



T.C.

HİTİT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

POLİMER BİLİMİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

ÇORUM SULARINDA TOPLAM ALFA-BETA SAYIMI

Yüksek Lisans

Merve YÜZÜGÜLDÜK

Çorum - 2023

ÇORUM SULARINDA TOPLAM ALFA-BETA SAYIMI

Merve YÜZÜGÜLDÜK

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Polimer Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı**

Yüksek Lisans

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Uğur Adnan SEVİL

İkinci Danışman: Doç. Dr. Mehmet Emin KORKMAZ

Çorum 2023

Merve YÜZÜGÜLDÜK tarafından hazırlanan “Çorum Sularında Alfa-Beta Sayımı” adlı tez çalışması 21/11/2023 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Polimer Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Meryem SEFERİNOĞLU

Prof. Dr. Uğur Adnan SEVİL

Prof. Dr. Satılmış BASAN

Hitit Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun .../.../2023 tarih ve sayılı kararı ile Merve YÜZÜGÜLDÜK'ün Polimer Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalında Yüksek Lisans derecesi alması onaylanmıştır.

Prof. Dr. Muhammed Asif YOLDAŞ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdür V.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.

Merve YÜZÜGÜLDÜK



ÇORUM SULARINDA TOPLAM ALFA-BETA SAYIMI

Merve YÜZÜGÜLDÜK

ORCID: 0009-0004-9700-5189

HİTİT ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Yüksek Lisans

Kasım 2023

ÖZET

Yer kabuğunu meydana getiren maddeler farklı oranlarda radyoaktif maddeler içermektedir. Bu sebeple yaşanan bölgeye göre hepimiz az veya çok oranda radyasyona maruz kalırız.

Bu çalışmanın amacı Çorum merkez ilinde kullanılan suların alfa ve beta konsantrasyonunu analiz edilerek kullanıma uygun olup olmadığını belirlemektir. Tez çalışması kapsamında Çorum merkez ilinde kullanılan suların toplam alfa beta sayımı yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen sonuçlara göre sulardaki toplam alfa konsantrasyonu 0.00049 ile 0.00862 Bq/L arasında, toplam beta konsantrasyonu 0.00017 ile 0.01565 Bq/L arasında değişmektedir. İki ayrı dönemi kapsayan çalışmada toplam 20 adet su örneği alınmıştır. Su numunelerinin tamamı ön işlemlerden geçirilerek sayım için hazır hale getirilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları göstermiştir ki Çorum merkezde kullanılan suların alfa beta değer ölçümleri Dünya Sağlık Örgütü ve Türk Standartları Enstitüsü limitlerinin altındadır.

Anahtar Kavramlar: Toplam alfa beta, radyoaktivite, radyasyon.

Bilim Kodu: 20113

TOTAL ALPHA-BETA COUNT IN CORUM WATERS

Merve YÜZÜGÜLDÜK

ORCID: 0009-0004-9700-5189

HITIT UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL

Master of Science

November 2023

ABSTRACT

The substances that make up the earth's crust contain radioactive substances in different amounts. For this reason, we are all exposed to radiation to a greater or lesser extent depending on the region we live in. The aim of this study is to determine whether the water used in the central province of Çorum is suitable for use by analyzing the alpha and beta concentrations of the water. Within the scope of this study, the total alpha/beta amount of the water used in the province of Çorum was measured. According to the results obtained from the measurements, it was revealed that the alpha concentration of the water varied between 0.00049 and 0.00862 Bq/L, while the beta concentration varied between 0.00017 and 0.01565 Bq/L. A total of 20 water samples were taken in the study covering two separate periods. All water samples were pre-treated and made ready for counting. The results of the study indicated that, the alpha/beta value measurements were in line with the limits of the World Health Organization and the Turkish Standards Institute.

Key Terms: Total alpha beta, potable water, radioactivity, radiation.

Science Code: 20113



TEŐEKKÖR

Tez alıőmam boyunca desteklerini benden esirgemeyen, daima beni cesaretlendiren anneme ve babama sonsuz teőekkÖr ederim.

alıőmalarımın her aőamasında yanımda olan danıőmanın Prof. Dr. Uğur Adnan SEVİL' e , bu sÖrete yanımızda olan eő danıőmanım Do. Dr. Mehmet Emin KORKMAZ'a teőekkÖrlerimi sunarım.

Minnetle.

Merve YÖZÖGÖLDÖK



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRILMASI

1.1. Atom.....	3
1.2. İzotop Atomlar.....	3
1.3. İyonizasyon.....	4
1.4. Radyasyon ve Radyoaktivite.....	4
1.5. Radyasyon Çeşitleri	5
1.5.1. Enerjisine göre radyasyon.....	5
1.5.1.1. İyonlaştırıcı radyasyon.....	6
1.5.1.1.1. Alfa ışınları	6
1.5.1.1.2. Beta ışınları	7
1.5.1.1.3. Gama ışınları	7
1.5.1.1.4. X ışınları.....	7
1.5.1.1.5. Nötronlar.....	8
1.5.1.2. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon.....	8
1.5.2. Türüne göre radyasyon.....	9
1.5.3. Kaynağına göre radyasyon	9

	Sayfa
1.6. Radyasyon Birimleri.....	10
1.6.1. Aktivite birimi.....	10
1.6.2. Işınlanma birimi.....	10
1.6.3. Soğurulma doz birimi	11
1.6.4. Eşdeğer doz birimi	11
1.7. Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	11

2. BÖLÜM

MATERYAL VE METOD

2.1. Deneyde Kullanılacak Malzemeler	12
2.2. Örnek Hazırlama.....	13
2.3. Numunelerin Toplanması.....	15
2.4. Buharlaştırma işlemi.....	16
2.5. Tortu Miktarı.....	23
2.6. Toplam Alfa ve Beta Sayımı.....	25

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Dünya Sağlık Örgütüne Göre Alfa ve Beta Miktarı Sınır Üstü Değerlendirmesi	30
3.2. Türk Standartları Enstitüsüne Göre Alfa ve Beta Miktarı Sınır Üstü Değerlendirilmesi.....	30
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	34
KAYNAKÇA	36

TABLolar DİZİNİ

Tablo	Sayfa
Tablo 1.1. İyonlaştırıcı radyasyon birimleri ve dönüşüm faktörleri.....	11
Tablo 2.1. 22 Ağustos 2022 tarihinde toplanan su örneklerinin kaynakları.....	23
Tablo 2.2. 22 Ağustos 2022 tarihinde alınan su örneklerinin deneyde kullanılan miktarları	23
Tablo 2.3. 21 Haziran 2023 tarihinde toplanan su örneklerinin kaynakları.....	24
Tablo 2.4. 21 Haziran 2023 tarihinde alınan su örneklerinin deneyde kullanılan miktarları	24
Tablo 2.5. 22 Ağustos 2022 tarihinde numune örneklerinde kalan tortu miktarları	25
Tablo 2.6. 21 Haziran 2023 tarihinde numune örneklerinde kalan tortu miktarları	25
Tablo 2.7. Ağustos 2022'de Ölçülen Alfa ve Beta Konsantrasyonları.....	27
Tablo 2.8. Haziran 2023'de Ölçülen Alfa ve Beta Konsantrasyonları	27
Tablo3.1. Deney sonucu yapılan tüm ölçümler.....	29
Tablo 3.2. İçme suyu kriterleri.....	29
Tablo3.3. WHO standartlarına göre üst sınırı geçen numuneler.....	30
Tablo 3.4. TSE standartlarına göre üst sınırı geçen numuneler.....	31
Tablo 3.5 Ağustos 2022'den Haziran 2023'e kadar aynı kuyulardan alınmış numunedeki toplam alfa konsantrasyonundaki net değişim.....	32
Tablo 3.6 Ağustos 2022'den Haziran 2023'e kadar aynı kuyulardan alınmış numunedeki toplam beta konsantrasyonundaki net değişim.....	32

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Atom	3
Şekil 1.2. Hidrojen elementinin izotop atomları.....	4
Şekil 1.3. İyonizasyon.....	4
Şekil 1.4. Radyasyonun madde üzerinde meydana getirdiği etkilere göre sınıflandırılması.....	5
Şekil 1.5. Alfa bozunması.....	6
Şekil 1.6. Beta bozunması.....	7
Şekil 1.7. Radyasyon tipine göre uygulanan zırhlar	8
Şekil 2.1. Etüvde kurutma işlemi.....	14
Şekil 2.2. Etüvde kurutma işlemi.....	15
Şekil 2.3. Çorum'dan getirilen numuneler	16
Şekil 2.4. Nem alma cihazı.....	17
Şekil 2.5. Beherle buharlaştırma işlemi yapılan numuneler.....	18
Şekil 2.6. Buharlaştırma işlemine planşette devam ettirilen numuneler.....	20
Şekil 2.7. Deneyde kullanılan desikatör	21
Şekil 2.8. Desikatörde bekletilen numuneler	21
Şekil 2.9. Tartım işlemlerini için kullanılan hassas terazi	24
Şekil 2.10. Toplam alfa ve beta sayım cihazı	26

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

A	Aktivite
Bq	Becquerel
C	Coulomb
Ci	Curie
D	Soğurulan Doz
DE	Doz Eşdeğer
Gy	Gray
ICRU	Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi
R	Röntgen
Rad	Soğurma doz birimi
Rem	Radiatione quivalent for man
SI	Uluslararası Birimler Sistemi
Si	Sievert

GİRİŞ

İnsanların hayatlarını devam ettirebilmesi için bazı temel ihtiyaçlara gereksinimleri vardır. Su bu ihtiyaçların en başında gelmektedir. Çünkü organizmanın %60-70'i gibi büyük bir kısmı sudan oluşmaktadır. Bu yüzden insan, gün içerisinde yeteri kadar su tüketmelidir. Tüketilen bu suyun miktarı kadar, kalitesi de önemlidir (Yıldız, 2016). Su canlıların temel gereksinim maddesi olması sebebiyle zararlı kimyasalların canlıyla buluşmasında çok etkindir (Poyraz, 2014).

Doğada çok az içilebilir özelliklere sahip su kaynağı bulunmaktadır. Suyun kimyasal birleşimi kaynağın bulunduğu alanın jeolojik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Radyasyon, suyu kirleten unsurlardan sadece biridir ve insan sağlığını da olumsuz etkiler. Atmosferde ve toprakta yer alan doğal radyo-izotoplar, reaktör kazaları, nükleer silah denemeleri ve tıbbi radyoaktif atıklar suyun radyasyonla kirlenmesine neden olurlar (Bal, Gönültaş, ve Kılıç, 2017; Akyil ve ark., 2009). Yaşamımızdaki önemi göz önüne alındığında suyun kalitesi toplum sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir.

Suların radyoaktif maddelerden etkilenmesi buldukları ortama bağlı olarak da az yada çok oranda değişir. Bu da sulara radyoaktif kirliliğe sebep olmaktadır. Dolayısıyla su kaynaklarının radyolojik analizlerinin yani toplam alfa ve beta aktivitelerini düzenli olarak ölçmek gerekmektedir (Taşkın, 2011). Toplam alfa-beta aktivitelerine bakıldığında alfa konsantrasyonun yüksek çıkması beta konsantrasyonundan daha endişe vericidir (Bonotto ve ark., 2009).

Atomların bir çekirdeği olduğunun kanıtlanmasından on beş yıl önce radyoaktivite 1896 yılında Antoine Henri Becquerel tarafından bulunmuştur. O yıllarda çekirdeğin varlığı henüz bilinmese de 1896 yılı genelde çekirdek fiziğinin başlangıcı olarak kabul edilir. 1898 yılında Marie Sklodowska Curie ve eşi Pierre Curie'nin yaptıkları çalışmalarla polonyum ve radyum radyoaktif elementlerini keşfetmişlerdir. Gerek radyoaktivitenin keşfi, gerekse polonyum ve radyum elementlerinin keşfinden dolayı Henri Becquerel ve Curie'ler, 1903 Nobel Fizik Ödülüne layık görülmüştür (Yıldırım, 2015).

