



T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**DOKTORA TEZİ**

**NEVŞEHİR İLİNİN TOPRAK, SU VE TARIM ÜRÜNLERİNDE  
DOĞAL RADYOAKTİVİTENİN VE AĞIR METALLERİN  
BELİRLENMESİ**

**Nesli BİNGÖLDAĞ**

**Fizik Anabilim Dalı**

**Nükleer Fizik Programı**

*P. Samur*

**DANIŞMAN**  
**Yrd. Doç. Dr. Pelin OTANSEV**

**Kasım, 2017**

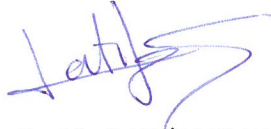
**İSTANBUL**

Bu çalışma, 8.11.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Anabilim Dalı, Nükleer Fizik Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

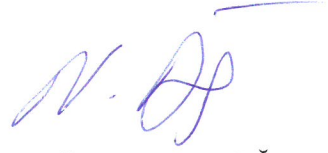
### Tez Jürisi



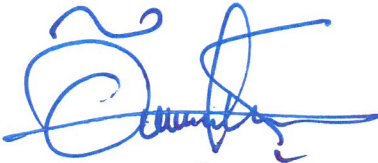
Yrd. Doç. Dr. Pelin OTANSEV(Danışman)  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi



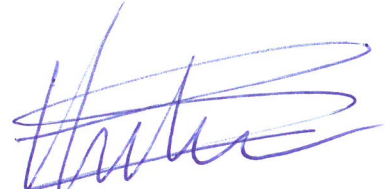
Prof. Dr. Latife ŞAHİN YALÇIN  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi



Prof. Dr. Nilgün BAYDOĞAN  
İstanbul Teknik Üniversitesi  
Enerji Enstitüsü



Doç. Dr. Önder KILIÇ  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi



Doç. Dr. Gürsel KARAHAN  
TAEK  
ÇNAEM Müdürü



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

## ÖNSÖZ

Doktora öğrenimim ve tez çalışmalarım boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, gösterdiği her türlü destek, yardım, özveri, sabır ve anlayıştan dolayı çok değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Pelin OTANSEV'e en içten dileklerle çok teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışmamın deneysel kısımlarının gerçekleştirilmesinde Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi laboratuvarlarını kullanmama izin veren Merkez Müdürü Doç. Dr. Gürsel KARAHAN'a,

Sağlık Fiziği Bölümü Radyasyon Ölçme ve Kontrol Birimi olarak daima desteklerini gördüğüm ve anlayışlarından dolayı Dr. Berna ATAKSOR, Janset BULUR YAPICI, Dr. Volkan ŞİMŞEK, Cevdet ÖZÜAĞ ve tüm mesai arkadaşlarıma, numunelerin alınmasını ve hazırlanmasını birlikte gerçekleştirdiğim Mehmet KOÇAK'a,

Radyoaktivite Ölçme ve Analiz Birimi'nden toprak numunelerinin gama spektrometresi ile analizinde yardımlarından dolayı Ayhan YÜKSEL, Dr. Nurdan GÜNGÖR ve Dr. Nilgün ORHAN'a, su numunelerinin toplam alfa ve toplam beta analizinde Halim TAŞKIN'a,

Analitik Ölçme ve Analiz Birimi'nden toprak numunelerinin WDXRF spektrometre cihazı ile analizinde yardımlarından dolayı Dr. Asiye BAŞSARI ve Necati YILMAZ'a, su numunelerinin anyon analizinde Dr. Seval BAYÜLKEN'e ve Dr. Aysun KAYGUN'a, su numunelerinin element analizinde Dr. Yusuf Ziya YILMAZ'a,

Haritaların hazırlanmasında Enis KAPDAN'a,

Nevşehir il, ilçe ve köy evlerine radon dedektörlerinin dağıtılması, toprak, su ve gıda numunelerinin alınması esnasında gerekli araç ve personel yardımını sağlayan Nevşehir Valiliğine, Nevşehir İl Özel İdaresine ve personeline, ayrıca anlayışlı Nevşehir halkına,

Hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen, sabır ve hoşgörülerıyla daima yanımda olan varlıklarından güç aldığım canım aileme, sevgili eşim M. Murat BİNGÖLDAĞ'a ve Tolan ailesine sonsuz teşekkür ederim.

Kasım 2017

Nesli BİNGÖLDAĞ

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
TABLO LİSTESİ.....	xxi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ .....	xxv
ÖZET.....	xxx
SUMMARY.....	xxxiii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL KISIMLAR .....</b>	<b>7</b>
2.1. RADYASYON VE RADYOAKTİVİTE .....	7
2.2. İYONLAŞTIRICI RADYASYONLAR .....	8
2.2.1. Elektromanyetik Radyasyonlar .....	8
2.2.2. Parçacık Radyasyonlar.....	9
2.3. RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ.....	10
2.3.1. Alfa Parçacığının Madde ile Etkileşmesi .....	10
2.3.2. Beta Parçacığının Madde ile Etkileşmesi .....	12
2.3.3. X ve Gama Işınlmasının Madde ile Etkileşmesi .....	13
2.3.3.1. Fotoelektrik Etkisi.....	13
2.3.3.2. Compton Etkisi.....	14
2.3.3.3. Çift Oluşumu.....	14
2.3.3.4. Göreceli Önemleri .....	15
2.4. RADYASYON BİRİMLERİ VE TANIMLARI .....	15
2.5. RADYASYON KAYNAKLARI.....	17
2.5.1. Doğal Radyasyon Kaynakları .....	18
2.5.1.1 Toprakta Bulunan Doğal Radyasyon Kaynakları.....	21
2.5.1.2. Sulara Bulunan Doğal Radyasyon Kaynakları.....	27
2.5.1.3. Çevresel Doğal Radyasyon Kaynakları .....	27
2.5.1.4. Ev İçi Radon Kaynakları .....	28
2.6. RADON GAZININ İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ.....	30
2.7. MİNERAL VE ESER ELEMENTLER .....	31

2.8. AĞIR METALLER VE İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ .....	33
2.9. LİTERATÜRDE BULUNAN BENZER ÇALIŞMALAR .....	37
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM.....</b>	<b>56</b>
3.1. NEVŞEHİR İLİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ .....	56
3.2. ÇEVRESEL GAMA DOZ HIZLARININ BELİRLENMESİ .....	63
3.2.1. Sintilasyon (Parıldama) Dedektörü .....	64
3.3. TOPRAK NUMUNELERİNDE <sup>226</sup> Ra, <sup>232</sup> Th, <sup>40</sup> K VE <sup>137</sup> Cs AKTİVİTE KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ .....	65
3.3.1. Toprak Numunelerinin Araziden Alınması .....	65
3.3.2. Toprak Numunelerinin Gama Spektrometresi İçin Analize Hazırlanması .....	65
3.3.3. Toprak Numunelerinin Analizinde Kullanılan Gama Spektrometresi .....	66
3.3.4. Toprak Numunelerinin Gama Spektrometresinde Analizi .....	75
3.4. TOPRAK NUMUNELERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ .....	78
3.4.1. Toprak Numunelerinin Elementel Analiz İçin Hazırlanması .....	78
3.4.2. Toprak Numunelerinin Elementel Analizinde Kullanılan Sayım Sistemi .....	78
3.4.3. Toprak Numunelerinin WDXRF Spektrometresinde Analizi .....	86
3.5. SU NUMUNELERİNDE TOPLAM ALFA VE TOPLAM BETA AKTİVİTE KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ .....	87
3.5.1. Su Numunelerinin Alınması .....	87
3.5.2. Su Numunelerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Analizi İçin Hazırlanması .....	88
3.5.3. Su Numunelerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Aktivite Analizinde Kullanılan Sayım Sistemi .....	90
3.5.4. Su Numunelerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Sayım Sisteminde Analizi .....	97
3.6. SU NUMUNELERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ .....	98
3.6.1. Su Numunelerinin Element Analizi İçin Hazırlanması .....	98
3.6.2. Su Numunelerinin Element Analizinde Kullanılan ICP-OES Cihazı .....	100
3.6.3. Su Numunelerinin Element Analizi .....	105
3.7. SU NUMUNELERİNDE ANYON KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ.....	110
3.7.1. Su Numunelerinin Anyon Analizi İçin Hazırlanması .....	110
3.7.2. Su Numunelerinin Anyon Analizinde Kullanılan İyon Kromatografi Cihazı ..	111
3.7.3. Su Numunelerinin Anyon Analizi .....	117
3.8. TARIM ÜRÜNLERİNDE <sup>226</sup> Ra, <sup>232</sup> Th, <sup>40</sup> K VE <sup>137</sup> Cs AKTİVİTE KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ .....	122
3.8.1. Tarım Ürünlerinin Alınması .....	122

3.8.2. Tarım Ürünlerinin Gama Spektrometresi İçin Analize Hazırlanması .....	122
3.8.3. Tarım Ürünlerinin $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ ve $^{137}\text{Cs}$ Analizinde Kullanılan Sayım Sistemi .....	123
3.8.4. Tarım Ürünlerinin Gama Spektrometresinde Analizi .....	123
3.9. TARIM ÜRÜNLERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ .....	124
3.9.1. Tarım Ürünlerinin Element Analizi İçin Hazırlanması .....	124
3.9.1.1. Mikrodalga ile Çözünürleştirme .....	125
3.9.2. Tarım Ürünlerinin Element Analizinde Kullanılan ICP-OES Cihazı .....	128
3.9.3. Tarım Ürünlerinin ICP-OES Cihazı ile Element Analizi .....	128
3.10. NEVŞEHİR İLİNİN EVLERİNDE RADON AKTİVİTE KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ .....	129
3.10.1. CR-39 Plastik Pasif İz Dedektörleri .....	130
3.10.2. Radon Dedektörlerinin Evlere Dağıtılması ve Toplanması .....	131
3.10.3. Radon Dedektörlerinin Analize Hazırlanması .....	132
3.10.4. Kimyasal İz Kazıma (Etching) Yöntemi .....	133
3.10.5. Otomatik İz Sayım Sistemi ve CR-39 Dedektörlerin Değerlendirilmesi .....	134
3.11. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN DİĞER MALZEMELER .....	136
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>141</b>
4.1. NEVŞEHİR İLİ AÇIK ALAN ÇEVRESEL GAMA DOZ HIZI SONUÇLARI .....	141
4.2. NEVŞEHİR İLİ TOPRAK NUMUNELERİNDE BELİRLENEN $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ VE $^{137}\text{Cs}$ AKTİVİTE KONSANTRASYONLARI .....	144
4.2.1. Toprak Numunelerinde $^{226}\text{Ra}$ Aktivite Konsantrasyonu .....	146
4.2.2. Toprak Numunelerinde $^{232}\text{Th}$ Aktivite Konsantrasyonu .....	149
4.2.3. Toprak Numunelerinde $^{40}\text{K}$ Aktivite Konsantrasyonu .....	151
4.2.4. Toprak Numunelerinde $^{137}\text{Cs}$ Aktivite Konsantrasyonu .....	154
4.2.5. Toprak Numunelerinde Doğal Gama Aktivite Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon .....	157
4.3. NEVŞEHİR İLİ TOPRAK NUMUNELERİNDE BELİRLENEN ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI .....	160
4.3.1. Toprak Numunelerinde Arsenik (As) Konsantrasyonu .....	165
4.3.2. Toprak Numunelerinde Baryum (Ba) Konsantrasyonu .....	168
4.3.3. Toprak Numunelerinde Seryum (Ce) Konsantrasyonu .....	170
4.3.4. Toprak Numunelerinde Kobalt (Co) Konsantrasyonu .....	171
4.3.5. Toprak Numunelerinde Krom (Cr) Konsantrasyonu .....	173
4.3.6. Toprak Numunelerinde Bakır (Cu) Konsantrasyonu .....	175

4.3.7. Toprak Numunelerinde Galyum (Ga) Konsantrasyonu.....	178
4.3.8. Toprak Numunelerinde Lantan (La) Konsantrasyonu.....	179
4.3.9. Toprak Numunelerinde Mangan (Mn) Konsantrasyonu.....	180
4.3.10. Toprak Numunelerinde Niobyum (Nb) Konsantrasyonu .....	182
4.3.11. Toprak Numunelerinde Nikel (Ni) Konsantrasyonu .....	184
4.3.12. Toprak Numunelerinde Kurşun (Pb) Konsantrasyonu .....	186
4.3.13. Toprak Numunelerinde Rubidyum (Rb) Konsantrasyonu.....	189
4.3.14. Toprak Numunelerinde Stronsiyum (Sr) Konsantrasyonu .....	190
4.3.15. Toprak Numunelerinde Toryum (Th) Konsantrasyonu .....	192
4.3.16. Toprak Numunelerinde Uranyum (U) Konsantrasyonu .....	194
4.3.17. Toprak Numunelerinde Vanadyum (V) Konsantrasyonu.....	197
4.3.18. Toprak Numunelerinde İtiryum (Y) Konsantrasyonu .....	198
4.3.19. Toprak Numunelerinde Çinko (Zn) Konsantrasyonu.....	200
4.3.20. Toprak Numunelerinde Zirkonyum (Zr) Konsantrasyonu.....	203
4.3.21. Toprak Numunelerinde Kalsiyumoksit (CaO) Konsantrasyonu .....	204
4.3.22. Toprak Numunelerinde Titanyum Dioksit (TiO <sub>2</sub> ) Konsantrasyonu.....	206
4.3.23. Toprak Numunelerinde Demir-III-Oksit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) Konsantrasyonu.....	208
4.4. NEVŞEHİR İLİ SU NUMUNELERİNDE TOPLAM ALFA VE TOPLAM BETA AKTİVİTE KONSANTRASYONLARI .....	209
4.4.1. Su Numunelerinde Toplam Alfa Aktivite Konsantrasyonu.....	211
4.4.2. Su Numunelerinde Toplam Beta Aktivite Konsantrasyonu .....	214
4.5. NEVŞEHİR İLİ SU NUMUNELERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI .....	216
4.5.1. Su Numunelerinde Gümüş (Ag) Konsantrasyonu.....	220
4.5.2. Su Numunelerinde Alüminyum (Al) Konsantrasyonu .....	221
4.5.3. Su Numunelerinde Arsenik (As) Konsantrasyonu .....	223
4.5.4. Su Numunelerinde Baryum (Ba) Konsantrasyonu.....	225
4.5.5. Su Numunelerinde Berilyum (Be) Konsantrasyonu.....	227
4.5.6. Su Numunelerinde Kadmiyum (Cd) Konsantrasyonu .....	228
4.5.7. Su Numunelerinde Kobalt (Co) Konsantrasyonu.....	229
4.5.8. Su Numunelerinde Krom (Cr) Konsantrasyonu.....	230
4.5.9. Su Numunelerinde Sezyum (Cs) Konsantrasyonu .....	231
4.5.10. Su Numunelerinde Bakır (Cu) Konsantrasyonu.....	234
4.5.11. Su Numunelerinde Demir (Fe) Konsantrasyonu .....	236
4.5.12. Su Numunelerinde Civa (Hg) Konsantrasyonu.....	238

4.5.13. Su Numunelerinde Potasyum (K) Konsantrasyonu.....	240
4.5.14. Su Numunelerinde Magnezyum (Mg) Konsantrasyonu .....	242
4.5.15. Su Numunelerinde Mangan (Mn) Konsantrasyonu.....	245
4.5.16. Su Numunelerinde Nikel (Ni) Konsantrasyonu .....	247
4.5.17. Su Numunelerinde Kurşun (Pb) Konsantrasyonu .....	249
4.5.18. Su Numunelerinde Antimon (Sb) Konsantrasyonu .....	250
4.5.19. Su Numunelerinde Selenyum (Se) Konsantrasyonu .....	251
4.5.20. Su Numunelerinde Stronsiyum (Sr) Konsantrasyonu .....	252
4.5.21. Su Numunelerinde Toryum (Th) Konsantrasyonu .....	254
4.5.22. Su Numunelerinde Uranyum (U) Konsantrasyonu .....	256
4.5.23. Su Numunelerinde Çinko (Zn) Konsantrasyonu .....	257
4.6. NEVŞEHİR İLİ SU NUMUNELERİNDE ANYON KONSANTRASYONLARI ...	259
4.6.1. Su Numunelerinde Florür (F <sup>-1</sup> ) Konsantrasyonu.....	262
4.6.2. Su Numunelerinde Klorür (Cl <sup>-1</sup> ) Konsantrasyonu .....	264
4.6.3. Su Numunelerinde Nitrit (NO <sub>2</sub> ) <sup>-1</sup> Konsantrasyonu .....	266
4.6.4. Su Numunelerinde Bromür (Br <sup>-1</sup> ) Konsantrasyonu.....	269
4.6.5. Su Numunelerinde Nitrat (NO <sub>3</sub> ) <sup>-1</sup> Konsantrasyonu.....	271
4.6.6. Su Numunelerinde Sülfat (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup> Konsantrasyonu .....	273
4.6.7. Su Numunelerinde Fosfat (PO <sub>4</sub> ) <sup>-3</sup> Konsantrasyonu.....	276
4.7. NEVŞEHİR İLİ TARIM ÜRÜNLERİNDE <sup>226</sup> Ra, <sup>232</sup> Th, <sup>40</sup> K VE <sup>137</sup> Cs AKTİVİTE KONSANTRASYONLARI .....	276
4.8. NEVŞEHİR İLİ TARIM ÜRÜNLERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI .....	279
4.8.1. Tarım Ürünlerinde Belirlenen Elementler ve Konsantrasyonları .....	284
4.9. NEVŞEHİR İLİ EVLERİNDE RADON AKTİVİTE KONSANTRASYONU .....	287
4.9.1. Yaz Dönemi Evlerde Radon Aktivite Konsantrasyonu .....	288
4.9.2. Kış Dönemi Evlerde Radon Aktivite Konsantrasyonu.....	291
4.9.3. Yaz ve Kış Dönemi Belirlenen Evlerde Radon Aktivite Konsantrasyonunun Karşılaştırılması.....	294
4.10. DOZ DEĞERLENDİRMELERİ .....	295
4.10.1. Çevresel Gama Işınlardan Alınan Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri (Dış Işınlanma) .....	295
4.10.2. Radon ve Ürünlerinden Alınan Yıllık Etkin Dozlar (İç Işınlanma) .....	296
4.10.3. Tüm Vücut İçin Dış ve İç Işınlanmalardan Alınan Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri	298
4.11. RİSK DEĞERLENDİRMELERİ .....	299

4.12. KARASAL (SOĞURULAN) GAMA DOZ HIZI VE RADYASYON TEHLİKE İNDEKSLERİ .....	301
4.12.1. Karasal Gama Doz Hızı .....	301
4.12.2. Karasal Gama Dozundan Kaynaklanan Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri .....	302
4.12.3. Karasal Gama Dozundan Kaynaklanan Yaşam Boyu Kanser Riski .....	303
4.12.4. Radyum Eşdeğer Aktivitesi ( $Ra_{eq}$ ) ve Dış Tehlike İndeksi ( $H_{ex}$ ).....	303
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>305</b>
5.1. ÇEVRESEL GAMA DOZ HIZLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ .....	305
5.2. NEVŞEHİR İLİ TOPRAK NUMUNELERİNDE BELİRLENEN $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ VE $^{137}\text{Cs}$ AKTİVİTE KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ .....	307
5.3. NEVŞEHİR İLİ TOPRAK NUMUNELERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	309
5.4. NEVŞEHİR İLİ SU NUMUNELERİNDE TOPLAM ALFA VE TOPLAM BETA AKTİVİTE KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	314
5.5. NEVŞEHİR İLİ SU NUMUNELERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	318
5.6. NEVŞEHİR İLİ SU NUMUNELERİNDE BELİRLENEN ANYON KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	321
5.7. NEVŞEHİR İLİ TARIM ÜRÜNLERİNDE BELİRLENEN $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ VE $^{137}\text{Cs}$ AKTİVİTE KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ .....	323
5.8. NEVŞEHİR İLİ TARIM ÜRÜNLERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	326
5.9. NEVŞEHİR İLİNİN BELİRLENEN EVLERİNDE RADON AKTİVİTE KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	331
5.10. DOZ VE RİSK DEĞERLENDİRMELERİ .....	335
5.11. KARASAL (SOĞURULAN) GAMA DOZU VE RADYASYON TEHLİKE İNDEKSLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	336
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>339</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>359</b>
EK 1. Nevşehir ili çevresel gama doz hızı ölçüm değerleri. ....	359
EK 2. Nevşehir ili toprak numunelerinde $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{137}\text{Cs}$ ve $^{40}\text{K}$ aktivite konsantrasyonu.....	369
EK 3. Nevşehir ili toprak numunelerinde WDXRF Spektrometresi ile eser element ve ağır metal analizi.....	377
EK 4. Nevşehir ili su numunelerinde toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonu.....	386
EK 5. Nevşehir ili su numunelerinde eser element ve ağır metal konsantrasyonu.....	392
EK 6. Nevşehir ili su numunelerinde anyon konsantrasyonu.....	398

EK 7. Nevşehir ili tarım ürünlerinde $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{137}\text{Cs}$ ve $^{40}\text{K}$ aktivite konsantrasyonu.....	403
EK 8. Nevşehir ili tarım ürünlerinde eser element ve ağır metal konsantrasyonu. ....	404
EK 9. Evlerde radon araştırması bilgi formu.....	405
EK 10. Radon nedir?.....	406
EK 11. Nevşehir ili evlerinde radon aktivite konsantrasyonu. ....	407
EK 12. Elementlerin periyodik tablosu. ....	415
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>416</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa No

Şekil 2.1: Alfa parçacıklarının menzilin enerjiye bağlılığı (Knoll, 1979). .....	11
Şekil 2.2: Dedektörün tespit ettiği alfa sayısının zırh kalınlığına göre değişimi (Knoll, 1979).....	11
Şekil 2.3: Beta parçacıklarının alüminyum ortamındaki enerji-menzil bağlılığı (Knoll, 1979).....	12
Şekil 2.4: <sup>210</sup> Bi izotopunun beta enerji spektrumu (Noz ve Maguire, 2007). .....	13
Şekil 2.5: Fotoelektrik olay. ....	14
Şekil 2.6: Compton olayı.....	14
Şekil 2.7: Çift oluşumu. ....	15
Şekil 2.8: Soğurucunun atom numarası ve fotonun enerjisine göre üç etkileşimin göreceli önemleri (Krane, 1988). ....	15
Şekil 2.9: Radyasyon kaynakları (Tüysüz, 2004).....	17
Şekil 2.10: Uranyum serisinin bozunum şeması (NCRP 97, 1988).....	18
Şekil 2.11: Toryum serisinin bozunum şeması (NCRP 97, 1988).....	19
Şekil 2.12: Aktinyum serisinin bozunum şeması (NCRP 97, 1988). ....	20
Şekil 2.13: Radon-222 oluşumu ve bozunma ürünleri (Köksal ve Çelebi, 2003). ....	24
Şekil 2.14: <sup>222</sup> Rn (Radon) ve <sup>220</sup> Rn (Toron) bozunum zinciri (TAEK Teknik Rapor, 2011). .....	25
Şekil 2.15: Toprakta radon geçirgenliği (Otton ve diğ., 1995). ....	26
Şekil 2.16: Radon potansiyelini etkileyen faktörler.....	26
Şekil 2.17: Radonun ev ortamına giriş yolları (Özkorucuklu ve diğ., 2006). ....	29
Şekil 2.18: Ev içi radon konsantrasyonuna etki eden faktörler (Köksal ve Çelebi, 2003). ...	29
Şekil 2.19: Ağır metallerin vücut sıvısındaki konsantrasyonuna bağlı olarak etkileri (Kahvecioğlu ve diğ., 2003). ....	36
Şekil 3.1: Türkiye haritası üzerinde Nevşehir ilinin konumu. ....	56

Şekil 3.2: Nevşehir ili ve ilçeleri. ....	57
Şekil 3.3: Nevşehir ilinin deprem bölgeleri ve diri fayları. ....	62
Şekil 3.4: FHZ 674 NBR model sintilasyon dedektörüne uyumlu Thermo Scientific RadEye SX marka taşınabilir dijital radyasyon ölçüm cihazı. ....	64
Şekil 3.5: NaI (Tl) sintilasyon dedektörü (Tapan, 2011). ....	64
Şekil 3.6: (a) Boş marinelli kaplar, (b) Gama spektrometresinde analize hazırlanan toprak numuneler. ....	66
Şekil 3.7: Gama spektrometrik analiz sistemi blok diyagramı. ....	67
Şekil 3.8: ÇNAEM Radyoaktivite Ölçme ve Analiz Birimi Gama Spektrometrik Analiz Laboratuvarı. ....	67
Şekil 3.9: Kurşun zırhla çevrelenmiş HPGe dedektörü. ....	68
Şekil 3.10: Önyükselteç çıkış sinyali. ....	69
Şekil 3.11: Anayükselteç çıkış sinyali. ....	70
Şekil 3.12: MCA'da pik oluşumu. ....	70
Şekil 3.13: Enerji - Kanal grafiği. ....	71
Şekil 3.14: Net pik alanı hesabı parametreleri (Genie 2000, 2006). ....	73
Şekil 3.15: Enerji-Verim eğrisi. ....	74
Şekil 3.16: Nevşehir'in 50T101 kodlu toprak numuneden elde edilen gama spektrumu. ....	76
Şekil 3.17: (a) Agat havan, (b) 40 mm çapında pellet kap, (c) Hidrolik press makinası, (d) Pellet haline gelen toprak numunesi. ....	78
Şekil 3.18: PANalytical Axios <sup>mAX</sup> marka Advanced model WDXRF Spektrometre cihazı. ....	79
Şekil 3.19: WDXRF spektrometresinin blok diyagramı. ....	80
Şekil 3.20: WDXRF spektrometresinin optik yapısı. ....	80
Şekil 3.21: Enerji seviyeleri ve karakteristik X-ışınımı. ....	81
Şekil 3.22: Farklı özellikte düzgün parlak yüzeyli analizör kristaller. ....	82
Şekil 3.23: Numuneden gelen ikincil X-ışınlarının kristal tarafından kırınımına uğraması (Bragg kanunu). ....	84
Şekil 3.24: NIST 2702 standart referans madde. ....	87

Şekil 3.25: Gazlı radyasyon sayacı ve dış devresi. ....	91
Şekil 3.26: Alfa/Beta için sayaç platoları ve çalışma voltajı. ....	92
Şekil 3.27: Alfa/Beta darbe yükseklik spektrumu. ....	93
Şekil 3.28: ÇNAEM Radyoaktivite Ölçme ve Analiz Birimi Toplam Alfa ve Toplam Beta Laboratuvarı Berthold marka LB770-PC model 10-kanallı düşük seviyeli planşet sayıcısı. ....	93
Şekil 3.29: Toplam alfa ve toplam beta sayım sisteminin blok diyagramı. ....	94
Şekil 3.30: Yüksek yoğunluklu 50 mL’lik polietilen kaplar. ....	98
Şekil 3.31: ÇNAEM Analitik Ölçme ve Analiz Birimi ICP-OES Laboratuvarı. ....	100
Şekil 3.32: ICP-OES cihazının ana bileşenleri ve bağlantı şeması. ....	101
Şekil 3.33: Plazma (ICP Torch) kaynağının bileşenleri. ....	102
Şekil 3.34: Perkin Elmer Optima 7000 sistemlerinde kullanılan optik ağ yapısı. ....	103
Şekil 3.35: PEQCStd21 ve birkaç tekli kalibrasyon standart çözeltisi. ....	105
Şekil 3.36: Plazma kontrol penceresi. ....	107
Şekil 3.37: Potasyum (K) elementinin kalibrasyon eğrisi ve emisyon spektrumu. ....	108
Şekil 3.38: Pık düzeltilmesine ihtiyaç olan ve düzeltilen Zn elementine ait spektrumlar. ..	109
Şekil 3.39: (a) 0.2 µm gözenekli membran filtre, (b) 10 mL’lik vial. ....	110
Şekil 3.40: Otoörnekleyici. ....	110
Şekil 3.41: ÇNAEM Analitik Ölçme ve Analiz Birimi İyon Kromatografi Laboratuvarı. .	111
Şekil 3.42: İyon Kromatografi cihazının üniteleri. ....	112
Şekil 3.43: Farklı akış hızlarında elde edilmiş anyon analizi spektrumları. ....	113
Şekil 3.44: Anyonların kolon içerisinde ayrılmasının şematik gösterimi. ....	115
Şekil 3.45: İletkenlik dedektörü için DC akış şeması. ....	116
Şekil 3.46: 6 portlu enjeksiyon valfi akış şeması. ....	116
Şekil 3.47: Dionex “Seven Anion Standard II” çözeltisi, 2017. ....	117
Şekil 3.48: Bilgisayar ekranında Cromeleon yazılım programı ile iyon kromatografi cihazı üniteleri. ....	119
Şekil 3.49: Standart çözeltiler içerisindeki anyonların kolonu terk etme süreleri. ....	120

Şekil 3.50: (a) Standart çözeltinin anyon analiz kromatogramı, (b) Kalibrasyon standart çözeltisi ile oluşturulan Florür anyonuna ait kalibrasyon doğrusu. ....	120
Şekil 3.51: Kozaklı ilçesi Akpınar köyü su numunesinin anyon analiz raporu.....	121
Şekil 3.52: Gama spektrometresinde analize hazırlanan tarım ürünleri. ....	123
Şekil 3.53: Kilitli poşetlerdeki ince öğütülmüş, toz halindeki tarım ürünleri. ....	124
Şekil 3.54: CEM marka MARS5 model mikrodalga cihazı. ....	125
Şekil 3.55: XP-1500 model teflon kaplar. ....	126
Şekil 3.56: Standart referans materyal (IAEA Wheat Flour V-2/1). ....	127
Şekil 3.57: XP-1500 model teflon kaplar ve içerisindeki numunelere ultra saf su ve asit karışımı ilave edilmiş görüntüsü. ....	127
Şekil 3.58: Çözünürleştirmeden sonra numunelerin filtreden geçirilme düzeneği.....	128
Şekil 3.59: PADC/CR-39 plastik pasif iz dedektörleri. ....	130
Şekil 3.60: Radon dedektörünün boyutları, kapağa sabitlenmiş CR-39 plastik pasif iz dedektörü ve radon dedektörünün folyolanmış görüntüsü. ....	131
Şekil 3.61: Dedektör tutucu (radoslide, slayt). ....	132
Şekil 3.62: Radon konsantrasyonuna bağlı olarak CR-39 dedektörün üzerinde oluşan alfa izleri.....	133
Şekil 3.63: Banyo ünitesi (RadoBath) ve aparatları.....	134
Şekil 3.64: RadoSys otomatik iz sayım sistemi (ÇNAEM Sağlık Fiziği Bölümü Radyasyon Ölçme ve Kontrol Birimi Radon Sayım Laboratuvarı).....	135
Şekil 3.65: Slaytın otomatik iz sayım sistemine yerleştirilmesi. ....	135
Şekil 3.66: İnce öğütücü cihaz. ....	137
Şekil 3.67: (a) Hassas terazi, (b) Binder marka etüv cihazı. ....	137
Şekil 3.68: (a) Elek sarsma cihazı, (b) Dijital dispenser. ....	138
Şekil 3.69: pH metre ve toprak numunesinde pH ölçüm düzeneği. ....	139
Şekil 3.70: Navitech marka QXV-522 Primo model konum belirleme cihazı.....	140
Şekil 3.71: Ultra saf su üretme cihazı. ....	140
Şekil 4.1: Çevresel gama doz hızlarının alındığı ölçüm noktaları. ....	142
Şekil 4.2: İlçelere göre çevresel gama doz hızı ortalama değerlerinin dağılımı. ....	143

Şekil 4.3: Çevresel gama doz hızı değerlerinin ölçüm sayısına göre dağılımı. ....	143
Şekil 4.4: Nevşehir ili çevresel gama doz hızı değerlerinin dağılım haritası. ....	144
Şekil 4.5: Toprak numunesi alım noktalarının Nevşehir il haritası üzerinde dağılımı. ....	145
Şekil 4.6: Toprak numunelerinde belirlenen $^{226}\text{Ra}$ aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre dağılımı. ....	147
Şekil 4.7: Toprak numunelerinde belirlenen $^{226}\text{Ra}$ aktivite konsantrasyonunun numune sayısına göre dağılımı. ....	148
Şekil 4.8: Toprak numunelerinde belirlenen $^{226}\text{Ra}$ aktivite konsantrasyonu dağılım haritası. ....	148
Şekil 4.9: Toprak numunelerinde belirlenen $^{232}\text{Th}$ aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre dağılımı. ....	150
Şekil 4.10: Toprak numunelerinde belirlenen $^{232}\text{Th}$ aktivite konsantrasyonunun numune sayısına göre dağılımı. ....	150
Şekil 4.11: Toprak numunelerinde belirlenen $^{232}\text{Th}$ aktivite konsantrasyonu dağılım haritası. ....	151
Şekil 4.12: Toprak numunelerinde belirlenen $^{40}\text{K}$ aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre dağılımı. ....	153
Şekil 4.13: Toprak numunelerinde belirlenen $^{40}\text{K}$ aktivite konsantrasyonunun numune sayısına göre dağılımı. ....	153
Şekil 4.14: Toprak numunelerinde belirlenen $^{40}\text{K}$ aktivite konsantrasyonu dağılım haritası. ....	154
Şekil 4.15: Toprak numunelerinde belirlenen $^{137}\text{Cs}$ aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre dağılımı. ....	156
Şekil 4.16: Toprak numunelerinde belirlenen $^{137}\text{Cs}$ aktivite konsantrasyonunun numune sayısına göre dağılımı. ....	156
Şekil 4.17: Toprak numunelerinde belirlenen $^{137}\text{Cs}$ aktivite konsantrasyonu dağılım haritası. ....	157
Şekil 4.18: $^{226}\text{Ra}$ ile $^{232}\text{Th}$ aktivite konsantrasyonları arasındaki korelasyon grafiği. ....	158
Şekil 4.19: $^{226}\text{Ra}$ ile $^{40}\text{K}$ aktivite konsantrasyonları arasındaki korelasyon grafiği. ....	159
Şekil 4.20: $^{40}\text{K}$ ile $^{232}\text{Th}$ aktivite konsantrasyonları arasındaki korelasyon grafiği. ....	159
Şekil 4.21: Eser element ve ağır metal analizleri yapılan toprak numunesi alım noktalarının Nevşehir il haritası üzerinde dağılımı. ....	161
Şekil 4.22: Toprak numunelerinde belirlenen As konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ..	166

Şekil 4.23: Nevşehir ili toprak numunelerinde As konsantrasyonu dağılım haritası. ....	167
Şekil 4.24: Toprak numunelerinde belirlenen Ba konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ..	168
Şekil 4.25: Nevşehir ili toprak numunelerinde Ba konsantrasyonu dağılım haritası. ....	169
Şekil 4.26: Toprak numunelerinde belirlenen Ce konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ..	170
Şekil 4.27: Toprak numunelerinde belirlenen Co konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ..	172
Şekil 4.28: Nevşehir ili toprak numunelerinde Co konsantrasyonu dağılım haritası. ....	172
Şekil 4.29: Toprak numunelerinde belirlenen Cr konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ...	174
Şekil 4.30: Nevşehir ili toprak numunelerinde Cr konsantrasyonu dağılım haritası. ....	175
Şekil 4.31: Toprak numunelerinde belirlenen Cu konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ..	176
Şekil 4.32: Nevşehir ili toprak numunelerinde Cu konsantrasyonu dağılım haritası. ....	177
Şekil 4.33: Toprak numunelerinde belirlenen Ga konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ..	178
Şekil 4.34: Toprak numunelerinde belirlenen La konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ..	180
Şekil 4.35: Toprak numunelerinde belirlenen Mn konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. .	181
Şekil 4.36: Nevşehir ili toprak numunelerinde Mn konsantrasyonu dağılım haritası. ....	182
Şekil 4.37: Toprak numunelerinde belirlenen Nb konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ..	183
Şekil 4.38: Toprak numunelerinde belirlenen Ni konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ...	185
Şekil 4.39: Nevşehir ili toprak numunelerinde Ni konsantrasyonu dağılım haritası. ....	185
Şekil 4.40: Toprak numunelerinde belirlenen Pb konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ..	187
Şekil 4.41: Nevşehir ili toprak numunelerinde Pb konsantrasyonu dağılım haritası. ....	188
Şekil 4.42: Toprak numunelerinde belirlenen Rb konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ..	190
Şekil 4.43: Toprak numunelerinde belirlenen Sr konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ...	191
Şekil 4.44: Nevşehir ili toprak numunelerinde Sr konsantrasyonu dağılım haritası. ....	192
Şekil 4.45: Toprak numunelerinde belirlenen Th konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ..	193
Şekil 4.46: Nevşehir ili toprak numunelerinde Th konsantrasyonu dağılım haritası. ....	194
Şekil 4.47: Toprak numunelerinde belirlenen U konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ....	195
Şekil 4.48: Nevşehir ili toprak numunelerinde U konsantrasyonu dağılım haritası. ....	196
Şekil 4.49: Toprak numunelerinde belirlenen V konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ....	198

Şekil 4.50: Toprak numunelerinde belirlenen Y konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ....	199
Şekil 4.51: Toprak numunelerinde belirlenen Zn konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ..	201
Şekil 4.52: Nevşehir ili toprak numunelerinde Zn konsantrasyonu dağılım haritası. ....	202
Şekil 4.53: Toprak numunelerinde belirlenen Zr konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ...	204
Şekil 4.54: Toprak numunelerinde belirlenen CaO konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. .....	205
Şekil 4.55: Toprak numunelerinde belirlenen TiO <sub>2</sub> konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. .....	207
Şekil 4.56: Toprak numunelerinde belirlenen Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları. ....	209
Şekil 4.57: Su numuneleri alım noktalarının Nevşehir il haritası üzerinde dağılımı. ....	211
Şekil 4.58: Su numunelerinde toplam alfa aktivite konsantrasyonunun ilçe ortalama değerleri. ....	212
Şekil 4.59: Nevşehir ili su numunelerinde belirlenen toplam alfa aktivite konsantrasyonu dağılım haritası. ....	213
Şekil 4.60: Su numunelerinde toplam beta aktivite konsantrasyonunun ilçe ortalama değerleri. ....	215
Şekil 4.61: Nevşehir ili su numunelerinde belirlenen toplam beta aktivite konsantrasyonu dağılım haritası. ....	215
Şekil 4.62: Elementel ve anyon analizi yapılan su numunelerinin alım noktalarının Nevşehir il haritası üzerinde dağılımı. ....	217
Şekil 4.63: Nevşehir ili su numunelerinde Ag konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. .	220
Şekil 4.64: Nevşehir ili su numunelerinde Al konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ..	222
Şekil 4.65: Nevşehir ili su numunelerinde As konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. .	223
Şekil 4.66: Nevşehir ili su numunelerinde As konsantrasyonu dağılım haritası. ....	224
Şekil 4.67: Nevşehir ili su numunelerinde Ba konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. .	226
Şekil 4.68: Nevşehir ili su numunelerinde Ba konsantrasyonu dağılım haritası. ....	226
Şekil 4.69: Nevşehir ili su numunelerinde Cd konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. .	229
Şekil 4.70: Nevşehir ili su numunelerinde Cr konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ..	231
Şekil 4.71: Nevşehir ili su numunelerinde Cs konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ..	233

