

# İYONLAŞTIRICI RADYASYON METROLOJİSİ

Çiğdem YILDIZ  
Ülkü YÜCEL

## ÖZET

Ülkemizde iyonlaştırıcı radyasyon üreten cihaz ve radyoaktif maddelerin kullanımı, başta sağlık sektöründe tanı ve tedavi olmak üzere birçok alanda her geçen gün artmaktadır. İyonlaştırıcı radyasyon kaynaklarını kullanarak faaliyet gösteren üniversitelere, kamuya ve özel sektöre ait laboratuvarlarda, radyasyon güvenliğine ve radyasyondan korunmaya yönelik etkinliğin artırılması, bu laboratuvarların izlenebilir ve karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmesi için iyonlaştırıcı radyasyon alanında ülkemizin ulusal referans standart altyapısının geliştirilmesi ve uluslararası platformda rekabet gücünün artırılması gerekmektedir. Ülkemizin nükleer enerji programını başlatmış olması bu faaliyetlerinin önemini daha da arttırmıştır.

Türkiye, ulusal metroloji enstitülerinin ölçüm standartlarının ve yaptıkları ölçüm ve kalibrasyonların karşılıklı olarak tanınması için CIPM MRA (Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Komitesi Karşılıklı Tanınma Anlaşması) çerçeve anlaşmasını 1999 yılında imzalamıştır. Bilimsel metroloji faaliyetleri, Uluslararası Metroloji Merkezi olan BIPM'in (Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu) koordinasyonunda yürütülmektedir. TÜBİTAK UME, BIPM'in, bölgesel metroloji enstitüleri birliklerinden Avrupa Metroloji Enstitüleri Birliği EURAMET'in ve Avrasya Ulusal Metroloji Enstitüleri İşbirliği COOMET'in üyesidir. Metroloji konusunda TÜBİTAK UME, iyonlaştırıcı radyasyon metrolojisi dışında kalan bütün alanlarda Türkiye'yi temsil etmektedir. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK), 2008'den itibaren iyonlaştırıcı radyasyon metrolojisi alanında EURAMET nezdinde Türkiye'yi temsil eden yetkili kuruluştur.

TAEK, bir taraftan nükleer teknolojinin ve nükleer tekniklerin ülkemizde yaygın olarak kullanılabilmesi için gereken güven ortamını oluştururken, diğer taraftan en gelişmiş cihazlarla donatılmış araştırma-geliştirme altyapısı ve birikimli insan kaynağı ile hem bu teknolojinin edinilmesi ve ülkemizde geliştirilmesi için gereken faaliyetleri yürütmekte, hem de diğer kurum ve kuruluşlara öncülük etmekte ve yol göstermektedir. TAEK'in en önemli stratejik hedeflerinden biri çalışanların, çevrenin ve toplum bireylerinin radyasyondan korunmasını sağlamak ve bu alanda teknik altyapıyı güçlendirilerek nükleer teknolojinin ülke yararına kullanılmasını sağlamaktır. TAEK, 2690 sayılı kuruluş kanunu kapsamında verilen görev ve sorumlulukları gereğince, nükleer alanda ulusal referans merkeze dönüşmek ve iyonlaştırıcı radyasyon metrolojisi konusunda hak ettiği itibarı uluslararası arenada kazanabilmek için Radyonüklit ve Dozimetrik Metroloji alanında tesis ve laboratuvar altyapısını geliştirmiş ve bu alandaki faaliyetlerini sürdürmektedir.

Bu çalışmada, TAEK'in iyonlaştırıcı radyasyon metrolojisi konusunda Radyonüklit Metroloji Laboratuvarları ve İkincil Standart Dozimetri Laboratuvarı tarafından yürütülen ikincil ve birincil standardizasyon yöntemleri ve yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** İyonlaştırıcı radyasyon metrolojisi, radyonüklit metroloji, dozimetrik metroloji, birincil standart, ikincil standart, referans malzeme.

## ABSTRACT

The use of ionizing radiation generating devices and radioactive substances in our country is increasing day by day in many areas especially diagnosis and treatment in the health sector. In order

to increase the efficiency of radiation safety and radiation protection in the laboratories of universities, public and private sector, and to obtain traceable and comparable results, it is necessary to develop the national reference standard infrastructure of our country in the field of ionizing radiation and to increase its competitiveness in the international platform. The fact that our country started the nuclear energy program further increased the importance of these activities.

