



**TEKNİK RAPOR**

**ÇEVRESEL  
RADYOAKTİVİTENİN  
İZLENMESİNE YÖNELİK  
İMKAN VE KABİLİYETİN  
ARTIRILMASI**



**TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU**

**TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU**

## **TEKNİK RAPOR**

**ÇEVRESEL RADYOAKTİVİTENİN  
İZLENMESİNE YÖNELİK İMKAN VE  
KABİLİYETİN ARTIRILMASI**



## TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

2690 sayılı kanun ile kurulmuş olan Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun ana görevi; atom enerjisinin barışçıl amaçlarla ülke yararına kullanılmasında izlenecek ulusal politikanın esaslarını ve bu konudaki plan ve programları belirlemek; ülkenin bilimsel, teknik ve ekonomik kalkınmasında atom enerjisinden yararlanılmasını mümkün kılacak her türlü araştırma, geliştirme ve çalışmayı yapmak ve yaptırmak, bu alanda yapılacak çalışmaları koordine ve teşvik etmektir.

Bu çalışma TAEK personeli tarafından gerçekleştirilmiş araştırma, geliştirme ve inceleme sonuçlarının paylaşımı amacıyla Teknik Rapor olarak hazırlanmış ve basılmıştır.



Teknik Rapor 2015/3  
Türkiye Atom Enerjisi Kurumu yayınıdır.  
İzin almadan çoğaltılamaz.  
Referans verilerek kullanılabilir.

### TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU

Adres : Mustafa Kemal Mah. Dumlupınar Bulv.  
No: 192 Çankaya/ANKARA  
Tel : +90(312) 295 87 00  
Fax : +90(312) 287 87 61  
Web : [www.taek.gov.tr](http://www.taek.gov.tr)

## ÖNSÖZ

*Çağdaş uygarlık standartlarını yakalayabilmek için toplum olarak sürekli bir çaba içinde olmamız bir gerekliliktir. Gösterilen bu çabalar, ülkemizin ekonomik olarak gelişmesini ve buna paralel olarak toplumu oluşturan bireylerin hayat kalitesinin iyileşmesini sağlayacaktır. Gelişmişliğin en önemli bileşenleri olan ekonomi, sağlık, ticaret ve bilimde atılımlar yapılması ve ilerleme kaydedilebilmesi için üniversitelerimizde genel olarak bilimsel altyapının geliştirilmesi öncelikli öneme sahiptir. TAEK bu konuda üzerine düşen görevleri yerine getirmek amacıyla üniversitelere dönük kapasite geliştirme ve bilimsel destek projeleri sağlamakta, ayrıca TAEK'e bağlı merkezler de üniversitelerdeki altyapının geliştirilmesi için çalışmalar yapmaktadır.*

*Üniversitelerin radyoaktivite ve radyasyon ölçümlerine yönelik çalışmalar yapması ve bu konuda yetişmiş insan kaynağı sağlaması gelecekte nükleer enerjiden yararlanmayı planlayan ülkemiz için çok önemlidir. RSGD'nin koordinasyonunda SANAEM tarafından TAEK Başkanlığına teklif edilen projenin genel amacı üniversitelerdeki radyoaktivite ölçüm kapasitesinin artırılmasıdır. Ayrıntılı amaçlar ise çevre, gıda ve endüstri örneklerindeki doğal ve yapay radyoaktivite seviyelerinin izlenmesi faaliyetlerinin üniversiteler ile işbirliği halinde ülke çapında yürütülmesini sağlamak; ülke geneline ilişkin radyolojik veri tabanı oluşturmak; üniversitelerimizde konu ile ilgili akademik personel ve bilimsel altyapının ve bu alandaki uzmanlığın gelişmesine katkıda bulunmak olarak sıralanabilir. Projede çevre radyoaktivitesi ölçme yeteneğine sahip laboratuvarları ülke geneline yaygınlaştırarak nükleer ve radyolojik bir tehlike durumunda çevresel ölçümler yapabilme imkân ve kabiliyetini geliştirmek stratejik hedef olarak belirlenmiştir.*

*Bu raporda, "Çevresel radyoaktivitenin izlenmesine yönelik imkân ve kabiliyetin artırılması" başlıklı TAEK projesinden elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Proje, yönetsel ve mali olarak TAEK tarafından desteklenmiştir.*

## İÇİNDEKİLER

Tablolar Dizini.....	i
Şekiller Dizini.....	ii
Yönetici Özeti .....	iii
Executive Summary .....	v
Kısaltmalar .....	vi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. PROJE KAPSAMINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Üniversitelerin Seçimi .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 TAEK İle Üniversiteler Arasında Çevresel     Radyoaktivitenin Belirlenmesi ve İzlenmesine     Yönelik İş Birliği Projesi Birinci Çalıştayı .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Detektörlerin Temini ve Üniversite Laboratuvarlarına     Kurulması .....</b>	<b>5</b>
<b>2.4 Üniversitelere Yönelik İleri Gama Spektrometri Çalıştayı     (Advanced Gamma-Ray Spectrometry).....</b>	<b>9</b>
<b>2.5 Radyonüklit Metroloji Uygulamalarında İstatistik,     Belirsizlik Kaynakları ve Belirsizlik Bütçesi Çalıştayı     (Workshop on Statistics and Uncertainty Determination     and Budget for Radionuclide Metrology Applications) ....</b>	<b>10</b>
<b>2.6 Çevresel Radyoaktivite Ölçümleri Çalıştayı .....</b>	<b>12</b>
<b>2.7 TAEK-RMB-2013-01 "Toprakta Doğal Radyonüklitlerin     Aktivite Değişimlerinin Belirlenmesi" Yeterlilik Testi .....</b>	<b>13</b>
<b>3. SONUÇ.....</b>	<b>22</b>
<b>4. KAYNAKÇA .....</b>	<b>26</b>

## **TABLOR DİZİNİ**

Tablo 1. Ra-226 için rapor edilen sonuçlara göre laboratuvarların performans değerlendirmesi .....	18
Tablo 2. Th-232 için rapor edilen sonuçlara göre laboratuvarların performans değerlendirmesi .....	19
Tablo 3. K-40 için rapor edilen sonuçlara göre laboratuvarların performans değerlendirmesi .....	20
Tablo 4. Proje kapsamındaki üniversitelerin genel değerlendirmesi .....	24

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.	TAEK İle Üniversiteler Arasında Çevresel Radyoaktivitenin Belirlenmesi ve İzlenmesine Yönelik İş Birliği Projesi Birinci Çalıştayı .....	5
Şekil 2.	Gaziantep Üniversitesi .....	7
Şekil 3	Harran Üniversitesi.....	7
Şekil 4	Ondokuz Mayıs Üniversitesi.....	7
Şekil 5.	Mersin Üniversitesi.....	8
Şekil 6.	Trakya Üniversitesi.....	8
Şekil 7.	Üniversitelere Yönelik İleri Gama Spektrometri Çalıştayı .....	10
Şekil 8.	Radyonüklit Metroloji Uygulamalarında İstatistik, Belirsizlik Kaynakları ve Belirsizlik Bütçesi Eğitimi, Ege Üniversitesi, İzmir .....	11
Şekil 9.	Çevresel Radyoaktivite Ölçümleri Çalıştayı, SANAEM.....	12
Şekil 10.	Toprak Numunelerini Karıştırmakta Kullanılan Mikser .....	14
Şekil 11.	Yeterlilik Testi Numuneleri .....	14
Şekil 12.	Yeterlilik Testi Numunelerinin Numune Kabında Sıkıştırılarak İçerisindeki Hava Boşluklarının Alınması İşlemi.....	14
Şekil 13.	Yeterlilik Testi Numunesinin Ağırlığının Belirlenmesi İşlemi .....	14
Şekil 14.	Teste Katılan Laboratuvarların Performanslarının Özeti .....	15
Şekil 15.	Laboratuvarların Ra-226 Aktivite Derişim Değerleri ...	18
Şekil 16.	Laboratuvarların Th-232 Aktivite Derişim Değerleri....	19
Şekil 17.	Laboratuvarların K-40 Aktivite Derişim Değerleri.....	20
Şekil 18.	Protokol Yapılmış Olan, Dedektör Kurulumu Tamamlanmış Olan, Dedektör Kurulumu Talep Eden ve Projeye Dâhil Olan Üniversitelerin Bulunduğu İller .....	25

## YÖNETİCİ ÖZETİ

Bu proje, 2009 yılında herhangi bir nükleer/radyolojik kaza veya tehlike durumu sonrasında ülkemizdeki radyasyon seviyelerinde kayda değer artışların ve oluşabilecek radyoaktif bulaşmanın boyutlarının değerlendirilmesini ve insan sağlığı ile çevre üzerindeki etkilerinin doğru şekilde belirlenmesini sağlamak üzere çevre radyoaktivite düzeylerinin izlenmesi konusunda üniversitelerle işbirliği yapılması amacıyla başlatılmıştır.

