



**Serdar Dizman, Recep Keser, Adnan Yılmaz**

Recep Tayyip Erdoğan University, Rize-Turkey  
serdar.dizman@erdogan.edu.tr; recep.keser@erdogan.edu.tr;  
adnan.yilmaz@erdogan.edu.tr

**Banu Çakır**

Hacettepe University, banucakir4@gmail.com, Ankara-Turkey

DOI	<a href="http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.1.4A0055">http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.1.4A0055</a>	
ORCID ID	0000-0002-6511-9526	0000-0002-1579-7193
	0000-0003-4842-1173	0000-0001-6645-6527
CORRESPONDING AUTHOR	Serdar Dizman	

**GİRESUN İLİNDE YAŞAYAN İNSANLARDA TRİTYUM DÜZEYLERİ**

**ÖZ**

Trityum, hidrojenin radyoaktif bir izotopudur ve fiziksel yarı ömrü 12.3 yıldır. İnsan vücudundaki trityum konsantrasyonu, idrardaki trityum konsantrasyonunun ölçülmesi suretiyle belirlenir. İdrar örneklerindeki trityum aktivite konsantrasyonları sıvı sintilasyon sayacı (LSC) ile belirlendi. İdrar örnekleri, Giresun ilinde yaşayan ve Türkiye İstatistik Enstitüsü tarafından belirlenen 102 yetişkin katılımcıdan alındı. Katılımcıların yaşları 18 ile 65 arasında değişmekte olup katılımcıların 63'ü (%61.8) kadındır. Alınan idrar örneklerindeki ortalama trityum konsantrasyonu  $14.35 \pm 2.17$  Bq/L ve maksimum konsantrasyon  $45.96$  Bq/L olarak bulundu. Uygulanan yöntemin MDA'sı  $2.59$  Bq/L'dir. 21 örneğin (%20.6) trityum konsantrasyonu MDA'nın altında bulundu. İdrar örneklerinde ortalama trityum konsantrasyonları kadınlar için  $14.82 \pm 2.28$  Bq/L, erkekler için ise  $13.63 \pm 2.06$  Bq/L olarak bulundu. Ayrıca, kadınlar ve erkekler için yıllık etkin doz değerleri hesaplandı ve bulunan değerler uluslararası doz limit değerleriyle karşılaştırıldı.

**Anahtar Kelimeler:** Trityum, İdrar, Giresun,  
Halk Sağlığı, Türkiye

**TRITIUM LEVELS IN PEOPLE LIVING IN GİRESUN PROVINCE OF TURKEY  
ABSTRACT**

Tritium is a radioactive isotope of hydrogen and its physical half-life is 12.3 years. The tritium concentration in the human body can be estimated by measuring the activity concentration of tritium in urine. Tritium activity concentrations in the urine samples were determined by the liquid scintillation counter (LSC). Urine samples were taken from 102 adult participants determined by Turkish Statistical Institute living in Giresun, and analyzed. The participants' ages ranged from 18 to 65, and 63 (61.8%) of them were female. The mean tritium concentration in collected urine samples was  $14.35 \pm 2.17$  Bq/L and the maximum  $45.96$  Bq/L. The MDA for this method was  $2.59$  Bq/L. The tritium concentrations of 21 samples (20.6%) were found below of the MDA. The mean tritium concentrations in urine samples of males and females were found as  $13.63 \pm 2.06$  Bq/L,  $14.82 \pm 2.28$  Bq/L, respectively. The annual effective doses for males and females were also evaluated and the results compared with international dose limits.

**Keywords:** Tritium, Urine, Giresun, Public Health, Turkey

**How to Cite:**

Dizman, S., Keser, R., Yılmaz, A. ve Çakır, B., (2018). Giresun İlinde Yaşayan İnsanlarda Trityum Düzeyleri, *Nature Sciences (NWSANS)*, 13(1):1-6, DOI: 10.12739/NWSA.2018.13.1.4A0055.