Turkey signed the CIPM MRA (International Committee for Weights and Measures Mutual Recognition Arrangement) framework agreement in 1999, which National Metrology Institutes demonstrate the international equivalence of their measurement standards and the calibration and measurement certificates they issue. Scientific metrology activities are carried out under the coordination of BIPM (International Bureau of Weights and Measures). TÜBİTAK UME is the member of the BIPM, EURAMET (European Association of National Metrology Institutes) and COOMET (Euro Asian Cooperation of National Metrology Institutes) and represents Turkey in all areas Metrology except ionizing radiation metrology. Turkey Atomic Energy Agency (TAEK) is the designated institute in the field of ionizing radiation metrology in Turkey and the member of the EURAMET Technical Committee for Ionizing Radiation (TCIR) and International Committee of Radionuclide Metrology (ICRM).

TAEK while creating the atmosphere of trust necessary for the widespread use of nuclear technology and nuclear techniques in our country, carries out the necessary activities for the acquisition and development of this technology with its fully-equipped infrastructure and human resources and leads the other organizations. One of the most important strategic objectives of TAEK is to ensure that employees, the environment and community members are protected from radiation and to strengthen the technical infrastructure in this field and to use nuclear technology for the benefit of the country. TAEK has developed facilities and laboratories in the field of Radionuclide and Dosimetric Metrology in order to be transformed into a national reference center in the nuclear field and to earn its deserved reputation in the international arena in accordance with the duties and responsibilities given under the establishment law No. 2690 and continues its activities in this field.

In this study, information on secondary and primary standardization studies carried out by TAEK's Radionuclide Metrology Laboratories and Secondary Standard Dosimetry Laboratory in the field of ionizing radiation metrology will be given.

**Key Words:** Ionising radiation metrology, radionuclide metrology, dosimetric metrology, primary standard, secondary standard, reference material.

## 1. GİRİŞ

Artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla Akkuyu ve Sinop'ta kurulacak nükleer güç santrallerinin yanı sıra Ermenistan ve Bulgaristan sınırlarımıza çok yakın mesafedeki eski Sovyet teknolojilerine sahip nükleer santrallerin mevcudiyeti, halk sağlığı ve çevre açısından çevresel radyoaktivitenin programlı ve sürekli olarak izlenmesini gerektirmektedir. Radyoaktivite ölçümü yapan laboratuvar sayısının her geçen gün artması nedeniyle, referans standart ihtiyacının ve doğru ve izlenebilir ölçümler yapılabilmesini sağlamak üzere referans standartların doğru bir biçimde kullanılması için bilgi transferinin sağlanması gerekmektedir. Radyasyon Metrolojisi Bölümü 2012 yılında iyonlaştırıcı radyasyon metroloji alanında araştırma-geliştirme çalışmaları yaparak ölçüm birliği ve güvenilirliğini sağlamak, bu doğrultuda uluslararası kabul gören referans ölçüm standartları ve teknikleri oluşturmak, geliştirmek, muhafaza etmek ve yaygınlaştırmak amacıyla kurulmuş ve radyonüklit metrolojisi alanındaki faaliyetleri yürütmüştür. 2017 yılında İkincil Standart Dozimetri Laboratuvarının (İSDL) kurulması ve kalibrasyon faaliyetlerine başlamasının ardından 2018 yılında Radyasyon ve Hızlandırıcı Teknolojileri Daire Başkanlığı (RHTDB)'nda Radyonüklit Metrolojisi Laboratuvarları ve İkincil Standart Dozimetri Laboratuvarı'ndan oluşan Radyasyon Metrolojisi Birimi olarak yeniden yapılandırılmıştır.