Şekil 4.72: Nevşehir ili su numunelerinde Cs konsantrasyonu dağılım haritası. ....	233
Şekil 4.73: Nevşehir ili su numunelerinde Cu konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. .	235
Şekil 4.74: Nevşehir ili su numunelerinde Cu konsantrasyonu dağılım haritası. ....	235
Şekil 4.75: Nevşehir ili su numunelerinde Fe konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ..	237
Şekil 4.76: Nevşehir ili su numunelerinde Fe konsantrasyonu dağılım haritası. ....	237
Şekil 4.77: Nevşehir ili su numunelerinde Hg konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. .	239
Şekil 4.78: Nevşehir ili su numunelerinde K konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ...	241
Şekil 4.79: Nevşehir ili su numunelerinde K konsantrasyonu dağılım haritası. ....	242
Şekil 4.80: Nevşehir ili su numunelerinde Mg konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. .	244
Şekil 4.81: Nevşehir ili su numunelerinde Mg konsantrasyonu dağılım haritası. ....	244
Şekil 4.82: Nevşehir ili su numunelerinde Mn konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. .	246
Şekil 4.83: Nevşehir ili su numunelerinde Mn konsantrasyonu dağılım haritası. ....	246
Şekil 4.84: Nevşehir ili su numunelerinde Ni konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ..	248
Şekil 4.85: Nevşehir ili su numunelerinde Ni konsantrasyonu dağılım haritası. ....	249
Şekil 4.86: Nevşehir ili su numunelerinde Sr konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ..	253
Şekil 4.87: Nevşehir ili su numunelerinde Sr konsantrasyonu dağılım haritası. ....	254
Şekil 4.88: Nevşehir ili su numunelerinde Th konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. .	255
Şekil 4.89: Nevşehir ili su numunelerinde U konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ...	257
Şekil 4.90: Nevşehir ili su numunelerinde Zn konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. .	258
Şekil 4.91: Nevşehir ili su numunelerinde Zn konsantrasyonu dağılım haritası. ....	259
Şekil 4.92: Nevşehir ili su numunelerinde florür konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ....	263
Şekil 4.93: Nevşehir ili su numunelerinde florür konsantrasyonu dağılım haritası. ....	263
Şekil 4.94: Nevşehir ili su numunelerinde klorür konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ....	265
Şekil 4.95: Nevşehir ili su numunelerinde klorür konsantrasyonu dağılım haritası. ....	266
Şekil 4.96: Nevşehir ili su numunelerinde nitrit konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ....	267

Şekil 4.97: Nevşehir ili su numunelerinde nitrit konsantrasyonu dağılım haritası. ....	268
Şekil 4.98: Nevşehir ili su numunelerinde bromür konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ....	270
Şekil 4.99: Nevşehir ili su numunelerinde bromür konsantrasyonu dağılım haritası. ....	270
Şekil 4.100: Nevşehir ili su numunelerinde nitrat konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ....	272
Şekil 4.101: Nevşehir ili su numunelerinde nitrat konsantrasyonu dağılım haritası. ....	273
Şekil 4.102: Nevşehir ili su numunelerinde sülfat konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları. ....	274
Şekil 4.103: Nevşehir ili su numunelerinde sülfat konsantrasyonu dağılım haritası. ....	275
Şekil 4.104: Yaz ve kış dönemi Nevşehir evlerine yerleştirilen dedektörlerin il dağılımı. .	287
Şekil 4.105: Yaz dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonlarının il ve ilçe ortalamaları. ....	289
Şekil 4.106: Yaz dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonunun dedektör sayısına göre dağılımı. ....	290
Şekil 4.107: Yaz dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonunun dağılım haritası. ....	290
Şekil 4.108: Kış dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonlarının il ve ilçe ortalamaları. ....	292
Şekil 4.109: Kış dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonunun dedektör sayısına göre dağılımı. ....	293
Şekil 4.110: Kış dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonunun dağılım haritası. ....	293
Şekil 4.111: Yaz ve kış dönemi radon aktivite konsantrasyonları arasındaki korelasyon. ..	294
Şekil 4.112: Yaz ve kış dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonunun karşılaştırılması. ....	295

## TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1: İyonlaştırıcı radyasyon birimleri ve dönüşümleri. ....	16
Tablo 2.2: Çeşitli radyasyon türleri için kalite faktörü. ....	17
Tablo 2.3: Toprakta bulunan önemli doğal radyasyon kaynakları ve yarı ömürleri. ....	21
Tablo 2.4: Çeşitli kaya tiplerinden gelen gama radyasyonu doz oranları (Eisenbud,1987). .....	21
Tablo 2.5: Toprakta bulunan doğal radyoizotop konsantrasyonları (UNSCEAR 2000). ....	22
Tablo 2.6: Çeşitli kayalardaki ortalama uranyum konsantrasyonu (NCRP, 1977). ....	22
Tablo 2.7: Radonun radyoaktivite özellikleri (CLS, 1999). ....	24
Tablo 2.8: $^{40}\text{K}$ , $^{238}\text{U}$ ve $^{232}\text{Th}$ 'nin ortalama aktivite kütle konsantrasyonu ve buna karşılık havada soğurulan doz şiddetleri (UNSCEAR 1988). ....	28
Tablo 3.1: Enerji kalibrasyonunda kullanılan çoklu standart kalibrasyon kaynağı ve özellikleri. ....	72
Tablo 3.2: PANalytical Axios <sup>mAX</sup> marka Advanced model WDXRF Spektrometresinin özellikleri. ....	79
Tablo 3.3: Bazı elementlerin floresan fotonlarının enerjileri. ....	83
Tablo 3.4: WDXRF Spektrometresinde kullanılan analizör kristaller ve özellikleri. ....	85
Tablo 3.5: Element analizinde belirlenen analitlerin dalgaboyları. ....	106
Tablo 3.6: Dionex Seven Anion Standard II (Ana standart) bileşenleri ve konsantrasyonları. ....	118
Tablo 3.7: Hazırlanan kalibrasyon standart (STD) çözelti örneği. ....	118
Tablo 3.8: Mikrodalga cihazında üç aşamada programlanan çözünürleştirme işlemi. ....	127
Tablo 3.9: Tarım ürünlerinde tayin edilen elementlerin dalgaboyları. ....	129
Tablo 4.1: İlçelere göre çevresel gama doz hızı ortalama değerleri. ....	142
Tablo 4.2: Toprak numunelerinde belirlenen $^{226}\text{Ra}$ aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre değerleri. ....	146

Tablo 4.3: Toprak numunelerinde belirlenen $^{232}\text{Th}$ aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre değerleri. ....	149
Tablo 4.4: Toprak numunelerinde belirlenen $^{40}\text{K}$ aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre değerleri. ....	152
Tablo 4.5: Toprak numunelerinde belirlenen $^{137}\text{Cs}$ aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre değerleri. ....	155
Tablo 4.6: $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ ve $^{40}\text{K}$ radyoizotoplarının ilçelere göre ortalama aktivite konsantrasyonları. ....	158
Tablo 4.7: Nevşehir ilçelerine göre element ve bileşiklerin ortalama konsantrasyonları ve standart sapmaları ( $\mu\text{g/g}$ , ppm). ....	162
Tablo 4.8: Çevre ve Orman Bakanlığı Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Toprak Kirlilik Parametreleri Sınır Değerleri, Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerler (2005)..	163
Tablo 4.9: Çevre ve Orman Bakanlığı Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Toprak Kirlilik Parametreleri Sınır Değerleri, Kirlenmiş Toprakta Arıtma Sonucu Uyulması Gereken Sınır Değerler (2005). ....	163
Tablo 4.10: Toprak numunelerinde belirlenen eser elementler için; maksimum izin verilebilir değer aralığı ve bazı Avrupa Ülkelerinde önerilen değer aralıkları (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). ....	164
Tablo 4.11: Farklı ülkelerin toprak numunelerinde belirlenen eser elementlerin ortalama konsantrasyonu ( $\text{mg/kg}$ ) (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007).....	165
Tablo 4.12: Su numunelerinde toplam alfa aktivite konsantrasyonunun ilçe ortalama değerleri. ....	212
Tablo 4.13: Su numunelerinde toplam beta aktivite konsantrasyonunun ilçe ortalama değerleri. ....	214
Tablo 4.14: Nevşehir ilinin su numunelerinde analiz edilen elementlerin il geneli ve ilçelere göre ortalama konsantrasyon değerleri ( $\mu\text{g/L}$ , ppb) ( $n=3$ , n analiz sayısı) .....	218
Tablo 4.15: TS 266, WHO, EPA, Canada ve EC laboratuvarları tarafından içme suları için müsaade edilen maksimum konsantrasyonlar.....	219
Tablo 4.16: İçme sularında müsaade edilen maksimum anyon konsantrasyonu standartları ( $\mu\text{g/L}$ veya ppb). ....	260
Tablo 4.17: İlçelere göre anyon analiz sonuçları ( $\mu\text{g/L}$ ) veya (ppb), ( $n=3$ , n analiz sayısı). ....	261
Tablo 4.18: Nevşehir ili tarım ürünlerinde elde edilen $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ ve $^{137}\text{Cs}$ aktivite konsantrasyonları ( $\text{Bq/kg}$ ). ....	278

Tablo 4.19: UNSCEAR 2000 raporunda verilen tarım ürünlerindeki doğal aktivite konsantrasyonu. ....	279
Tablo 4.20: Nevşehir ili tarım ürünlerinde belirlenen elementlerin konsantrasyonları ( $\mu\text{g/g}$ ), (n=3, n analiz sayısı).....	285
Tablo 4.21: Ulusal ve Uluslararası bazı otorite kurumlara göre gıdalarda müsaade edilebilen bazı elementlerin üst konsantrasyon değerleri ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) (Deveci, 2012). ...	286
Tablo 4.22: Yaz dönemi Nevşehir il ve ilçelerinin ortalama radon aktivite konsantrasyonları (n=5, n sayım sayısı). ....	288
Tablo 4.23: Kış dönemi Nevşehir il ve ilçelerinin ortalama radon aktivite konsantrasyonları (n=5, n sayım sayısı). ....	291
Tablo 4.24: Nevşehir halkının bina dışı ortamda maruz kaldığı YEDE ve yaşam boyu alınan toplam dozlar. ....	296
Tablo 4.25: Ev içi radon solunumundan ve dokulara nüfus ederek vücut içinde çözünen radondan alınan toplam yıllık etkin doz eşdeğerleri (mSv). ....	298
Tablo 4.26: Dış ve iç ışınlamalardan alınan tüm vücut toplam yıllık etkin doz eşdeğeri. ...	298
Tablo 4.27: Risk hesaplarında kullanılan ICRP 60 raporunda önerilen dönüştürme katsayıları. ....	300
Tablo 4.28: Tüm vücut toplam yıllık etkin doz eşdeğeri ile yaşam süresi içinde tahmini akciğer kanseri olma riski ve bireysel ölüm riski. ....	301
Tablo 4.29: Hem karasal hem de doğrudan dedektör ile ölçülerek elde edilen karasal+kozmetik ışınlardan maruz kalınan yıllık etkin doz eşdeğerleri. ....	302
Tablo 4.30: Karasal gama dozundan kaynaklanan yaşam boyu kanser riski. ....	303
Tablo 4.31: $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ ve $^{40}\text{K}$ aktivite konsantrasyonlarından elde edilen radyum eşdeğer aktivitesi ve dış tehlike indeksi. ....	304
Tablo 5.1: Nevşehir, Türkiye illeri ve çeşitli ülkelerde elde edilen gama doz hızı ve yıllık etkin doz eşdeğerleri. ....	306
Tablo 5.2: Nevşehir ili toprak numunelerinde $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ ve $^{137}\text{Cs}$ aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre ortalamaları. ....	307
Tablo 5.3: Nevşehir, Türkiye'nin ve diğer ülkelerin çeşitli bölgelerinin topraklarında $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ ve $^{137}\text{Cs}$ aktivite konsantrasyonları. ....	308
Tablo 5.4: Türkiye'nin ve diğer ülkelerin çeşitli bölgelerinin topraklarında element konsantrasyonları ve sınır değerler ( $\text{mg/kg}$ ). ....	312
Tablo 5.5: Nevşehir ili toprak numunelerinde major bileşiklerin konsantrasyonları ve Türkiye'nin farklı illeri ile İtalya'daki değerlerin karşılaştırılması. ....	313

Tablo 5.6: Toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonlarının limit değerlerin üzerinde elde edildiği ilçe ve köylere ait değerler. ....	316
Tablo 5.7: Nevşehir, Türkiye'nin ve diğer ülkelerin çeşitli bölgelerinin sularında toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları. ....	317
Tablo 5.8: Türkiye'nin ve diğer ülkelerin çeşitli bölgelerinin sularında element konsantrasyonları ve içme suyu standartları. ....	320
Tablo 5.9: Nevşehir, Türkiye'nin farklı illeri ve İtalya'nın su numunelerinde ortalama anyon konsantrasyonları ve içme sularında müsaade edilen anyon standartları. ....	322
Tablo 5.10: Nevşehir ile Türkiye'nin ve farklı ülkelerin çeşitli bölgelerinin tarım ürünlerinde <sup>226</sup> Ra, <sup>232</sup> Th, <sup>40</sup> K ve <sup>137</sup> Cs aktivite konsantrasyonları. ....	324
Tablo 5.11: Çeşitli gıda türleri için genelleştirilmiş, yaygın olarak kullanılan eser element konsantrasyon limitleri (mg/kg) (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007). ....	327
Tablo 5.12: Nevşehir, Türkiye illeri ve diğer ülkelerin tarım ürünlerinde eser element ve ağır metal konsantrasyonları. ....	329
Tablo 5.13: Radon aktivite konsantrasyon limitleri (Bq/m <sup>3</sup> ) (EPA, 1992). ....	332
Tablo 5.14: Nevşehir, Türkiye illeri ve diğer ülkelerin evlerinde belirlenen ortalama radon aktivite konsantrasyonları. ....	334
Tablo 5.15: Nevşehir ve farklı illerde yaşayan halkın YEDE ve kanser riskleri. ....	336
Tablo 5.16: Nevşehir, Türkiye illeri ve diğer ülkelerin topraklarında ortalama aktivite konsantrasyonları ve hesaplanan karasal gama doz hızı ile yıllık etkin doz eşdeğerleri. ....	337
Tablo 5.17: Nevşehir, Türkiye illeri ve diğer ülkelerin radyum eşdeğer aktivitesi, dış tehlike indeksi ve karasal dozlardan yaşam boyu kanser riskleri. ....	338

## SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
$\alpha$	: Alfa
$\text{Å}$	: Angstrom ( $10^{-10}$ m)
$\beta$	: Beta
$c$	: Işık hızı ( $3 \times 10^8$ m/s)
$\varepsilon$	: Verim
$F\gamma$	: Bolluk, yayınlanma olasılığı
$\gamma$	: Gama
$h$	: Planck sabiti ( $6.626 \times 10^{-34}$ j.s)
$^{\circ}\text{K}$	: Kelvin
$\lambda$	: Lamda, dalgaboyu
$\text{M}\Omega$	: Megaohm
$\mu$	: Mikro, $10^{-6}$
$\mu\text{g}$	: Mikrogram
$\mu\text{m}$	: Mikrometre
$\mu\text{S}$	: Mikrosiemens
$\text{mm}^2$	: Milimetrekare
$^{\circ}$	: Derece
$t_{1/2}$	: Yarılanma süresi

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>ADC</b>	: Analog-to-Digital Converter
<b>Ag</b>	: Gümüş
<b>Al</b>	: Alüminyum
<b>As</b>	: Arsenik
<b>Ba</b>	: Baryum
<b>Be</b>	: Berilyum
<b>BEIR</b>	: Biological Effects of Ionizing Radiations
<b>Br</b>	: Brom
<b>Bq</b>	: Becquerel
<b>C</b>	: Coulomb
<b>Ca</b>	: Kalsiyum
<b>CCD</b>	: Charge Coupled Device
<b>Cd</b>	: Kadmiyum
<b>Ce</b>	: Seryum
<b>CF</b>	: Calibration Factory
<b>Ci</b>	: Curie
<b>Cl</b>	: Klor
<b>CLS</b>	: Commission on Life Sciences
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>Co</b>	: Kobalt
<b>cpm</b>	: Counts per minute, dakikadaki sayım sayısı
<b>CR-39</b>	: Columbia Resin
<b>Cr</b>	: Krom
<b>Cs</b>	: Sezyum
<b>Cu</b>	: Bakır
<b>ÇNAEM</b>	: Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
<b>dpm</b>	: Disintegrations per minute, dakikadaki parçalanma sayısı

<b>E</b>	: Enerji
<b>EEC</b>	: Equilibrium Equivalent Concentration
<b>EEC veya EC</b>	: European Economic Community
<b>EHL</b>	: Environmental Health Laboratories Broad Spectrum Test
<b>EPA</b>	: United States Environmental Protection Agency
<b>eV</b>	: Elektron volt
<b>F</b>	: Flor
<b>Fe</b>	: Demir
<b>g</b>	: Gram
<b>Ga</b>	: Galyum
<b>GPS</b>	: Global Positioning System, küresel yer belirleme sistemi
<b>Gy</b>	: Gray
<b>h</b>	: Hour, saat
<b>Hg</b>	: Civa
<b>HPGe</b>	: High-Purity Germanium
<b>I</b>	: Iyot
<b>IAEA</b>	: International Atomic Energy Agency
<b>IARC</b>	: International Agency for Research on Cancer
<b>ICP-OES</b>	: Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry
<b>ICRP</b>	: International Commission on Radiological Protection
<b>ICRU</b>	: International Commission on Radiation Units
<b>J</b>	: Joule
<b>K</b>	: Potasyum
<b>k</b>	: Kilo, $10^3$
<b>keV</b>	: Kilo elektron volt
<b>kBq</b>	: Kilo Becquerel
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>km</b>	: Kilometre
<b>L</b>	: Litre
<b>La</b>	: Lantan
<b>M</b>	: Mega, $10^6$
<b>m</b>	: Mili, $10^{-3}$ veya metre
<b>MCA</b>	: Multichannel Analyzer
<b>MDA</b>	: Minimum Detectable Activity

<b>MDL</b>	: Minimum Detection Limit
<b>MHz</b>	: Megahertz
<b>Mg</b>	: Magnezyum
<b>mg</b>	: Miligram
<b>MKS</b>	: Meter, Kilogram, Second
<b>mL</b>	: Mililitre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>mM</b>	: Milimol
<b>Mn</b>	: Mangan
<b>MeV</b>	: Milyon elektron Volt
<b>Mo</b>	: Molibden
<b>MS</b>	: Milattan Sonra
<b>MTA</b>	: Maden Tetkik ve Arama
<b>n</b>	: Nano, $10^{-9}$
<b>Na</b>	: Sodyum
<b>Nb</b>	: Niobyum
<b>NBR</b>	: Natural Background Rejection
<b>NCRP</b>	: National Council on Radiation Protection
<b>NIST</b>	: National Institute of Standards and Technology
<b>Ni</b>	: Nikel
<b>OECD</b>	: The Organization for Economic Co-operation and Development
<b>Ö.L.</b>	: Ölçüm Limiti
<b>p</b>	: Piko, $10^{-12}$
<b>P</b>	: Fosfor
<b>PADC</b>	: Poly Allyl Diglycol Carbonat
<b>Pb</b>	: Kurşun
<b>PEQCStd21</b>	: Perkin Elmer Quality Control Standard 21
<b>pH</b>	: Potential of Hydrogen veya Power of Hydrogen
<b>pSi</b>	: Pounds per Square Inch, basınç birimi
<b>ppb</b>	: Parts per billion, milyarda bir
<b>ppm</b>	: Parts per million, milyonda bir
<b>R</b>	: Röntgen
<b>Ra</b>	: Radyum
<b>RAC</b>	: Radon Activity Concentration

<b>Rad</b>	: Radiation absorbed dose, soğurulan doz birimi
<b>Rb</b>	: Rubidyum
<b>Rem</b>	: Radiation equivalent man, biyolojik hasarı gsteren doz birimi
<b>RF</b>	: Radyo Frekans
<b>Rh</b>	: Rodyum
<b>Rn</b>	: Radon
<b>Sb</b>	: Antimon
<b>Se</b>	: Selenyum
<b>SI</b>	: International System of Units
<b>Si</b>	: Silisyum
<b>SM</b>	: Standard Methods
<b>Sr</b>	: Stronsiyum
<b>Sv</b>	: Sievert
<b>TAEK</b>	: Trkiye Atom Enerjisi Kurumu
<b>Th</b>	: Toryum
<b>Tl</b>	: Talyum
<b>TS</b>	: Türk Standartları
<b>TSM</b>	: Toplum Sağlığı Merkezi
<b>TBTAK</b>	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
<b>U</b>	: Uranyum
<b>UNSCEAR</b>	: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
<b>U.S.</b>	: United States
<b>V</b>	: Vanadyum
<b>v.b.</b>	: ve benzeri
<b>ve diğ.</b>	: ve diğerleri
<b>W</b>	: Watt
<b>WDXRF</b>	: Wavelength Dispersive X-Ray Flouresans
<b>WHO</b>	: World Health Organization
<b>WL, WLM</b>	: Working Level, Working Level Month
<b>Y</b>	: Itriyum
<b>YEDE</b>	: Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri
<b>Zn</b>	: Çinko
<b>Zr</b>	: Zirkonyum

## ÖZET

### DOKTORA TEZİ

#### NEVŞEHİR İLİNİN TOPRAK, SU VE TARIM ÜRÜNLERİNDE DOĞAL RADYOAKTİVİTENİN VE AĞIR METALLERİN BELİRLENMESİ

Nesli BİNGÖLDAĞ

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Pelin OTANSEV

Bu çalışmada, Orta Anadolu'da yer alan Nevşehir ilinin toprak, su ve tarım ürünlerinde doğal radyoaktivite ve ağır metaller belirlenmiştir.

Bu amaçla, çevresel gama doz hızlarını belirlemek için, yüksek hassasiyetli FHZ 674 NBR model NaI (Tl) gama sintilasyon dedektör içeren Thermo Scientific RadEye SX model radyasyon ölçüm cihazı kullanılmıştır. Gama doz hızları, yerden 1 metre yükseklikte 445 noktada ölçülmüştür. Nevşehir ilinin ortalama gama doz hızı  $152.05 \text{ nGy.h}^{-1}$  olarak bulunmuştur, bu da  $186.47 \text{ } \mu\text{Sv}$  ortalama yıllık etkin doz eşdeğerine neden olur. Bu ortalama gama doz hızı farklı bölgelerin ortalama değerleri ile karşılaştırılmış olup farklı bölge ve dünya ortalamasından yüksek olduğu tespit edilmiştir. Nevşehir ilinin çok büyük bir kısmının volkanik kayalar üzerine kurulu olması gerçeği, gama doz hızlarının neden yüksek olduğunu açıklamaktadır.

Nevşehir ilinin 323 farklı bölgesinden alınan toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ 'un aktivite konsantrasyonları, Canberra GX5020 model HPGe (Yüksek Saflıkta Germanyum) dedektörü olan gama spektrometrik sayım sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlçelerin  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  ortalama gama aktivite konsantrasyonları sırasıyla  $48.98 \text{ Bq.kg}^{-1}$ ,  $53.99 \text{ Bq.kg}^{-1}$ ,  $690.88 \text{ Bq.kg}^{-1}$  ve  $7.50 \text{ Bq.kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. İlçelerin  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ortalama gama aktivite konsantrasyonları dünya ortalamasından daha yüksektir.

Ayrıca 323 toprak numunesinin 176 tanesinde ağır metal ve element analizi (CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, As, Ba, Ce, Co, Cr, Cu, Ga, La, Mn, Nb, Ni, Pb, Rb, Sr, Th, U, V, Y, Zn, Zr), PANalytical Axios<sup>mAX</sup> Advanced model WDXRF spektrometresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Avanos ilçesi Büyük Ayhan köyünden (80 ve 370 mg.kg<sup>-1</sup>), Hacıbektas ilçesi Akçataş köyünden (93 ve 115 mg.kg<sup>-1</sup>), Kozaklı ilçesi Buruncuk köyü ve Konak Otel'den (72 ve 124 mg.kg<sup>-1</sup>) alınan numunelerin As konsantrasyonu, Çevre ve Orman Bakanlığı'nın (Türkiye) izin verdiği sınır değer (20 mg.kg<sup>-1</sup>) ve dünya ortalamasının (4.70 mg.kg<sup>-1</sup>) oldukça üzerinde belirlenmiştir. Ürgüp'ün Akköy köyündeki Cr konsantrasyonu (713.2 mg.kg<sup>-1</sup>), Çevre ve Orman Bakanlığı'nın (Türkiye) izin verdiği sınır değer (100 mg.kg<sup>-1</sup>) ve dünya ortalamasının (42 mg.kg<sup>-1</sup>) çok üzerindedir.

Nevşehir ilinden alınan 267 su numunesinin toplam alfa ve toplam beta analizleri Berthold LB770 model sayım sistemi kullanılarak yapılmıştır. Ortalama toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları 0.179 Bq.L<sup>-1</sup> ve 0.216 Bq.L<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Hacıbektas ilçesi Iliceğler ve Mikail köylerinden alınan sulara toplam alfa aktivite konsantrasyonları 1.041 Bq.L<sup>-1</sup> ve 1.303 Bq.L<sup>-1</sup> elde edilmiş olup kabul edilebilir sınır değerden (0.5 Bq.L<sup>-1</sup>) yüksektir. Kozaklı bölgesinin 2 termal suyunda toplam alfa aktivite konsantrasyonları 2.494 Bq.L<sup>-1</sup> ve 3.800 Bq.L<sup>-1</sup> olup kabul edilebilir sınır değerden (0.5 Bq.L<sup>-1</sup>) yüksektir. Kozaklı ilçesinin 2 termal suyunda toplam beta aktivite konsantrasyonları da 1.486 Bq.L<sup>-1</sup> ve 1.240 Bq.L<sup>-1</sup> olup kabul edilebilir sınırdan (1.0 Bq.L<sup>-1</sup>) daha yüksektir.

Buna ek olarak, 139 su numunesinin eser element ve anyon analizleri de yapılmıştır. Çoğu ağır metal olan 23 elementin (Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se) kantitatif analizleri Perkin Elmer Optima 7000 DV model ICP-OES ve anyon analizleri (Florür (F<sup>-1</sup>), Klorür (Cl<sup>-1</sup>), Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-1</sup>), Bromür (Br<sup>-1</sup>), Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-1</sup>), Sülfat (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) ve Fosfat (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)) DIONEX ICS-3000 model iyon kromatografisi kullanılarak yapılmıştır. Nevşehir ili sularında ortalama As, Hg, Sb ve Se konsantrasyonları kabul edilebilir sınır değerden yüksek elde edilmiştir. Benzer şekilde, sulara Nitrat'ın ortalama konsantrasyonları da kabul edilebilir sınır değerden yüksektir.

Nevşehir'de yaşayan insanlar tarafından tüketilen 36 farklı taze ve kurutulmuş tarım ürünlerinin <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K ve <sup>137</sup>Cs aktivite konsantrasyonları Canberra GX5020 model sayım sistemi kullanılarak belirlenmiştir. Pancar, patates, nohut, kuru kayısı ve elmanın aktivite konsantrasyonları diğer numunelerden daha yüksek tespit edilmiştir. Ayrıca 36 numunenin 12'sinde 27 elementin (Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sr, Th, U, V, Zn) analizi ICP-OES cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gülşehir ilçesinden alınan şeker pancarı numunesinde Cu (16.27 µg.g<sup>-1</sup>), Zn (20.09 µg.g<sup>-1</sup>), Co (5.26 µg.g<sup>-1</sup>) ve Fe (6147 µg.g<sup>-1</sup>) konsantrasyonları kabul edilebilir sınır değerden yüksektir. Ayrıca, tüm numunelerde Co konsantrasyonu kabul edilebilir sınırdan yüksek elde edilmiştir.

Yaz ve kış mevsiminde radon aktivite konsantrasyonlarını belirlemek için CR-39 pasif radon dedektörleri kullanılmış ve 275 eve yerleştirilmiştir. Nevşehir ilinin yaz ve kış mevsiminde ortalama radon aktivite konsantrasyonları sırasıyla 70.75 Bq.m<sup>-3</sup> ve 239.35 Bq.m<sup>-3</sup> olarak bulunmuştur. Yaz ve kış mevsimleri için en yüksek radon aktivite konsantrasyonları Hacıbektas bölgesinden elde edilmiştir.

Bu bölgede yaşayan insanlar için toplam yıllık etkin doz eşdeğeri 4.284 mSv olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, bireylerin yaşam boyu kanser riskleri de hesaplanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, Türkiye ve diğer ülkelerdeki sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Kasım 2017, 451 sayfa.

**Anahtar kelimeler:** Doğal radyoaktivite, ağır metal, eser elementler, anyon, Nevşehir.



## SUMMARY

### Ph.D. THESIS

#### DETERMINATION OF NATURAL RADIOACTIVITY AND HEAVY METALS IN SOIL, WATER AND AGRICULTURAL PRODUCTS OF NEVSEHIR PROVINCE

Nesli BİNGÖLDAĞ

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Physics

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Pelin OTANSEV

In this study, the natural radioactivity and heavy metals of soil, water and agricultural products of Nevşehir province located in Middle Anatolia were determined.

For this purpose, Thermo Scientific RadEye SX model surveymeter with a high sensitivity FHZ 674 NBR model NaI(Tl) gamma scintillation detector was used to determine environmental gamma dose rates. Gamma dose rates were measured at 445 points at a height of 1 meter from land surface. The mean gamma dose rate for Nevşehir province was found as  $152.05 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ , which yields mean annual effective dose of  $186.47 \text{ }\mu\text{Sv}$ . The mean value was compared with other global gamma dose rates and found higher than world mean value. The fact that most of the Nevşehir province is based on volcanic rocks explains why the gamma dose rates are high.

$^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{137}\text{Cs}$  activity concentrations in soil samples collected from 323 different regions of Nevşehir province were performed using Canberra GX5020 model counting system with a HPGe (High-Purity Germanium) gamma spectrometer. The mean gamma activity concentrations of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  for districts were determined as  $48.98 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $53.99 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $690.88 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  and  $7.50 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  respectively. The mean gamma activity concentrations of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  for districts were higher than the world mean value.

In addition heavy metal and elemental analysis (CaO,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , As, Ba, Ce, Co, Cr, Cu, Ga, La, Mn, Nb, Ni, Pb, Rb, Sr, Th, U, V, Y, Zn, Zr) in 176 of 323 soil samples were performed

using PANalytical Axios<sup>mAX</sup> Advanced model WDXRF spectrometer. As concentrations in Büyük Ayhan village of Avanos district (80 and 370 mg.kg<sup>-1</sup>), Akçataş village of Hacıbektaş district (93 and 115 mg.kg<sup>-1</sup>), Buruncuk village and Konak Hotel of Kozaklı district (72 and 124 mg.kg<sup>-1</sup>) were remarkably higher than acceptable limit (20 mg.kg<sup>-1</sup>) of Ministry of Environment and Forestry (Turkey) and the world mean (4.70 mg.kg<sup>-1</sup>). Cr concentration (713.2 mg.kg<sup>-1</sup>) in Akköy village of Ürgüp district was higher than acceptable limit (100 mg.kg<sup>-1</sup>) of Ministry of Environment and Forestry (Turkey) and the world mean (42 mg.kg<sup>-1</sup>).

The gross alpha and gross beta analysis of 267 water samples collected from Nevşehir province were done using Berthold LB770 model counting system. The mean gross alpha and gross beta activity concentrations were determined as 0.179 Bq.L<sup>-1</sup> and 0.216 Bq.L<sup>-1</sup>. The gross alpha activity concentrations in waters of Ilicekler and Mikail villages in Hacıbektaş district were 1.041 Bq.L<sup>-1</sup> and 1.303 Bq.L<sup>-1</sup> and were higher than acceptable limit (0.5 Bq.L<sup>-1</sup>). The gross alpha activity concentrations in 2 thermal waters of Kozaklı district were 2.494 Bq.L<sup>-1</sup> and 3.800 Bq.L<sup>-1</sup> and were higher than acceptable limit (0.5 Bq.L<sup>-1</sup>). Also the gross beta activity concentrations in 2 thermal waters of Kozaklı district were 1.486 Bq.L<sup>-1</sup> and 1.240 Bq.L<sup>-1</sup> and were higher than acceptable limit (1.0 Bq.L<sup>-1</sup>).

In addition trace element and anion analysis of 139 water samples were done. Quantitative analysis of 23 elements which most of them are heavy metals (Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Th, U, Zn) were done by using Perkin Elmer Optima 7000 DV model ICP-OES and the anion analysis (Fluoride (F<sup>-1</sup>), Chloride (Cl<sup>-1</sup>), Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-1</sup>), Bromide (Br<sup>-1</sup>), Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-1</sup>), Sulfate (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) and Phosphate (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>)) were done by using DIONEX ICS-3000 model ion chromatography. The mean concentrations of As, Hg, Sb and Se in waters of Nevşehir province were higher than acceptable limit. Similarly, the mean concentrations of Nitrate in waters were higher than acceptable limit.

<sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K and <sup>137</sup>Cs activity concentrations of 36 different fresh and dried agricultural products which were consumed by people living in Nevşehir were determined using Canberra GX5020 model counting system. The activity concentrations of beets, potatoes, chickpeas, dried apricots and apples were higher than the other samples. Also, the analysis of 27 elements (Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Si, Sr, Th, U, V, Zn) in 12 of 36 samples were performed using ICP-OES system. Cu (16.27 µg.g<sup>-1</sup>), Zn (20.09 µg.g<sup>-1</sup>), Co (5.26 µg.g<sup>-1</sup>) and Fe (6147 µg.g<sup>-1</sup>) concentrations in sugar beet obtained from Gülşehir district were higher than acceptable limits. Also, Co concentration in all samples was higher than acceptable limit.

CR-39 passive radon detectors were used to determined radon activity concentrations in summer and winter seasons and were located to 275 houses. The mean radon activity concentrations in summer and winter seasons for Nevşehir province were found 70.75 Bq.m<sup>-3</sup> and 239.35 Bq.m<sup>-3</sup> respectively. The highest mean radon activity concentrations for summer and winter seasons were obtained for Hacıbektaş district.

The total annual effective dose equivalent for peoples living in this region was calculated as 4.284 mSv. Also, the lifetime cancer risks for individuals were calculated. The results of this study were compared with results in Turkey and the other countries.

November 2017, 451 pages.

**Keywords:** Natural radioactivity, heavy metal, trace elements, anion, Nevşehir.

## 1. GİRİŞ

Tüm canlılar yaşamları boyunca uranyum ( $^{238}\text{U}$ ), toryum ( $^{232}\text{Th}$ ) ve potasyum ( $^{40}\text{K}$ ) gibi uzun yarı ömürlü, karasal doğal radyoaktif maddelerden ve kozmik ışıklardan kaynaklanan radyasyona sürekli olarak maruz kalmaktadırlar.

Karasal radyasyonların insanlara etkisi hem dış hem de iç ışınlamalarla olabilmektedir. Eğer radyoizotop konsantrasyonu bilinirse, bunun dış ve iç ışınlamalara ne oranda katkıda bulunduğu hesaplanabilmektedir (Merdanoğlu, 2004).

Yerkabuğunda bulunan radyoaktif elementler ve bu elementlerin konsantrasyonları ortamın jeolojik ve coğrafik yapısına bağlı olarak bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir. Buna göre, volkanik kayalardaki radyoaktivite konsantrasyonu, tortul kayalara göre daha yüksektir. Kozmik ışınların etkisi ise deniz seviyesinden yükseklere çıkıldıkça ve ekvatoran kutuplara doğru gidildikçe artar (Eisenbud, 1987).

Bu doğal kaynaklardan alınan radyasyon dozunun en önemli bileşeni, uzun yarı ömürlü radyum ( $^{226}\text{Ra}$ )'un alfa bozunumu sonucu oluşan, radyoaktif radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) gazı ve onun kısa yarı ömürlü bozunma ürünleridir. Doğal radyasyon kaynakları içinde radon, insanların maruz kaldığı radyasyon dozunun %55'ini oluşturur. Bu orana karşılık gelen radon maruziyetinin, ortalama yıllık etkin doz eşdeğeri 2 mSv'tir (NCRP, 1988; BEIR V, 1990). Özellikle evlerin yapımında kullanılan inşaat malzemeleri, havalandırma sistemleri ve bina tasarımı, insan faaliyetleri ve alışkanlıkları, ev-içi radon ve bozunma ürünleri miktarını etkileyen önemli etkenler arasında yer alır (UNSCEAR 2000).

Ayrıca, yaşamın temel öğelerinden biri olan ve her türlü gereksinimlerde kullanılan sular da, geçtikleri veya buldukları ortama bağlı olarak doğal radyoaktif maddeler içerirler ve insanlarda iç ışınlanmaya neden olurlar. Özellikle yeraltı suları değişik jeolojik oluşumlarla temas halindedir. Sularda daha çok alfa aktif olarak uranyum ve radyum bulunur. Suların bir kısmı, çözülmüş madde olarak içerdikleri  $^{40}\text{K}$ 'un miktarına bağlı olarak da beta aktiftirler. Ancak,  $^{40}\text{K}$ 'ın sularda meydana getirdiği beta aktivitesi genelde düşük seviyelerdedir.

Toprağın ve suların radyoaktif olmasına neden olabilecek bu doğal maddelerin dışında, doğada var olmayan fakat atmosferde yapılan nükleer denemeler ve nükleer tesislerden ortaya çıkan ve fisyon ürünü olan radyoizotoplar da ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  v.b.) radyoaktif serpiniler halinde yeryüzüne inerek radyoaktif kirlenmeyi oluştururlar (Altay, 1998).

İç ışınlanma, doğal radyoaktif maddelerin sindirim sistemine alınması, gıda maddeleri ve sudaki radyoaktif maddelerin ağızdan vücuda girmesi, havaya karışan radyoaktif serpinilerin ağız ve burundan solunumla vücuda alınması ile gerçekleşmektedir. Dış ışınlanmada daha çok menzili uzun gama ( $\gamma$ ) ışınları, iç ışınlanmada ise menzili kısa fakat enerjisi yüksek olan alfa ( $\alpha$ ) ve beta ( $\beta$ ) ışınları daha etkili olmaktadır (Cothorn ve Lappenbusch, 1983).

