

TC GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİRESUN'UN MERKEZ ŞEBEKE SUYU KAYNAKLARININ
RADYOAKTİVİTE SEVİYELERİ VE KİMYASAL ANALİZLERİNİN
BELİRLENMESİ

ORHAN MEMİŞ

TEMMUZ 2014

Fen Bilimleri Enstitü Müdürünün Onayı


Doç.Dr. Kültigin ÇAVUŞOĞLU

...../...../.....

Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak Fizik Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylıyorum.


Doç.Dr Birol ERTUĞRAL



Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumuzu ve Yüksek Lisans tezi olarak bütün gerekliliklerini yerine getirdiğini onaylarız.

Doç.Dr. Birol ERTUĞRAL



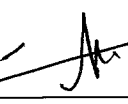
Danışman

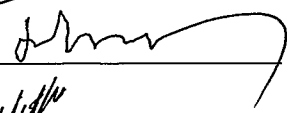
Jüri Üyeleri

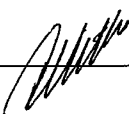
Doç.Dr. Birol ERTUĞRAL

Doç.Dr. Hasan BALTAŞ

Yrd.Doç.Dr. Cengiz MUTLU







ÖZET

GİRESUN'UN MERKEZ ŞEBEKE SUYU KAYNAKLARININ RADYOAKTİVİTE SEVİYELERİ VE KİMYASAL ANALİZLERİNİN BELİRLENMESİ

MEMİŞ, Orhan

TC Giresun Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç.Dr.Birol ERTUĞRAL

TEMMUZ 2014, 57 sayfa

Bu tezin amacı; yaz ve kış mevsimleri için Giresun'un merkez şebeke suyu kaynaklarındaki doğal ve yapay radyoaktivite seviyelerinin ölçülmesi, yıllık etkin doz eşdeğerlerinin hesaplanması, kimyasal analizlerinin yapılması ve su kaynaklarından alınan toprak numunelerindeki radyoaktivite değerlerinin ölçülmesidir.

Anahtar Kelimeler: Toplam Alfa, Toplam Beta, Aktivite, Kimyasal Analiz, Şebeke Kaynak Suyu

ABSTRACT

RADIOACTIVITY LEVELS AND CHEMICAL ANALYSIS IN GİRESUN CENTRAL MAINS WATER SUPPLIES

MEMİŞ, Orhan

TC Giresun Universty

Graduate School Of Natural and Applied Sciences

Department of Physics, Master's Thesis

Supervisor: Associate Professor Birol ERTUĞRAL

JULY 2014, 57 pages

The aim of this thesis; The Giresun central mains water resources and related natural and artificial radioactivity levels in the summer and winter seasons, the annual effective dose equivalents for the calculation of the chemical composition of these waters is done separately for the summer and winter seasons.

Key Words: Gross Alpha, Gross Beta, Activity, Chemical Analysis, Network Spring Water

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamın tım aőamalarında her tırlı bilimsel, maddi ve manevi desteği sağlayan değerli hocam Do. Dr. Birol ERTUğRAL' a, Giresun Üniversitesi Fizik Bۆlümü'nün değerli ۆđretim yelerine, numunelerin gama aktivitelerinin ۆlümlerindeki yardımlarından dolayı Rize Üniversitesi Fizik Bۆlümü ۆđretim yelerinden Do. Dr. Hasan BALTAŞ' a ve Araő. Gۆr. Erkan KIRIŐ' a, numunelerin alfa-beta aktivitelerinin ۆlümlerindeki yardımlarından dolayı Türkiye Atom Enerjisi Kurumu ekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Radyoaktivite ۆlme ve Analiz Birimi Laboratuvarı' nda gۆrevli değerli bilim insanı Halim TAŐKIN' a, numunelerin toplanmasındaki yardımlarından dolayı Giresun Belediyesi Su IŐlerinde görevli kimyager Vedat TEK' e ve Giresun Üniversitesi Rektۆrlęü Bilimsel Araştırma Projeleri Ofisi' ne teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalıőmam sırasında maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen annem Seniye MEMIŐ' e ve babam Vedat MEMIŐ' e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
TABLolar DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR	IX
1. GİRİŞ	1
1.1. Radyoaktivite	6
1.2. Yeraltı Sularında Doğal Radyoaktivite (Alfa ve Beta Radyoaktivitesi)	7
1.3. Topraktaki Doğal Radyoaktiflik	8
1.4. Yıllık Eşdeğer Doz Miktarı.....	8
1.5. Pearson Korelasyon Analizi.....	9
2. DENEYSEL BÖLÜM	11
2.1. Suların Toplam Alfa, Beta Radyoaktiflik Ölçümlerine Hazırlanması	11
2.1.1. Suların Toplam Alfa ve Toplam Beta Analizine Hazırlanması.....	11
2.1.2. Toplam Alfa, Toplam Beta Deney Sistemi	13
2.1.2.1. Sularda Toplam Alfa Radyoaktivite Tayini.....	13
2.1.2.2. Kullanılan Cihazlar.....	14
2.1.2.3. Reaktifler	16
2.1.2.4. Prosedür	17
2.2. Suların Gama Spektroskopisi Ölçümleri.....	18
2.2.1. Suların Gama Spektroskopi Analizine Hazırlanması	18
2.2.2. Toprakların Gama Spektroskopi Analizine Hazırlanması.....	19

2.2.3. Gama Spektroskopi Deney Sistemi.....	18
2.2.3.1. Enerji Kalibrasyonu.....	20
2.2.3.2. Verim Kalibrasyonu	22
2.2.3.3. Spektrumların Alınması.....	24
2.2.3.4. Pik Belirleme ve Değerlendirme	25
2.2.3.5. Aktivite Hesabı.....	26
2.2.3.6. Sularda Dedeksiyon Limiti Hesabı.....	26
2.3. Suların Kimyasal Ölçümleri.....	28
2.3.1. Suların Kimyasal Analize Hazırlanması	28
2.3.2. Kimyasal Analiz Deney Sistemi.....	28
3. BULGULAR.....	29
3.1. Toplam Alfa ve Toplam Beta Analiz Sonuçları.....	29
3.2. Gama Spektroskopisi Analiz Sonuçları	32
3.2.1. Suların Gama Spektroskopisi Analiz Sonuçları	32
3.2.2. Toprakların Gama Spektroskopisi Analiz Sonuçları	34
3.3. Farklı Yaş Grupları için Yıllık Eşdeğer Dozları	36
3.4. Suların Kimyasal Analiz Sonuçları	39
3.5. Radyoaktivite ve Kimyasal Analiz Sonuçlarının Korelasyon Değerleri.....	45
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	48
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	57

TABLolar		Sayfa
Tablo 1.1.	Radyasyon Birimleri	7
Tablo 1.2.	İçme Suları İçin Sınır Değerler	9
Tablo 1.3.	Korelasyon Analizinde Değişkenler Arasındaki İlişki	10
Tablo 2.1.	Şebeke kaynak sularının alındığı yerler ve koordinatları	12
Tablo 2.2.	¹⁵² Eu standart kaynağın özellikleri	21
Tablo 2.3.	Standart kaynak için enerjilerin kanallara göre değişim değerleri	22
Tablo 2.4.	Dedektöre ait verim değerleri	23
Tablo 2.5.	Aktivitesi hesaplanan radyoaktif çekirdekler ve salma hızları	25
Tablo 2.6.	Su numuneleri için hesaplanan çekirdeklerin dedeksiyon limitleri	26
Tablo 3.1.	Su numunelerinin yaz dönemi (Ağustos) Toplam Alfa ve Toplam Beta aktivite konsantrasyonları	30
Tablo 3.2.	Su numunelerinin kış dönemi (Ocak) Toplam Alfa ve Toplam Beta aktivite konsantrasyonları	31
Tablo 3.3.	Su numunelerinin yaz dönemi (Ağustos) ²³² Th, ²²⁶ Ra ve ⁴⁰ K aktiflik konsantrasyonları	32
Tablo 3.4.	Su numunelerinin kış dönemine ait (Ocak) ²³² Th, ²²⁶ Ra ve ⁴⁰ K aktiflik konsantrasyonları	33
Tablo 3.5.	Toprak örneklerindeki yaz dönemine ait (Ağustos) ²³² Th, ²²⁶ Ra, ¹³⁷ Cs ve ⁴⁰ K aktiflik konsantrasyonları	34
Tablo 3.6.	Toprak örneklerindeki kış dönemine ait (Ocak) ²³² Th, ²²⁶ Ra, ¹³⁷ Cs ve ⁴⁰ K aktiflik konsantrasyonları	35
Tablo 3.7.	Su numunelerinin yaz dönemine ait (Ağustos) farklı yaş grupları için yıllık eşdeğer dozlar (µSv y-1)	37
Tablo 3.8.	Su numunelerinin kış dönemine ait (Ocak) farklı yaş grupları için yıllık eşdeğer dozlar (µSv y-1)	38
Tablo 3.9.	Toprak örneklerindeki soğurulmuş doz oranı, Ra eşdeğeri, dış tehlike indeksi, yıllık gonad doz eşdeğeri ve yıllık etkin doz eşdeğeri değerleri	39
Tablo 3.10.	Suların Yaz (Ağustos) Dönemine Ait Ağır Metal Analizi(mg/L)	40
Tablo 3.11.	Suların Kış (Ocak) Dönemine Ait Ağır Metal Analizi(mg/L)	43
Tablo 3.12.	Suların Yaz (Ağustos) Dönemine Ait Korelasyon Değerleri	46
Tablo 3.13.	Suların Kış (Ocak) Dönemine Ait Korelasyon Değerleri	47

Tablo 4.1.	Toplam alfa ve beta aktifliği verilerinin çeşitli kaynaklarla kıyaslanması	49
Tablo 4.2.	^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite değerlerinin çeşitli kaynaklarla kıyaslanması	50
Tablo 4.3.	Doğal kaynak sularındaki radyoaktif çekirdeklerin yıllık etkin doz eşdeğerleri	51

ŞEKİLLER	Sayfa
Şekil 2.1. Giresun merkez şebeke suyu kaynakları haritası	11
Şekil 2.2. Isıtıcı, magnetik karıştırıcı ve karıştırıcı balık	14
Şekil 2.3. Kurutma işlemi için lamba	14
Şekil 2.4. Membran filtre, 47mm çapında, 0,45µm gözenekli	15
Şekil 2.5. Planşet, paslanmaz çelik	15
Şekil 2.6. Alfa sintilasyon sayım sistemi veya düşük background orantılı sayım sistemi	16
Şekil 2.7. Berthold LB770 model 10 kanallı düşük seviyeli alfa-beta sayım cihazı	17
Şekil 2.8. Gama spektroskopisi sayımları için numunelerin buharlaştırılması	18
Şekil 2.9. Ortec GEM55P4 Model HPGe Detektörü	20
Şekil 2.10. ¹⁵² Eu' nin bozunma şeması	21
Şekil 2.11. Enerji-Kanal grafiği	22
Şekil 2.12. Enerji-Verim eğrisi	24
Şekil 2.13. DK-1 su numunesi için alınan spektrum örneği	25
Şekil 2.14. DK-1 toprak numunesi için alınan spektrum örneği	27
Şekil 2.15. ICP-OES kimyasal analiz cihazı	29
Şekil 3.1. Ağır metallerin yaz (Ağustos) dönemine ait dağılım grafikleri	41
Şekil 3.2. Ağır metallerin kış (Ocak) dönemine ait dağılım grafikleri	44

SİMGELER ve KISALTMALAR

IQ : Zeka katsayısı

pH: Asit seviyesi

µg: Mikrogram

L: Litre

EPA: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Vakfı

Sr: Stronsiyum

Ba: Baryum

Cs: Sezyum

Co: Kobalt

As: Arsenik

Sb: Antimon

Bi: Bizmut

Cd: Kadmiyum

Hg: Civa

Cr: Krom

Pb: Kurşun

Ni: Nikel

I: İyot

Fe: Demir

Mn: Mangan

Zn: Çinko

Rn: Radon

K: Potasyum

Ra: Radyum

U: Uranyum

N: Azot
O: Oksijen
Ar: Argon
Th: Toryum
Cu: Bakır
GMT: Gıda Maddeleri Tüzüğü
TS: İçme Suları Standardı
WHO: Dünya Sağlık Örgütü
A.N: Atom numarası
Bq: Becquerel
Ci: Curie
 μ Ci: Microcurie
pCi: Picocurie
GBq: Gigabecquerel
R: Röntgen
X, γ : Radyasyon türü
kg: Kilogram
C: Coulomb
rad: Radyasyon dozu
Gy: Gray
rem: Röntgene eşdeğer radyasyon miktarı
Sv: Sievert
 W_R : Radyasyon ağırlık faktörü
mSv: Milisievert
D: Yıllık etkin doz eşdeğeri
y: Yıl

C_R : Yıllık tüketilen su miktarı
 I_A : Radyoizotopun aktivitesi
 E_D : Doz katsayısı
 r : Korelasyon katsayısı
 n : gözlem katsayısı
 $Fe(OH)_3$: Demir III hidroksit
 $BaSO_4$: Baryum sülfat
 HNO_3 : Nitrik asit
cpm: Verim
 C_a : Aktivite ilave edilmiş örnek sayımı, ortalama değer
 C_b : Ortalama blank sayımı
mm: Milimetre
 μm : Mikrometre
 NH_4OH : Amonyum hidroksit (Amonyanın sulu çözeltisi)
mg: Miligram
 $BaCl_2$: Baryum klorür
 H_2O : Su
mL: Mililitre
 $Fe(NO_3)_3$: Demir III nitrat
 H_2SO_4 : Sülfirik asit
g: Gram
 CO_2 : Karbon dioksit
 $^{\circ}C$: Derece celsius
ÇNAM: Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
HCl: Hidroklorik asit
HPGe: Yüksek saflıklı germanyum

ADC: Analog dijital dönüştürücü
MCA: Çok kanallı analizör
Eu: Evropiyum
 $T_{1/2}$: Yarı ömür
E: Enerji
keV: kiloelektron volt
 ϵ : Verim
 I_γ : Gama ışınının bolluğu
A: Aktivite
cps: Saniyedeki sayma
s: Net alan
W: Numune miktarı (kg)
 σ_{bs} : Background sayımının karekökü
 ϵ_D : Verim
 P_γ : Salma hızı
 t_m : Sayım zamanı
 V_{ws} : Suyun hacmi
V: Volt
 $^\circ K$: Derece Kelvin
DK: Derin kuyu
DL: Dedeksiyon limiti (Tayin sınırı)
 α : Alfa
 β : Beta
İ.S.: İçme suyu
S.B.: Sağlık Bakanlığı
Ç.ve O.B.: Çevre ve Orman Bakanlığı

1. GİRİŞ

Canlıların yaşamlarını sürdürebilmesi için gerekli olan en önemli unsurlardan biri sudur. En küçük canlı organizmadan en büyük canlı varlığa kadar, bütün biyolojik yaşamı ve bütün insan faaliyetlerini ayakta tutan sudur. Dünyamızın %70'ini kaplayan su, bedenimizin de önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Ancak yeryüzündeki su kaynaklarının yaklaşık %3' ü kullanılabilir ve içilebilir özelliktedir. İnsan vücudu gün boyunca sürekli su kaybeder. Günlük kayıp miktarı ortalama 2-3 litre civarındadır. İnsanın su kaybına dayalı herhangi bir sağlık sorunu yaşamaması için günlük olarak kaybedilen bu miktarın geri alınması gereklidir. Bu fizyolojik ihtiyacın dışında günlük bedensel temizlik, ortamın temizliği, yiyecek ile içeceklerin kir ve mikroplarından arındırılması ve hazırlanması için de su gereklidir[1]. Sosyal yaşam içerisinde insanın bireysel olarak harcadığı su miktarı, toplumsal değerlendirmelerde zaman zaman ölçüt olarak kullanılmaktadır. Diğer yandan teknolojik ilerleme ve sanayileşme düzeyindeki artışa bağlı olarak su kullanım düzeyinde önemli artışlar görülmektedir.

Doğal çevrenin kirlenmesi; havanın, suyun ve toprağın kirlenmesi biçiminde gelişir. Bazı kirlenme biçimleri; örnek olarak kentlerin çöp ve kanalizasyon (pis su) atıkları göze çarpacak kadar açık belirgin ve üzerinde önemle durulması, önlem alınması gereken tehlikeleri birlikte getirmektedirler. Bunların dışında ise endüstri atıkları ile tarım ilaçları kalıntıları ilk bakışta göze pek çarpmayan ancak temelde derin etkileri olan zararlar doğurmaktadırlar. Bu tür atık ve kalıntılar biyolojik besin zinciri içerisine karışabilir, bitkilere, sulara ve sulardan hayvanlara geçebilir. Bunları tüketen insanlar ise zehirlenebilir. Bu gibi olaylar biyolojik dengeyi bozabilir. Başka canlıların zararına gelişip, çoğalan canlı organizma toplulukları da biyolojik kirlenici olarak düşünülebilir.

Günümüzde su kalitesini belirleyen ölçütler yanında, kullanımı sınırlayan ve hatta engelleyen önemli unsurlar mevcuttur ve bunlar aynı zamanda su kirliliğinin de ana unsurlarıdır. Su kirliliği kısaca; insan kaynaklı etkenler sonucunda ortaya çıkan kullanımı kısıtlayan veya engelleyen ve çevresel dengeleri bozan kalite değişimleri olarak tanımlanabilir. Su kirliliği, evsel ve endüstriyel atıkların su ortamlarına

artılmaksızın boşaltılmaları, tarımda verimi artırmak amacıyla bilinçsizce kullanılan doğal ve yapay maddelerin su ortamlarına taşınması gibi nedenlerle gerçekleşir.

İnsanların her türlü ihtiyacı için kullanacağı su temiz olmalı ve sağlığı olumsuz yönde etkileyebilecek herhangi bir madde içermemelidir. Yaşamın vazgeçilmez bir unsuru olan su, içerisinde bulunabilen mikro organizmalar, toksin kimyasal maddeler ve diğer zararlı etkenler ile yaşamı tehdit edebilir, hastalıklara hatta ölüme yol açabilir. İnsan sağlığı ile direkt ilgili olan suyun patojen mikro organizmalar ile kirlenmesi, ölümlere yol açabilen salgın hastalıkların başlıca sebebidir. Ancak suyun doğal ortamda yüzde yüz saf bir şekilde korunması imkânsızdır. Çünkü yapı yönünden durağan bir bileşik olan su, diğer maddelerle temas ettiğinde olağanüstü çözücü özelliğe sahip bulunmaktadır. Tüm kimyasal elementlerin yaklaşık yarısı suda az ya da çok çözünmektedir.