Tüm canlılar, varoluştan bu yana doğal radyasyonla iç içedir. Çünkü evrenden gelen kozmik ışınlar ve yerkürede bulunan doğal radyoaktif maddelerden yayılan radyasyonla sürekli ışınlanmaktadır. Bedenimize radyoaktif maddeler hava, su, bütün bitkisel ve hayvansal gıdalarla solunum ve sindirim yoluyla alınmaktadır (Koby, 2009). Bu radyoaktif maddeler de yaşam boyu çeşitli organlarda birikmektedir. Kozmik ışınlar ve yerkürede bulunan doğal ve yapay radyoaktif maddeler insan vücudunu etkilediği için hem içeriden hem de dışarıdan radyasyona maruz kalmaktadır.

Görüldüğü üzere radyasyona maruz kalmanın önüne geçmek mümkün değildir. Ancak insanların radyasyondan ne kadar etkilendiklerinin bilinmesi çok önemlidir.

Paracelsus'un dediği gibi "Zehir olmayan madde yoktur; zehir ile ilacı ayıran dozdur". Haklı olarak diyebiliriz ki dozu iyi ayarlandığında radyoaktivite olağanüstü bir ilaçtır (Dönmez, 2017). Çünkü iyonlaştırıcı radyasyon insan ve çevre sağlığını olumsuz yönde etkilese de bir çok alanda kullanılmaktadır.

Su kaynaklarındaki radyolojik kirliliğin ortaya çıkmasını sağlayan toplam alfa ve beta konsantrasyonunun tespiti, düzenli aralıklarla takip edilmesi ve elde edilen sonuçların ilgili kurum ve kuruluşlarla paylaşılması büyük önem taşımaktadır. Bu sebeptendir ki yaptığımız bu çalışmada, Çorum il merkezinde çeşitli yerlerden iki farklı dönemde 10'ar adet su örneği alınmıştır. Alınan örnekler kuyu suyu, baraj suyu, arıtılmış su ve bir adet kaynak suyunun bulunduğu örneklerdir. Toplanan örneklerin toplam alfa ve beta konsantrasyonunun tespiti, doğal radyoaktiflik seviyelerinin belirlenmesi amacıyla çalışma yapılmıştır. Yaptığımız ölçümler için Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünde bulunan toplam alfa-beta sayım sistemleri kullanılmıştır. Sonrasında ölçüm yapılacak su numuneleri her iki dönem içinde aynı şekilde ön hazırlıklar yapılarak toplanmıştır ve sayım için hazır hale getirilmiştir. Yapılan çalışmalar materyal metod bölümünde detaylı olarak anlatılmaktadır. Elde edilen deneysel sonuçlar Dünya Sağlık Örgütü ve Türk Standartları Enstitüsü Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanan 'İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik' kapsamındaki toplam alfa ve beta sınır değerleri ile kıyaslanmıştır.

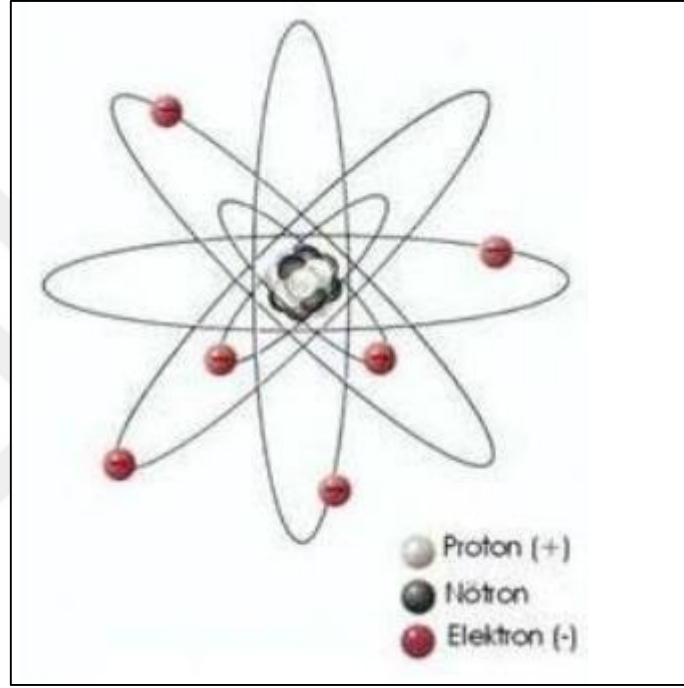
Yapılan çalışmalar sonucu gözlemlenen, alfa, beta ve gama yayınlayabilen radyonüklitlerin analiz edilmesi radyokimyasal ayırma ve saflaştırma işlemleri gerektirmektedir. Bu süreç ise hem zaman alır hem de maaliyeti yüksektir. Bu sebeple bu kadar ayrıntılı bir analiz hemen tercih edilmez. Bunun yerine analizi yapılacak suyun içerdiği toplam alfa ve beta aktivitesi ölçülür. Toplam alfa ve beta ölçümü sonuçları sularının içerdiği radyonüklitlere (radyoizotoplara) yönelik ileri analizlerin gerekli olup olmadığı hakkında bilgi verir (Özçıtak ve Turhan, 2012).

1. BÖLÜM

KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRILMASI

1.1. Atom

Bir elementin tüm kimyasal özelliklerini gösteren en küçük yapı taşına atom denir. Atom proton, nötron ve elektronlardan oluşur (Aydın, 2019).



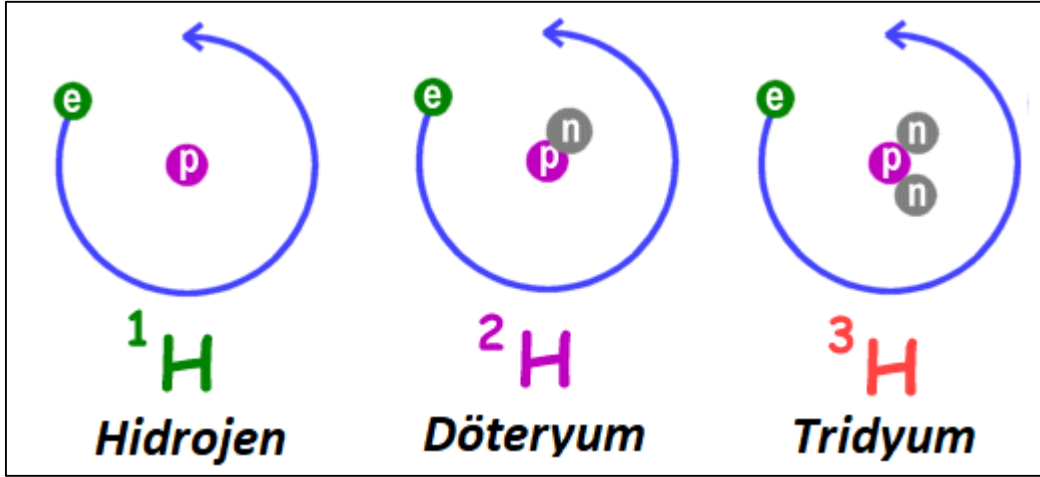
Şekil 1.1. Atom

Canlı ve cansız tüm varlıklar bu atomlardan oluşurlar. Yetişkin bir insan vücudunu oksijen, karbon, hidrojen, fosfor, potasyum, nitrojen ve diğer elementlerin atomları oluşturur.

1.2. İzotop Atomlar

Proton sayısı bir atomun kimliği gibidir ve aynı element atomlarında daima aynıdır. Buna karşılık nötron sayıları değişebilmektedir. Hal böyleyken aynı element için farklı kütle numarasına sahip atomlar ortaya çıkar. Böyle atomlar "izotop atomlar" olarak adlandırılır (Aydın, 2019).

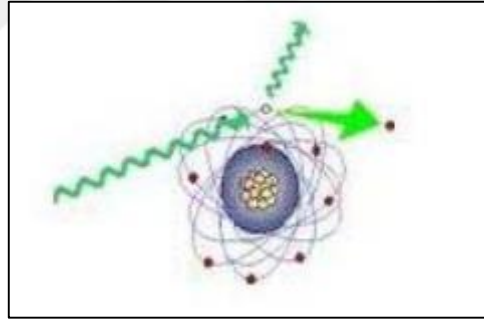
Örneğin, hidrojen elementinin şekil 2.2'de gösterilen 3 izotopu vardır.



Şekil 1.2. Hidrojen elementinin izotop atomları

1.3. İyonizasyon

Atomdan bir elektron kopartılması veya atoma bir elektron bağlanmasıyla atomun yük dengesinin bozulmasına iyonizasyon (Şekil 2.3), bu olay sonucu oluşan atoma iyon denir.



Şekil 1.3. İyonizasyon

1.4. Radyasyon ve Radyoaktivite

Radyasyon, uzayda enerji salınımıdır. Parçacık veya dalga şeklindedir. Çekirdekte yer alan nötron ve proton sayıları bazı atomlarda dengesizdir ve bunun sonucunda o atomlar kararsız yapıdadır (Akkurt, 2006). Bu dengesizlik atomun çekirdeğinde ilave bir enerjiye sebep olur. Bu enerji fazlalığı radyasyon olarak yayılır. Bu yayılda çekirdek kararlı hale gelinceye kadar yani proton sayısı nötron sayısı ile dengeleninceye kadar devam eder. Kararsız çekirdeğin kararlı hale gelmek için yayınladığı tüm parçacık ve elektromanyetik dalgalara radyasyon denir. Yani aslında radyasyon atom altı parçacıkları, tüm elektromanyetik spektrumları ve

atomik parçacıkları ifade etmektedir. Bu süreç ise “radyoaktif parçalanma” (bozunma) süreci olarak tanımlanır (Dönmez, 2017).

Radyasyon yaşamın bir parçası haline gelmiştir. Doğal radyasyon kaynakları kozmik ışınlar ile toprak, su ve havada yer alan radyonüklitlerdir. Doğada en yaygın bulunan doğal radyonüklitler uranyum-238 (^{238}U), toryum-232 (^{232}Th), potasyum-40 (^{40}K) ile ^{238}U ve ^{232}Th 'nin bozunum ürünleridir (Özmen ve Yılmaz, 2019)

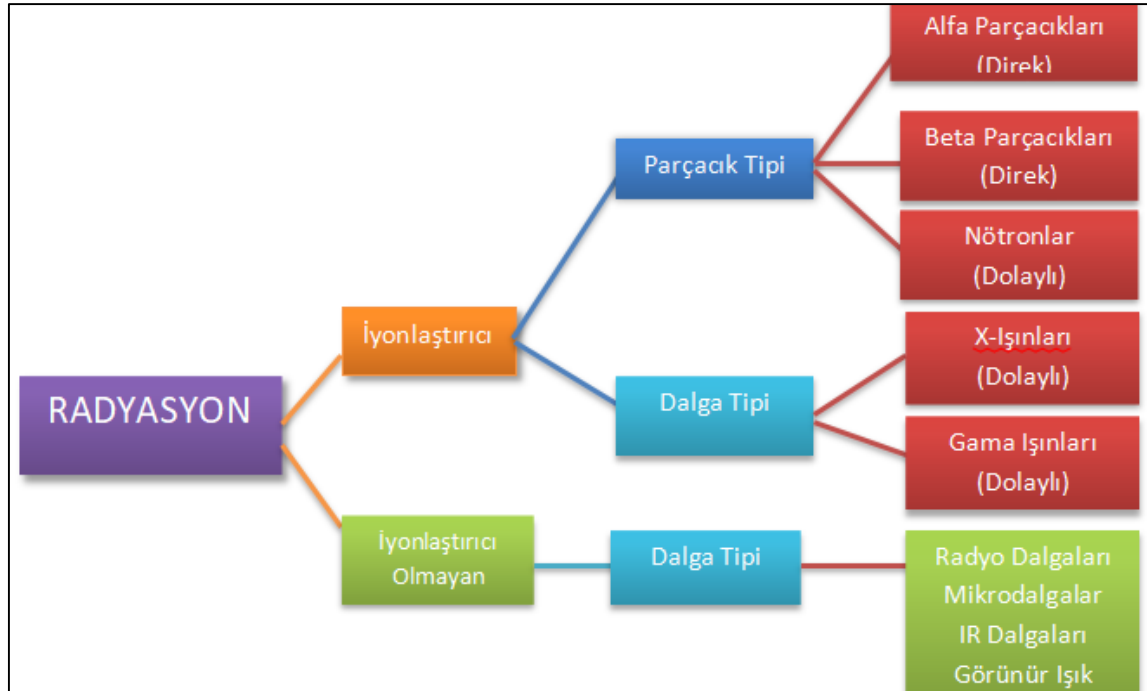
1.5. Radyasyon Çeşitleri

Radyasyonun sınıflandırılmasında üç ana parametre kullanılır.