Birbirine ayrılmaz bir şekilde bağlı ve birindeki bir bozulmanın ötekine mutlaka taşındığı toprak, su ve havada mevcut olan radyasyon kaynaklarının insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yarattığı uzun yıllardır bilinmektedir. Günümüzde bu etkilerden en önemlisi kanser olma riskidir. Radyasyona maruz kalma dozu artarsa, kanser olma riskinin de artabileceği bilimsel çalışmalarla tespit edilmektedir. USA Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency, EPA) yılda 21.000 akciğer kanser vakasının radon gazına bağlı olduğunu söylemektedir (BEIR V, 1990; BEIR VI, 1999). Ayrıca radon ve bozunma ürünleri, Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından “Grup 1- insanlarda kanserojen” olarak sınıflandırılmış ve Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO) akciğer kanserinin sigaradan sonraki en önemli ikinci nedeninin radon olduğunu bildirmiştir (IARC, 2004).

Radon, bir alfa yayınlıcısı olan  $^{226}\text{Ra}$ 'nın radyoaktif bozunumu sonucunda ortaya çıkan serideki tek radyoaktif gaz olduğu için dünya üzerinde her yerde bulunabilmektedir. Radonun bozunması sonucu da alfa ve beta yayınlayan radon ürünleri meydana gelir. Coğrafi bölgenin jeolojik yapısıyla doğrudan ilgili, çevreye yayılarak kapalı ortamlarda birikip yüksek konsantrasyon seviyesine erişen katı radyoaktif maddeler, havadaki tozlara ve su damlacıklarına tutunarak küçük radyoaktif aerosoller oluşturup solunum yoluyla akciğerlere girerler. Burada bozunumun devam etmesi akciğer dokusunda hasara ve dolayısıyla zaman içerisinde kansere sebep olur (Çelebi, 2008). Dolayısıyla radon ve bozunma ürünlerinin solunması ve yutulması önemli bir sağlık riski oluşturabilmektedir (Thomas ve diğ., 1985). Bu sebeple gelişmiş ülkeler radon ölçümü çalışmalarına ağırlık vermişlerdir.

Doğal radyasyon kaynaklarına ek olarak insanlar, enerji üretimi, tıp, endüstri, araştırma, tarım, hayvancılık gibi pek çok alanda kullanılan yapay kaynaklar nedeni ile de doz almaktadırlar. UNSCEAR 1988 raporunda; yaşam standartları, yaşanılan ortamların fiziksel özellikleri ve coğrafi şartlarına bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, insanların yapay ve doğal radyasyondan kaynaklanan, dünya genelinde kişi başına yaklaşık toplam 2.8 mSv'lik yıllık doza maruz kaldıkları belirtilmektedir. Aynı raporda bazı ülkelerde doğal radyasyon yolu ile alınan ortalama yıllık etkin dozun 10 mSv'in üzerinde olduğu da belirtilmektedir.

Yaşamın sürdürülebilmesi için gerekli koşulların var olduğu yer kabuğu esasen kayalar ve bu kayaların fiziksel ve kimyasal bozunum ürünü olan topraktan ibarettir. Sürdürülen yaşamın kalitesi de tamamen yer kabuğunu oluşturan kayaların ve toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleriyle belirlenmektedir. Zira her türlü besin kaynağımızı toprakta yetişen bitkilerden, bu bitkilerle beslenen hayvanlardan, kayaç ve topraktan süzülerek gelen sulardan almaktayız (Örgün ve Demir, 2010).

Bu kayalar çeşitli element ve minerallerin bileşiminden oluşmuştur. Dolayısıyla kayalardan toprağa geçen bu element ve mineraller, daha sonra topraktan suya, besin zinciri yoluyla ve atmosferdeki toz ve gazların solunmasına bağlı olarak da insan vücuduna geçerler. Yani yer kabuğunun bileşenleri canlı yaşamını doğrudan ya da dolaylı olarak sürekli etkilemektedir (Atabey, 2005). Kayaların ve toprağın, elementler ve mineraller açısından normalin üzerinde zenginleşmesi ya da özellikle element içeriğinin normalin altında kalması durumunda yaşamın gerektirdiği reaksiyonlarda anormallikler başlamaktadır ki bu da beraberinde çeşitli hastalıkları getirmektedir (Örgün ve Demir, 2010).

Üzerinde yaşadığımız yerkürede, canlı ve cansız dünya arasında olağanüstü bir benzerlik ve uyum vardır. İnsan vücudunun esasen %98.5'u O, H, C, N, P ve Ca elementlerinden meydana gelir. Bu elementler aynı zamanda hayvanların, bitkilerin ve minerallerin dolayısıyla kayaların da temel yapı taşlarıdır. İnsan ve hayvan vücudunun geri kalan %1.5'u ise S, K, Cl, Na, Mg, F, Fe, Zn, Si, Rb, Zr, Sr, Al, Cu, Cd, Pb, As, Ti, I, Ni, Cr, U gibi majör, minör ve eser elementlerden meydana gelir, tıpkı bitkiler ve kayalarda olduğu gibi. Sağlık açısından sorun oluşturan durum ise, vücutta minör ve eser miktarda bulunan bu elementlerin, vücutta bulunması gereken miktarın altında ya da üstünde olması halinde ortaya çıkmaktadır (Örgün ve Demir, 2010).

1493-1541 yılları arasında yaşamış olan Paracelsus “Tüm maddeler zehirdir, zehir olmayan hiçbir madde yoktur. Doğru doz zehir ile ilacı birbirinden ayırır.” diyerek dozun önemini vurgulamıştır (Atabey, 2011).

Toprak oluşumu esnasında kayaçların içinde bulunan birçok bitki besin maddesi yanında canlılar için ölümcül ağır elementler ve ağır metaller de açığa çıkarak toprağa, suya ve havaya karışarak bitkilere, bitkilerden de bitkileri tüketen diğer canlılara geçerek onların çeşitli organlarında birikebilirler. Nispeten yüksek yoğunluğa sahip ağır metaller, ekolojik dengeyi bozan, toprak verimliliği ve mikrobiyal aktiviteyi, biyolojik çeşitliliği, canlı büyüme ve gelişmesini önemli oranda etkileyen, çevreyi kirleten, düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan, insan ve tüm canlı yaşamında tehlike ve risk oluşturan temel kaynaklardan biridir. Bitkilerden ağır metallerin insanlar tarafından fazla miktarda alınması durumunda, hipertansiyona, merkezi sinir sistemi hastalıklarına, karaciğer, kalp, böbrek ve beyin hastalıklarına, deri döküntüleri, bağırsak ülseri ve kanser gibi çeşitli hastalıklara neden olabilmektedirler (Yaldız ve Şekeroğlu, 2013).

Ayrıca, üzerinde yaşanan yerin jeolojik özelliklerinin ve toprak yapısının değişimine katkıda bulunan doğal afetlerden dolayı da insan sağlığı olumsuz etkilenmektedir. Bu çalışmada ele alınan Nevşehir bölgesi uzun yıllar volkanik patlamaların etkisi altında kalmıştır. Volkanik patlamalar, ekonomik zararların yanı sıra atmosfere salınan volkanik kül ve CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HF, arsin (AsH<sub>3</sub>) gibi gazlar çok ciddi hava, toprak ve su kirliliğine neden olmaktadır. Volkanik patlamayla ortaya çıkan malzemelerin tümü As, Hg, F, Cd, Pb, Be, Rn ve U gibi pek çok toksik element açısından zengindir. Volkanik patlamaların olduğu bölgelerde kısa vadede; üst solunum yolu hastalıkları, öksürük, nefes daralması, akciğer ödemi, bronşit, zatürre, göz rahatsızlıkları, ciltte kızarıklık, baş ağrısı, böbrek hastalıkları görülür. Bu bölgelerde gözlenen kronik sağlık sorunları ise; kronik solunum yolu hastalıkları, akciğer hastalıkları, astım, diş ve iskelet florozisi (dişlerde lekeler ve çukurlaşmalar, kemik erimesi), sinis sistemi hastalıklarıdır (Atabey, 2005; Örgün ve Demir, 2010).

Atmofere karışan volkanik gaz ve tozların içindeki elementler kısa süre sonra toprağa düşmekte ve topraklarda anormal element (özellikle F ve As) zenginleşmesine neden olmaktadır. Bu topraklarda yetişen bitkilerle beslenen hayvanlarda akut ve kronik F (diş ve iskelet florozis hastalığı) ve As zehirlenmeleri tespit edilmiştir. Volkanik küller bazen metrelerce kalınlığa ulaşır, tüm tarım ve su alanlarını kirleterek, kıtlığa neden olabilir. Öte

yandan volkanik bölgelerde toprak, K açısından zengindir. Doğal bir gübre olan K, toprağın verimini artırmaktadır (Örgün ve Demir, 2010).

Jeolojik çevremizde bulunan ve doğrudan ve/veya dolaylı olarak etkileşim halinde olduğumuz jeolojik malzemeler bazı hastalıklara yöresel bir karakter kazandırır. Nevşehir'e bağlı Gülşehir ilçesi Tuzköy, Ürgüp ilçesi Karain ve Sarıhır yerleşim alanlarında görülen akciğer zarı kanseri (mezotelyoma) vakalarında, bölgedeki tüf kayaçların içinde bulunmakta olan ve rüzgâr yoluyla havaya karışarak insanların solunum sistemlerine girmekte olan mineralojik kökenli eriyonit (kayaçları oluşturan zeolit grubu mineral olup kristal yapısı lifsi ve iğnemsidir) mineralinin neden olduğu tespit edilmiştir. Jeolojik yönden bakıldığında bu yerleşim yerlerinin gölsel ortamda oluşan çökeller ve bu çökellerin altında yer alan tüflerin üzerinde kuruldukları görülmektedir. Dünyada milyonda bir görünen mezotelyoma hastalığı Tuzköy, Karain ve Sarıhır köylerinde 1000 kat daha fazla görülmektedir (Barış, 2003; Atabey, 2005; Örgün ve Demir, 2010).

1950'li yıllardan beri Nevşehir ilinde artan kanser vakaları çeşitli kurumları da bu bölgede araştırmalar yapmaya yönlendirmiştir. Özellikle "Tıbbi jeoloji" alanında yapılan çalışmalar çoğunlukta bulunmaktadır. Dünyanın da ilgi odağı olan bu özel bölgenin tamamını temsil edecek şekilde, toprağında, suyunda ayrıntılı çevresel radyolojik çalışmaların olmaması, özellikle kansere neden olduğu bilinen radon açısından hiçbir çalışma yapılmamış olması, bu çalışmamıza yön vermiş olup daha anlamlı bir değer katmıştır.

Bu çalışmanın temel amacı, volkanik bir bölgede bulunan, jeolojik ve coğrafi özellikleri açısından Türkiye'nin önemli turistik yerlerinden biri olan Nevşehir ilinin havasında, toprağında, sularında ve hatta tarım ürünlerinde doğal radyoaktivite ve ağır metal konsantrasyonlarını belirlemektir. Ayrıca, bölgede yaşayan halkın maruz kaldığı radyasyon dozu ve kanser risklerinin belirlenmesi de amaçlanmıştır.

Bu çalışmada; Bölüm 2 Genel Kısımlar'da çalışmanın dayandığı temel teorik bilgiler ve literatürde bulunan benzer çalışmalar verilmektedir.

Bölüm 3 Malzeme ve Yöntem'de havada gama doz hızı ölçümlerinde kullanılan sintilasyon cihazı, toprakta hem doğal radyoaktivite hem de ağır metal analizlerinde kullanılan spektrometreler, su analiz yöntemleri, sulara hem doğal radyoaktivite hem eser element hem de anyon analizlerinde kullanılan cihazlar, tarım ürünlerinde doğal radyoaktivite ve eser

element/ağır metal analizlerinde kullanılan cihazlar, mikrodalga çözümlendirme yöntemi, evlerde yaz ve kış dönemi radon aktivite konsantrasyonunu belirlemede kullanılan pasif dedektörler, kimyasal işlem ve iz kazıma yöntemleri, otomatik iz sayım sisteminden ve son olarak da çalışmamız süresince kullandığımız diğer tamamlayıcı cihazlardan bahsedilmiştir.

Bölüm 4 Bulgular'da sırasıyla; havada gama doz hızlarının, toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ 'un aktivite konsantrasyonlarının ve yine toprak numunelerinde CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, As, Ba, Ce, Co, Cr, Cu, Ga, La, Mn, Nb, Ni, Pb, Rb, Sr, Th, U, V, Y, Zn, Zr olmak üzere toplam 23 bileşik ve element analizlerinin; halkın çoğunlukla içme suyu ihtiyacının karşılandığı şehir şebeke sularında belirlenen toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonlarının ve yine sulara Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Th, U, Zn olmak üzere çoğu ağır metal olan toplam 23 eser element analizlerinin ve Florür (F<sup>-1</sup>), Klorür (Cl<sup>-1</sup>), Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-1</sup>), Bromür (Br<sup>-1</sup>), Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-1</sup>), Sülfat (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) ve Fosfat (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>) olmak üzere toplam 7 adet anyon analizlerinin; yaz ve kış dönemlerinde evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonlarının sonuçları verilmiş ve lisanslı ArcGIS ArcMap modülü 10.2.2. versiyonu harita programı kullanılarak haritalandırılmaları yapılmıştır. Ayrıca bu bölgede yaşayan insanların maruz kaldığı yıllık etkin doz eşdeğerleri, halkın maruz kaldığı radyasyon dozu ve kanser riski hesaplamaları da yapılmıştır.

Bölüm 5 Tartışma ve Sonuç'ta ise bulgularda elde edilen sonuçlar, standartlar, ulusal ve uluslararası benzer çalışmalar ile karşılaştırılarak genel değerlendirmeler yapılmıştır.

## 2. GENEL KISIMLAR

Bütün canlılar, dünyanın oluşumundan bu yana sürekli olarak radyasyonla birlikte yaşamaktadır. Dış uzay ve güneşten gelen kozmik ışınlar, yer kabuğunda bulunan uzun yarı ömürlü radyoizotoplar dolayısıyla toprak ve yapı malzemeleri, su ve gıdalar gibi doğal kaynaklardan ve bunlara ilave olarak bir miktarda enerji üretimi, tıp, endüstri, araştırma, tarım, hayvancılık gibi pek çok alanda kullanılan yapay kaynaklardan etkilenmekte, iç ve dış iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmaktadırlar (Ataksor, 2002).

Ayrıca yer kabuğunu oluşturan kayaçlar, tıpkı vücudumuzu oluşturan hücreler gibi çeşitli mineral ve elementlerden oluşmaktadır. Toprak oluşumuyla bu elementler kayaçlardan toprağa, topraktan suya ve bitkilere geçmektedir. Besin zinciri yoluyla ve atmosferdeki toz ve gazların solunmasına bağlı olarak canlılar da bu mineral ve elementleri almaktadırlar. Sağlıklı bir vücuda sahip olmak için her mineral ve elementin yeterli miktarda alınması gerekir. Bunların bazıları insan sağlığına yararlı, yaşamı kolaylaştırıcı (sanayi, tıp, tarım gibi) ve yaşam için gerekli özelliklere sahiptir. Bazıları ise günümüzün en önemli sağlık sorunlarından biri olan kanser gibi canlılar için ölümcül hastalıklara neden olabilirler (Örgün ve Demir, 2010).

Son yıllardaki teknolojik ve endüstriyel gelişmeler, yoğun nüfus artışıyla artan bitkisel ve hayvansal gıda ihtiyacını karşılamak için tarımsal işlemlerin fazlaşması, üretim sınırının zorlanması, madencilik ve buna bağlı olarak sanayinin gelişmesi ile kayaçlar içinde bulunan ağır metallerin açığa çıkarak toprağa oradan da yeraltı ve yerüstü sularına, havaya karışması çevre kirliliğine yol açmaktadır. Ağır metallerin yol açtığı çevresel kirlenme, dünya genelinde tüm canlı yaşamında tehlike ve risk oluşturmaktadır (Yaldız ve Şekeroğlu, 2013; Özyürek, 2016).

Ağır metaller, canlı organizmalar için hem hayati faaliyetlerin yürütülmesinde görev almaları hem de canlı bünyesinde gerek eksikliğinin gerekse fazlalığının genel sağlık durumunu direkt olarak etkilemesi nedeniyle büyük önem taşırlar (Özyürek, 2016).

### 2.1. RADYASYON VE RADYOAKTİVİTE

Radyasyon, parçacık ya da foton halinde madde içinden kolayca geçebilen, bir noktadan başka bir noktaya enerji transferidir. Bir atom üzerine radyasyon gönderildiğinde, atomun

elektronlarından bir veya bir kaç yörüngeden koparak serbest hale gelir. Bu olaya iyonizasyon, madde ile etkileşmesi durumunda iyonlaşma meydana getiren yüksek enerjili radyasyonlara da iyonlaştırıcı radyasyon denir.

Hidrojen ( ${}^1_1\text{H}$ ) elementi hariç diğer bütün çekirdekler nötron ve protonlardan oluşmuştur. Çekirdekte bulunan proton ve nötronlar hassas bir denge ile bir arada bulunurlar. Bu parçacıkların sayıları belli bir oranda olduğu sürece atom kararlı yapısını sürdürür. Bu oran aşıldığında, atom ışınlamalar yaparak kararlı duruma gelmeye çalışır. Kararsız atom çekirdeklerinin kendiliğinden bozunma yolu ile alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) ve gama ( $\gamma$ ) radyasyonlarından birini veya birkaçını yayımlayarak kararlı atom çekirdeklerine dönüşmesine radyoaktivite veya radyoaktif bozunma denir. “Radyoaktivite” birim zamanda ne kadar bozunum olduğunun bir göstergesi olup dışarıdan kontrol edilemeyen bir olaydır.

Radyoaktivite olayı doğal ve yapay olarak iki farklı şekilde meydana gelebilir. Yerkabuğunda var olan uzun yarı ömürlü  ${}^{238}\text{U}$  ve  ${}^{226}\text{Ra}$  gibi kararsız elementler radyoaktif ışınımlar salarlar. Bunlara doğal radyoaktif elementler, bunların radyoaktif ışınma olayına da doğal radyoaktivite denir. Kararlı izotoplar nötronlarla veya yüklü taneciklerle bombardıman edilerek yapay yolla kararsız hale getirilebilirler. Kararsız hale gelen çekirdek parçalanmaya uğrar, bu olay yapay radyoaktivite olarak adlandırılır (Yülek, 1992; Martin ve Harbison, 2006; Noz ve Maquire, 2007).

## 2.2. İYONLAŞTIRICI RADYASYONLAR

İyonlaştırıcı radyasyon, çarptığı maddede yüklü parçacıklar (iyonlar) oluşturabilen radyasyon demektir. İyonizasyon olayı, herhangi bir maddede ve insanlar dâhil tüm canlılarda da meydana gelebilir. İyonlaştırıcı radyasyonlar, elektromanyetik ve parçacık radyasyonlar olmak üzere ikiye ayrılırlar.

### 2.2.1. Elektromanyetik Radyasyonlar

Eğer iyonlaştırıcı elektromanyetik radyasyon, atomun çekirdeğinden yayımlanıyorsa gama ( $\gamma$ ), yörüngeden yayımlanıyorsa X-ışını adını alır. X ve  $\gamma$  ışınları orijinleri bakımından farklıdır. Bunlar yüksek frekanslı, dalga boyları çok küçük fakat enerjileri yüksek elektromanyetik dalgalardır.

X-ışınları ya hızlandırılmış elektronların ani durdurulması şeklinde ya da bir atomun yörünge elektronları arasında seviye değişikliklerinde meydana gelirler. Yapay olarak X-ışınları röntgen tüplerinden elde edilir. Tüp içerisinde ısıtılmış katottan yayılan elektronlar, on binlerce voltluk gerilimle hızlandırılarak karşıdaki hedef anoda çarptırılır. Bu çarpışma sonucu elektronlar durdurulurken elektronların kaybettiği enerji X-ışınları olarak yayınlanır. Bu olaya Bremsstrahlung (Frenleme ışını) olayı, çıkan X-ışınlarının oluşturduğu sürekli spektruma da Bremsstrahlung adı verilir<sup>1</sup>.

Gama ışınlarının kaynağı atomun çekirdeğidir. Bu ışınlar atomun çekirdeğinin enerji seviyelerindeki farklardan meydana gelir. Çekirdek bir alfa veya beta parçacığı yayınladıktan sonra çok defa kararlı bir duruma geçemez, fazla kalan çekirdek enerjisi bir elektromanyetik radyasyon halinde yayınlanır.

X ve  $\gamma$ , çok girici ışınlar olup insan vücudundan kolayca geçerler. Enerjilerine bağlı olarak kalın beton duvarlar veya kurşun gibi ağır malzemeden yapılmış zırhlarla durdurulabilirler (Martin ve Harbison, 2006; Noz ve Maquire, 2007).

### 2.2.2. Parçacık Radyasyonlar

Alfa parçacıkları, iki proton ve iki nötrondan oluşmuş 4-9 MeV enerjilerinde bulunan pozitif yüklü bir Helyum ( ${}^2_4\text{He}$ ) çekirdeğidir.  $\alpha$  işaretiyle sembolize edilirler. Çekirdeğin, alfa çıkararak bozunması olayı atom numarası büyük radyoizotoplarda ve genellikle doğal radyoaktif atomlarda görülür. Elektronlardan daha ağır olan alfa parçacıkları, sahip oldukları büyük elektrik yükleri nedeniyle, herhangi bir madde içerisinde geçerken yolları üzerinde yoğun bir iyonlaşma meydana getirirler ve enerjilerini çok çabuk kaybederler. Bu yüzden de menzilleri çok kısa olup, cildin ölü tabakası ya da bir kâğıt tabakası tarafından durdurulabilirler.

Alfa parçacıklarının, dış radyasyon tehlikesi yoktur. Ancak sindirim, solunum veya açık yara yolu ile vücuda girdiklerinde önemli iç radyasyon tehlikesine neden olurlar.

Beta parçacıkları, yüksek enerjili pozitif veya negatif yüklü elektronlardır. Çekirdekteki enerji fazlalığı nötron fazlalığından dolayı ise salınan parçacıklar negatif yüklü olup  $\beta^-$  ile, eğer proton fazlalığından ileri geliyorsa yayınlanan parçacıklar pozitif yüklü olup  $\beta^+$  (pozitron) ile gösterilirler. Beta parçacıklarının maksimum enerjisi 0.5 ile 5 MeV olup kendilerini yayınlayan

<sup>1</sup> <http://www.taek.gov.tr/ogrenci/r02.htm>

radyoizotopun bir karakteristiğidir. Beta parçacıkları da alfa parçacıkları gibi belli bir yük ve kütleyle sahip olduklarından madde içerisinden geçerken yolları üzerinde iyonlaşmaya sebep olurlar. Ancak alfa parçacıklarına göre daha hafif ve daha girici oldukları için bu iyonlaşma, alfa parçacıklarının oluşturduğu iyonlaşmadan daha azdır. Beta parçacıklarının katılar içindeki menzili çok fazla olmamakla birlikte hava içinde birkaç metredir. Beta parçacıkları alfa parçacıkları gibi kolayca durdurulamazlar. Hatta yüksek enerjili beta parçacıkları madde içine nüfuz edebilirler. Beta parçacıklarını durdurmak için plastik veya alüminyum gibi düşük atom numaralı metaller kullanılır.

Nötronlar, kütleleri protonunkine eşit, elektrik yükleri olmayan ve normal radyoaktif bir bozunma olayı sonucunda meydana gelmeyen parçacıklardır. Fisyon olayı sonucunda atom çekirdeğinden nötron çıkışı gerçekleşir. Fisyon olayı, ağır bir çekirdeğin nötron bombardımanı sonunda ikiye bölünmesi ve birden fazla nötron ile büyük bir enerjinin açığa çıkması olayıdır. Nötronlar nispeten büyük olan kütlelerine rağmen yüksüz olduklarından madde içine kolayca nüfuz ederler ve dokularda zararlar oluşturabilirler. Ancak bir çekirdeğe çarparak durdurulabilirler. Nötronlar gama ışınlarına benzer olarak dış radyasyon tehlikesi yüksek olan radyasyonlardır (Martin ve Harbison, 2006; Noz ve Maquire, 2007).

### **2.3. RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ**

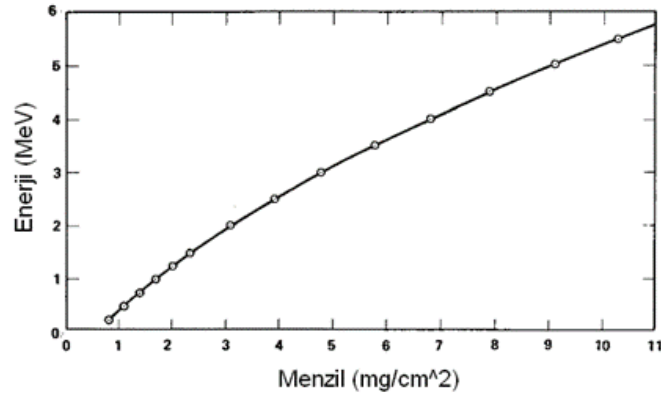
Radyasyonlar ister parçacık ister elektromanyetik dalga biçiminde olsun, madde içinden geçerken enerjilerinin bir kısmını soğurulma ya da saçılma şeklinde kaybederler. Radyasyonun madde ile etkileşimini bilmek, insan vücudunda meydana getirdiği hasarı da anlamayı kolaylaştırır. Ayrıca radyasyon ölçüm cihazlarının çalışma prensipleri de radyasyonun madde ile etkileşmesine dayanarak tasarımlanır. Radyasyondan korunma kurallarının hazırlanabilmesi ve radyasyonun hangi malzemelerle zırhlaması gerektiği konularında da bu bilgiler önemlidir.

#### **2.3.1. Alfa Parçacığının Madde ile Etkileşmesi**

Alfaların ağır parçacık olmaları, elektrik yükleri ve hızları nedeniyle içinden geçtikleri maddeler ile etkileşime girme olasılıkları çok yüksektir. Bu yüzden alfa parçacıkları kısa mesafede büyük miktarda iyonlaşmaya sebep olurlar. Ancak alfa parçacıkları elektronlardan daha ağır olduğu için tek bir çarpışma ile enerjilerinin tamamını kaybetmezler.

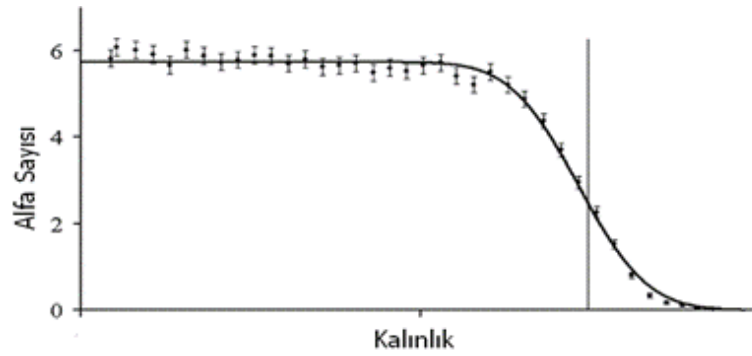
Radyoaktif atom çekirdeklerinden fırlatılan alfaların sahip olacağı en fazla enerji 9 MeV civarında olup hızı ışık hızının 20'de biri kadardır. İçinden geçtikleri ortamda enerjilerini cm başına neredeyse sabit bir miktarda bırakarak yollarına devam ederler. Alfa parçacığının menzili enerjisine, içinden geçtiği maddenin cinsine ve yoğunluğuna bağlıdır. Diğer radyasyon çeşitlerine kıyasla çok kısa menzile sahip olan alfalar hava ortamında sadece birkaç cm, insan derisinde ise bir iki mikron hareket edebilirler. Dolayısıyla dış radyasyon tehlikesi yoktur (Knoll, 1979; Yülek, 1992).

Şekil 2.1'de alfa parçacıklarının menzilinın enerjiye bağlılığı görülmektedir. Ortamın yoğunluğundan bağımsız olması için birimi  $\text{mg}/\text{cm}^2$  olarak alınmıştır.



Şekil 2.1: Alfa parçacıklarının menzilinın enerjiye bağlılığı (Knoll, 1979).

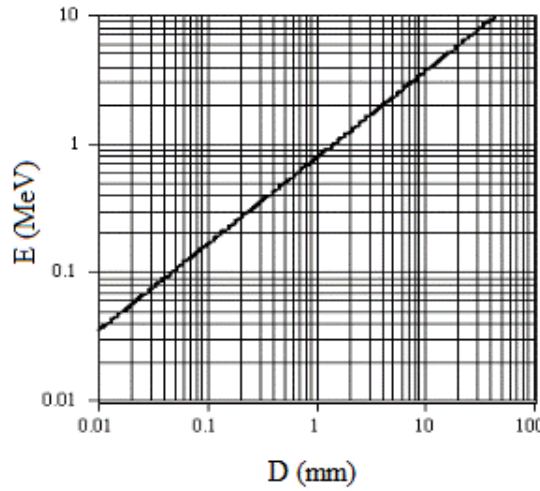
Bir radyoizotoptan çıkan bütün alfalar hemen hemen aynı enerjiye sahiptirler. Bu yüzden belli bir kalınlığa kadar alfa parçacıklarının sayısı azalmaz (Şekil 2.2). Ancak toplam enerjileri her santimetrede düzenli olarak düşer (Knoll, 1979).



Şekil 2.2: Dedektörün tespit ettiği alfa sayısının zırh kalınlığına göre değişimi (Knoll, 1979).

### 2.3.2. Beta Parçacığının Madde ile Etkileşmesi

Beta parçacığı, atomdan bağımsız elektrondur. Negatif yüklü olduğu için yörüngelerdeki elektronlar ile elektrostatik etkileşme içindedir. Bu yüzden bir ortamdan geçerken yaptığı cm başına iyonlaştırma sayısı oldukça yüksektir. Ancak büyüklüğü ve yükünün küçük olması nedeniyle çarpışma ihtimali alfaya göre daha düşüktür. Yani aynı enerjideki betaların menzilleri alfalardan daha fazladır. Alüminyum ortamı için enerji-menzil arasındaki bağıntı Şekil 2.3'te gösterilmektedir.

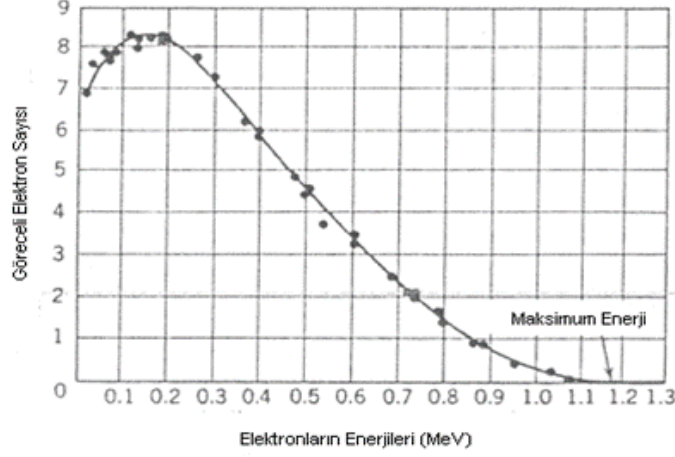


Şekil 2.3: Beta parçacıklarının alüminyum ortamındaki enerji-menzil bağıntısı (Knoll, 1979).

Bir izotoptan yayınlanan betalar için maksimum enerji tanımı yapılır. Çünkü alfaların aksine, çıkan bütün parçacıklar aynı enerjide değildir (Şekil 2.4).

Çekirdekten salınan betaların enerjileri 0.015-5 MeV arasında değişmekte olup hızları ışık hızına eşit olabilir. Bu kadar yüksek hıza sahip olan betalar çok daha erken enerjilerini kaybederler. Betaların kütleleri ve yüklerinin küçük olması, hızlarının yüksek olması nedeniyle, bir ortamda etkileşme olasılığı az ve dolayısıyla menzilleri de aynı enerjideki alfalardan daha uzundur.

Beta parçacıkları, yörüngedeki elektronlarla aynı kütleye sahip olup tek bir çarpışma ile bütün enerjilerini kaybedebilirler. Zırh malzemesi çok ince dahi olsa betaların bir kısmı ortam tarafından tutulur (Knoll, 1979).



Şekil 2.4: <sup>210</sup>Bi izotopunun beta enerji spektrumu (Noz ve Maguire, 2007).

### 2.3.3. X ve Gama Işınlarnın Madde ile Etkileşmesi

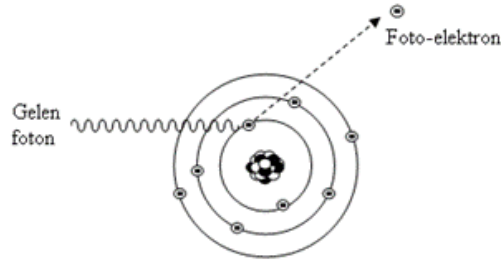
X ve gama ışınlarının oluşum yerleri farklı, madde ile etkileşmeleri ise birbirinin aynıdır. Her ikisi de elektromanyetik dalgadır. Gama ışınları kararsız atomun çekirdeğinden yayınlanırken, X-ışınları hızlandırılmış elektronların, yüksek atom numaralı hedef atomlarının çekirdeklerine yaklaştıklarında frenlenmeleri ya da çekirdeğe çarpmalarıyla meydana gelir.

Gama ışınları kütlesi olmayan, yüksüz, sadece enerji taşıyan elektromagnetik dalgalardır. Elektronlarla ya da çekirdekle elektrostatik bir etkileşime girmezler. Yolları üzerinde yaptıkları iyonlaşma alfa ve betalara göre daha düşüktür. Ancak etkileşime girdiklerinde enerjilerinin tamamını veya büyük bir kısmını kaybetmeleri daha yüksektir.

Gama ve X-ışınları madde içinde üç şekilde etkileşerek enerjilerini kaybederler: fotoelektrik etkisi (soğurma), compton etkisi (saçılması), çift oluşumu. Bu olayların fotonların zayıflamasındaki katkıları enerji aralıklarına bağımlıdır (Krane, 1988).

#### 2.3.3.1. Fotoelektrik Etkisi

Gama ışınının atomun yörüngesindeki bir elektrona bütün enerjisini aktarması yani soğurulması ve atomun elektronlarından birinin yayınlanması olayıdır. Yayınlanan bu elektrona fotoelektron denir. Gama ışınının enerjisi arttıkça veya ortamın atom ağırlığı azaldıkça fotoelektrik etkisinin olma ihtimali çok hızlı azalır.

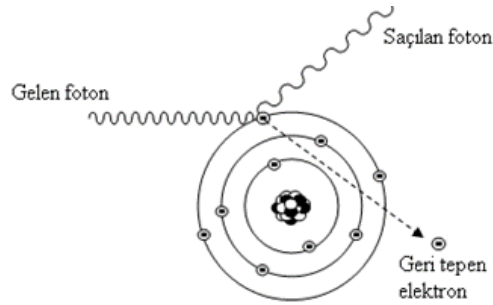


Şekil 2.5: Fotoelektrik olay.

### 2.3.3.2. Compton Etkisi

Gama ışını (foton), atomun serbest olan elektronu tarafından saçılır ve daha küçük enerjili foton ve foton tarafından kaybedilen enerjiyi taşıyan saçılmış bir elektronla sonuçlanır. Compton olayı, fotonların içinden geçtiği madde içerisinde bulunan elektronların sayısına bağlıdır. Bu olay, orta enerjili gama ışınları için en etkili soğurma olayıdır.

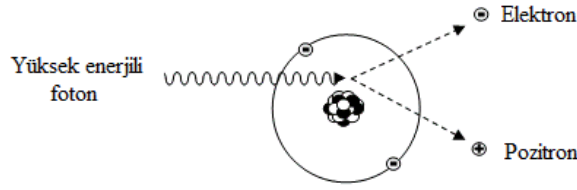
Compton etkisi, gama enerjisi arttıkça azalır, ancak fotoelektrik etkisinden çok daha az etkilendiğinden, enerji arttıkça Compton etkisinin önemi artar. Ayrıca serbest kabul edilebilecek elektronlarla ilgilendiğinden, ortamın atom numarasına bağımlılığı yok gibidir.



Şekil 2.6: Compton olayı.

### 2.3.3.3. Çift Oluşumu

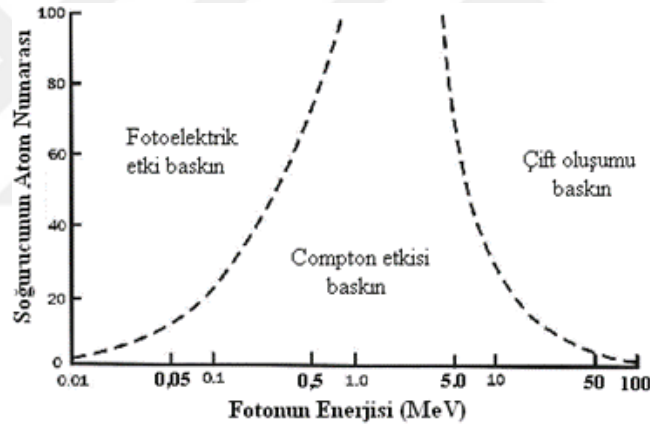
Enerjisi 1.02 MeV'un üzerindeki gama ışınları, çekirdeğin yanından geçerken bütün enerjisini kaybedip bir elektron ve pozitrona dönüşür. Bu olayın olma ihtimali, ortamın yani soğurucunun atom kütesinin karesiyle doğru orantılıdır.



Şekil 2.7: Çift oluşumu.

#### 2.3.3.4. Göreceli Önemleri

Genelde çift oluşumu yüksek enerjili fotonlar için önem kazanmaktadır. Şekil 2.8 çift oluşumunun, fotoelektrik ve Compton etkisine göre önemini vurgulamaktadır. Çift oluşumu 5.0 MeV'un üstündeki enerjiler için baskın hale gelmektedir (Knoll, 1979; Krane, 1988; Yülek, 1992).



Şekil 2.8: Soğurucunun atom numarası ve fotonun enerjisine göre üç etkileşimin göreceli önemleri (Krane, 1988).

## 2.4. RADYASYON BİRİMLERİ VE TANIMLARI

Uluslararası Radyasyon Birimleri Komisyonu (International Commission on Radiation Units, ICRU) radyasyonla çalışmalarda kullanılacak birimleri; soğurulan doz için rad (radiation absorbed dose), ışınlama için Röntgen (R), aktivite için Curie (Ci), doz eşdeğeri için ise rem (roentgen equivalent man) olarak tanımlamıştır. MKS (Metre, Kilogram, Saniye) sistemini esas alan Uluslararası Birimler Sistemi (International System of Units, SI)'nin kabul edilmesiyle ICRU, 1971 yılında SI birimlerini tanımlamış ve yeni birimler kullanılmaya başlanmıştır. Tablo 2.1'de radyasyon birimleri ve dönüşüm faktörleri verilmektedir.

Doz, herhangi bir maddenin belli bir zaman içerisinde kullanılan veya tüketilen miktarıdır. Radyasyon dozu ise hedef kütle tarafından belli bir sürede, soğurulan veya alınan radyasyon miktarıdır. Risk ise radyasyon ışınlanmalarının sonucunda, kişilerde hasar meydana gelme olasılığıdır.