Proje kapsamında 14 üniversite ile protokol yapılmış, 12 üniversiteye 4 adedi HPGe dedektörlü, 9 adedi TAEK tarafından temin edilen NaI dedektörlü olmak üzere toplam 13 gama spektrometresinin kurulumu gerçekleştirilmiş, kurulum sırasında ilgili personele gerekli eğitimler verilmiştir. Biri projenin başlangıcında (Mayıs 2009) diğeri son yılında (Mart 2013) olmak üzere iki çalıştay düzenlenmiştir. Çalıştaylar ve kurulum sırasında verilen eğitimlerin yanı sıra, TR080209 kodlu “Kimyasal ve İyonlaştırıcı Radyasyon Metrolojisinin Geliştirilmesi” konulu AB projesi kapsamında üniversitelerdeki araştırmacılara yönelik olarak SANAEM’de ve Ege Üniversitesinde düzenlenen uygulamalı çalıştaylara bu proje kapsamındaki üniversitelerdeki araştırmacıların katılımları sağlanmış, IRMM ve Merkezimiz uzmanları tarafından eğitim verilmiştir.

Detektör kurulumlarının ve eğitimlerin tamamlanmasının ardından “Toprakta Doğal Radyonüklitlerin Aktivite Derişimlerinin Belirlenmesi” başlıklı Yeterlilik Testi (Proficiency Test) düzenlenmiştir. Yeterlilik testine katılan 16 laboratuvara birer adet numune gönderilmiş ve bu toprak numunesinde bulunan Ra-226, Th-232 ve K-40 radyonüklitlerinin aktivitelerini tespit edip raporlamaları istenmiştir. Sonuçlarını raporlayan 12 laboratuvarın test sonuçlarının değerlendirilmesi sonucu başarının %50’nin üzerinde olduğu gözlenmiştir.

Kurulan laboratuvarlar, verilen eğitimler ve düzenlenen yeterlilik testi sayesinde, Türkiye'nin evre radyoaktivitesinin izlenmesi kapsamında TAEK Laboratuvarlarına rnek alma ve gama spektrometrik analizler konularında destek verebilecek niversite laboratuvarlarından oluşan bir radyoaktivite lm laboratuvarları ağı oluşturulmuştur.

## EXECUTIVE SUMMARY

This project was started to initiate cooperation with the universities by supporting them in the monitoring of environmental radioactivity levels in order to determine any significant change in the radiation levels and its effects on human health and environment in nuclear and radiological accidents or emergency cases.

Protocols were signed between 14 universities and TAEK in the scope of the Project. 13 Gama spectrometers (4 HPGe, 9 NaI detectors) donated by TAEK were installed in these universities and users were trained during installation. Two workshops were organised during the project; one in the beginning (May 2009) and the other in the last year (March 2013). In addition to these two workshops and on-site trainings, researchers from universities were encouraged to participate in the workshops organised at SANAEM and Ege University in the scope of EU Project TR080209 (Improving Chemical and Ionising Radiation Metrology) and trained by experts from IRMM and SANAEM.

“Determination of Activity Concentrations of Naturally Occurring Radionuclides in Soil” Proficiency Test was organised by SANAEM Radiation Metrology Division after the completion of detector installations and trainings. Participants were asked to report Ra-226, Th-232 and K-40 radionuclide activities in a soil sample prepared in SANAEM. Results of 12 laboratories were evaluated and over 50% success was observed.

A network of reliable radioactivity measurement laboratories comprising of university laboratories that will support TAEK laboratories for sampling and gamma spectrometric analyses in monitoring environmental radioactivity was composed through installations of gamma spectrometric systems and feedback from the trainings, workshops and proficiency testing exercise.

## KISALTMALAR

AB, EU	: Avrupa Birliği, European Union
ADHK	: Acil Durumlara Hazırlık ve Koordinasyon Birimi
AGKD	: Araştırma Geliştirme ve Koordinasyon Dairesi
ANOVA	: Varyans Analizi (Analysis of Variance)
ÇNAEM	: Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
GF	: Göreceli fark
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer)
JRC IRMM	: Ortak Araştırma Merkezi Referans Malzemeler ve Ölçümler Enstitüsü (Joint Research Center Institute for Reference Materials and Measurements)
MKF	: Maksimum kabul edilebilir fark
PT	: Proficiency Test, Yeterlilik Testi
RMB	: Radyasyon Metrolojisi Bölümü
RSGD	: Radyasyon Sağlığı ve Güvenliği Dairesi
SANAEM	: Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
SCK-CEN	: Belgian Nuclear Research Center-Belçika Nükleer Araştırma Merkezi
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
XRF	: X-Ray Fluorescence (X ışını floresans )

## 1. GİRİŞ

TAEK ile üniversiteler arasında çevre radyoaktivitesinin izlenmesi çalışmalarında yapılacak işbirliğine ilişkin protokoller, “herhangi bir nükleer/radyolojik kaza veya tehlike durumu sonrasında ülkemizdeki radyasyon seviyelerinde kayda değer artışların ve oluşabilecek radyoaktif bulaşmanın boyutlarının değerlendirilmesini ve insan sağlığı ile çevre üzerindeki etkilerinin doğru şekilde belirlenmesini sağlamak üzere çevre radyoaktivite düzeylerinin izlenmesi amacıyla örnek alma ve analiz konularında Kurumumuzun desteği ile üniversitelerimizle işbirliği yapılması” düşüncesiyle ADHK Birimi’nce 2005 yılında başlatılmıştır. Bu çerçevede Kafkas ve Rize (Recep Tayyip Erdoğan) Üniversiteleri ile ilk protokoller imzalanmıştır. 2007 Yılı sonuna kadar Kafkas, Recep Tayyip Erdoğan ve 18 Mart Üniversitelerine ÇNAEM tarafından laboratuvarlarında mevcut olan HPGe dedektörler hibe edilerek kurulmuş ve gerekli eğitimler verilmiş, bir HPGe dedektör de SANAEM tarafından Muğla Üniversitesine hibe edilmiştir.

Daha sonra, bu protokollerin kapsamı genişletilerek RSGD Başkanlığınca yürütülen “Türkiye’nin çevre radyoaktivitesinin izlenmesi” faaliyeti kapsamında Merkezlerin çevresel izleme amacıyla gerçekleştirdikleri analiz yükünün azaltılması ve örnek alma ve radyoaktivite analizleri konusunda yetişmiş eleman gücünün artırılması planlanarak diğer üniversitelerle de işbirliği protokollerin yapılması görevi RSGD tarafından yürütülmüştür. Yukarıda belirtilen üniversitelere kurulan sistemlerin sıvı azot ihtiyacının karşılanmasında yaşanan sıkıntılar nedeniyle, belirlenecek üniversitelere gönderilmek üzere Nal dedektörler alınmasına, dedektör, terazi ve bilgisayardan oluşan desteğin TAEK tarafından sağlanmasına karar verilmiştir. Üniversitelere gönderilecek dedektörler, bilgisayarlar ve teraziler alınarak SANAEM envanterine kaydedilmiştir.

A5.H1.P3.01 kodlu “Çevresel Radyoaktivitenin İzlenmesine Yönelik İmkân ve Kabiliyetin Artırılması” başlıklı proje, 2009 yılında RSGD'nin koordinasyonunda SANAEM tarafından başlatılmıştır. Üniversitelerdeki mevcut akademik personel ve bilimsel altyapı kullanılarak TAEK tarafından verilecek teknik destekle çevresel radyoaktiviteyi izleme faaliyetlerinin ülke sathında daha da yaygınlaştırılması, analiz sürelerinin azaltılması ve çeşitliliğinin artırılması, radyoaktivite analizlerinde yetişmiş uzman personel sayısının artırılması amaçlanmıştır.

Bu projede, örneklerdeki gama yayınlayan radyonüklitlerin aktivite derişimlerinin, üniversiteler tarafından gama spektrometrik yöntem ile ölçülmesine yönelik eğitim ve laboratuvarlar arası karşılaştırma faaliyetleri de dahil olmak üzere gerekli alt yapı (donanım, standart radyoaktif kalibrasyon kaynakları, vb.) sağlayarak destek olmak üzere, önce Ölçüm ve Enstrümantasyon Bölümü, Radyoaktivite Ölçüm ve Analiz Birimi elemanları yer almış, son yılında düzenlenecek yeterlilik testi sorumluluk alanında olduğundan proje yeni kurulan Radyasyon Metrolojisi Bölümü tarafından tamamlanmıştır. ÇNAEM'in ilgili birimleri de eğitimler konusunda destek vermiştir.

## 2.PROJE KAPSAMINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1 Üniversitelerin Seçimi

Üniversitelerin seçimi, protokol yapmak üzere RSGD veya AGKD'ye başvuran üniversitelerin;

- i) İşbirliğine gösterdiği ilgi,
- ii) TAEK'in çevresel radyoaktivitenin izlenmesi öncelikleri paralelinde coğrafi konumu,
- iii) Eleman ve donanım altyapısı dikkate alınarak yapılmıştır.

