



## Sigara tütününün doğal ve yapay radyoaktivitesinin belirlenmesi

Yusuf Ağuş\*

28.06.2016 Geliş/Received, 04.08.2016 Kabul/Accepted

doi: 10.16984/saufenbilder.40978

### ÖZ

Sigara tütünündeki doğal ve yapay radyoaktivite konsantrasyonları %20 rölatif verimli n-tipi HPGe gama spektrometre kullanılarak belirlenmiştir.  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  radyoaktivite konsantrasyonları ölçülmüştür.  $^{137}\text{Cs}$  radyoaktivite konsantrasyonları ÖMD ( ölçülebilir en düşük aktivite ) değerinin altında bulunmuştur.  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  ortalama radyoaktivite konsantrasyonları sırasıyla  $11,9 \pm 1,4$ ,  $11,7 \pm 1,4$ ,  $1197,48 \pm 143,7$  ve  $24,9 \pm 3,0$  Bq/kg olarak bulunmuştur.  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  radyoaktivite konsantrasyonları değerleri dünyadaki diğer çalışmalarda elde edilen sonuçlarla uyusmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** doğal radyoaktivite, yapay radyoaktivite, tütün, gama spektrometri

## Determination of the natural and artificial radioactivity of the tobacco

### ABSTRACT

Natural and artificial radioactivity concentrations of the Tobacco samples were determined using 20% n-type HPGe gamma-ray spectrometer.  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{137}\text{Cs}$  radioactivity concentrations were measured.  $^{137}\text{Cs}$  radioactivity concentrations were found to be MDA ( minimum detectable activity).  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{210}\text{Pb}$  average radioactivity concentrations were found to be  $11,9 \pm 1,4$ ,  $11,7 \pm 1,4$ ,  $1197,48 \pm 143,7$  ve  $24,9 \pm 3,0$  Bq/kg respectively.

**Keywords:** natural radioactivity, artificial radioactivity, tobacco, gamma spectrometry

---

\* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, TAEK, Kazan, Saray, ANKARA – yusuf.agus@taek.gov.tr

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yapay radyonüklitler nükleer kazalar ve geçmişte yapılan nükleer denemeler sonucu meydana gelmiştir. Türkiye’yi etkileyen en önemli nükleer kaza 1986 yılında meydana gelen Çernobil Nükleer Santrali kazasıdır. Bu kaza sonucu atmosfere salınan özellikle  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  ve  $^{131}\text{I}$  radyonüklitleri radyoaktif kirlenmeye sebep olmuşlardır. Bunlar arasında, 30.05 yıl yarı ömrü ile  $^{137}\text{Cs}$  kaza üzerinden yıllara geçmesine rağmen hala rastlanılmaktadır.

$^{238}\text{U}$  serisi,  $^{232}\text{Th}$  serisi ve  $^{40}\text{K}$  doğal olarak meydana gelen radyonüklitlerdir ve dünyadaki radyasyonun ana kaynağıdır. Doğal çevresel radyoaktivite temelde jeolojik ve coğrafi şartlara bağlıdır. Dünyanın çeşitli bölgelerindeki doğal radyoaktivite seviyesi farklılık göstermektedir [1-4]. Doğal olarak meydana gelen radyonüklitler ve serilerden kaynaklanan radyasyon seviyesi genellikle düşük seviyededir. Ancak endüstriyel faaliyetler sonucu bu seviye yükselmektedir [5]. Bunların sonucu olarakta toprakta bulunan doğal ve yapay radyonüklitler topraktan tütüne besin zinciri aracılığıyla geçmektedir. Radyonüklitlerin tütüne bir diğer geçiş yolu da havada bulunan radyonüklitlerin yağmur aracılığıyla geçişidir.

Doğal ve yapay radyoaktiviteden kaynaklanan radyasyona maruz kalma etkisini belirlemek için sigara tütününde bulunan radyonüklitlerin ve radyasyon seviyelerinin bilinmesi önemlidir. Bu radyonüklitlerin radyolojik önemi vücuda alınmalarıyla meydana gelen iç ışınımına maruz kalma etkisidir. Sigara tüketiminin akciğer kanserinin olası sebeplerinden biri olarak değerlendirilmektedir [6]. Katran, kadmiyum, arsenik gibi kimyasallar akciğer kanseri sebep olan sigara bileşenleri olarak bilinmektedir. Ancak sigara ve tütünde bulunan  $^{210}\text{Po}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  radyoaktif izotopları da çok önemli kanserojen bileşenlerdir.