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tritiyum radyoaktif bir izotoptur ve maksimum enerjisi 18.6 keV olan düşük enerjili bir beta parçacığı yayınlar [1]. Tritiyumun yarı ömrü 12.3 yıldır. Tritiyum atmosferin üst tabakalarındaki kozmik nötronların azot atomlarıyla reaksiyona girmesi sonucu doğal olarak, insan aktiviteleri sonucunda ise yapay olarak oluşur. Yapay tritiyum genellikle nükleer santrallerin rutin çalışmalarında ve nükleer denemeler sonucu çevreye salınır. 1952-1962 yılları arasında yapılan termonükleer denemelerle atmosfere yüksek miktarda tritiyum enjekte edilmiştir. Atmosfer tabakasına enjekte edilen bu yüksek miktardaki tritiyumun aşamalı olarak troposfer tabakasına geçmesiyle 1953 yılından sonraki yağışların tritiyum konsantrasyonunda artış gözlenmiştir [2]. Tritiyum atmosfere salınır salınmaz hızlı bir şekilde oksitlenerek tritiyumlanmış su (HTO veya T2O) elde edilir. HTO, insan için zararlı olan tritiyum formlarından biridir ve insanlarda iç ışınlanmaya neden olur [3 ve 4]. HTO, su ve süt gibi sıvı gıdalarla, yiyeceklerle, havadan gaz formu solunumla ve ayrıca deriden soğurularak insan vücuduna girebilir ve tüm vücutta dolaşım sağlayabilir [4, 5, 6 ve 7]. Vücut içerisinde giren tritiyum, 2-4 saat içerisinde hücre içi ve hücre dışı doku sıvılarına karışarak dokuların organik moleküllerindeki bağlı bulunan hidrojenin yerine geçebilir [8]. Bu nedenle insan vücudundaki tritiyumun izlenmesi son derece önemlidir.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Nükleer güç santralleri rutin çalışmalarında çevreye hem sıvı formda hem de gaz formda tritiyum salmaktadır. Ülkemizde de biri Mersin diğeri de Sinop'ta olmak üzere iki adet nükleer güç santrali kurulacaktır. Dolayısıyla ülkemizde kurulması planlanan nükleer güç santrallerinin faaliyete geçmeden önce insanlardaki tritiyum düzeylerinin bilinmesi ve izlenmesi önemli bir halk sağlığı konusu olacaktır. Bu çalışmada, Giresun ilinde yaşayan insanlardaki tritiyum düzeyleri belirlenerek referans değerler oluşturulacaktır. Bu referans değerlerin elde olması durumunda da, nükleer güç santrallerinde oluşabilecek herhangi bir nükleer sızıntı veya nükleer kaza sonucu olası radyasyon tehlikesi kanıta dayalı ve objektif olarak değerlendirilebilecektir.

## 3. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Giresun, Türkiye'nin kuzey doğusunda ve Karadeniz sahili kenarında bulunan bir ildir (Şekil 1). Giresun 38°24' enlem ve 40°54' boylamlarında bulunmaktadır. Giresun ilinin alanı 6934km<sup>2</sup> olup il merkezinde 128779 kişi yaşamaktadır [9]. Giresun ilinde yaşayan ve yaşları 18 ile 65 arasında değişen 102 gönüllüden 100mL'lik polietilen kaplarla 50mL idrar örneği alındı. Alınan örnekler hızlı bir şekilde laboratuvara ulaştırıldı. İdrar örneklerinden 25mL alındı ve üzerine 1.25g aktif karbon eklenerek yaklaşık 30dk karıştırıldı. Karışım daha sonra süzülerek temiz idrar örneği elde edildi. Filtre edilen örnekler daha sonra destile edildi. Destilasyon işlemi hem idrarın rengini hem de içindeki bazı kimyasal maddeleri yok eder. Destile örneklerden ayarlı pipetle 10mL alınarak plastik ölçüm vialleri (Zinsser Analytics, 20ml) içerisine aktarıldı ve üzerine 10mL de sintilasyon kokteyli (Ultima Gold LLT, Perkin Elmer Inc) eklenerek ölçüm vialleri hazırlanmış oldu. Plastik vialler, hem <sup>40</sup>K içermemesi hem de düşük ortam saymasına ve yüksek sayım verimine sahip olmalarından dolayı cam viallere göre daha çok tercih edilir. Hazırlanan vialler homojen bir karışım olması için yavaş bir şekilde yaklaşık 1dk kadar çalkalandı ve vialler, kimyasal etkileşimlerin neden olduğu istenmeyen lüminesans etkilerini yok etmek için karanlık bir ortamda 2-3 gün kadar saklandı

[10]. Ayrıca, viallerin kapak dışındaki tüm dış yüzeyi kirliliklerin neden olacağı kontaminasyonu önlemek için saf alkollü ve iz bırakmayan bir bezle silindi.