İşbirliği yapılan 17 üniversite iki grup olarak değerlendirilmiştir.

**1.** Radyometrik ölçüm donanımlarına (gama, alfa, toplam alfa/beta sayım sistemleri) sahip olan üniversiteler:  
Ankara ve Ege Üniversiteleri

**2.** Sadece gama spektrometresine sahip olan üniversiteler:  
Kafkas Ü, Recep Tayyip Erdoğan (Rize) Ü, Onsekiz Mart Ü, Muğla Sıtkı Koçman Ü, Çukurova Ü, Uludağ Ü, Kocaeli Ü, Trakya Ü, Ondokuz Mayıs Ü, Mersin Ü, Gaziantep Ü, Harran Ü, Akdeniz Ü, Selçuk Ü, Karamanoğlu Mehmetbey Ü.

Proje kapsamında 2009 yılında 12 üniversite (Uludağ, Kocaeli, Çukurova, Selçuk, Rize, 18 Mart, Kafkas, Gaziantep, Harran, Trakya, Mersin ve 19 Mayıs Üniversiteleri) ile "Çevre Radyoaktivitesinin İzlenmesi Çalışmalarında Yapılacak İşbirliğine İlişkin Protokol" yapılmış, ayrıca 2010 yılında KKTC Sağlık Bakanlığı ile çevresel radyoaktivitenin izlenmesi çalışmalarına ilişkin teknik işbirliği anlaşması imzalanmıştır. 2012 yılında Akdeniz, Karamanoğlu Mehmetbey ve Kastamonu Üniversiteleri ile yapılan protokollerle işbirliği yapılan üniversite sayısı 14'e ulaşmıştır. Ege, Ankara ve Muğla Sıtkı Koçman Üniversiteleri protokol imzalamadan projeye dâhil olmuşlardır.

## **2.2 TAEK İle Üniversiteler Arasında Çevresel Radyoaktivitenin Belirlenmesi ve İzlenmesine Yönelik İş Birliği Projesi Birinci Çalıştayı**

20-22 Mayıs 2009 tarihleri arasında RSGD'nin koordinasyonunda SANAEM'de "TAEK İle Üniversiteler Arasında Çevresel Radyoaktivitenin Belirlenmesi ve İzlenmesine Yönelik İş Birliği Projesi Birinci Çalıştayı" düzenlenmiş, iş birliği kapsamında yer alan Ankara, Akdeniz, Çukurova, Ege, Gaziantep, Harran, Kafkas, Mersin, Muğla, 19 Mayıs, 18 Mart, Rize, Selçuk, Trakya, Uludağ Üniversitelerinden ve çalıştayın düzenlendiği tarihte iş birliği kapsamında olmayan Kastamonu Üniversitesinden öğretim üyeleri ve araştırma görevlileri olmak üzere toplam 36 kişi katılmıştır. İş birliği yapılması planlanan ve çalıştaya katılması için davet edilen Atatürk Üniversitesinden katılım sağlanmamıştır. Bu çalıştayda örnek alma ve gama spektrometrik analiz konularında katılımcılara eğitim verilmiştir. Çalıştay programı çerçevesinde; Selçuk, Mersin ve Kastamonu Üniversitelerinin dışındaki üniversiteler, eleman ve donanım alt yapılarına ve TAEK ile ortaklaşa yürütülebilecek projelere ilişkin sözlü sunum yapmıştır.

İş birliği kapsamında yürütülecek faaliyetleri gerçekleştirmek ve sürekliliği sağlamak için periyodik olarak kongre, sempozyum ve teknik toplantılar kapsamında bir araya gelmesinin yararlı olacağı konusunda mutabakata varılmıştır. İleriye dönük olarak iş birliği kapsamında bazı ölçütler (karşılaştırma deneylerindeki başarı, proje kapsamında TAEK'e iletilen veri, vb.) dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonucunda iyi performans sergilediğine karar verilen üniversitelerin ilave ölçüm sistemleri ve donanımları ile takviye edilebileceği ifade edilmiştir. Proje kapsamındaki faaliyetleri TAEK tarafından belirlenen esaslara uygun olarak yürütemeyen veya faaliyetlerin yürütülmesinde yetersiz kalan üniversitelerle yapılan protokollerin TAEK tarafından tek taraflı olarak feshedileceği ve bu kapsamda üniversitelere verilen tüm ölçüm cihazları veya donanımların alınarak iş birliği yapmak isteyen başka bir üniversiteye kurulacağı önemle belirtilmiştir. TAEK tarafından üniversitelere kurulacak ölçüm sistemleri veya donanımların, TAEK tarafından talep edilen çalışmalara ilaveten Üniversite personeli tarafından yüksek lisans, doktora, vb.

çalışmalara yönelik olarak kullanılmasında herhangi bir sakınca olmadığı ifade edilmiştir.



**Şekil 1.** “TAEK İle Üniversiteler Arasında Çevresel Radyoaktivitenin Belirlenmesi ve İzlenmesine Yönelik İş Birliği Projesi Birinci Çalıştayı”, 20-22 Mayıs 2009, SANAEM

### **2.3 Dedektörlerin Temini ve Üniversite Laboratuvarlarına Kurulması**

Proje kapsamında üniversitelere kurulmak üzere SANAEM bütçesinden toplam 11 adet Nal dedektör ve terazi satın alınmış, 1 dedektörün referans olarak kullanılmak üzere SANAEM’de kalmasına, 10 dedektörün proje amaçları doğrultusunda dağıtılmasına karar verilmiştir. Üniversitelere gönderilecek bilgisayarların temininde ve gama spektrometri sistemlerinin üniversitelere verilme yönteminin belirlenmesinde yaşanan gecikmeler, kurulumu yapacak proje elemanlarının uzun süreli yurtdışı eğitimlere katılması ve personel yetersizliği gibi nedenlerle satın alınan Nal dedektörlerin belirlenen üniversitelere kurulumu ve yerinde eğitim verilmesine ilişkin çalışma takviminde verilen programdan sapmalar olmuştur. 2011 yılı sonunda tamamlanması öngörülen proje, bu nedenle önce 2012, daha sonra 2013 yılının

sonuna kadar uzatılmıştır. 2010 yılının ilk altı aylık döneminde bilgisayarlar temin edilmiş, gama spektrometri sistemlerinin üniversitelere hibe edilmesine karar verilmiştir. Bu kararı takiben hibe işlemleri tamamlanan sistemlerin önceden belirlenen öncelik sırasına uygun olarak üniversitelere kurulumuna ve eğitimlerin verilmesine başlanmıştır. Kurulum ve eğitim işlemleri 2013 yılının Ocak ayında tamamlanmıştır.

2009 yılında;

Çukurova Üniversitesinin talebi ve yapılan Değerlendirme Toplantısında alınan karar doğrultusunda, faal halde olmayan bir HPGe detektör sisteminin kurulması amacıyla 22-26 Haziran 2009 tarihlerinde Adana'ya gidilmiştir. Söz konusu dedektör sistemi kurulmuş, gerekli genel bakım (azot temini, odanın sıcaklığı, vb) hakkında bilgi verilmiş ve teknik olarak sistemin nasıl kurulacağı ve çalıştırılacağı uygulamalı olarak gösterilmiştir. Genel olarak dedektör sisteminin çalışır durumda olduğu ancak, sistemde topraklamadan veya elektronikten kaynaklanan bazı problemler olduğu tespit edilmiştir. Bu konuyla ilgili olarak gerekli tavsiyeler verilmiş, sistem analiz yapılabilir duruma getirilmiş ve ölçüm metodu ile ilgili eğitim verilmiştir.

2010 yılında;

- Uludağ Üniversitesinden iki doktora öğrencisine bir hafta süreyle SANAEM'de gama spektrometrik ölçümlere ilişkin eğitim verilmiştir.
- Çukurova Üniversitesinden öğretim görevlisi, asistan ve doktora öğrencisi olmak üzere üç kişiye iki hafta süreyle SANAEM'de sıvı sintilasyon spektrometrik yöntemle H-3 ve Sr-90 analizleri konusunda, toplam alfa/beta ve gama spektrometri laboratuvarlarında yapılan rutin ölçümlerle ilgili teorik ve uygulamalı eğitim verilmiştir.
- KKTC Sağlık Bakanlığı Devlet Laboratuvar Dairesi Müdürlüğünün Çevre Radyoaktivitesinin İzlenmesi Çalışmalarına İlişkin Teknik İşbirliği Anlaşması kapsamındaki talebi doğrultusunda laboratuvarlarında mevcut, ambalajında bekletilen HPGe dedektörlü Gama Spektrometresinin 31 Mayıs-4 Haziran 2010 tarihleri arasında kurulumu yapılmış ve eğitim verilmiştir.