Halk Sağlığı Kurumunun 2014 raporuna göre, Türkiye’de sigara kullanım sıklığı %31,2’dir [7]. Bu yüzden sigara tütününde bulunan doğal ve yapay radyonüklitlerin ve radyoaktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi önemlidir. Sadece sigara kullananların değil tütün endüstrisinde çalışan kişilerinde maruz kalacakları harici ışınlanma değerlerinin belirlenmesi çalışanların sağlıkları açısından da önemlidir. Bu çalışmanın amacı sigara tütününde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  radyoaktivitelerini belirlemektir. Bu amaçla Türkiye de satılan sigara tütünlerinin radyoaktivite değerleri ölçülmüştür.

## 2. METOT (METHOD)

### 2.1. Numune Hazırlama (Sample Preparation)

Türkiye’ de marketlerde satılan 14 farklı sigara tütünü toplanmıştır. Numunelerin kâğıt ve filtre kısımları tütünden ayrılmıştır. Tütün numunelerinin nemini almak amacıyla laboratuvarında  $80^\circ\text{C}$  de sabit kütleye kavuşuncaya kadar kurutulmuştur. Numuneler değirmende öğütüldükten sonra homojen hale getirilmiştir. Uygun numuneler silindirik şekle sahip plastik numune kaplarına konmuştur. Plastik numene kapları 6 cm çap ve 5 cm yüksekliğe sahiptir. Radon gazı kaçışını engellemek amacıyla plastik numune kabı parafilmle sarılmıştır.  $^{226}\text{Ra}$  bozunum ürünlerinin dengeye gelmesi amacıyla numuneler 30 gün bekletilmiştir.  $^{226}\text{Ra}$  genellikle bozunum ürünü kızları olan  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  radyonüklitleri aracılığıyla belirlenmektedir. Bu yüzden herhangi bir denge durumu bozulması oluşmaması önemlidir. 30 gün sonunda numuneler analiz edilmiş ve radyoaktivite değerleri  $\text{Bq kg}^{-1}$  kuru ağırlık olarak verilmiştir.

### 2.2. Radyoaktivite Ölçümü (Radioactivity Measurement)

Numunelerin ölçümleri Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi gama laboratuvarında yapılmıştır. %20 rölatif verimli n-tipi HPGe gama spektrometre kullanılmıştır. Spektrometre 46:1 pik-kompton oranına sahiptir. Dedektörün enerji çözünürlüğü  $1332.5 \text{ keV}$  ( $^{60}\text{Co}$ ) için  $1.80 \text{ keV}$  ve  $122 \text{ keV}$  ( $^{57}\text{Co}$ ) için  $0.97 \text{ keV}$  dir.

Ölçüm öncesinde dedektör enerji kalibrasyonu  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{60}\text{Co}$  nokta kaynaklar kullanılarak yapılmıştır. Verim kalibrasyonu, ölçülen numune geometrisi ile aynı geometriye sahip plastik kaplarda bulunan sertifikalı radyoaktif standart hacim kaynak kullanılarak yapılmıştır. Sertifikalı radyoaktif kaynak örnekle aynı matrise sahip bitki standardıdır. Verim kalibrasyon kaynağı  $59.5\text{--}1836.1 \text{ keV}$  enerji aralığında 13 radyonüklit içermektedir.

Ölçüm öncesinde, doğal fon etkilerini tespit etmek amacıyla numunelerin ölçümlerinin alındığı numune kabı boş olarak sayıldı. Ölçümler alındıktan sonra ve doğal fon etkileri çıkarıldıktan sonra radyoaktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Ölçümleri yapılan radyonüklitler ve ilgili gama enerjileri aşağıdaki gibidir.

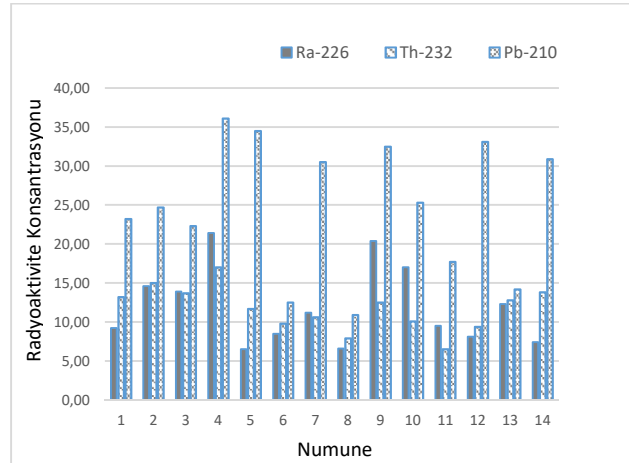


bulmuştur. Abd El Aziz ve ark. (2005)  $^{40}\text{K}$  radyoaktivite konsantrasyonu değerini  $685,4 \pm 27,8$  Bq/kg bulmuştur.