## 2. RADYONÜKLİT METROLOJİSİ LABORATUVARLARINDA YÜRÜTÜLEN FAALİYETLER

TAEK-RHTDB'de geçmişte radyonüklit metrolojisi alanında yapılan çalışmalar olsa da metrolojik çalışmalar resmi olarak 2009 yılında "Türkiye'de Kimyasal ve İyonlaştırıcı Radyasyon Metrolojisi Altyapısının Geliştirilmesi" başlıklı 3 yıllık Avrupa Birliği projesiyle başlamıştır. Bu proje, radyonüklit metrolojisi alanında kurumsal kapasitenin artırılmasına yönelik olarak 7 araştırmacının JRC-IRMM'de eğitimine olanak sağlamıştır. Bu projeye paralel olarak yürütülen ulusal proje ile radyonüklit metrolojisi laboratuvarlarının kurulması amaçlanmıştır. Birincil ve ikincil standardizasyonda kullanılan Compton baskılama spektrometrisi, farklı boyutlarda PIPS dedektörler, iyon odası, HPGe dedektörler, tanımlı katı açılı (DSA) alfa parçacık sayım sistemi, üçlü/ikili çakışma oranı (TDCR) sıvı sintilasyon sayım sistemi, kuyu tipi Nal dedektörü ve kaynak hazırlamada ihtiyaç duyulan ekipmanlar temin edilerek radyonüklit metrolojisi laboratuvarları kurulmuştur.



**Şekil 1.** DSA (Tanımlı Katı Açılı) Alfa Parçacık Sayım Sistemi (birincil standardizasyon).



**Şekil 2.** TDCR (Triple to Double Coincidence Ratio) Sıvı Sintilasyon Sistemi (birincil standardizasyon).



**Şekil 3.** İyon odası (ikincil standardizasyon-PTB)



**Şekil 4.** Compton baskılama spektrometrisi (ikincil standardizasyon)



**Şekil 5.** Kuyu tipi Nal dedektör sistemi (birincil standardizasyon).

Birincil ölçüm sistemleri ile ölçüm yeteneklerinin artırılması için sistem tasarımı ve kurulumu çalışmaları devam etmektedir.

Türkiye'nin de taraf olduğu Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Komitesi Karşılıklı Tanıma Düzenlemesine (CIPM MRA) göre ülkelerin yaptıkları kalibrasyon ve ölçümlerin doğruluğunun ve izlenebilirliğinin dünya çapında tanınması için Uluslararası Ölçüler ve Ağırlıklar Bürosu (BIPM) tarafından tamamlayıcı ve anahtar karşılaştırma testleri düzenlenmektedir. RHTDB Radyasyon Metrolojisi Birimi ile Ölçüm ve Analiz Hizmetleri Birimi, BIPM İyonlaştırıcı Radyasyon Danışma Komitesi tarafından organize edilen "Referans Malzemelerdeki Radyoaktivite Ölçümleri (Cs-137, K-40, Sr-90)-Yaban Mersini" başlıklı Tamamlayıcı Karşılaştırma Testinde (CCRI(II)-S8) referans değere en yakın sonuçları elde eden laboratuvar olma başarısını göstermiştir. Söz konusu üç radyoizotop için hazırlanan Kalibrasyon ve Ölçüm Yetenekleri (CMC) tablosu EURAMET ve diğer bölgesel metroloji kuruluşları tarafından değerlendirilmiş, kalibrasyon ve ölçüm yeteneğinin uluslararası göstergesi olan BIPM CMC veri tabanında 2014 yılında yayınlanmıştır. Bu üç ölçüm yeteneğiyle, iyonlaştırıcı radyasyon alanında Türkiye olarak ilk veri girişimiz sağlanmıştır. CMC veri girişlerinin artırılması çalışmaları devam etmektedir. Bu kapsamda CCRI(II)-K2.Ge-68 anahtar karşılaştırma testine ve "Buğday ununda Cs-134 ve Cs-137 aktivitelerinin belirlenmesi" başlıklı tamamlayıcı karşılaştırma testine (CCRI(II)-S13) katılım sağlanmış, ölçüm sonuçları BIPM'e gönderilmiştir. Ayrıca, BIPM'in Uluslararası Referans Sistemi (SIR) programı kapsamında TAEK-RHTDB Radyonüklit Metrolojisi Laboratuvarlarında ölçümleri yapılan Ba-133, Co-60, Cs-137, Ge-68 and Eu-152 standart çözeltileri BIPM tarafından da ölçülmüştür. Bu testlerin ve BIPM ile yapılan karşılaştırmalı ölçümlerin raporları yayınlandığında yeni CMC girişleri için EURAMET'e başvuru yapılacaktır.