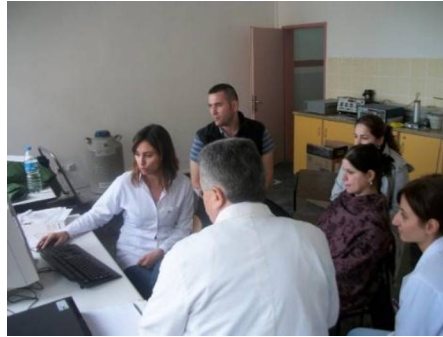
- Kafkas, Gaziantep, Harran ve 19 Mayıs Üniversitelerinin ilgili bölümlerine TAEK tarafından temin edilen ve Nal dedektörlü gama spektrometresi, bilgisayar, terazi ve kalibrasyon kaynaklarından oluşan donanımla laboratuvarlar kurulmuş ve gerekli eğitimler verilmiştir.



**Şekil 2.** Harran Üniversitesi



**Şekil 3.** Gaziantep Üniversitesi



**Şekil 4.** Ondokuz Mayıs Üniversitesi

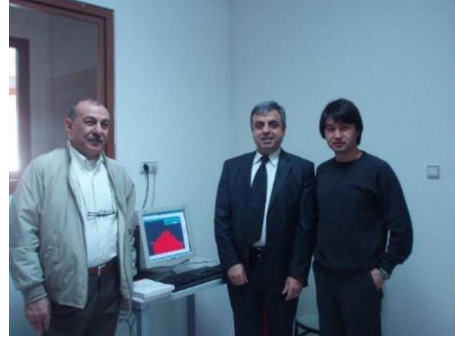
- 18 Mart Üniversitesinin eğitimleri ÇNAEM tarafından verilmiştir. Uludağ Üniversitesi, Nal Dedektörlü Gama Spektrometri Sistemine ihtiyaçları olmadığını belirtmiştir.

2011 yılında:

- Mersin ve Trakya Üniversitelerinin ilgili bölümlerine TAEK tarafından temin edilen ve Nal dedektörlü gama spektrometresi, bilgisayar, terazi ve kalibrasyon kaynaklarından oluşan donanımla laboratuvarlar kurulmuş ve gerekli eğitimler verilmiştir.



Şekil 5. Mersin Üniversitesi



Şekil 6. Trakya Üniversitesi

2012 yılında;

- TR080209 kodlu “Kimyasal ve İyonlaştırıcı Radyasyon Metrolojisinin Geliştirilmesi” konulu AB projesi kapsamında üniversitelerdeki araştırmacılara yönelik olarak 12-16 Mart 2012 tarihleri arasında SANAEM’de düzenlenen “Advanced Gamma-ray Spectrometry” konulu eğitim kursuna ve 3-10 Temmuz 2012 tarihleri arasında Ege Üniversitesinde düzenlenen “Statistics: Uncertainty Budget Determination for Radionuclide Metrology Applications” konulu uygulamalı çalışmaya bu proje kapsamındaki üniversitelerden araştırmacıların katılımları sağlanmış, IRMM ve Merkezimiz uzmanları tarafından eğitim verilmiştir.
- 09-13 Aralık 2012 tarihleri arasında Antalya Akdeniz Üniversitesine NaI dedektör sistemi kurulmuş, enerji ve verim kalibrasyonları yapılmış ve sistemi kullanacak personellere gerek dedektör sisteminin çalışma prensipleri ve gerekli kalibrasyonları gerekse de gama spektrometrik sistemlerle ilgili temel seviyede eğitim verilmiştir.
- 2012 yılında ayrıca protokol imzalayarak projeye dâhil olmak isteyen ve dedektör talebinde bulunan Akdeniz, Süleyman Demirel, Karaelmas, Nevşehir, Karamanoğlu Mehmet Bey, Ağrı İbrahim Çeçen üniversitelerinin projeye uygunluğu değerlendirilmiş, Karamanoğlu Mehmetbey ve Akdeniz Üniversiteleri uygun bulunarak AGKD tarafından protokol ile ilgili işlemler tamamlanmıştır.

2013 yılında;

- 09-12 Ocak 2013 tarihleri arasında Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesine, 16-19 Ocak 2013 tarihleri arasında Kastamonu Üniversitesine NaI dedektör kurulmuş, enerji ve verim kalibrasyonları yapılmış ve sistemi kullanacak personellere gerek dedektör sisteminin çalışma prensipleri ve gerekli kalibrasyonları gerekse de gama spektrometrik sistemlerle ilgili temel seviyede eğitim verilmiştir.

## **2.4 Üniversitelere Yönelik İleri Gama Spektrometri Çalıştayı (Advanced Gamma-ray Spectrometry )**

SANAEM'de gerçekleştirilen ve IRMM'den Dr. Mikael Hult, SCK-CEN'den Dr. Tim Vidmar, Dr. Michel Bruggeman ile SANAEM'den Namık Kemal Şahin ve Emin Yeltepe tarafından verilen "İleri Gama Spektrometri" adlı eğitime çeşitli üniversitelerden 23 araştırmacı katılmıştır. Eğitimde aşağıdaki konular detaylı bir şekilde işlenmiştir:

- Gama Spektrometri; genel bilgi ve enstrümantasyon,
- Nükleer veri kullanımı,
- Verim kalibrasyonu ve verim aktarımı,
- Farklı Monte-Carlo yazılımları kullanılarak verim kalibrasyonu elde etme,
- Gerçek çakışma düzeltmesi,
- Aktivite hesaplamada toplam pik yöntemi,
- Ölçüm ve hesaplamalar üzerinde uygulamalar,
- Belirsizlik bütçesi, cihaz performansı ve iyi laboratuvar uygulamaları (GLP).

Eğitim sırasında anlatılan hesaplama programları ile örnek hesaplamalar ve problem çözümlerinin yanı sıra laboratuvar uygulamaları da yapılmıştır.



**Şekil 7.** Üniversitelere Yönelik İleri Gama Spektrometri Çalıştayı, 12-16 Mart 2012

## **2.5 Radyonüklit Metroloji Uygulamalarında İstatistik, Belirsizlik Kaynakları ve Belirsizlik Bütçesi Çalıştayı (Workshop on Statistics and Uncertainty Determination and Budget for Radionuclide Metrology Applications)**

Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsünün ev sahipliği yaptığı çalıştaya SANAEM'den 6, ÇNAEM'den 6, üniversitelerden 23 kişi olmak üzere toplam 35 kişi katılmıştır. IRMM'den Dr. Uwe Waetjen, Dr. Timotheos Altitzoglou, Dr. Stefan Pommé, Roma'daki Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale Enstitüsünden Dr. Paolo de Zorzi ve Jožef Stefan Enstitüsünden Dr. L. Benedik'in eğitmen, SANAEM'den Abdullah Dirican, Emin Yeltepe ve ÇNAEM'den Günay Yüce'nin yardımcı eğitmen olarak görev yaptığı bu eğitimde aşağıdaki konular detaylı bir şekilde işlenmiştir:

- Genel istatistik I (Olasılık, dağılım, belirsizlik vs.)
- Örneklemenin önemi

- Genel istatistik II (ağırlıklı ortalama, sayıları yuvarlama, sapan değerlerin atılması vs.)
- Alfa spektrometrik ölçümlerde belirsizlik kaynakları ve hesapları
- Gama spektrometrik ölçümlerde belirsizlik kaynakları ve hesapları
- Radyokimyasal işlemlerden kaynaklanan belirsizlikler ve hesaplanması
- Sıvı sintilasyon spektrometrik ölçümlerde belirsizlik kaynakları ve hesapları



**Şekil 8.** Radyonüklit Metroloji Uygulamalarında İstatistik, Belirsizlik Kaynakları ve Belirsizlik Bütçesi Eğitimi, 3-10 Temmuz 2012, Ege Üniversitesi, İzmir

Konularla ilgili dersleri takiben örnek hesaplamalar ve problem çözümleriyle edinilen bilgilerin pekişmesi sağlanmıştır.

## 2.6 Çevresel Radyoaktivite Ölçümleri Çalıştayı

Proje takvimine uygun olarak, protokol kapsamındaki üniversitelere yönelik “Çevresel Radyoaktivite Ölçümleri” adlı çalıştay 27-29 Mart 2013 tarihleri arasında SANAEM’de gerçekleştirilmiştir. Beklenenin üzerinde bir ilgi gören ve 23 üniversiteden 38 araştırmacının katıldığı çalıştayda aşağıda verilen konular detaylı olarak anlatılmış, düzenlenmesi planlanan “Yeterlilik Testi (Proficiency Test)” ile ilgili bilgiler verilmiş, laboratuvar uygulamaları yapılmıştır.