Resim 1. Giresun ilinin konumu ve il merkezi  
(Figure 1. Giresun province's location and city center)

Background örneği trityum içermeyen ultra saf sudan hazırlandı. Ölçümler sıvı sintilasyon sayacı (Perkin Elmer Tricarb 2910 TR) ile gerçekleştirildi. Sıvı sintilasyon sayım yöntemi çevresel ve biyolojik örneklerde trityumun belirlenmesi için en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Ölçüm süresi 60dk ve 6 tur olmak üzere toplamda 360dk olarak ayarlandı. Sıvı sintilasyon sayacında ölçülen örneklerin sonuçları count per minute (cpm) biriminde alınır ve bu sonuçlardan idrar örneklerindeki trityum aktivite konsantrasyonu Denklem 1 kullanılarak hesaplanır.

$$A(Bq/L) = \frac{S-B}{60 \cdot \varepsilon \cdot V} \quad (1)$$

Formüldeki, S örneğin ortalama sayım hızı (cpm), B background örneğinin ortalama sayım hızı (cpm),  $\varepsilon$  sayım verimi, V örneğin hacmi (litre) ve 60dpm biriminden Bq(dps) birimine dönüşüm katsayısıdır. Sayım verimi ve kullanılan analiz yönteminin doğruluğunu kontrol etmek için sertifikalı trityum standart kaynağından ES ve AS standart vialleri hazırlandı. Hazırlanan ES ve AS standart viallerinin trityum aktivite değerleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Standartların trityum aktivite değerleri  
(Table 1. Tritium activity values of standards)

Standart	Ölçüm Tarihindeki Tritiyum Aktivitesi (Bq/L)	Hesaplanan Tritiyum Aktivitesi (Bq/L)
ES	3545.86±116.21	-
AS	354.59±11.62	343.96±16.74

ES standart vialinin ölçüm sonucu temelinde uygulanan analiz yönteminin sayım verimi Denklem 2 kullanılarak hesaplandı.

$$\varepsilon = \frac{ES_M - B}{60 \cdot ES_A} \quad (2)$$

Formüldeki,  $ES_M$  ES standardının ortalama sayım hızı (cpm), B background örneğinin ortalama sayım hızı (cpm) ve  $ES_A$  ES standardının ölçüm tarihindeki aktivitesidir (dpm).

Ölçüm belirsizliği %95 güven düzeyinde değerlendirildi. Bu çalışmada uygulanan ölçüm metodunun minimum dedekte edilebilir aktivitesi (MDA) Denklem 3 kullanılarak hesaplandı [11].

$$MDA (Bq /L) = \frac{3.29 \sqrt{\frac{B}{t_s} + \frac{B}{t_b} + \frac{2.71}{t_s}}}{60 \varepsilon V} \quad (3)$$

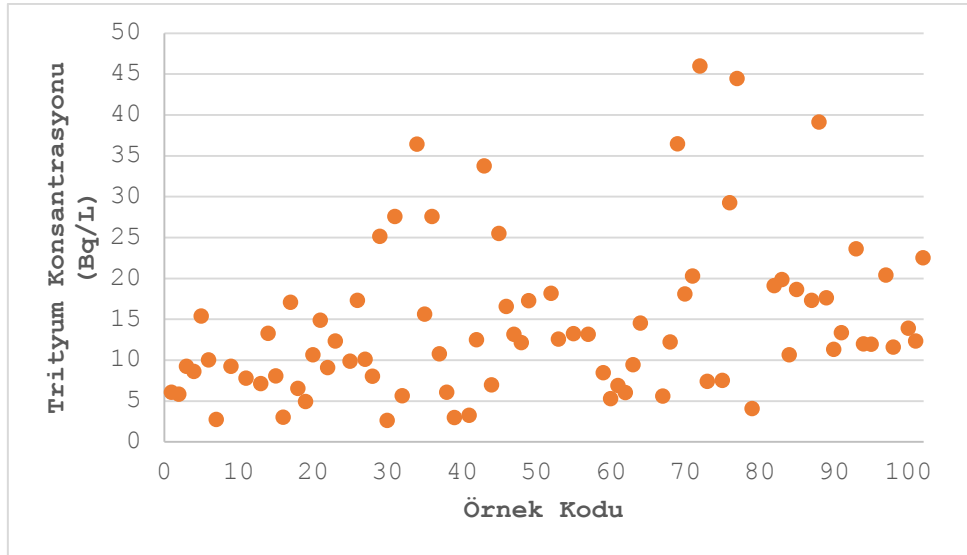
Formüldeki, B background örneğinin ortalama sayım hızı (cpm),  $t_s$  örneğin sayım süresi (dakika),  $t_b$  backgroundun sayım süresi (dakika),  $\varepsilon$  sayım verimi ve V örnek hacmidir (litre). Yıllık etkin doz değerleri Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP) tarafından tavsiye edilen referans değerler ve ölçüm sonuçları temelinde ayrıca hesaplandı. ICRP tarafından belirlenmiş yıllık etkin doz formülü Denklem 4'de verilmektedir [12].