- 1.Enerjisi (iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon)
- 2.Türü (parçacık radyasyonu ve elektromanyetik radyasyon)
- 3.Kaynağı (Gökoğlan ve ark., 2020).

1.5.1. Enerjisine göre radyasyon

Enerjisine göre radyasyon türüne bakıldığında iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak 2 sınıfta incelenir (Günoğlu, 2008).



Şekil 1.4. Radyasyonun madde üzerinde meydana getirdiği etkilere göre sınıflandırılması

Atomlarda iyonlaşmaya neden olabilecek kadar eşik enerjisine sahip olan radyasyona iyonlaştırıcı radyasyon denir. Yani iyonlaştırıcı radyasyon geçtiği ortamdaki atomlarda iyonizasyon meydana getirirken, iyonlaştırıcı olmayan radyasyon enerjisi ve türüne göre uyarılınca meydana gelebilse de enerjisi iyonizasyon için yeterli değildir.

1.5.1.1. İyonlaştırıcı radyasyon

İyonlaştırıcı radyasyon madde ile etkileşime girdiğinde elektrik yüklü parçacıklar veya iyonlar oluşturur (Daşdağ, 2010).

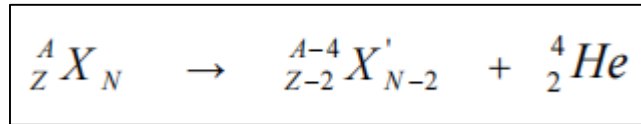
İyonlaştırıcı radyasyon,

- ☐ Alfa parçacıkları
- ☐ Beta parçacıkları
- ☐ Gama ışınları
- ☐ Nötron parçacıkları
- ☐ X-Işınlarıdır.

1.5.1.1.1. Alfa ışınları

Alfa ışınmasında çekirdeğin sahip olduğu fazla enerji bir alfa parçacığı salınarak giderilir. Alfa ışınlarının yapılan ölçümler sonucunda helyum (${}^4\text{He}$) çekirdekleri olduğu tespit edilmiştir. Radyoaktif bir çekirdek bir alfa ışınması yaptığında atom numarasında iki ($Z-2$), kütle numarası dört ($A-4$) azalma yaşayarak başka bir elementin çekirdeğine dönüşür

(${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$) (Yıldız, 2016).

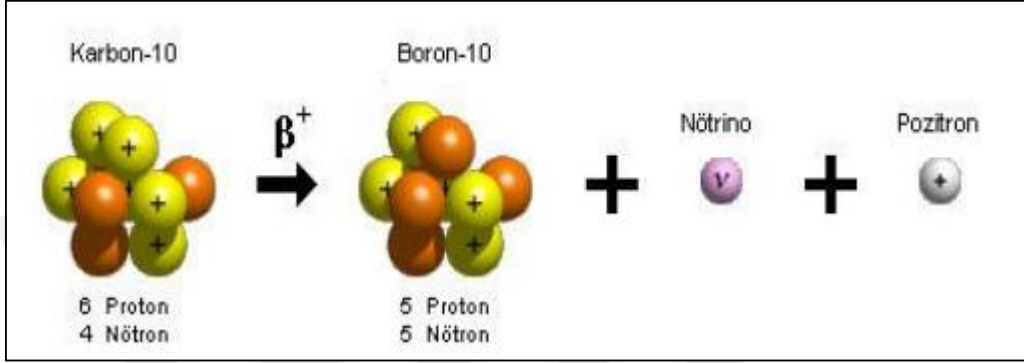


Şekil 1.5. Alfa bozunması

Alfa ışınmasının sıklıkla görüldüğü çekirdeklere bakıldığında kütle numaralarının 190'dan büyük olduğu görülmektedir (Erdoğan, 2010).

1.5.1.1.2. Beta ışınları

Radyoaktif çekirdeğin, bir elektron (β^-) veya bir pozitron (β^+) yayınlamasına ise beta (β) bozunması denir (Baykara ve ark., 2011). İzotopun çekirdeğinde yer alan nötronlardan birisi bozunduğu anda beta bozunması ortaya çıkar. Beta ışınları iyonlaştırma özelliği taşıdığı için canlılar üzerinde zararlı etkileri görülür. Çekirdekte yer alan nötronlardan birinin bir protona dönüşmesiyle bu elektron oluşur ve asla atomun kendi elektronu değildir. Çekirdeğin içindeki bir nötronun bir protona dönüşmesinde bir pozitron oluşur. (Uzbek ve ark., 2013).



Şekil 1.6. Beta bozunması

1.5.1.1.3. Gama ışınları

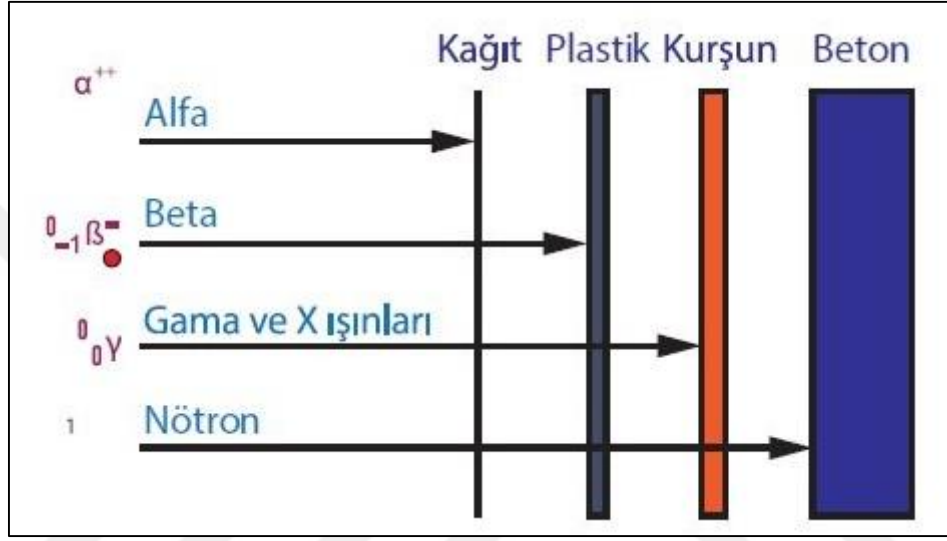
Alfa ve beta radyasyonu parçacık özelliğine sahip iken gama radyasyonu elektromanyetik dalga özelliğine sahiptir. Gama ışınları yükleri ve kütleleri olmayan ışınlardır. Havada 500 metreye kadar yayılma özelliğine sahiptir ve bu özellik yine kütsüz ve yüksüz olmasından kaynaklanmaktadır. Manyetik alanlardan etkilenmezler. Enerjilerine bağlı olarak da oldukça kalın beton duvarlarla ya da kurşun gibi ağır metallerden yapılmış zırhlarla ancak durdurulabilirler (Aydın, 1993).

1.5.1.1.4. X ışınları

X ışınları yada Röntgen ışınları radyo dalgalarına benzeyen bir elektromanyetik ışınım türüdür. Diğerleri gibi X-ışınları da boşlukta (vakumda) yol alabilir ve bazı maddelerin içinden geçebilme özelliğine sahip enerji dalgalarından oluşur. X-ışınları gözle görülemeyen ve elektromanyetik tayfın morötesi ışınları ile gama ışınları arasında kalan kesiminde yer alan ışınım türüdür. X-ışınları Alman bilim adamı Wilhelm Conrad Röntgen tarafından 1895'de keşfedilmiştir. Bu ışınlar Röntgen ışınları da denmesinin sebebi budur. X-ışınlarının girginliği yüksektir ve insan vücudundan kolaylıkla geçerler. Enerjilerine bağlı olarak da oldukça kalın beton duvarlarla ya da kurşun gibi ağır metallerden yapılmış zırhlarla durdurulabilirler (Barlaz-Uş ve Uş, 2021).

1.5.1.1.5. Nötronlar

Nötronlar yüksüz parçacık olmaları sebebiyle herhangi bir madde içerisine kolaylıkla nüfuz edebilme özelliğine sahiptirler. Doğrudan iyonlaşma özelliği olmamakla birlikte iyonlaşmaya neden olan alfa, beta, gama veya X-ışınlarının oluşmasına neden olmaktadır. Nötronları durdurabilmek için yoğunluğu fazla olan beton, su veya parafin gibi malzemeler kullanılabilir (Köklü, 2006).



Şekil 1.7. Radyasyon tipine göre uygulanan zırhlar (AFAD)

İyonlaştırıcı radyasyon doğal kaynaklardan ortaya çıkar ve hücelere nüfuz etme özelliğine sahiptir. Bundan dolayı sağlık sorunlarına sebebiyet verir (Körpınar, 2019).

1.5.1.2. İyonlaştırıcı olmayan radyasyon

İyonlaşmaya sebep olmayan elektromanyetik dalgalar ise iyonlaştırıcı olmayan radyasyonlardır (Thakur ve Mulholland, 2011). İyonlaştırıcı olmayan radyasyonlara

- Mikrodalga
- Görünür ışık
- Radyo
- Televizyon dalgaları örnek olarak verilebilir.

1.5.2. Türüne göre radyasyon

Türüne göre radyasyon çeşitlerinden olan parçacık ve dalga tipindeki radyasyonlar iyonlaştırıcı radyasyondur. Canlı hücrelere ve ortamlara giricilikleri, parçalanmaları, şiddetleri, yapıları birbirlerinden farklıdır. Parçacık tipi radyasyonda, belirli bir kütle ve enerji vardır. Çok küçük parçacıklar tarafından da taşınır. Dalga tipi radyasyon ise belirli bir enerjiye sahiptir ancak kütlesi olmayan fotonlar tarafından taşınır (Şen, 2019).

1.5.3. Kaynağına göre radyasyon

Canlılar yaşamları boyunca buldukları ortamın etkisiyle az veya çok oranda radyasyona maruz kalmaktadır. Maruz kalınan bu radyasyonun kaynakları doğal ve yapay radyasyon olmak üzere ikiye ayrılır (Günoğlu, 2008).

Doğal radyasyon kaynakları,

- Kozmik Işınlr
- Ortam Radyasyon Dozu
- Gıdasal Ürünler
- Kapalı Ortamda Radon Gazıdır.

Yapay radyasyon kaynakları ise,

- Tıbbi Uygulamalar
- Nükleer Uygulamalar
- Endüstriyel Uygulamalar
- Nükleer Serpinti
- Nükleer Güç Santralleri
- Tüketici Ürünleri (televizyon, fosforlu saatler vb.) (TENMAK)

Doğada kendiliğinden var olan ve tüm canlıların maruz kaldığı radyasyon doğal radyasyondur. Bu radyasyonu canlı ve cansız tüm varlıklarda gözlemleyebiliriz. Doğal iyonlaştırıcı radyasyon kaynağının başında radon gazı gelmektedir. Kaya ve toprakta bulunan radon gazı, evlerin temellerindeki açıklık ve çatlaklardan binalara sızarak insan sağlığını etkilemektedir Rn-222 saf alfa yayınlayan radyonüklittir. Yüksek bir enerjiye sahip olan kozmik ışınlarda bir diğer doğal radyasyon kaynağıdır. Kozmik ışınların büyük kısmı atmosfer tarafından tutulduğu için yeryüzüne yönelik zararı önlenmiş olur (Gökoğlan ve ark., 2020).