Tablo 2.  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  radyoaktivite konsantrasyonu değerleri. ( $^{226}\text{Ra}$  and  $^{232}\text{Th}$  radioactivity concentrations values)

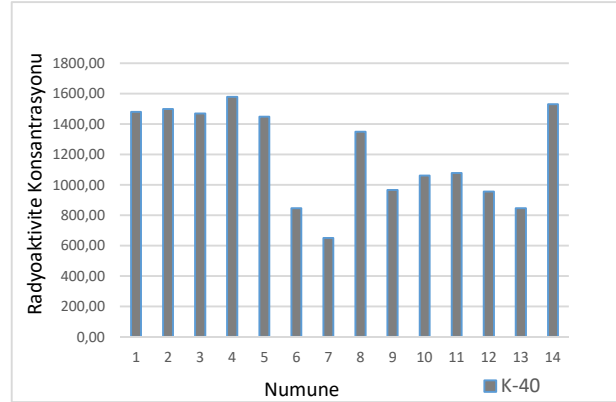
Örnek	$^{226}\text{Ra}$ (Bq/kg)	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg)
1	$9,2 \pm 1,0$	$13,2 \pm 2,0$
2	$14,6 \pm 1,5$	$15,0 \pm 2,1$
3	$13,9 \pm 1,4$	$13,7 \pm 2,0$
4	$21,4 \pm 1,8$	$17,0 \pm 2,3$
5	$6,5 \pm 0,8$	$11,7 \pm 1,7$
6	$8,5 \pm 0,9$	$9,8 \pm 1,5$
7	$11,2 \pm 1,1$	$10,6 \pm 1,6$
8	$6,6 \pm 0,8$	$7,9 \pm 0,9$
9	$20,4 \pm 1,7$	$12,5 \pm 1,3$
10	$17,0 \pm 1,6$	$10,1 \pm 1,1$
11	$9,5 \pm 1,0$	$6,5 \pm 0,7$
12	$8,1 \pm 0,9$	$9,4 \pm 1,3$
13	$12,3 \pm 1,3$	$12,8 \pm 1,6$
14	$7,4 \pm 0,9$	$13,8 \pm 2,0$

(ÖMD değerleri:  $^{226}\text{Ra}=3,1$  Bq/kg,  $^{232}\text{Th}=2,9$  Bq/kg)



Şekil 2. Ra-226, Th-232 ve Pb-210 radyoaktivite konsantrasyonu (Bq/kg)

$^{210}\text{Pb}$  radyoaktivite konsantrasyon değeri  $10,9 \pm 1,3 - 36,1 \pm 4,2$  Bq/kg aralığında bulunmuştur. Ortalama değeri de  $24,9 \pm 3,0$  Bq/kg dir. Papastefanou (2001) Yunanistan' da üretilen tütün için yapmış olduğu çalışmada  $^{210}\text{Pb}$  radyoaktivite konsantrasyonu değerini  $14,12$  Bq/kg bulmuştur. Sırbistan da yapılan çalışmada Mandic ve ark. (2016)  $^{210}\text{Pb}$  radyoaktivite konsantrasyonu değerini  $32,2 \pm 12,5$  Bq/kg bulmuştur.



Şekil 3. K-40 radyoaktivite konsantrasyonu (Bq/kg)

Suudi Arabistan ve Mısır' da yapılan çalışmada Abd El Aziz ve ark. (2005)  $^{210}\text{Pb}$  radyoaktivite konsantrasyonu değerini  $15,62 \pm 1,21$  Bq/kg bulmuştur. Brezilya' da yapılan çalışmada A.C. Peres ve ark. (2002)  $^{210}\text{Pb}$  radyoaktivite konsantrasyonu değerini  $21,3$  Bq/kg bulmuştur[14].

Tablo 3.  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  ortalama radyoaktivite konsantrasyonu değerlerinin diğer çalışmalarla karşılaştırması. (Comparison of the  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{232}\text{Th}$  average radioactivity concentrations with the other studies.)