$$H_{eq} = 0.73 \times m \times cH_{eq} \times C_u \quad (4)$$

Formüldeki,  $H_{eq}$  yıllık etkin doz (Sv), m vücut ağırlığı (kg),  $cH_{eq}$  etkin doz katsayısı ( $1.8 \times 10^{-11}$  Sv/Bq),  $C_u$  idrardaki trityum konsantrasyonu (Bq/L) ve 0.73 vücuttaki su kütlesinin dönüşüm katsayısıdır. Kadınlar ve erkekler arasında trityum konsantrasyonları yönünden fark olup olmadığının belirlenmesi için SPSS yazılımı (IBM, sürüm 21) kullanıldı. İstatistiksel olarak  $p < 0.05$  düzeyi anlamlı kabul edildi.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

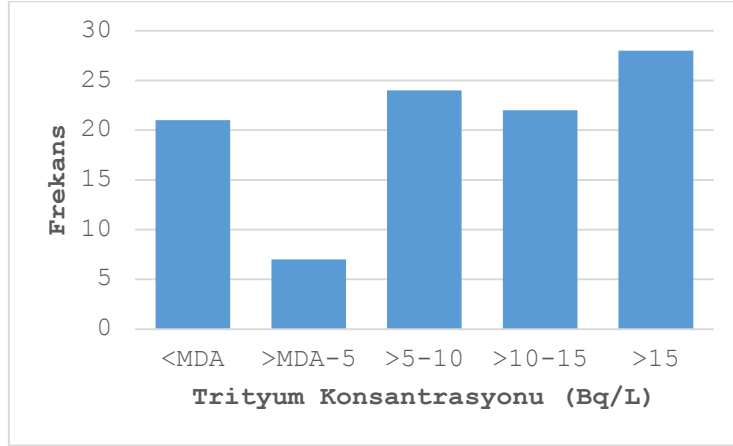
Giresun'da yaşayan 102 insandan alınan idrar örneklerinde bulunan trityum aktivite konsantrasyonları Grafik 1'de gösterilmektedir. İdrar örneklerinin ortalama trityum konsantrasyonu  $14.35 \pm 2.17$  q/L ve aktivite değerlerinin <MDA ile  $45.96$  Bq/L aralığında değiştiği bulundu. Uygulanan analiz yönteminin MDA'sı  $2.59$  Bq/L olarak bulundu. 21 idrar örneğinin (%20.6) trityum konsantrasyonu MDA'nın altında bulundu.



Grafik 1. İdrar örneklerinde trityum konsantrasyonlarının dağılımı  
(Graphic 1. The variation of tritium concentrations in urine samples)

Kadınların idrar örneklerinde ortalama trityum konsantrasyonu  $14.82 \pm 2.28$  Bq/L ve maksimum konsantrasyon  $45.96$  Bq/L olarak bulundu. Erkeklerin idrar örneklerinde ortalama trityum konsantrasyonu  $13.63 \pm 2.06$  Bq/L ve maksimum konsantrasyon  $45.96$  Bq/L olarak bulundu. Kadınların idrar örneklerindeki ortalama trityum konsantrasyonu erkeklerinkinden biraz daha yüksek bulundu. Cinsiyete göre aktivite konsantrasyonları arasında fark olup olmadığını belirlemek için SPSS

programı ile istatistiksel test (Mann-Whitney U) uygulandı ve sonuç olarak aralarında anlamlı bir fark olmadığı ( $p>0.05$ ) bulundu. Yine SPSS programı ile idrar örneklerindeki aktivite konsantrasyonlarının frekans dağılımları hesaplandı ve elde edilen grafik Grafik 2'de gösterilmektedir.