Yürütülmekte olan ulusal proje ile Radyonüklit Metrolojisi Laboratuvarlarında  $4\pi$ - $\beta$ - $\gamma$  birincil standart radyoaktivite sayım sistemlerinin tasarımı, kurulması ve standardizasyon yöntemlerinin geçerli kılınması hedeflenmiştir. Böylece ülkemizde bir ilk olan  $4\pi$ - $\beta$ - $\gamma$  çakışma sisteminin kurulumu tamamlanmış, çoğu ticari olarak satılmayan gerekli yazılım ve elektronik bileşenler geliştirilmiş ve deneme ölçümleri yapılmıştır. Bu sistemin ülkemize kazandırılmasıyla herhangi bir kalibrasyon kaynağı ve referans malzeme kullanmadan yurt dışından bağımsız olarak ülke standartlarının üretilmesi sağlanacak, radyoaktif referans malzeme üretiminde yapılan referans ölçümler daha hassas olarak yapılabilecek, BIPM KCDB veri tabanına yeni ölçme ve kalibrasyon yetenekleri girilerek TAEK bünyesinde yapılan daha fazla ölçüm ve kalibrasyon dünya çapında tanınır hale gelecektir.



**Şekil 6.**  $4\pi$ - $\beta$ - $\gamma$  radyoaktivite sayım sistemi (birincil standardizasyon).

Ülkemizde ölçüm birliğini ve güvenilirliğini sağlamak amacıyla RHTDB Radyonüklit Metrolojisi Laboratuvarları tarafından bugüne kadar üç yeterlilik testi düzenlenmiştir.

2013 yılında ilk defa düzenlenen TAEK-RMB-2013-01 "Toprakta Doğal Radyonüklitlerin Aktivite Derişimlerinin Belirlenmesi" yeterlilik testine 16 laboratuvar katılmış, sonuç gönderen 12 laboratuvarın başarı oranının %50'nin üzerinde olduğu görülmüştür. Bu yeterlilik testinden önce düzenlenen "Çevresel Radyoaktivite Ölçümleri Çalıştayı"na 23 üniversiteden katılan 38 araştırmacıya radyoaktivite ölçüm yöntemleri ve ölçüm belirsizliği gibi konularda teorik ve pratik eğitim verilmiştir.

2015 yılında düzenlenen "TAEK-RMB-2015-01 İşlenmiş Çayda Cs-137, K-40 ve Sr-90 Aktivitelerinin Belirlenmesi Üzerine Yeterlilik Testi"ne 7'si yurtdışından olmak üzere 21 laboratuvar katılmıştır.

Raporlanan 45 sonuç değerlendirildiğinde başarı oranının %53, uyarı ile başarılı oranının %18 olduğu görülmüştür. Bir önceki yeterlilik testi sonuçları ile karşılaştırıldığında her ne kadar başarı oranı artmış gibi görünse de, bu artışın nedeninin yurtdışı katılımcı laboratuvarlardan kaynaklandığı, üniversitelerimizin başarı oranında herhangi bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir.

2018 yılında “Sularda U-238, U-234, Ra-226 ve gama yayan radyoizotopların aktivitelerinin belirlenmesi” başlıklı üçüncü yeterlilik testi düzenlenmiş, 2’si yurtdışından olmak üzere 16 laboratuvara dağıtımları yapılmıştır. Katılımcı laboratuvarlar sonuçlarını raporladığında değerlendirilmesi yapılacak ve raporu hazırlanacaktır. Ayrıca, hem sonuçları değerlendirmek, hem de ölçümlerle ilgili bilgileri tazelemek amacıyla “Çevresel Radyoaktivite Ölçümleri ve Yeterlilik Testi Değerlendirme Çalıştayı” düzenlenecektir.

“İşlenmiş çayda Cs-137, K-40 ve Sr-90 Aktivitelerinin Belirlenmesi” üzerine ulusal ve uluslararası laboratuvarların katılımıyla düzenlenen yeterlilik testi çalışmasında kullanılan çay numunesinin referans değerleri belirlenmiş, “Referans Malzeme Bilgi Formu” ve “Referans Malzeme Raporu” hazırlanarak onaylanmıştır. “TAEK-RM-1 Siyah Çay Tozu Radyoaktif Standart Referans Malzemesi” olarak ürün satışa sunulmuştur. Radyoaktif standart referans malzemenin yanı sıra radyoaktif standart nokta kaynak hazırlama hizmeti de verilmektedir.