**Tablo 2.1:** İyonlaştırıcı radyasyon birimleri ve dönüşümleri.

Büyüklik	Eski Birimler	SI Birimi ve Sembolü	Dönüşüm Faktörü
Aktivite	Curie (Ci)	Becquerel (Bq)	1 Bq = 2.7x10 <sup>-11</sup> Ci =27 pCi
Işınlama Birimi	Röntgen (R)	Röntgen (C kg <sup>-1</sup> )	1 C kg <sup>-1</sup> = 3876 R
Soğurulan Doz	rad (rad)	Gray (Gy)	1 Gy = 100 rad
Eşdeğer Doz	rem (rem)	Sievert (Sv)	1 Sv = 100 rem

Aktivite birimi, radyoaktif maddenin belirli bir zaman aralığındaki bozunma miktarıdır. Birimi becquerel (Bq)'dir. Becquerel, saniyedeki parçalanma miktarı ya da maddenin radyoaktivitesidir. 1 Bq, küçük bir değerdir. Eski birimi curie (Ci)'dir.

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}; \quad 1 \text{ Bq} = 2.703 \times 10^{-11} \text{ Ci} = 27 \text{ pCi}$$

Işınlama birimi, röntgen (R) olup normal hava şartlarında, havanın 1 kg'ında 2.58x10<sup>-4</sup> Coulomb'luk elektrik yükü değerinde pozitif veya negatif iyonlar oluşturan X ve  $\gamma$  radyasyon miktarı olarak tanımlanır. Işınlama, X ve  $\gamma$  ışınlarının havayı iyonlaştırmalarının bir ölçüsüdür. SI birim sisteminde ışınlama biriminin özel bir adı yoktur.

$$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C kg}^{-1}; \quad 1 \text{ C kg}^{-1} = 3.876 \times 10^3 \text{ R}$$

Soğurulan doz birimi, her ortam ve her türdeki iyonlaştırıcı radyasyonlar için tanımlanmıştır. Radyasyon ile ışınlanan bir maddenin birim miktarında soğurulan radyasyon enerjisidir. SI birim sisteminde soğurulan doz birimi gray (Gy)'dir. Gray; 1 kg'lık bir maddeye 1 Joule'luk enerji veren herhangi bir iyonlayıcı radyasyon dozudur. 1 Gy yüksek bir doz değeridir. Eski birim rad (radiation absorbed dose)'dir.

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J kg}^{-1}; \quad 1 \text{ rad} = 0.01 \text{ Gy}$$

Eşdeğer doz birimi, radyasyonun biyolojik etkileri göz önünde bulundurularak tanımlanan bir birim olup doku ve organlarda, birim kütlede soğurulan enerji miktarıyla orantılı bir değerdir. Vücut için eşdeğer doz olarak tanımlanır. SI birim sisteminde eşdeğer doz birimi sievert (Sv)'dir. 1 Sv yüksek bir doz değeridir. Eski birim rem (roentgen equivalent man)'dir.

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J kg}^{-1};$$

$$1 \text{ rem} = 0.01 \text{ Sv}$$

Eşdeğer doz birimi, soğurulmuş doz ile kalite faktörünün çarpımına eşittir.

$$1 \text{ Gray} = 100 \text{ rad},$$

$$1 \text{ rem} = Q \times 1 \text{ rad},$$

$$1 \text{ Sievert} = 100 \text{ rem}$$

$$1 \text{ Gray} = Q \times 1 \text{ Sv}$$

Q = Kalite faktörü

X,  $\gamma$  ışınları ve  $\beta$  parçacıkları için kalite faktörü 1'dir (Tablo 2.2). Dolayısıyla, X ve  $\gamma$  ışınları ile  $\beta$  parçacıkları için  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ Sv}$ 'dir, diyebiliriz.

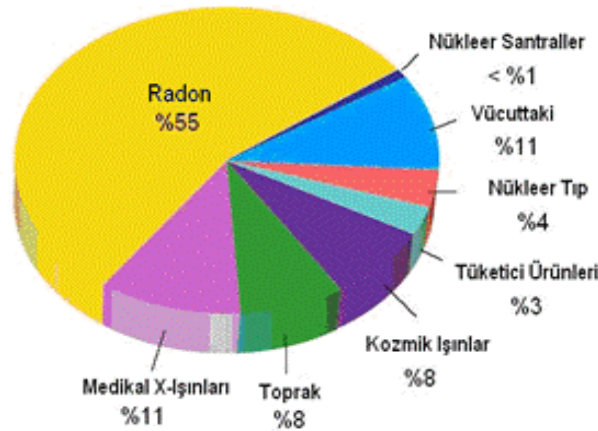
Etkin doz birimi, doku veya organların aldığı dozun tüm vücut için yüklediği riski ifade etmek için kullanılan bir kavramdır. Birimi sievert (Sv)'tir (Noz ve Maquire, 2007).

**Tablo 2.2:** Çeşitli radyasyon türleri için kalite faktörü.

Radyasyon Türü	Kalite Faktörü (Q)
X ve Gama Işınları	1
Elektronlar ve Beta Parçacıkları	1
Nötronlar; enerjileri <10 keV	3
Nötronlar; enerjileri >10 keV	10
Alfa parçacıkları	20

## 2.5. RADYASYON KAYNAKLARI

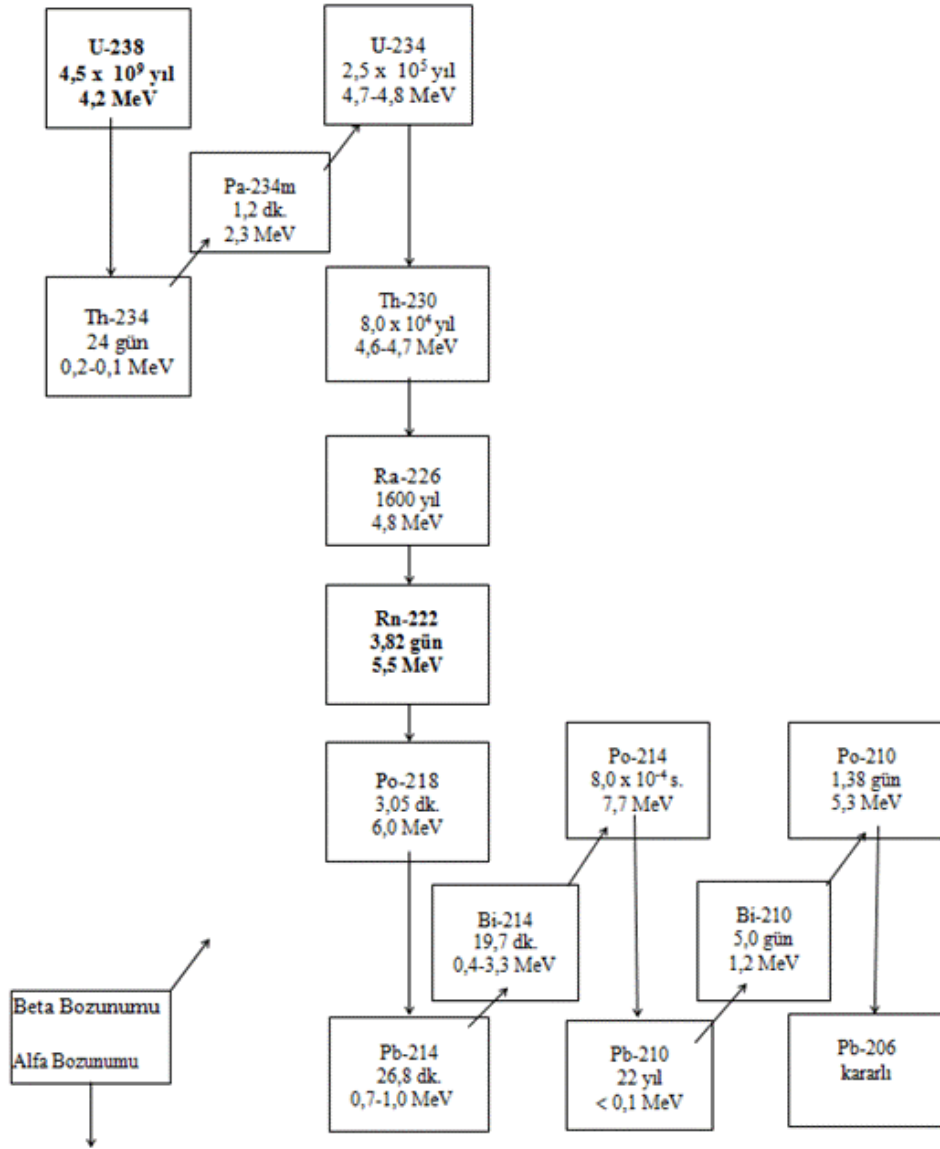
Yeryüzündeki canlılar havada, suda, toprakta, hatta kendi vücutları içerisindeki doğal radyasyon kaynakları ve insanlar tarafından üretilen yapay radyasyon kaynaklarının ışınımına sürekli maruz kalmaktadırlar. Şekil 2.9'da doğal ve yapay radyasyon kaynaklarına maruz kalınma yüzdeleri verilmektedir. Doğal radyasyon kaynakları bütünü % 82'sidir.



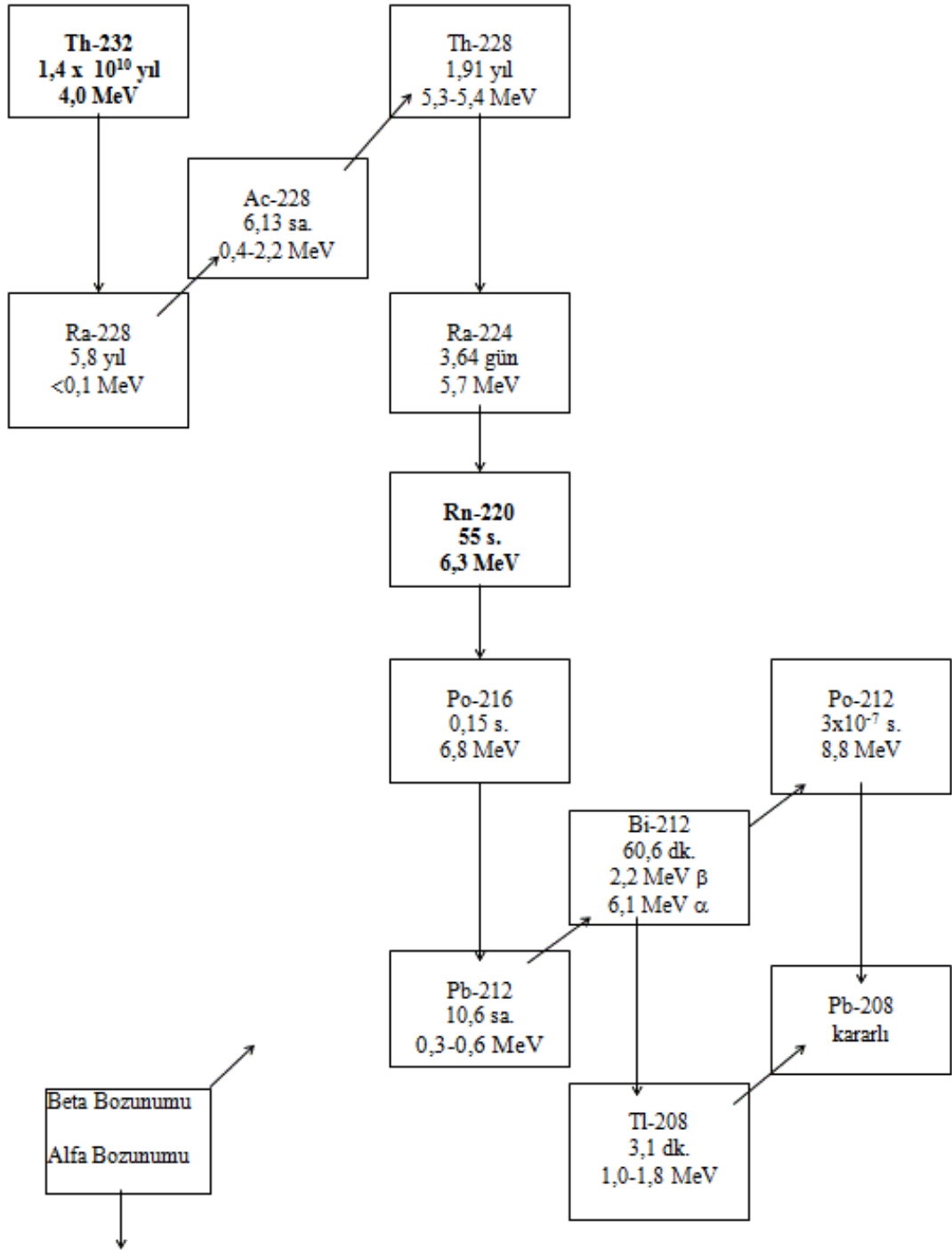
**Şekil 2.9:** Radyasyon kaynakları (Tüysüz, 2004).

### 2.5.1. Doğal Radyasyon Kaynakları

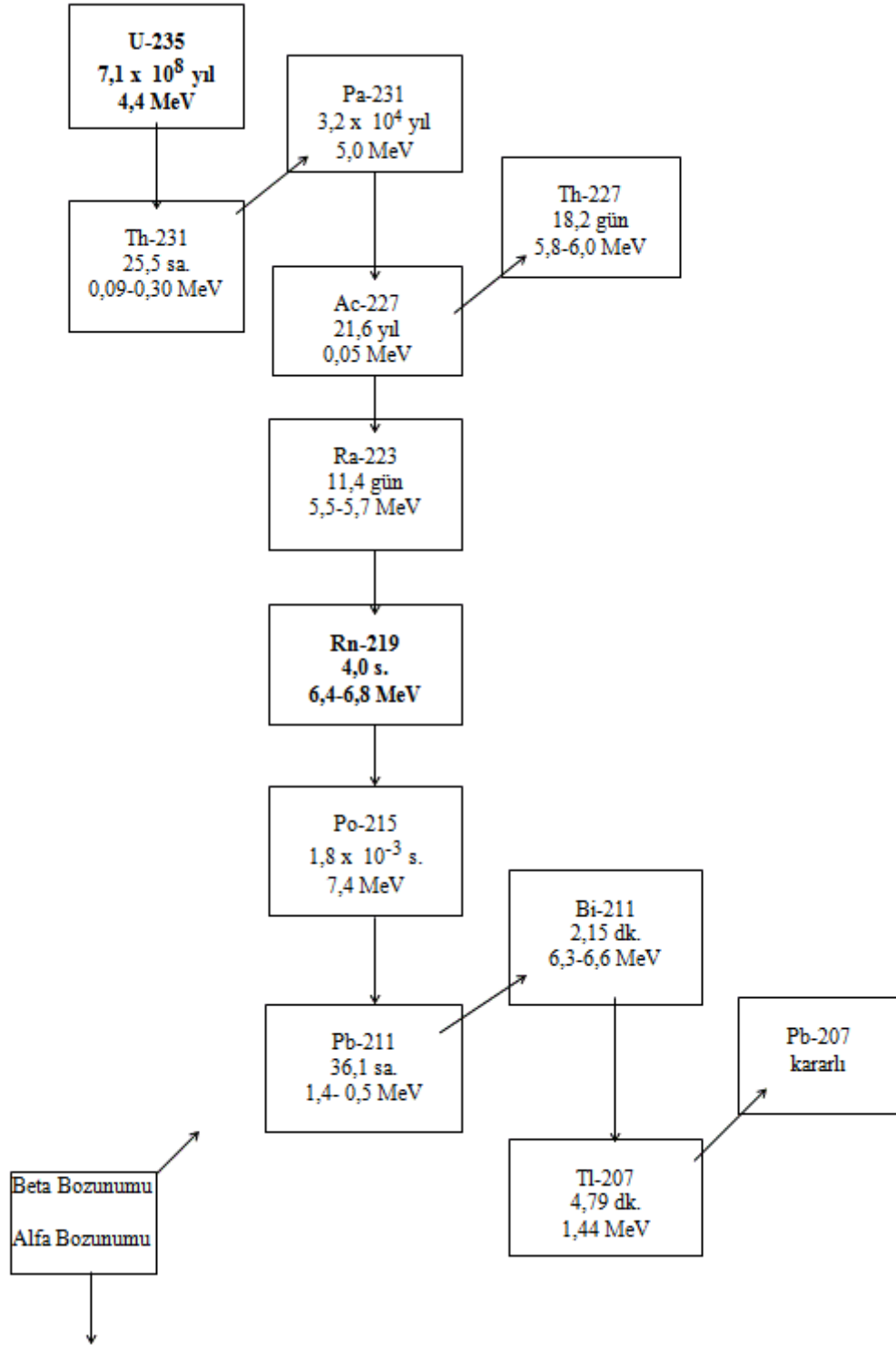
Çevredeki doğal ortam insanın maruz kaldığı en büyük radyasyon kaynaklarını içermektedir. İnsan yaşamı boyunca karasal ve uzay kökenli radyasyonlara sürekli maruz kalırlar. İnsanların maruz kaldığı karasal orijinli radyasyonlar Uranyum ( $^{238}\text{U}$ ), Toryum ( $^{232}\text{Th}$ ) ve Aktinyum ( $^{235}\text{U}$ ) kaynaklı radyoaktif serileri ve bunların bozunum ürünlerinden kaynaklanmaktadır. Bu serilerin hepsi farklı bozunumlar ve dolayısıyla ara bozunum ürünlerinden sonra kararlı bir kurşun izotopunda son bulmaktadır (Eisenbud, 1987). Bu seriler ve bunların bozunma ürünleri olan radyoizotoplar Şekil 2.10, 2.11 ve 2.12'de görülmektedir.



Şekil 2.10: Uranyum serisinin bozunum şeması (NCRP 97, 1988).



Şekil 2.11: Toryum serisinin bozunum şeması (NCRP 97, 1988).



Şekil 2.12: Aktinyum serisinin bozunum şeması (NCRP 97, 1988).

### 2.5.1.1 Toprakta Bulunan Doğal Radyasyon Kaynakları

Dünyanın oluşumundan beri toprakta var olan radyasyon kaynakları, çok uzun yarı ömürlü olup, toprağın radyoaktif olmasına neden olmaktadır. Toprakta bulunan bu doğal radyasyon kaynaklarının en önemlileri, yarı ömürleri ile birlikte Tablo 2.3'te verilmektedir.

**Tablo 2.3:** Toprakta bulunan önemli doğal radyasyon kaynakları ve yarı ömürleri.

Radyoaktif Kaynak	Yarı Ömür (Yıl)
<sup>87</sup> Rb (Rubidyum)	4.70x10 <sup>10</sup>
<sup>232</sup> Th (Toryum)	1.41x10 <sup>10</sup>
<sup>238</sup> U (Uranyum)	4.47x10 <sup>9</sup>
<sup>40</sup> K (Potasyum)	1.28x10 <sup>9</sup>

Bu doğal radyoizotoplardan <sup>40</sup>K, β ve γ radyasyonu yayan önemli bir dış ve iç radyasyon kaynağıdır. Toprakta bol bulunduğu için doğal radyasyon dozunun önemli bir kısmını oluşturmaktadır. <sup>87</sup>Rb ise sadece β radyasyonu yayan önemli bir iç radyasyon kaynağıdır (Choppin ve Liljenzin, 2002). <sup>238</sup>U ve <sup>232</sup>Th radyoizotoplarının ve bozunma ürünlerinin çevrede (hava, su, kayalar, gıda maddeleri) ve insanlardaki mevcudiyeti de iç ve dış radyasyon dozlarını oluşturmaktadır (Çelebi, 1995).

Topraktaki doğal radyoizotoplar daha çok volkanik, tortul, fosfat, granit ve tuz kayalarında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Volkanik kayaların aktiviteleri, tortul kayalarinkinden daha fazladır (Eisenbud, 1987). Bu durum Tablo 2.4'de görülmektedir.

**Tablo 2.4:** Çeşitli kaya tiplerinden gelen gama radyasyonu doz oranları (Eisenbud,1987).

Kaya Tipleri	Yıllık Doz Eşdeğerleri (μSv)			
	Ra-226	U-238	Th-232	K-40
<b>Volkanik kayalar</b>	240	260	370	350
<b>Tortul kayalar</b>				
Kumtaşı	130	77	180	150
Kireçtaşı	200	77	310	360
Kalkerli	77	84	40	40

Toprak içindeki doğal radyoizotoplar (<sup>40</sup>K, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>238</sup>U), toprakta bulunma oranlarına bağlı olarak (Tablo 2.5), ortamın veya çevrenin doğal radyasyon temel seviyesini belirlemekte ve o oranlarda insanların doğal radyasyonlara maruz kalmalarına sebep olmaktadır.

**Tablo 2.5:** Toprakta bulunan doğal radyoizotop konsantrasyonları (UNSCEAR 2000).

<b>Toprakta Bulunan Doğal Radyoizotop Konsantrasyonları</b>				
<b>(Bq kg<sup>-1</sup>)</b>				
	<b>K-40</b>	<b>U-238</b>	<b>Ra-226</b>	<b>Th-232</b>
<b>Değişim Aralığı</b>	140 -850	16 -110	17- 60	11 - 64
<b>Ortalama</b>	400	35	35	30

### Uranyum-238

Doğal uranyum üç farklı izotopa sahiptir; bunlar <sup>234</sup>U, <sup>235</sup>U ve <sup>238</sup>U olup ağırlığının %99.2745'ini <sup>238</sup>U, %0.7200'ini <sup>235</sup>U ve %0.0055'ini <sup>234</sup>U oluşturur. <sup>238</sup>U ve <sup>235</sup>U izotoplarının her ikisi de uzun ömürlü olup alfa tanecikleri yayarlar. Ayrıca bir dizi radyoaktif ürün vererek sırasıyla <sup>206</sup>Pb ve <sup>207</sup>Pb'ye dönüşür ve kararlı hale gelirler.

14 esas çekirdeğin başı olan <sup>238</sup>U, tüm kayalarda ve topraklarda bulunmaktadır (Çelebi, 1995). Tablo 2.6'da toprak ve kaya çeşitlerinin tipik uranyum radyoaktivite konsantrasyonları verilmektedir.

**Tablo 2.6:** Çeşitli kayalardaki ortalama uranyum konsantrasyonu (NCRP, 1977).

<b>Kaya Tipleri</b>	<b>Uranyum Konsantrasyonu (ppm)</b>
Volkanik kayalar	3
Fosfat kayalar (Florida)	120
Fosfat kayalar (Kuzey Afrika)	20-30
Granit	4
Kireçtaşı	1.3
Tortul kayalar	1.2

Sularda uranyumun bulunması, onunla temas halinde olan toprak veya kayalardan, atmosferde ise uranyum kaynağının varlığı topraktan gelen toz parçacıklarının havada asılı kalmasından kaynaklanmaktadır (NCRP 50, 1977). Aynı zamanda uranyumun varlığı radon gazının da bir habercisidir.

### Radyum-226

<sup>226</sup>Ra, 1898 yılında Fransız fizikçiler Pierre Curie ve eşi Marie Curie tarafından bulunmuştur. Atom numarası 88 ve atom ağırlığı 226.05 olan radyumun yarı ömrü 1600 yıldır. Asıl kaynağı uranyum ve toryum olan radyum bir  $\alpha$  yayınlıdır. Toprakta, kayalarda, yapı malzemelerinde, su ve gıdalarda bulunmakta olup oldukça geniş bir dağılım göstermektedir.

Radyum ve ürünleri insanların dış ve iç ışınlanmalarına neden olan doğal kaynakların en önemlilerindedir. Radyum vücuda alındığında kemiklerde birikerek omuriliği sürekli olarak ışınlamaktadır (Lucas, 1991). Radyum, uzun yarı ömürlü olması nedeniyle, radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) oluşumunda bir üreteç görevi yapmaktadır.

#### Potasyum-40

Doğal olarak bulunan potasyumun üç izotopundan sadece  $^{40}\text{K}$  kararsız olup  $\beta$  yayınlıdır. Yarı ömrü  $1.28 \times 10^9$  yıldır. Doğal potasyum, toprakta bol bulunduğu için doğal gama radyasyon dozunun önemli bir kesrini meydana getirmektedir. Ayrıca potasyum vücutta yaşamsal bir öneme sahip olup yetişkin bir insan için ortalama aktivite kütle konsantrasyonu, kg olarak vücut ağırlığı başına 2 g'dır (UNSCEAR 1988b).

#### Rubidyum-87

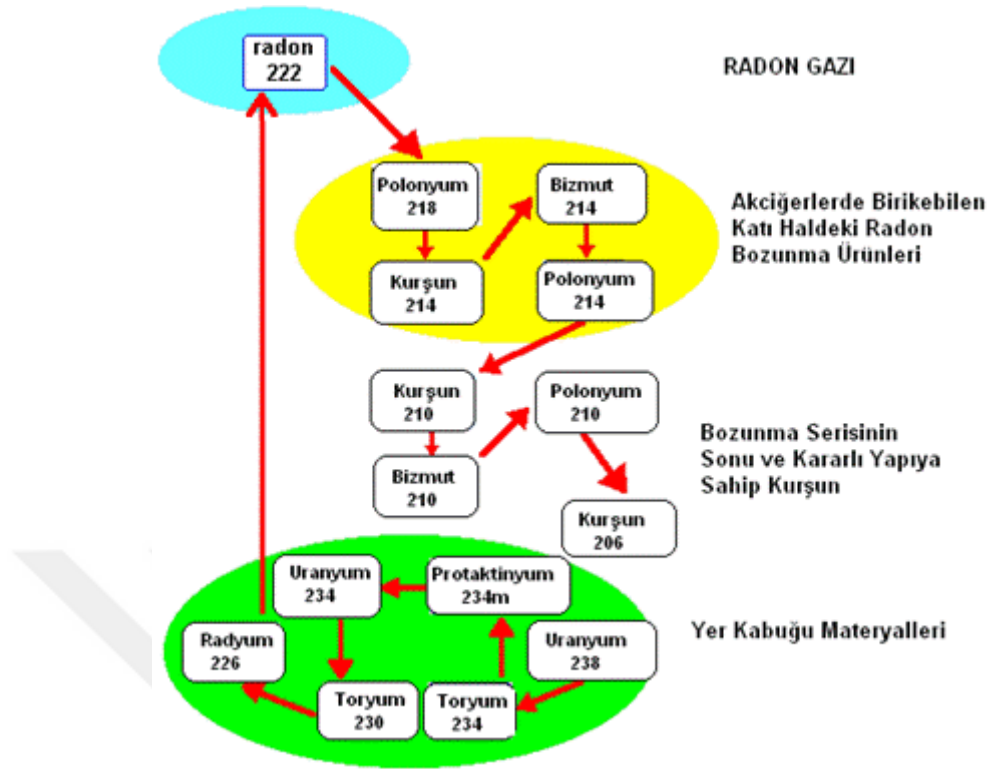
Doğada  $^{85}\text{Rb}$  ve  $^{87}\text{Rb}$  olmak üzere iki rubidyum izotopu bulunmakta olup bunlardan  $^{87}\text{Rb}$  radyoaktif ve saf  $\beta$  yayınlıdır. Spesifik aktivitesi 740 Bq/g olan  $^{87}\text{Rb}$ , doğal rubidyumun % 27.8'ini oluşturmaktadır. ICRP 23 (1975) tarafından yayınlanan raporda, vücuttaki  $^{87}\text{Rb}$ 'nin ortalama aktivite konsantrasyonunun 8.5 Bq/kg olduğu belirtilmektedir.

#### Toryum-232

$^{232}\text{Th}$ , doğada bulunan dört toryum izotopundan en yaygın olanıdır. Radyoaktif  $\alpha$  yayınlıdır olup uzun bir yarılanma süresine sahiptir. Toryum tabiatta uranyumdan yaklaşık üç kat daha fazla bulunmaktadır.

#### Radon-222

Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ), radyoaktif bir madde olan  $^{238}\text{U}$ 'in bozunum serisi içinde  $^{226}\text{Ra}$ 'nın  $\alpha$  bozunumu sonucu oluşmaktadır (Şekil 2.13). Atom numarası 86, atom ağırlığı 222 olan radon, renksiz, gözle görülemeyen, tatsız, kokusuz doğal oluşumlu radyoaktif bir soy gazdır (BEIR VI, 1999). Yarı ömrü 3.82 gün olup kısa yarı ömürlü bozunma ürünleri ile denge halinde bulunur. Havadan 7.5, hidrojenen ise 100 kez daha ağırdır. Radon,  $\alpha$  parçacığı yayarak polonyum ( $^{218}\text{Po}$ )'a dönüşür.



Şekil 2.13: Radon-222 oluşumu ve bozunma ürünleri (Köksal ve Çelebi, 2003).

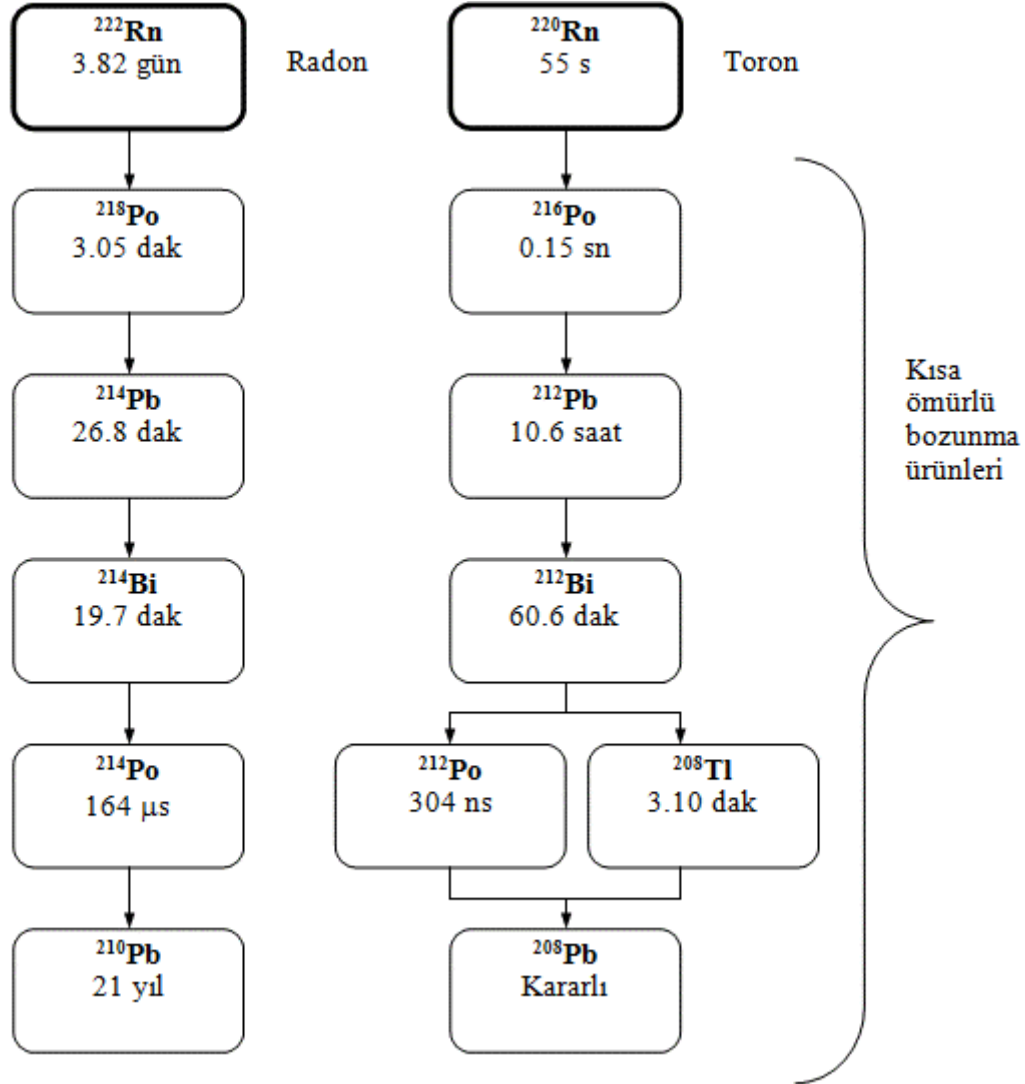
$^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{235}\text{U}$  doğal radyoaktif seriler içerisinde radonun, kütle numaraları sırasıyla 222, 220, ve 219 olan radon, toron ve aktinon adlı üç önemli izotopu bulunmaktadır. Toron ve aktinonun yarı ömürlerinin saniyeler mertebesinde olması ve doğada bulunma oranlarının çok düşük olması nedeniyle asıl elemente radon denilmektedir (Durrani ve Ilic, 1997). Bu izotoplara ait radyoaktivite özellikleri Tablo 2.7’de verilmektedir. Ayrıca Şekil 2.14’de  $^{222}\text{Rn}$  (Radon) ve  $^{220}\text{Rn}$  (Toron) bozunum zinciri de görülmektedir.

Tablo 2.7: Radonun radyoaktivite özellikleri (CLS, 1999).

Radyoaktif Seri	Ana Element	Ürün Element	Tarihsel Adı	Yarı Ömrü	Bozunma Türü
$^{238}\text{U}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{222}\text{Rn}$	Radon	3.82 gün	$\alpha, \gamma$
$^{232}\text{Th}$	$^{224}\text{Ra}$	$^{220}\text{Rn}$	Toron	55.6 s	$\alpha, \gamma$
$^{235}\text{U}$	$^{223}\text{Ra}$	$^{219}\text{Rn}$	Aktinon	3.96 s	$\alpha, \gamma$

Radon, özellikle bina yapı malzemesi olarak kullanılan taş, toprak, çimentoda ve yeraltı sularında doğal olarak bulunabilmekte ve gaz olduğu için ortama serbest olarak

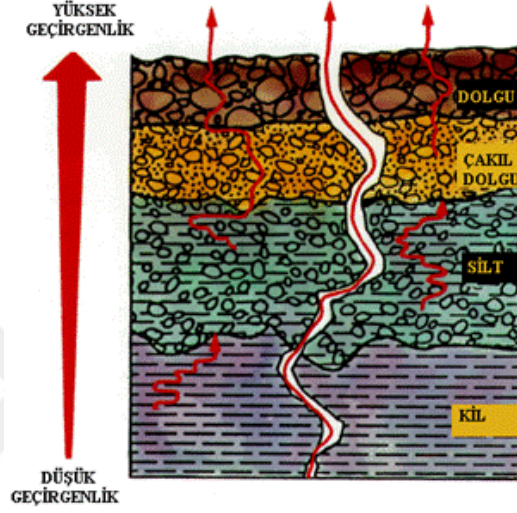
yayılabilmektedir. Radyumun bozunmasıyla oluşan radon, kayalardaki kırıklardan ve toprak taneciklerinin arasından hava dolu gözeneklere kaçarlar, oradan da atmosfere geçerler.



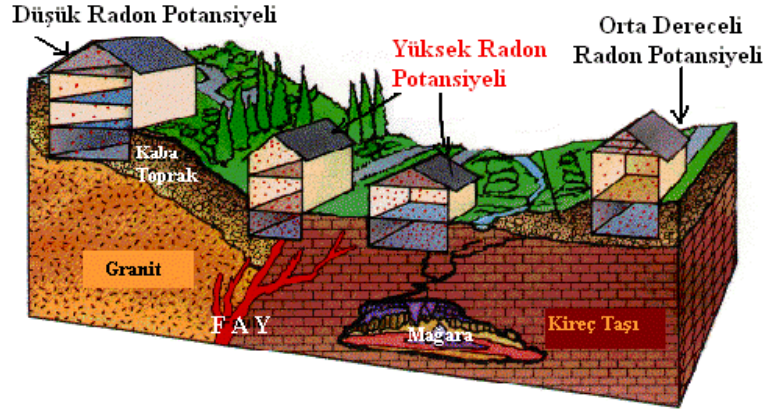
Şekil 2.14:  $^{222}\text{Rn}$  (Radon) ve  $^{220}\text{Rn}$  (Thoron) bozunum zinciri (TAEK Teknik Rapor, 2011).

Radon gazının atmosfere geçmesinde en önemli değişkenler; toprağın nem oranı, topraktaki gözenek büyüklüğü, toprağın hava ve su geçirgenliğidir. Radon atomlarının hareketi, yayılma veya taşınma yolu ile olmaktadır. Şekil 2.15'te görüldüğü gibi killi toprakların, kumlu ve çakıllı topraklara nazaran radon geçirgenliği daha azdır (Otton ve diğ., 1995; Günaydı, 2004).

Radonun yoğunluğu, bölgenin jeolojisine ve toprak yapısına bağlıdır. Bölgede uranyum içeren kayaların bulunması, geçirgen toprak yapısı, kurak mevsimlerde toprağın derin çatlaklar oluşturması, bölgenin tepelik veya eğimli bir yerde olması, toprak katmanının hemen altının kayalık olması, zemindeki kayaların kırık olması, kireçtaşı mağaralar içermesi, ortam havasında yüksek oranda radona rastlanması radon oluşumunu artırır (Şekil 2.16).



Şekil 2.15: Toprakta radon geçirgenliği (Otton ve diğ., 1995).



Şekil 2.16: Radon potansiyelini etkileyen faktörler<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> <http://energy.cr.usgs.gov/radon/>

Ayrıca yapılan çalışmalar, radon ile deprem arasında da bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Yer kabuğundan atmosfere yayınlanan radon miktarı genellikle küçüktür. Ancak fay hatlarında, jeotermal kaynaklarda, uranyum depozitlerinde, volkanik hareketler sırasında ve depremlerin oluşumundan önce ölçülen radon miktarlarında anomaliler gözlenmektedir (Kapdan, 2009).

### **2.5.1.2. Sularda Bulunan Doğal Radyasyon Kaynakları**

Canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri ve her türlü gereksinimleri için kullandıkları en önemli elemanlardan biri sudur. Sular, doğada toprak ve kayalarla temas halinde bulunmakta ve kayalardaki element ve mineralleri çözerek bünyesine katmaktadır. Sularda doğal radyoaktivite araştırmaları üzerine yapılan çalışmalar, başlangıçta sadece kaplıca sularını kapsamış, sonraki yıllarda yapılan çalışmalarla içme sularında bile bazı doğal radyoizotopların bulunduğu ortaya çıkmıştır (Karahan, 1997).

Yeraltı suları, içinden geçtikleri veya temas ettikleri değişik jeolojik oluşumlardaki radyoaktif maddelerden dolayı yüzey sularından daha radyoaktiftir. Genellikle volkanik kayalar içinden geçen suların radyoaktivite konsantrasyonları, tortul kayalar içinden geçen sulara nispeten daha yüksektir (Eisenbud, 1987). Ayrıca nükleer denemeler sonucu atmosfere yayılan, yağmur suları içerisindeki  $^{90}\text{Sr}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  gibi radyoaktif elementler yeryüzüne inerek çevrenin ve yüzey suların kirlenmesine neden olmaktadır.