Su, toprak katmanlarından süzülerek geçerken, temas ettiği öğeleri de yapısına çeker. Suyu karışan maddelerin bir bölümü doğal toprak bileşenlerinden bir kısmı da sanayi, ev ve tarımsal atıklardan ileri gelmektedir. Suyu karışan maddelerin bir bölümünü ise mineraller oluşturur. Bu minerallerin bir kısmı gerekli olmakla birlikte, bir kısmı da sağlık açısından risk unsuru taşımaktadır. Söz konusu maddelerin ve minerallerin karışmış olduğu su, ciddi sağlık problemlerine neden olabilir. Özellikle yeryüzünde hava ile temas halindeki deniz, göl, gölet vb. su kütleleri, sulu bir çözelti niteliğindedir. Bunlar içinde deniz suyu, çözünmüş maddelerce en zengin olanıdır. Yeryüzündeki toplam suyun %97' sinin okyanuslarda bulunduğu düşünüldüğünde, dünyadaki kullanma suyu sorununun önemi ortaya çıkmaktadır. Su ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler müsaade edilen sınırları zorluyorsa veya aşılıyorsa, suyun "kirli" olduğu söylenir. Bu kirlilik organik veya inorganik kökenli olabilir. Sularda bulunabilecek; Sr, Ba, Cs, Co gibi elementlerin radyoaktif izotopları ve As, Sb, Bi, Cd, Hg, Cr, Pb, Ni gibi ağır elementler insan sağlığı için tehlikeli olabilir.

İnsanların üretim ve tüketim faaliyetlerinin nedeni, yaşamsal ve ekonomiktir. Ekonomik üretim ve tüketim döngülerinin her aşamasında katı, sıvı ve gaz halinde atıklar ve atık enerji açığa çıkmaktadır. Bu atıklar; su, atmosfer ve toprak ortamlarında kirlenmeye ve denge bozulmalarına neden olabilmektedir. İnsanlar,

yaşamsal ve ekonomik gereksinimleri için suyu hidrolojik çevrimden alırlar ve kullandıktan sonra tekrar aynı döngüye iade ederler. Bu işlemler sırasında suya karışan maddeler suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek, "Su Kirliliği" olarak adlandırılan olguyu ortaya çıkarırlar.

Kirleticilerin tümü insan sağlığını aynı şekilde etkilemiyor elbette. Kimisi vücudun anında tepki vermesiyle kendini gösterirken, kimisi uzun yıllar sessizce kalıyor; ama sonunda insan vücudunda geri dönüşü olmayan hasarlara yol açabiliyor. Yani kimisi akut, kimisiyse kronik etki yaratıyor.

Akut etki, birey kirleticiyi bünyesine aldıktan birkaç saat ya da gün sonra kendini göstermeye başlar. Eğer suda bulunan kirletici oranları yüksekse, akut etki herhangi bir kirleticiden kaynaklanabilir. Ancak, içme suyunda akut etki yapabilecek miktarlara ulaşma olasılığı en yüksek olan kirleticiler, mikroplardır. Bunlarla vücut baş edebilir. Bu nedenle akut, vücuda alınan miktarı yüksek olursa, insanı hasta edebilir. Özellikle, bağışıklık sistemi zayıf olan insanlarda hastalık çok ağırlaşabilir. Kronik etkiyse, belirli sınırların üzerinde bulunan kirleticilerin uzun yıllar vücuda sürekli alınmasıyla ortaya çıkıyor. İçme suyunda kronik etki yapabilecek kirleticiler, pestisitler gibi kimyasallar, radyum gibi radyonüklitler ya da arsenik gibi minerallerdir. Kronik etkiler, kansere, karaciğer ya da böbrek sorunlarına ve üreme zorluklarına neden olurlar.

Küçük çocuklar, özellikle demir ve nitrat gibi kirleticilerden gelen etkilere daha açıktırlar. Demir, vücuttaki çoğu organ için zararlı olsa da, özellikle beyin ve yüzeydeki sinirlerde önemli hasarlar bırakıyor. Çocuklarda demir yüklemesi, etkisini IQ düzeyinde düşme, öğrenme sorunları, büyümede yavaşlama, hiper aktiflik, anti sosyalite ve duyma bozuklukları şeklinde gösteriyor. Yetişkinlerdeyse, kas ve eklem ağrıları, sindirim bozuklukları, hafıza ve konsantrasyon sorunları, yüksek tansiyon ve baş ağrısı gibi etkiler gözleniyor. İçme suyundaki yüksek demir oranı, kireç eklemesiyle su borularındaki paslanma kontrolü ve pH ayarlamasıyla düşürülebilir.

Nitrat, hayvan ve insan dışkısı ya da gübre yoluyla suya karışır. İçme suyunda yüksek oranda bulunan nitrat, 6 aydan küçük bebeklerde "mavi bebek" hastalığına neden oluyor. Bu bebeklerin yüzleri mavi ya da pembe bir renk alıyor, çünkü

kanlarındaki oksijen yetersiz kalıyor. Bazı uzmanlar, yüksek oranda alınan nitratın, hamilelerde düşüğe neden olduğunu söylüyorlar.

Ülkemizde, yakın zamanlarda adına çok sık rastladığımız kirleticilerden biri de arseniktir. Arsenik, doğada organik ve inorganik formlarda bulunan bir elementtir. İnorganik arsenik, ötekine göre oldukça zararlı ve hem yeraltı hem de yüzey sularında bulunuyor. İnsanlara içme suyu aracılığıyla ulaşan arsenik, akut etkilerle kendini çok belli etmese de, vücuda uzun süreli alımlarda deri, akciğer, idrar torbası ve böbrek kanserlerine neden oluyor. Bunların yanında, pek çok cilt hastalıklarına da yol açıyor. EPA tarafından özellikle son yıllarda daha çok ciddiye alınmaya başlanan arseniğin, suda bulunmasına izin verilen tavanı da 50 µg/L' den en yüksek 10 µg/L' a düşürüldü.

Doğal radyasyonların temel seviyeleri, bölgenin jeolojik ve coğrafik yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Toprak ve kayaların mineralojik yapıları ile coğrafi yükseklik, bölgenin temel radyasyon seviyesini etkilemektedir. Bir bölgenin veya bir yerin doğal temel seviye radyasyonunun belirlenmesi demek, o yerin radyolojik açıdan incelenmesi, başka bir deyişle, o yer toprağında, suyunda ve havasında bulunan doğal radyoaktifliğinin belirlenmesi demektir. Bunların dışında içme ve kullanım sularına etki eden bir başka kirletici de, radyoaktif yağışlardır. Havada yapılan nükleer silah denemeleri ile ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs ve ¹²⁹I gibi radyoaktif elementler atmosfere yayılarak yağmur suları içerisinde yeryüzüne inerek çevrenin ve yüzey sularının kirlenmesine yol açar. Bu sular doğal olarak barajlarda toplanarak içme suları içerisine çok az miktarda da olsa yerleşmektedir. Fakat bu oran çok az olup kayda değer bir miktar teşkil etmez.

¹³⁷Cs, fisyon ürünü olup tabiiatta doğal olarak bulunmamaktadır. Uzun yıllardan beri yapılan nükleer denemeler veya nükleer kazalar sonucunda atmosfere atılan bu ve benzeri fisyon ürünü radyoaktif çekirdekler, radyoaktif yağışlar ile yere düşerler. Zamanla, yağmur veya akıntı sularıyla toprağın derinliklerine inebilirler.

Son yıllarda, yurtiçi ve yurtdışında, içme suları ve kirlilikle ilgili olarak değişik yıllarda birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Ağaoğlu ve arkadaşları Van ve yöresinde (Van merkez, Gevaş, Gürpınar Edremit ilçeleri) bulunan kaynak sularını mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal kaliteleri yönünden inceleyerek, Gıda

Maddeleri Tüzüğü (GMT) ve İçme Suları Standardına (TS 226) uygunluklarını araştırmışlardır [2]. Özmen ve arkadaşları, Elazığ'da hazar gölündeki sediment ve yüzey suyunda toplam doğal radyoaktivite ve ağır metallerin konsantrasyonlarını[3]; Öztürk N. ve Yılmaz Y. Z. Kütahya'da sekiz bölgede içme sularında iz elementlerini (As, Hg, Pb, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn ve Zn) ve doğal radyoaktiviteyi[4]; Uğur Cevik ve arkadaşları ise Doğu Karadeniz Bölgesi musluk sularında ^{226}Ra , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{40}K , ^{137}Cs ve ^{222}Rn 'nin radyoaktif çekirdeklerin konsantrasyonlarını[5] araştırmışlardır.

Afrika'da İçme suyu numuneleri, 21 farklı su kuyularından farklı mevsimlerde, kalitede değişikliği belirlemek için bir yılda dört farklı zamanlarda toplanarak biyolojik, kimyasal ve fiziksel olarak analiz edilmişlerdir. Mikrobiyolojik analiz sonuçları içme suyu kalitesinin çok düşük olduğunu göstermiştir. Toplam koliform ve dışkısal koliform değerlerinin şubat - nisan aylarında, ağustos ve ekim dönemine göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir[6].

Yine yapılan bazı çalışmalarda [7-19], içme sularında ve sediment örneklerinde ağır metal analizi, su dağıtım sistemlerinde bakteri varlığı, termik santrale yakın sularda kirlilik analizi, doğal radyoaktiflik konsantrasyonları gibi çevre sağlığı ve kirlilik üzerine benzer çalışmalar yapılmışlardır.

Bilindiği üzere, radyoaktif ve diğer kirleticiler tarafından çevrenin, havanın, suyun ve toprağın kirlenmesi ve dolayısıyla yaşayan tüm canlıların tehdit altında kalması demektir. Özellikle Çernobil kazasının çok etkili olduğu bölgelerden biri olan ülkemizde yere inen radyoaktif yüklü yağmurlar sonucunda, Trakya ve Karadeniz bölgeleri radyoaktif kirlenmelerle karşı karşıya kalmıştır. Bu etkileri ve sonuçlarını araştırmak için yeniden ölçümler almak gerekmektedir.

Bu amaçla yapılan çalışmamızda yaz ve kış mevsimleri için Giresun'un merkez şebeke suyu kaynaklarındaki doğal ve yapay radyoaktivite seviyeleri ölçülmüştür. Bununla birlikte yıllık etkin doz eşdeğerlerinin hesaplanmış, kimyasal analizleri ve su kaynaklarından alınan toprak numunelerindeki radyoaktivite değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar literatür ve Dünya Sağlık örgütünün (WHO) değerleriyle karşılaştırılmıştır.

1.1. Radyoaktivite

Ağır çekirdekler ($A.N>207$) sahip oldukları fazla enerjiden dolayı kararsızdırlar. Böyle çekirdeklere radyoaktif çekirdek veya radyo izotop adı verilir. Bunlar fazla enerjilerinden kurtulmaya ve kararlı duruma geçmeye çalışırlar ki bu olaya radyoaktivite veya radyoaktif parçalanma denir.

Buna bağlı olarak, saniyede bir adet parçalanma gösteren radyoaktif madde miktarı, radyoaktivite birimidir. Günümüzde radyoaktivite birimi olarak Becquerel (Bq) kullanılmaktadır. Radyasyon ve birimleri Tablo 1.1.' de verilmiştir.

Yeni uluslararası birimler sistemindeki (SI) Becquerel' in, radyoaktivitenin eski birimi olan Curie (Ci) ile arasındaki bağlantı aşağıdaki gibidir[20].

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}, \quad 1 \mu\text{Ci} = 3,7 \times 10^4 \text{ Bq}, \quad 1 \text{ pCi} = 0,037 \text{ Bq}$$

Tablo 1.1 Radyasyon Birimleri

TERİM	BİRİM		DÖNÜŞÜM
	ESKİ	YENİ	
AKTİVİTE	Curie (Ci) ; 3.7×10^{10} parçalanma / 1 saniye	Becquerel (Bq); 1 parçalanma / 1sn	1 Ci= 3.7×10^{10} Bq 1 Ci=37 GBq
IŞINLANMA DOZU	Röntgen (R) ; normal hava şartlarında havanın 1kg'ında 2.58×10^{-4} Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya γ radyasyonu miktarıdır.	Coulomb/kilogram (C/kg); normal hava şartlarında havanın 1kg'ında 1Coulomb'luk elektrik yükü değerinde (+) ve (-) iyonlar oluşturan X veya γ radyasyonu miktarıdır.	1 C/kg=3876 R 1 R= 2.58×10^{-4} C/kg
SOĞURULMUŞ DOZ	Radiation doze (rad); ışınlanan maddenin 1 kg'ında 10^{-2} Joule'lük enerji soğurulması meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır.	Gray (Gy) ; ışınlanan maddenin 1 kg'ında 1 Joule'lük enerji soğurulması meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır.	1 Gy=100 rad 1 rad=0.01 Gy
DOZ EŞ DEĞERİ	Röntgen equivalent man (rem); 1 Röntgenlik X veya γ ısı ile aynı biyolojik etkiyi oluşturan herhangi bir radyasyon miktarıdır. $rem=(rad) \times (W_R)^*$	Sievert (Sv) ; 1 Gy'lik X ve γ ışını ile aynı biyolojik etkiyi meydana getiren herhangi bir radyasyon miktarıdır. $Sv= (Gy) \times (W_R)^*$	1 Sv=100 rem 1 rem=0.01 Sv

W_R : “Radyasyon ağırlık faktörü” olarak adlandırılır. Farklı radyasyonların biyolojik etkilerindeki farklılıkları hesaba katmak ve aynı zamanda radyasyondan korunma hesaplarını basitleştirmek için kullanılan bir faktör.

1.2. Yeraltı Sularında Doğal Radyoaktivite (Alfa ve Beta Radyoaktivitesi)

Suyun kullanımını denetleyen önemli özelliklerden biri de radyoaktivite özelliğidir. Yeraltı sularındaki uranyum, toryum, radyum, radon gibi radyoaktif elementlerin analizlerinin oldukça pahalı olması radyoaktivitenin belirlenmesini

zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, öncelikle toplam alfa ve beta radyoaktivitesi analiz edilerek, içme ve kullanma suyu standartlarından yüksek olanlarda radyoaktivitenin hangi elementten kaynaklandığı araştırılmalıdır.[20]

Doğal radyasyonların temel seviyeleri bölgenin jeolojik ve coğrafik yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu bağlamda, toprak, su ve bitkilerde biriken radyoaktif maddeler yerel ve bölgesel radyoaktiviteyi önemli oranda değiştirmektedir. Buna dünyanın yapısında bulunan radyoaktif elementler, kozmik ısımlar, nükleer denemeler ve gelişen teknolojik ürünlerin kullanımı neden olmaktadır. Dünyada bir insanın yıllık olarak aldığı radyasyon dozunun yaklaşık %82' si doğal kaynaklardan ileri gelmektedir. Bu da kişi başına yaklaşık 2.4 mSv' lik doza eş değerdir[21].

Yeraltı suları, içerisinden geçtikleri kayalardan radyoaktif maddeleri çözündürerek radyoaktif özellik kazanmaktadırlar. Yeraltı sularında en çok rastlanan radyoaktif elementler K^{40} , Rb^{87} , Th^{235} , U^{235} ve U^{238} dir. Ayrıca, U^{238} in bozunumu sonucunda ortaya çıkan Rn^{222} (radon), Ra^{226} ile beraber kozmik ışınların etkisiyle radyoaktif özellik kazanan N^{14} , O^{16} ve Ar^{40} da yeraltı sularında bulunabilmektedir. Doğal radyoaktivite olan alfa radyoaktivitesi, suların uranyum ve toryum elementini içeren ortamlarla teması sonucu yüksek seviyelere ulaşmaktadır[20].

1.3. Topraktaki Doğal Radyoaktiflik

Toprakta özellikle U^{238} , Th^{232} ve K^{40} radyoizotopları bulunur. Bunlar daha çok volkanik, granit ve kaya tuzlarında bulunurlar. Bu kayalar doğa şartlarında ufalanarak çok küçük parçalar halinde yağmur veya akıntı sularıyla toprağa karışırlar ve böylece toprağın doğal radyoaktiflik seviyesini artırmış olurlar[22].

1.4. Yıllık Eşdeğer Doz Miktarı

Radyasyona maruz kalan bir insanda oluşabilecek zararlı biyolojik etkilerin hesaplanabilmesi için, ölçülebilen radyasyon dozunun eşdeğerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle sivil halkın ve radyasyonla çalışanların aldığı radyasyon dozu için standartlar, belirli zamanlarda ifade edilirler. Su numunelerinin yıllık etkin doz eşdeğerleri aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$$D=C_R \cdot I_A \cdot E_D \quad (1)$$

Burada D, yıllık etkin doz eşdeğeri (Sv/y) olmak üzere, C_R , yıllık tüketilen su miktarı (litre/yıl), I_A , radyoizotopun aktivitesi (Bq/litre) ve E_D , doz katsayısı (Sv/Bq)'dır. Doğal kaynak suları için günlük içim miktarının yetişkinlerde 2 L, çocuklarda yaklaşık 1 L ve bebeklerde ise yaklaşık 0,75 L olduğu varsayılarak doz eşdeğerleri hesaplanır.

Tablo 1.2 İçme Suları İçin Sınır Değerler[23]

Parametre	Sınır Değerler	Birim
Toplam Alfa	$\leq 0,5$	Bq/L
Toplam Beta	≤ 1	Bq/L
Toplam Eşdeğer Dozu	$\leq 0,1$	mSv/yıl

1.5. Pearson Korelasyon Analizi

İki değişken arasındaki ilişkinin derecesini ve yönünü belirlemek amacı ile kullanılan istatistik yöntemlerinden birisidir. Değişkenlerin bağımlı veya bağımsız olması dikkate alınmaz. Değişik şekillerde hesaplanan ve değişik amaçlar için kullanılan Pearson korelasyon katsayısı, Canonical korelasyon katsayısı, kısmi korelasyon katsayısı gibi farklı isimler alan korelasyon katsayıları vardır. Bunlardan Pearson korelasyon katsayısı r ile gösterilir. Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değişen değerler alır ($-1 \leq r \leq +1$).

Korelasyon katsayısının +1 olması değişkenler arasında doğru yönlü tam bir ilişkinin olduğunu gösterirken, bir değişken hangi oranda arttı ya da azaldıysa diğer değişken de aynı oranda artmış ya da azalmış demektir. Buna karşılık korelasyon katsayısının -1 olması değişkenler arasında ters yönlü bir ilişkinin olduğunu gösterirken, bir değişken hangi oranda arttı ise diğer değişken de aynı oranda azalmıştır demektir. Korelasyon katsayısının sıfır olması ($r=0$), değişkenler arasında hiçbir ilişkinin olmadığını gösterir. Korelasyon katsayısı; n gözlem sayısı olmak üzere aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum X^2)][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}} \quad (2)$$

Değişkenler arasındaki ilişkinin düzeyinin değerlendirilmesinde, korelasyon katsayısı ile elde edilen sayının pozitif veya negatif olması önemli değildir. Yani bu sayının mutlak değeri göz önünde bulundurulur. Değişkenler arasındaki ilişkinin düzeyi Tablo 1.2' de gösterilmiştir.

Tablo 1.3. Korelasyon Analizinde Değişkenler Arasındaki İlişki

Korelasyon	Negatif	Pozitif
Düşük	(-0,29) - (-0,10)	0,10 – 0,29
Orta Derecede	(-0,49) - (-0,30)	0,30 – 0,49
Yüksek	(-0,50) - (-1,00)	0,50 – 1,50

Bazı durumlarda hesaplanan korelasyon katsayısının belirli bir büyüklüğe sahip olması ya da farklı bir değer alması, değişkenler arasında ilişki olduğunu göstermez. SPSS ile yapılan basit korelasyon analizi ile hesaplanan korelasyon katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı da belirli bir anlamlılık (0,01 ve 0,05 gibi) düzeyinde test edilmektedir.