- Temel Kavramlar (Radyoaktivite, Radyasyonun madde ile etkileşimi)
- Gama spektrometri – genel bilgi ve enstrümantasyon
- Verim ve enerji kalibrasyonları
- Standartla karşılaştırma yöntemi
- Aktivite hesaplama ve ölçüm belirsizliği
- Scintivision yazılımı
- Gama spektrometride doğal fon
- Toplam alfa/beta sayım sistemi
- Alfa spektrometrisi
- Sıvı sintilasyon spektrometrisi

Katılımcılara yapılan anket sonuçları değerlendirildiğinde çalıştayın üniversitelerle işbirliği açısından katkı sağladığı görülmüş, bu tür çalıştayların daha küçük çalışma grupları halinde laboratuvar uygulamaları artırılarak belirli periyotlarla tekrarlanmasının faydalı olacağı sonucuna varılmıştır.



**Şekil 9.** Çevresel Radyoaktivite Ölçümleri Çalıştayı,  
27-29 Mart 2013, SANAEM

## **2.7 TAEK-RMB-2013-01 “Toprakta Doğal Radyonüklitlerin Aktivite Derişimlerinin Belirlenmesi” Yeterlilik Testi**

“Çevresel Radyoaktivite Ölçümleri” çalıştayını takiben, proje takvimine uygun olarak “Toprakta Doğal Radyonüklitlerin Aktivite Derişimlerinin Belirlenmesi” başlıklı Yeterlilik Testi (Proficiency Test) düzenlenmiştir. PT numunesi olarak üniversitelere gönderilmek üzere Manisa-Salihli uranyum yataklarından ve Çanakkale bölgesinin toryum aktivitesi yüksek alanlarından alınan toprakların karıştırılmasıyla elde edilen topraklar etüvde 105°C sıcaklıkta kurutulmuş, öğütülmüş ve 250 mikron parçacık boyutlu elek ile elendikten sonra karıştırıcı vasıtasıyla karıştırılmıştır. Referans değerin doğruluğunu tespit etmek amacıyla gama spektrometrik yöntemin yanı sıra X-ışını flüoresans, yüksek çözünürlüklü ICP-MS ve PIP detektörlü alfa parçacığı spektrometrik yöntemlerle de çalışmalar yapılmıştır. Söz konusu yöntemlerle elde edilen aktivite derişimi değerleri gama spektrometrik yöntemlerle elde edilenlerle karşılaştırıldığında dikkate değer bir sapmanın olmadığı gözlenmiştir.

Yeterlilik testi numuneleri ve bazı hazırlanma aşamaları, sırasıyla Şekil 10, 11, 12 ve 13'te gösterilmiştir.

Numunelerin analizleri yapıldıktan ve aktivite derişimleri bulunduktan sonra, sapan değer (outlier), normal dağılım, modalite ve ANOVA testleri yapılarak numunenin homojenliği belirlenmiştir [1, 2]. Böylece, numunede bulunan radyonüklitlerin aktivite derişimi değerlerinde heterojeniteden kaynaklı belirsizlikler tespit edilmiştir. Homojenite sağlandıktan sonra her katılımcı için yaklaşık 300 g doğal toprak numunesi paketlenmiş ve 25 kGy gama dozu ile sterilize edilmiştir [3].



**Şekil 10.** Toprak numunelerini karıştırmakta kullanılan mikser



**Şekil 11.** Yeterlilik testi numuneleri



**Şekil 12.** Yeterlilik testi numunelerinin numune kabında sıkıştırılarak içerisindeki hava boşluklarının alınması işlemi. (Quantachrome dual auto tap cihazı kullanılmıştır)

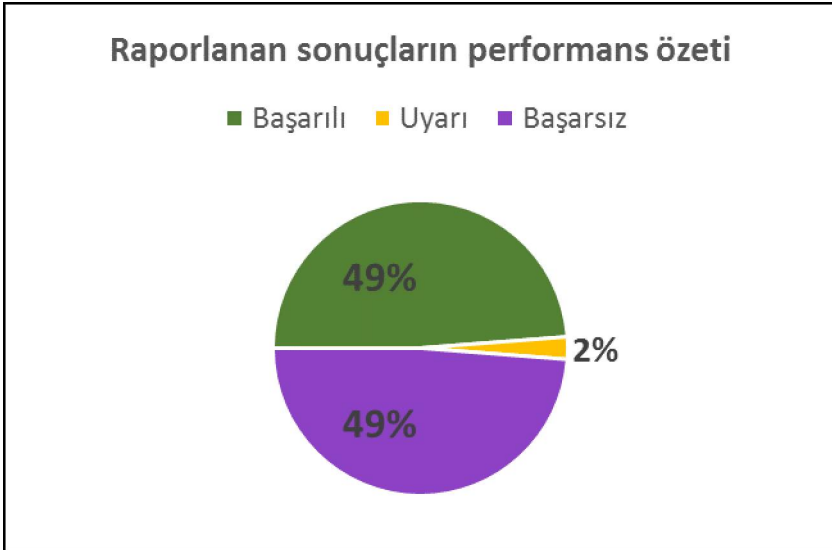


**Şekil 13.** Yeterlilik testi numunesinin ağırlığının belirlenmesi işlemi (20 mg hassasiyete sahip terazi)

Teste katılmak isteyen laboratuvarların tespit edilmesinden sonra, Temmuz 2013'de 16 katılımcı laboratuvara kod numaraları verilerek birer adet numune gönderilmiştir. Katılımcı laboratuvarlardan gönderilen toprak numunesinde bulunan Ra-226, Th-232 ve K-40 aktivite derişimlerini belirleyerek 25 Ekim 2013 tarihine kadar raporlamaları talep edilmiştir. Yeterlilik testine katılan 12 laboratuvar sonuçlarını raporlayarak Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'ne göndermiştir. Sonuçların özeti Şekil 14'de sunulmuştur. Bu yeterlilik testine Akdeniz Üniversitesi, Ankara Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Gaziantep Üniversitesi, Kafkas Üniversitesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Kastamonu Üniversitesi,

Mersin Üniversitesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi ve Trakya Üniversitesi sonuç raporu göndererek katılmıştır. Bu üniversitelerden bazıları farklı metotlarla birden fazla sonuç göndermişlerdir. Yeterlilik testine katılmak istediklerini bildiren dört üniversite, kendilerine test numunesi gönderilmiş olmasına rağmen sonuç raporlarını göndermemiştir.

Sonuçların değerlendirilmesi neticesinde PT'ye katılan üniversite laboratuvarlarının başarı oranının yarı yarıya olduğu gözlenmiştir. TAEK-RMB-2013-01 olarak kodlandırılan ve her laboratuvarın yalnızca kendi sonucunu içeren Yeterlilik Testi Değerlendirme Raporu, 27 Aralık 2013 tarihinde katılımcılara gönderilmiştir. Bütün laboratuvarların genel değerlendirmesini içeren nihai Değerlendirme Raporu katılımcı laboratuvarlara iletilecektir.



**Şekil 14.** Teste katılan laboratuvarların performanslarının özeti

Raporlanmış bir analiz sonucu için doğruluk (U-skor değeri) ve kesinlik (P-faktör değeri) test göstergeleri ile gerektiği durumda göreceli fark sonucu birleştirilerek nihai değerlendirme yapılmıştır. Nihai değerlendirmede bir sonucun "başarılı" olabilmesi için doğruluk ve kesinlik testlerinin her ikisinden de "başarılı" notunu almış olması gerekmektedir. Doğruluk ve kesinlik testlerinin her ikisinden de "başarısız" notu almış bir sonuç "başarısız" olarak

değerlendirilmiştir. Doğruluk veya kesinlik testlerinin birinden “başarısız” notunu almış bir sonuç için fazladan bir değerlendirme yapılmıştır. Bu durumda referans değer ile raporlanmış değer arasındaki göreceli fark (GF) hesaba katılmış ve göreceli fark ile maksimum kabul edilebilir fark (MKF) karşılaştırılmıştır. MKF değeri, analiz edilen numunedeki radyonüklitin aktivite derişimi seviyesi ve problemin karmaşık olup olmadığı göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Eğer  $GF \leq MKF$  ise nihai sonuç “uyarı” veya “uyarı ile başarılı” olarak değerlendirilmiştir. Eğer  $GF > MKF$  ise nihai sonuç “başarısız” olarak değerlendirilmiştir [1, 3].