Yapay radyasyon ise X-ışınları ve yapay radyoaktif maddelerin tıbbi, zirai ve endüstriyel amaçla kullanılmaları sonucunda meydana gelir. Bunların arasında yapay radyasyon kaynağının %95'den fazlasını tıbbi uygulamalar oluşturur (Gökharman ve ark., 2016).

Yapay radyasyon ve doğal radyasyonun en önemli farkı, yapay radyasyon kontrol altındadır. Doğal radyasyondan korunulamaz (Şen, 2019).

Canlılar doğal veya yapay olan bu radyasyon türlerine buldukları ortama göre az yada çok oranda sürekli maruz kalmaktadır. Yaşamımızda ışınlanma dozu ve süresine, yaşa veya maruz kalmış dokunun göstereceği duyarlılığa bağlı olarak bu durumdan etkilenmektedir (Seven, 2016; Kürkçüoğlu ve Bayraktar, 2012).

1.6. Radyasyon Birimleri

ICRU (Uluslararası Radyasyon Birimleri Komitesi) tarafından 1986 yılına kadar özel radyasyon birimlerini kullanılmıştır. 1986 yılından sonra dünya genelinde aynı radyasyon birimlerinin kullanılması için SI (Uluslararası Birimler Sistemi) tarafından belirlenen birimler kullanılmaya başlanmıştır (Akkaya, 2021). İki grup halinde olan radyasyon birimleri, aktivite birimi ve soğurulan radyasyon birimidir. Radyasyonun madde üzerindeki etkisine bakılırken soğurulan radyasyon birimleri tanımlanır. Radyoaktif bir kaynaktan yayınlanan radyasyon ise aktivite birimleri ile tanımlanır (Akkaya, 2021).

1.6.1. Aktivite birimi

Birim zamanda bozunan parçacık sayısı aktivite olarak tanımlanır (Günoğlu, 2008). Aktivitenin özel birimi Curie (Ci)'dir. SI birim sisteminde birimi ise Becquerel (Bq)'dir. Curie (Ci); saniyede 3.7×10^{10} bozunum veya parçalanma gösteren maddenin aktivitesini gösterir. Saniyede ortalama bir bozunum gösteren maddenin aktivitesi ise becquerel (Bq) olarak tanımlanmaktadır (Akkaya, 2021).

1.6.2. Işınlanma birimi

Işınlanma birimi fotonların havada oluşturacağı iyonizasyonun bir ölçüsü olarak tanımlanır (Günoğlu, 2008). Röntgen (R) ışınlanma birimi için kullanılmış ilk özel birimdir. Coulomb/kg (C/kg) ise SI birim sistemindeki karşılığını verir. X ve gama ışınlarının havayı ışınlama kabiliyetinin ölçüsüne ışınlama denir. Röntgen; normal şartlarda havanın 1 kilogramında 2.58×10^{-4} C'luk elektrik yükü değerinde pozitif ve negatif iyonlar oluşturan X ve gama radyasyonu miktarıdır. SI birim sisteminde bakıldığında ise radyasyona maruz kalma ölçüsü Coulomb/kilogram (C/kg) olarak verilmiştir. Normal şartlarda havanın 1 kilogramında 1 C'luk elektrik yükü değerinde pozitif ve negatif iyonlar oluşturan X ve gama radyasyonu miktarı olarak tanımlanır (Akkaya, 2021).

1.6.3. Soğurulma doz birimi

Doz, belirli bir zaman içerisinde herhangi bir maddenin tüketilen miktarıdır (TRKD Radyasyondan Korunma Derneği, 2023).

Soğurulan doz, iyonlayıcı radyasyon maddeyle etkileşime girdiğinde aktarılan veya ortama depolanan enerji miktarıdır. Rad, ICRU soğurulma doz birimidir. Gray (Gy) ise SI birim sistemindeki doz birimidir. Gray, ışınlanan maddenin 1 kilogramına 1 Joule'lük enerji veren radyasyon miktarına karşılık gelmektedir (Akkaya, 2021).

1.6.4. Eşdeğer doz birimi

Eş değer doz birimi, radyasyona maruz kalmış olan dokudaki biyolojik etkiyi ifade etmek için kullanılır. Eşdeğer doz birimi ICRU tarafından Rem (radiation equivalent for man) olarak, SI birim sistemine göre ise Sievert (Sv) olarak verilmiştir. Rem; 1 Röntgenlik X veya gama ışını ile aynı biyolojik etkiyi oluşturan herhangi bir radyasyon miktarına denir. Sievert ise 1 Gray'lik X ve gama ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren radyasyon miktarıdır (Akkaya, 2021).

Tablo 1.1. İyonlaştırıcı radyasyon birimleri ve dönüşüm faktörleri

NİTELİK	ÖLÇÜLEN DEĞER	SI SEMBOLÜ	ÖZEL BİRİMİ	DÖNÜŞÜM FAKTÖRÜ
Aktivite (A)	Saniyedeki bozunma hızı	Becquerel (Bq)	Curie (Ci)	1 Bq=2,7x10 ⁻¹¹ Ci
İşinlanma	Havadaki iyonlaşma	C/Kg	Röntgen (R)	1C/Kg= 3876 R
Soğurulan Doz (D)	Birim kütleyle aktarılan enerji	Gray (Gy)	Rad	1 Gy= 100 rad
Doz Eşdeğeri (DE)	Biyolojik etkinlik	Sievert (Sv)	Rem	1 Sv= 100 rem

1.7. Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Radyasyon, başta sağlık olmak üzere birçok alanda insan hayatını kolaylaştırır da, insan sağlığına olumsuz etkileri görmezden gelinemez. Radyasyona maruz kalan bir kişinin vücudunda, cilt yanıkları, doğal ömür süresinin kısalması, kanser ve kalıtsal bozukluklar, vücutta toksik birikme gibi pek çok hastalık gözlenebilir. Bu hastalıklar radyasyonun enerji türü ve yoğunluğuna göre değişir. Radyasyonun canlı vücudundaki etkilerine bilim insanları yıllarca çalışmıştır. Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan atom bombaları, Çernobil faciası, Three Mile Island nükleer kazası, Windscale nükleer kazası gibi yüksek dozda radyasyon yayınlanmasına sebep olan olaylar üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Buradan elde edilen sonuçlara göre uzun yıllar boyunca radyasyonun etkilerinin hala devam ettiği görülmüştür. Sonuç olarak kazaların üzerinden yıllar geçse de, yayınlanan radyasyon uzunca bir süre insan sağlığını olumsuz etkilemektedir.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE METOD

2.1. Deneyde Kullanılacak Malzemeler

- 100 ml Seyreltilmiş Sülfürik Asit
- 1 Adet Ölçülü pipet
- 1 Adet Cam Joje
- 1 Adet Sıcaklık ve Ph Ölçer Alet
- 20 Adet 1.5L'lik Pet şişe
- Not Defteri ve Cam Kalem
- 20 Adet 550 ml'lik Cam Beher
- 20 Adet metal planşet
- 4 Adet Cam Desikatör
- 1 Adet Etüv (Fırın)
- 2 Adet Maşa
- 2 Adet Lamba Askı Düzeneği
- 8 Adet 250 W'lık infrared Lamba
- 1 Adet Hassas Terazi
- MPC 9604 Ultra LowLevel Toplam Alfa ve Beta Sayıcısı Cihazı
- 1 Adet Bilgisayar
- 1 adet %10 Metan Gazı Konsantrasyonlu Tüp
- 1 Adet Nem Alma Cihazı
- 1 Adet Nem Ölçme Aleti
- 1 Adet Metal Tepsi (Planşetleri taşıma amaçlı kullanılmıştır)
- Saf Su
- Yağ ve Kireç Sökücü
- Bulaşık Temizleme Deterjanı
- 3 L'lik Metil Alkol

- 2 Bulaşık Süngeri
- 2 Eldiven
- 2 Havlu Peçete
- 2 Şişe Numaralandırma Etiketi
- 2 Adet Numune Saklama Kolisi

2.2. Örnek Hazırlama

Deneye başlamadan herhangi bir kirlilik yada bulaşıklığa yol açmamak için bütün cihazların ve kapların temizliği işlemlere başlamadan yapılmıştır. Cam kaplar ve plaşetler sırası ile deterjanlı su, kireç ve yağ çözücü ile temizlendikten sonra saf su ve metanol ile durulanıp 90 dk süre ile 105 °C de etüv içinde kurutulmuştur (Şekil 2.1. ve Şekil 2.2). Kurutma işlemi sonrasında boş plaşetlerin daraları hassas tartı (Şekil 3.9) yardımıyla ölçülüp not edilmiştir. Darası belirlenen plaşetlerin alt kısımlarına numaralandırma yapılmıştır.

Numune toplama şişeleri ise kullanılmamış pet şişeler olarak temin edilmiştir ve içindeki su boşaltılarak her biri saf su ile durulandıktan sonra numuneler alınmıştır.



Şekil 2.1. Etüvde kurutma işlemi



Şekil 2.2. Etüvde kurutma işlemi

2.3. Numunelerin Toplanması

Çorum'da içme suları alınan kuyularla ilgili Çorum belediyesinden bilgi alınmıştır. Öğle saatlerinde belediyeden görevli 2 kişiyle tablo 2.1 ve tablo 2.2'de gösterilen yerlerden su örnekleri iki farklı tarihte toplanmıştır. Deneyle tekrarlamak adına 22 Ağustos 2022 tarihinde ilk deneyler için 10 adet numune (Tablo 2.1) toplanmış, 21 Haziran 2023 tarihinde ise 10 adet ikinci numune (Tablo 2.2) örnekleri toplanarak farklı zaman dilimlerinde çalışma yapılmıştır. Toplama işlemleri yaklaşık 5'er saat sürmüştür.

Sülfürik asit, ölçülü pipet, 1,5 L 'lik plastik pet şişeler, pH ve sıcaklık ölçer cihaz, etiket, cam kalem ve not defteri numune alma işlemleri öncesi temin edilerek hazırlık yapılmıştır. Tüm numune alımlarında öncelikle plastik şişeye etiket yapıştırılarak numunenin alındığı kuyu etiket üzerine yazılmıştır.

Numune alınırken önce o kuyudan bir miktar su akıtılmış ve sonra 1,5 L'lik plastik numune şişeleriyle alınmıştır. Numune şişesi bu şekilde doldurduktan sonra alınan numunenin pH değeri ölçülerek pet şişeye alınan numunenin pH değerini 1.5 ile 2 arasına düşürmek için

yaklaşık 5-6 damla Sülfürik asit eklenmiştir. pH değeri istenilen seviyeye gelen numune şişelerinin ağzı kapatılıp güneş görmeyen kapalı bir kutu yardımıyla muhafaza edilmiştir.

Bu işlemlerin tamamı toplamda alınan 20 adet numunenin hepsi için aynı sırayla yapılmıştır.