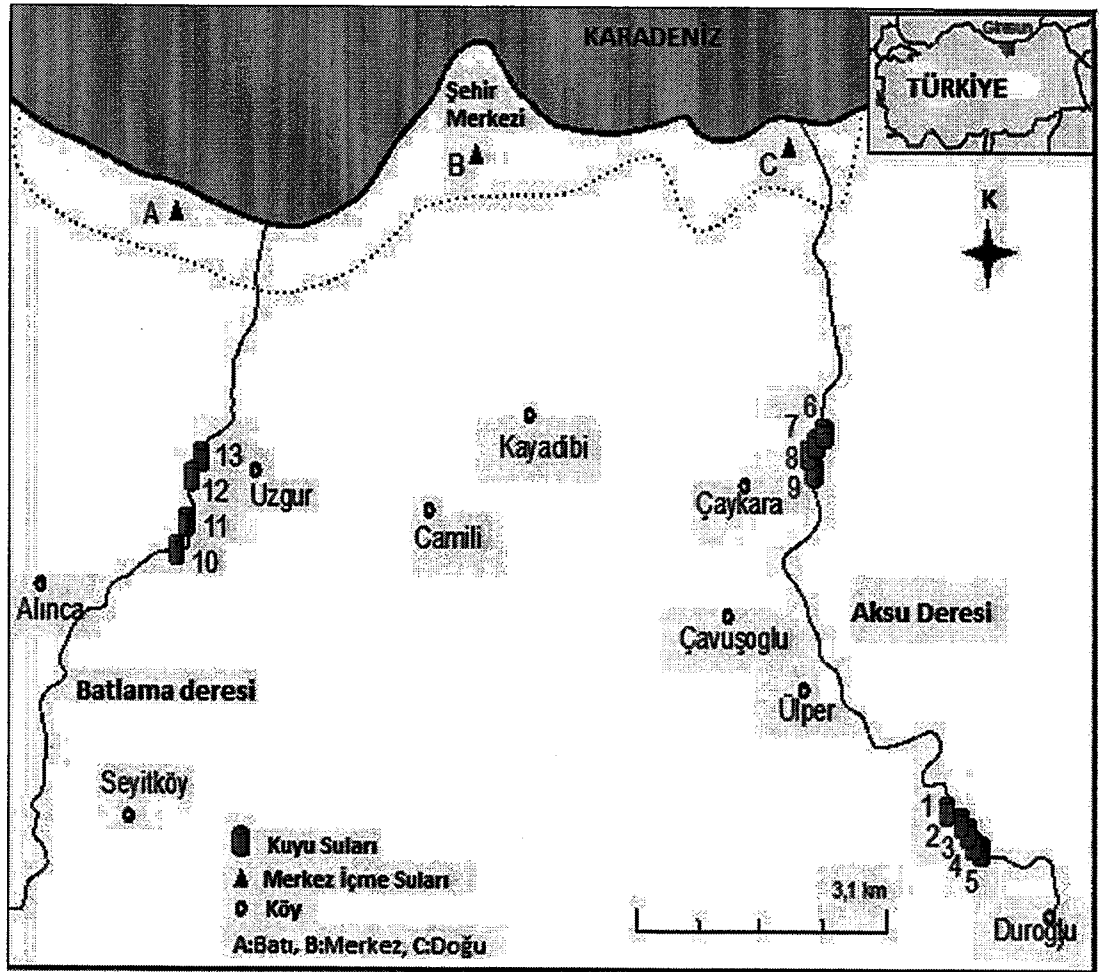
Korelasyon katsayısının karesine "belirlilik katsayısı" denir. Belirlilik katsayısı, bir değişkenin diğer değişkene hangi oranda bağlı olduğunu gösteren, diğer bir anlatımla; bir değişkendeki değişimlerin yüzde kaçının diğer değişken tarafından açıklanacağını belirten katsayıdır. Belirlilik katsayısı 0 ile 1 arasında değerler alır ve bu değer negatif olamaz.

2. DENEYSEL BÖLÜM

2.1. Suların Toplam Alfa, Beta Radyoaktiflik Ölçümlerine Hazırlanması

2.1.1. Suların Toplam Alfa ve Toplam Beta Analizine Hazırlanması

Önceden belirlenmiş Şekil 2.1. ve Tablo 2.1.' de gösterilen yerlere, yaz ve kış mevsimlerinde (ağustos ve ocak aylarının ilk haftaları) gününbirlik gidilerek yapılacak ölçümlere uygun olarak her numuneden 30' ar litre örnek alınmıştır. Numune toplama işleminde, örnek alımı direkt olarak suyun kaynağına ulaşılarak yapılmış, numunelerin koyuldukları kaplar ise steril su ile yıkanarak, dışarıdan istenmeyen herhangi bir katkının gelmesi mümkün olduğunca önlenmiştir.



Şekil 2.1 Giresun merkez şebeke suyu kaynakları haritası

Numune alınmadan önce çeşme açılarak birkaç dakika suyun akması sağlanmış ve daha sonra 30 litrelik polietilen kaplar üç defa kendi suyuyla çalkalandıktan sonra doldurularak hidroklorik asitle pH=2' ye getirilerek ve ağzı sıkıca kapatıldıktan sonra etiketlenerek koruma altına alınmıştır. Bunun nedeni, su örnekleri içerisindeki elementlerin partiküller hale gelerek tortu oluşturmasını ve örnek kabının çeperlerine yapışmasını önlemektir. Daha sonra alınan bu numuneler denge konumuna gelmeleri için 30 gün süreyle bekletilmiştir. Dengeye ulaşan numunelerden steril su ile yıkanmış ikişer litrelik kaplarda paketlenen numuneler ÇNAEM araştırma laboratuvarına getirilmiştir.

Tablo 2.1. Şebeke kaynak sularının alındığı yerler ve koordinatları

Örnek Adı	İl/İlçe	Koordinatlar	
		X/Boylam	Y/Enlem
Derin Kuyu -1	Merkez	40.8478800584192	38.45541536808014
Derin Kuyu -2	Merkez	40.846293397663	38.458237051963806
Derin Kuyu -3	Merkez	40.844988736380884	38.45895320177078
Derin Kuyu -4	Merkez	40.84417508547038	38.45976322889328
Derin Kuyu -5	Merkez	40.84373680552867	38.46092730760574
Derin Kuyu -6	Merkez	40.88420459855689	38.43946427106857
Derin Kuyu -7	Merkez	40.88389433814884	38.439263105392456
Derin Kuyu -8	Merkez	40.88270803494068	38.4385871887207
Derin Kuyu -9	Merkez	40.88199421490036	38.43839406967163
Derin Kuyu -10	Merkez	40.88051788084534	38.33936154842377
Derin Kuyu -11	Merkez	40.8815217104686	38.34104731678963
Derin Kuyu -12	Merkez	40.886437213893814	38.34262311458588
Derin Kuyu -13	Merkez	40.888765055940134	38.34497004747391
Doğu-musluk suyu	Merkez	40.90615841880478	38.41259926557541
Batı-musluk suyu	Merkez	40.91180384129664	38.343276232481
Merkez-musluk suyu	Merkez	40.913719323966184	38.389001190662384

2.1.2. Toplam Alfa, Toplam Beta Deney Sistemi

2.1.2.1. Sularda Toplam Alfa Radyoaktivite Tayini

Sularda Toplam Alfa Radyoaktivite Tayini için Çöktürme Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem aşağıda verilen basamaklardan oluşmaktadır.

Prensip: Bu yöntem, kalıntısı (rezidü) >50 mg/L olan sulara uygulanır. Alfa partikülleri yayınlayan tüm radyonüklidler (Ra, U, Th izotopları) $BaSO_4$ ve $Fe(OH)_3$ ile birlikte çöktürülür. Böylece, çöktürme ile alfa yayınlayan radyonüklidler diğer çözünmüş katılardan ayrılırlar. Çökelek filtre edilir ve sayım sistemlerinde alfa aktivitesi ölçülür.

Girişimler (interferans): Örneği çöktürdükten sonra sayıma başlamadan önce radon ürünlerinin bozunması için en az 3 saat beklenir. Filtre kâğıdından, özellikle $Fe(OH)_3$ çökeleklerinin uçmaması, filtre kâğıdına daha iyi yapışması için “paperpulp” 5 mg ilave edilir. Cam filtre kullanılması tavsiye edilir.

Kalibrasyon: 6 adet behere, her birine 500 mL musluk suyu konur ve en az 100 pCi alfa-yayınlayıcı standart ilave edilir. 2,5 mL derişik HNO_3 eklenir ve aşağıdaki formüle göre sayım verimi hesaplanır. (Efficiency, cpm/pCi)

$$Efficiency, cpm / pCi = \frac{C_a - C_b}{pCi} \quad (3)$$

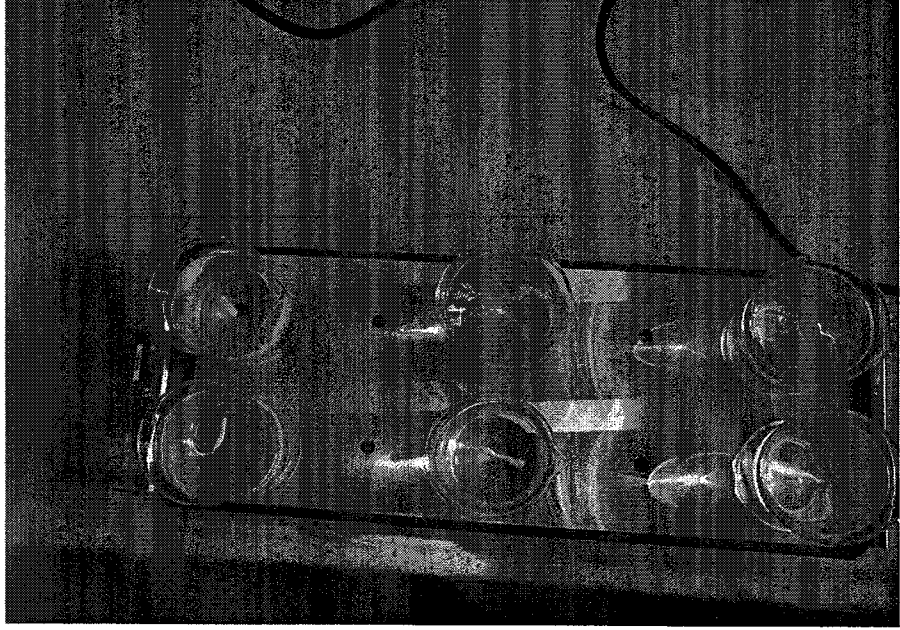
Burada:

- C_a : Aktivite ilave edilmiş örnek sayımı, ortalama değer (cpm olarak)
- C_b : Ortalama blank sayımı (cpm)
- pCi : İlave edilen aktivite

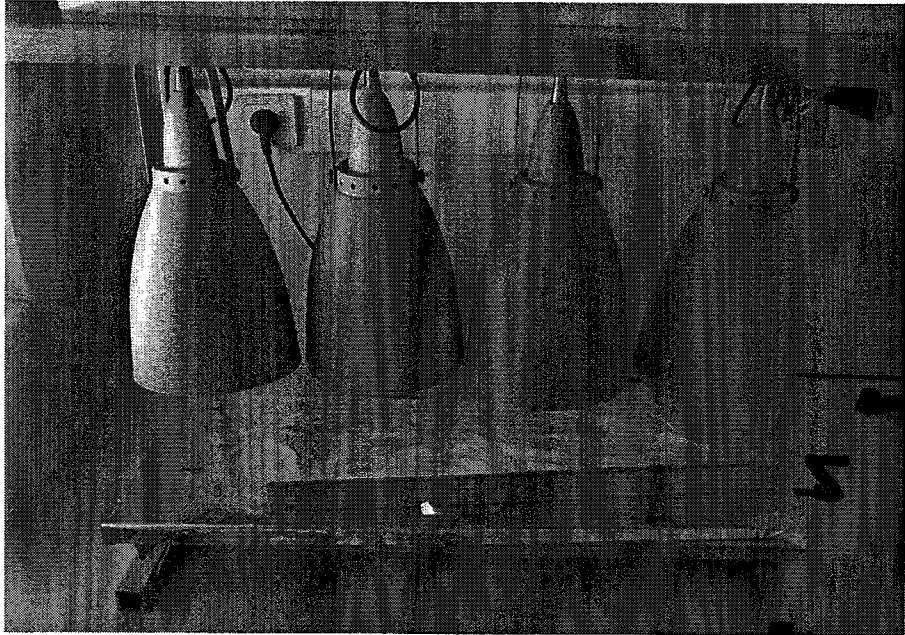
Kalibrasyonda tercihen Th-230 (saf alfa yayınlayıcı) kullanılmaktadır. Diğer alfa yayınlayıcılar da kullanılabilir.

2.1.2.2. Kullanılan Cihazlar

Sularda toplam alfa radyoaktivite tayini için kullanılan cihazlar ve fotoğrafları aşağıda verilmiştir.



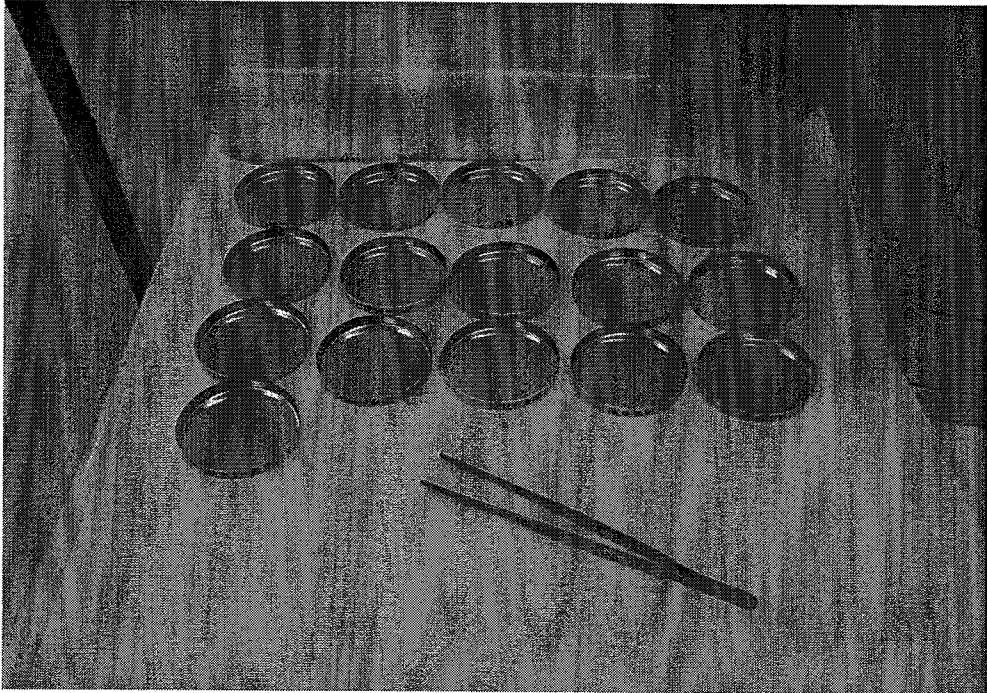
Şekil 2.2. Isıtıcı, magnetik karıştırıcı ve karıştırıcı balık



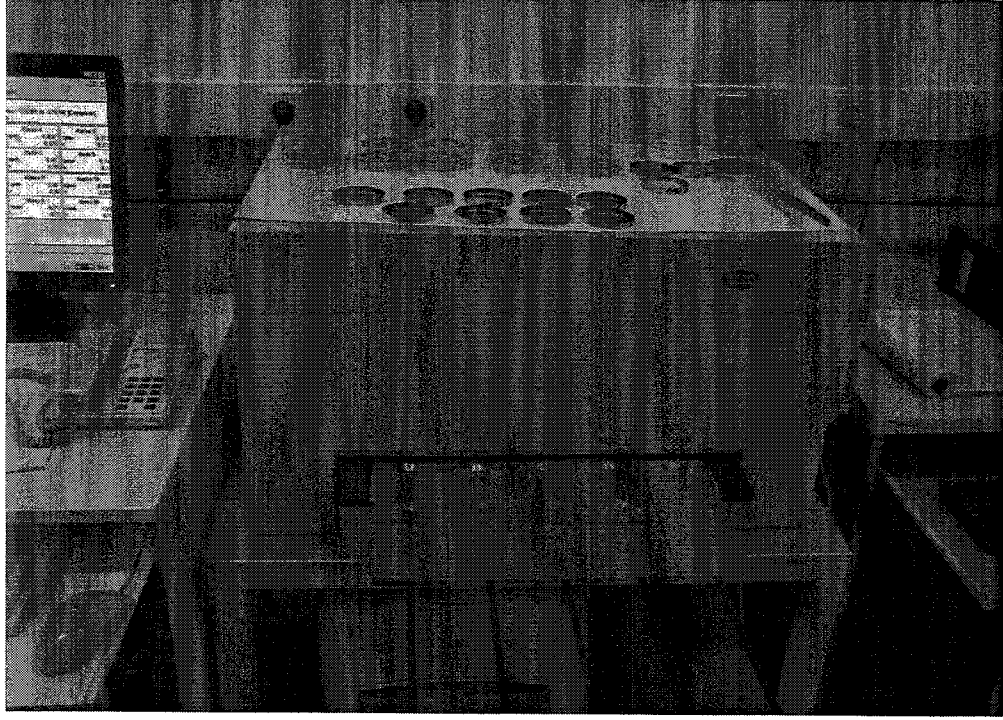
Şekil 2.3. Kurutma işlemi için lamba



Şekil 2.4. Membran filtre, 47 mm çapında, 0.45 µm gözenekli



Şekil 2.5. Planşet, paslanmaz çelik



Şekil 2.6. Alfa sintilasyon sayım sistemi veya düşük background orantılı sayım sistemi

2.1.2.3. Reaktifler

- Amonyum hidroksit, NH_4OH , 6N
- Baryum taşıyıcı 5 mg Ba^{2+} / mL: 4,4 g $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ 500 mL destile suda çözülür.
- Bromocresol purple, % 0,1: 100 mg indikatör 100 mL destile suda çözülür.
- Demir taşıyıcı, 5 mg Fe^{+3} / mL: 17,5 g $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ 200 mL destile suda çözülür. 2 mL 16N HNO_3 (derişik asit) ilave edilir ve 500 mL' ye destile su ile tamamlanır.
- Sülfat asidi H_2SO_4 , 2N: ~200-300 mL destile suya, yavaş yavaş 55 mL derişik H_2SO_4 ilave edilir ve 1 L'ye destile su ile tamamlanır.
- Paperpulp/su karışımı: 0,5 g süzgeç kâğıdı veya "paperpulp pellet" 500 mL destile su ile plastik kaba konur, 5 damla (1+4) seyreltilmiş deterjan katılır ve 3 saat süre ile karıştırılır.
- Deterjan, (1+4) destile su ile seyreltilir.

2.1.2.4. Prosedür

Analiz edilecek örnekten 500 mL alınır ve 5 damla seyreltilmiş deterjan (1+4) ilave edilir. Beher, ısıtıcı üzerine konur ve karıştırıcı olan magnetik balık çözeltinin içine atılır. 20 mL 2N H₂SO₄ eklenir. Kaynadıktan sonra 10 dk. daha karışması sağlanır(Örnekte karbonat ve bikarbonat varsa CO₂ şeklinde ortamdan uzaklaştırılmış olur) .