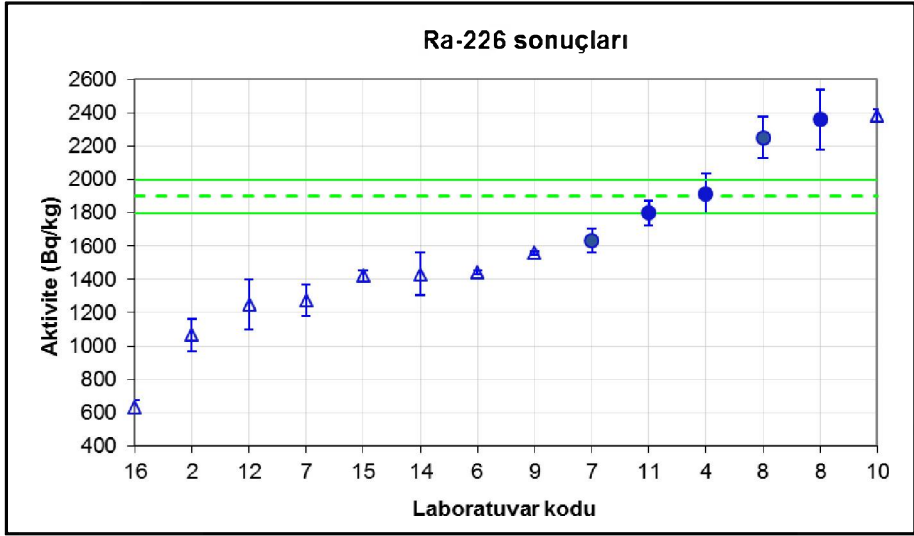
Sonuçlar incelendiğinde Ra-226 aktivite derişiminin sadece dört laboratuvar tarafından başarılı bir şekilde bulunduğu gözlenmektedir. Bunun nedeninin Ra-226 aktivitesinin bozunma ürünü radyonüklitlerin aktivitelerinden hesaplanması olduğu düşünülmektedir. İyi bir şekilde sızdırmazlığı sağlanmayan kaplardan Ra-226'nın bozunma ürünü olan asal gaz Rn-222'nin kaçması nedeniyle aktivitenin gerçek değerden daha az olması beklenir. Aynı zamanda yeterli süre (yaklaşık 25 gün) beklenmeden yapılan analizlerde Ra-226'nın bozunma ürünlerinin seküler dengeye ulaşmamasından dolayı Ra-226 aktivitelerinin benzer şekilde daha az hesaplanması beklenir. Bu bilgiler ışığında Ra-226 aktivite derişimleri grafiğinde aktivite değerlerinin büyük bir kısmının referans değerinin altında kalmış olması normaldir.

Th-232 aktivite derişim grafiğinde referans değerinin raporlanan değerlerin ortasına yakın olduğu gözlenmektedir. Th-232 aktivite derişiminin, bozunma ürünü Rn-220'den önceki bozunma ürünlerinden de hesaplanabildiği ve Rn-220'nin yarı ömrünün çok kısa olmasından dolayı (55.6 saniye) dışarı Rn-220 sızma olasılığı düşük olması göz önüne alındığında bu durumun beklenebileceği değerlendirilmektedir.

K-40 aktivite derişim grafiğinde ise beklenen değer üzerinde raporlanan sonuçların çokluğu göze çarpmaktadır. Bunun nedeni, 1460.9 keV enerjideki K-40 gama pikinin hemen yakınında (1459.13 keV) Th-232'nin ürün çekirdeklerinden Ac-228'in gama pikinin olmasıdır. Örneklerdeki Th-232 aktivitesinin yüksekliği dikkate alındığında bu katkının küçümsenmeyecek kadar önemli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu gibi durumlarda K-40 aktivite

derişimi bulunurken iki yöntem uygulanabilir. Öncelikli yöntem, Ac-228 aktivitesini diğer piklerden hesapladıktan sonra bu aktiviteyi, verimi ve yayımlanma olasılığını kullanarak toplam pik alanına katkı yapan Ac-228 pik alanı hesaplanması ve bu alanın K-40 için seçilen alandan çıkardıktan sonra K-40 aktivitesinin belirlenmesidir. Diğer yöntem pik ayırma (dekonvolüsyon) işlemi uygulanarak Ac-228 pikinin K-40 pikinden matematiksel olarak ayrılmasına dayanır. Enerjilerin çok yakın olması bu işlemde gelecek belirsizliğin yüksek olmasına neden olabilir.

Sonuç olarak Türkiye’de radyoaktivite ölçümü yapılan laboratuvarların en önemli ihtiyaçlarından birisi olan yeterlilik testlerinin ilki başarıyla düzenlenmiştir. Laboratuvarların ve personelin büyük kısmının yeni olması nedeniyle başarı oranı çok yüksek olmasa da düzenlenen test, genel tablonun görülmesi ve kalitenin yükseltilmesine katkı sağlamıştır.



●: Başarılı    △:Başarısız    -----: Referans değer    \_\_\_:Genişletilmiş belirsizlik

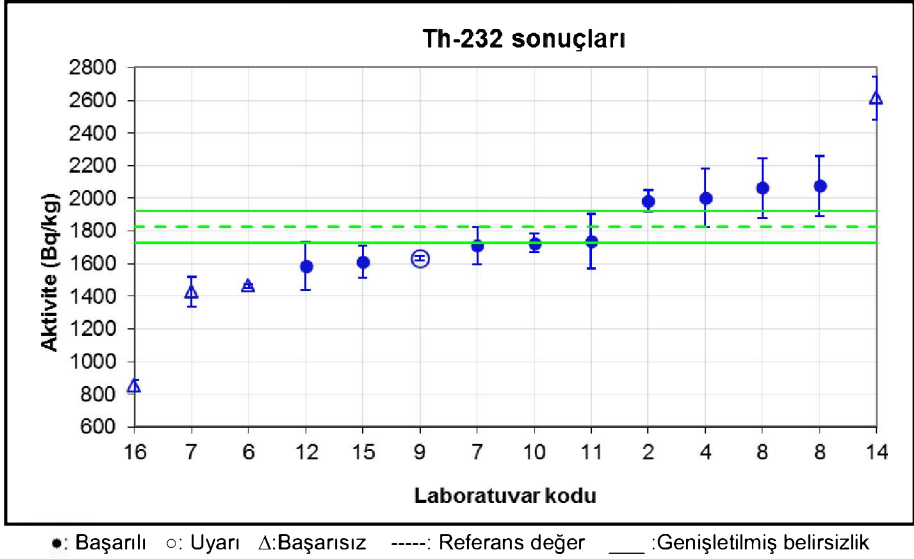
**Şekil 15.** Laboratuvarların Ra-226 aktivite derişim değerleri

**Tablo 1.** Ra-226 için rapor edilen sonuçlara göre laboratuvarların performans değerlendirmesi

**Ra-226, Referans değer:  $1900 \pm 100$  Bq/kg ( $k=2$ )**

Lab kodu	Raporlanmış değer	Raporlanmış belirsizlik ( $k=2$ )	Doğruluk	Kesinlik	Göreceli fark (%)	Son durum
2	1067.93	96.06	K	G	-43.8	BAŞARISIZ
4	1915	120	G	G	0.8	BAŞARILI
6	1443.33	12.64	K	G	-24.0	BAŞARISIZ
7	1273.2	92.36	K	G	-32.9	BAŞARISIZ
7	1630.95	72.88	G	G	-14.2	BAŞARILI
8	2359.38	179.46	G	G	24.2	BAŞARILI
8	2252.2	122.76	G	G	18.5	BAŞARILI
9	1560	10	K	G	-17.9	BAŞARISIZ
10	2384	38	K	G	25.5	BAŞARISIZ
11	1799.4	73.4	G	G	-5.3	BAŞARILI
12	1249.5	146.8	K	G	-34.2	BAŞARISIZ
14	1432.9	128.8	K	G	-24.6	BAŞARISIZ
15	1422	36	K	G	-25.2	BAŞARISIZ
16	634.58	39.14	K	G	-66.6	BAŞARISIZ

G: Geçti K:Kaldı



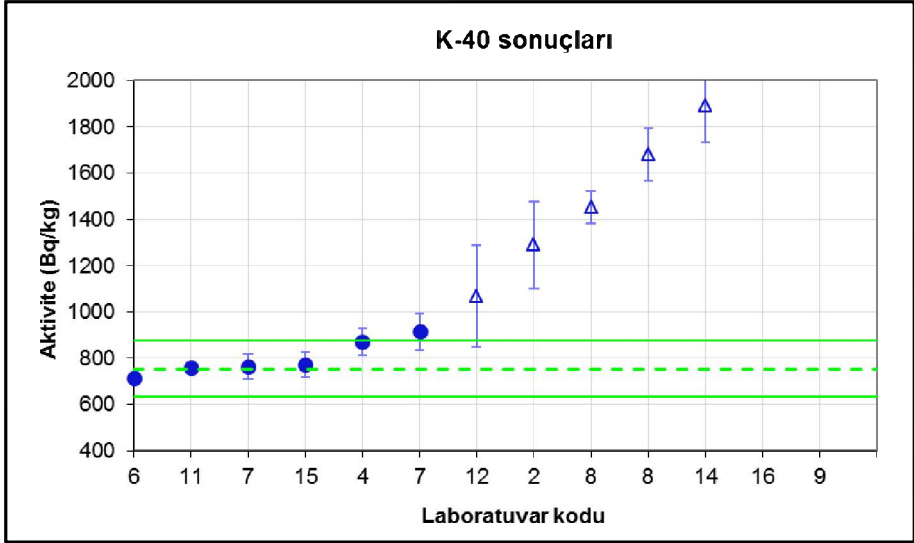
**Şekil 16.** Laboratuvarların Th-232 aktivite derişim değerleri