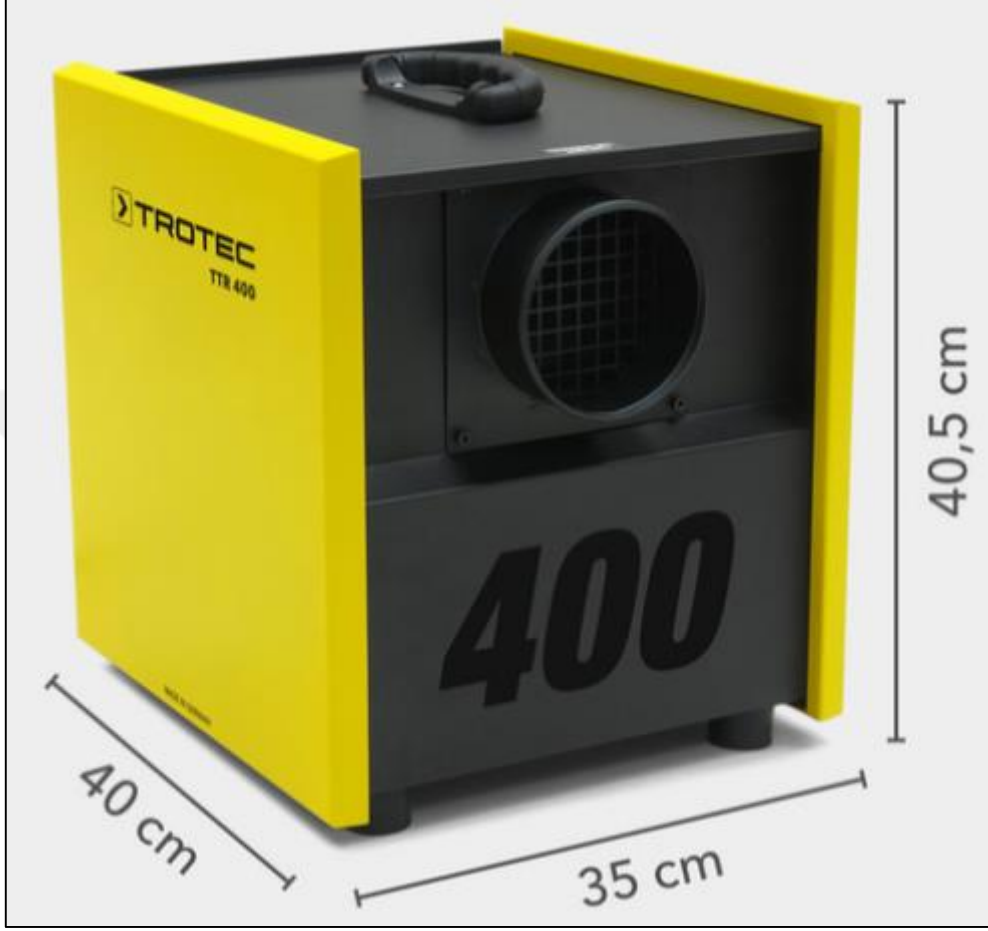
Şekil 2.3. Çorum'dan getirilen numuneler

2.4. Buharlaştırma işlemi

Numunelerin toplama işlemi tamamlandıktan sonra sularda meydana gelen organik bozunma olaylarının deney sonuçlarını yanıltmaması için en kısa zamanda çalışma yapılacak laboratuvara götürülüp buharlaştırma işlemlerine başlanması gerekmektedir. Çorum-Karaman arası alınacak mesafeden dolayı her iki zaman aralığında toplanan numuneler için de 2 gün sonra işlemlere başlanabilmektedir.

Bu deney çalışmaları için Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi'nin Fizik Laboratuvarı kullanılmıştır. Laboratuvarda yapacağımız bu çalışma için nem ve sıcaklık değerinin sabit kalması gerekmektedir. Bu amaçla 1 adet klima yer almaktadır. Bunun dışında laboratuvar içerisinde pvc doğrama ile bölünmüş içerisindeki nemin %30 civarlarında tutulduğu ayrı bir oda bulunmaktadır. Bu odada numune tartım işlemi yapılmakta ve toplam alfa ve beta sayıcı

cihazı, içerisindeki nemi %30 civarında tutmak için ilave olarak bir nem alma cihazı (Şekil2.4) yer almaktadır.

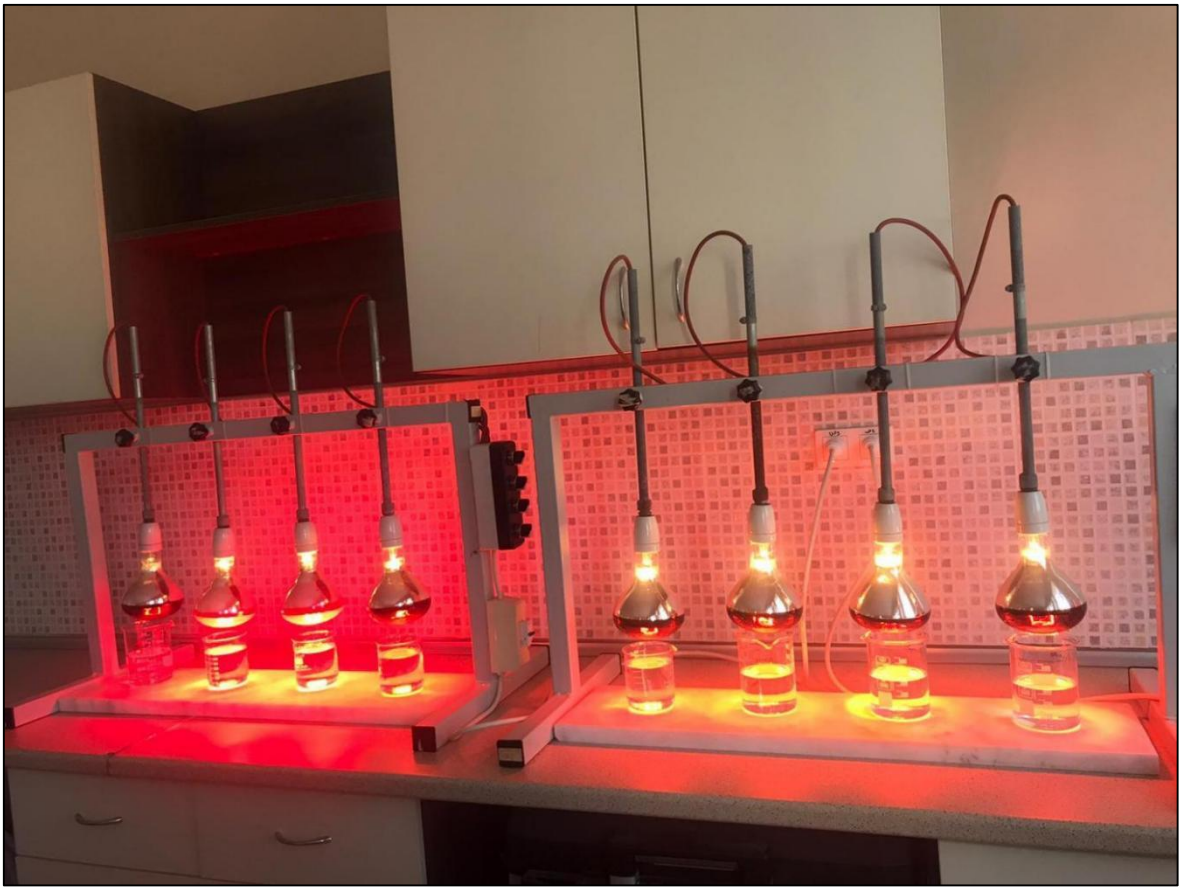


Şekil 2.4. Nem alma cihazı

Çalışmalara başlamadan önce laboratuvarın nem değerinin %30 civarı bir değere düşmesi için buharlaştırma işleminden önce nem alma cihazı çalıştırarak içerideki nemin uygun seviyeye gelmesi sağlanmıştır. Nem değeri yapılacak ölçümlerin hassasiyeti için önem arz etmektedir.

Buharlaştırma işlemlerini yapmak için 250 W'lık 8 adet infrared lamba temin edildi. Laboratuvarda yer alan 4 gözlü 2 adet ayrı askı düzeneğine bu lambalar takıldı. Buharlaştırma işlemi için 550 ml'lik cam beherlere her numuneden yaklaşık olarak 350 ml ilave edildi. Cam beherlerde yer alan bu numuneler lambaların alt kısmına buharlaşma işlemi için yerleştirilip lambalar açıldı ve buharlaştırma işlemleri başlatıldı (Şekil2.5). Her bir beherde ki su miktarı 100 ml seviyesine düşene kadar buharlaştırma işlemine beherle devam edildi. Beher içerisinde ki su seviyesi 100 ml ye düşen numunelerin buharlaştırma işlemi planşetlerle devam ettirildi. Lambaların alt kısmına bu kez de planşetler yerleştirildi ve beherde kalan numuneden sürekli

eklenerek tüm numune buharlaşana kadar bu işleme devam edildi (Şekil2.6). Planşette buharlaştırma yapılırken buharlaşma sonrası oluşacak kalıntının planşetlerin üzerine homojen dağılmasını sağlamak için ara ara maşa yardımı ile hafifçe çalkalanarak ilave işlemine devam edildi. Bu işlemlere planşetlerde infrared lambaların verdiği ısı sebebiyle dipte yanmış partikül oluşmaması için planşetteki su seviyesi bitmeden tekrar beherden su ilavesi yapılarak devam edildi. İçerisinde tortu oluşan planşetler etüve alınarak 90 dk 105 derecede tekrar kurutuldu. Kurutma işlemi bittikten sonra maşayla alınan sıcak planşet laboratuvar içindeki nemi %30 civarında sabitlenen oda içerisindeki desikatöre konularak (Şekil2.8) 48 saat içerisinde desikatördeki silika jeller vasıtası ile optimum nem değerinde olması sağlanmıştır.



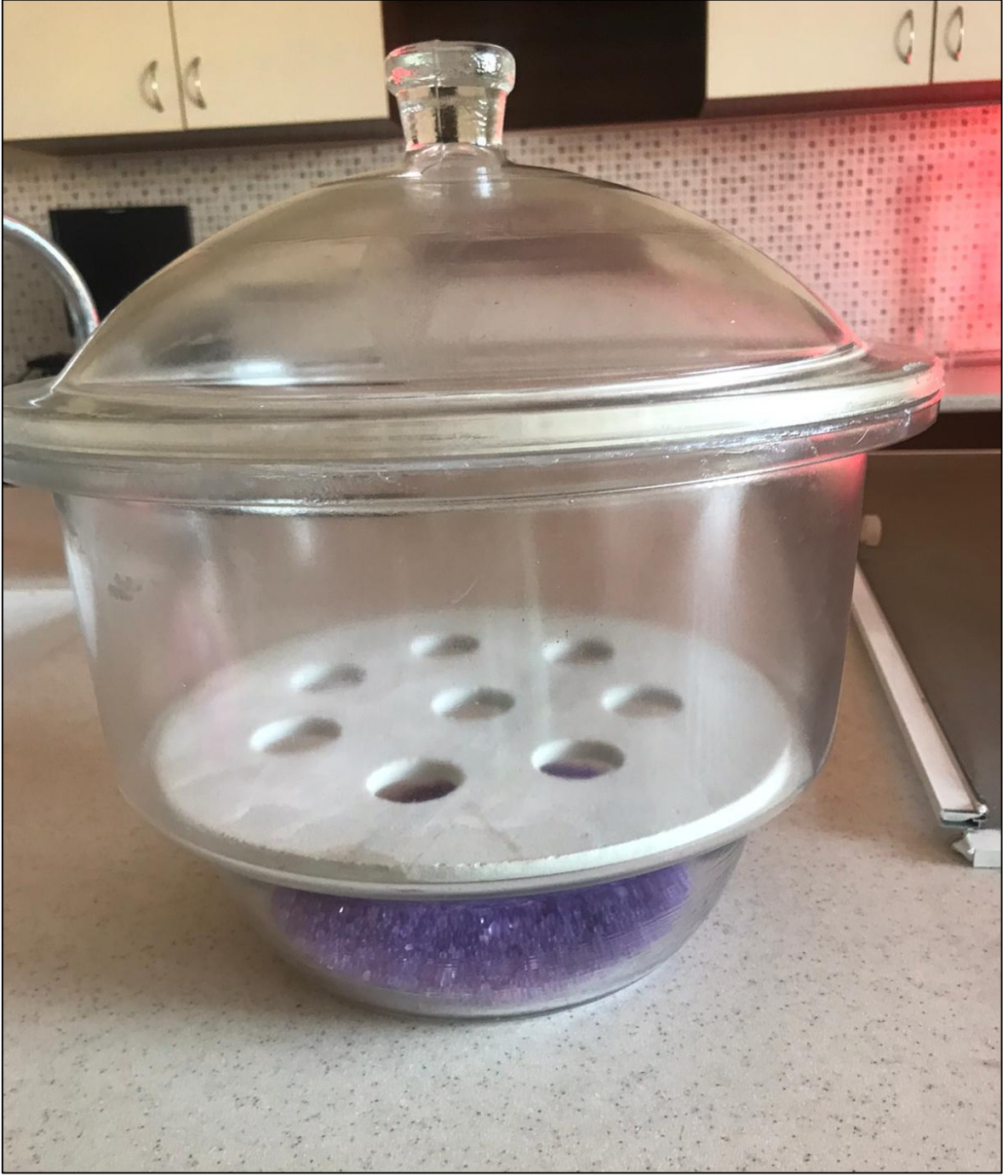
Şekil 2.5. Beherle buharlaştırma işlemi yapılan numuneler