**Şekil 7.** TAEK-RM-1 Siyah Çay Tozu Radyoaktif Standart Referans Malzemesi.

Avrupa Metroloji Araştırma Programı kapsamında desteklenen üç yıllık JRC-ENV57 kodlu “Avrupadaki Radyolojik Erken Uyarı Ağları için Metroloji” başlıklı EMRP projesi kapsamında yapılan çalışmalar sonunda, hava filtrelerinde alfa ve beta yayan radyonüklitlerin hızlı analizi için metot geliştirilmiş, geçerliliği sağlanmış ve kullanıma sunulmuştur.

### 3. İKİNCİL STANDART DOZİMETRİ LABORATUVARINDA (İSDL) YÜRÜTÜLEN FAALİYETLER

Ülkemizde iyonlaştırıcı radyasyon üreten cihaz ve radyoaktif maddeler, başta sağlık sektöründe tanı ve tedavi olmak üzere birçok alanda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. İyonlaştırıcı radyasyonun olası zararlı etkilerinin önlenmesi, Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP) tarafından ve ulusal mevzuat kapsamında belirlenen radyasyondan korunma ilkelerinin tam olarak uygulanması, iyonlaştırıcı radyasyon içeren uygulamaların etkinliği, uluslararası geçerliliği, ölçüm sistemlerinin doğru ölçüm yapabilmesine ve ölçüm sonuçlarının izlenebilirliğine bağlıdır. Radyasyon ölçümleri konusundaki uluslararası standartlara uygunluğun sağlanması amacıyla, radyasyondan korunma ve doz ölçümlerinde kullanılan cihazlar için kalibrasyon hizmetlerinin etkin bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir.

Ülkemizde iyonlaştırıcı radyasyon ölçümlerinde doğruluk ve izlenebilirliğin sağlanması için TAEK’e önemli görevler düşmekte, iyonlaştırıcı radyasyon ölçümlerinde kullanılan cihazların doğruluğunun birincil standartlarla uyumlu hale getirilmesi için köprü oluşturacak laboratuvarların ülkemize kazandırılması büyük önem arz etmektedir.

TAEK tarafından, Kalkınma Bakanlığı desteği ile “Türkiye’nin Radyasyondan Korunmada Teknik Altyapısının Geliştirilmesi” isimli proje 2011 yılında başlatılmıştır.

- İkincil Standart Dozimetri Laboratuvarı ve hizmet birimleri binasının inşası,
- İSDL sistem, cihaz ve donanımlarının temin edilmesi

olarak iki aşamadan oluşan proje 2017 yılı sonunda tamamlanmıştır.

İSDL'nin kurulmasındaki amaç:

- İyonlaştırıcı radyasyon ölçümlerinde doğruluk, hassasiyet ve güvenilirliği sağlamak amacıyla doz ölçüm metodlarının izlenebilirlik ve karşılaştırılabilirliğini temin etmek ve ulusal referansları sağlamak,
- Birincil Standart Dozimetri Laboratuvarları ile iyonlaştırıcı radyasyon kullanıcıları arasında köprü oluşturmak,
- Ülkemizde iyonlaştırıcı radyasyon metrolojisi alanında referans laboratuvar olma özelliğiyle nükleer enerji santral işletmecilerine, sağlık ve endüstri sektörleri ile araştırma ve uygulama kuruluşlarına hizmet vermek,
- Tanı ve tedavi amaçlı uygulamalarda, endüstriyel uygulamalarda ve araştırma faaliyetlerinde, kalite kontrol faaliyetlerinde, ortam dozu ve kişisel dozları izleme amaçlı ölçümlerde kullanılan her türlü radyasyon ölçüm cihazının kalibrasyonlarını yapmak,
- Yetkili dozimetri servislerine, kişisel dozimetrelerin performans testleri, kalite kontrol testleri ve kalibrasyonları için ışınlama hizmeti vermek,
- Dozimetrik ölçümlerle ilgili ulusal ve uluslararası karşılaştırma programları düzenlemek,
- Radyasyon ölçümlerini gerçekleştiren ulusal merkezlerin yaptıkları ölçümlerin karşılıklı tanınması amacıyla uluslararası kuruluşlar, Avrupa Birliği ülkeleri ve diğer ülkelerle işbirliği yapmaktır.

