birimi SSDL'in tedavi düzeyli referans ve standart dozimetre sistemlerinin izlenebilirliğinin sağlanabilmesi amacıyla yapılan çalışmalar ortaya konmuştur.

Bu kapsamda, referans standardın primer standart dozimetri laboratuvarında düzenli aralıklarla kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Standart kontrol kaynağı kullanılarak, sekonder standart dozimetre sistemi ile working standart dozimetre sisteminin; standart laboratuvar koşullarında ve düzenli olarak kaynak okuma ölçümleri alınmıştır. Alınan ölçüm değerleri, tablo ve grafiklere geçirilerek, geçmiş okuma değerleri ile karşılaştırılmıştır. Böylece sekonder standart dozimetre sistemlerinin performansları ve kararlılıkları kontrol edilmiştir. İlgili tablo (Tablo 1,Tablo 2) ve grafiklerden (şekil 10, Şekil 11) de görüldüğü üzere sonuçlar geçerli aralıkta kalmıştır.

Referans standart dozimetre sisteminin, doz okuma kararlılığını izleyebilmek amacıyla belirli aralıklarla ölçümler yapılmıştır. Ölçümler, TURKAK tarafından akredite edildiği, hava kerma ve suda absorblanan doz kalibrasyon yöntemlerine göre standart laboratuvar koşullarında alınmıştır. Alınan hava kerma ve suda absorblanan doz okuma ölçüm sonuçları Tablo 3, ve 4 te ayrıca grafiklerle Şekil 12 ve 13 de verilmiştir. Tablo ve grafiklerden de görüldüğü üzere ölçüm sonuçları arasındaki dağılım beklenilen ve istenilen aralıkta kalmıştır.

Working standart dozimetre sisteminin kararlılığını izleyebilmek için, belirli aralıklarla, akredite olunan hava kerma ve suda absorblanan doz yöntemlerine göre, standart laboratuvar koşullarında ölçümler alınmıştır. Working standart dozimetre sisteminin hava kerma ve suda absorblanan doz okuma ölçüm değerleri ve dağılım, tablo 5 ve 6 da, grafiksel olarak Şekil 14 ve 15 de gösterilmiştir. Tablo ve grafiklerden görüldüğü gibi ölçüm sonuçları arasındaki dağılım geçerli aralıkta kalmıştır.

SSDL'in tedavi düzeyli referans standart dozimetre sistemlerinde izlenebilirliğinin sağlanabilmesi amacıyla yapılan çalışmaların dışında ayrıca Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından organize edilen ve dünyadaki SSDL'ler arasında yapılan karşılaştırma (Intercomparison) programına her yıl düzenli olarak katılmıştır.

1998-2011 yıllarını kapsayan karşılaştırma programı sonuçları Tablo 7 de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere belirlenen sapma değerleri maksimum ± % 1,0 değer aralığı içerisinde kalmıştır. Şekil 16 de ise 2012 karşılaştırma programı sonucu verilmekte Şekil 17'de karşılaştırma programı sonuçları grafiksel olarak gösterilmektedir. Geçmiş yılların karşılaştırma programlarının sonuçlarında olduğu gibi 2012 yılı karşılaştırma programı sonucu da aynı geçerli aralık içerisinde kalmıştır. Uluslararası kabul gören sapma aralığının ± % 3,5 olduğu dikkate alındığında, ± % 1,5 lik bir sapma oldukça başarılıdır.

Yukarıda belirtildiği üzere yapılan bütün bu çalışmalar sonucunda tedavi düzeyli referans dozimetre sistemlerinin izlenebilirliğinin başarıyla sağlandığı ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

[1] International Atomic Energy Agency (IAEA), ''Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy'', An International Code of Practice for Dosimetry Based on Standards of Absorbed Dose to Water,Technical Reports Series No.398, 2000.
[2] International Atomic Energy Agency (IAEA), '' Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams'' , An International Code of Practice'', Technical Reports Series No.277, 2000.
[3] TAEK, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi ''Kalite El Kitabı'', 2007
[4] International Organization for Standardization (ISO),''Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement'', 1995.
[5] A Practical Guide for Secondary Standards Dosimetry Laboratories, ''Measurement Uncertainty'', 2008

ÖZGEÇMİŞ

Tülin ZENGİN

1962 doğumludur. 1984 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünü bitirmiştir. GÜ Fen Bilimleri Enstitüsünde 1988 yılında Yüksek Lisansını ve 2000 yılında Doktorasını tamamlayarak Doktor ünvanını almıştır. 1985-1990 yılları arasında aynı üniversitede Araştırma Görevlisi, 1990-1995 yılları arasında TAEK'de, 1995-1997 yılları arasında KTÜ'de, 1997-2000 yılları arasında GÜ Radyasyon Onkolojisi Bölümünde ve 2000 yılından bu yana TAEK 'de (2000-2005 SANAEM, 2005-ÇNAEM) görev yapmaktadır. 2005 yılından itibaren Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇNAEM)–Sekonder Standart Dozimetre laboratuvarında, (SSDL) bu alanda çalışmalarını yürütmektedir.

Enis KAPDAN

1977 doğumludur. 2001 yılında ODTÜ (Orta Doğu Teknik Üniversitesi) Fizik Bölümünü bitirmiştir. İTÜ (İstanbul Teknik Üniversitesi) Enerji Enstitüsünde 2006 yılında Yüksek Lisansını tamamlamış halen aynı bölümde doktora eğitimine devam etmektedir. 2004 yılından bu yana TAEK 'de (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) (2005-2006 TAEK Başkanlık, 2006-ÇNAEM) görev yapmaktadır. 2010 yılından itibaren (ÇNAEM) Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (SSDL) Sekonder Standart Dozimetre Laboratuvarında, çalışmalarını yürütmektedir.