Şekil 2.6. Buharlaştırma işlemine planşette devam ettirilen numuneler

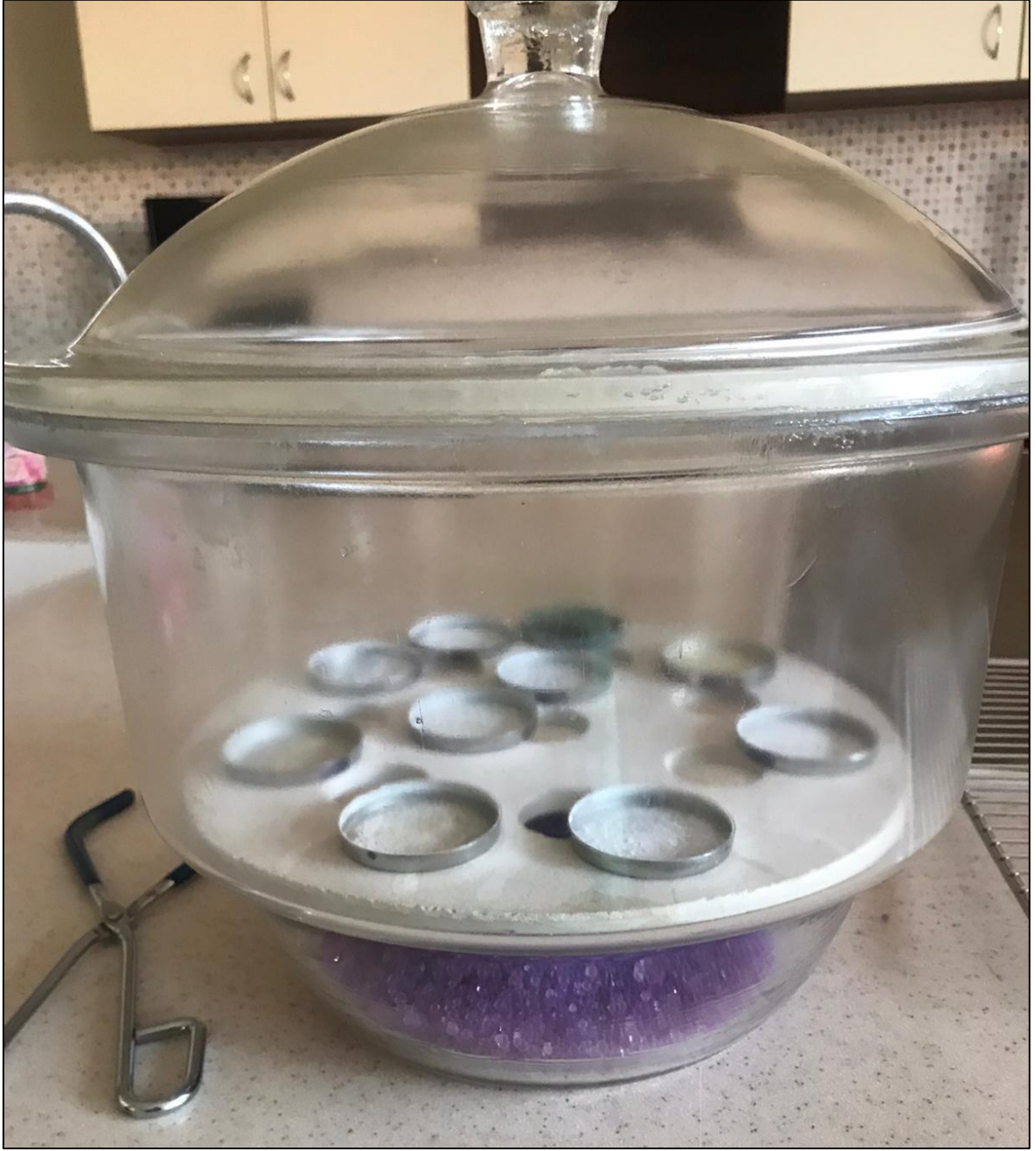
Ağustos ayında yapılan ilk çalışmalarda bu işlemlerin 5, 6 ve 8. numuneler için tekrar yapma zorunluluğu doğmuştur.

Deneylerin tekrarlanma ihtimaline karşı numunelerimizin 1.5L'lik şişelerle alınmış olması da deney tekrarlarına imkan sağlanmıştır. 5, 6 ve 8. numunelerin işlemleri tekrarlanmıştır. Bu numunelerde oluşan tortul miktarı istenen değerden yüksek çıktığı için başlangıç miktarları daha az alınarak işlemler tekrarlanmıştır. 5. numune için 300 ml, 6. ve 8. numuneler için 250 ml alınarak buharlaştırma işlemi en baştan yapılmış ancak değerlerin yine yüksek çıkması nedeniyle bu numuneler için üçüncü kez buharlaştırma işlemi yapılmıştır. 5. ve 6. numuneler 150 ml, 8. numuneden de 100 ml alınarak tekrar edildiğinde yaklaşık olarak istenilen değerler elde edilmiştir.



Şekil 2.7. Deneyde kullanılan desikatör

Her iki zaman aralığında alınmış tüm numuneler için buharlaştırma işlemi aynı şekilde tamamlanmıştır. Desikatör içerisinde bir süre bekletildikten sonra da hassas tartıda brüt ağırlığı ölçülmüştür (Şekil2.9). Sonrasında net tortu miktarı hesaplanıp belirlenerek toplam alfa ve beta sayıcısına konmaya hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2.8. Desikatörde bekletilen numuneler

21 Haziran 2023 tarihinde deneyleri tekrarlamak adına aynı işlemler için 10 adet daha numune toplanmıştır. Çeşitlilik adına da bu kez arıtılmış sularda numune olarak alınmıştır. 10 adet numunenin her birinden yine yaklaşık 350 ml alınarak işlemler tekrarlanmıştır. Ancak bu kez sadece 1. ve 7. numunelerde yaklaşık 100 mg net tortu aşağı yukarı elde edilmiştir. Diğer numuneler için başlangıç miktarı değiştirilerek deneyler tekrar edilmiştir. Tekrar yapılan işlemlerde 1,5 ve 6. numuneler için 200 ml, 3 , 4, 9 ve 10. numuneler için 150 ml, 8. numune için 100 ml başlangıç miktarı olarak alınmış ve işlemler tekrarlanmıştır.

Toplam alfa ve beta sayıcısında ölçüm yapmak için planşetlerdeki tortu miktarlarının 100 mg civarı olması gerekir. Bu sebeple bunu sağlamayan numuneler için işlemler tekrar edilmiştir. Örneğin 350 ml buharlaşan bir numunede planşette 200 mg tortu oluşuyorsa deney tekrar edilirken bu defa 175 ml civarı numune buharlaştırılmalıdır gibi basitçe bir hesap yapılarak deneyler tekrarlanmıştır.

Tablo 2.1'de 22 Ağustos 2022 tarihinde yapılan deneylerin numunelerinin hangi kuyulardan alındığı belirtilmiştir. Tablo 2.2'de ise hangi numuneden ne kadar alındığını belirtilmiştir.

Tablo 2.1. 22 Ağustos 2022 tarihinde toplanan su örneklerinin kaynakları

SU ÖRNEKLERİ	SU KAYNAĞI
1A	Pınar Başı Kuyular
2A	Pınar Başı Kuyular 2
3A	Melik Gazi Kuyu Taş Ocağı
4A	Hatab Barajı
5A	Çimento Kuyular
6A	Çimento Kuyular 2
7A	Konaklı Kuyu
8A	Yeni Hayat Barajı
9A	Koç Hisar Barajı
10A	Sağmaca Kaynak Suyu

Tablo 2.2. 22 Ağustos 2022 tarihinde alınan su örneklerinin deneyde kullanılan miktarları

NUMUNE KODU	BUHARLAŞTIRILAN NUMUNE MİKTARI (ml)
1A	350 ml
2A	350 ml
3A	350 ml
4A	350 ml
5A	150 ml
6A	150 ml
7A	350 ml
8A	100 ml
9A	350 ml
10A	350 ml

Tablo 2.3.'de 21 Haziran 2023 tarihinde yapılan deneylerin numunelerinin hangi kuyulardan alındığı belirtilmiştir. Tablo 2.4.'de ise hangi numuneden ne kadar alındığını belirtilmiştir.

Tablo2.3. 21 Haziran 2023 tarihinde toplanan su örneklerinin kaynakları

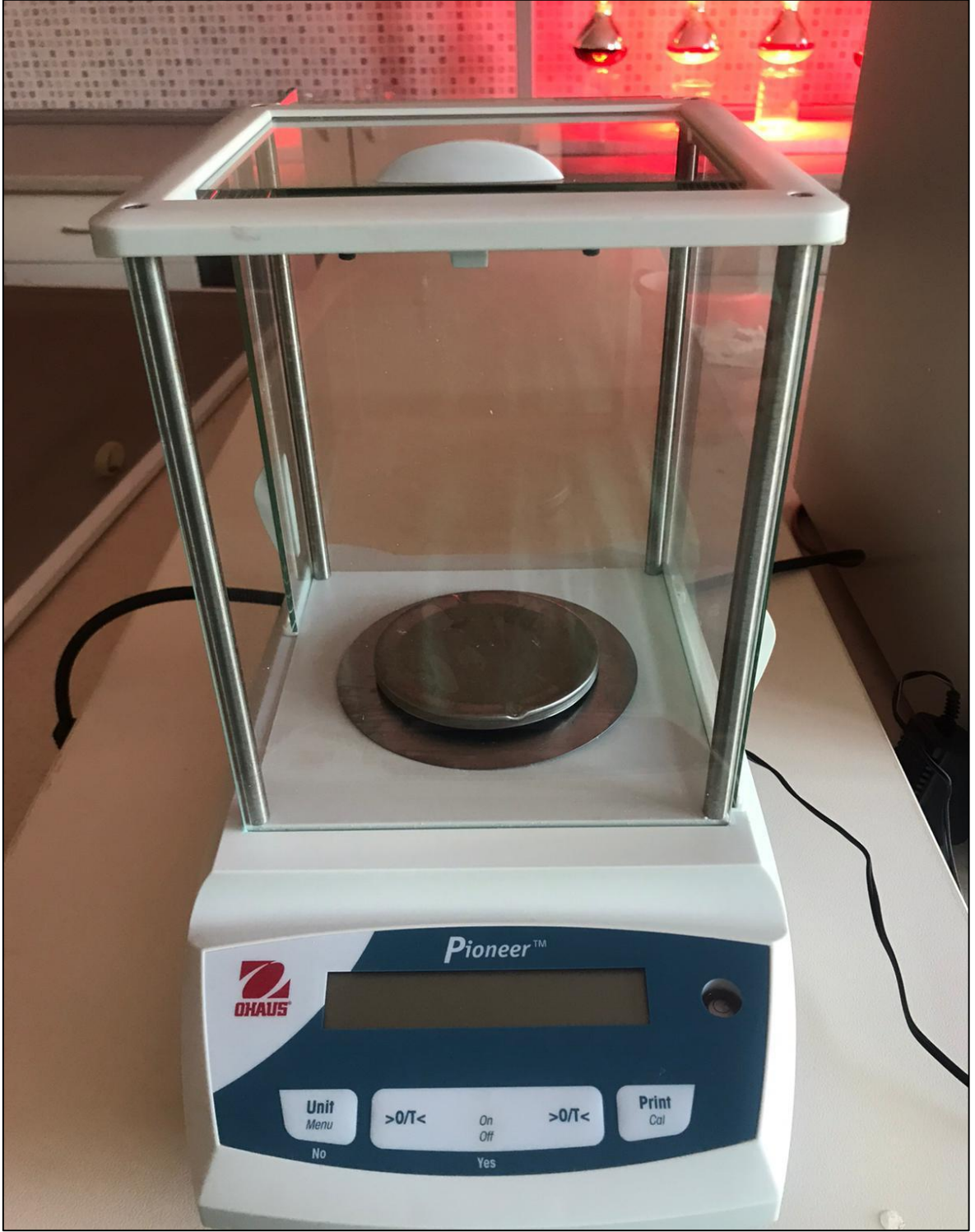
SU ÖRNEKLERİ	SU KAYNAĞI
1H	Pınar Başı Kuyular
2H	Melik Gazi Kuyu Taş Ocağı
3H	Hatap Barajı
4H	Çimento Kuyular
5H	Yeni Hayat Barajı
6H	Koç Hisar Barajı
7H	Sağmaca Kaynak Suyu
8H	Inci park arıtılmış su
9H	Rüstem Eren Parkı arıtılmış su
10H	OSG Arıtılmış su