Sıcaklık, kaynama noktasının altında olacak şekilde azaltılır. 1 mL baryum taşıyıcı eklenir ve 30 dk. karıştırmaya devam edilir. 1 mL bromocresol purple indikatör çözeltisi, 1 mL demir taşıyıcı çözeltisi ve 5 mL paperpulp/su karışımı ilave edilir. Karıştırılır ve damla damla 6N NH₄OH ilavesiyle çözeltinin rengi sarıdan mora döner. Isıtmaya ve karıştırmaya 30 dk. daha devam edilir. Çökmesi için bekletilir, çökelek 0.45 µm gözenekli filtre kâğıdından süzülür ve 25 mL destile su ile yıkanır. Filtre kâğıdındaki çökelek en az 3 saat radon ürünlerinin uzaklaşması için bekletilir ve 105 °C etüvde veya lamba altında kurutulur. Ardından bütün numuneler toplam alfa ve toplam beta aktiflikleri tayin edilmek üzere detektöre konularak 500 dakika süreyle sayılırlar[24-26].



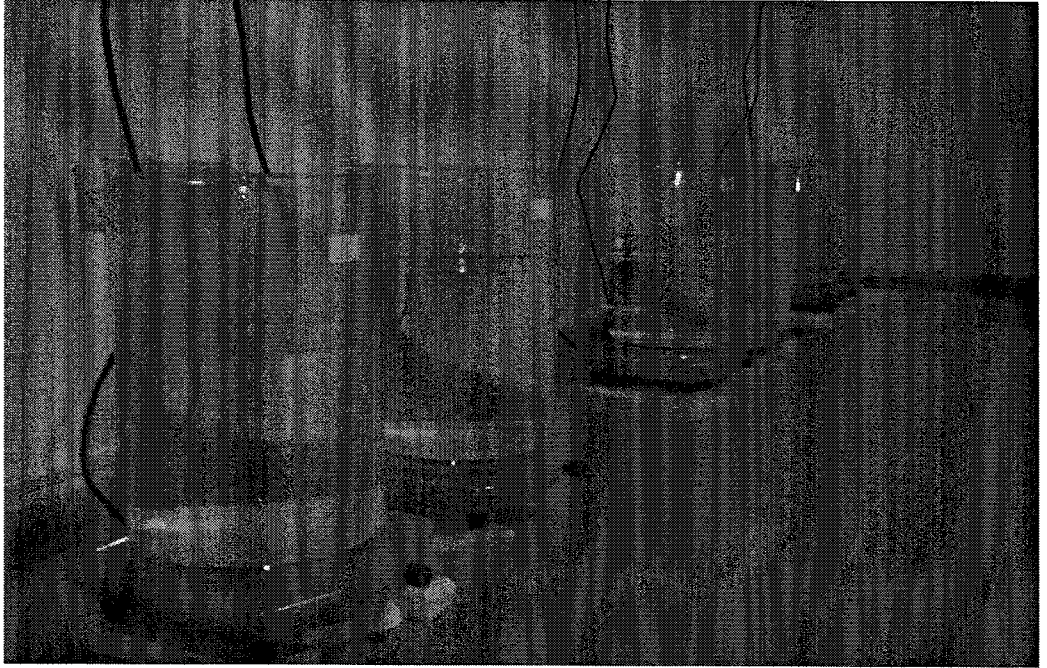
Şekil 2.7. Berthold LB770 model 10 kanallı düşük seviyeli alfa-beta sayım cihazı

Numunelerin toplam alfa ve toplam beta radyoaktiflik analizleri için, ÇNAEM (Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi) Sağlık Fizigi Bölümü laboratuvarında bulunan ve Şekil 2.1.' de gösterilen Berthold marka LB770 model 10 kanallı düşük seviyeli alfa-beta sayım cihazı kullanılmıştır.

2.2. Suların Gama Spektroskopisi Ölçümleri

2.2.1.Suların Gama Spektroskopi Analizine Hazırlanması

Belirlenmiş olan kuyulardan 30' ar litre su alınarak daha önceden steril hale getirilmiş plastik şişelere dolduruldu. Su numuneleri 10 litrelik temiz cam beherlere aktararak, 50–60 °C' lik bir ısıtıcı üzerine buharlaşmaya bırakıldı. 1-2 hafta süreyle su miktarları 100 mL kalana kadar buharlaştırmaya devam edildi. Buharlaşma esnasında beher cidarlarına yapışan maddeleri önlemek için beher içerisine birkaç damla HCl katıldı. Sonra kalan miktarlar bos sayımları alınmış marinelli kaplarına konularak, iç dengeye gelmeleri için yaklaşık bir ay süreyle bekletildi. Dengeye gelen numuneler gama spektroskopi analizi için Rize Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarına getirildi.



Şekil 2.8. Gama Spektroskopisi sayımları için numunelerin buharlaştırılması

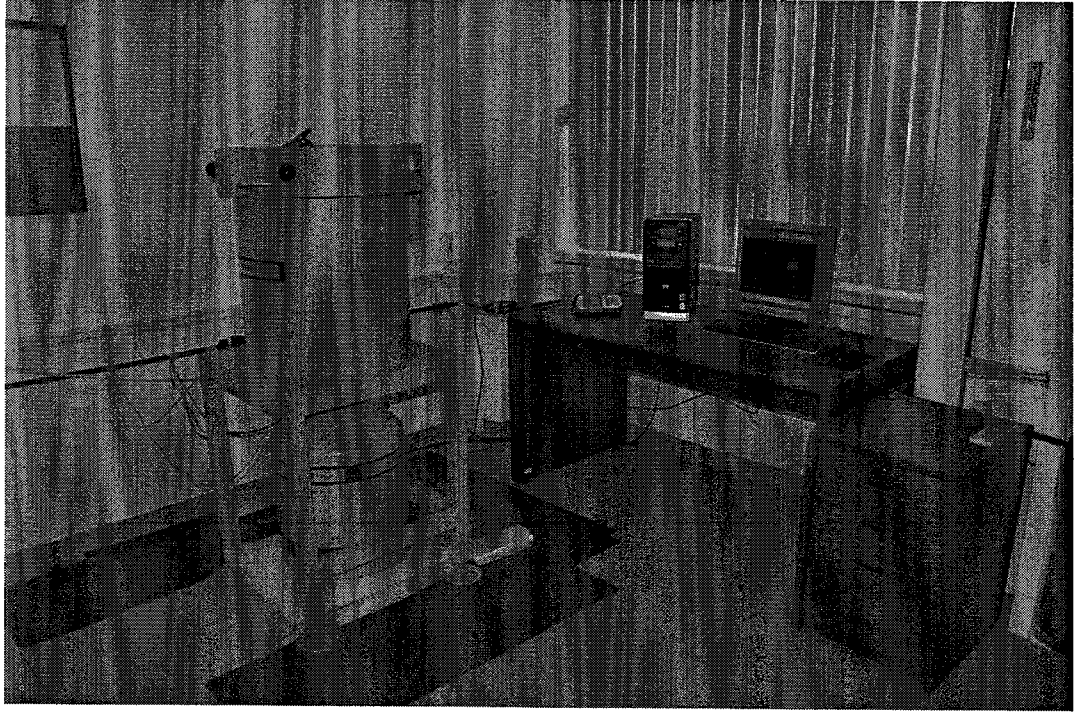
2.2.2. Toprakların Gama Spektroskopisi Analizine Hazırlanması

Su numunelerinin alındığı her kuyunun etrafında bulunan toprak yapısından yaklaşık 1 kg kadar alınıp poşetlendi. Daha sonra alınan bu toprak numuneleri iyice kurutularak ince elekten geçirildi. Elenmiş toprak marinelli kaplara konularak ölçüm yapılmak üzere RTE üniversitesi merkez araştırma laboratuvarına gönderildi. Numunelerin gama spektroskopisi ölçümleri için ORTEC GEM55P4 Model HPGe detektörü kullanıldı.

2.2.3. Gama Spektroskopisi Deney Sistemi

Numunelerin gama spektroskopisi ölçümleri için Şekil 2.2 de gösterilen ORTEC GEM55P4 Model HPGe detektörü kullanıldı.

Bu detektör özden yarı iletken prensibine göre çalışan yarıiletken kristalden oluşmaktadır. HPGe detektörlerinde cm^3 te yaklaşık olarak 1010 safsızlık atomu vardır. Özden yarı iletkenler için elektron ve delik oranı yaklaşık 1'dir. HPGe detektörü çalıştırılırken karakteristik özelliği gereğince yarı iletken kristal düşük sıcaklıklarda tutulmalıdır. Çünkü düşük sıcaklıklarda termal gürültü azalır ve böylece pikler düzgün oluşur. HPGe detektörü %55 rölatif verime sahip olup 1700 voltta çalışmaktadır. Gama spektroskopisi sisteminde ön yükseltici, yüksek voltaj kaynağı, analog dijital dönüştürücü (ADC) ve çok kanallı analizör (MCA) digidart adı verilen bir sistemde bulunup aynı zamanda detektörün taşınabilir (portatif) olarak kullanılmasına imkân vermektedir. Ayrıca ölçümler Gama Vision yazılımı kullanılarak elde edilmiştir.

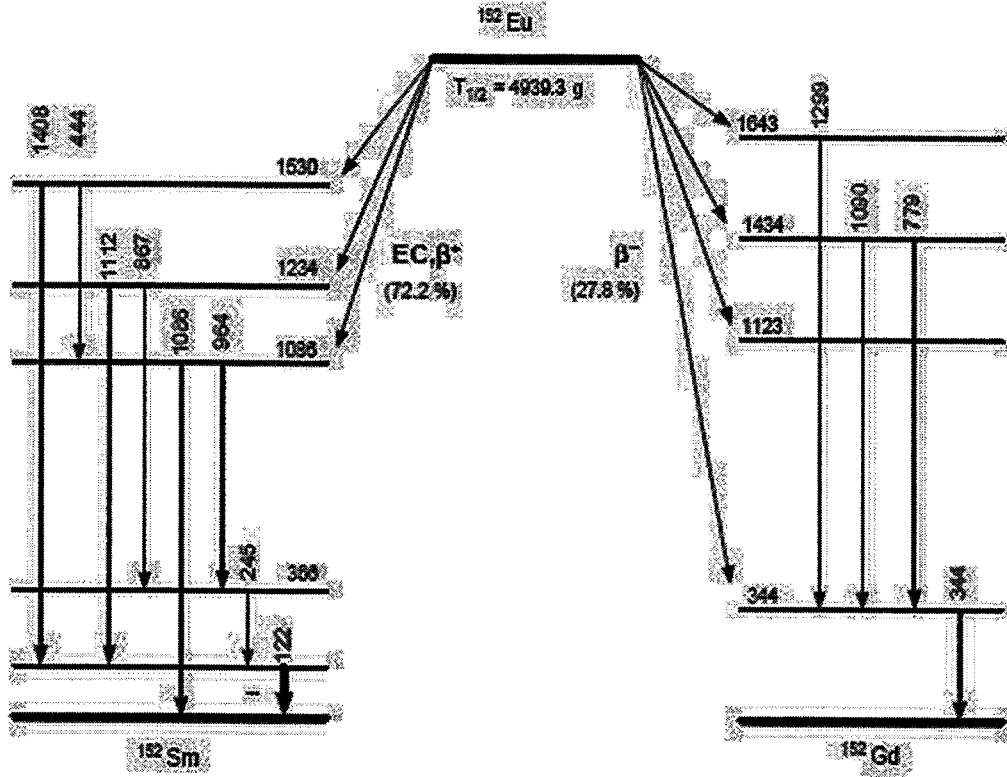


Şekil 2.9. Ortec GEM55P4 Model HPGe Detektörü

2.2.3.1. Enerji Kalibrasyonu

Bilgisayar hafızasında toplanan spektrumların analiz edilebilmeleri için, her kanalın hangi enerjiye karşılık geldiğinin bilinmesi gerekir. Böylece numunede bulunan radyoaktif çekirdek türleri bulunabilir.

Enerji kalibrasyonunun yapılabilmesi için, Türkiye Atom Enerjisi Kurumundan alınan Eu-152 kalibrasyon kaynağına ait bilgiler Tablo 2.2.'de verilmiştir.



Şekil 2.10. ^{152}Eu ' nin bozunma şeması

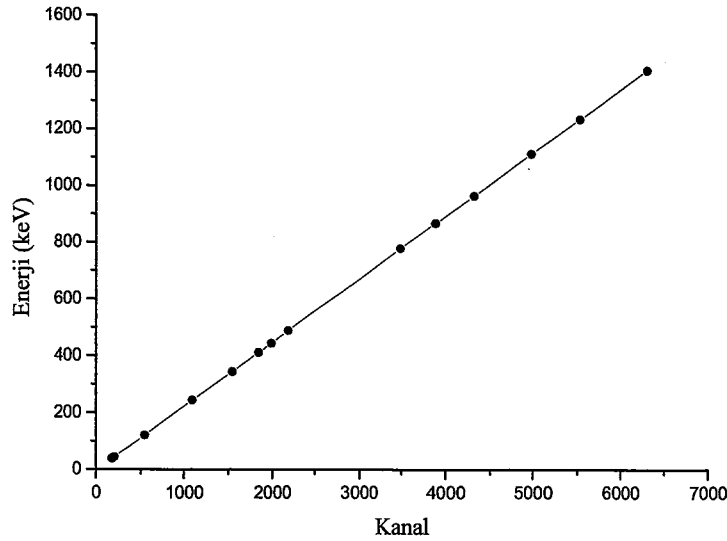
Tablo 2.2. ^{152}Eu standart kaynağın özellikleri

^{152}Eu ($T_{1/2} = 13.516$ y)		
E_γ (keV)	I_γ %	Gama/s
121,8	28,4	30719,65
244,7	7,51	8123,40
344,3	26,6	28772,63
411,1	2,23	2412,14
444,0	2,82	3050,33
778,9	13	14061,81
964,1	14,6	15792,50
1085,8	10,21	11043,93
1112,1	13,6	14710,82
1408,0	20,8	22498,90

Enerji kalibrasyonu için, detektör önüne konulan standart kaynağın spektrumu elde edilerek enerjilerin hangi kanallara (Tablo 2.3) karşılık geldiği tespit edildi.

Tablo 2.3. Standart kaynak için enerjilerin kanallara göre değişim değerleri

Enerji(Kev)	Kanal
177	38.4
203	44.2
545	120.7
1095	243.7
1541	343.4
1841	410.5
1988	443.3
2189	488.2
3491	778.7
3887	867



Şekil 2.11. Enerji-Kanal grafiği

2.2.3.2. Verim Kalibrasyonu

Detektörün saydığı gama sayımlarının gerçek değerini bulabilmek için detektöre ait verim düzeltmesinin yapılması gerekir. Detektör ilgilenilen enerjilerdeki verimleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

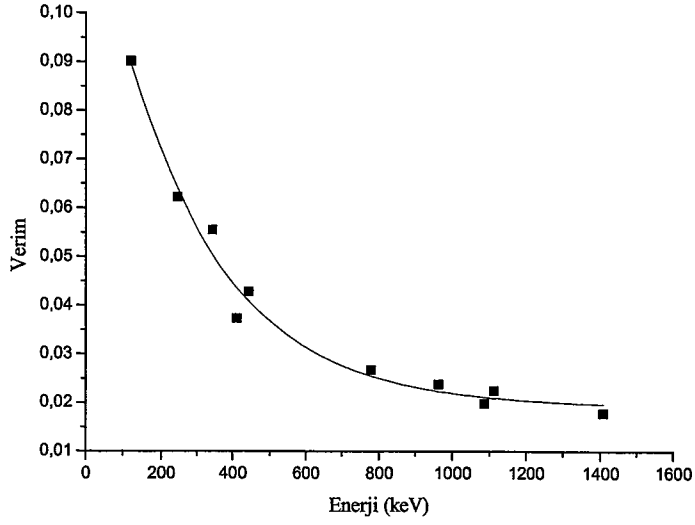
$$\varepsilon = \frac{s}{(I_{\gamma}).N.t} \quad (4)$$

ε ; HPGe detektörünün ilgilenilen gama enerjisindeki verimi, N; ilgilenilen enerjideki toplam sayım hızı (sayım/zaman), A; verim kalibrasyonu için kullanılan standart kaynağın o anki aktivitesi (boz/s), I_{γ} %; gama ışınının bolluğudur.

Böylece farklı gama enerjileri için hesaplanmış olan verim değerlerinin ilgili gama enerjilerine karşı grafiği çizildi (Şekil 2.12).

Tablo 2.4. Detektöre ait verim değerleri

Verim	Enerji(Kev)
0.02312	121.8
0.01595	244.7
0.01424	344.3
0.00958	411.1
0.01098	444
0.00686	778.9
0.00609	964.1
0.00509	1085.8
0.00576	1112.1
0.00458	1408,0

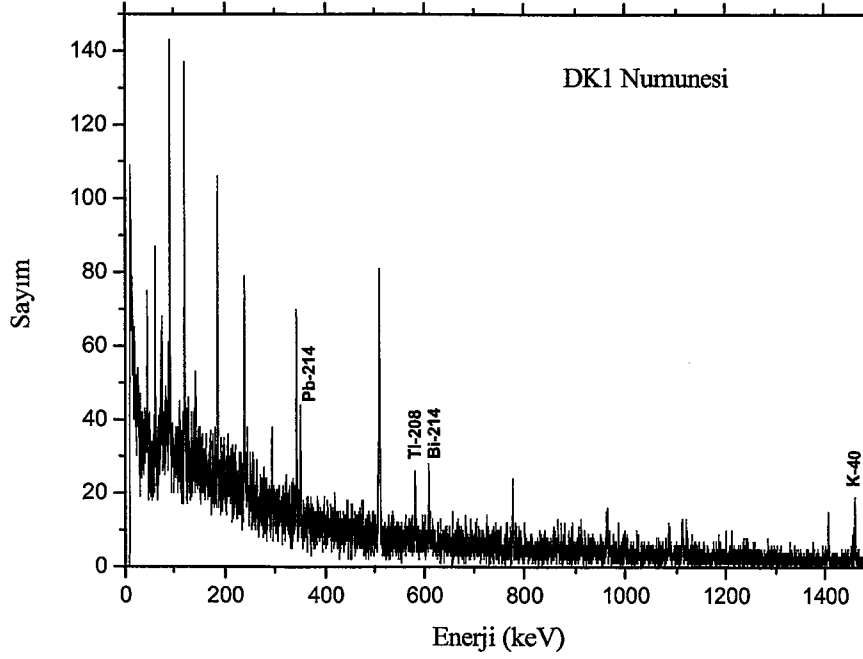


Şekil 2.12. Enerji-Verim eğrisi

Detektör yardımı ile enerji kalibrasyonu için standart kaynağın spektrumu elde edilerek enerjilerin hangi kanallara karşılık geldiği tespit edildi. Enerjinin kanallara göre değişim grafiği Şekil 2.11.'da gösterildi.

2.2.3.3. Spektrumların Alınması

Radyoaktif dengenin sağlanması için bir aylık bekleme süresinden sonra ölçümlere geçildi. Sayımlarda kullanılan HPGe detektörünün besleme voltajı 3600 V'tur. Sayım programı olarak Genie-2000 kullanıldı. Numuneler, detektörün hemen önündeki kurşunla kaplı numune odasına konuldu. Numune sayım süresi 20000 s olarak seçildi. Bu süre sonunda numunelerden yayılan radyoaktif izotoplara ait spektrumlar elde edildi.