Ülke	$^{226}\text{Ra}$ (Bq/kg)	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg)	Kaynak
Yunanistan	3,38	-	[9]
Mısır/Suudi Arabistan	$6,98 \pm 0,56$	-	[12]
Brezilya	-	-	[13]
Yunanistan	$8,4 \pm 5,50$	$11,4 \pm 8$	[10]
Sırbistan	$9,4 \pm 3,2$	-	[11]
Türkiye	$11,9 \pm 1,4$	$11,7 \pm 1,4$	Bu çalışma

Tablo 4.  $^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{210}\text{Pb}$  ortalama radyoaktivite konsantrasyonu değerlerinin diğer çalışmalarla karşılaştırması. (Comparison of the  $^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}$  average radioactivity concentrations with the other studies.)

Ülke	$^{40}\text{K}$ (Bq/kg)	$^{137}\text{Cs}$ (Bq/kg)	$^{210}\text{Pb}$ (Bq/kg)	Kaynak
Yunanistan	822,76	3,4	14,12	[9]
Mısır/Suudi Arabistan	$685,4 \pm 27,8$	-	$15,62 \pm 1,21$	[12]
Brezilya	-	-	21,3	[13]
Yunanistan	$1073,0 \pm 1,41$	-	-	[10]
Sırbistan	$1160 \pm 120$	-	$32,2 \pm 12,5$	[11]
Türkiye	$1197,48 \pm 143,7$	-	$24,9 \pm 3,0$	Bu çalışma

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ (DISCUSSION AND CONCLUSION)

Bu çalışmada, sigara tütününde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  radyoaktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Bulunan değerlere göre, ülkemizde üretilen sigara tütünlerindeki radyoaktivite konsantrasyonu değerleri dünyadaki diğer çalışmalarda elde edilen sonuçlarla uyumaktadır. Sigara tütününde  $^{137}\text{Cs}$  radyoaktivite konsantrasyonuna rastlanmamıştır.

Elde edilen bu değerler kullanılarak sigara kullananların maruz kalacakları iç ışınlanma ve tütün endüstrisinde çalışan kişilerinde maruz kalacakları dış ışınlanma değerleri hesaplanabilir.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi rutin radyoaktivite ölçümü çalışmaları kapsamında yapılmıştır.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] IAEA-International Atomic Energy Agency, "Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments", TECDOC 1616, Vienna, 2009.
- [2] UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation, Exposures from natural sources, Vol. 1., Annex B., United Nations, 2000.
- [3] IAEA-International Atomic Energy Agency. Naturally occurring radioactive materials (NORM IV), IAEA-TECDOC-1472, Vienna, 2005.
- [4] IAEA-International Atomic Energy Agency, Safety Report Series No.49, Vienna, 2006.
- [5] F. Ahmad, "Impact of fertilizers on background radioactivity level in two newly developed desert areas", Radiation Effects & Defects in Solids.,162, 1,31–42,2007.
- [6] B.Demir, M. Okutan, "Radyoaktif sigara: Tütün+Polonyum-210+Kurşun-210", Türk Onkoloji Dergisi, 29(1),27-31,2014.
- [7] Türkiye Halk Sağlığı Kurumu, "Küresel Yetişkin Tütün Araştırması Türkiye 2012", Ankara, 2014
- [8] IAEA- International Atomic Energy Agency, "Guide Quantifying Uncertainty in Nuclear Analytical Measurements", IAEA-TECDOC-1401, Vienna, 103-126, 2004.

- [9] L.A. Currie, "Limits for qualitative detection and quantitative determination, application to radioactivity", Anal. Chem., 40 (3), 586–593, 1968.
- [10] C. Papastefanou, "Radioactivity in tobacco leaves.", Journal of Environmental Radioactivity, 53 67-73,2001
- [11] S. Katsanevakis, N.P. Petropoulos, E.P. Hinis, and S.E. Simopoulos., "Natural radioactivity content of greek cigarettes" , Environment International, Vol. 22, Suppl. I, pp. S375-S377, 1996.
- [12] Ljiljana Jankovic Mandic, Maja Đolic, Dragana Markovic, Dragana Todorovic, Antonije Onjia and Snezana Dragovic, "Natural radionuclides in cigarette tobacco from serbian market and effective dose estimate from smoke inhalation", Radiation Protection Dosimetry, Vol. 168, No. 1, pp. 111–115, 2016.
- [13] N. Abd El-Aziz, A.E.M. Khater, H.A. Al-Sewaidan, "Natural radioactivity contents in tobacco", International Congress Series 1276 407– 408, 2005.
- [14] A.C. Peres, G. Hiromoto, "Evaluation of  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{210}\text{Po}$  in cigarette tobacco produced in Brazil", Journal of Environmental Radioactivity 62 115– 119, 2002.