Tablo 2.3. 21 Haziran 2023 tarihinde alınan su örneklerinin deneyde kullanılan miktarları

NUMUNE KODU	BUHARLAŞTIRILAN NUMUNE MİKTARI (ml)
1H	200 ml
2H	350 ml
3H	150 ml
4H	150 ml
5H	200 ml
6H	200 ml
7H	350 ml
8H	100 ml
9H	150 ml
10H	150 ml

2.5. Tortu Miktarı

Numunelerin buharlaştırma işlemleri tamamlandıktan sonra laboratuvarında yer alan nem miktarı %30 da sabitlenmiş sayım odasında hassas terazide tartımlar net olarak yapılmıştır. Tüm tartım işlemlerinde maşa kullanılmış ve plaşetlere el ile temas edilmemiştir. Hassas tartıda ölçme yapıldıktan sonra da maşa kullanılarak plaşetler desikatöre hızlı bir şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.9. Tartım işlemlerini için kullanılan hassas terazi

Plansette kalan net tortu ağırlıklarının hesapları yapılırken aşağıdaki tabloda da gösterdiğimiz gibi bürüt ağırlıktan, plansetin dara ağırlığı çıkarılarak hesaplanmış ve kayıt edilmiştir.

Tablo 2.4. 22 Ağustos 2022 tarihli numune örneklerinde kalan tortu miktarları

Numune kodu	Buharlaştırılan numune miktarı (ml)	Plañset darası (gr)	Buharlaştırma işlemi sonunda plañset brüt ağırlığı (gr)	Plañsetteki net tortu ağırlığı (mg)
1A.Numune	350 ml	11,0388	11,1395	100,7
2A.Numune	350 ml	11,0333	11,1485	115,14
3A.Numune	350 ml	10,9148	11,0133	98,5
4A.Numune	350 ml	11,0386	11,1448	106,2
5A.Numune	150 ml	11,0613	11,2168	70,9
6A.Numune	150 ml	11,0486	11,2768	98,4
7A.Numune	350 ml	11,0256	11,1380	112,4
8A.Numune	100 ml	10,8830	11,1907	137,5
9A.Numune	350 ml	11,0111	11,1253	114,2
10A.Numune	350 ml	11,0005	11,1059	105,4

Tablo 2.5. 21 Haziran 2023 tarihli numune örneklerinde kalan tortu miktarları

Numune kodu	Buharlaştırılan numune miktarı (ml)	Plañset darası (gr)	Buharlaştırma işlemi sonunda plañset brüt ağırlığı (gr)	Plañsetteki net tortu ağırlığı (mg)
1H.Numune	200 ml	10,9959	11,0581	62,2
2H.Numune	350 ml	10,0586	11,0961	137,5
3H.Numune	150 ml	10,9432	11,0704	136,2
4H.Numune	150 ml	10,8344	10,9465	112,1
5H.Numune	200 ml	10,9140	11,0272	113,2
6H.Numune	200 ml	11,0302	11,1542	124
7H.Numune	350 ml	10,9901	11,0532	63,1
8H.Numune	100 ml	11,0475	11,1645	117
9H.Numune	150 ml	10,9641	11,1717	207,6
10H.Numune	150 ml	10,8275	10,9556	127,9

2.6. Toplam Alfa ve Beta Sayımı

Toplam alfa ve beta sayım cihazı MPC 9604 Ultra LowLevel %10 konsantrasyonunda Metan ve balans düzeyde Argon gazı ile çalışmaktadır. Cihazın sağ kısmında yer alan gaz basıncını ölçen hidrolik sıvı basınç göstergesi kullanım öncesinde her defa kontrol edilerek çalıştırılmıştır.



Şekil 2.10. Toplam alfa ve beta sayım cihazı

Şekilde de görüldüğü gibi cihaz A, B, C ve D kısımlarından oluşmaktadır ve aynı anda 4 adet planşetle ölçüm yapabilme olanağı sağlamaktadır. Numunelerin ölçümlerine başlamadan önce A,B,C ve D kısımlarındaki tepsilere önceden temizlenmiş boş planşetler yerleştirilerek boş sayım yapılmış, cihazın hassasiyeti kontrol edilmiş ve 900 dk süren ölçümler yapılmıştır.

Planşetlerdeki ölçümü başlatmak için aynı alanda yer alan sistem bilgisayarı kullanılmıştır. Bu ölçüm işleri için basit bir yazılım programı olan Protean Instrument Corporation Vista 2000, Version 2.1 kullanılmıştır. Her numune için ölçümler 900 dk sürmüştür ve sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 2.6. Ağustos 2022’de Ölçülen Toplam Alfa ve Beta Konsantrasyonları

NUMUNE	TOPLAM ALFA NET KONSANTRASYON Bq/L	TOPLAM BETA NET KONSANTRASYON Bq/L
1A.Numune	0.00098	0.00017
2A.Numune	0.00088	0.00024
3A.Numune	0.00099	0.00051
4A.Numune	0.00080	0.00146
5A.Numune	0.00175	0.00447
6A.Numune	0.00226	0.00152
7A.Numune	0.00081	0.00027
8A.Numune	0.00762	0.00131
9A.Numune	0.00079	0.00131
10A.Numune	0.00049	0.00024

Tablo 2.7. Haziran 2023’de Ölçülen Toplam Alfa ve Beta Konsantrasyonları

NUMUNE	TOPLAM ALFA NET KONSANTRASYON Bq/L	TOPLAM BETA NET KONSANTRASYON Bq/L
1H.Numune	0.00132	0.00107
2H.Numune	0.00191	0.00082
3H.Numune	0.00602	0.00099
4H.Numune	0.00576	0.00165
5H.Numune	0.00292	0.01565
6H.Numune	0.00295	0.00087
7H.Numune	0.00095	0.00018
8H.Numune	0.00608	0.00116
9H.Numune	0.00862	0.00040
10H.Numune	0.00358	0.00107

3. BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çorum merkezden 22 Ağustos 2022 tarihinde ve 21 Haziran 2023 tarihinde olmak üzere 10'ar adet toplamda 20 noktadan alınan örneklerle deneysel çalışmalar tamamlanmıştır. Deneysel sonucu yapılan tüm ölçümler tablo3.1 de gösterilmiştir. Çıkan sonuçlar halk sağlığı açısından hem Dünya Sağlık Örgütü hem de Türk Standartları Enstitüsü'ne göre değerlendirilmiştir.

Tablo 3.1. Deneysel sonucu yapılan tüm ölçümler

Numune kodu	Buharlaştırılan numune miktarı (ml)	Plañset darası (gr)	Buharlaştırma sonrası plañset bürüt ağırlığı (gr)	Plañsetteki net tortu ağırlığı (mg)	Toplam alfa net konsantrasyon (Bq/L)	Toplam beta net konsantrasyon (Bq/L)
1A	350	11,0388	11,1395	100,7	0.00098	0.00017
2A	350	11,0333	11,1485	115,14	0.00088	0.00051
3A	350	10,9148	11,0133	98,5	0.00099	0.00051
4A	350	11,0386	11,1448	106,2	0.00080	0.00146
5A	150	11,0613	11,2168	70,9	0.00175	0.00447
6A	150	11,0486	11,2768	98,4	0.00226	0.00152
7A	350	11,0256	11,1380	112,4	0.00081	0.00027
8A	100	10,8830	11,1907	137,5	0.00762	0.00131
9A	350	11,0111	11,1253	114,2	0.00079	0.00101
10A	350	11,0005	11,1059	105,4	0.00049	0.00024
1H	200	10,9959	11,0581	62,2	0.00132	0.06046
2H	350	10,0586	11,0961	137,5	0.00191	0.00082
3H	150	10,9432	11,0704	136,2	0.00602	0.00099
4H	150	10,8344	10,9465	112,1	0.00576	0.00166
5H	200	10,9140	11,0272	113,2	0.00292	0.01565
6H	200	11,0302	11,1542	124	0.00295	0.00087
7H	350	10,9901	11,0532	63,1	0.00095	0.00018
8H	100	11,0475	11,1645	117	0.00608	0.00116
9H	150	10,9641	11,1717	207,6	0.00862	0.00040
10H	150	10,8275	10,9556	127,9	0.00358	0.00107

Tablo 3.2. İçme suyu kriterleri (Palomo ve ark., 2007; Degerlier ve Karahan, 2010)

KURUM	İZİN VERİLEN MAKSİMUM DEĞER
DÜNYA SAĞLIK TEŞKİLATI (1996)	Alfa: 0.10 Bq/L Beta: 1.00 Bq/L
TÜRK STANDARTLARI(TS 266) (1997)	Alfa: 0.037 Bq/L Beta: 0.37 Bq/L

3.1. Dünya Sağlık Örgütüne Göre Toplam Alfa ve Toplam Beta Miktarı Sınır Üstü Değerlendirmesi

Dünya Sağlık Teşkilatı kriterlerine göre radyoaktif parametrelerin izin verdiği toplam alfa sınır değeri 0.10 Bq/L iken, toplam beta sınır değeri 1.00 Bq/L'dir (Palomo ve ark., 2007). Tablo3.3'de gösterildiği gibi deneysel sonuçlarımız bu değerlerin çok altında kalmaktadır.

Tablo 3.3. WHO standartlarına göre üst sınırı geçen numuneler

NUMUNE KODU	ALFA DEĞERİ YÜKSEK	BETA DEĞERİ YÜKSEK
1A	X	X
2A	X	X
3A	X	X
4A	X	X
5A	X	X
6A	X	X
7A	X	X
8A	X	X
9A	X	X
10A	X	X
1H	X	X
2H	X	X
3H	X	X
4H	X	X
5H	X	X
6H	X	X
7H	X	X
8H	X	X
9H	X	X
10H	X	X

3.2. Türk Standartları Enstitüsüne Göre Alfa ve Beta Miktarı Sınır Üstü Değerlendirilmesi

Türk Standartları Enstitüsü kriterlerine göre radyoaktif parametrelerin izin verdiği toplam alfa sınır değeri 0.037 Bq/L iken, toplam beta sınır değeri 0.37 Bq/L'dir (Degerlier ve Karahan, 2010). Tablo3.4'de gösterildiği gibi deneysel sonuçlarımız bu değerlerin çok altında kalmaktadır.