Şekil 2.13. DK-1 su numunesi için alınan spektrum örneği

2.2.3.4. Pik Belirleme ve Değerlendirme

Spektrumdaki her bir pik için ilgili alan bölgeleri seçilerek en küçük hataya sahip net alanı verecek şekilde pik alanı işaretlendi. Daha sonra kalibrasyon katsayıları bilgisayar programına verilerek piklerin merkez kanalına karşılık gelecek enerji değerleri bulundu.

Tablo 2.5'de ^{226}Ra ve ^{232}Th serileri ile ^{40}K için alınan enerjiler ve salma hızları gösterilmiştir. ^{226}Ra serisi için ^{214}Pb (295,2 keV), ^{214}Pb (352,0keV) ve ^{214}Bi (609,4keV) enerjilerindeki, ^{232}Th serisi için ^{212}Pb (238,6 keV), ^{208}Tl (583,1keV), ^{228}Ac (911,1keV) enerjilerindeki piklerinin alanları ve ^{40}K için (1460,8 keV) enerjisindeki pikin alanı alınmıştır.

Tablo 2.5. Aktivitesi hesaplanan radyoaktif çekirdekler ve salma hızları

	İzotop	Gama	Salma hızı (%)
^{226}Ra	^{214}Pb	295,2	18,2
	^{214}Pb	352,0	35,1
	^{214}Bi	609,4	44,6
^{232}Th	^{212}Pb	238,6	43,5
	^{208}Tl	583,1	30,0
	^{228}Ac	911,1	26,6
^{40}K		1460,8	10,7

2.2.3.5. Aktivite Hesabı

Piklerin altında kalan net alanlar toplam alandan background çıkarılarak elde edilen sayma sayılarının toplamıdır. Saniyedeki sayma (cps), pik altında kalan alanın pik elde etmek için geçen süreye bölümüdür. Detektör verimi de hesaba katılarak aktivite için,

$$A = \frac{s}{(I_\gamma).w.t.\epsilon} \quad (5)$$

dır. Burada; A (Bq/kg) aktivite, s net alan, I_γ gama ışınının salma hızı, w kg (su numuneleri için V litre) olarak numune miktarı ve ϵ verimdir.

2.2.3.6. Sularda Dedeksiyon Limiti Hesabı

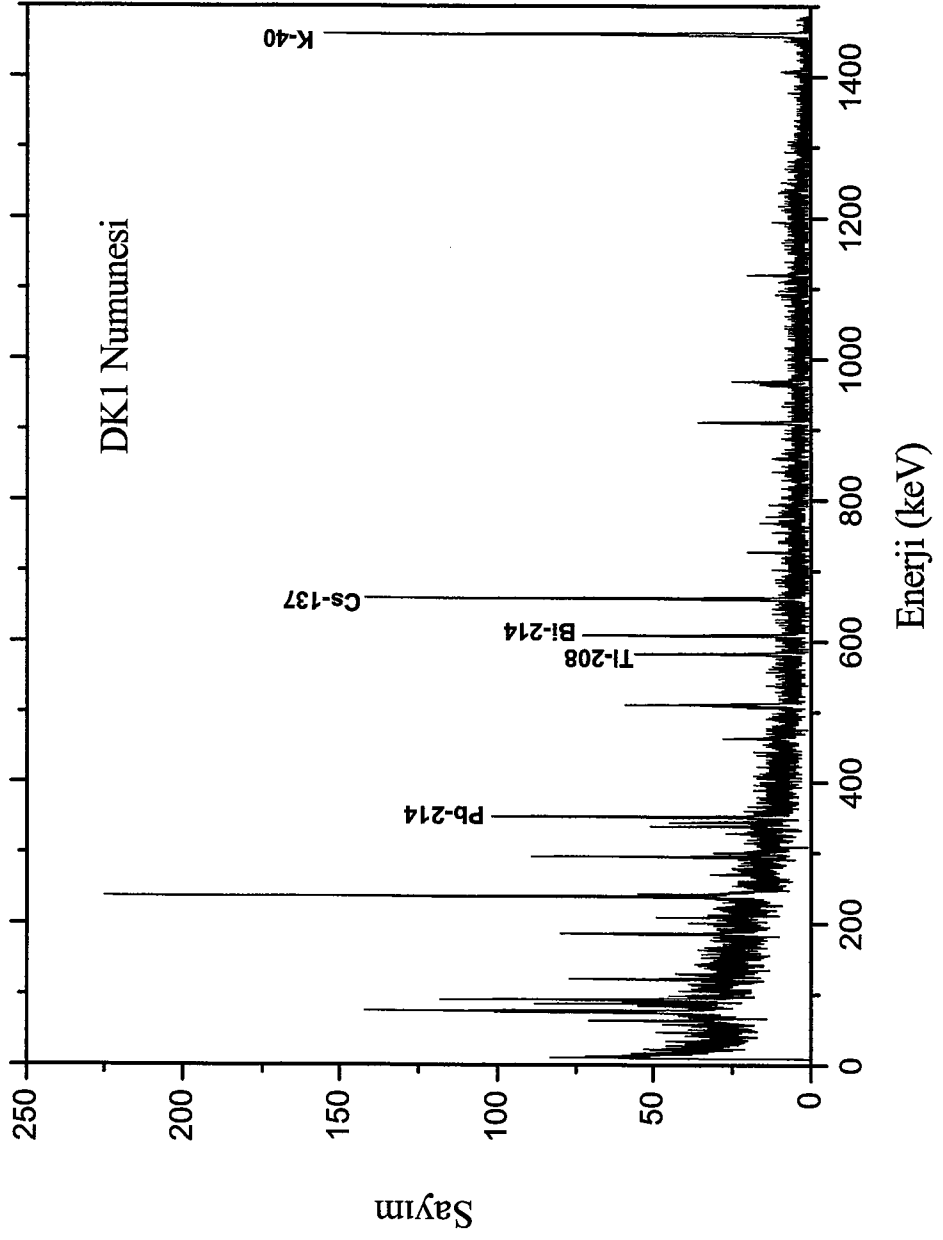
Suların dedeksiyon limitlerini belirlemede aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$DL = \frac{1,64\sigma_{bs}}{\epsilon_D P_\gamma t_m V_{WS}} \quad (6)$$

Burada; DL (Bq/L) dedeksiyon limiti, σ_{bs} background sayımının karekökü, ϵ_D (cps/Bq) verim, P_γ salma hızı, t_m sayım zamanı, V_{WS} suyun hacmidir[34].

Tablo 2.6. Su numuneleri için aktivitesi hesaplanan çekirdeklerin dedeksiyon limitleri

Çekirdek Adı	Dedeksiyon Limiti (Bq/l)
Th(232)	0,001180528
Ra(226)	0,000998816
K (40)	0,006626978



Şekil 2.14. DK-1 toprak numunesi için alınan spektrum örneği

2.3. Suların Kimyasal Ölçümleri

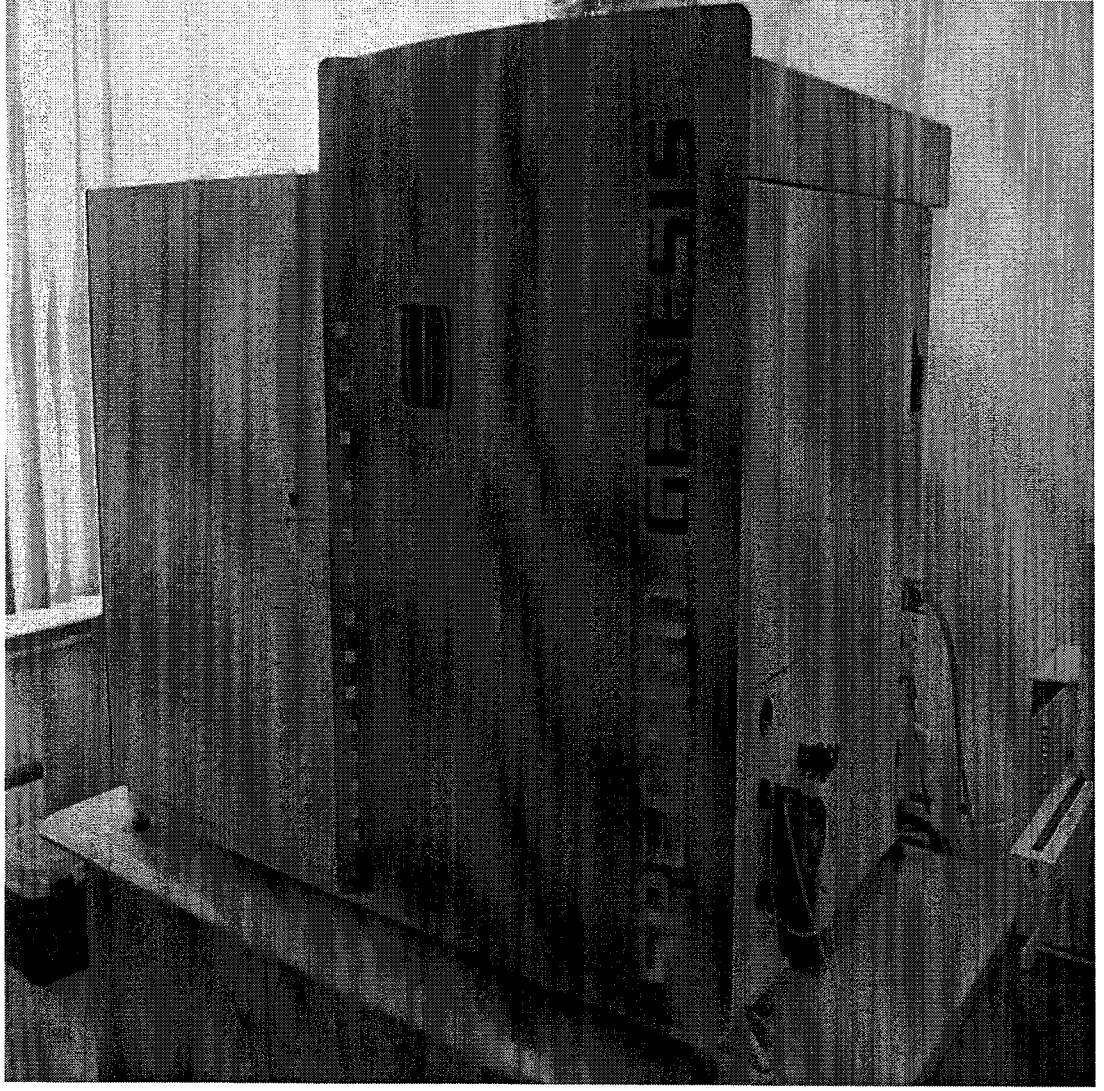
2.3.1. Suların Kimyasal Analize Hazırlanması

Belirlenen yerlerden toplanarak 2'şer litrelik kaplara koyulan numunelerin her biri içerisinde herhangi bir tortu kalmaması için adi süzgeç kâğıdı ile süzülerek 10ml'lik marinelli kaplara alınmış ve sayıma hazır hale getirilmiştir.

2.3.2. Kimyasal Analiz Deney Sistemi

Spectro Genesis marka ICP-OES kimyasal analiz cihazı (Şekil 2.9), eş zamanlı ölçümler sağlayan, otomatik bir optik yayma spektrometresidir.

Bu cihazda, indüklenerek çiftelenmiş plazma uyarılmasını ve sıvıların nicelik ile yarı nicelik analizi için detektör sistemine dayalı bir yarı iletken kullanır. Sıvı örneği buharlaştırılır ve plazma içine bir aerosol olarak beslenir. Plazmanın yüksek sıcaklığı (6000°K-8000°K) numuneyi buharlaştırır ve numunenin içerisinde var olan moleküller, atomlarına ayrılarak uyarılırlar ve kısmen iyonize edilirler. Uyarılmış atom ve iyonlar elemente özgü bir radyasyon yayarlar. Bir iletim optiği, optik sistemin içindeki bu radyasyonu besler. Yayılan radyasyon, optik sistemde bileşenlerine kırınır. Şiddet, yarı iletken detektörler kullanılarak ölçülür. Birim sinyal ölçme sürecinden sonra, ölçülen element şiddetleri Smart Analyzer yazılımı ile değerlendirilir. Yöntemler ölçümden önce ayarlanır. Her element için belirlenen kalibrasyon fonksiyonları bu yöntemlerde saklıdır. Konsantrasyonlar bu yöntemler kullanılarak, ölçülen şiddetlerden hesaplanır.



Şekil 2.15. ICP-OES kimyasal analiz cihazı

3. BULGULAR

3.1. Toplam Alfa ve Toplam Beta Analiz Sonuçları

Toplam Alfa ve Beta Analiz Sonuçları Berthold marka LB770 model 10 kanallı düşük seviyeli alfa-beta sayım cihazı ile yapılan ölçümler sonucunda kuyulara göre elde edilen Toplam alfa ve beta aktivite konsantrasyonuna ait sonuçlar; yaz dönemi için Tablo 3.1.' de, kış dönemi için ise Tablo 3.2.' deki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Su numunelerinin yaz dönemi (ağustos) Toplam Alfa ve Toplam Beta aktivite konsantrasyonları

Örnek Adı	İl/İlçe	Toplam Alfa Aktivite Konsnt.	Toplam Beta Aktivite Konsnt.
		Bq/L	Bq/L
Derin Kuyu -1	Merkez	0,029±0,009	0,091±0,017
Derin Kuyu -2	Merkez	0,025±0,007	0,125±0,017
Derin Kuyu -3	Merkez	0,028±0,008	0,029±0,013
Derin Kuyu -4	Merkez	0,028±0,008	0,102±0,017
Derin Kuyu -5	Merkez	0,020±0,007	0,064±0,015
Derin Kuyu -6	Merkez	0,022±0,007	0,090±0,015
Derin Kuyu -7	Merkez	0,045±0,009	0,102±0,02
Derin Kuyu -8	Merkez	0,029±0,010	0,132±0,017
Derin Kuyu -9	Merkez	0,033±0,008	0,141±0,019
Derin Kuyu -10	Merkez	0,023±0,007	0,134±0,018
Derin Kuyu -11	Merkez	0,016±0,006	0,088±0,019
Derin Kuyu -12	Merkez	0,019±0,006	0,114±0,019
Derin Kuyu -13	Merkez	0,019±0,006	0,159±0,023
Batı-musluk suyu	Merkez	0,019±0,006	0,142±0,018
Doğu-musluk suyu	Merkez	0,036±0,007	0,094±0,018
Merkez-musluk suyu	Merkez	0,031±0,008	0,259±0,023

Tablo 3.2. Su numunelerinin kış dönemi (Ocak) Toplam Alfa ve Toplam Beta aktivite konsantrasyonları

Örnek Adı	İl/İlçe	Toplam Alfa Aktivite Konsnt.	Toplam Beta Aktivite Konsnt.
		Bq/L	Bq/L
Derin Kuyu -1	Merkez	0,040±0,010	0,068±0,014
Derin Kuyu -2	Merkez	0,035±0,008	0,033±0,016
Derin Kuyu -3	Merkez	0,028±0,008	0,073±0,017
Derin Kuyu -4	Merkez	0,041±0,012	0,084±0,015
Derin Kuyu -5	Merkez	0,041±0,010	0,070±0,015
Derin Kuyu -6	Merkez	0,038±0,008	0,089±0,015
Derin Kuyu -7	Merkez	0,034±0,008	0,140±0,019
Derin Kuyu -8	Merkez	0,041±0,010	0,039±0,015
Derin Kuyu -9	Merkez	0,028±0,008	0,021±0,021
Derin Kuyu -10	Merkez	0,029±0,008	0,054±0,015
Derin Kuyu -11	Merkez	0,019±0,008	0,075±0,014
Derin Kuyu -12	Merkez	0,008±0,006	0,035±0,017
Derin Kuyu -13	Merkez	0,017±0,007	0,086±0,017
Batı–musluk suyu	Merkez	0,031±0,011	0,041±0,013
Doğu –musluk suyu	Merkez	0,024±0,008	0,069±0,015
Merkez–musluk suyu	Merkez	0,041±0,008	0,093±0,016

3.2. Gama Spektroskopisi Analiz Sonuçları

3.2.1. Suların Gama Spektroskopisi Analiz Sonuçları

Ortec GEM55P4 Model HPGe detektörü ile yapılan ölçümler sonucunda kaynak sularındaki ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K aktivite değerleri yaz dönemi için Tablo 3.3.' te ve kış dönemi için Tablo 3.4.' da verilmiştir.

Tablo 3.3. Su numunelerinin yaz dönemi (Ağustos) ^{232}Th , ^{226}Ra ve ^{40}K aktiflik Konsantrasyonları

Örnek Adı	^{232}Th (mBq/L)	^{226}Ra (mBq/L)	^{40}K (mBq/L)
Derin Kuyu -1	1,80 ± 0,52	<DL	20,29 ± 2,81
Derin Kuyu -2	2,00 ± 0,43	1,98 ± 0,63	3,71 ± 2,64
Derin Kuyu -3	1,22 ± 0,34	<DL	13,24 ± 2,89
Derin Kuyu -4	2,28 ± 0,82	2,98 ± 0,63	26,65 ± 2,97
Derin Kuyu -5	1,25 ± 0,77	2,16 ± 0,64	12,18 ± 2,98
Derin Kuyu -6	2,53 ± 0,73	3,33 ± 0,64	19,23 ± 3,29
Derin Kuyu -7	0,86 ± 0,77	4,39 ± 0,68	18,18 ± 2,79
Derin Kuyu -8	1,08 ± 0,47	1,75 ± 0,61	15,71 ± 2,97
Derin Kuyu -9	3,02 ± 0,78	6,70 ± 0,72	4,76 ± 2,54
Derin Kuyu -10	0,69 ± 0,30	9,37 ± 0,74	23,47 ± 3,22
Derin Kuyu -11	1,33 ± 0,80	1,62 ± 0,29	23,12 ± 2,95
Derin Kuyu -12	4,09 ± 0,77	<DL	11,12 ± 2,59
Derin Kuyu -13	<DL	<DL	13,59 ± 2,75
Batı –musluk suyu	0,95 ± 0,82	3,23 ± 0,64	12,18 ± 3,15
Doğu–musluk suyu	2,48 ± 0,79	1,83 ± 0,29	18,53 ± 2,85
Merkez–musluk suyu	1,16 ± 0,74	3,14 ± 0,66	18,88 ± 3,28

DL: Dedeksiyon Limiti.