Grafik 2. İdrar örneklerinde trityum konsantrasyonlarının frekans dağılımı

(Graphic 2. The frequency distribution of tritium concentration in urine samples)

Japonya'da yapılan bir çalışmada, trityumun %39'unun yiyeceklerden %52'sinin içme sularından ve %9'unun havadan alındığı gösterilmiştir [3]. Giresun'da yiyeceklerde, içme sularında ve havada trityumun belirlenmesi üzerine yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışma ile katılımcıların idrar örneklerinde belirlenen trityumu ne şekilde aldıklarının bilinmesi mümkün olmamakla birlikte katılımcılar, trityumlu boyaların buharını solunmak veya trityumlu saatler gibi trityum sayesinde kendi kendine ışıldaayan ürünler yoluyla trityuma maruz kalmış olabilirler.

AS standart vialinin analiz sonucuna göre bağlı hata %3 bulundu ve bu sayede kullanılan analiz yönteminin doğruluğu kanıtlanmış oldu (Tablo 1). ICRP 89 raporunda, kadınlar ve erkekler için ortalama vücut ağırlıkları sırasıyla 60 ve 73kg olarak verilmektedir. Denklem 4'te ilgili değerler yerine konulduğunda, kadınlar ve erkekler için yıllık etkin doz sırasıyla 4.56 ve 4.67 nSv olarak bulundu. Bulunan bu değerler, vücut içerisinde müsaade edilen trityum dozu olan 40000 nSv'ten oldukça küçüktür [13].

##### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Giresun'da yaşayan 102 katılımcıdan alınan idrar örneklerinde ortalama trityum konsantrasyonu  $14.35\pm 2.17$ Bq/L ve maksimum konsantrasyon 45.96Bq/L olarak bulundu. Sonuçların %20.6'sının (21 örnek) MDA'nın altında olduğu görüldü. Kadınlar ve erkeklerin idrar örneklerindeki trityum konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı belirlendi ( $p>0.05$ ). Elde edilen sonuçlar farklı ülkelerde yapılan çalışmalarla kıyaslandı ve İtalyanlar hariç diğer ülkelerdeki sonuçlardan daha yüksek bulundu. Kadınlar ve erkekler için yıllık etkin doz oranları hesaplandı ve bulunan sonuçların doz limitlerinin altında olduğu görüldü. Kıyaslama yapabilmek için Giresun ilindeki çevresel örneklerde de trityum aktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi önerilir.



#### **NOT (NOTICE)**

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 214S221 nolu proje ile desteklenmiştir. Bu çalışma 5-8 Eylül 2017 tarihinde Gürcistan-Tiflis'te düzenlenen "2<sup>nd</sup> International Science Symposium (ISS2017)" sempozyumunda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

#### **KAYNAKLAR (REFERENCES)**

1. UNSCEAR, (1982). Sources and Effects of Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects: Report to the General Assembly with Annexes, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York.
2. Mook, W.G., (2000). Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle: Principles and Applications. UNESCO, Publication Number: 39, 164 s.
3. Okada, S. and Momoshima, N., (1993). Overview of Tritium Characteristics, Sources, and Problems. Health Physics, Vol:65, pp:595-609.
4. Hill, R.L. and Johnson, J.R., (1993). Metabolism and Dosimetry of Tritium. Health Physics, Vol.65, pp:628-647.
5. Belloni, P., Clemente, GF., Di Pietro, S., and Ingra, G., (1983). Tritium levels in Blood and Urine Samples of the Members of the Italian General Population and Some Exposed Subject. Radiation Protection Dosimetry, Vol:4, pp:109-113.
6. Cawley, C.N., Lewis, B.A., and Cannon, L.A., (1985). Possible Parameters in the Urinary Excretion of Tritium. Trans Am Nucl Soc., Vol:50, pp:39-44.
7. ICRP, (1999). Protection of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure. International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 82, Ann. ICRP 29, Ottawa.
8. Etnier, E.L., Travis, C.C., and Hetrick, D.M., (1984). Metabolism of Organically Bound Tritium in Man. Radiation Research, Vol:100, pp:487-502.
9. ADNKS, (2015). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt sistemi. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
10. Puhakainen, M. and Heikkinen, T., (2008). Tritium in the Urine in Finnish People. Radiation Protection Dosimetry, Vol:128, pp:254-257.
11. Currie, L.A., (1968). Limits for Qualitative Detection and Quantitative Determination. Anal Chem., Vol:40, pp:586-593.
12. ICRP, (1997). Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers. International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 78, Ann. ICRP 27, Ottawa.
13. ICRP, (1994). Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 30, Ann. ICRP 2, Ottawa.