**Tablo 2.** Th-232 için rapor edilen sonuçlara göre laboratuvarların performans değerlendirmesi

**Th-232, Referans değer:  $1825 \pm 100$  Bq/kg ( $k=2$ )**

Lab kodu	Raporlanmış değer	Raporlanmış belirsizlik ( $k=2$ )	Doğruluk	Kesinlik	Göreceli fark (%)	Son durum
2	1984.4	69.2	G	G	8.73	BAŞARILI
4	2005	180	G	G	9.86	BAŞARILI
6	1463.24	14.12	K	G	-19.82	BAŞARISIZ
7	1710.9	112.7	G	G	-6.25	BAŞARILI
7	1429.51	90.82	K	G	-21.67	BAŞARISIZ
8	2065.3	183.4	G	G	13.17	BAŞARILI
8	2076.5	184.2	G	G	13.78	BAŞARILI
9	1632	14	K	G	-10.58	UYARI
10	1726	56	G	G	-5.42	BAŞARILI
11	1735.9	168.8	G	G	-4.88	BAŞARILI
12	1585.3	149.2	G	G	-13.13	BAŞARILI
14	2614	123	K	G	43.23	BAŞARISIZ
15	1610	96	G	G	-11.78	BAŞARILI
16	852.3	35.6	K	G	-53.30	BAŞARISIZ

G: Geçti K:Kaldı



●: Başarılı    △:Başarısız    ----: Referans değer    \_\_\_ :Genişletilmiş belirsizlik

**Şekil 17.** Laboratuvarların K-40 aktivite derişim değerleri

**Tablo 3.** K-40 için rapor edilen sonuçlara göre laboratuvarların performans değerlendirmesi

**K-40, Referans değer:  $755 \pm 120$  Bq/kg ( $k=2$ )**

Lab kodu	Raporlanmış değer	Raporlanmış belirsizlik ( $k=2$ )	Doğruluk	Kesinlik	Göreceli fark (%)	Son durum
2	1289.42	187.32	G	K	70.78	BAŞARISIZ
4	873	58	G	G	15.63	BAŞARILI
6	713.79	27.32	G	G	-5.46	BAŞARILI
7	914.71	77.86	G	G	21.15	BAŞARILI
7	764.6	52.52	G	G	1.27	BAŞARILI
8	1451.6	70	K	G	92.26	BAŞARISIZ
8	1679.4	114.2	K	G	122.44	BAŞARISIZ
9	3479	88	K	G	360.79	BAŞARISIZ
11	760.9	20.66	G	G	0.78	BAŞARILI
12	1067.4	220.2	G	K	41.38	BAŞARISIZ
14	1893.1	160.2	K	G	150.74	BAŞARISIZ
15	773	54	G	G	2.38	BAŞARILI
16	2803.89	481.64	K	K	271.38	BAŞARISIZ

G: Geçti K:Kaldı

Üniversite laboratuvarlarının işbirliğine gösterdikleri ilgi ve başarı durumları değerlendirildiğinde;

Teste katılan beş üniversite laboratuvarının çevresel numunelerde doğal radyonüklitlerin analizi konusunda başarılı ve yetenek sahibi oldukları görülmektedir. Beş üniversite laboratuvarı kısmen başarılı olurken, üç laboratuvar ise başarılı olamamışlardır. Bu durum, geçmiş yıllarda ve bu yeterlilik testi öncesinde düzenlenmiş olan çalıştaylara rağmen bazı üniversite laboratuvarlarının çevresel numunelerde doğal radyonüklitlerin aktivite derişimlerinin ölçülmesi konusundaki yeteneklerinin iyileştirilmesine ve geliştirilmesine olan ihtiyaca işaret etmektedir. Kurumumuz ile işbirliğine açık olan ve düzenlenen çalıştaylara iştirak eden üniversite laboratuvarından ikisi bu teste katılmak istemediklerini bildirmişler, iki üniversite ise teste katıldıkları halde sonuç göndermemişlerdir. Yeterlilik test sonuçlarının genel değerlendirilmesinde laboratuvarların ve personelin büyük kısmının yeni olması nedeniyle başarı oranı çok yüksek olmasa da düzenlenen test, genel tablonun görülmesi ve kalitenin yükseltilmesi için iyi bir fırsat sunmuştur. Bu ve ileride düzenlenmesi planlanan yeterlilik testleri ve talep olursa düzenlenecek çalıştaylar laboratuvarların iyileşmesine katkıda bulunmaya devam edecektir.

### 3. SONUÇ

TAEK tarafından temin edilen 10 Nal dedektörlü gama spektrometresinin 9 adedinin kurulumu SANAEM tarafından tamamlanmıştır. Başlangıçta protokol imzalayarak projeye dahil olan üniversitelere ek olarak radyoaktivite ölçüm altyapılarını geliştirmek ve projeye dâhil olmak amacıyla Nal dedektörü kurulması için Nevşehir, Karaelmas, Akdeniz, Süleyman Demirel, Kastamonu, Karamanoğlu Mehmetbey ve Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitelerinden protokol yapmak üzere talepler olmuş, projenin başlangıcında belirlenen seçim kriterleri göz önüne alınarak yapılan değerlendirme sonucu Nevşehir, Karaelmas, Süleyman Demirel ve Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitelerinin talepleri uygun görülmemiştir. Akdeniz Üniversitesi, Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi ve Kastamonu Üniversitesi ile AGK'nın koordinasyonunda protokol imzalanmıştır. Proje kapsamında SANAEM'in görevi "protokolü mevcut üniversitelere sistemin kurulumunu yapmak, gerekli eğitimleri vermek ve laboratuvarlar arası karşılaştırma faaliyetlerini yürütmekle" sınırlıdır. Bu kapsamda, 9 üniversiteye Nal dedektörlü gama spektrometresinin kurulmaları yapılmış, kurulum sırasında gerekli temel eğitimler verilmiştir. Proje süresince iki çalıştay düzenlenmiş, ayrıca AB projesi kapsamında üniversitelere yönelik olarak düzenlenen iki çalıştaya proje kapsamındaki üniversite personelinin katılımı sağlanarak eğitilmişlerdir. Ayrıca, Çukurova Üniversitesinin faal halde olmayan HPGe detektör sistemi kurularak sistem analiz yapılabilir duruma getirilmiş ve ölçüm metodu ile ilgili eğitim verilmiştir. KKTC Sağlık Bakanlığı Devlet Laboratuvar Dairesi Müdürlüğü'nün Çevre Radyoaktivitesinin İzlenmesi Çalışmalarına İlişkin Teknik İşbirliği Anlaşması kapsamındaki talebi doğrultusunda laboratuvarlarında mevcut, ambalajında bekletilen HPGe dedektörlü Gama Spektrometresinin kurulumu yapılmış ve eğitim verilmiştir. Düzenlenen çalıştayların yanı sıra, Uludağ Üniversitesinden iki doktora öğrencisine bir hafta süreyle gama spektrometrik ölçümlerle ilgili, Çukurova Üniversitesinden öğretim

görevlisi, asistan ve doktora öğrencisinden oluşan üç kişilik gruba iki hafta süreyle sıvı sintilasyon spektrometrik yöntemle H-3 ve Sr-90 analizleri ve toplam alfa/beta ve gama spektrometri laboratuvarlarında yapılan rutin ölçümler konusunda SANAEM laboratuvarlarında teorik ve uygulamalı eğitim verilmiştir.

“Çevresel Radyoaktivite Ölçümleri” çalıştayının ardından TAEK-RMB-2013-01 olarak kodlandırılan “Toprakta Doğal Radyonüklitlerin Aktivite Derişimlerinin Belirlenmesi” başlıklı Yeterlilik Testi (Proficiency Test) düzenlenmiştir. 16 Katılımcı laboratuvara bir kod numarası verilerek birer adet numune gönderilmiştir. Katılımcı laboratuvarlardan gönderilen toprak numunesinde bulunan Ra-226, Th-232 ve K-40 aktivite derişimlerini belirleyerek raporlamaları talep edilmiştir. Yeterlilik testine katılan 12 laboratuvar sonuçlarını raporlayarak göndermiştir. Yeterlilik test sonuçlarının genel değerlendirilmesinde, laboratuvarların ve personelin büyük kısmının yeni olması nedeniyle başarı oranı çok yüksek olmasa da düzenlenen test, genel tablonun görülmesi ve kalitenin yükseltilmesi için iyi bir fırsat sunmuştur. Bu ve ileride düzenlenmesi planlanan yeterlilik testlerinin ve talep olursa düzenlenecek çalıştayların laboratuvarların iyileşmesine katkıda bulunacağı açıktır

Üniversite laboratuvarlarının işbirliğine gösterdikleri ilgi ve yeterlilik testindeki başarı durumları değerlendirildiğinde;