Tablo 3.4. Su numunelerinin kış dönemi (Ocak) ^{232}Th , ^{226}Ra ve ^{40}K aktiflik konsantrasyonları

Örnek Adı	^{232}Th (mBq/L)	^{226}Ra (mBq/L)	^{40}K (mBq/L)
Derin Kuyu-1	1,86 ± 0,47	<DL	12,96 ± 2,56
Derin Kuyu-2	6,65 ± 0,86	1,26 ± 0,23	20,77 ± 3,09
Derin Kuyu-3	3,22 ± 0,68	1,68 ± 0,61	<DL
Derin Kuyu-4	3,25 ± 0,81	<DL	47,05 ± 3,42
Derin Kuyu-5	1,59 ± 0,62	1,92 ± 0,56	26,10 ± 3,58
Derin Kuyu-6	<DL	1,52 ± 0,27	30,36 ± 3,24
Derin Kuyu-7	3,12 ± 0,83	5,27 ± 0,68	<DL
Derin Kuyu-8	3,86 ± 0,79	4,12 ± 0,53	<DL
Derin Kuyu-9	3,90 ± 0,97	3,62 ± 0,66	22,90 ± 3,25
Derin Kuyu-10	1,79 ± 0,69	3,67 ± 0,61	23,97 ± 3,19
Derin Kuyu-11	4,60 ± 0,87	4,12 ± 0,57	11,54 ± 2,75
Derin Kuyu-12	3,23 ± 0,40	4,73 ± 0,55	18,29 ± 2,72
Derin Kuyu-13	5,19 ± 0,89	<DL	20,42 ± 3,37
Batı –musluk suyu	5,02 ± 0,87	<DL	17,22 ± 3,05
Doğu–musluk suyu	2,55 ± 0,62	<DL	17,22 ± 3,04
Merkez–musluk suyu	3,44 ± 0,61	2,97 ± 0,53	14,38 ± 3,02

DL: Dedeksiyon Limiti.

3.2.2. Toprakların Gama Spektroskopisi Analiz Sonuçları

Ortec GEM55P4 Model HPGe Detektörü ile yapılan ölçümler sonucunda toprak örneklerindeki ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{137}Cs ve ^{40}K aktivite değerleri yaz dönemi için Tablo 3.5.' te ve kış dönemi için Tablo 3.8.' de verilmiştir.

Tablo 3.5. Toprak örneklerindeki yaz dönemine ait (Ağustos) ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{137}Cs ve ^{40}K aktiflik konsantrasyonları

Örnek Adı	^{232}Th (Bq/Kg)	^{226}Ra (Bq/Kg)	^{137}Cs (Bq/Kg)	^{40}K (Bq/Kg)
Derin Kuyu-1	12,28±0,69	10,61±0,45	3,17±0,22	310,40±6,29
Derin Kuyu-2	14,64±0,95	15,44±0,67	17,88±0,56	364,32±8,70
Derin Kuyu-3	18,06±1,01	16,44±0,68	14,06±0,50	364,50±8,84
Derin Kuyu-4	14,97±0,85	12,37±0,56	11,05±0,40	326,13±7,41
Derin Kuyu-5	13,96±0,80	14,77±0,56	7,46±0,31	340,93±7,04
Derin Kuyu-6	12,12±0,89	12,19±0,61	7,11±0,38	233,10±6,84
Derin Kuyu-7	15,45±0,93	12,46±0,62	12,85±0,47	328,77±8,00
Derin Kuyu-8	14,06±0,92	13,17±0,62	12,42±0,46	289,64±7,76
Derin Kuyu-9	15,54±0,89	14,76±0,63	29,05±0,68	238,09±6,67
Derin Kuyu-10	12,53±0,81	11,79±0,56	15,90±0,49	311,50±7,43
Derin Kuyu-11	25,01±1,11	22,64±0,74	9,77±0,41	538,68±9,82
Derin Kuyu-12	19,85±1,01	12,64±0,60	3,41±0,28	182,77±5,96
Derin Kuyu-13	8,70±0,67	7,42±0,48	12,61±0,46	217,86±6,49

Tablo 3.6. Toprak örneklerindeki kış dönemine ait (Ocak) ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{137}Cs ve ^{40}K aktiflik konsantrasyonları

Örnek Adı	$^{232}\text{Th}(\text{Bq/Kg})$	$^{226}\text{Ra}(\text{Bq/Kg})$	$^{137}\text{Cs} (\text{Bq/Kg})$	$^{40}\text{K}(\text{Bq/Kg})$
Derin Kuyu-1	13,60 ± 0,86	11,68 ± 0,56	15,72 ± 0,51	323,07 ± 7,73
Derin Kuyu-2	14,22 ± 0,97	14,24 ± 0,66	13,74 ± 0,55	335,61 ± 8,76
Derin Kuyu-3	14,50 ± 0,95	15,10 ± 0,66	12,23 ± 0,47	358,50 ± 8,76
Derin Kuyu-4	14,09 ± 0,89	13,14 ± 0,62	35,34 ± 0,76	273,47 ± 7,83
Derin Kuyu-5	14,48 ± 0,91	13,24 ± 0,59	10,18 ± 0,45	320,74 ± 7,71
Derin Kuyu-6	16,21 ± 0,92	14,86 ± 0,61	3,42 ± 0,27	386,70 ± 8,13
Derin Kuyu-7	22,46 ± 1,62	18,02 ± 1,08	7,66 ± 0,65	315,84 ± 12,30
Derin Kuyu-8	22,58 ± 1,34	21,65 ± 0,89	7,60 ± 0,48	319,26 ± 9,15
Derin Kuyu-9	11,76 ± 0,69	9,93 ± 0,48	2,20 ± 0,19	277,88 ± 6,42
Derin Kuyu-10	12,25 ± 0,93	10,50 ± 0,61	15,89 ± 0,59	330,84 ± 8,74
Derin Kuyu-11	11,26 ± 0,83	10,60 ± 0,55	6,16 ± 0,36	273,38 ± 7,42
Derin Kuyu-12	14,86 ± 0,82	14,51 ± 0,58	1,06 ± 0,17	387,32 ± 7,72
Derin Kuyu-13	8,56 ± 0,71	7,65 ± 0,47	7,80 ± 0,38	197,13 ± 5,91

3.3. Farklı Yaş Grupları için Yıllık Eşdeğer Dozları

Farklı yaş grupları için yıllık eşdeğer doz göstergeleri yaz dönemi için Tablo 3.7.' de ve kış dönemi için Tablo 3.8.' de verilmiştir.

Tablo 3.7. Su numunelerinin yaz dönemine ait (Ağustos) farklı yaş grupları için yıllık eşdeğer dozlar ($\mu\text{Sv y}^{-1}$)

ÖRNEK ADI	^{232}Th				^{226}Ra				^{40}K		
	Yetişkin	Çocuk	Bebek	Yetişkin	Çocuk	Bebek	Yetişkin	Çocuk	Yetişkin	Çocuk	Yetişkin
	Derin Kuyu-1	0,30	0,14	0,10	<DL	<DL	<DL	0,09	0,04	0,03	0,03
Derin Kuyu-2	0,34	0,16	0,12	0,40	0,19	0,14	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Derin Kuyu-3	0,20	0,10	0,07	<DL	<DL	<DL	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02
Derin Kuyu-4	0,38	0,18	0,13	0,61	0,29	0,21	0,12	0,06	0,04	0,04	0,04
Derin Kuyu-5	0,21	0,10	0,07	0,44	0,21	0,15	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02
Derin Kuyu-6	0,42	0,20	0,15	0,68	0,33	0,23	0,09	0,04	0,03	0,03	0,03
Derin Kuyu-7	0,14	0,07	0,05	0,90	0,43	0,31	0,08	0,04	0,03	0,03	0,03
Derin Kuyu-8	0,18	0,09	0,06	0,36	0,17	0,12	0,07	0,03	0,02	0,02	0,02
Derin Kuyu-9	0,51	0,24	0,17	1,37	0,66	0,47	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Derin Kuyu-10	0,12	0,06	0,04	1,92	0,92	0,66	0,11	0,05	0,04	0,04	0,04
Derin Kuyu-11	0,22	0,11	0,08	0,33	0,16	0,11	0,10	0,05	0,04	0,04	0,04
Derin Kuyu-12	0,69	0,33	0,24	<DL	<DL	<DL	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02
Derin Kuyu-13	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02
Batı – Musluk Suyu	0,16	0,08	0,05	0,66	0,32	0,23	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02
Doğu – Musluk Suyu	0,42	0,20	0,14	0,37	0,18	0,13	0,08	0,04	0,03	0,03	0,03
Merkez – Musluk Suyu	0,19	0,09	0,07	0,64	0,31	0,22	0,09	0,04	0,03	0,03	0,03

DL: Dedeksiyon Limiti

Tablo 3.8. Su numunelerinin kış dönemine ait (Ocak) farklı yaş grupları için yıllık eşdeğer dozlar ($\mu\text{Sv y}^{-1}$)

ÖRNEK ADI	²³² Th				²²⁶ Ra				⁴⁰ K		
	Yetişkin	Çocuk	Bebek	Yetişkin	Çocuk	Bebek	Yetişkin	Çocuk	Yetişkin	Çocuk	Yetişkin
Derin Kuyu-1	0,31	0,15	0,11	<DL	<DL	<DL	<DL	0,03	0,06	0,03	0,02
Derin Kuyu-2	1,12	0,54	0,38	0,26	0,12	0,09	0,09	0,05	0,09	0,05	0,03
Derin Kuyu-3	0,54	0,26	0,19	0,34	0,16	0,12	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
Derin Kuyu-4	0,55	0,26	0,19	<DL	<DL	<DL	0,21	0,10	0,21	0,10	0,07
Derin Kuyu-5	0,27	0,13	0,09	0,39	0,19	0,13	0,12	0,06	0,12	0,06	0,04
Derin Kuyu-6	<DL	<DL	<DL	0,31	0,15	0,11	0,14	0,07	0,14	0,07	0,05
Derin Kuyu-7	0,52	0,25	0,18	1,08	0,52	0,37	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
Derin Kuyu-8	0,65	0,31	0,22	0,84	0,40	0,29	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
Derin Kuyu-9	0,65	0,31	0,22	0,74	0,35	0,25	0,10	0,05	0,10	0,05	0,04
Derin Kuyu-10	0,30	0,14	0,10	0,75	0,36	0,26	0,11	0,05	0,11	0,05	0,04
Derin Kuyu-11	0,77	0,37	0,26	0,84	0,40	0,29	0,05	0,03	0,05	0,03	0,02
Derin Kuyu-12	0,54	0,26	0,19	0,97	0,46	0,33	0,08	0,04	0,08	0,04	0,03
Derin Kuyu-13	0,87	0,42	0,30	<DL	<DL	<DL	0,09	0,04	0,09	0,04	0,03
Batı –Musluk Suyu	0,84	0,40	0,29	<DL	<DL	<DL	0,08	0,04	0,08	0,04	0,03
Doğu –Musluk Suyu	0,43	0,21	0,15	<DL	<DL	<DL	0,08	0,04	0,08	0,04	0,03
Merkez –Musluk Suyu	0,58	0,28	0,20	0,61	0,29	0,21	0,07	0,03	0,07	0,03	0,02

DL: Dedeksiyon Limiti

Tablo 3.9. Toprak örneklerindeki soğurulmuş doz oranı, Ra eşdeğeri, dış tehlike indeksi, yıllık gonad doz eşdeğeri ve yıllık etkin doz eşdeğeri değerleri

Örnek Adı	D (nGy/h)	Ra _{eq} (Bq/kg)	H _{ex}	AGDE (µSv/yıl)	AEDE (µSv/yıl)
Derin Kuyu-1	25,26±0,89	52,07±1,92	0,14	181,58±6,25	30,98±1,09
Derin Kuyu-2	31,17±1,25	64,43±2,70	0,17	223,30±8,77	38,22±1,53
Derin Kuyu-3	33,70±1,29	70,33±2,80	0,19	240,74±9,10	41,33±1,59
Derin Kuyu-4	28,36±1,08	58,89±2,35	0,16	203,20±7,61	34,78±1,33
Derin Kuyu-5	29,47±1,04	60,98±2,25	0,16	211,04±7,28	36,14±1,27
Derin Kuyu-6	22,67±1,10	47,47±2,41	0,13	161,52±7,75	27,81±1,35
Derin Kuyu-7	28,80±1,18	59,87±2,57	0,16	206,32±8,32	35,32±1,45
Derin Kuyu-8	26,65±1,17	55,58±2,53	0,15	190,41±8,20	32,69±1,43
Derin Kuyu-9	26,13±1,11	55,32±2,42	0,15	185,33±7,76	32,05±1,36
Derin Kuyu-10	26,00±1,06	53,69±2,29	0,15	186,62±7,45	31,89±1,30
Derin Kuyu-11	48,03±1,42	99,88±3,08	0,27	343,64±10,0 1	58,90±1,74
Derin Kuyu-12	25,45±1,14	55,10±2,50	0,15	179,42±7,95	31,21±1,39
Derin Kuyu-13	17,77±0,90	36,64±1,94	0,10	127,70±6,32	21,79±1,10

3.3. Suların Kimyasal Analiz Sonuçları

Suların ağır metal analizi, Spectro Genesis marka ICP-OES kimyasal analiz cihazı ile yapılmıştır. Yaz ve kış olmak üzere yapılan kimyasal analiz sonuçları; yaz dönemi için Tablo 3.10' da, kış dönemi için Tablo 3.11' de verilmiştir. Ayrıca yaz dönemine ait dağılım grafikleri Şekil 3.1.' de ve kış dönemine ait dağılım grafikleri Şekil 3.2.' de verilmiştir.

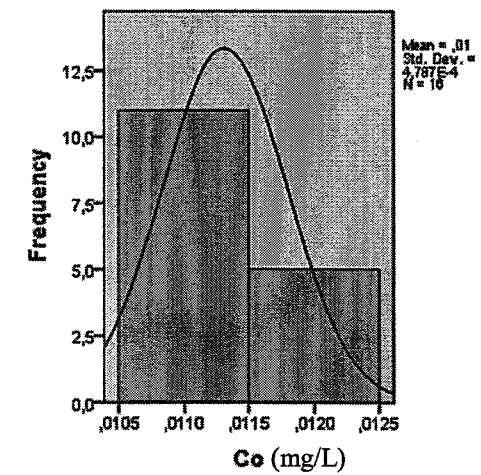
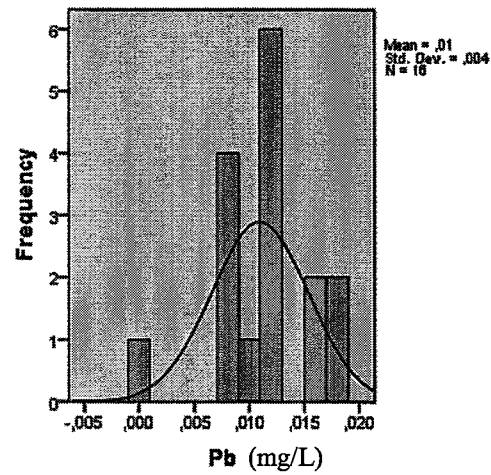
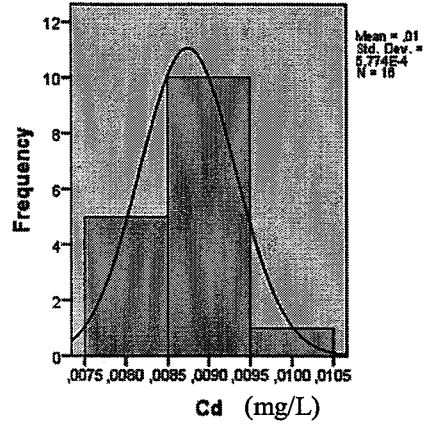
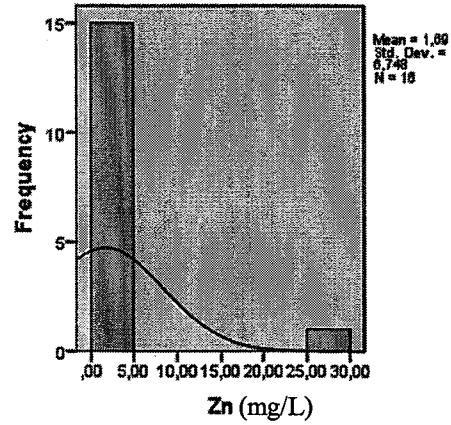
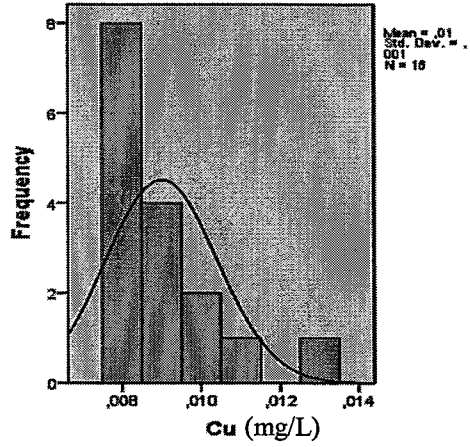
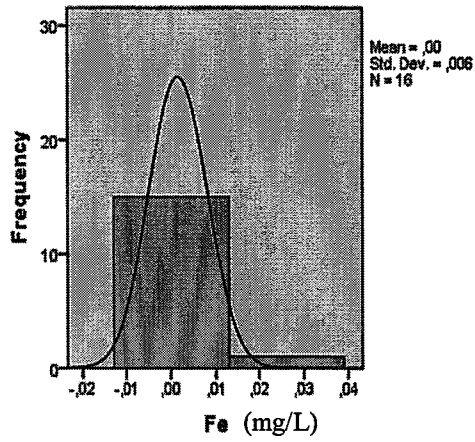
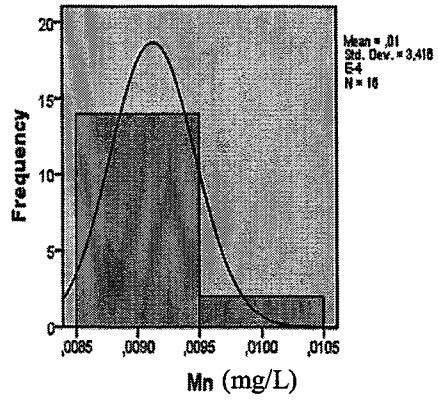
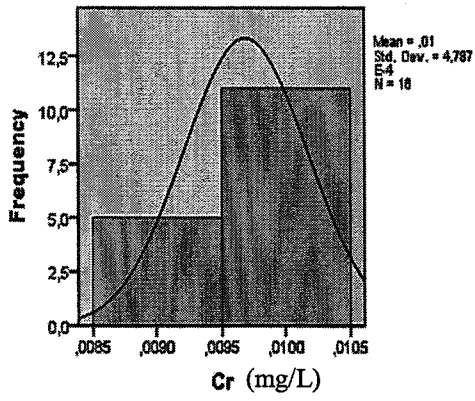
Tablo 3.10. Suların Yaz (Ağustos) Dönemine Ait Ağır Metal Analizi(mg/L)