Ankara'daki Sarayköy yerleşkesinde bulunan Radyasyon ve Hızlandırıcı Teknolojileri Dairesi Başkanlığı (RHTDB) bünyesinde kurulan İSDL, güncel teknolojik özelliklere sahiptir ve en geniş enerji spektrumunda kalibrasyon hizmeti verebilecek şekilde tasarlanmıştır. RHTDB-İSDL'de, hava kerma, suda absorblanan doz, ortam doz eşdeğeri ve personel doz eşdeğeri şeklindeki ölçüm nicelikleri için uluslararası standartlar ve protokoller kullanılarak Gy (Gray) ve Sv (Sievert) şeklindeki SI birimleri cinsinden kalibrasyon hizmeti verilmektedir.

RHTDB-İSDL sekiz sistemden oluşmaktadır:

### 1. Gama Kalibrasyon Sistemi – Tedavi Düzeyi

Tedavi Düzeyi Gama Kalibrasyon Sistemi, yüksek enerjili gama kalibrasyon kaynağı içeren ve özellikle radyoterapi uygulamalarında kullanılan doz ölçerlerin kalibrasyonu için kullanılan sistemdir.



Şekil 8. Gama Kalibrasyon Sistemi - Tedavi Düzeyi.



## 2. Gama Kalibrasyon Sistemi – Korunma Düzeyi

Korunma Düzeyi Gama Kalibrasyon Sistemi, farklı aktivitede 7 adet gama kalibrasyon kaynağı içeren ve özellikle radyasyondan korunma amacıyla kullanılan doz ölçerlerin kalibrasyonu için kullanılan sistemdir. Gama radyasyonu çoğunlukla, sağlık, endüstri ve araştırma uygulamalarında referans radyasyon olarak kullanılmaktadır.



Şekil 9. Gama Kalibrasyon Sistemi - Korunma Düzeyi.

## 3. X-Işını Kalibrasyon Sistemleri (320 kV, 160 kV ve Mamografi)

Bu sistemler, tanı, tedavi ve radyasyondan korunma amacıyla kullanılan doz ölçerlerin ve radyolojide kalite kontrol amacıyla kullanılan cihazların kalibrasyonu için kullanılan sistemlerdir. Sağlık alanında, endüstriyel ve araştırma amaçlı uygulamalarda X-ışını sistemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Uygulama çeşitliliğinin fazla olması, kalibrasyonu yapılacak cihazların kullanıldıkları uygulamaya göre teknik özelliklerinin farklılık göstermesi nedeniyle, RHTDB-İSDL'deki X-ışını Kalibrasyon Sistemleri ülkemizde kullanılan tüm X-ışını uygulamalarını karşılayacak özellikte kurulmuştur.



Şekil 10. X-Işını Kalibrasyon Sistemi – 320 kV.

## 4. Beta Kalibrasyon Sistemi

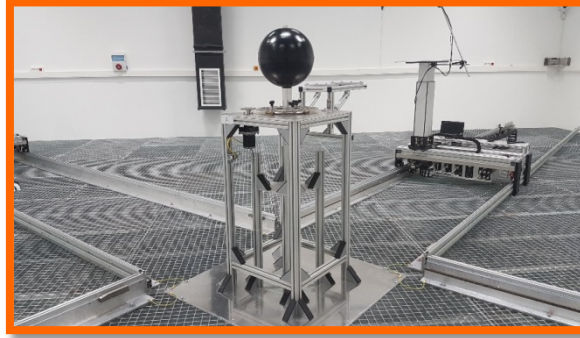
Beta Kalibrasyon Sistemi, farklı aktiviteye sahip beta kaynakları içermektedir. Üç farklı kaynak ile en sık kullanılan beta enerjileri elde edilebilmekte sahadaki uygulamaların tamamına hizmet verilebilmektedir.



Şekil 11. Beta Kalibrasyon Sistemi.

## 5. Nötron Kalibrasyon Sistemi

Nötron Kalibrasyon Sistemi, ülkemizde nötron uygulamalarına yönelik kalibrasyonlar için kurulan ilk ve tek laboratuvar olma özelliğini taşımaktadır. Bu anlamda özellikle nükleer enerji santrallerinin de kurulmaya başlandığı bu dönemde ülkemizde önemli bir boşluğu dolduracak, nötron radyasyonu ile ilişkili tüm çalışmalarda ihtiyaç duyulan referans laboratuvar ihtiyacını karşılayacaktır.