Tablo 3.4. TSE standartlarına göre üst sınırı geçen numuneler

NUMUNE KODU	ALFA DEĞERİ YÜKSEK	BETA DEĞERİ YÜKSEK
1A	X	X
2A	X	X
3A	X	X
4A	X	X
5A	X	X
6A	X	X
7A	X	X
8A	X	X
9A	X	X
10A	X	X
1H	X	X
2H	X	X
3H	X	X
4H	X	X
5H	X	X
6H	X	X
7H	X	X
8H	X	X
9H	X	X
10H	X	X

Yaptığımız deneylerde Çorum'da kullanılan kuyu suyu, baraj suyu, kaynak suyu ve artılmış çeşme suyu için ölçümler yapılmıştır. İlk alınan numune örneklerinde Pınar Başı Kuyular ve Çimento Kuyular sularının iki ayrı kuyusu mevcuttu. İkinci kez ölçüm yapıldığında bu kuyuların belediye tarafından birleştirilmiş olduğu görüldü ve birleştirilmiş olan kuyudan tek bir örnek alınıp ölçüm yapıldı. Yine ilk alınan örneklerde Konaklı Kuyu Suyu örneği mevcutken ikinci örnek alınmasına gidildiğinde yol kapalı olduğu için tekrar örnek alımı yapılamadı. Çeşitlilik olması açısından çeşme suyu örnekleri ikinci almaya dahil edildi. Yaptığımız ölçüm sonuçlarına göre içme suyu olarak kullanılan Çorum sularının Dünya Sağlık Örgütü ve Türk Standartları Enstitüsü içme suları kriterlerine göre sonuçların çok düşük çıktığı gözlenmiştir. Halk sağlığını tehlikeye atacak bir durum olmadığı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca, Ağustos 2022'den Haziran 2023' kadar aynı kuyulardan alınmış numunedeki toplam alfa-beta sayım sonuçlardaki artış da belirlenmiş ve tablo3.5 ve tablo3.6'da verilmiştir.

Tablo3.5 Ağustos 2022'den Haziran 2023' kadar aynı kuyulardan alınmış numunedeki toplam alfa konsantrasyonundaki net değişme

AYNI KUYULARDAN ALINMIŞ NUMUNE KODLARI	AĞUSTOS 2022 ALFA NET (Bq/L)	HAZİRAN 2022 ALFA NET (Bq/L)	FARK	%
1A-1H	0.00098	0.00132	0.00034	34.7
3A-2H	0.00099	0.00191	0.00092	92.93
4A-3H	0.00080	0.00602	0.00522	652.5
8A-5H	0.00762	0.00292	-0.0047	-61.7
9A-6H	0.00079	0.00295	0.00216	273.42
10A-7H	0.00049	0.00095	0.00144	293.88

Tablo3.6 Ağustos 2022'den Haziran 2023' kadar aynı kuyulardan alınmış numunedeki toplam beta konsantrasyonundaki net değişme

AYNI KUYULARDAN ALINMIŞ NUMUNE KODLARI	AĞUSTOS 2022 BETA NET (Bq/L)	HAZİRAN 2022 BETA NET (Bq/L)	FARK	%
1A-1H	0.00017	0.00107	0.0009	52.9
3A-2H	0.00051	0.00082	0.00031	60.8
4A-3H	0.00146	0.00099	-0.00047	-32.2
8A-5H	0.00131	0.01565	0.01434	1094.66
9A-6H	0.00079	0.00087	0.00008	10.13
10A-7H	0.00024	0.00018	-0.00006	-25



SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu deneysel çalışmada Çorum merkez ilinde kullanılan sular incelenmiştir. 2022 yılı Ağustos ayı ve 2023 yılı Haziran ayında alınan numunelerle 20 adet su örneğinde toplam alfa ve beta miktarı ölçülerek halk sağlığı açısından incelenmiştir. Bu numunelerin analizleri Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi Fizik Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre Çorum sularında toplam alfa ve beta seviyeleri tesbit edilmiştir. Bu bölgede yaşayan bebekler, çocuklar ve yetişkinler için incelenen su örneklerinin tüketilmesinden kaynaklanabilecek radyolojik bir risk olup olmadığını değerlendirmek için toplam alfa ve beta sayımı yapılmıştır. Çorum merkezinde yapılan bu çalışmaya göre maksimum toplam alfa konsantrasyonu 0,00862 Bq/L, minimum toplam alfa konsantrasyonu 0.00049 Bq/L olarak , maksimum toplam beta konsantrasyonu ise 0.01565 Bq/L, minimum toplam beta konsantrasyonu 0.00017 Bg/L olarak bulunmuştur. Bulduğumuz sonuçlara göre genel olarak alfa konsantrasyonu beta konsantrasyonu değerlerinden yüksek çıkmıştır. Çıkan sonuçlar kullanılan suların sınır değerlerin altında olduğunu göstermekte ve halk sağlığını tehlikeye atacak bir durum olmadığı sonucuna varılmaktadır. Çünkü Dünya Sağlık Teşkilatı'nın alfa konsantrasyonu sınır değeri 0.10 Bq/L, beta konsantrasyonu sınır değeri 1.00 Bq/L'dir. Türk Standartları'na göre ise alfa konsantrasyonu sınır değeri 0.037 Bq/L iken beta konsantrasyonu sınır değeri 0.37 Bg/L'dir. Bulunan sonuçlar bu sınır değerlerin çok altında olduğu için kullanıma uygun olduğu sonucuna varılmaktadır.

Tablo3.5 de görülen sayım sonuçlarına göre, alfa net konsantrasyonlarında 8A-5H numunelerinde önemli bir azalma, diğer tüm numunelerde önemli bir artış görülmektedir. Tablo3.6 da görülen sayım sonuçlarına göre ise 4A-3H ve 10A-7H numunelerinde önemli bir azalma, diğer numunelerde ise önemli bir artış görülmektedir. Bu da Çorum sularında alfa-beta net konsantrasyon değişim nedenleri üzerinde çalışma gerektiğini ortaya koymaktadır.



KAYNAKÇA

- Akkaya, A. (2021). *Amasya ve Tekirdağ İllerinde Yayılış Gösteren Bazı Yenilebilir Mantarlarda Radyoaktivite Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi), Konya: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akkurt, A. (2006). *Afyon Jeotermal Sularında Radon (RN-222) Aktivitesi Tayini*. (Yüksek Lisans Tezi). Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akyil, S., Aytas, S., Turkozu, D. A., Aslani, M. A., Yusan, S. D. ve Eral, M. (2009). Radioactivity Levels in Surface Water of Lakes Around Izmir/Turkey. *Radiation Measurements*, 44(4), 390-395.
- Aydın, I. (1993). Bir Jeofizik Yöntem: Gama-İsini Spektrometresi. *Jeofizik*, 7(2), 109-122.
- Aydın, Y. (2019). *Nesiller Arası Adalet: Rawls' cu Bir Savunma*. (Yüksek Lisans Tezi), Bartın: Bartın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Bal, S. Ş., Gönültaş, F. ve Kılıç, Ö. (2017). Bitlis Kaynak Sularında Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyelerinin Belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1), 34-37.
- Barlaz-Us, S. ve Us, K. (2021). Türkiye'de Radyasyon Çalışanlarının Mevzuattan Kaynaklanan Hakları. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 11(1), 83-93.
- Baykara, O., Karatepe, Ş. ve Doğru, M. (2011). Assessments of Natural Radioactivity and Radiological Hazards in Construction Materials Used in Elazığ, Turkey. *Radiation Measurements*, 46(1), 153-158.
- Bonotto, D. M., Bueno, T. O., Tessari, B. W. ve Silva, A. (2009). The Natural Radioactivity in Water by Gross Alpha and beta Measurements. *Radiation Measurements*, 44(1), 92-101.
- Daşdağ, S. (2010). İyonlaştırıcı radyasyonlar ve kanser. *Dicle Tıp Dergisi*, 37(2).
- Degerlier, M. ve Karahan, G. (2010). Natural Radioactivity in Various Surface waters in Adana, Turkey. *Desalination*, 261(1-2), 126-130.
- Desideri, D., Roselli, C., Feduzi, L. ve Meli, M. A. (2007). Radiological Characterization of Drinking Waters in Central Italy. *Microchemical Journal*, 87(1), 13-19
- Dönmez, S. (2017). Radyasyon Tespiti ve Ölçümü. *Sağlık Bilimleri Üniversitesi Derleme Dergisi*, 3, 172-177.
- Erdoğan, T. (2010). *Uşak ve Çevresindeki Derin Kuyu Sularında Radon (Rn-222) Aktivitesinin Tayini*. (Yüksek Lisans Tezi). Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gökharman, D. F., Aydın, S. ve Koşar, P. N. (2016). Radyasyon Güvenliğinde Mesleki Olarak Bilmemiz Gerekenler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 7(2), 35-40.
- Gökoğlan, E., Ekinci, M., Özgenç, E., Derya, İ. Ö. ve Aşıkoğlu, M. (2020). Radyasyon Ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri. *Anatolian Clinic the Journal of Medical Sciences*, 25(3), 289-294.
- Günoğlu, K. (2008). *Afyonkarahisar Yöresi Mermerlerinde Doğal Radyoaktivite Tayini*. (Yüksek Lisans Tezi). Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kobyay, Y. (2009). *Doğu Karadeniz Bölgesindeki Doğal Kaynak ve Maden Sularında Radyoaktiflik Tayini*. (Doktora Tezi). Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Köklü, N. (2006). *Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri ve Tıpta Uygulama Alanları*. (Yüksek Lisans Tezi), Konya: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Körpınar, B. (2019). *Radyasyondan Korunmak için Tungsten Oksit-Polimer Kompozitlerinin Hazırlanması Gama Işınlarını Tutma ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), İzmir: Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kürkçüoğlu, M. ve Bayraktar, G. (2012). Süleyman Demirel Üniversitesi'nde Bina İçi Radon Konsantrasyonlarının Nükleer İz Dedektörleri Kullanılarak Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(2), 167-183.

Özçıtak, E. ve Turhan, Ş. (2012). *Nevşehir İli ve İlçelerinde Tüketilen İçme ve Kaplıca Sularındaki Radyoaktivitenin Ölçülmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Nevşehir: Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özmen, S. F. ve Yılmaz, M. (2019). Fethiye Yöresinde Yetiştirilen Gökkuşuğı Alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) Doğal Radyoaktivite Düzeyleri. *Acta Aquatica Turcica*, 15(4), 517-523.

Palomo, M., Penalver, A., Borrull, F. ve Aguilar, C. (2007). Measurement of Radioactivity in Bottled Drinking Water in Spain. *Applied Radiation and Isotopes*, 65(10), 1165-1172.

Poyraz, B. (2014). Farklı Lokasyonlardan Alınan İçme Sularında Ağır Metal Analizi [The heavy metal analysis of drinking waters sampled from different locations]. *University of Düzce, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(2), 16-27.

Seven, A. (2016). Günlük Hayatta Maruz Kalınan Doğal ve Yapay Radyasyon Kaynaklarının Öğrencilerin Yaşam Kalitesi Üzerindeki Olumsuz Etkileri Ve Korunma Önerileri. *Kesit Akademi Dergisi*, (4), 322-335.

Şen, A. (2019). *Trabzon İli İçme Suyu Şebekelerinde ve Çevresinde Radyoaktivite Düzeyinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi), Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Taşkın, H. (2011). *Erzincan İl Merkezi ve Yakın Yerleşim Alanlarındaki İçme ve Kullanma Sularında Doğal Radyasyon Tayini*. (Yüksek Lisans Tezi), Erzincan: Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Thakur, P. ve Mulholland, G. P. (2011). Monitoring of Gross Alpha, Gross Beta and Actinides Activities in Exhaust Air Released From the Waste Isolation Pilot Plant. *Applied Radiation and Isotopes*, 69(9), 1307-1312.

TRKD Radyasyondan Korunma Derneği (2023). *Radyasyonla İlgili Terimler ve Tanımlar*, Erişim tarihi: 15 Eylül 2023. <https://www.trkd.org.tr/yararli-bilgiler/radyasyonla-ilgili-terimler-ve-tanimlar>

Uzbey, S., Eyyüp, T. E. L., AYTEKİN, H. ve Albayrak, N. (2013). Çorum İli Yeraltı Kömür Ocaklarında Radon Yoğunluğu Ölçümü. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(1), 1-5.

Yıldırım, M. (2015). *Karadeniz Bölgesi, Rize İli Toprak ve Çay Numunelerinde Doğal Radyasyon Ölçümleri*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul:Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yıldız, A. (2016). Radyoaktif Bozunma Yasası ve Öğretimi. *Turkish Studies (Elektronik)*, 11(3), 2447-2460.