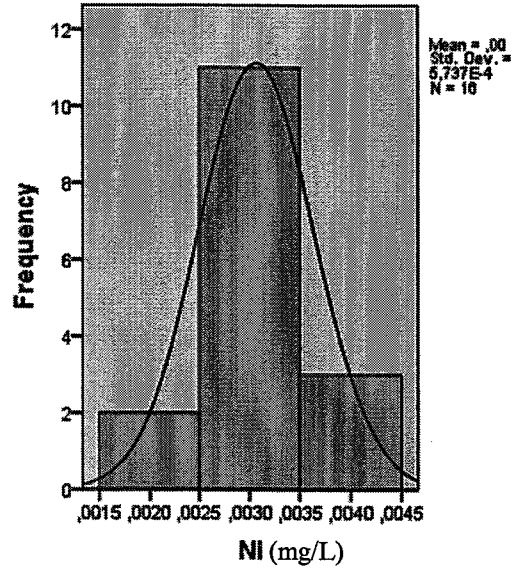
Örnek Adı	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Co	Ni
DK-1	0,0100±0,0003	0,0090±0,0001	<DL	0,0100±0,0005	0,0110±0,0012	0,0090±0,0001	0,0080±0,0005	0,0110±0,0003	0,0030±0,0003
DK-2	0,0090±0,0006	0,0090±0,0001	<DL	0,0090±0,0007	0,0070±0,0007	0,0090±0,0002	0,0180±0,0009	0,0120±0,0005	0,0030±0,0003
DK-3	0,0090±0,0001	0,0100±0,0013	<DL	0,0080±0,0001	0,0050±0,0005	0,0090±0,0001	0,0120±0,0013	0,0110±0,0004	0,0030±0,0003
DK-4	0,0090±0,0005	0,0090±0,0001	<DL	0,0080±0,0004	0,0060±0,0007	0,0080±0,0002	0,0120±0,0009	0,0120±0,0004	0,0030±0,0003
DK-5	0,0100±0,0006	0,0090±0,0001	<DL	0,0090±0,0010	0,0020±0,0002	0,0080±0,0003	0,0110±0,0012	0,0110±0,0006	0,0030±0,0003
DK-6	0,0100±0,0012	0,0090±0,0001	0,0260±0,0007	0,0100±0,0007	0,0260±0,0022	0,0090±0,0001	0,0080±0,0009	0,0110±0,0008	0,0040±0,0005
DK-7	0,0100±0,0002	0,0090±0,0001	<DL	0,0080±0,0004	0,0040±0,0005	0,0090±0,0001	<DL	0,0120±0,0002	0,0040±0,0004
DK-8	0,0100±0,0005	0,0090±0,0001	<DL	0,0090±0,0001	0,0060±0,0007	0,0090±0,0005	0,0170±0,0019	0,0110±0,0006	0,0030±0,0004
DK-9	0,0100±0,0002	0,0090±0,0001	<DL	0,0080±0,0001	0,0060±0,0008	0,0080±0,0004	0,0110±0,0012	0,0110±0,0007	0,0030±0,0004
DK-10	0,0090±0,0003	0,0100±0,0012	<DL	0,0130±0,0001	0,0100±0,0011	0,0100±0,0003	0,0100±0,0011	0,0110±0,0006	0,0020±0,0002
DK-11	0,0100±0,0005	0,0090±0,0001	<DL	0,0080±0,0004	0,0040±0,0005	0,0090±0,0001	0,0070±0,0008	0,0110±0,0006	0,0040±0,0005
DK-12	0,0100±0,0005	0,0090±0,0001	<DL	0,0080±0,0002	0,0050±0,0006	0,0090±0,0001	0,0070±0,0008	0,0110±0,0007	0,0030±0,0004
DK-13	0,0090±0,0006	0,0090±0,0001	<DL	0,0110±0,0002	0,0030±0,0004	0,0090±0,0002	0,0120±0,0013	0,0110±0,0004	0,0030±0,0004
DOĞU	0,0100±0,0006	0,0090±0,0001	<DL	0,0090±0,0002	0,0080±0,0009	0,0080±0,0001	0,0150±0,0014	0,0120±0,0003	0,0020±0,0003
BATI	0,0100±0,0003	0,0090±0,0001	<DL	0,0080±0,0005	0,0050±0,0006	0,0080±0,0001	0,0150±0,0017	0,0110±0,0006	0,0030±0,0003
MERKEZ	0,0100±0,0005	0,0090±0,0001	<DL	0,0080±0,0001	0,0050±0,0006	0,0090±0,0004	0,0120±0,0014	0,0120±0,0002	0,0030±0,0004

DK: Derin Kuyu

DL: Dedeksiyon Limiti

Doğu, Batı Merkez: Musluk Suyu





Şekil 3.1. Ağır metallerin yaz (Ağustos) dönemine ait dağılım grafikleri

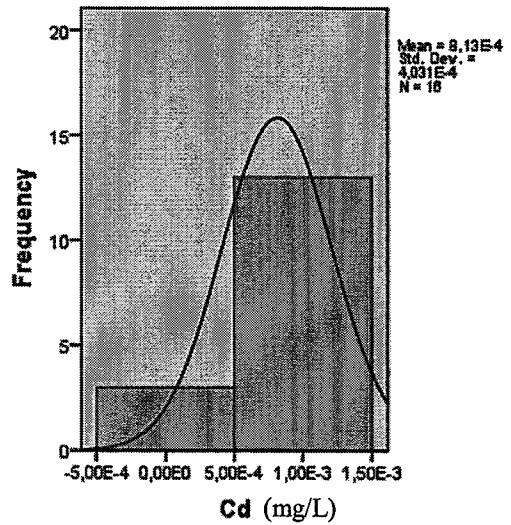
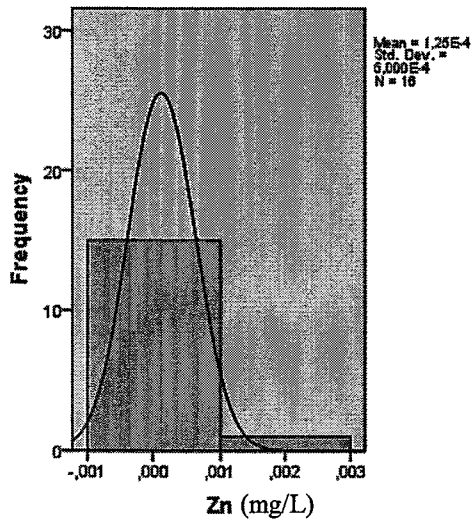
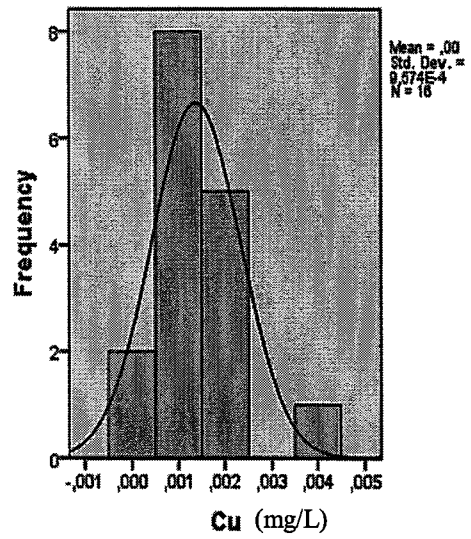
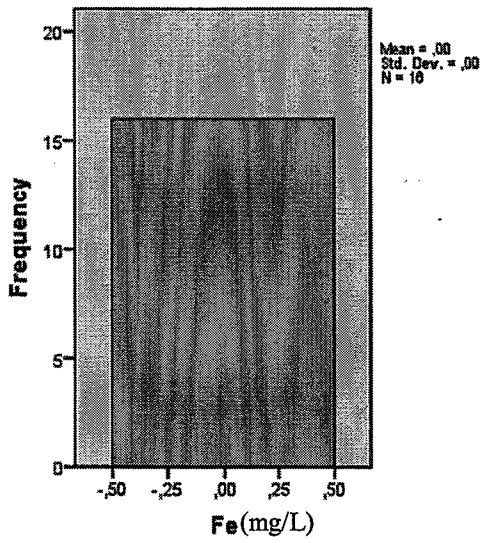
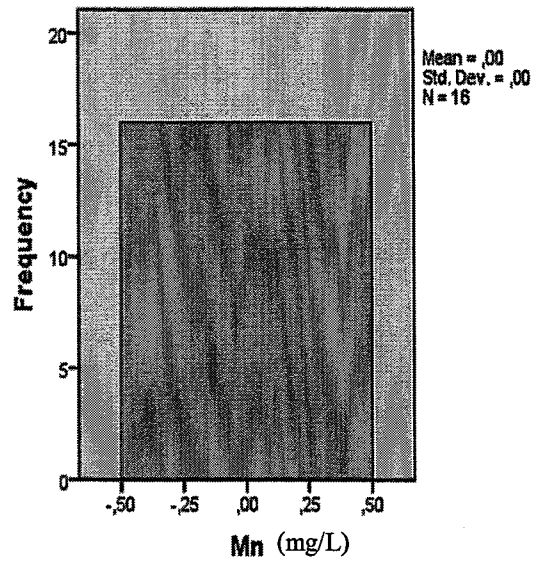
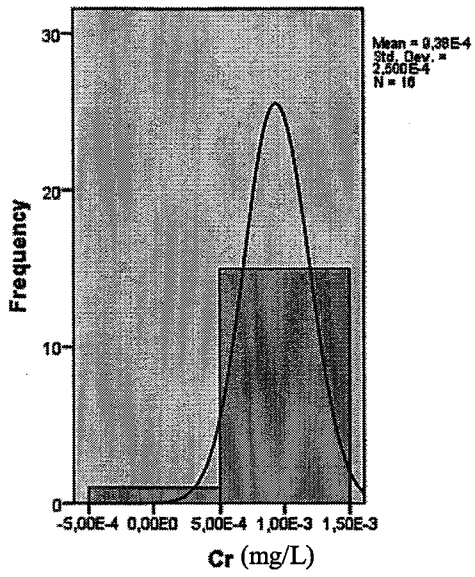
Tablo 3.11. Suların Kış (Ocak) Dönemine Ait Ağır Metal Analizi(mg/L)

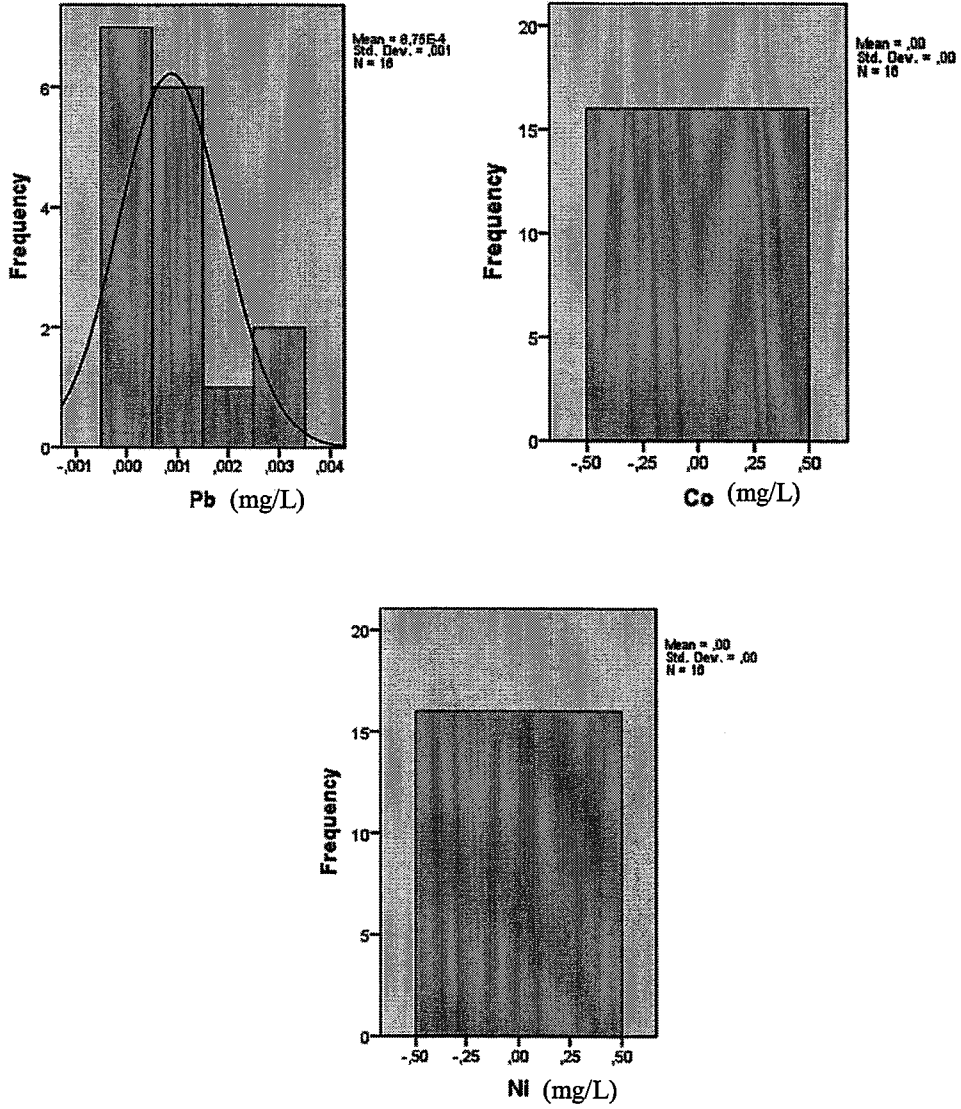
Örnek Adı	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Co	Ni
DK-1	0,0010±0,0001	<DL	<DL	0,0010±0,0001	<DL	0,0010±0,0001	0,0010±0,0001	<DL	<DL
DK-2	0,0010±0,0001	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	0,0010±0,0001	<DL	<DL
DK-3	0,0010±0,0001	<DL	<DL	0,0010±0,0001	<DL	0,0010±0,0001	0,0010±0,0001	<DL	<DL
DK-4	0,0010±0,0001	<DL	<DL	0,0020±0,0003	<DL	0,0010±0,0001	0,0010±0,0001	<DL	<DL
DK-5	0,0010±0,0001	<DL	<DL	0,0020±0,0003	<DL	0,0010±0,0001	0,0010±0,0001	<DL	<DL
DK-6	0,0010±0,0001	<DL	<DL	0,0010±0,0001	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
DK-7	0,0010±0,0001	<DL	<DL	0,0020±0,0003	<DL	0,0010±0,0001	0,0030±0,0002	<DL	<DL
DK-8	0,0010±0,0001	<DL	<DL	0,0010±0,0001	<DL	0,0010±0,0001	<DL	<DL	<DL
DK-9	0,0010±0,0001	<DL	<DL	0,0020±0,0003	<DL	0,0010±0,0001	<DL	<DL	<DL
DK-10	0,0010±0,0001	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL	<DL
DK-11	0,0010±0,0001	<DL	<DL	0,0040±0,0003	0,002	0,0010±0,0001	0,0010±0,0001	<DL	<DL
DK-12	0,0010±0,0001	<DL	<DL	0,0010±0,0001	<DL	0,0010±0,0001	<DL	<DL	<DL
DK-13	0,0010±0,0001	<DL	<DL	0,0010±0,0001	<DL	0,0010±0,0001	<DL	<DL	<DL
DOĞU	0,0010±0,0001	<DL	<DL	0,0010±0,0001	<DL	0,0010±0,0001	<DL	<DL	<DL
BATI	0,0010±0,0001	<DL	<DL	0,0020±0,0003	<DL	0,0010±0,0001	0,0030±0,0004	<DL	<DL
MERKEZ	<DL	<DL	<DL	0,0010±0,0001	<DL	0,0010±0,0001	0,0020±0,0003	<DL	<DL

Doğu, Batı Merkez: Musluk Suyu

DL: Dedeksiyon Limiti

DK: Derin Kuyu





Şekil 3.2. Ağır metallerin kış (Ocak) dönemine ait dağılım grafikleri

3.5. Radyoaktivite ve Kimyasal analiz Sonuçlarının Korelasyon Değerleri

IBM SPSS Statistics Standard Edition programı ile analiz edilen korelasyon değerleri yaz dönemi için Tablo 3.12.' te ve kış dönemi için Tablo 3.13.' te verilmiştir.

Tablo 3.12. Suların Yaz (Ağustos) Dönemine Ait Korelasyon Değerleri

Değişken	Gross- α	Gross- β	Th	Ra	K	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Co	Ni
Gross- α	1													
Gross- β	0,059	1												
Th	0,029	-0,168	1											
Ra	0,222	0,262	-0,086	1										
K	0,051	-0,048	-0,229	0,121	1									
Cr	0,162	0,095	0,296	-0,058	-0,022	1								
Mn	-0,045	-0,274	-0,274	0,312	0,148	-0,561*	1							
Fe	-0,153	-0,142	0,225	0,071	0,138	0,174	-0,098	1						
Cu	-0,341	0,100	-0,432	0,373	0,193	-0,394	0,414	0,189	1					
Zn	0,162	0,759**	-0,134	0,051	0,123	0,174	-0,098	-0,066	-0,188	1				
Cd	-0,114	0,133	-0,295	0,140	0,233	-0,302	0,507*	0,115	0,572*	0,116	1			
Pb	-0,217	0,202	-0,063	-0,123	-0,349	-0,293	0,006	-0,177	0,043	0,064	-0,268	1		
Co	0,295	0,409	-0,151	0,134	-0,001	-0,127	-0,255	-0,174	-0,295	0,383	-0,181	0,073	1	
Ni	0,223	-0,262	0,161	-0,270	0,163	0,319	-0,383	0,436	-0,411	-0,029	0,050	-0,551*	-0,076	1

Tablo 3.13. Suların Kış (Ocak) Dönemine Ait Korelasyon Değerleri

Değişken	Gross- α	Gross- β	Th	Ra	K	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	Cd	Pb	Co	Ni
Gross- α	1													
Gross- β	0,395	1												
Th	-0,274	-0,314	1											
Ra	-0,273	0,029	-0,039	1										
K	0,034	-0,116	-0,192	-0,429	1									
Cr	-0,249	-0,235	-0,018	-0,111	0,073	1								
Mn	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a							
Fe	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a						
Cu	-0,232	0,284	-0,009	0,190	-0,018	0,104	.a	.a	1					
Zn	-0,215	0,073	0,210	0,273	-0,136	0,067	.a	.a	0,731**	1				
Cd	-0,189	0,137	0,159	0,008	-0,301	-0,124	.a	.a	0,540*	0,124	1			
Pb	0,265	0,614*	-0,063	0,007	-0,264	-0,293	.a	.a	0,323	0,033	0,262	1		
Co	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	
Ni	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a	.a

a. Değişkenlerden biri sabit olduğu için ölçülemedi

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yeraltı suları, akışları sırasında çeşitli kayalardan geçerler. Bunun sonucunda da içinden geçtiği kayaç ile kaya-su etkileşimi yaparak kayaçlardan element ve mineraller alırlar. Alınan bu element ve mineraller; suların, mineralli ve radyoaktif gibi özelliklere sahip olmasını sağlar. Yeraltı suyunun etkileşimde kaldığı kayaç türü, radyoaktiviteye sahip elementleri yoğun olarak bulunduruyorsa; su, düşük veya yüksek seviyede radyoaktivite özelliği kazanır. Suyun sahip olduğu alfa-beta radyoaktivite değerleri, radyoaktif elementlerin su içinde hangi oranlarda bulunduğu bir göstergesidir. Alfa-beta radyoaktivite analizleri de radyoaktivite araştırmalarında belirteç olarak kullanıldığı için önemlidir.

Bu tez çalışmasında, Giresun'un merkez ilçe şebeke suyu kaynaklarının (Giresun' un doğusunda bulunan Aksu Deresi kenarında 9 kuyu ve Giresun' un batısında bulunan Batlama Deresi kenarında yer alan 4 kuyu) radyoaktivite seviyeleri ölçüldü, etkin doz eşdeğerleri hesaplandı ve kimyasal analizleri yapıldı. Bununla birlikte, su kaynaklarının etrafından alınan toprak numunelerinin radyoaktivite ölçümleri de yapıldı.