Suların içerisinde alfa ve beta parçacıklar yayan aktif radyoaktif elementlerin bulunma olasılığı, gama yayan radyoaktif elementlere nazaran çok daha yüksektir. Ancak bu elementler de sulara az miktarda radyoaktiflik kazandırır (Damla, 2005).

### **2.5.1.3. Çevresel Doğal Radyasyon Kaynakları**

Çevresel doğal gama radyasyonları, bölgenin toprak yapısında bulunan radyoizotopların konsantrasyonlarıyla doğrudan ilgilidir. Çevredeki doğal ortam, insanın yaşamı boyunca sürekli maruz kaldığı en büyük radyasyon kaynaklarını içermektedir. İnsanlar bu radyasyonlara, dış ışınlamalarla maruz kaldığı gibi solunum ve sindirim yoluyla vücutlarına alarak iç ışınlamalarla da maruz kalmaktadır.  $\gamma$  ve  $\beta$ 'lar dış ışınlamalarla,  $\alpha$ 'lar ise iç ışınlamalarla daha çok zarar verirler.

$^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  gibi doğal radyoizotopların, toprak ve kaya tiplerine göre, yıllık gama radyasyon doz oranları değişmektedir. Bu nedenle insanların aldıkları dış radyasyon dozları dünyanın her yerinde farklılıklar göstermektedir. Ayrıca dağlık ve rakımı yüksek yerlerde

yaşayan insanlar, deniz seviyesine yakın yerlerde yaşayan insanlardan daha fazla dış radyasyona maruz kalmaktadırlar. Çünkü deniz seviyesinden yükseklere çıkıldıkça, kozmik ışınların şiddetleri de artmaktadır (Eisenbud, 1987).

Bir radyoizotopun Bq/kg (birim kütle başına aktivite) olarak konsantrasyonu, yerden 1 metre yükseklikte havadaki soğurulmuş doza karşılık gelen radyasyon şiddetini verir (Beck, 1982). Dış gama ışınlamaları, kütle aktivite konsantrasyonlarıyla da doğrudan ilgilidir. Dış radyasyon kaynaklarının en önemlilerinden olan  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  ve  $^{232}\text{Th}$  için bu durum Tablo 2.8'de verilmektedir. Dış ışınlama hesapları topraktaki radyoizotopların bozunma ürünlerinin dengeye gelmesi durumuna göre yapılmaktadır (Karahana, 1997; Kam, 2004).

**Tablo 2.8:**  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  ve  $^{232}\text{Th}$ 'nin ortalama aktivite kütle konsantrasyonu ve buna karşılık havada soğurulan doz şiddetleri (UNSCEAR 1988).

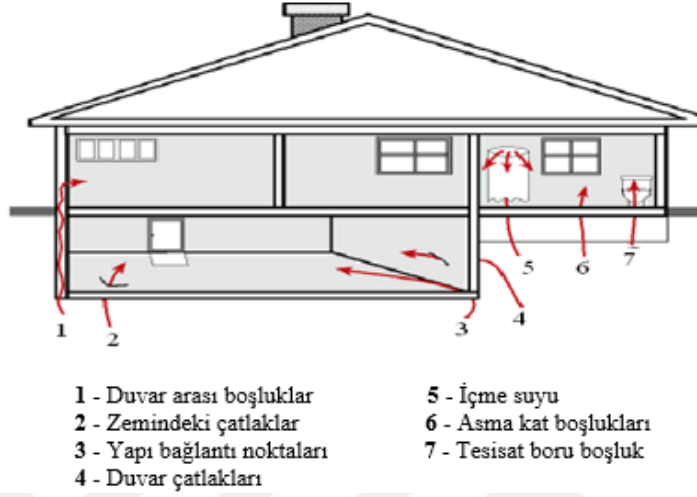
Doğal Radyoizotoplar	Ortalama Aktivite Kütle Konsantrasyonu (Bq/kg)	Havada Soğurulan Doz Şiddeti (nGy/saat)
$^{40}\text{K}$	370 ( 100-700)	16 (4-30)
$^{238}\text{U}$	25 (10-50)	11 (4-21)
$^{232}\text{Th}$	25 (7-50)	17 (5-33)

#### 2.5.1.4. Ev İçi Radon Kaynakları

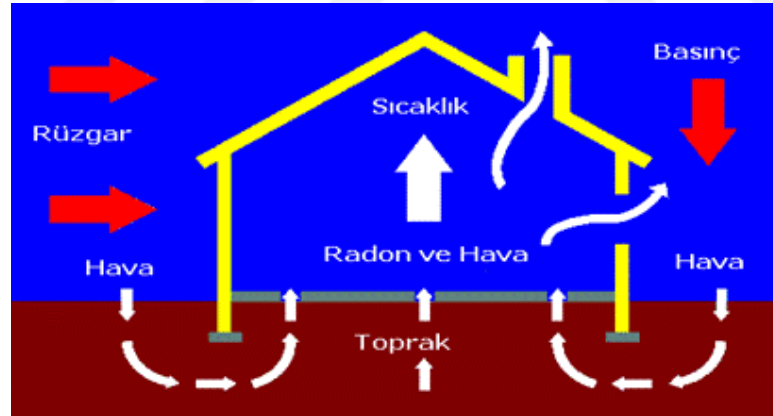
İnsanlar, zamanlarının çoğunu (yaklaşık % 90) kapalı mekanlarda geçirmektedir. Radon ve bozunma ürünlerinin açık havada ve ev içi ortamında fiziksel davranışlarında temelde farklılıklar yoktur. Evlerin kurulu bulunduğu arazideki doğal uranyum ve radyumun miktarı, radyumdan oluşan radonun ev tabanında bulunan aralıklardan ev içlerine sızması (Şekil 2.17), evdeki yapı malzemesinden kaynaklanan radonun havaya karışması ve dış ortamda havadaki radyoaktivite miktarları insanların maruz kalacağı miktarı etkiler. Radon gazının havadaki miktarı bölgeden bölgeye ve ülkeden ülkeye göre değişim göstermektedir.

Soğuk havalarda evlerin ısıtılması sonucu, ev içerisindeki basınç az, dışarıdaki basınç fazla olur. Sıcaklık ve basınç farkından dolayı radon ev ortamında kalır ve dışarı atılamaz. Çünkü radon havadan ağırdır. Bu nedenle ev içi radon oranı yükselir. Aynı durum rüzgârlı havalar için de geçerlidir (Şekil 2.18). Yaz aylarında ise iyi havalandırılmış işyeri ve evlerde, dışarı ile basınç farkı olmayacağı için ortamdaki radon seviyesi azalır. Dolayısıyla yaz ve kış dönemi radon konsantrasyonlarının, yaz aylarında kapı ve pencere açık olmadıkça aynı olması beklenir.

Evlerin havalandırılması radon konsantrasyonunu düşürür. Evlerin daha çok havalandırıldığı, kapı ve pencerelerin açık olduğu yaz mevsiminde radon konsantrasyonunun kış mevsiminden çok daha düşük olması beklenir (Köksal ve Çelebi, 2003).



Şekil 2.17: Radonun ev ortamına giriş yolları (Özkorucuklu ve diğ., 2006).



Şekil 2.18: Ev içi radon konsantrasyonuna etki eden faktörler (Köksal ve Çelebi, 2003).

Havadaki radon konsantrasyonu bölgeye, zamana, yerden yüksekliğe ve meteorolojik koşullara bağlıdır. Radon konsantrasyonu, üst katlı evlerde ve radon çıkışını sağlayan toprağın azalmasından dolayı Adalar ve Kutup bölgesinde de azalma göstermektedir (Iakovleva ve Ryzhakova, 2003).

## 2.6. RADON GAZININ İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Radon, kayaçların ve toprağın içinden yukarı moleküler difüzyon veya konveksiyonla sızarak atmosfere ulaşmaktadır. Ancak bir kısmı yüzey altında kalıp suda çözünerek yeraltı sularına karışmaktadır. Bina temellerinin ya da boru sistemlerinin içinden dışarı sızabilen radon gazı, havalandırması yeterli olmayan binaların zemin katlarında birikebilmektedir. Radyoaktif bozunmaya uğrayan radon gazı, havada askıda kalan ve solunum yolu ile vücuda alındığında akciğerler tarafından tutulabilecek kısa ömürlü parçacıklara dönüşür. Bu ürünler radondan farklı olarak gaz halinde değildir.

Radonun reaktivitesi zayıftır. Bu nedenle, radonun kendisi teneffüs edildiğinde dokulara kimyasal olarak bağlanmaz. Ayrıca, dokulardaki çözünürlüğü de çok düşüktür. Ancak radon bozunma ürünleri, toz ve diğer parçacıklara tutunarak radyoaktif aerosoller oluştururlar. Bu nedenle taşınarak solunum yoluyla alınabilirler (Değerlier, 2007).

1980'lerin sonlarında doğal radon gazının, sağlığa ciddi biçimde zarar verebilecek bir madde olduğu bilimsel çalışmalarla araştırılmıştır. Araştırmalar, akciğerlere yerleşen radon ürünü parçacıkların, kararlı hale gelinceye kadar bozunması devam ettiğinde ortaya çıkan enerjinin, akciğer dokusuna zarar vererek akciğer kanserini oluşturma riskini artırdığını ve radon gazının sigaradan sonra akciğer kanserine yol açan en önemli ikinci etmen olduğunu ortaya koymuştur. Hem ev ortamındaki radon konsantrasyonu yüksek hem de ortamda sigara içiliyorsa bu risk giderek yükselir (Akkurt, 2014).

Uranyum madenlerindeki radon ve bozunma ürünlerinin solunumu üzerine yapılan epidemiyolojik çalışmalar, uranyum madencilerinin en yüksek kanser riskine maruz meslek grubu olduğunu ortaya çıkarmıştır (BEIR V, 1990; UNSCEAR 1993).

Özellikle akciğer kanser vakalarının % 20'si havadaki radyoaktif <sup>222</sup>Rn gazı ve onun bozunma ürünlerinin solunumu sonucu akciğer bronşlarının aldığı doza bağlanmaktadır (ICRP, 1990; UNSCEAR 2000; BEIR VII, 2006).

Çalışmalar, U.S.'de sigara içmeyen akciğer kanserlilerin de büyük çoğunluğunun hastalık nedeninin radon gazı olduğunu göstermiştir. En çok risk altında olanlar ise madenciler ve uranyum minareli yataklarının bulunduğu jeolojik oluşumların üzerine kurulan binalarda yaşayanlar olarak belirlenmiştir (UNSCEAR 2000).

U.S. Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency, EPA) yılda 20.000 akciğer kanseri vakasının radon gazına bağlı olduğunu söylemektedir. Ayrıca her yıl gerçekleşen 10.000 kanser sonucu ölüme radon gazı neden olmaktadır. Radon ev ortamının yanında özellikle maden ocaklarında, tünellerde, mağaralarda ve yeraltı sularında çok görülmektedir. BEIR (Rapor No: VI, 1999)'in yayınına göre kapalı madenlerde yapılan epidemiyolojik araştırmada madenlerde çalışan 68.000 maden işçisi içinde 2.700 işçi ışınlanmaya maruz kalma nedeniyle mesleki olarak akciğer kanserine yakalanmıştır.

## 2.7. MİNERAL VE ESER ELEMENTLER

İnsan vücudunun temel yapıtaşları, su, protein, yağ ve organik bileşenlerdir. Sağlıklı bir beslenme için, bu bileşenlerin belli bir oran ve denge içerisinde çeşitli gıdalarla alınması gereklidir. Mineral ve eser elementler vücut için temel beslenme faktörlerindedir. Mineraller, doğal şekilde oluşan, homojen, belirli bir kimyasal bileşime ve kristal öz yapıya sahip, vücudun sağlıklı kalabilmesi için gerekli olan ve vücudun kendi kendine oluşturamadığı inorganik maddelerdir.

Yerkabuğunda 90 çeşit kimyasal element bulunmakta ve bunlardan 25 tanesi yaşam için gerekli olup, canlı hücrede yer almaktadır. Mineraller, tüm canlılarda olduğu gibi insan doku ve organlarında bulunmakta olup doku ve organlardaki ve vücut sıvılarındaki düzeylerine, günlük alınması gerekli miktarlarına göre makro ve mikro olarak ayrılmaktadır. Vücutta yüksek oranda bulunan elementlere makro, az miktarda bulunanlara ise mikro veya eser element denir (Tosun, 2009).

Tüm bu makro, mikro ve eser elementler aynı zamanda esansiyel olarak da adlandırılırlar. Esansiyel elementler organizmanın normal fizyolojik fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için gereklidirler. Bu elementler olmadan organizma yaşam döngüsünü tamamlayamaz ya da normal gelişimini gerçekleştiremez. Ayrıca oksijen taşınması, hormonal aktivitelerin düzenlenmesi, serbest radikallerin etkisiz hale getirilmesi gibi birçok önemli biyolojik fonksiyonun yerine getirilmesinde yine bu elementler işlem yaparlar (Arcasoy, 2002; Zheng ve diğ, 2008; Çevik, 2015).

Bitkisel ve hayvansal kaynaklardan sağlanan esansiyel makro elementler, sodyum (Na), potasyum (K), klor (Cl), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), fosfor (P) ve kükürt (S)'dür.

Esansiyel eser elementler, demir (Fe), bakır (Cu), iyot (I), kobalt (Co), selenyum (Se), florür (F), krom (Cr), kalay (Sn) ve çinko (Zn)'dur. Ayrıca esansiyel olmayan toksik elementler de, kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), alüminyum (Al), berilyum (Be), arsenik (As), civa (Hg) ve talyum (Tl) olarak sıralanabilir (Fraga, 2005; Tosun, 2009).

Majör elementlerin konsantrasyonu numune içerisinde % 1-100 arasında, minör elementlerin konsantrasyonu %0.1-1 arasında değişir. Eser elementlerin konsantrasyonu ise numune içinde 1000 ppm (veya %0.1)'den daha küçüktür. Eser element analizi, numune içerisinde var olan eser elementlerin ve konsantrasyonlarının belirlenmesinden ibarettir. Elementlerin belirlenmesi işlemi nitel (qualitative) analiz, konsantrasyonlarının belirlenmesi işlemi ise nicel (quantitative) analizdir (Bertin, 2012).

Eser elementlerin vücutta son derece düşük miktarda bulunmalarına karşın, organizma için son derece önemli işlevleri vardır. Öyle ki, bu elementlerden herhangi birinin vücuttan tümüyle yok olması, ölüme bile neden olabilmektedir. Bu elementlerin çoğu enzimlerin önemli bir kısmını oluşturur. Enzimler tekrar tekrar kullanılabilirdiğinden bu elementlerin hücrelerde çok küçük konsantrasyonlarda olmalarına karşın etkinlikleri devam eder.

İnsan vücudunun çeşitli bölge ve dokularında değişik miktarlarda yer alarak temel işlevlerini yerine getiren mineraller, hücreler arası sıvının ve kanın su oranını düzenlerler. Çoğunlukla vitaminlerle birlikte çalışarak vitaminlerin en fazla ihtiyaç duyulan bölgeye iletilmesini sağlarlar. Vitaminlerin ve diğer besin maddelerinin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlarlar (Tosun, 2009).

Minerallerin bazıları asit, bazıları da baz oluşturma eğilimindedirler. Bunlar birbirleriyle tuz oluşturarak vücut sıvısının nötr ortamda kalmasına yardımcı olurlar. Asit oluşturan mineraller S, P, Cl ve baz oluşturanlar Na, K, Ca, Mg ve Fe'dir. Vücut, ihtiyaç duyduğu mineralleri yeterli miktarda karşılayamazsa mineral eksikliği, aldığı mineralleri fazla miktarda kaybetmesi sonucu mineral kaybı oluşur. Minerallerin kaybı veya eksikliğinde insan sağlığı direkt olarak etkilenir. Pekçok hayati fonksiyonun aksamasına ve ciddi sağlık sorunlarına neden olurlar. Vücut için gerekli olduğu halde belli konsantrasyonların üzerinde alındıkları takdirde toksik etki gösteren Se, Zn gibi eser elementler de mevcuttur. Ancak bazı mineraller gıda aracılığıyla ya da çevresel etmenlerle vücuda kirlilik olarak alınmaktadır. Kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) gibi

minerallerin vücuttaki işlevleri ya doğrudan sisteme katılarak neden oldukları tepkimelerle ortaya çıkmakta ya da hormon ve enzimlerin yapısında yer alarak dolaylı etkileri görülmektedir.

Vücuda giren inorganik elementlerin önemi, tek başlarına az veya çok alınması o kadar büyük rol oynamamaktadır. Bunların her birinin görevi bir diğer elementin görevi ile ilgili olmasıdır. Örneğin kemik ve dişlerin oluşumunda Ca, P ve F'ün aralarında belirli bir ilişki vardır. Cu, Fe'in kullanılmasını katalizler ve kan oluşumunda Co her ikisini de etkiler (Tosun, 2009).

## 2.8. AĞIR METALLER VE İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Periyodik cetvelde (EK-12) çok geniş bir alana sahip olan ağır metaller genellikle fiziksel özellik açısından yoğunlukları  $5 \text{ gr/cm}^3$ 'den ve atom numarası 20'den büyük olan elementlerdir. Periyodik cetvelin geçiş elementleri olarak tanınan orta kısımda yerleşmiş diğer gruplara kıyasla daha geniş daha uzun diyebileceğimiz bir gruba aittirler. Aslında ağır metal terimi, literatüre çevre kirliliği ile girmiştir. Eser element olan bu metaller, insan ve hayvanlar için esansiyeldir. Esansiyel olanlar, eksikliklerinde olduğu gibi fazla miktarlarda alındıklarında da vücut için toksik etki oluşturabilirler. Bu metalleri diğer toksik maddelerden ayıran en önemli özellikleri, insanlar tarafından ne oluşturulabilir ne de yok edilebilir olmalarıdır (Çevik, 2015; Özyürek, 2016).

Metallerin büyük bir bölümü biyolojik ortamda birikim göstermektedir. Bu birikim bir tek metal için besin zincirinin değişik kademelerinde farklı zenginleştirme faktörüyle kendini gösterir. Kirlenme açısından düşünüldüğünde ise ortamlarda ve oradan geçtikleri canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu elementler etkili dozlarda bulduklarında ciddi hastalık hatta ölümlere yol açabilen zehirli maddelerdir. Eser miktarda bile zehir etkisi yapabilen bu metaller arasında en önemli grubu; Ag, As, Be, Cd, Cr, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, V, Zn, Ar, Cd, Al, Ca, Fe, Cu gibi elementler oluşturmaktadır. Söz konusu elementlerin çoğu ağır metal grubuna girmekte ve bu metallerin büyük bir kısmı mikro besin elementi olarak da kullanılmaktadır (Yaşar, 2009; Özyürek, 2016).

Ağır metaller doğada sabit miktarda çeşitli mineraller olarak (toprak, kil tabakalarında, maden yataklarında ve kayaçların arasında) bulunurlar. Çoğunlukla buldukları yerde hareketsizdirler ancak antropojenik faaliyetlerle buldukları yerden çevrenin çeşitli

bölgelerine (atmosfer, litosfer ve hidrosfer) yayılırlar. Gerçekte antropojenik faaliyetlerin dışında da doğal bir yayılma söz konusudur (Alkış, 2011).

Ağır metaller, ekolojik dengeyi bozan, canlı büyüme ve gelişmesini önemli oranda etkileyen, çevreyi kirleten temel kaynaklardan biridir. Bu grubun içine 70 kadar element girmekle birlikte ekolojik bakımdan önemli 20 element dikkati çekmektedir. Bunlar; Fe, Mn, Zn, Cu, V, Mo, Co, Ni, Cr, Pb, Be, Cd, Tl, Sb, Se, Sn, Ag, As, Hg, Al'dur. Bunların bir kısmı, bitki ve hayvanlar için mikro besin (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Ni) maddesi olabilmekte, izin verilebilir sınırı aşmadığı sürece toksin olmamaktadırlar.

Bitki gelişimi için mutlak gerekli olanlar: Fe, Cu, Zn, Mn ve Mo; bitki gelişimini teşvik edici olanlar: V, Co ve Ni; bitkiye direkt toksin etki yapanlar: As, Pb, Cd, Cr ve Hg'dır (Kafadar ve Saygıdeğer, 2010; Özyürek, 2016).

Ağır metaller bitkilerde ve diğer canlıların yapısında doğal olarak belirli limit değerlerde bulunan ve yapısal olarak metabolizmada çeşitli görevler üstlenen elementlerdir. Bu yüzden de eksikliğinde birtakım fizyolojik sorunlar ve yapısal bozukluklar gelişebilmektedir. Öte yandan ağır metaller çok yüksek dozlarda alındığında veya hiç alınmadıklarında veyahut bazı ağır metaller çok düşük dozlarda dahi bir şekilde sisteme dâhil olduğunda gerek insan gerek bitki ve hayvan sağlığını tehdit edebilecek birtakım reaksiyonların gelişmesine neden olabilirler. Bu bozukluklara genel olarak toksisite veya zehirlenme denilmektedir (Sossé ve diğ., 2004).

Eksikliğinde ortaya çıkan belirtiler, sistemdeki dengenin bozulması ve hayati reaksiyonların gerçekleşmemesi veya gerekli enzimlerin salgılanamaması sonucu oluşmaktadır. Buna karşılık bitkiler için besin maddesi olan ve mutlak gerekli olan ağır metaller olduğu kadar bitkiler için toksik olan ağır metallerde bulunmakta ve dolayısıyla gelişimi olumsuz yönde etkilemektedirler. Serbest hale geçebilen iyonlar ve toprakta hareketli olan immobil elementler daha çabuk alınırlar (Kahvecioğlu ve diğ., 2003).

Paracelsus doğada bulunan tüm maddelerin aynı zamanda toksik özelliği olan bir zehir olduğunu, maddelerin toksik özelliği ile tedavi edici özelliği arasındaki farkı insan vücudundaki miktarının belirlediğini belirtmiştir (Selinus ve diğ., 2005). Bu durum metaller için de böyledir. Bazı metaller yaşamın sürdürülebilmesi için vazgeçilmez iken bazıları da ileri derecede toksiktirler. Ancak vazgeçilmez görünen metallerin de belirli miktarlardan sonra toksik etkili oldukları bilinmektedir. Örneğin; bakır (Cu), saç, deri, kemik gibi bazı organların temel bileşimi

arasında bulunmaktadır. Bakır eksikliği çocukluktan itibaren önemli sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Bununla birlikte kurşunun düşük oranda alınması bile insanlar için toksik etki yaratma potansiyeline sahiptir (Sienko, 1983).

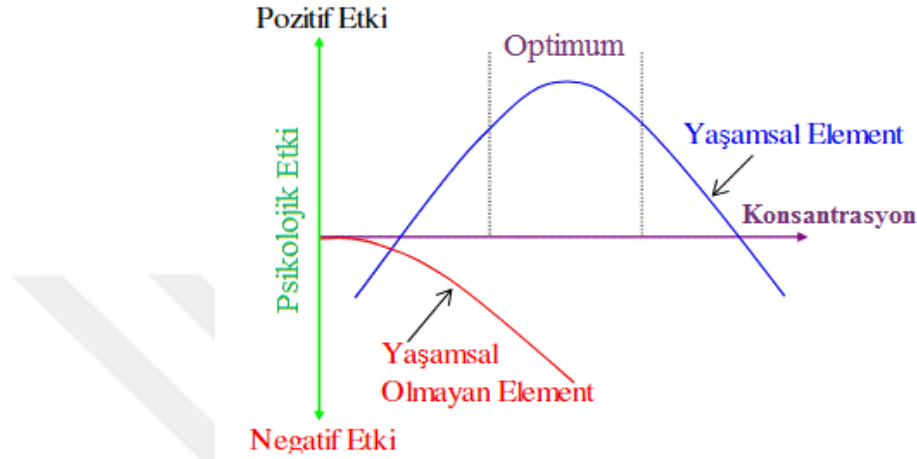
Metallerle ilgili sağlık problemleri yeryüzünde kullanılmaya başlanması ile birlikte gözlenmeye başlanmıştır. Kurşun ile sağlık arasındaki ilişki her ne kadar günümüzde daha iyi tanımlanmış olsa da etkileri çok eski zamanlardan beri bilinmektedir. Metallerle insan sağlığı arasındaki ilişkilerin en tipik örneklerinden birisi Japonya'nın Minamata körfezinde gözlenen metilciva salgınıdır. Minamata hastalığının yarattığı salgın ve benzeri olaylar, dünyanın değişik bölgelerinde, özellikle de sanayileşme ile birlikte daha sık gözlenir olmuştur. Metallerin, özellikle de ağır metallerin yarattığı sağlık problemlerinin çoğu ileri derecede tanı ve tedavi olanakları gerektiren kronik hastalıklar ya da kanserlerdir. Çoğunda da tedavi imkânları kısıtlı olup sıklıkla ölüm gözlenebilmektedir. Bu durum birincil korunma önlemlerinin, ikincil ve üçüncül tedavi hizmetlerine göre daha başarılı olabileceğini düşündürmektedir. Birincil korunmada asıl amaç canlıların yaşamları için riskli olan etken madde ile temaslarının önlenmesidir. Yerkabuğu bu maddeler için en önemli kirlilik kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır (Selinus ve diğ., 2005; Bakar ve Baba, 2009).

Elementler fizyolojik işlevlerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak da sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller fizyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Bu elementlerin yetersiz ya da eksik alınmaları vücutta bir takım hastalıklara sebep olmaktadır. Belirli miktarların altında toksik olmayan ve vücut için gerekli olan eser elementler gereğinden fazla alınmaları halinde ise toksik etki göstermektedirler (Seğmenoğlu, 2012).

Örneğin; Cu, hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon olayının vazgeçilmez parçasıdır. Ancak, yaşamsal olmayan kurşun, kadmiyum, civa, arsenik vb. ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi fizyolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler (Kahvecioğlu ve diğ., 2003; Gövercin, 2010).

Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı organizmaya da bağlıdır. Örneğin; nikel bitkilerde toksik etki gösterirken, hayvanlarda eser element olarak bulunması gerekir. Bazı sistemlerde ağır metallerin etki mekanizması konsantrasyona bağlı olarak da değişir (Şekil 2.19). Bu tür

organizmalarda metallerin konsantrasyonu dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte canlının türü ve metal iyonun yapısı da toksik etkinin düzeyini belirler. Ayrıca ağır metalin çözünürlük değeri, kimyasal yapısı, redoks ve kompleks oluşturma yeteneği, vücuda alınış şekli, çevrede bulunma sıklığı, lokal pH değeri de toksisitede etkilidir (Kahvecioğlu ve diğ., 2003).



**Şekil 2.19:** Ağır metallerin vücut sıvısındaki konsantrasyonuna bağlı olarak etkileri (Kahvecioğlu ve diğ., 2003).

Metallerin toksisitesi her metalin özelliğine göre değişmektedir. Ancak genel olarak metaller birden fazla organ ve sistemi etkilemektedir. Bu nedenle metal zehirlenmelerinde “hedef veya kritik organ”, o metale en duyarlı olan etki yeri için kullanılmaktadır. Örneğin; kadmiyumun hedef organı yani en fazla toksik etki gösterdiği organ böbrekler olmakla birlikte, karaciğer ve akciğerlerde de toksik etkilere neden olduğu bilinmektedir (Seğmenoğlu, 2012).

Ağır metallerin insan metabolizmasında oluşturdukları etki ve etkin oldukları aşamaları ana sistemler açısından kısaca ele alırsak bunları; kimyasal reaksiyonlara etki edenler, fizyolojik ve taşınım sistemlerine etki edenler, kanserojen ve mutajen olarak yapı taşlarına etki edenler, alerjen olarak etki edenler ve spesifik etki edenler olarak sıralamak mümkündür.

Ağır metal toksisitesini etkileyen çeşitli fizyolojik mekanizmalar bulunmaktadır. Bazı metaller metabolik olarak benzedikleri elementlerin yerine geçerek toksik etki göstermektedirler. Örnek olarak; kurşun elementi benzer metabolizması ile kalsiyumun yerini alarak kemik mineralizasyonunu, demir ve çinkonun yerini alarak da kan yapım metabolizmasını etkilemektedir. Yaş ve gelişim düzeyinin de toksisite de etkili olduğu bildirilmektedir. Çocuklar

ve yaşlılar metal toksisitesine yetişkinlerden daha duyarlıdırlar. Toksikite de yaşam tarzı da etkili olmaktadır. Sigara veya alkol tüketimi toksisiteyi indirekt olarak önemli derecede etkilemektedir. Yine  $Cr^{+6}$  bileşiklerinin  $Cr^{+3}$  bileşiklerinden, alkil kurşun ve alkil civa bileşiklerinin anorganik formlarından çok daha toksik olduğu ifade edilmektedir. Civa, altın, platin, berilyum, krom ve nikel gibi elementlerin alerjik reaksiyonlar oluşturabildikleri belirtilmektedir (Kahvecioğlu ve diğ., 2003).

## 2.9. LİTERATÜRDE BULUNAN BENZER ÇALIŞMALAR

Literatürde, Türkiye dâhil tüm dünya ülkelerinin bazı bölgelerinde havada, toprakta, suda ve tarım ürünlerinde doğal radyoaktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır.

Yapılan çalışmalarda, son zamanlarda gelişen teknoloji (sanayileşme) ile birlikte toprakta ve yeraltı sularında bulunan bazı elementlerin konsantrasyonlarının arttığı görülmüştür. Özellikle ağır metallerin toprak, su ve hava gibi ortamlarda birikme özelliği, besin zinciri yoluyla da hayvan ve insanlara geçmesi, toksik etkiler oluşturarak hastalıklara neden olması bu tür çalışmaların sayısını artırmıştır.

Literatürde yapılan doğal radyoaktivite çalışmalarına bakıldığında; havanın, toprağın, suyun ve tarım ürünlerinin radyoaktivite açısından incelenmesi ya sadece biri ya da bunlardan ikisi veya üçünü kapsayacak şekilde yapılmıştır. Bazı çalışmalarda da bunlara ek olarak kapalı ortamlarda radon aktivite konsantrasyonları belirlenmiştir.

Literatürde belli bölgelerden alınan toprak, su, tarım ürünü numunelerinde ve solunan havada ağır metal konsantrasyonu belirleme çalışmaları da mevcuttur. Bu çalışmalarda genellikle, bitkiler ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturan As, Pb, Cd, Hg, Zn, Cr, Cu v.b. metaller incelenmiştir.

İnsanoğlu yaşamı boyunca hem doğal radyasyonun hem de ağır metallerin olumsuz etkilerine sürekli maruz kalmaya devam edecektir. Bu nedenle, bu olumsuz etkilerin nasıl kontrol altına alınabileceği ya da yok edilebileceği yönünde de çalışmalar yapılmalı ve teşvik edilmelidir.

Literatürde 2000-2017 yılları arasında yapılan ve bu çalışmada da yararlandığımız bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Karahan ve Bayülken (2000) tarafından, İstanbul ilinin 35 bölgesinden 3'er kez olmak üzere toplam 105 toprak numunesi 0-10 cm derinlikten alınmış ve bu numunelerde  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  radyonüklidlerinin aktivite konsantrasyonları HPGe dedektör içeren gama spektrometre cihazı ile belirlenmiştir.  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  radyonüklidlerinin ortalama aktivite konsantrasyonları sırasıyla 21, 37, 342 ve 81 Bq/kg olarak elde edilmiştir. Yerden 1 m yükseklikten sintilasyon dedektörü ile ölçülen havada gama doz hızı değerlerinin ortalaması 65 nGy/saat olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu değer kullanılarak İstanbul halkının maruz kaldığı yıllık etkin doz eşdeğeri 80  $\mu\text{Sv}$  olarak hesaplanmıştır.

Karahan ve diğ. (2000), İstanbul ilinde 5 adet çeşme suyu ve 8 adet kuyu suyunda toplam alfa ve toplam beta aktivitelerini belirlemiş olup tüm örneklerin WHO ve TS tarafından belirlenen sınır değerlerin (0.1 Bq/L ve 1.0 Bq/L) altında olduğunu ifade etmişlerdir. Bu sonuçlara göre; toplam alfa konsantrasyonları 0.007-0.04 Bq/L ve toplam beta konsantrasyonları 0.02-0.1 Bq/L değer aralığında bulunmuştur. Ayrıca 4 adet göl suyu, 4 adet deniz suyu, hatta kar ve yağmur suyu numuneleri de alınmış ve  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ 'un aktivite konsantrasyonları tespit edilmiştir. Deniz ve göl sularından alınan numunelerden elde edilen sonuçların sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür. ICRP tarafından önerilen doz dönüşüm faktörü kullanılarak  $^{226}\text{Ra}$  için sularından alınan ortalama yıllık etkin doz eşdeğeri 0.84  $\mu\text{Sv}$  olarak bulunmuştur.

Rangel ve diğ. (2002) tarafından, piyasada kullanılan içme sularının radyasyon miktarını tespit etmek ve su kalitesini görmek amacıyla, Meksika pazarında satılan, uluslararası 21 ticari marka belirlenmiş ve şişelenmiş olan bu içme sularından numuneler alınmıştır. Su numunelerinin analizini sıvı sintilasyon cihazı kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Tüm su numunelerinde toplam beta aktivite konsantrasyonlarının WHO'nun müsaade edilen sınır değeri olan 1.0 Bq/L değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Sadece 3 adet mineral su numunesinde toplam alfa aktivite konsantrasyonu sınır değerin (0.1 Bq/L) üzerinde elde edilmiştir. Sonuçta, su numunelerindeki radyoaktivite miktarı ile mineral tuzlar arasında iyi bir korelasyon olduğunu göstermişlerdir.

Türkdoğan ve diğ. (2002), Doğu Anadolu Van Bölgesi'nde mide-bağırsak kanserinin sıklıkla görülmesinden ve ağır metallerin insanlar için iyi bilinen bir kanser riski faktörü olmasından dolayı, bölgenin toprağında, sebze ve meyvelerinde analizler yaparak ağır metal konsantrasyonlarını belirlemeyi hedeflemişlerdir. Elde ettikleri 13 adet toprak ve 19 adet sebze

ve meyve numunelerinde en çok bilinen yedi ağır metal (Co, Cd, Pb, Zn, Mn, Ni ve Cu) konsantrasyonunu Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi ile belirlemişlerdir. Elde ettikleri verileri, Herrick ve diğ. tarafından 1990 yılında önerilen müsaade edilebilir sınır değerler ile karşılaştırmışlardır. Buna göre, toprakta elde edilen ağır metallerden Cd, Pb, Cu ve Co olmak üzere 4 metalin konsantrasyonu sınır değerden 2-50 kat daha yüksek konsantrasyonlarda bulunurken, Zn ortalama konsantrasyonu 12.1 ppm ile sınır değerden (60-780 ppm) 40 kat daha düşük konsantrasyonda elde edilmiştir. Meyve ve sebze numunelerinde ise, altı ağır metalden (Co, Cd, Pb, Mn, Ni ve Cu) elde edilen konsantrasyonların 3.5-340 kat daha yüksek miktarlarda olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak; volkanik özellikte olan bu toprak numuneler ile meyve ve sebze numunelerinin potansiyel olarak yüksek oranda kanserojen ağır metaller içermesi, Van bölgesindeki yüksek mide-bağırsak kanser oranları ile ilişkili olabileceğini göstermiştir.

Damla (2005), Doğu Karadeniz Bölgesi'nden alınan 27 içme suyu numunesinde toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonlarını belirlemiştir. Elde edilen toplam alfa aktivite konsantrasyonunun  $0.0002 \pm 0.0001$  ile  $0.0150 \pm 0.0059$  Bq/L aralığında değiştiğini ve ortalama toplam alfa aktivite konsantrasyonunun  $0.00717 \pm 0.00372$  Bq/L olduğunu belirtmiştir. Toplam beta aktivite konsantrasyonunun ise  $0.0252 \pm 0.0074$  ile  $0.2644 \pm 0.0145$  Bq/L aralığında değiştiğini ve ortalama toplam beta aktivite konsantrasyonunun  $0.0939 \pm 0.0078$  Bq/L olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışmada, Trabzon ve ilçelerinden alınan su numunelerinin en düşük toplam alfa ve en yüksek toplam beta aktivite konsantrasyonuna sahip olduğu, Rize ve ilçelerinden alınan su numunelerinin ise en yüksek toplam alfa ve en düşük toplam beta aktivite konsantrasyonuna sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bölgeden alınan tüm su numunelerinin hem toplam alfa hem de toplam beta aktivite konsantrasyonları WHO tarafından belirlenen sınır değerlerin (sırasıyla 0.1 Bq/L ve 1.0 Bq/L) altında kalmaktadır. Ek olarak, toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonlarına sırasıyla  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{228}\text{Ra}$  radyoaktif çekirdeklerinden katkı geldiği varsayılarak; WHO (2003) tarafından  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{228}\text{Ra}$  için önerilen doz dönüşüm katsayıları kullanılarak günde 2 L su içen yetişkin bir kişinin yıllık alacağı doz sırasıyla 0.041-3.066  $\mu\text{Sv}$  ve 1.26-13.31  $\mu\text{Sv}$  olarak hesaplanmıştır.

Uluğ ve diğ. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada Burdur ili evlerinde radon aktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Belirlenen 40 eve, yaz ve kış dönemlerinde, oturma ve yatak odasına yerleştirilmek üzere toplam 160 adet CR-39 pasif radon dedektörleri yerleştirilmiştir.

Ortalama radon aktivite konsantrasyonlarını, yaz döneminde oturma odası için 51.97 Bq/m<sup>3</sup>, yatak odası için 50.55 Bq/m<sup>3</sup>; kış döneminde oturma odası için 127.60 Bq/m<sup>3</sup> ve yatak odası için 113.23 Bq/m<sup>3</sup> olarak elde etmişlerdir. Yaz ve kış dönemi olarak oturma odası için ortalama 89.79 Bq/m<sup>3</sup> ve yatak odası için ortalama 81.89 Bq/m<sup>3</sup> olarak bulmuşlardır. Radon aktivite konsantrasyonu il ortalaması ise 85.89 Bq/m<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir. Burdur ili, 1. derece deprem kuşağı üzerinde yer aldığı için nispeten elde edilen radon konsantrasyonları biraz yüksek elde edilmiştir. Ancak TAEK tarafından belirlenen ev içi radon aktivite konsantrasyonu limit değerini (400 Bq/m<sup>3</sup>) aşan bir değere rastlanmamıştır. Ayrıca dedektörlerin yerleştirildiği evlerin özellikleri incelenerek birbirleriyle ve diğer illerde yapılan radon aktivite konsantrasyon değerleriyle de karşılaştırılmıştır.