**Şekil 12.** Nötron Kalibrasyon Sistemi.

Nükleer alanda nötron içeren uygulamalar nükleer enerji santrallerinde yoğunlaşmakta ve bu tesislerde nötron ölçümleri yapılması gerekmektedir. Ayrıca, toprakta yoğunluk ve nem ölçümü gibi endüstriyel sistemlerde de nötronlar kullanılmaktadır. Hem nötron uygulamalarının etkin bir şekilde yapılabilmesi, hem de çalışanların, toplum üyelerinin ve çevrenin radyasyondan korunmasına yönelik ölçüm doğruluğu ve izlenebilirlik için, RHTDB-İSDL nötron içeren uygulamalarda referans laboratuvar olarak görev yapacaktır. Bu sistem ile ülkemizde kullanılan tüm nötron ölçerlerin kalibrasyonu, istenilen malzemelerin nötron ile ışınlanması, araştırmalarda ihtiyaç duyulabilecek ışınlamaların yapılabilmesi mümkün hale gelmektedir.

## 6. Panoramik Işınlama Sistemi

Bu sistemin kullanım amacı, aynı doz değerinde ışınlanması gereken çok sayıda malzeme olduğunda tümünün aynı anda ışınlanabilmesini sağlamaktır. Özellikle kişisel dozimetreler ve benzeri cihazların aynı değere sahip gruplu ışınlamalarında kullanılacak olan bu sistem, radyasyondan korunmaya yönelik uygulamalar ve araştırma amaçlı ışınlamalar için kullanılmaktadır.





**Şekil 13.** Panoramik Işınlama Sistemi.

Kalibrasyon faaliyeti gösteren laboratuvarlarda tanı ve tedaviye yönelik uygulamalar için ölçüm belirsizlikleri oldukça düşük olmakla birlikte, mevcut durumda radyasyondan korunmaya yönelik faaliyetlerde ölçüm belirsizlikleri % 15'e kadar çıkabilmektedir. Personel doz eşdeğeri niceliğine ilişkin göz dozu Hp(3) için ise kabul görmüş ve ortak uygulanan uluslararası standart metotlar bulunmamaktadır. Bu nedenle iyileştirme çalışmaları yürütmek üzere, aralarında PTB ve TAEK'in de bulunduğu uluslararası paydaşlar ile bir çalışma grubu oluşturulmuş ve 2018 yılında Avrupa Metroloji Enstitüsü EURAMET'e bir proje sunulmuştur.

EMPIR 17RPT01 kodlu projenin amacı, kalibrasyon laboratuvarlarında yürütülen radyasyondan korunmaya yönelik faaliyetlerde özellikle göz dozu başta olmak üzere eksik görülen standart metotların oluşturulması, ölçüm belirsizliklerinin % 5 ve daha düşük seviyeye indirilebilmesi için daha hassas ölçüm metotlarının geliştirilmesi ve uluslararası uyumun sağlanması hedeflenmiştir. Bu amaca yönelik olarak, birincil standart laboratuvarlar da dahil olmak üzere, laboratuvarların kapasitelerinin incelenmesi, iyileştirmelerin yapılması ve tüm laboratuvarların aynı yöntemleri uygulamaya alması öngörülmektedir. Bununla birlikte projenin diğer bir hedefi de RHTDB-İSDL gibi yeni laboratuvarların ihtiyacı olan uluslararası karşılaştırma testlerinin düzenlenmesi, bu laboratuvarların BIPM tarafından oluşturulan ve laboratuvarların kapasitelerini, izlenebilirliklerini ve tanınırlıklarını gösteren referans nitelikteki CMC veri girişleri yapmalarının sağlanmasıdır. Birçok Avrupa ülkesinin referans kalibrasyon laboratuvarlarıyla ortaklaşa yürütülen proje, RHTDB-İSDL'de bulunan tüm sistemler ile kalibrasyon/ışınlama hizmetinin güncel ve izlenebilir metotlarla yürütülmesi, projede yer alan diğer İSDL'ler ile işbirliği yapılması ve CMC veri tabanına giriş yapılması gibi kısa ve uzun vadeli hedeflerin gerçekleştirilmesine büyük katkı sağlayacaktır.

## SONUÇ

TAEK, radyasyonla çalışanların, çevrenin ve toplum bireylerinin radyasyondan korunmasını sağlamak ve bu alanda teknik altyapıyı güçlendirilerek nükleer teknolojinin ülke yararına kullanılmasını temin etmek amacıyla, ülkenin ihtiyacı olan ve iyonlaştırıcı radyasyon konusunda uzmanlık gerektiren hizmet alanlarında en gelişmiş teknolojik altyapıyı kendi bünyesinde oluşturmaktadır.