Ölçümler sonucunda su kaynakları için yaz mevsimine ait toplam alfa aktifliklerinin $(0,016\pm 0,006)-(0,045\pm 0,009)$ Bq/L aralığında toplam beta aktifliklerinin ise $(0,064\pm 0,015)-(0,159\pm 0,023)$ Bq/L aralığında olduğu ölçüldü. Gama spektroskopisi ölçümleri sonucunda şebeke kaynak suları için aktivite değerlerinin; ^{232}Th için $(0,69\pm 0,30)-(4,09\pm 0,77)$ mBq/L, ^{226}Ra için $(1,62\pm 0,29)-(9,37\pm 0,74)$ mBq/L ve ^{40}K için $(3,71\pm 2,64)-(26,65\pm 2,97)$ mBq/L aralığında olduğu, toprak numuneleri için aktivite değerlerinin; ^{232}Th için $(8,70\pm 0,67)-(25,01\pm 1,11)$ Bq/Kg, ^{226}Ra için $(7,42\pm 0,48)-(22,64\pm 0,60)$ Bq/Kg, ^{137}Cs için $(3,17\pm 0,22)-(29,05\pm 0,68)$ Bq/Kg, ^{40}K için $(182,77\pm 5,96)-(538,68\pm 9,82)$ Bq/Kg aralığında olduğu ölçüldü.

Bununla birlikte kış mevsimine ait toplam alfa aktifliklerinin $(0,008\pm 0,006)-(0,041\pm 0,008)$ Bq/L aralığında toplam beta aktifliklerinin ise $(0,021\pm 0,021)-(0,140\pm 0,019)$ Bq/L aralığında olduğu ölçüldü. Gama spektroskopisi ölçümleri sonucunda şebeke kaynak suları için aktivite değerlerinin, ^{232}Th için $(1,59\pm 0,62)-(6,65\pm 0,86)$ mBq/L, ^{226}Ra için $(1,26\pm 0,23)-(4,73\pm 0,55)$ mBq/L ve

^{40}K için (11,54±2,75)-(47,05±3,42) mBq/L aralığında olduğu, toprak numuneleri için aktivite değerlerinin; ^{232}Th için (8,56±0,71)-(22,58±1,34) Bq/Kg, ^{226}Ra için (7,65±0,47)-(21,65±0,89) Bq/Kg, ^{137}Cs için (1,06±0,17)-(35,34±0,76) Bq/Kg, ^{40}K için (197,13±5,91)-(387,32±7,72) Bq/Kg aralığında olduğu ölçüldü.

Tablo 4.1. Toplam alfa ve beta aktifliği verilerinin çeşitli kaynaklarla kıyaslanması

ÜLKE	SU TİPİ	Toplam Alfa (mBq/l)	Toplam Beta (mBq/l)	REFERANSLAR
İtalya	İ.S.	<18.2-128.2	<41.6-258.9	Desideri vd.[10]
Meksika	İ.S.	<11-415	<26-695	Davila Rangel vd.[27]
İspanya	İ.S.	<DL- 2280	<DL-880	Palomo vd.[28]
Yunanistan	İ.S.	8-94	71-350	Karamanis vd.[29]
Türkiye (D.Karadeniz)	İ.S.	0.2-15	25.2-264.4	Damla vd.[30]
Türkiye (S.B.)	İ.S.	100	1000	T.C. Sağlık Bakanlığı[31]
Türkiye (Ç. ve O.B.)	İ.S.	37	370	T.C. Resmi Gazete[32]
WHO	İ.S.	500	1000	World Health Organization[23]
Türkiye (Giresun)	İ.S.	19-41	41-259	*

*: Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler DL: Dedeksiyon limiti

Çalışmamızda içme suları (doğu, batı, merkez musluk suları) için toplam alfa aktiflik değerlerinin 19-41 mBq/l, toplam beta aktiflik değerlerinin 41-259 mBq/l arasında değiştiği saptanmıştır. Tablo 4.1’de toplam alfa ve beta aktiflik verilerimizin çeşitli kaynaklarla kıyaslanmasına yer verilmiştir.

WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından içme suları için belirlenmiş limit değerler toplam alfa ve beta aktiflikleri için sırasıyla 500 mBq/L ve 1000 mBq/L’dir. Dünya Sağlık Örgütü’nün içme suları için tavsiye ettiği sınır değerler suyun, ömür boyu tüketilmesi durumunda insanın alacağı radyasyon dozunun sağlık yönünden herhangi bir hasar oluşturmayacağı fikrinden hareketle tespit edilmiştir. Bütün su numunelerinin toplam alfa ve beta aktiflik değerleri WHO’nun belirlediği limit değerlerin altındadır.

Sağlık Bakanlığının 2005 yılında yayınladığı bir çalışmada toplam alfa ve beta aktiflikleri için sınır değerlerini sırasıyla 100 mBq/L ve 1000 mBq/L olarak tespit edilmiştir. Toplam alfa ve beta aktiflikleri için bu çalışmadaki veriler Sağlık Bakanlığının limit değerlerinin altındadır.

2004 yılında Resmi Gazetede yayınlanan Çevre ve Orman Bakanlığının tebliğinde limit değerler, toplam alfa ve beta aktiflikleri için sırasıyla 37 mBq/L ve 370 mBq/L'dir. Bu çalışmada içme suları (doğu, batı, merkez musluk suları) için elde edilen tüm değerler Sağlık Bakanlığının öngördüğü sınır değerlerin altındadır. Tablo 4.1'e bakıldığında, bu çalışmanın diğer çalışmalarla genel olarak uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Tablo 4.2. ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite değerlerinin çeşitli kaynaklarla kıyaslanması

ÜLKE	SU TİPİ	^{226}Ra (mBq/L)	^{232}Th (mBq/L)	^{40}K (mBq/L)	REFERANSLAR
Türkiye	İ.S.	3-45	-	<DL-290	Cevik vd. [5]
Pakistan	İ.S.	8-15	4-6	92-216	Fatima vd. [18]
Yunanistan	İ.S.	0,6-22,1	-	-	Karamanis vd.[29]
İtalya	İ.S.	0,2-1200	-	-	Sgorbati ve Forte[33]
Türkiye (Giresun)	İ.S.	1,83-3,23	0,95-5,02	12,18- 18,88	*

*: Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler DL: Dedeksiyon limiti

Giresun' un içme sularında (doğu, batı, merkez musluk suları) yapılan gama spektroskopisi analizleri, bu sulara ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K gibi radyoaktif çekirdekler olduğunu göstermiştir. Gama Spektroskopisi analizleri sonucunda elde edilen ^{226}Ra , ^{232}Th ve ^{40}K aktivite değerleri ve bu değerlerin bazı kaynaklarla kıyaslaması Tablo 4.2'de verilmiştir.

Bu çalışmada ^{226}Ra aktivite değerleri içme suları (doğu, batı, merkez musluk suları) için 1,83-3,23 mBq/L aralığında bulunmuştur. İçme sularında ^{226}Ra aktivitesi için bu çalışma ile diğer çalışmalar karşılaştırıldığında, içme sularında

²²⁶Ra aktivitesi değerlerinin Pakistan'daki araştırma verilerinden daha kk olduğu görülmüştür.

²³²Th aktivite değerleri çalışmamızda içme suları (doğu, batı, merkez musluk suları) için 0,95–5,02 mBq/L aralığında bulunmuştur.

⁴⁰K aktivite değerleri bu çalışmada içme suları (doğu, batı, merkez musluk suları) için 12,18–18,88 mBq/L aralığında bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen ⁴⁰K aktivitesi değerleri Pakistan'da yapılan araştırma sonuçlarının oldukça altındadır.

Yapılan hesaplamalarda etkin doz eşdeğerlerinin yetişkin, ocuk ve bebeklerde sırasıyla, ²³²Th için 0,12-0,69 $\mu\text{Sv y}^{-1}$, 0,06-0,33 $\mu\text{Sv y}^{-1}$, 0,04-0,24 $\mu\text{Sv y}^{-1}$, ²²⁶Ra için 0,33-1,92 $\mu\text{Sv y}^{-1}$, 0,16-0,92 $\mu\text{Sv y}^{-1}$, 0,11-0,66 $\mu\text{Sv y}^{-1}$, ⁴⁰K için 0,02-0,12 $\mu\text{Sv y}^{-1}$, 0,01-0,06 $\mu\text{Sv y}^{-1}$, 0,01-0,04 $\mu\text{Sv y}^{-1}$ aralıklarında oldukları hesaplandı. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre Tablo 4.3.' de verilen doğal kaynak sularındaki radyoaktif çekirdeklerin yıllık etkin doz eşdeğerleri limitlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.3. Doğal kaynak sularındaki radyoaktif çekirdeklerin yıllık etkin doz eşdeğerleri

Yaş Grupları	D ($\mu\text{Sv.y}^{-1}$)		
	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Yetişkinler	10,2	3,7	1,7
Çocuklar	4,9	1,8	0,8
Bebekler	3,5	1,3	0,6

Çalışmamız da su numunelerine ait kimyasal analizler yaz ve kiş olmak üzere mevsimsel olarak yapılmış olup Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Pb, Co ve Ni gibi ağır metal elementlerinin Tablo 3.10 ve Tablo 3.11' de verildiği üzere çeşitli oranlarda konsantrasyonları tespit edilmiştir. Buna göre yaz mevsimine ait ölçüm sonuçlarından; Cr (0,0090±0,0006)–(0,0100±0,0012) mg/L, Mn (0,0090±0,0006)–(0,0100±0,0012) mg/L, olduğu ölçülmüştür.

Şekil 3.1. ve Şekil 3.2.’ de verilen ağır metallerin yaz (ağustos) ve kış (ocak) dönemine ait dağılım grafiklerinde de görüldüğü üzere Pearson Korelasyon istatistik yöntemiyle aralarındaki ilişkiler araştırıldı. Yapılan bu istatistik sonucunda yaz dönemi için; Zn-Toplam β ($r=0,759$), Cd-Mn ($r=0,507$), Cd-Cu ($r=0,572$) arasında sıkı bir ilişki olduğu ve kış dönemi için; Zn-Cu ($r=0,731$), Pb-Toplam β ($r=0,614$), Cd-Cu ($r=0,540$) arasında sıkı bir ilişki olduğu sonucuna varıldı.

Toplam gösterge dozunun doğrudan ölçülmesi mümkün olmadığından alfa ve beta radyoaktivitesine dayalı izleme sınır değerleri kullanılmaktadır. Bu bağlamda, daha önce Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından toplam alfa aktivitesi için 0,1 Bq/L, toplam beta aktivitesi için 1,0 Bq/L olarak tavsiye edilen radyoaktivite limitleri, toplam gösterge dozu kavramı çerçevesinde yeniden düzenlenerek 2006 yılında yayımlanan “Guidelines for Drinking-water Quality, First Addendum Volume 1, Recommendations, Third Edition,” adlı içme suyu kalitesi ile ilgili kılavuzunun 9 Bölümünde (Radiological aspects), alfa yayınlayıcılara ait izleme sınır değeri olarak (toplam alfa aktivitesi) 0,5 Bq/L, beta yayınlayıcılara ait izleme sınır değeri olarak ise (toplam beta aktivitesi) 1,0 Bq/L verilmiştir Buna göre, toplam alfa aktivitesi 0,5 Bq/L ve toplam beta aktivitesi 1,0 Bq/L değerlerini karşılayan içme sularına ait toplam gösterge dozunun 0,1 mSv/yıl limit değerini aşmayacağı kabul edilmektedir.

Bütün su numunelerinin toplam alfa, toplam beta aktiflik değerleri ve yıllık eşdeğer doz değerleri WHO’nun belirlediği limit değerlerin altındadır. Yapılan tüm ölçümler sonucunda Giresun merkez ilçe şebeke sularının insan sağlığını tehdit edecek seviyelerde radyasyon içermediği ve element fazlalığına sahip olmadığı anlaşılmıştır.

Sonuç olarak; merkez ilçesinde yaklaşık 100 bin kişinin yaşadığı Giresun’da tüketilen şebeke suyunun kirlilik ve radyolojik açıdan uygun olduğu belirlenmiştir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Kobyay Y., 2009. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Doğal Kaynak ve Maden Sularında Radyoaktiflik Tayini, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, K.T.Ü., Trabzon.
- [2] Ağaoğlu S., Ekici K., Alemdar S., Dede S., 1999. Van ve Yöresi Kaynak Sularının Mikrobiyolojik, Fiziksel ve Kimyasal Kaliteleri Üzerine Araştırmalar, Van Tıp Dergisi, 6 (2), 30-33.
- [3] Özman H., Kūlahcı F., Çukurovalı A., Doğru M., 2004. Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey), Chemosphere, 55, 401-408.
- [4] Öztürk N., Yılmaz Y. Z., 2000. Trace Elements and Radioactivity levels in drinking water near Tunçbilek Coal-Fired Power Plant in Kütahya Turkey, Technical Note, 34, 704-708.
- [5] Çevik U., Damla N., Karahan G., Çelebi N., Kobyay A.I., 2006. Natural Radioactivity in Tap Waters of Eastern Black Sea Region of Turkey, Radiation Protection Dosimetry, 118, 88-92.
- [6] Pritchard M., Mkandawire T., O'Neill J. G., 2007. Biological, chemical and physical drinking water quality from shallow wells in Malawi: Case study of Blantyre, Chiradzulu and Mulanje, Physical and Chemistry of the Earth, 32, 1167-1177.
- [7] Ana Elisa Sirito de Vives, Sandra Maria Boscolo Brienza, Moreira S., Orgheda Luiza Araujo Domingues Zucchi, Regina Cely Barroso, Virgilio Franco do Nascimento Filho, 2007. Evaluation of the availability of heavy metals in lake sediments using SR-TXRF, Nuclear Instruments and Methods In Physics Research A, 579, 503-506.
- [8] Ana Julia Fernandes C. de Oliveira, Heloisa C. Hollnagel, Hilda de S. Lima Mesquita, Roberto Fioravanti C. Fontes, 2007. Physical, chemical and microbiological characterization of the intertidal sediments of Pereque Beach, Guaruja (SP) Brazil, Marine Pollution Bulletin, 54, 921-927.

- [9] Power K. N., Nagy L. A., 1999. Relationship between bacterial regrowth and some physical and chemical parameters within Sydney's drinking water distribution system, *Wat. Res.*, 33, 741-750.
- [10] Desideri D., Meli M. A., Feduzi L., Roselli C., Rongoni A., Saetta D., 2007. ^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra , ^{210}Po concentrations of bottled mineral waters in Italy and their dose contribution, *Journal of Environmental Radioactivity*, 94, 86-97.
- [11] Demirak A., Yilmaz F., Tuna A. L., Özdemir N., 2006. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey, *Chemosphere*, 63, 1451-1458.
- [12] Tamasi G., Cini R., 2004. Heavy metals in drinking waters from Mount Amiata (Tuscany, Italy). Possible risks from arsenic for public health in the Province of Siena, *Science of the Total Environment*, 327, 41-51.
- [13] Mora A., Mac-Quhae C., Calzadilla M., Sanchez L., 2009. Survey of trace metals in drinking water supplied to rural populations in the eastern Llanos of Venezuela, *Journal of Environmental Management*, 90, 752-759.
- [14] Wyatt C. J., Fimbres C., Romo L., Mendez R. O., Grijalva M., 1998. Incidence of heavy metal contamination in water supplies in northern Mexico, 76, 114-119.
- [15] Benamar M. A., Zerrouki A., Idiri Z., Tobbeche S., 1997. Natural and artificial radioactivity levels in sediments in Algiers Bay, *Technical Note*, 48, 1161-1164.
- [16] Selçuk Zorer Ö., Ceylan H., 2009. Determination of heavy metals and comparison to gross radioactivity concentration in soil and sediment samples of the Bendimahi River Basin (Van, Turkey), *Water Air Soil Pollut*, 196, 75-87.
- [17] Meybeck M., Lestel L., Bonte P., Moilleron R., Colin J. L., Rousselot O., Herve D., Ponteves C., Grosbois C., Thevenot D. R., 2007. Historical perspective of heavy metals contamination (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) in the Seine River basin (France) following a DPSIR approach (1950–2005), *Science of the Total Environment*, 375, 204-231.

- [18] Fatima I., Zaidi J. H., Arif M., Tahir S. N. A., 2007. Measurement of natural radioactivity bottled drinking water in Pakistan and consequent dose estimates, *Radiation Protection Dosimetry*, 123, 234-240.
- [19] Cevik U., Baltas H., Tabak A., Damla N., 2010. Radiological and chemical assessment of phosphate rocks in some countries, *Journal of Hazardous Materials*, 182, 531-535.
- [20] Varol S., 2011. Yeraltı Sularında Toplam Alfa Ve Beta Radyoaktivitesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi Cilt:1 Sayı:3 s.101-106*,
- [21] IAEA, 1996. ‘‘Radiation Safety’’ , IAEA Division of Public Information, 96-00725 IAEA/P1/A47E.
- [22] Karahan G., 1997. İstanbul’un Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Tayini ve doğal Radyasyonların Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri, Doktora Tezi, İ.T.Ü. , Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- [23] David Drury, 2013. Report on regulations and standards for drinking water quality Draft.
- [24] EPA 900.0, 1980. Gross Alpha and Gross Beta Radioactivity in Drinking Water.
- [25] Standart Methods 7110 B: Evaporation Method for Gross Alpha-Beta, 2000.
- [26] Standart Methods 7110 C: Coprecipitation Method for Gross Alpha Radioactivity in Drinking Water, 2000.
- [27] Davila Rangel, J.I., Lopez del Rio H., Mireles Garcia F., Quirino Torres L., Villalba M.L., Colmenero Sujo L. ve Montero Cabrera M.E., 2002. Radioactivity in Bottled Waters Sold in Mexico, *Applied Radiation and Isotopes*, 56, 931-936
- [28] Palomo M., Penalver A., Borrull F. ve Aguilar C., 2007. Measurement of Radioactivity in Bottled Drinking Water in Spain, *Applied Radiaton and Isotopes*, 65, 1165-1172.
- [29] Karamanis D., Stamoulis K., ve Ioannides K.G., 2007. Natural Radionuclides and Heavy Metals in Bottled Water in Greece, *Desalination*, 213, 90-97.

- [30] Damla N., Cevik U., Karahan G. ve Kobya A.İ., 2006. Gross Alpha and Beta Activities in Tap Waters in Eastern Black Sea Region of Turkey, Chemosphere, 62, 957-960.
- [31] T.C. Sağlık Bakanlığı, 2005. Su Temini ve Denetimi ile İlgili Yasal Düzenlemeler, Ankara.
- [32] T.C. Resmi Gazete, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Çevre ve Orman Bakanlığı), Sayı:25687.
- [33] Sgorbati G. ve Forte M., 1997. Determination of ^{238}U and ^{226}Ra Concentrations in Drinking Waters in Lombardia Region, Italy, Communication to UNSCEAR Secretariat.
- [34] Turhan Ş., 2007. Assessment of the natural radioactivity and radiological hazards in Turkish cement and its raw materials

ÖZGEÇMİŞ

Orhan MEMİŞ, 1983 yılında Giresun' da doğdu. İlköğrenimini Bulancak Yunus Emre İlköğretim Okulu' nda ve lise öğrenimini ise Bulancak Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi' nde tamamladı. 2002 yılında Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü' nde lisans eğitime başladı ve 2008 yılında mezun oldu. 2010 yılında Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı' nda yüksek lisans programına başlamıştır.