Taşkın (2006), Kırklareli ilinde, insan sağlığı ve çevre kirliliği açısından doğal radyasyonu belirlemek amacıyla, 230 noktada havada gama doz hızlarını ölçmüş ve ortalama 135 nGy/saat olarak elde etmiştir. Ayrıca, 177 toprak numunesinde <sup>238</sup>U, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K ve <sup>137</sup>Cs aktivite konsantrasyonlarını belirlemiş olup sırasıyla 25.4, 36.5, 39.9, 667 ve 7.95 Bq/kg'dır. 220 su numunesinde toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonlarını incelemiş ve ortalama alfa aktivitesini 0.0405 ± 0.0382 Bq/L olarak elde etmiş olup bunlardan 12 tanesinin WHO tarafından belirlenen sınır değer (0.1 Bq/L) üzerinde olduğunu tespit etmiştir. Tüm örneklerin toplam beta aktivitesini ise sınır değer (1.0 Bq/L) altında elde etmiştir. Ayrıca 315 eve CR-39 radon dedektörü yerleştirmiş ve ortalama radon aktivite konsantrasyonunu 71.01±39.85 Bq/m<sup>3</sup> olarak belirlemiştir.

Çanakkale'de volkanik ve granit kayalar üzerinde bulunan Kestanbol bölgesinden, Merdanoğlu ve Altınsoy (2006) tarafından 9 adet toprak numunesi alınmıştır. Bu numunelerin hem doğal hem de yapay radyoaktivite konsantrasyonlarının belirlenmesinde HPGe dedektör içeren gama spektrometre cihazı kullanılmıştır. Elde edilen <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K aktivite konsantrasyon değerleri sırasıyla 115, 192, 1207 Bq/kg ve <sup>137</sup>Cs aktivite konsantrasyon aralığı 0.37-36.03 Bq/kg'dır. Ayrıca yerden 1 m yükseklikten dedektör ile ölçülen ortalama gama doz hızı değeri 253 nGy/saat, toprak numunelerinin analiz sonuçlarından yararlanılarak elde edilen gama doz hızı değeri 219 nGy/saat olarak bulunmuştur. Bu iki değer farklı çıkması beklenen bir durumdur. Çünkü havada dedektörle ölçülen gama doz hızı, hem karasal hem de kozmik ışınların etkisinden kaynaklanmaktadır. Oysa diğeri sadece karasal kaynaklardan elde edilen değerdir. Bu çalışmada, Radyum eşdeğer aktivitesi (Ra<sub>eq</sub>) ve dış (harici, external) tehlike

indeksi ( $H_{ex}$ ) de hesaplanmış olup sırasıyla 498 Bq/kg ve 1.4 elde edilmiştir. Her iki değerde sınır değerlerin (sırasıyla 370 Bq/kg ve 1) üzerindedir. Hatta elde edilen diğer tüm değerlerde dünya ortalama değerlerinin çok üzerinde bulunmuştur. Bölge halkının dış gama dozundan maruz kaldığı ortalama yıllık etkin doz eşdeğeri de 269  $\mu$ Sv olarak belirlenmiştir.

Türkiye'nin güneyinde bulunan Şanlıurfa ilinin çevresel radyoaktivite belirleme çalışmaları Bozkurt ve diğ. (2007) tarafından yapılmıştır. İlk olarak 112 noktada havada gama ölçümleri (ortalama gama doz hızı 60.9 nGy/saat) alınmış ardından bölgede yaşayan halkın bu gama doz hızından maruz kaldıkları yıllık etkin doz eşdeğeri (74.4  $\mu$ Sv) hesaplanmıştır. Daha sonra bölgeden alınan 45 toprak numunesinde  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları belirlenmiş olup ortalama değerleri sırasıyla 20.8, 24.95, 298.6 ve 9.08 Bq/kg olarak elde edilmiştir. Bu değerlerden halkın aldığı yıllık etkin doz eşdeğerini de 46.9  $\mu$ Sv olarak hesaplamışlardır. Ayrıca bölgeden aldıkları 53 su numunesinde toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonlarını belirlemiştirler. Bu bölge için elde edilen toplam alfa aktivite değer aralığı 0.0018-0.4323 Bq/L, toplam beta aktivite değer aralığı 0.006-0.9247 Bq/L ve ortalama toplam alfa ve toplam beta aktiviteleri 0.038 ve 0.1324 Bq/L'dir. Su numunelerinde elde edilen sonuçların hiçbiri WHO tarafından 2006 yılında düzenlenen sınır değerleri (alfa için 0.5 ve beta için 1.0 Bq/L) aşmamaktadır.

Kam ve Bozkurt (2007), Türkiye'nin kuzey-batı kesiminde yer alan Kastamonu ilini radyolojik açıdan incelemiştirler. Bu amaçla, evlerde radon aktivite konsantrasyonları, havada 74 (14 iç + 60 dış alan) yerden 1 m yükseklikte gama doz hızları, yüzey toprağında ve içme sularında radyonüklid aktiviteleri belirleyerek bölgenin çevresel radyoaktivite seviyelerini tespit etmişlerdir. Seçilen 30 evde yaklaşık 3 ay bekletilen CR-39 radon dedektörlerinin analiz edilmesi sonucu ortalama  $^{222}\text{Rn}$  aktivite konsantrasyonunu 98.4 Bq/m<sup>3</sup> olarak belirlemişler ve bu değeri kullanarak radondan kaynaklanan yıllık etkin doz eşdeğerini 2.48 mSv bulmuşlardır. Kapalı ve açık alanlarda gama doz hızını sırasıyla 54.81 ve 48.03 nGy/h olarak ölçmüşler ve bu değerlerden dolayı halkın maruz kaldığı yıllık etkin doz eşdeğerini 0.33 mSv olarak elde etmişlerdir. Ayrıca çalışma alanından 0-10 cm derinlikten alınan 10 adet toprak numunesindeki  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonlarını sırasıyla 32.93, 27.17, 431.43 Bq/kg ve fisyon ürünü olan  $^{137}\text{Cs}$  için aktivite konsantrasyonunu 8.02 Bq/kg olarak belirlemişlerdir. Bu değerlerden kaynaklanan karasal yıllık etkin doz eşdeğerini 60  $\mu$ Sv olarak hesaplamışlardır. Bunlara ek olarak bölgeden alınan 10 adet içme suyu numunesinde toplam alfa ve toplam beta

aktivite konsantrasyonlarını tespit etmişlerdir. Elde edilen ortalama toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları sırasıyla 0.0089 Bq/L ve 0.271 Bq/L'dir. Bu değerler de ortalama 1.83  $\mu$ Sv'lik yıllık efektif doza neden olmaktadır. Bu çalışmada elde edilen ölçüm sonuçları, ülkenin diğer illerinde yapılan benzer çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve kayda değer bir farklılık gözlenmediği ifade edilmiştir.

Bolca ve diğ. (2007) tarafından, Batı Anadolu'daki fosfat gübrelerinin 30 yıldır kullanıldığı Gediz Havzasının tarım arazilerinde, özellikle gübrelemeye bağlı olarak toprakların doğal radyoaktivite seviyelerindeki artışın belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda, aynı arazilerden toplanan bazı sebzelerde de doğal radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları ve bunun sonucu olarak meydana gelen iç ışınlanma araştırılmıştır. Son yıllarda tarımdaki fosfat gübrelerinin uzun süreli kullanımının etkilerini değerlendirmek için, gübrenilmiş ve gübrenilmemiş topraklarda ve orada yetişen sebzelerde doğal radyonüklidlerin ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$ ) aktivite konsantrasyonları, NaI(Tl) gama spektrometresi cihazı ile belirlenmiştir. Bir alfa yayınlayıcı olan  $^{210}\text{Po}$ 'nun aktivite konsantrasyonu da, elektrodepozisyon işleminden sonra bir ZnS(Ag) alfa sayım cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Ek olarak, toprak örneklerinin fiziko-kimyasal özellikleri araştırılmış ve zemin özellikleri ile radyonüklid içerikleri arasındaki korelasyonlarına bakılmıştır. Numune alımları için 8 farklı bölge seçilmiş ve her birinden 5'er numune gübrenilmiş ve 5'er numunede gübrenilmemiş olmak üzere toplam 80 adet toprak numunesi analiz için alınmıştır. Havzanın gübrenilmiş tarım alanlarından alınan 8 farklı sebze (bamya, biber, börülce, domates, karpuz, mısır, patlıcan ve salata),  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{210}\text{Po}$  aktivite konsantrasyonlarının elde edilen aralıkları Bq/kg olarak sırasıyla 491.62-2324.51, 15.96-52.80, ND (non-detectable)-10.54 ve 8.40-22.20 bulunmuştur. Sebzelerin alındığı tarım arazilerinin topraklarında  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{210}\text{Po}$  aktivite konsantrasyonları sırasıyla 325.89-530.52, 46.05-68.83, 9.29-50.57 ve 36.75-56.70 Bq/kg'dır. Gübrenilmemiş alanlar için toprağın aktivite konsantrasyonları  $^{40}\text{K}$  için 240.40-403.09 Bq/kg,  $^{226}\text{Ra}$  için 35.61-62.64 Bq/kg,  $^{232}\text{Th}$  için 7.40-38.53 Bq/kg ve  $^{210}\text{Po}$  için 32.50-41.14 Bq/kg elde edilmiştir. Sonuçta, toprakların gübrenilmesinin toprağın radyoaktivitesini artırdığı gözlenmiştir. Ayrıca kirlenmiş topraklara K ve Ca bazlı gübrelerin uygulanması, bitkiler tarafından gerekli besin elementinin alımını zorlaştırabileceği ileri sürülmüştür.

Değerlier (2007), Adana ili ve çevresinin doğal radyoaktivitelerini belirlemek ve o bölgedeki insanların maruz kaldıkları yıllık etkin doz eşdeğerlerini hesaplamak için bir çalışma yapmıştır.

Bu amaçla, 158 noktada ölçtüğü havada gama doz hızını 22.9-145 nGy/saat aralığında ve ortalamasını da 65.6 nGy/saat olarak elde etmiştir. Ev dışı ışınlamalarla alınan yıllık etkin doz eşdeğeri de 80.452  $\mu$ Sv olarak hesaplamıştır. 39 ölçüm noktasından aldığı toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonlarını gama spektrometre cihazı kullanarak belirlemiştir. Elde edilen sonuçlar sırasıyla 22.35, 22.69, 305.53 ve 7 Bq/kg'dır. Ayrıca, 41 adet deniz, göl, nehir ve içme suyu numunesinde toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonlarını belirlemiş olup toplam alfa aktivite konsantrasyonunu 0.0003-0.8463 Bq/L, toplam beta aktivite konsantrasyonunu da 0.0189-6.81 Bq/L aralığında elde etmiştir. En yüksek değerler deniz sularında tespit edilmiştir. Ayrıca yaz (57 adet) ve kış dönemlerinde (52 adet) CR-39 radon dedektörlerini evlere yerleştirerek, radon aktivite konsantrasyonunu belirlemiştir. Ortalama değerler yaz ve kış için 26.8 ve 49.3 Bq/m<sup>3</sup> olarak elde edilmiş olup iç ışınlanma ile insanların maruz kaldıkları yıllık etkin doz eşdeğerini 0.9 mSv olarak hesaplamıştır.

Osmanlıoğlu ve diğ. (2007), Türkiye'nin güneydoğusunda sanayi ve ticaret merkezi olan Gaziantep ilinin çevresel radyoaktivite seviyelerini belirlemeyi amaçlayarak 94 noktada havada gama doz hızı ölçümü (karasal ve kozmik kökenli) yapmışlardır. Havada gama doz hızının ortalama değerini 50.1 nGy/saat ve çevresel soğurulmuş doz hızından kaynaklı yıllık etkin dozu 61.5  $\mu$ Sv bulmuşlardır. Bu değerın dünya ortalama değeri olan 80  $\mu$ Sv/yıl'ın altında olduğu ifade edilmiştir. Çalışma alanından alınan toplam 39 yüzey toprak numunesindeki radyonüklidlerin ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ ) aktivite konsantrasyonlarını ise sırasıyla 25.2, 23.7, 289.2 ve 8.02 Bq/kg olarak tespit etmişlerdir. Bölgeden alınan 72 adet içme suyu numunesinde toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonlarının ortalaması sırasıyla 0.0493 Bq/L ve 0.1284 Bq/L olarak elde edilmiştir. Bu değerlerin yıllık etkin doz eşdeğeri olarak 1.83  $\mu$ Sv'e karşılık geldiği hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen ölçüm sonuçlarının, bölgenin doğal sınırlar içinde kalan temel radyasyon seviyesine sahip olduğu ve ülkenin diğer bölgelerinden belirgin bir farkla ayrılmadığı vurgulanmıştır.

Kapdan (2009) tarafından yapılan çalışmada, Sakarya ilinin önemli nüfus yoğunluğunu oluşturan Adapazarı ilçe merkezinde bina içi (kapalı ortam) radon aktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla kış döneminde bölge sınırları içinde bulunan okullar, Organize Sanayi Bölgesindeki fabrika ve iş yerleri ile konutların bir kısmına yerleştirilen dedektörler değerlendirilerek radon aktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Bunun için

toplam 136 adet Cr-39 pasif radon dedektörü kullanılmıştır. Bu dedektörlerin 45 tanesi Adapazarı ilçesine bağlı okullara, 36 tanesi Organize Sanayi Bölgesinde bulunan fabrika ve iş yerlerine, 55 tanesi ise Adapazarı ilçesine bağlı merkez mahallelerdeki konutlara yerleştirilmiş olup elde edilen ortalama radon aktivite konsantrasyonları sırasıyla  $65.48 \pm 36.70$ ,  $51.00 \pm 30.16$  ve  $59.14 \pm 43.25$  Bq/m<sup>3</sup>'tür. Radondan bir yılda alınan etkin doz eşdeğerlerini; Adapazarı Merkezi Organize Sanayi Bölgesinde bulunan fabrika ve iş yerleri, okullar ve konutlar için sırasıyla 0.36, 0.47, 1.49 mSv olarak tespit etmişlerdir. Her ne kadar ortalama radon aktivite konsantrasyonları WHO ve diğer uluslararası kuruluşların belirlediği limit değerlerin altında çıkmış ise de, ölçüm ve analiz sonuçları tek tek değerlendirildiğinde bu limit değerlerin az da olsa aşıldığı görülmüştür.

Damla ve diğ. (2009), Türkiye'nin güneydoğusunda yer alan, petrol rezervleri ve üretimi, kültürel ve turistik yer olması, hızlı sanayileşmesi nedeniyle son zamanlarda dikkatleri üzerine çeken Batman ilinde 16 farklı yerden farklı türlerde (içme suyu, kuyu suyu, nehir suyu, kaplıca/kaynak suyu) alınan su numunelerinde toplam  $\alpha$  ve toplam  $\beta$  aktivite konsantrasyonlarını analiz etmişlerdir. Toplam  $\alpha$  ve toplam  $\beta$  aktivite analizi için, 10 dedektörü olan Berthold marka LB770 model bir  $\alpha/\beta$  sayım sistemi kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlar, içme suyu, nehir suyu ve kuyu suyu örneklerinde  $\alpha$  ve  $\beta$  yayan radyonüklidlerin doğal aktivite konsantrasyonlarının WHO tarafından önerilen aralıkta olduğunu, buna karşın kaplıca suyunun bu aralıkta olmadığını göstermişlerdir. Buna göre kaplıca suyu hariç, tüm musluk, kuyu ve nehir sularından elde edilen toplam  $\alpha$  ve toplam  $\beta$  aktivite konsantrasyonları sırasıyla 10.8-73.4 mBq/L ve 3-347 mBq/L aralığında değişmektedir. Kaplıca suyunun toplam  $\alpha$  ve toplam  $\beta$  aktivite konsantrasyonu ise sırasıyla 3909.5 ve 2097 mBq/L'dir. Toplam  $\beta$  aktiviteleri genel olarak toplam  $\alpha$  konsantrasyonlarından daha yüksektir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, kaplıca/kaynak suyu hariç, tüm su numuneleri için etkin doz eşdeğerinin WHO tarafından tavsiye edilen 0.1 mSv/yıl sınır değerinin altında olduğu gözlenmiştir. Ayrıca sonuçlar diğer illerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Karahan (2010), Bursa ilinde 200 noktada gama radyasyon doz hızı ölçümleri yapmış ve açık alanda (karasal ve kozmik) ortalama gama doz hızını 90 nGy/saat olarak elde etmiştir. Bölgedeki İznik gölünde ise kozmik gama doz hızını 16 nGy/saat olarak ölçmüştür. Dış gama radyasyonlarına bağlı olarak ortalama yıllık etkin doz eşdeğerini 110.4  $\mu$ Sv olarak hesaplamıştır. Bu ilde yaşayan insanların bu dozlardan etkilenerek kanser olma riski ise yaşam

süresi boyunca  $4.50 \times 10^{-4}$  olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda yüzey toprak numunelerinde  $^{238}\text{U}$  serisi,  $^{232}\text{Th}$  serisi,  $^{40}\text{K}$  ve fisyon ürünü olan  $^{137}\text{Cs}$  gibi doğal radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları, HPGe dedektörü içeren gama spektrometre cihazı kullanılarak ölçülmüştür.  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ 'nin ortalama aktivite konsantrasyonunu  $^{226}\text{Ra}$  için 55.9 Bq/kg,  $^{214}\text{Pb}$  için 23.6 Bq/kg,  $^{214}\text{Bi}$  için 22.5 Bq/kg,  $^{208}\text{Tl}$  için 31.3 Bq/kg,  $^{228}\text{Ac}$  için 32.9 Bq/kg,  $^{40}\text{K}$  için 430 Bq/kg ve  $^{137}\text{Cs}$  için 5.4 Bq/kg olarak bulmuştur. Burada  $^{214}\text{Pb}$  ve  $^{214}\text{Bi}$  radyonüklidlerin ortalaması  $^{238}\text{U}$  değerini,  $^{228}\text{Ac}$  ve  $^{208}\text{Tl}$  radyonüklidlerin ortalaması ise  $^{232}\text{Th}$ 'u vermektedir. Bu değerleri kullanarak radyum eşdeğer aktivitesini ( $R_{\text{eq}}$ ) hesaplamış olup ortalama değerini 136 Bq/kg bulmuştur. Ayrıca dış tehlike indeksini ( $H_{\text{ex}}$ ) de hesaplamış ve ortalama olarak 0.37 elde etmiştir.

Agbalagba ve Onoja (2011), Nijer Deltası'ndaki dört gölün her birinden 5'er kez alınan toprak, sediment ve su numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  doğal aktivite seviyelerini belirlemek için yüksek saflıkta germanyum (HPGe) dedektörü kullanmışlardır. Toprak ve sedimentlerde,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$ 'un ortalama aktivite konsantrasyonu sırasıyla  $20 \pm 3.1$ ,  $20 \pm 3.4$  ve  $180 \pm 47$  Bq/kg olarak elde edilmiştir. Bu değerler, benzer ortamlarda bulunan diğer ülkelerde bildirilen değerlerin ve UNSCEAR 2000'de verilen (sırasıyla 35; 30; 400) değerlerin altındadır. Ayrıca bazı radyasyon tehlike indeksleri de bu çalışma da incelenmiştir. Elde edilen ortalama  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonlarından yararlanarak Radyum Eşdeğer Aktivitesi ( $R_{\text{eq}}$ ), Soğurulmuş Doz Hızları (D), Yıllık Efektif Doz Hızı (Eff Doz), Dış Tehlike İndeksi ( $H_{\text{ex}}$ ) ve İç Tehlike İndeksi ( $H_{\text{in}}$ ) hesaplanmış olup sırasıyla  $76 \pm 14$  Bq/kg,  $30 \pm 5.5$  nGy/h,  $37 \pm 6.8$   $\mu\text{Sv}$ , 0.17 ve 0.23 olarak elde edilmiştir. Tüm sağlık tehlike indeksleri önerilen limitlerin çok altında bulunmuştur. Bu sonuçlar, bölgede yaşayan insanların toprak ve sediment numunelerindeki doğal aktivitelerden dolayı yüksek radyasyona maruz kalmadığını, bunların inşaat veya yapı malzemeleri olarak kullanılabilceğini göstermiştir. Su numuneleri de analiz edilmiş olup  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite seviyeleri sırasıyla  $25 \pm 4.4$ ,  $22 \pm 4.4$  ve  $220 \pm 63$  Bq/kg olarak belirlenmiştir.

Kırıkkale ilinin temel radyasyon seviyelerini belirlemek amacıyla Albayrak (2011) tarafından ilk olarak 170 noktada yerden 1 m yükseklikte sintilasyon dedektörü ile gama doz hızları ölçülmüş, 23-320 nGy/saat aralığında değişen değerler elde edilmiş ve ortalaması 121 nGy/saat olarak bulunmuştur. Sonra 85 noktadan içme suyu, kaynak ve kuyu suyu numuneleri alınmış, toplam alfa ve toplam beta aktiviteleri tespit edilmiştir. Buna göre il ortalama değerleri sırasıyla

0.17 Bq/L ve 0.23 Bq/L olarak bulunmuş olup WHO tarafından 2006 yılında düzenlenen sınır değerlerin (toplam alfa için 0.5 Bq/L ve toplam beta için 1.0 Bq/L) altında olduğu görülmüştür. Ancak 7 su numunesinde elde edilen toplam alfa aktivite konsantrasyonu sınır değerlerin üzerinde elde edilmiştir. Toplam beta aktivite konsantrasyonu 1.0 Bq/L değerinden yüksek olan içme suyu numunesi tespit edilmemiştir. Daha sonra 84 toprak numunesinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Elde edilen değer aralıkları (ortalama değer) sırasıyla 4.9-53 (20.9), 3.7-163.5 (38.1), 108.5-1500.5 (577.3) ve 0.2-11.9 (3.6) Bq/kg'dır. Mevsimsel değişiklikleri de gözlemlemek amacıyla hem yaz hem de kış dönemlerinde 150 eve CR-39 pasif radon dedektörleri yerleştirilmiş ve yaklaşık 80 gün bekletilmiştir. Süre sonunda dedektörlere kimyasal işlemler yapılarak alfa izleri belirgin hale getirilmiş olup yaz ve kış dönemi ortalama radon aktivite konsantrasyonları sırasıyla 61.1 (14-288) Bq/m<sup>3</sup> ve 88.4 (17-484) Bq/m<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir. Yaz ve kış dönemi ortalama radon aktivite konsantrasyonları, Türkiye'de TAEK Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nde müsaade edilebilir radon aktivite konsantrasyon değeri olan 400 Bq/m<sup>3</sup>'ün altında elde edilmiştir. Ancak Çelebi ilçesi Kepirli köyü (484 Bq/m<sup>3</sup>) ve Merkez ilçe Ulaş köyü (419 Bq/m<sup>3</sup>)'nde ölçülen değerler yüksektir. Ayrıca dış ve iç ışınlamalardan dolayı bu gölgede yaşayan halkın maruz kaldığı ortalama yıllık etkin doz eşdeğerinin toplamı 1.96 mSv olarak hesaplanmıştır. Radon ve bozunma ürünlerinin solunmasıyla bir yıl içinde akciğer kanseri olma olasılığı  $1.26 \times 10^{-4}$  ve ortalama ömrü 70 olarak alındığında da kanserden ölüm riski olasılığı  $8.8 \times 10^{-3}$  olarak bulunmuştur.

Can ve diğ. (2011) tarafından, Kilis (62 adet), Osmaniye (70 adet) ve Antakya (72 adet) olmak üzere 3 ilde toplam 204 eve bahar döneminde CR-39 pasif nükleer iz dedektörleri yerleştirilmiştir. Sonra kimyasal işlemde geçirilerek belirgin hale getirilen izlerin sayılmasıyla radon aktivite konsantrasyonları elde edilmiştir. Buna göre Kilis ili radon aktivite konsantrasyonu 5-171 Bq/m<sup>3</sup> aralığında değişmekte olup ortalaması 50 Bq/m<sup>3</sup>'tür. Aynı şekilde Osmaniye ve Antakya evlerinde elde edilen radon aktivite konsantrasyon aralığı sırasıyla 6-209 Bq/m<sup>3</sup> ile 4-135 Bq/m<sup>3</sup> olup ortalama değerleri de 51 Bq/m<sup>3</sup> ve 40 Bq/m<sup>3</sup>'tür. Bu değerlerden yararlanılarak Kilis, Osmaniye ve Antakya illerinde yaşayan halk için elde edilen ortalama yıllık etkin doz eşdeğerleri de sırasıyla 1.26, 1.29 ve 1.01 mSv olarak bulunmuştur. Bu değerler literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Kapdan ve diğ. (2011) tarafından, Çankırı ilinin doğal radyasyon seviyesini belirlemek amacıyla evlere CR-39 radon dedektörü yerleştirilmiş, havada gama doz hızları ölçülmüş,

toprak ve içme suyu numuneleri olarak doğal aktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Çankırı ilinin evlerine yerleştirilen 80 adet radon dedektörlerinin analizi sonucunda, ortalama radon aktivite konsantrasyonu  $44 \text{ Bq/m}^3$  olarak belirlenmiş olup bu dozun yıllık etkin doz eşdeğerini  $1.1 \text{ mSv}$  olarak bulmuşlardır. Açık alanlarda 46 noktada havadaki gama dozlarının ölçümü, taşınabilir bir plastik sintilasyon dedektörü kullanılarak gerçekleştirilmiş ve ortalama gama doz hızı  $8 \mu\text{R/saat}$  olarak belirlenmiştir. Daha sonra gama doz hızından kaynaklanan yıllık etkin doz eşdeğeri  $87.7 \mu\text{Sv}$  olarak hesaplanmıştır. 48 noktadan alınan toprak numunelerinde  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları gama spektrometrisi ile ölçülmüş ve ortalama aktivite konsantrasyonları sırasıyla  $17.7$ ,  $22.3$ ,  $357$  ve  $^{137}\text{Cs}$  için  $4.1 \text{ Bq/kg}$  olarak belirlenmiştir. Bu  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonlarından yararlanarak ortalama yıllık etkin doz eşdeğeri  $44.4 \mu\text{Sv}$  olarak hesaplanmıştır. Ayrıca 23 adet içme suyu numunesinin toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonlarını orantılı sayaç kullanarak gerçekleştirmiş olup toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları sırasıyla  $0.25$  ve  $0.26 \text{ Bq/L}$  olarak elde edilmiştir. Bu değerlerden de yıllık etkin doz eşdeğeri  $1.84 \mu\text{Sv}$  olarak hesaplamışlardır. Elde edilen sonuçlar Türkiye'nin diğer illerinde elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında; ev-içi ortamdaki ortalama radon aktivite konsantrasyonlarının ve topraktaki radyonüklidlerin ortalama aktivite konsantrasyonlarının daha düşük olduğu oysa havada gama doz hızı ve içme sularında özellikle ortalama toplam alfa aktivitesinin daha yüksek olduğu ifade edilmiştir.

Sayadi ve Sayyed (2011), son on yılda İran'da hızlı bir sanayi gelişmesi nedeniyle topraklarda ağır metallerin birikmesi üzerine, giderek artan bir kamuoyu endişesi bulunduğunu, toprağın doğal gelişiminin bozulduğunu ve insan faaliyetlerinden dolayı tehlikeli elementlerin eklenmesiyle endüstriyel toprak sistemlerinin karmaşık bir hale geldiğini ifade etmişlerdir. Dolayısıyla, Tahran Bölgesi (İran) Chitgar Sanayi Bölgesi topraklarındaki ağır metallerin, dünyada müsaade edilebilir konsantrasyonlar ile karşılaştırılarak değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Bu nedenle, üç ardışık mevsim Mayıs 2007, Kasım 2007 ve Mayıs 2008'de olmak üzere endüstriyel alanda yüzey toprağından 70'er numune alınarak toplam 210 numunede yedi ağır metalin (Cr, Co, Cd, Cu, Pb, Ni ve Zn) konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Elde edilen ortalama Cr, Co, Cd, Cu, Pb, Ni ve Zn konsantrasyonları sırasıyla  $25.9$ ,  $12.6$ ,  $2.33$ ,  $22.8$ ,  $50.2$ ,  $14.9$  ve  $49.8 \mu\text{g/g}$ 'dir. Konsantrasyonların zamanla arttığı gözlenmiştir. Bu çalışmada ayrıca antropojenik kaynaklardan oluşan ağır metal konsantrasyonlar da hesaplanmış olup, Pb'nun sırasıyla Cd, Zn, Cr, Cu, Co ve Ni izleyen en yüksek antropojenik yüzdesine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Sonuçta; Chitgar endüstriyel bölgesindeki toprakların Pb ve Cd ile

kontamine olduğu ifade edilmiştir. Yüksek Pb değerleri, trafik kirliliğinden kaynaklanan kontaminasyonu ve artan Cd konsantrasyonu da bölgedeki endüstri kuruluşlarından gelen güçlü antropojenik etkileri işaret ettiği vurgulanmıştır.

Otansev ve diğ. (2012) tarafından Kayseri ilinden alınan 82 toprak numunesinde  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Elde edilen değer aralıkları sırasıyla 3.91-794.25, 0.68-245.55, 23.68-2718.71 ve 0.29-52.06 Bq/kg olup ortalama aktivite konsantrasyonları da 35.51, 37.27, 429.66 ve 11.53 Bq/kg olarak bulunmuştur. Elde edilen tüm değerler arasında en yüksek değer Hayriye köyünden alınan toprak numunesinde elde edilmiştir. Yerden 1 m yükseklikte taşınabilir sintilasyon dedektörü ile okunan dış gama doz hızı değer aralığı 35.8-823 nGy/saat ve ortalama gama doz hızı değeri de 114.43 nGy/saat olarak belirlenmiştir. Maksimum gama doz hızı değeri de yine Hayriye köyünden elde edilmiştir. Ayrıca, Kayseri ilinde yaşayan insanların havada ölçülen gama doz hızı değerlerinden maruz kaldıkları yıllık etkin doz eşdeğerleri de hesaplanmış olup 140.34  $\mu\text{Sv}$  bulunmuştur. Elde edilen bu değerler dünya ortalama değerleri ve Türkiye'nin diğer il ortalama değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Leghrouz ve diğ. (2012), Filistin'in Ramallah ili ve Doğu Kudüs banliyölerinde bulunan evlerde radon aktivite konsantrasyonlarını belirlemek ve mevsimlere göre değişimlerini de incelemek amacıyla 2006/2007 yılının yaz ve kış aylarında CR-39 katı hal nükleer iz dedektörleri kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada dedektörlerin yerleştirildiği toplam bina sayısı yaz aylarında 75, kış aylarında 81'dir. Yaklaşık 100 günde bir her mevsim için binalara toplam 142 adet radon dedektörü yerleştirmişlerdir. Yaz aylarında geri dönüşümü gerçekleşen 126 dedektörün radon aktivite konsantrasyon seviyelerini, Ramallah şehrindeki binalarda 43-192 Bq/m<sup>3</sup>, Doğu Kudüs banliyölerinde 30-655 Bq/m<sup>3</sup> aralığında elde etmişlerdir. Aynı şekilde, kış aylarında geri dönüşümü gerçekleşen 133 dedektörün radon aktivite konsantrasyon seviyelerini, Ramallah binalarında 38-375 Bq/m<sup>3</sup> ve Doğu Kudüs banliyölerinde 35-984 Bq/m<sup>3</sup> arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Ortalama radon aktivite konsantrasyonu yaz ve kış aylarında sırasıyla 98 Bq/m<sup>3</sup> ve 124 Bq/m<sup>3</sup>'tür. Dolayısıyla yaz ve kış ayları radon aktivite konsantrasyonu aritmetik ortalaması 111 Bq/m<sup>3</sup>'tür. Genel olarak, kış aylarında elde edilen ortalama radon aktivite konsantrasyonunun yaz aylarına göre daha yüksek olduğunu, ancak çoğu yerde radon aktivite konsantrasyon seviyeleri için elde edilen sonuçların, münasip edilen uluslararası seviyelerin altında bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Görür ve diğ. (2012), Karadeniz bölgesinde bulunan ve Çernobil kazasından etkilenen Rize ilinden 2008-2010 yılları arasında gıda numuneleri olarak bu numunelerdeki radyoaktivite ve ağır metal konsantrasyonlarını incelemişlerdir. En yüksek  $^{238}\text{U}$  aktivite konsantrasyonu domatesten ( $9.43\pm 0.128$  Bq/kg), en düşük değerde patlıcandan ( $0.20\pm 0.02$  Bq/kg) elde edilmiştir. En yüksek  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonu üzümden  $3.22\pm 0.29$  Bq/kg olarak elde edilirken,  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonunun tüm gıdalarda yüksek oranda bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca en yüksek  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonu  $10.20\pm 4.19$  Bq/kg olarak maydanozdan elde edilmiştir. Mn, Fe, Cu, Zn, Ni ve As gibi ağır metallerin her birinin günlük diyet alımına ortalama konsantrasyon katkı aralığı  $0.13-9.14$ ,  $0.27-34.63$ ,  $0.05-3.62$ ,  $0.11-14.97$ ,  $0.78-8.51$  ve  $0.01-1.57$  mg'dır. Sonuç olarak; bu gıdalardan elde edilen konsantrasyonların insan sağlığına zararlı olmadığını ve FAO/WHO tarafından belirlenen sınır değerlerini aşmadığını belirtmişlerdir.

Kapdan ve diğ. (2012), Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan ve en büyük şehirlerinden biri olan Balıkesir'in topraklarındaki karasal radyonüklidlere bağlı aktivite konsantrasyonlarını ve sağlık risklerini belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. Bu amaçla, ilk olarak Balıkesir ilini temsil edecek şekilde 70 adet toprak numunesi almışlar ve topraktaki radyonüklidlerin aktivitelerini belirlemişlerdir. Sonra 90 noktada havada karasal ve kozmik ışıklardan kaynaklanan gama doz hızlarını tespit etmişlerdir. Daha sonra da topraktaki bu radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları ve havada gama doz hızı dağılımları haritalandırılmıştır. Topraktaki  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{235}\text{U}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  radyonüklidlerin ortalama aktivite konsantrasyonlarını sırasıyla  $37.6\pm 10.8$ ,  $54.7\pm 15.1$ ,  $674.5\pm 203.2$ ,  $3.6\pm 1.6$ ,  $3.4\pm 2.2$  Bq/kg olarak tespit etmişlerdir. Balıkesir'de karasal ve kozmik ışıklardan kaynaklanan ortalama gama doz hızları  $78.5\pm 12.4$  ve  $48.9\pm 5.8$  nGy/saat bulunmuş olup toplamı  $127.4\pm 18.9$  nGy/saat olarak hesaplanmıştır. Bölgede yaşayan halkın çevresel gama doz hızlarından dolayı maruz kaldıkları yıllık etkin doz eşdeğerinin ise  $156.3$  nSv olduğunu tespit etmişlerdir. ICRP 103'ün risk faktörlerini kullanarak bölge için tahmini kanser riski değerini de  $0.063\times 10^{-2}$  olarak hesaplamışlardır. Sonuçlar, diğer şehirlerde yapılan çalışmaların sonuçları ve dünya ortalamaları ile karşılaştırılmıştır.

Gıda maddelerindeki radyoaktivitenin belirlenmesinin insan sağlığını korumadaki öneminden yola çıkarak, Canbazoğlu ve Doğru (2012) tarafından Elazığ bölgesinden çeşitli sebze ve meyveler alınmış olup gama spektrometre cihazı ile analizleri yapılarak  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ 'un aktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Buna göre, sebzelerde belirlenen ortalama

aktivite konsantrasyonları sırasıyla  $0.64\pm 0.26$ ,  $0.65\pm 0.14$ ,  $13.98\pm 1.22$  ve  $0.54\pm 0.04$  Bq/kg ve meyvelerde belirlenen ortalama aktivite konsantrasyonları da  $1.52\pm 0.34$ ,  $0.98\pm 0.23$ ,  $18.66\pm 1.13$  ve  $0.59\pm 0.16$  Bq/kg'dır. Sebze ve meyveler için elde edilen toplam etkin doz eşdeğerleri de 20 ve 30.55  $\mu\text{Sv/yıl}$ 'dır. Sonuçlar, Türkiye ve dünyadaki diğer bölgeler için elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Meyve numunelerinin tüm radyonüklidler için aktivite konsantrasyonları ve dolayısıyla etkin doz eşdeğeri, sebze numunelerine göre daha yüksek bulunmuştur.

Nguelem ve diğ. (2013), Gana'da Adentan'dan Abokobi bölgesine kadar olan alanda Kasım 2011-Ocak 2012 tarihleri arasında Adentan'dan 10 adet ve Abokobi'den 16 adet olmak üzere toplam 26 yeraltı suyu numunesi alarak toplam alfa ve toplam beta aktivite analizlerini yapmışlardır. Analizler Canberra marka iMatic™ model Alfa/Beta sayım sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sulara pH, tuzluluk ve toplam çözünmüş katı madde miktarı gibi kimyasal özellikleri de tespit etmişlerdir. Ortalama toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları, Adentan için 0.034 ve 0.501 Bq/L ve Abokobi için 0.066 ve 0.470 Bq/L elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, WHO tarafından önerilen içme sularında toplam alfa (0.5 Bq/L) ve toplam beta (1.0 Bq/L) düzeylerinin altındadır. Sonuçlara göre, yeraltı sularının tüketilmesinin radyolojik açıdan insanlarda önemli bir sağlık tehlikesi oluşturmadığı ifade edilmiştir. Ayrıca bu tür çalışmaların tüm bölgelerde yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Kankılıç ve diğ. (2013), Mayıs 2007-Kasım 2008 tarihleri arasında Kapulukaya Baraj Gölü'ndeki üç farklı bölgeden 0-10 cm derinlikten aldıkları toplam 11 sediment numunesinde 13 elementin (Al, Fe, Mn, Cr, Ni, Zn, Co, As, Pb, Cu, Mo, Hg ve Cd) konsantrasyonunu enerji dağılımlı XRF cihazı kullanarak tespit etmişlerdir. Aynı zamanda numunelerin pH, elektriksel iletkenlik ve organik madde analizlerini de yapmışlardır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre konsantrasyonlar,  $\mu\text{g/g}$  olarak Al için 1.47-4.64, Fe için 0.92-3.48, Mn için 326.60-1053.00, Cr için 98.00-1.116.00, Ni için 24.70-127.10, Zn için 14.80-124.20, Co için 11.0-43.20, Cu için 5.00-29.30, As için 9.10-69.70, Pb için 8.60-34.00, Mo için 2.50-5.20, Hg için 1.00-1.60 ve Cd için 0.50-1.80 aralığındadır. Tüm bölgelerde Al, Fe, Mn ve Cr en yüksek değerlerde bulunmuştur. En yüksek konsantrasyondan en düşük konsantrasyona doğru sıralama yapıldığında; Al> Fe> Mn> Cr> Ni> Zn> Co> As> Pb> Cu> Mo> Hg> Cd'dir. Ayrıca bu çalışmada elementlerin konsantrasyonları alındıkları bölgeye göre de karşılaştırılmıştır. Hatta sedimentlerden elde edilen bu elementlerin ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerine göre de

konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Sonuçlar ulusal ve uluslararası benzer çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Chennaiah ve diğ. (2014) tarafından, Hindistan'ın Bhongiri, Bibinagar, Pagidipalli ve Ghatkesar gibi kırsal bölgelerinden 42 içme suyu numunesi alınmış ve nitelikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada tüm numunelerin elektriksel iletkenlik (EC), pH ve toplam çözünmüş katı madde miktarı (TDS) gibi fiziko-kimyasal parametreleri, As, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Mo, Zn gibi ağır metal ve Na, K, Ca ve Mg gibi katyon olmak üzere toplam 16 elementin analizleri yapılmıştır. Sonuçlar ulusal ve uluslararası standartlarla karşılaştırılmıştır. Parametrelerin analiz sonuçlarına bakıldığında ortalama değerler; pH 7.88, elektriksel iletkenlik 1298.54  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ve TDS 870.02 ppm olarak elde edilmiştir. pH, EC ve TDS parametreleri açısından WHO (2004) tarafından müsaade edilebilir değerler sırasıyla 6.5-8.0, 1500, <600 ve BIS (Bureau of Indian Standards, 1993) tarafından müsaade edilebilir değerler sırasıyla 6.5-8.5, 1500, 2000 olarak belirlenmiştir. Buna göre, fiziko-kimyasal parametreler açısından, analiz edilen numuneler arasında, %21 numunenin pH konsantrasyonu, %73.8 numunenin TDS miktarı ve %33 numunenin EC konsantrasyonları WHO (2004) tarafından önerilen değerlerin üzerinde elde edilmiştir. Bazı numunelerde de, Na, K, Ca ve Mg katyonlarının ve ağır metallere önemli sağlık problemlerine neden olabilecek altı elementin (Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) konsantrasyonlarının da WHO (2004) ve BIS (1993) tarafından müsaade edilen değerleri aştığı görülmüştür. Son olarak, bu çalışma alanındaki içilebilir su kaynaklarının düzenli olarak izlenmesi önerilmiştir.