TAEK'in en önemli stratejik hedeflerinden biri, iyonlaştırıcı radyasyon metrolojisi alanında sahip olduğu özellikler bakımından ülkemizde tek olma özelliğine sahip, bölge ülkelerine de hizmet edecek yapıdaki laboratuvarları ile RHTDB'nin referans bir merkeze dönüşmesini sağlamaktır.

İSDL ve radyonüklit metroloji laboratuvarları ile sağlık, endüstri ve araştırma sektörlerinde yapılmakta olan iyonlaştırıcı radyasyon ölçümlerinin doğru ve izlenebilir olmasının temini ile iyonlaştırıcı radyasyon uygulamalardan en yüksek yararın elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Ayrıca, iyonlaştırıcı radyasyon metrolojisi alanındaki deneyim ve bilgi birikimi ile gelecekte bu alanda ülke geneline birincil standart düzeyde hizmet vermek ve ülke olarak kendine yeter hale gelmek hedeflenmektedir.

Ülkemizde kurulmakta olan nükleer enerji santralleri, sayısı her geçen gün artan radyasyon kaynakları ve radyasyon ölçüm sistemleri, sınır kapılarında bulunan radyasyon ölçüm sistemleri ve buna benzer birçok uygulama, uluslararası kuruluşlar ile işbirliği içinde çalışan ve bu alanda en geniş bir enerji spektrumuna sahip olan RHTDB-İSDL'nin ülkemize kazandırılmış olmasını daha da önemli hale getirmiştir.

TAEK'in iyonlaştırıcı radyasyon metrolojisi alanındaki altyapısı, deneyimi ve bilgi birikimi ile uluslararası tanınırlığı olan ülkeler arasına girmemiz ve radyasyondan korunma konusunda Avrupa Birliği mevzuatına tam uyum sağlamamız konusunda ülkemiz açısından son derece önemli bir adımdır.

## **ÖZGEÇMİŞ**

### **Çiğdem YILDIZ**

1967 yılı Babadağ/Denizli doğumludur. 1989 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversitede 1995 yılında yüksek lisans çalışmalarını tamamlayarak Bilim Uzmanı, 2009 yılında Doktor unvanını almıştır. 1990-2000 yılları arasında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2000 yılında Türkiye Atom Enerjisi Kurumunda Araştırmacı olarak çalışmaya başlamıştır. TAEK Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezinde 2007-2011 yılları arasında Sağlık Fiziği Birim Koordinatörlüğü, 2011-2018 yılları arasında Sağlık Fiziği Bölüm Başkanlığı görevlerini yürütmüştür. Ulusal ve uluslararası pek çok projede görev almıştır. Radyasyondan Korunma, Kişisel Dozimetri, Dozimetrik Metroloji çalışma konularıdır. 2011-2017 yılları arasında İkincil Standart Dozimetri Laboratuvarının kurulmasına yönelik projenin yürütücülüğünü yapmış olup, Radyasyon ve Hızlandırıcı Teknolojileri Dairesi Başkanlığında Radyasyon Metrolojisi Birim Sorumlusu olarak görevine devam etmektedir.

### **Ülkü YÜCEL**

1959 yılı Ankara doğumludur. 1982 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümünü Bölümünü bitirmiştir. 1982-1984 yılları arasında İzmir Bornova Anadolu Lisesinde Kimya öğretmeni olarak çalışmıştır. 1984 yılında Türkiye Atom Enerjisi Kurumunda Araştırmacı olarak çalışmaya başlamıştır. 1988 yılında ODTÜ Kimya Bölümünden Bilim Uzmanı, 1997 yılında Ankara Üniversitesi Kimya Bölümünden Doktor unvanını almıştır. TAEK Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezinde 2008-2012 yılları arasında Radyoaktivite ve Analitik Ölçüm Bölüm Başkanlığı, 2012-2018 yılları arasında Radyasyon Metrolojisi Bölüm Başkanlığı görevini yürütmüştür. Halen Radyasyon ve Hızlandırıcı Teknolojileri Dairesi Başkanlığında radyonüklit metrolojisi alanında araştırmacı olarak çalışmaktadır.