Teste katılan beş üniversite laboratuvarlarının çevresel numunelerde doğal radyonüklitlerin analizi konusunda başarılı ve yetenek sahibi oldukları görülmektedir. Beş üniversite laboratuvarı kısmen başarılı olurken, üç laboratuvar ise başarılı olamamışlardır. Bu durum, geçmiş yıllarda ve bu yeterlilik testi öncesinde düzenlenmiş olan çalıştaylara rağmen bazı üniversite laboratuvarlarının çevresel numunelerde doğal radyonüklitlerin aktivite derişimlerinin ölçülmesi konusundaki yeteneklerinin iyileştirilmesine ve geliştirilmesine olan ihtiyaca işaret etmektedir. Kurumumuz ile işbirliğine açık olan ve düzenlenen çalıştaylara iştirak eden üniversite laboratuvarından ikisi bu teste katılmak istemediklerini bildirmişler, iki üniversite ise teste katıldıkları halde sonuç göndermemişlerdir. Yeterlilik test sonuçlarının genel

değerlendirilmesinde laboratuvarların ve personelin büyük kısmının yeni olması nedeniyle başarı oranı çok yüksek olmasa da düzenlenen test, genel tablonun görülmesi ve kalitenin yükseltilmesi için iyi bir fırsat sunmuştur. Bu ve ileride düzenlenmesi planlanan yeterlilik testleri ve talep olursa düzenlenecek çalıştaylar laboratuvarların iyileşmesine katkıda bulunmaya devam edecektir.

Türkiye'nin çevre radyoaktivitesinin izlenmesi kapsamında TAEK Laboratuvarlarına örnek alma ve gama spektrometrik analizler konularında destek verebilecek üniversite laboratuvarlarından oluşan bir radyoaktivite ölçüm laboratuvarları ağı oluşturulmuştur.

Projeye dâhil olan, protokol imzalanan, dedektör kurulumu talep eden ve dedektör kurulan üniversitelerin bulunduğu iller Tablo 4 ve Şekil 18'de gösterilmiştir.

Yeterlik testi numunelerinin destekleyici ölçümleri, Radyoaktivite ve Analitik Ölçüm Bölümünün Alfa Spektrometri, XRF Elementel Analiz ve ICP-MS Laboratuvarlarında yapılmıştır.

**Tablo 4.** Proje kapsamındaki üniversitelerin genel değerlendirmesi

Protokol imzalanan Üniversiteler	Protokol imzalanmadan projeye dâhil olan üniversiteler	Protokol imzalamak için talepte bulunan üniversiteler	Laboratuvar kurulan üniversiteler
Uludağ Kastamonu Kocaeli Çukurova Selçuk Recep Tayyip Erdoğan 18 Mart Kafkas Gaziantep Harran Mersin Trakya 19 Mayıs Akdeniz Karamanoğlu Mehmetbey	Ankara Ege Muğla	Nevşehir Karaelmas Süleyman Demirel İbrahim Çeçen	Recep Tayyip Erdoğan (Ge) Kafkas (Ge, Nal) 18 Mart (Ge) Muğla, S. Koçman (Ge) Gaziantep Harran Mersin Trakya 19 Mayıs Akdeniz Karamanoğlu Mehmetbey Kastamonu



## KAYNAKÇA

- 1) General Procedure and Criteria, IARMA Proficiency Tests.
- 2) Spasova, Y., Vasile, M., Homogeneity Measurements for the EC Comparison Radioactivity in Soil, JRC Scientific and Technical Reports, EUR 24649 EN-2010.
- 3) Worldwide Open Proficiency Test: Determination of Naturally Occuring Radionuclides in Phosphogypsum and Water, IAEA-CU-2008-03, IAEA Analytical Quality in Nuclear Applications No. IAEA/AQ/18, Vienna, 2010.

## YAYIN BİLGİ FORMU

<b>Rapor Bilgileri</b>	<b>1. Yayın Yılı/No</b> 2015/3
<b>2. Rapor Başlığı</b> ÇEVRESEL RADYOAKTİVİTENİN İZLENMESİNE YÖNELİK İMKAN VE KABİLİYETİN ARTIRILMASI	<b>3. Yayın Kurulu Tarih (Gün/Ay/Yıl)-No</b> 19.11.2014 / 2-1
<b>4. Yazarlar</b> Ülkü YÜCEL, Emin YELTEPE, Namık Kemal ŞAHİN, Hasan DİKMEN, Bengü ÇAĞATAY, Yücel Özer ÖZKÖK, Tayfur BAKIOĞLU, Memduh Fatih ÇINAR	<b>5. Yayın Tipi</b> Teknik Rapor
<b>6. Çalışmayı Yapan Birimler</b> SANAEM Radyasyon Metrolojisi Bölümü SANAEM Radyoaktivite Ölçüm ve Analiz Birimi	
<b>7. Destekleyen veya Ortak Çalışılan Kuruluşlar</b> -	
<b>8. Özet</b> Bu proje, 2009 yılında herhangi bir nükleer/radyolojik kaza veya tehlike durumu sonrasında ülkemizdeki radyasyon seviyelerinde kayda değer artışların ve oluşabilecek radyoaktif bulaşmanın boyutlarının değerlendirilmesini ve insan sağlığı ile çevre üzerindeki etkilerinin doğru şekilde belirlenmesini sağlamak üzere çevre radyoaktivite düzeylerinin izlenmesi konusunda üniversitelerle işbirliği yapılması amacıyla başlatılmıştır. Proje kapsamında 14 üniversite ile protokol yapılmış, 12 üniversiteye 4 adedi HPGe dedektörlü, 9 adedi TAEK tarafından temin edilen Nal dedektörlü olmak üzere toplam 13 gama spektrometresinin kurulumu gerçekleştirilmiş, kurulum sırasında ilgili personele gerekli eğitimler verilmiştir. Biri projenin başlangıcında (Mayıs 2009) diğeri son yılında (Mart 2013) olmak üzere iki çalıştay düzenlenmiştir. Çalıştaylar ve kurulum sırasında verilen eğitimlerin yanı sıra, TR080209 kodlu "Kimyasal ve İyonlaştırıcı Radyasyon Metrolojisinin Geliştirilmesi" konulu AB projesi kapsamında üniversitelerdeki araştırmacılara yönelik olarak SANAEM'de ve Ege Üniversitesinde düzenlenen uygulamalı çalıştaylara bu proje kapsamındaki üniversitelerdeki araştırmacıların katılımları sağlanmış, IRMM ve Merkezimiz uzmanları tarafından eğitim verilmiştir. Detektör kurulumlarının ve eğitimlerin tamamlanmasının ardından "Toprakta Doğal Radyonüklitlerin Aktivite Derişimlerinin Belirlenmesi" başlıklı Yeterlilik Testi (Proficiency Test) düzenlenmiştir. Yeterlilik testine katılan 16 laboratuvara birer adet numune gönderilmiş ve bu toprak numunesinde bulunan Ra-226, Th-232 ve K-40 radyonüklitlerinin aktivitelerini tespit edip raporlamaları istenmiştir. Sonuçlarını raporlayan 12 laboratuvarın test sonuçlarının değerlendirilmesi sonucu başarının %50'nin üzerinde olduğu gözlenmiştir. Kurulan laboratuvarlar, verilen eğitimler ve düzenlenen yeterlilik testi sayesinde, Türkiye'nin çevre radyoaktivitesinin izlenmesi kapsamında TAEK Laboratuvarlarına örnek alma ve gama spektrometrik analizler konularında destek verebilecek üniversite laboratuvarlarından oluşan bir radyoaktivite ölçüm laboratuvarları ağı oluşturulmuştur.	
<b>9. Anahtar Kelimeler</b> Çevresel Radyoaktivite, Gama Işını Spektrometrisi	<b>10. Gizlilik Derecesi</b> Tasnif Dışı

### GİZLİLİK DERECELERİ

**TASNİF DIŞI (UNCLASSIFIED):** İçerdiği konu itibarıyla, gizlilik dereceli bilgi taşımayan, ancak devlet hizmetiyle ilgili bilgileri içeren evrak, belge ve mesajlara verilen en düşük gizlilik derecesidir.

**HİZMETE ÖZEL (RESTRICTED):** İçerdiği konu itibarıyla, gizlilik dereceli konular dışında olan, ancak güvenlik işleminde ihtiyaç gösteren ve devlet hizmetine özel bilgileri içeren evrak, belge ve mesajlara verilen gizlilik derecesidir.

**ÖZEL (CONFIDENTIAL):** İçerdiği konu itibarıyla, izinsiz olarak açıklandığı takdirde, milli menfaatleri olumsuz yönde etkileyecek evrak, belge ve mesajlara verilen gizlilik derecesidir.

**GİZLİ (SECRET):** İzinsiz açıklandığı takdirde, milli güvenliği, milli prestij ve menfaatleri ciddi ve önemli bir şekilde zedeleyecek olan evrak, belge ve mesajlara verilen gizlilik derecesidir.



**TÜRKİYE ATOM ENERJİSİ KURUMU**