Çevik (2015), Aydın, Milas-Çomakdağ, Milas-Selimiye, Muğla-Yatağan olmak üzere 4 farklı bölgeden ve Memecik, Delice, Çelebi, Gemlik olmak üzere 4 farklı türde, çeşit ve yöre farklılıklarını da gözlemlemek amacıyla, hasat zamanı öncesi (yeşil) ve hasat zamanı (siyah) olmak üzere insanların çokca tükettiği zeytin ve zeytin ürünlerinden almıştır. Sonra bunların metal dağılımlarını (Fe, Cr, Mn, Co, Cu, Pb, Ni, Cd, B, Zn, Ba, Ca, Mg) incelemiştir. Numunelerin mikrodalga ile çözünürleştirme işlemlerini yaptıktan sonra analizlerini ICP-OES cihazı kullanarak gerçekleştirmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarını değerlendirirken dört değişkeni dikkate almıştır: 1) Zeytinlerin olgunlaşma derecesine göre; tüm metaller için geçerli olmamakla birlikte genel olarak olgunlaşmış zeytinlerdeki metal konsantrasyonlarının olgunlaşmamış olanlarına nazaran daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir. 2) Numunelerin alındığı bölgeye göre; Çomakdağ bölgesinden alınan numunelerde Fe konsantrasyonu diğer

bölgelere göre en yüksek iken, Zn konsantrasyonu ise en düşük, Yatağan bölgesinden alınan zeytinlerde Zn konsantrasyonu en yüksek, Selimiye bölgesinden alınan zeytinde Fe konsantrasyonu en düşük olarak elde etmiş, diğer metal dağılımlarında önemli bir fark gözlememiştir. 3) Zeytin türlerine göre; özellikle göze çarpan Çomakdağ'dan alınan Memecik türünde Fe ve Ca konsantrasyonu diğer bölgelere göre en yüksek iken Ba konsantrasyonu en düşük, Gemlik türünde ise Fe konsantrasyonu diğer türlere göre en düşük elde etmiştir. 4) Alınan örneğin konumuna göre; Yatağan bölgesinden yeşil ve siyah zeytin, zeytin toprağı, karasu ve zeytin çekirdeğinden elde ettiği sonuçları incelediğinde Fe konsantrasyonunun en yüksek toprakta, en düşük de zeytin karasu numunesinde olduğunu ifade etmiştir. Milas-Selimiye bölgesinden alınmış olan yeşil zeytin ve toprak numunelerinden en yüksek Fe ve en düşük Ca konsantrasyonunu toprak numunesinde gözlemiştir.

Warming ve diğ. (2015), "Kopenhag'da şehir merkezinde bulunan bahçelerden eser element alımı insan sağlığı için bir risk oluşturuyor mu?" sorusuna cevap aramak için, belirledikleri üç bahçeden beş ortak bahçe bitkisi alarak toksik etki yaratabilen eser element As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni ve Zn konsantrasyonlarını belirlemeyi amaçlamışlardır. Seçilen bahçelerden ilki; trafiğin az yoğun olduğu bir yoldan 100 m içeride ağaç ve çalılarla ayrılmış okul bahçesinde küçük bir parktır. İkincisi; trafiğin yoğun olduğu bir yola 90 m uzaklıkta bulunan ve sadece ağaç gövdeleri ile ayrılan eski bir üniversite bahçesi ve üçüncüsü de; trafiğin çok az olduğu bir yoldan 90 m içeride olan ve sonradan dökme toprakla yapılmış, sadece sebze ve bitkilerle yoldan ayrılan özel mülke ait bir bahçedir. Bahçelerden havuç, patates, turp, lahana ve marul bitkileri ile birlikte aynı yerlerden 5, 15 ve 30 cm derinliklerden toplam 9 adet toprak numunesi almışlardır. Numunelerin analizleri ICP-OES cihazı ile yapılmış ancak özellikle As ve Pb analizinde yaşadıkları problemden dolayı tüm numuneleri ICP-MS cihazı ile yeniden analiz etmişlerdir. Toprak numunelerin analizinde tüm element konsantrasyonları en düşük birinci bahçeden, daha sonra ikinci ve en yüksek üçüncü bahçeden elde edilmiştir. Bitkilerden elde edilen konsantrasyon aralıkları ise, mg/kg olarak As için 0.002-0.21, Cd için 0.03-0.25, Cr için <0.09-0.38, Cu için 1.8-8.7, Ni için <0.23-0.62, Pb için 0.05-1.56 ve Zn için 10-86'dır. Havuç ve patatesteki Cr ve Ni konsantrasyonu dedeksiyon limitinin altında elde edilmiş olup bu sonuç mahsüllerdeki temel konsantrasyonların toprak konsantrasyonlarını tam olarak yansıtmadığı, ayrıca gıdadaki Cd ve Pb'un müsaade edilen sınırları aşmadığı gözlenmiştir. Sonuçta; Kopenhag'daki bahçelerden alınan bitkilerdeki As, Cd, Cr, Cu, Ni ve Zn konsantrasyonlarının insanlar için bir sağlık riski oluşturmadığını tespit etmişlerdir.

Polat (2016) tarafından Tekirdağ ilindeki fabrikaların yakınındaki tarım alanlarında oluşturduğu toprak kirliliği ve bu kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkisini araştırmak üzere bir çalışma yapılmıştır. Özellikle Çorlu, Çerkezköy ve Muratlı ilçeleri gibi sanayi bölgeleri ve aktif fabrikaların yakınındaki tarım arazilerinden 0-20 cm derinlikten 28 adet toprak numunesi alınmıştır. pH, tuzluluk, kireç ve organik madde analizlerinin yanında P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, Mo, Cd, Ni, Pb, Co, Al ve Cr gibi elementlerin analizleri yapılarak karşılaştırılmıştır. Üç ilçede de K konsantrasyonu 140-370 ppm aralığında ve Cu konsantrasyonu  $<0.2$  ppm elde edilmiştir. Yapılan analizlerde Pd, Cd ve Mo konsantrasyonlarının ölçüm limitinin altında olduğu ve üç ilçede de Ni elementi kirliliğinin tespit edilmediği belirtilmiştir. Sonuçta, ağır metallerin bitki dokularında birikmesi, dolayısıyla gıda zinciri yoluyla hayvanlara ve insanlara geçmesi, sağlığa zararlı etkilerinin olmasından dolayı, bu tür çalışmaların artırılması, toprak kirliliğinin aralıklarla tespit edilmesi, toprak temizleme teknikleri ile çözüm yollarının bulunmasının faydalı olacağı kanaatine ulaşılmıştır.

Faanu ve diğ. (2016), Gana'nın merkezinde bulunan ve Perseus Altın Madeni İşletmesi'nin imtiyazı içinde yer alan bölge ve çevresinde, altın cevherinin işlenmesinden önce doğal radyoaktif maddelerin seviyelerini tespit etmek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. İlk olarak toprak yüzeyinden 1 m yükseklikte dış gama doz hızını ortalama  $80 \pm 20$  nGy/saat ve ortalama yıllık etkin doz eşdeğerini  $0.093 \pm 0.028$  mSv olarak belirlemişlerdir. Toplam 14 adet toprak, kaya ve cevher numunelerinde gama spektrometre cihazı ile  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  ortalama aktivite konsantrasyonlarını sırasıyla  $65.1 \pm 2.2$ ,  $71.8 \pm 2.2$  ve  $1168.3$  Bq/kg olarak elde etmiş ve yıllık ortalama etkin dozu da  $0.91 \pm 0.32$  mSv olarak hesaplamışlardır. Ayrıca  $136.6$ - $340.2$  Bq/kg aralığı için hesaplanan ortalama  $Ra_{eq}$  değerini  $257.8 \pm 62.4$  Bq/kg, dış ve iç indekslerin ( $H_{ex}$  ve  $H_{in}$ ) ortalama değerlerini de sırasıyla  $0.7 \pm 0.2$  ve  $0.9 \pm 0.2$  olarak elde etmişlerdir. Canberra marka iMatic™ model cihazı kullanarak toplam 16 adet su numunesinde belirledikleri ortalama toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları  $0.0032 \pm 0.0024$  ve  $0.0338 \pm 0.0083$  Bq/L'dir. Bu çalışmada (toprak, kayaç ve cevher numunelerinden alınan gama doz hızı ve su numunelerinde belirledikleri toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonundan hesapladıkları dozlardan) toplam yıllık etkin doz eşdeğeri  $0.918$  mSv olarak hesaplanmıştır. Bu değer, ICRP 60 tarafından önerilen ve halk için müsaade edilen limit değerinin ( $1$  mSv) altındadır.

Otansev ve diğ. (2016), Marmara Denizi'nde 9 farklı istasyondan ve deniz seviyesinden 50-92 m arasında farklı derinliklerden denizsuyu ve sediment numuneleri alarak bu numunelerde hem doğal ve antropojenik radyoaktiviteleri hem de ağır metal analizlerini yapmışlardır. Ayrıca, radyoaktivite ve ağır metallerin çevresel etkilerini ve dağılımlarını da incelemişlerdir. Bu çalışmada sedimentlerde elde edilen  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ 'un ortalama aktivite konsantrasyonları sırasıyla 23.8 (13.8-34.2) Bq/kg, 18.8 (6.4-25.9) Bq/kg, 23.02 (6.3-31.1) Bq/kg, 558.6 (378.8-693.6) Bq/kg ve 9.14 (4.8-16.3) Bq/kg'dır. Bu radyoizotoplar içinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{238}\text{U}$  ve  $^{232}\text{Th}$ 'nin aktivite konsantrasyonunun kabul edilebilir sınırlar içinde,  $^{40}\text{K}$ 'ın aktivite konsantrasyonunun ise dünya ortalama konsantrasyonunun çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerlerden radyum eşdeğer aktivitesi ( $R_{eq}$ ), soğurulmuş doz hızı (D) ve dış tehlike indeksi ( $H_{ex}$ ) hesaplanmış olup ortalama değerleri sırasıyla 100.01 Bq/kg, 48.32 nGy/h ve 0.27 olarak bulunmuştur. Ayrıca sedimentlerde ağır metal analizi de yapılmıştır. Cr, Mn, Cu, Zn, Pb ve Ni ağır metaller için elde edilen ortalama konsantrasyonlar sırasıyla 114.6 µg/g, 568.2 µg/g, 39.3 µg/g, 85.5 µg/g, 32.9 µg/g ve 49.1 µg/g'dir. S1 ve S9 istasyonları haricindeki tüm istasyonların Cr açısından zengin olduğu, aynı zamanda S2, S3, S4, S5 ve S6 istasyonlarında Ni, S5 ve S7 istasyonlarında Cu konsantrasyonunun yüksek olduğu görülmüştür. Pb konsantrasyonu sadece S5 istasyonunda yüksek değerde elde edilmiştir. Deniz suyu numunelerinde toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları belirlenmiş olup ortalama değerleri 0.042 Bq/L ve 13.402 Bq/L'dir. Toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonunun aynı istasyonda derinlikle arttığı gözlenmiştir. Toplam beta aktivite konsantrasyonunun oldukça yüksek çıkmasının nedeninin  $^{40}\text{K}$ 'dan kaynaklandığı vurgulanmıştır.

Badawy ve diğ. (2017) tarafından, Mısır'da Asyut'tan Kahire'ye kadar Nil Vadisi boyunca 40 yüzey toprağı ve 32 sediment numunesi alınmıştır. Bu numunelerde 32 majör ve eser element (Na, Mg, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Co, Zn, As, Br, Rb, Sr, Zr, Mo, Sb, Ba, Cs, La, Ce, Sm, Tb, Yb, Hf, Ta, Th ve U) dağılımı nötron aktivasyon analiz cihazı ile belirlenmiştir. Bu analiz sonuçlarından yararlanarak; Nil nehri sedimentlerinin dünyadaki benzer materyaller ve yerel jeoloji ile ne ölçüde ilişkilendirilebileceğini belirlemişlerdir. Bunun için, Congo ve Üst Niger Nehirlerinden alınan sedimentlerin yanısıra daha önce vadinin diğer bölümlerinden elde edilen ortalama toprak (Average Soil) ve ortalama sediment (Average Sediment) verileri, üst kıta kıvrımı sedimentlerinden (UCC, Upper Continental Crust) ve Kuzey Amerikan Shale Kompozit (NASC) sedimentlerinden elde edilen veriler ile tek tek karşılaştırmışlardır. Sonuçta;

hem anakaya oluşumu hem de eser elementlerin dağılımının, muhtemelen Etiyopya yaylalarının hava koşullarından kaynaklanan ve Nil nehrinin ana kolu olan “Mavi Nil” tarafından taşınan, magmatik kökenli ufalanmış materyalin varlığına işaret ettiğini vurgulamışlardır. Bu özelliğin, nadir toprak materyalleri olan La ve Ce’un ortalamalarının yanı sıra Kıta materyalinden, Congo ve Üst Nijer sedimentlerinden önemli ölçüde düşük olan Th ve U’un ortalama aktivite konsantrasyonları ile de daha iyi kanıtlandığı, aynı zamanda, Ni, Zn ve As gibi ağır metallerin konsantrasyonlarının, Nil vadisinin bu incelenen bölgesinde çok yüksek değerlerde olmadığı ve böylece dört bin yıldır süregelen insan faaliyetlerine rağmen Nil Nehrinin fazla etkilenmediğini tespit etmişlerdir.



### 3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Nevşehir ilinden elde edilen toprak numuneleri, su numuneleri ve tarım ürünlerinde doğal radyasyon seviyeleri ile ağır metal seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Nevşehir ilinin açık hava ortamında doğal gama doz hızları ölçülmüş, bölgeden alınan toprak ve su numunelerinin yanında bazı tarım ürünlerinde doğal radyoaktivite, ağır metal ve eser element konsantrasyonları belirlenmiştir. Bununla birlikte, evlere Cr-39 pasif iz dedektörleri yerleştirilerek radon aktivite konsantrasyonları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlardan yararlanarak bölgede yaşayan halkın maruz kaldığı radyasyon dozu ve kanser riski hesapları yapılmıştır.

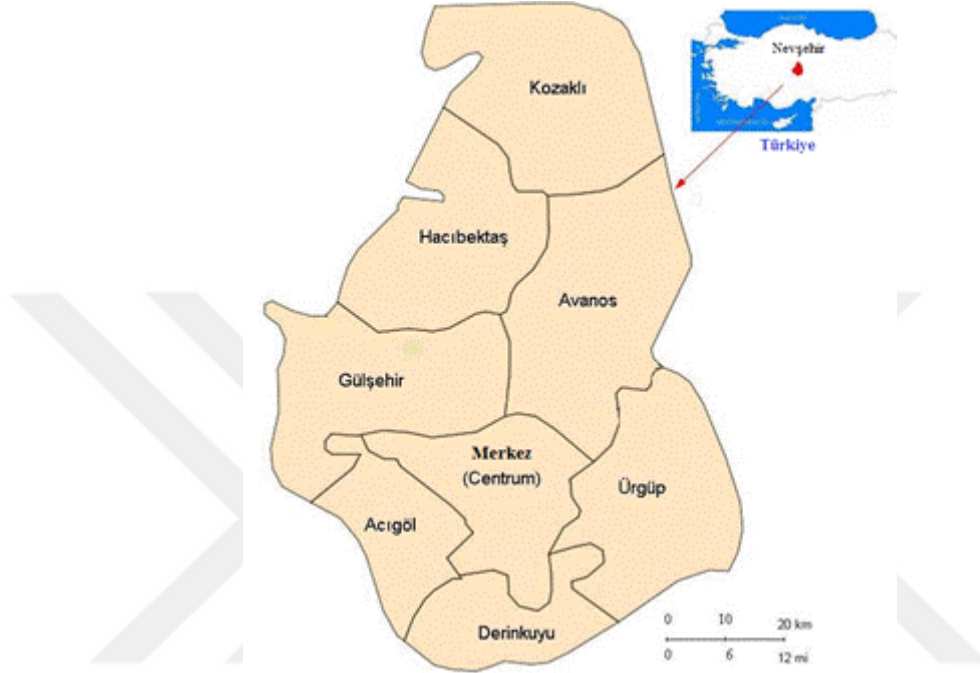
#### 3.1. NEVŞEHİR İLİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Konum itibariyle Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinde Orta Kızılırmak bölümünde bulunan Nevşehir, 38°12' ve 39° 20' kuzey enlemleri ile 34°11' ve 35°06' doğu boylamları arasında kalmaktadır. 6429 sayılı kanun ile 20 Temmuz 1954 tarihinde il olan Nevşehir, doğudan Kayseri, kuzey ve kuzeybatıdan Kırşehir, güneyden Niğde, batıdan Aksaray, kuzeydoğudan Yozgat illeriyle çevrilidir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Türkiye haritası üzerinde Nevşehir ilinin konumu.

Yüzölçümü 5.467 km<sup>2</sup> ve rakımı karayolları ölçümlerine göre 1250 m olan Nevşehir ilinin 2016 istatistiklerine göre nüfusu 290.895'dir<sup>3</sup>. Nevşehir'in biri Merkez olmak üzere sekiz ilçesi vardır. Bu ilçeler; Acıgöl, Avanos, Derinkuyu, Gülşehir, Hacıbektaş, Kozaklı, Merkez ve Ürgüp'tür (Şekil 3.2).



**Şekil 3.2:** Nevşehir ili ve ilçeleri.

Nevşehir bölgesi, olağanüstü ve eşine az rastlanır doğal görünüşü ile yıllardır her mevsimde yerli ve yabancı pekçok insanın ilgi odağı olmuştur. Her yıl milyonlarca turist tarafından ziyaret edilmesine neden olan ilgi çekici ve bu yöreye özgü karakteristik yüzey şekillerinin oluşumu, jeolojinin üçüncü zamanının ikinci yarısında Neojen dediğimiz dönemde (yaklaşık 25 milyon yıl önce) başlamıştır. Bu değişik manzaranın hazırlanmasında önce yerkürenin iç güçleri etkisini göstermiştir. İyice sertleşmiş durumdaki yerkabuğu, bölgedeki fay sistemlerinin üzerinde meydana gelen depremlerle, derinlemesine kırıklarla yarılmaya başlamıştır. Yerkabuğunun derinliklerinde bulunan “mağma” adını verdiğimiz yarı akıcı kızgın maddeler, bu kırıkların araladığı yarıklardan dışarı çıkarak öncelikle Erciyes, Hasan Dağı ve Melendizler gibi volkan konilerini oluşturmuşlardır. Yörenin coğrafi yapısının mimarları bu volkanlardır.

<sup>3</sup> www.nevsehir.gov.tr

Bu üç doğal mimar, farklı zamanlarda ve farklı dirençte yeryüzüne çıkan volkanik elemanlarla kendilerini şekillendirmesi sonucu Erciyes 3917, Hasandağı 3268 ve Melendiz 2963 metreye ulaşmıştır. Püskürttükleri maddeler için tek baca yetmemeye başlayınca çevrelerinde ikincil koniler (parazit koniler) oluşmaya başlamış ve yörede küçükü büyüklü yeni kraterler meydana gelmiştir. Bugün aşınım ile ortadan kalkmış bu ikincil konilerde çeşitli volkanik maddeler püskürtmeye devam ederek bölgenin oluşumunda etkinlik göstermişlerdir.

Volkanların püskürttüğü volkanik malzeme, rüzgârın da etkisiyle çökmüş bölgelere doğru savrulurken, daha önceden meydana gelmiş tepe ve vadileri kaplamış ve bölgenin görünümünü bir platoya çevirmiştir. Platoda biriken küller yumuşak bir tuf tabakası oluşturmuştur. Tuf tabakasının üzeri yer yer sert bazalttan oluşan ince bir lav tabakasıyla örtülmüştür. Bazalt çatlayıp parçalara ayrılmış ve yağmurlar da çatlaklardan sızıp yumuşak tüf aşındırmaya başlamıştır. Alt kısımlarda bulunan ve daha kolay aşınan malzemenin derin bir şekilde oyulmasıyla yamaç gerilemiş, böylece üst kısımlarda bulunan şapka sayesinde aşınmadan korunan konik biçimli gövdeler ortaya çıkmıştır. Bölgenin keskin ısı değişiklikleri içeren iklimi, baharda eriyen karlar, yağmur, rüzgâr ve nehirlerin etkisiyle geniş ölçüde aşınma şekilleri meydana çıkararak bölgedeki tuhaf şekillerin oluşumuna katkıda bulunmuştur. Bu değişik ve ilginç biçimli kayalara insanlar “Peribacası” ismini vermişlerdir. Bu şekiller daha çok Göreme-Ürgüp-Avanos üçgeni içinde yoğunlaşmıştır (Tuncel, 1996).

Dördüncü jeolojik zamanda ortaya çıkan peribacaları genel hatlarıyla bu volkanik dağlar ile Kızılırmak’ın çevrelediği yaklaşık 288 km<sup>2</sup>’lik alanda bulunmaktadır. Volkanik malzeme ile kaplı bu alanda altta tüfler, üstte bazalt ve andezitler yer almaktadır. Tüflere göre daha sert bir yapıda olan bazalt ve andezitler bugün sadece belli kesimlerde mevcuttur. Bunlar ya tüflerin üzerine sıralanmış kornişler şeklinde ya da koniler üzerine yerleştirilmiş bloklar görünümündedirler<sup>4</sup>.

“Güzel Atlar Ülkesi” anlamına gelen ve Kapadokya olarak bilinen bu alan, başta Nevşehir olmak üzere Kırşehir, Niğde, Aksaray ve Kayseri illerine yayılmış bir bölgedir. Ancak diğer illerdeki oluşumlar, şekiller Nevşehir yöresinde olduğu ölçüde yaygın ve geniş alanlar kaplamamaktadır.

---

<sup>4</sup> www.nevsehir.bel.tr

Coğrafi olaylar Peribacaları'nı oluştururken, tarihi süreçte, insanlar da bu peribacalarının içlerine evler, kiliseler ve manastırlar oymuş bunları fresklerle süsleyerek binlerce yıllık medeniyetlerin izlerini günümüze taşımıştır.

Peribacaları dışında, Nevşehir yöresinin Türkiye ölçüsünde ve Dünya çapında tanınmasını sağlayan ikinci öge "Yeraltı" yerleşim merkezi olmasıdır. Nevşehir yöresinde yeraltı yerleşim merkezlerinin bilinen sayısı 41'dir. Bunlardan yalnız Derinkuyu, Kaymaklı ve Özkonak'ta bulunanlar turist ziyaretine açılmıştır<sup>5</sup>.

Bölgenin doğal yapısındaki ağaç kıtlığı ve sürekli depremlerle sallanmasından dolayı yaşamın sürdürülebilmesi için sağlam konutlara ihtiyaç duyulması Kapadokya insanını kaya blokların içine sığınmaya itmiştir. Böylece bölgeye yerleşenler sadece oturacağı mesken, dinsel ihtiyacı için kullanacağı ibadet yerini taşla oymakla yetinmemiş, bazı tehlike anlarında gözden uzak kalıp sığınacağı yeraltı kentleri ile de yerin altını delik deşik etmiştir (Tuncel, 1996).

Nevşehir yöresinde doğa turizminin odak merkezleri vadilerdir. Göreme vadisi, Çat-Aksaray vadisi, Ihlara vadisi ve Soğanlıdere vadisi doğal oluşumlar olmaları yanında Paleolitik çağdan başlayarak insan topluluklarına sığınak ve barınak olmaları açısından da değer taşımaktadırlar ([www.uchisarlılardednegi.com](http://www.uchisarlılardednegi.com)). Doğal ve tarihi değerlerinin her çeşidini üstünde toplayan Nevşehir bölgesi, bu özellikleriyle hem Ulusal Park hem de Dünya Doğal ve Kültürel Mirası listesinin en başında gelmektedir (Mülayim, 1996).

Nevşehir ilinin toprakları volkanik tüflerden meydana geldiği için geçirgen bir yapıya sahiptir. Bölgede yapılan çalışmalar, tarım topraklarının % 85'i tınlı, % 9'u killi-tınlı, %2'si killi ve % 4'ü kumlu bünyeye sahip olduğunu göstermiştir. Nevşehir bölgesinde karakterlerine göre beş çeşit toprak vardır: Orta Anadolu'nun yaygın toprak türü olan ve organik madde içeren kahverengi topraklar, bu bölgenin çok geniş alanını kaplamakta olup tahıl yetiştiriciliğine uygundur.

Daha sonra en büyük toprak grubu, volkanik karakterli olan ve özellikle Ürgüp yöresinde rastlanan, sebze tarımına elverişli, regosol topraklardır. Sıcak iklimin yol açtığı oksitlenme nedeniyle kahverengi topraklar kırmızımsı bir renk alarak kırmızı kahverengi toprakları oluşturur. Bu toprakların büyük bölümünde bağ ve bahçecilik yapılmaktadır. Genel olarak

---

<sup>5</sup> [www.uchisarlılardednegi.com](http://www.uchisarlılardednegi.com)

kahverengi topraklarda üstte organik madde, altta ise kireç birikimi görülür. Kireçsiz kahverengi topraklar ise kalın bir üst tabaka ve kil birikimli bir alt tabakadan oluşur. Ayrıca tarımsal açıdan sorunsuz ve verimli olan, yüzey sularının taşıdığı sedimentlerle oluşan alüviyal topraklar da bulunur.

Nevşehir il topraklarını Kızılırmak Vadisi ikiye böler. Dağlar daha çok kuzey ve güneyde bulunur. İlin % 20'si ovalardan, % 18'i dağlardan ve % 57'si platolardan meydana gelir. Nevşehir yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı geçen tipik karasal iklim özelliklerini taşır (coğrafya.gen.tr/tr/nevsehir).

İlin tam ortasından (batıdan doğuya) Türkiye'nin en uzun ırmağı olan Kızılırmak geçmektedir. Doğal gölü bulunmayan Nevşehir'in içme ve kullanma suları yeraltı sularından karşılanmaktadır (www.csb.gov.tr).

Nevşehir il sınırları içerisinde birçok sayıda jeotermal kaynaklar (kaplıca) vardır. Bunlardan en önemlisi dünyaca önem kazanmış olan Kozaklı kaplıcalarıdır. Sağlık turizmi açısından önemli bir yere sahiptir. Yapılan çalışmalarda su sıcaklığının 27-93°C arasında değiştiği görülmüştür. Acıgöl ve Avanos yörelerinde de jeotermal kaynaklar bulunmaktadır (Atabey, 2013).

Ayrıca ilde volkanik faaliyetler sonucunda oluşan, ekonomik bakımdan önemli yeraltı kaynakları da olup bunların başında perlit/pomza, linyit, tuz ve oniks gelmektedir. Pomza, volkanizma faaliyetleri esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani terketmesi sonucu oldukça gözenekli bir yapı içeren volkanik kökenli bir madendir. Gözenekler birbirleriyle bağlantısız boşlukludur. İçerdiği gözenekler gözle görülebilecek boyutlardan, mikroskobik boyutlara kadar sayısız miktarda olup, herbiri diğerinden camsı bir zarla yalıtılmıştır. Bu yüzden hafif, suda uzun süre yüzebilen, izolasyonu yüksek, ısı ve ses iletkenliği oldukça düşük bir kayaktır. Pomza, Nevşehir ilinde en iyi kalitede olup en fazla kullanım alanına sahiptir. İl merkezi ve Ürgüp ilçesinde çok sayıda halen işletilen ve işletilmiş pomza yatakları vardır.

Gülşehir ilçesine bağlı Tuzköy yakınlarında ve Hırka dağının doğu yamaçlarından kaya tuzu çıkarılır. Bu kaya tuzu oluşumu iki adet fay sistemi ile denetlenmektedir. Nevşehir ilindeki linyit kömürü Gülşehir ilçesine bağlı Dadağı, Alemlı ve Gümüşyazı (Arafa) köyü arasında bulunur. Kömür, Kızılöz formasyonu, Arafa üyesine ait kumtaşı, kumlu marn ve marn düzeyleri içinde damarlar şeklindedir. Oniks, Hacıbektaş ilçesinde çıkarılan bir mermer türüdür. Sarı, pembe, kırmızı, beyaz renkte ve birkaç rengi içeren çeşitleri de vardır (www.csb.gov.tr).

Nevşehir ilinin güney bölümü önemli tektonik ve aktif durumda bulunan faylarla çevrilidir. İlin sol tarafında kuzeybatı-güneydoğu yönde uzanımlı yaklaşık 200-300 km uzunluğunda Tuz gölü fayı, sağ tarafında kuzeydoğu-güneybatı yönde uzanımlı yaklaşık 160 km uzunluğunda Ecemiş fayı ile yaklaşık 200 km uzunluğunda Erciyes fayı yer alır. Derinkuyu civarında düşey yönlü derin kuyu fayı ile ili ortasından ikiye bölen, Kızılırmak vadisi boyunca doğu batı yönünde uzanan, aktif olan Karaburç-Gümüşkent fayı 60 km uzunluğunda ve 40 m düşey atımı olan deprem oluşturabilecek diri bir faydır.

Diri fay; çakıl, kum, mil, kil ve çamur yığınlarından oluşan ve alüvyon olarak tanımlanan, henüz yeterince sıkışmamış ve sıkışmaya devam eden, çoğunlukla en genç yaşta olan çökelleri kesen aktif faylardır. Karaburç köyü, Karaburna beldesi, Eskiaylacık, Yeniaylacık, Alkan, Civelek ve Yeşilöz köyleri bu fay hattının üzerinde yer alır. Söz konusu fay, Yeşilöz (Cemil) köyünden güneye doğru bir kola ayrılır ve Sulusaray kuzeyine kadar uzanır. Karaburç-Gümüşkent fayı Sarıhıdır köyü 500 m kuzeyinden geçerek doğuya doğru devam eder. Gümüşkent'te yüzeylenen traverten, Yeşilöz'ün kuzeybatısındaki traverten, Balkaya mevkiindeki traverten ile Sarıhıdır köyündeki (işletilen) traverten oluşumları hep bu fayın üzerinde gelişmiştir.

Çökek, Ulaşlı köylerinin batı kısmında kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanan aktif olan başka bir fay yer alır. Bundan başka, Acıgöl civarında yer alan birçok volkanik çıkış merkezli aktif kırıklar bulunur. İldeki jeotermal kaynaklar birbirini kesen aktif kırıklar üzerinde oluşmuştur. Bunların başlıcası Kozaklı jeotermal kaynaklarının oluşumuna neden olan Kozaklı fayıdır. Bu fay kuzeybatı-güneydoğu yönlüdür. Ayrıca, Arafa (Gümüşyazı) ile Küçük Ayhan-Büyük Ayhan köyü kuzeyinde Boztepe'nin kuzey kenarından geçen ve doğu batı yönünde uzanan 12 km uzunluğunda, 50 m düşey atımı olan bir fay bulunur.

Şekil 3.3'te Deprem Araştırma Dairesi tarafından düzenlenen Türkiye'nin deprem bölgeleri haritasında Nevşehir ilinin neredeyse tamamının 3. derecede olduğu görülmektedir. Bu genel bir derecelendirme olup yukarıda belirtilen aktif faylar dikkate alındığında bu kırık hatların üzerinde yer alan yerleşim yerleri ve çevresinin 1. ve 2. Derece deprem bölgesi üzerinde oldukları açıkça görülecektir. Yani bu faylar üzerinde bulunan yerleşim yerleri olabilecek bir depremde en riskli yerlerdir. Bölgede tarihsel ve aletsel dönemde hasar yapıcı deprem kayıt edilmemiştir. Ancak Afet İşleri son bir yılda 2-4 büyüklüğünde değişen 50 deprem tespit etmiştir (Atabey, 2013).



Şekil 3.3: Nevşehir ilinin deprem bölgeleri ve diri fayları.

Nevşehir bölgesinin jeolojik yapısı bazı olumsuz sağlık sorunlarını da beraberinde getirmiştir. 1950’li yıllardan beri artan kanser (özellikle mezotelyoma) vakaları, çeşitli kurumlarında bu bölgede geniş araştırmalar yapmasını sağlamıştır.

Yapılan çalışmalar, eriyonitli volkanik tüflerin bulunduğu kayaların kansere neden olduğunu ortaya çıkarmıştır. Eriyonit, zeolit grubu bir mineraldir. Ülkemizde zeolit yatakları Üst Miyosen döneminde Batı ve İç Anadolu’daki gölsel ortamda Hasandağı, Erciyes Dağı ve Melendiz Dağı’ndaki volkanik etkinliklere bağlı olarak meydana gelmiştir. Kristal yapısı lifli ve iğnemsî olan eriyonitin, şimdiye kadar bilinen en potansiyelli yüksek kanser yapıcı mineral olduğu Dünya Sağlık Örgütü’ne (WHO) bağlı Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu (International Agency Research on Cancer, IARC) tarafından kabul edilmiştir.

Akciğer zarı ve karın zarı kanseri olan mezotelyomaya neden olan eriyonit minerali, özellikle Ürgüp ilçesi Karain ve Sarıhıdır köyleri ile Gülşehir ilçesi Tuzköy beldesinde, yerleşim alanlarının üzerine kurulduğu volkanik tüflü kayaçların ve toprakların içinde bulunmakta ve rüzgârla havaya karışarak insanların solunum sistemlerine girmektedir. Gülşehir Tuzköy yerleşim alanında görülen kanser vakası, dünyanın en yoğun kanser vakası olarak bilinir<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> [http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/34fdbf83b74c193\\_ek.pdf](http://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/34fdbf83b74c193_ek.pdf)

Yapılan jeolojik araştırmalarda ise akciğer kanserinin daha yoğun tespit edildiği Karain, Sarıhıdır, ökek, Ulaşlı, Karacaören, Tuzköy yerleşim alanlarının bulunduğu volkanik tuf kayalarının diğer yerleşim yerlerine göre, göl ortamında çökelmiş kumtaşı, kireçtaşı ve kıltaşı litolojisi altında ve bazen merceksi halde konumlandığı ortaya koyulmuştur. Eriyonit mineralinin zenginleşmesinde, volkanik küllerin çevredeki mevcut tuzlu göl suyu ile kimyasal reaksiyona girmesi olayının rol oynadığı belirtilmektedir (Atabey, 2002a, 2002b, 2002c).

Bölgenin bu özelliklerinden dolayı, pekçok jeolojik çalışma hatta tıbbi jeoloji çalışmaları yapılmasına rağmen, çevresel radyoaktivite seviyesini belirleyici geniş kapsamlı bir çalışma olmaması, bölgede yaşayan halkın doğal radyasyondan kaynaklı (özellikle radon gazı) maruziyetinin daha önce hesaplanmaması çalışmamızın önemini artırmaktadır.

### **3.2. ÇEVRESEL GAMA DOZ HIZLARININ BELİRLENMESİ**

Karasal ve kozmik radyasyonlardan kaynaklanan çevresel doğal gama radyasyonu doz hızı değerleri, bölgenin toprak ve coğrafi yapısına bağlı olarak değişim göstermektedir.

Bu çalışmada çevresel gama doz hızlarının belirlenmesi için, Şekil 3.4'te gösterilen yüksek hassasiyetli FHZ 674 NBR (Natural Background Rejection) model sintilasyon dedektörüne uyumlu Thermo Scientific RadEye SX marka tek elle taşınabilen, yüzey radyasyon ölçüm cihazı kullanılmıştır.

Bu cihaz, ölçülen son 1600 değeri kaydedebilen ve sonra bu değerlerin bilgisayar programı yardımı ile okunabilmesini sağlayan, 0.01  $\mu\text{Sv/saat}$  ile 100  $\mu\text{Sv/saat}$  ölçüm aralığında,  $-20^\circ\text{C}$  ile  $+50^\circ\text{C}$  sıcaklıkta çalışabilen yaklaşık 3 kg ağırlığında, 150 saat pil ömrüne sahip kompakt bir cihazdır.

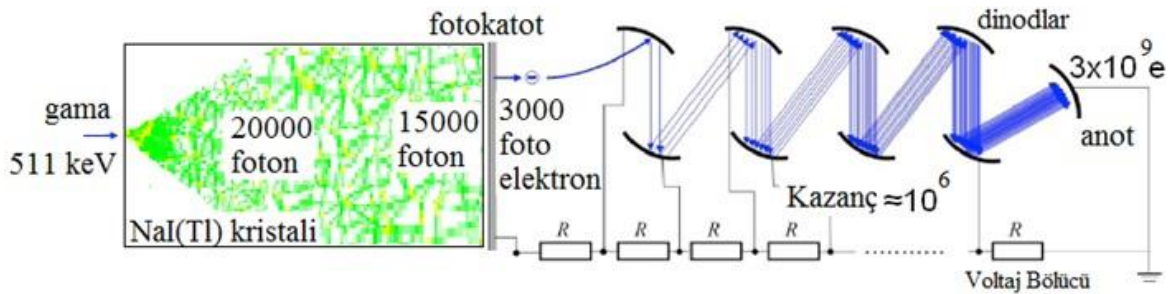
Nevşehir ilinin tüm ilçe merkezleri ve köylerinden, bu radyasyon ölçüm cihazı ile açık havada, gonad (üreme organları) hizasında yani toprak yüzeyinden yaklaşık 1 metre yükseklikte, 1'er dakika süreyle, toplam 445 adet noktadan çevresel doğal gama doz hızı ölçümleri  $\mu\text{Sv/saat}$  olarak yapılmış ve koordinatları ile birlikte kaydedilmiştir. Doz hesapları yapılırken gama doz hızı birimi,  $\text{nGy/saat}$ 'e dönüştürölmüştür.



Şekil 3.4: FHZ 674 NBR model sintilasyon dedektörüne uyumlu Thermo Scientific RadEye SX marka taşınabilir dijital radyasyon ölçüm cihazı.

### 3.2.1. Sintilasyon (Parıldama) Dedektörü

Yüklü parçacıklarla etkileştikleri zaman ışık pulsaları üreten elementler, bileşikler veya karışımlar vardır. Bu materyaller sintilator olarak adlandırılır ve yüklü parçacıkların veya iyonlaştırıcı radyasyonların dedeksiyonu için kullanılırlar. Sintilasyon dedektörleri gama ışınlarının ölçümünde oldukça sık kullanılan bir dedektör tipidir. Bu çalışmada da gama ışınları için, talyumla aktive edilmiş sodyum iyodür (NaI) sintilasyon dedektöründen yararlanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5: NaI (Tl) sintilasyon dedektörü (Tapan, 2011).

Sintilasyon dedektörleri, sintilator ve bunun hemen arkasına bağlanmış foto çoğaltıcı tüp olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Foto çoğaltıcı tüpte bir foto katot, bir elektron odaklayıcı ve pekçok dinod (dynode) adı verilen elektrotlardan meydana gelmiştir. Dedektöre gelen gama ışını ilk olarak NaI sintilator maddesi ile etkileşir. Etkileşme sonucu uyarılmış durumda kalan

atom, taban durumuna geçerken görünür bölgede foton yayınlanmasına sebep olur. Yayılan fotonların şiddeti dedektörle etkileşen gamanın enerjisiyle doğru orantılıdır. Yayınlanan foton foto çoğaltıcı tüpün üzerine yansıtılır ve foto katot elemanından fotoelektronlar koparılır. Bu fotoelektronlar elektron çoğaltıcı dinodlar yardımıyla çoğaltılarak anotta toplanır ve foto çoğaltıcı tüpün çıkış kısmında yüksek bir puls oluşur. Bu pulsun yüksekliği gama ışınının enerjisiyle doğru orantılıdır.

### **3.3. TOPRAK NUMUNELERİNDE $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ VE $^{137}\text{Cs}$ AKTİVİTE KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ**

#### **3.3.1. Toprak Numunelerinin Araziden Alınması**

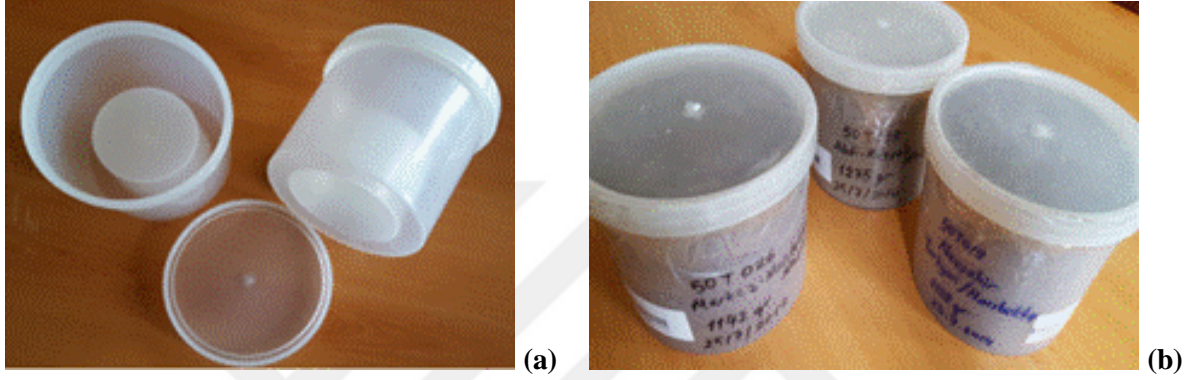
Nevşehir ilini temsil edecek şekilde, bölgenin yüzey toprağında doğal radyoaktivite ve ağır metal konsantrasyonlarını belirlemek için, toplam 323 adet toprak numunesi alınmıştır. Numuneler alınırken özellikle insanların daha çok bulunduğu, yerleşim alanlarına yakın, ekim yapılmamış, işlenmemiş, su geçirgenliği iyi, sel ve yağmur suyu ile zarar görmemiş, vadi yamaçlarından uzak, açık ve düz alanlar tercih edilmiştir. Bölge toprağının başka yerlerden getirilmemiş olmasına yani alınan numunelerin bölgeyi temsil etmesine özen gösterilmiştir.

Toprak numuneleri alınmadan önce yüzey toprağı bitki örtüsünden temizlenmiştir. Daha sonra numuneler, 0-10 cm derinliğe kadar inebilen 20 cm çapında toprak alma aleti ve kürek kullanılarak en az 2 kg olacak şekilde alınmıştır. Numuneler cam, ot gibi yabancı maddelerden ayıklandıktan sonra plastik poşetlere alınarak etiketlenmiştir. Toprak numunelerinin alındığı her noktanın koordinatı GPS cihazı ile belirlenerek kaydedilmiştir. Plastik poşetlerdeki toprak numuneler ÇNAEM (Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi) Radyasyon Ölçme ve Kontrol Birimi'ne ait laboratuvar ortamına analize hazırlanmak üzere getirilmiştir. Laboratuvarda, nem alıcı kağıt üzerine serilen numuneler bir hafta süreyle oda sıcaklığında kurutulmuştur.

#### **3.3.2. Toprak Numunelerinin Gama Spektrometresi İçin Analize Hazırlanması**

Kurutulan 323 adet toprak numunesi ilk olarak kaba öğütücü makinadan, ardından 1 mm<sup>2</sup>'lik gözenekli çelik elekten geçirilerek homojen hale getirilmiştir. Daha sonra bu numuneler, darası alınmış 1000 mL hacimli boş marinelli sayım kaplarına (Şekil 3.6 (a)), kabı tamamen dolduracak şekilde konulmuş ve numunenin net ağırlıkları tartılarak kaydedilmiştir. Her bir

numune için marinelli kabların ağzı, önce kapak yardımıyla sıkıca kapatılmış, ardından numunenin dışarı ile hava temasını tamamen kesecek şekilde, geniş bantla bantlanarak barkotlanmıştır (Şekil 3.6 (b)). Daha sonra her numune, toprak içinde bulunan radon ve toron gibi bozunma ürünlerinin,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  ile radyoaktif dengeye gelmeleri için yaklaşık 30 gün bekletilerek sayıma hazır hale getirilmiştir. Bu çalışmada 1000 mL marinelli ölçüm kaplarının tercih edilme nedeni, yüksek verim sağlamalarıdır.

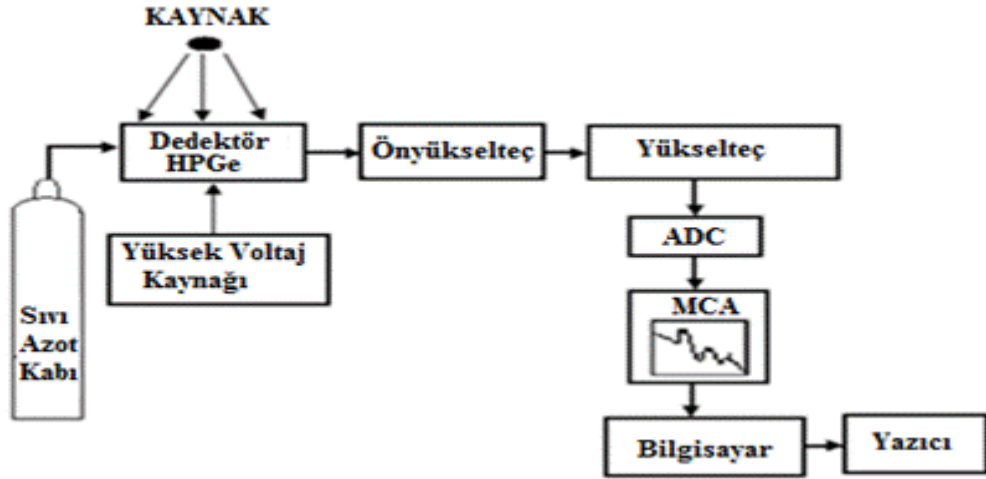


Şekil 3.6: (a) Boş marinelli kaplar, (b) Gama spektrometresinde analize hazırlanan toprak numuneler.

### 3.3.3. Toprak Numunelerinin Analizinde Kullanılan Gama Spektrometresi

Nevşehir toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ 'un aktivite konsantrasyonunun belirlenmesi için Şekil 3.7'de blok diyagramı verilen gama spektrometrik analiz sistemi kullanılmıştır. Analiz sistemi HPGe (High-Purity Germanium, Yüksek Saflıkta Germanyum) yarı-iletken dedektör, beraberinde önyükselteç ve yüksek voltaj güç kaynağı, anayükselteç, sayısal dijital dönüştürücü (Analog-to-Digital Converter, ADC), çok kanallı analizör (Multichannel Analyzer, MCA), bilgisayar ve yazıcıdan oluşmaktadır.

Radyoaktif dengeye gelen toprak numunelerinin analiz işlemleri, Şekil 3.8'de gösterilen ÇNAEM Radyoaktivite Ölçme ve Analiz Birimi Gama Spektrometrik Analiz Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Bu laboratuvarında kullanılan analiz yöntemleri 2009 yılında TÜRKAK tarafından akredite edilmiştir.



Şekil 3.7: Gama spektrometrik analiz sistemi blok diyagramı.



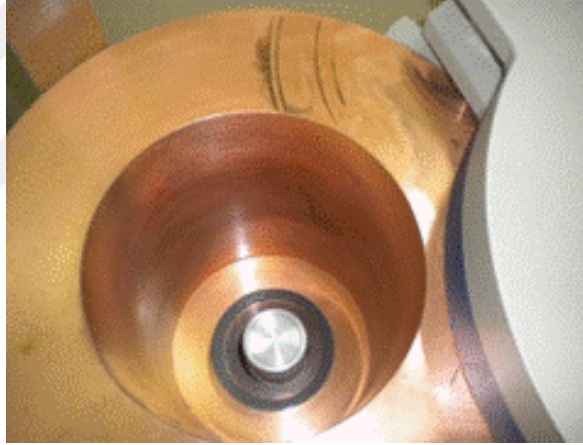
Şekil 3.8: ÇNAEM Radyoaktivite Ölçme ve Analiz Birimi Gama Spektrometrik Analiz Laboratuvarı.

#### Dedektör Sistemi:

Bu çalışmada kullanılan gama spektrometrik sayım sistemindeki üniteler ayrı ayrı açıklanmaktadır:

*Dedektör:* Canberra marka GX5020 model, ölçebildiği enerji aralığı genişletilmiş (extended range) p-tipi standart eşeksenli HPGe yarı iletken dedektör kullanılmıştır. Gama spektrum analizlerinde yaygın olarak kullanılan HPGe yarı iletken dedektörler, safsızlığın az, direncin yüksek olmasından dolayı enerji ayırma gücünün çok yüksek olması, birbirine yakın olan pikleri kolaylıkla ayırt edebilmesi ve besleme gerilimi uygulanmadığında oda sıcaklığında tutulabilir olması nedeniyle avantajlıdır. Çalışırken, sıvı azot sıcaklığında tutma gereği ve düşük verim ise dezavantajdır.

Toprak numunelerde, doğal gama radyoaktivite ölçümleri için kullanılan ve Şekil 3.9'da gösterilen dikey eksenli HPGe dedektörün çevresi, 1000 mL hacimli marinelli kapların sığabileceği 40 cm iç boşluk bırakılarak çevreden gelecek radyasyonu engellemek amacıyla 2'şer mm kalınlığında bakır ile kadmiyum foil ve 10 cm kalınlığında kurşun zırhla çevrelenmiştir. Ayrıca bu dedektör 30 L'lik sıvı azot kabı üzerine monte edilmiştir.



**Şekil 3.9:** Kurşun zırhla çevrelenmiş HPGe dedektörü.

1.33 MeV gama enerjisinde dedektör verimi %10'dan küçük, relatif verimi %50'dir. Ayırma gücü 2.1 keV ile 1332 keV ve spektrum çalışma aralığı 30 keV ile 10 MeV arasında ortak eksenli bir dedektördür.

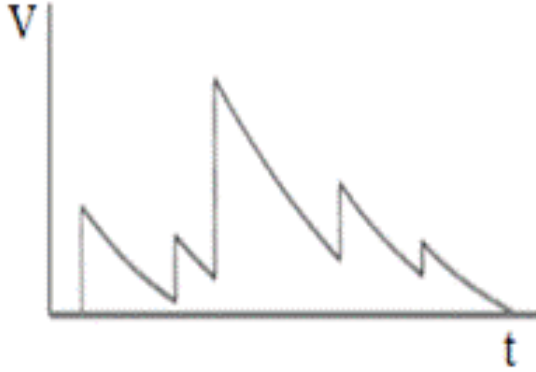
Numune sayım geometrisi, analiz edilecek numunenin fiziksel durumuna, miktarına, aktivitesine ve tayin sınırına bağlıdır. Marinelli kaplardaki toprak numuneler, kurşun zırh ile çevrili odacıkta, belirli bir sayım geometrisinde, sayım verimini arttırmak amacıyla dedektör kristaline olabildiğince yakın konumda yerleştirilir. Gelen foton kristalle etkileşerek enerjisini

kaybeder. Bu etkileşmeler sonucunda, kristalde elektron-boşluk çiftleri meydana gelir ve dedektöre uygulanan yüksek voltajın oluşturduğu elektrik alan ile dinodlara sürüklenir. Gelen radyasyonun enerjisi ile orantılı olarak biriken bu yük, analizörde ölçülebilen bir voltaj pulsu meydana getirir.

Sistemde kullanılan tüm elektronik kısım DSA (Dijital Spektrum Analizör) 1000 model cihazı bünyesinde toplanmış olup Canberra Genie 2000 spektroskopi yazılım programı ile çalışmaktadır.

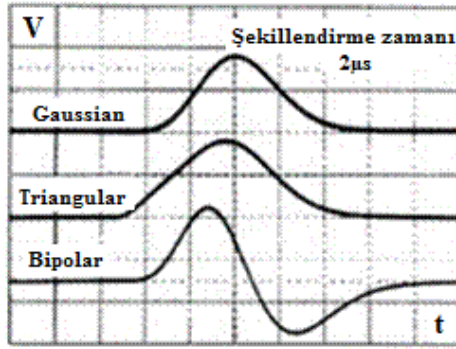
*Yüksek Voltaj (Güç Kaynağı):* Bu çalışmada, yük birikimi sağlamak için dedektör +3500 V ile beslenmektedir.

*Önyükselteç:* Dedektörden gelen pulsları depolanan enerji ile orantılı olarak mV mertebesinde voltaj sinyaline dönüştürür (Şekil 3.10). Dedektör ile elektronik devre arasında empedans uyumu sağlar. Kısaca sinyalin kaybolmadan sisteme iletilmesini sağlar ve gürültüyü azaltır.



**Şekil 3.10:** Önyükselteç çıkış sinyali.

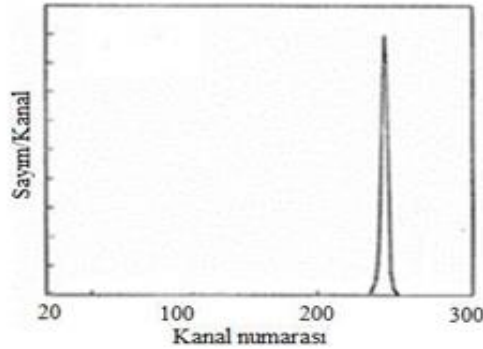
*Anayükselteç:* En iyi sinyal/gürültü oranını elde etmek için, dedektör çıkışındaki darbeler bir yükselticide yükseltip şekillendirilerek Volt (V) mertebesinde (maksimum 10 V) anlamlı sinyallere dönüştürülürler (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Anayükselteç çıkış sinyali.

*Sayısal Dijitale Dönüştürücü (Analog-to-Digital Converter, ADC):* Bir MCA'nın kalbi, elektrik darbesini sayısal niceliğe çevirir ve darbe yüksekliğinin analog büyüklüğünü (volt), kanal başına düşen sayısal niceliğe dönüştürür.

*Çok Kanallı Analizör (Multi Channel Analyzer, MCA):* ADC ile sayısal hale gelen pulsları, genliği ile orantılı olarak bir hafıza kanalına yerleştirerek ayrıştırır. Her kanal belli bir enerjiye karşılık gelir ve sayım süresince gelen pulsların birikmesiyle pikler oluşur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12: MCA'da pik oluşumu.

*Analiz Yazılımı (Bilgisayar):* Genie 2000 yazılım programı kullanılır. Sonuçlar bu bilgisayar yazılımı vasıtasıyla her bir kanala karşılık gelen sayım olarak elde edilir.

*Kaydedici:* MCA'dan veya MCA bağlantılı bilgisayardan alınan bilgilerin kaydedilmesi için yazıcı veya grafik çizici kullanılmıştır.

Gama spektrometresi çeşitli radyoaktif numunelerdeki radyoizotopların tanımlanmasında en çok kullanılan tekniktir; çünkü gama ışınlarının enerjisi her bir çekirdek için kesikli ve karakteristiktir (Ayçık, 2000).

Gama spektrometresinin bazı üstünlükleri şöyle özetlenebilmektedir:

- 1- Aynı numunede farklı radyoaktif çekirdekler tek tek ve aynı anda analiz edilebilir.
- 2- Malzeme, emek ve zaman kaybına neden olan kimyasal ayırma işlemleri gerekmediğinden, numune hazırlanması kolay ve hızlıdır.
- 3- Ölçümlerdeki yüksek kararlılık, bilgi işlemedeki doğruluk ve analiz edilen bilgilerin güvenilirlik düzeyleri yüksektir.
- 4- Düşük tayin sınırı nedeniyle özellikle çevre numunelerinin analizinde kullanılır.

#### Enerji Kalibrasyonu:

Enerji kalibrasyonu için enerjileri bilinen radyoizotoplardan oluşmuş, farklı yoğunluklarda (0.4, 0.7, 1.0, 1.3 ve 1.7 g/cm<sup>3</sup>) ama numunelerle aynı geometride standart kaynaklar kullanılmıştır. Bu standart kaynakların sayım sisteminde sayılması sonucu elde edilen spektrumda her bir pik tepesine karşılık gelen enerji ve kanal değerleri belirlenmiştir. Şekil 3.13'de bu çalışmada elde edilen enerji-kanal grafiği verilmektedir.



**Şekil 3.13:** Enerji - Kanal grafiği.

Böylece sayım sisteminde sayımı yapılarak spektrumu elde edilen numunenin gama spektrumlarının doğru olarak analiz edildiğinden emin olunur.

Bu çalışmada kullanılan, toplam 1.391  $\mu\text{Ci}$  (51.47 kBq) aktivitesi olan Eckert&Ziegler Isotope Products marka çoklu standart radyoaktif kaynağın özellikleri Tablo 3.1’de verilmektedir.

**Tablo 3.1:** Enerji kalibrasyonunda kullanılan çoklu standart kalibrasyon kaynağı ve özellikleri.

Gama Işını Enerjisi (keV)	Nüklid	Yarı Ömür	Bolluk (%)	Aktivite ( $\mu\text{Ci}$ )	Toplam Belirsizlik (%)
47	Pb-210	22.3 $\pm$ 0.2 yıl	4.18	0.3152	4.1
60	Am-241	432.17 $\pm$ 0.66 yıl	36.0	0.03092	3.1
88	Cd-109	462.6 $\pm$ 0.7 gün	3.63	0.4490	3.1
122	Co-57	271.79 $\pm$ 0.09 gün	85.6	0.01557	3.1
166	Ce-139	137.640 $\pm$ 0.023 gün	79.9	0.02063	3.0
279	Hg-203	46.595 $\pm$ 0.013 gün	81.5	0.06443	3.1
392	Sn-113	115.09 $\pm$ 0.04 gün	64.9	0.08442	3.0
514	Sr-85	64.849 $\pm$ 0.004 gün	98.4	0.09867	3.0
662	Cs-137	30.17 $\pm$ 0.16 yıl	85.1	0.06911	3.0
898	Y-88	106.630 $\pm$ 0.025 gün	94.0	0.1583	3.0
1173	Co-60	5.272 $\pm$ 0.001 yıl	99.86	0.08473	3.0
1333	Co-60	5.272 $\pm$ 0.001 yıl	99.98	0.08473	3.0
1836	Y-88	106.630 $\pm$ 0.025 gün	99.4	0.1583	3.0

#### Net Pik Alanı (P.A.):

İlgilenilen enerjideki tek bir pikin net alanı yani net sayım, denklem 3.1’de görüldüğü gibi; pik alanındaki toplam sayım sayısından (G) background sayımının (B) çıkarılmasıyla elde edilir (ASTM E 181-98, 2003; Genie 2000, 2006).

Background sayımları hem boş marinelli hem de su dolu marinelli kapla yapılarak istenilen enerjilerde, laboratuvar ortamından kaynaklanan radyoaktivitelerin oluşturduğu sayımlar tespit edilir. Numunenin yoğunluğuna bağlı olarak yani 0.7 g/cm<sup>3</sup>’den büyük olan yoğunluklar için su dolu, küçük olan yoğunluklar için boş marinelli kap ile yapılan background sayımları hesaba katılır.

Verim ve aktivite hesaplamalarında net pik alanı kullanılmaktadır. Şekil 3.14’te net pik alanı hesabı parametreleri görülmektedir.

$$P.A. (Net Pik Alanı) = G - B \quad (3.1)$$

Bu denklemde belirtilen G ve B'nin açılımları denklem 3.2 ve denklem 3.3'de verilmektedir.

$$G (Toplam sayım) = \sum_{i=c}^d \chi_i \quad (3.2)$$

$$B (Background sayım, doğal fon) = \left(\frac{N}{2n}\right) (B_1 \times B_2) \quad (3.3)$$

Burada;

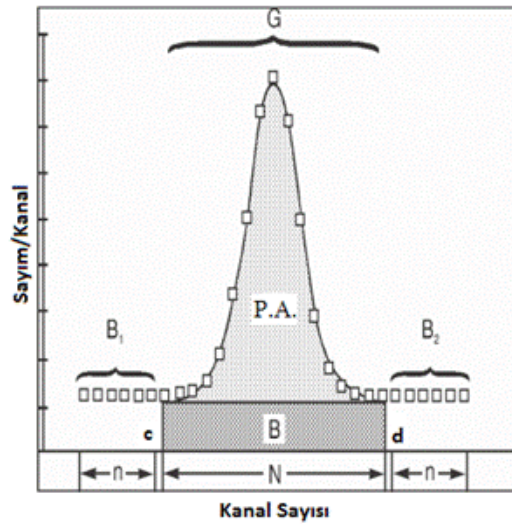
$\chi_i$ , i. kanaldaki sayım miktarı

N, ilgili pikin kanal sayısı

n, ilgili pikin altında kalan background sayımının her iki yanındaki kanal sayısı

$B_1$ , ilgili pikin sol background bölgesinde kalan toplam sayım sayısı

$B_2$ , ilgili pikin sağ background bölgesinde kalan toplam sayım sayısı'dır.



Şekil 3.14: Net pik alanı hesabı parametreleri (Genie 2000, 2006).

#### Verim Kalibrasyonu ve Hesabı:

Dedektör verimi, dedektörde sayılabilir büyüklükte puls üreten fotonların sayısının, dedektöre gelen fotonların sayısına oranı ya da dedektörde sayılabilir büyüklükte puls üreten fotonların yüzdesi olarak tanımlanır.

Dedektörün saydığı gama sayımlarının gerçek değerini bulabilmek için dedektöre ait verim kalibrasyonunun da yapılması gerekir. Bu amaçla da enerjileri bilinen radyoizotoplardan oluşmuş standart kalibrasyon kaynakları kullanılmıştır. Enerji-verim eğrisinin elde edilebilmesi için standart kalibrasyon kaynakları sayım sisteminde sayılmış ve gama spektrumu elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen enerji-verim eğrisi Şekil 3.15’de verilmektedir.

Dedektör verimi, farklı gama enerjileri için denklem 3.4 kullanılarak belirlenmiştir (Genie 2000, 2006; ASTM E 181-98, 2003).

$$\varepsilon(E) = \frac{P.A.}{A \cdot F_{\gamma} \cdot T_s} \quad (3.4)$$

Burada;

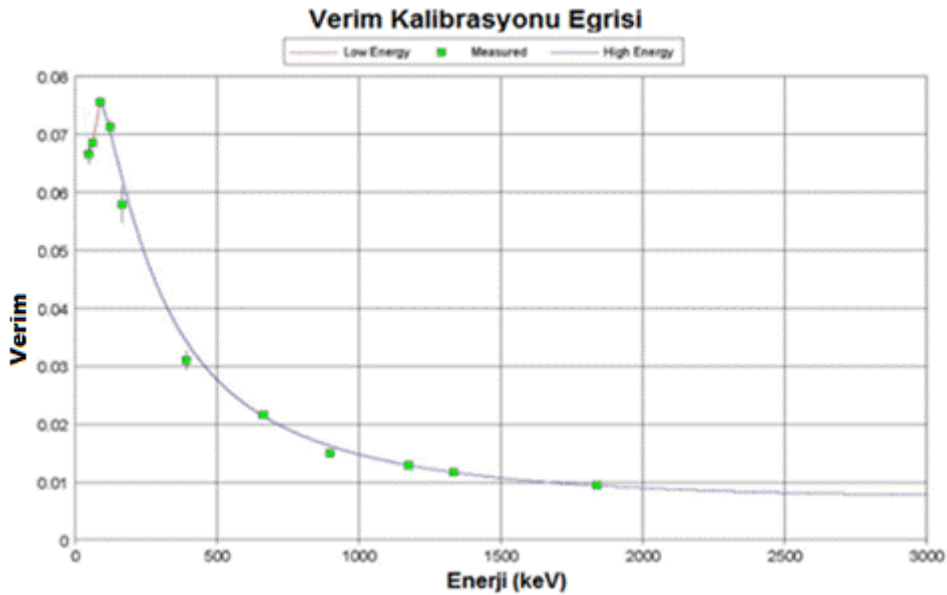
$\varepsilon(E)$ , verim (ilgilenilen E enerjisinde)

P.A., ilgilenilen enerji için tam enerji tepesi altındaki net sayım (Pik Alanı)

A, standartta bulunan radyoizotopun bilinen aktivitesi (Bq)

$F_{\gamma}$ , bolluk (ilgilenilen enerjideki nüklidin yayınlanma olasılığı)

$T_s$ , standart kaynağın dedektörde sayım süresi (s)’dir.



Şekil 3.15: Enerji-Verim eğrisi.

Aktivite Hesabı:

Toprak numunelerde bulunan doğal radyoizotopların spesifik aktivite konsantrasyonları denklem 3.5 kullanılarak elde edilmiştir (ASTM E 181-98, 2003; Genie 2000, 2006).

$$Aktivite (Bq/kg) = \frac{P.A.}{\varepsilon \cdot F_{\gamma} \cdot T_s \cdot m} \quad (3.5)$$

Burada;

P.A., ilgilenilen enerji için tam enerji tepesi altındaki net sayım (Pik Alanı)

$\varepsilon$ , verim

$F_{\gamma}$ , yayınlanma olasılığı (bolluk)

$T_s$ , toprak numunelerin dedektörde sayım süresi (s)

$m$ , numune miktarı (kg)'dir.

MDA (Minimum Detectable Activity, Minimum Dedekte Edilebilir Aktivite):

Sayım sisteminin belli koşullar altında dedeksiyon kapasitesini ifade etmek için kullanılan bir tanımdır. Her toprak numunesinde analizi istenilen radyoizotoplar için MDA'lar denklem 3.6 kullanılarak hesaplanmıştır (Curie, 1968).

$$MDA (Bq/kg) = \frac{(2.71) + (4.65) \sqrt{BG}}{\varepsilon \cdot F_{\gamma} \cdot T_s \cdot m} \quad (3.6)$$

Burada;

BG, background sayımı (doğal fon)

$\varepsilon$ , dedektör verimi

$F_{\gamma}$ , yayınlanma olasılığı (bolluk)

$T_s$ , sayım süresi (s)

$m$ , numunenin kütlesi (kg)'dir.

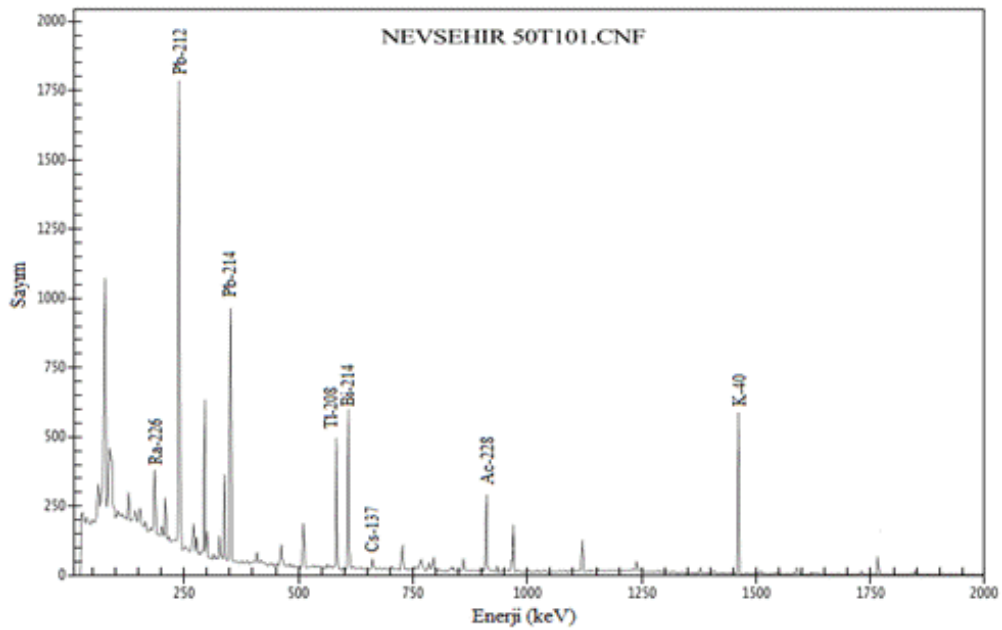
**3.3.4. Toprak Numunelerinin Gama Spektrometresinde Analizi**

İlk olarak enerji ve verim kalibrasyonları için, toprak numunelerimizle aynı geometride olan beş farklı yoğunluktaki çoklu standart kaynakların sayımları yapılmış, oluşan spektrumlardan sayım sisteminin enerji ve verim kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Daha sonra ortamdan

kaynaklanan background sayımlarını tespit etmek için hem boş hem de içerisi tamamen su ile dolu 1000 mL hacimli marinelli kapların sayım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tüm bu işlemler mevcut yazılım programında kalibrasyon dosyalarına kaydedilmiştir.

Bu çalışmada, gama spektrometresi sayım sisteminde Genie 2000 yazılım programı kullanılmaktadır. Programın içeriğine, yarı ömür ve enerjileri gibi özelliklerini gösteren radyonüklid listesi, bu radyonüklidler arasından seçilerek oluşturulmuş ve sınıflandırılmış çalışma alanlarından oluşan kütüphane (örneğin; “Toprak ve Yapı Malzemelerinde Radyoaktivite Analizi -  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ”, “Gıdalarda Radyoaktivite Analizi -  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ” gibi), standart kaynakların sertifikaları, enerji ve verim kalibrasyon dosyaları, boş ve dolu kapla yapılan background bilgileri, MDA ve aktivite formülleri v.b. gerektiğinde kullanılmak üzere eklenmiştir. Sayım sisteminin enerji ve verim kalibrasyonu yılda en az iki kere, background sayımları da ayda bir kere yapılmaktadır.

$^{226}\text{Ra}$  ile radon ve bozunma ürünlerinin radyoaktif dengeye gelmesi için marinelli kaplarda yaklaşık 30 gün boyunca bekletilen toprak numuneler, Şekil 3.8’de görülen gama spektrometrik analiz cihazında, numunelerin aktiflik durumuna göre yaklaşık 10.000, 25.000 veya 50.000 saniye sürelerle sayılmıştır. Şekil 3.16’da bir toprak numuneden elde edilen gama spektrumu verilmektedir.



Şekil 3.16: Nevşehir'in 50T101 kodlu toprak numuneden elde edilen gama spektrumu.

Sayım işlemi her radyoizotopun yayınladığı fotopik enerjisine göre kalibre edilmiş 47-1836 keV enerji aralığında gerçekleştirilmiştir. Bu aralıkta;  $^{238}\text{U}$ 'in bozunma ürünü olan  $^{226}\text{Ra}$ , 186 keV'de;  $^{232}\text{Th}$ 'nin bozunma serisinden  $^{228}\text{Ac}$ , 911 keV'de ve  $^{208}\text{Tl}$ , 583 keV'de;  $^{40}\text{K}$  1460.8 keV'de ve fisyon ürünü olan  $^{137}\text{Cs}$  ise 661 keV'de pik oluşturmaktadır.

Önceden kütlesi bilinen toprak numunelerinin sayım işlemleri gerçekleştirildikten sonra, denklem 3.7'den yoğunluğu hesaplanmış ve elde edilen yoğunluğa göre, verim ve enerji kalibrasyon değerlerinin belirlendiği ve bu değerlerin kaydedildiği dosyadan, uygun yoğunluktaki standardın sayılması ile elde edilen enerji ve verim değerleri seçilmiş ve numune spektrumuna yüklenmiştir.

$$d = \frac{m}{V} \quad (3.7)$$

Burada;

d, numunenin yoğunluğu ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

m, kütle (g)

V, hacim ( $\text{cm}^3$ )'dir.

Daha sonra, numunenin spektrumunda doğada bol miktarda var olan ve 1460.8 keV'de  $^{40}\text{K}$  radyoizotopuna ait belirgin pikin yeri, karşılaştırılmak amacıyla program tarafından belirlenir. Spektrum üzerinde bu pikin başlangıç ve bitiş noktaları ayarlanarak toplam pik alanı elde edilmiştir.

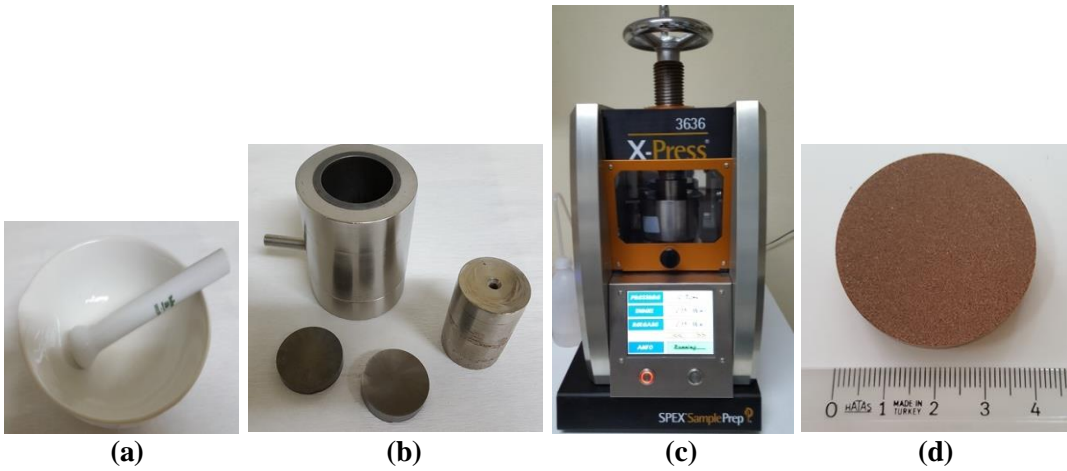
Ardından numunenin yoğunluğu  $0.7 \text{ g}/\text{cm}^3$ 'den büyük ise dolu background sayımı, küçük ise boş background sayım bilgileri seçilip alan düzeltilmesi yapılmıştır. Yani toplam pik alanından background alanı çıkartılarak net pik alanı elde edilmiştir.

Son olarak, önceden oluşturulan ve programda kayıtlı olan kütüphaneden "Toprak ve Yapı Malzemelerinde Radyoaktivite Analizi", ardından yine programda kayıtlı MDA ve NID (Nuclide Identification) yani analizi yapılacak radyonüklidlerin bulunduğu dosya seçilerek  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  radyoizotoplarının hem MDA hem de aktiviteleri standart sapmaları ile birlikte hesaplanmıştır. Her bir numune için bu işlemler tekrarlanmıştır.

### 3.4. TOPRAK NUMUNELERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ

#### 3.4.1. Toprak Numunelerinin Elementel Analiz İçin Hazırlanması

Toprak numuneler önce kurutulmuş daha sonra kaba öğütücüden ve 1 mm<sup>2</sup>'lik gözenekli çelik elekten geçirilmiştir. Toprak numunelerin 176 tanesinden yaklaşık 50'şer g kadar alınarak küçük kilitli poşetlere konulmuştur. Her bir poşet üzerine ilgili toprak numunesine ait barkot numaraları yazılarak kaydedilmiştir. Daha sonra her bir numune Şekil 3.66'da görülen ince öğütme cihazında öğütülmüş ve 250 µm'lik elekten geçirilerek toz haline getirilmiştir. Bu numuneler, 12 g olacak şekilde hassas terazide tartıldıktan sonra agat havana (Şekil 3.17 (a)) alınmış ve içerisine 3 g bağlayıcı özelliği olan selülöz ilave edilerek yaklaşık 5 dakika iyice karıştırılmıştır. Homojenliği sağlanan numuneler, 40 mm çapında çelik pellet kaplara (Şekil 3.17 (b)) alınarak SpexSamplePrep marka 3636 X-Press model hidrolik press cihazı (Şekil 3.17 (c)) ile 30 ton altında 2-3 dakika sıkıştırılmış ve pellet (Şekil 3.17 (d)) haline getirilmiştir. Her bir pellet yine kilitli poşetlere konularak etiketlenmiş ve Dalgaboyu Dağılımlı X-Işını Floresans Spektrometresi (Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometry, WDXRF)'nde elementel analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.17: (a) Agat havan, (b) 40 mm çapında pellet kap, (c) Hidrolik press makinası, (d) Pellet haline gelen toprak numunesi.

#### 3.4.2. Toprak Numunelerinin Elementel Analizinde Kullanılan Sayım Sistemi

Nevşehir toprak numunelerinde CaO, TiO<sub>2</sub>, V, Cr, Mn, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pb, Th ve U gibi bileşik ve elementlerin konsantrasyon seviyelerinin

belirlenmesinde Şekil 3.18’de gösterilen ÇNAEM Analitik Ölçme ve Analiz Birimi XRF Laboratuvarı’nda bulunan PANalytical Axios<sup>mAX</sup> marka Advanced model WDXRF Spektrometre cihazı kullanılmıştır. Bu cihazın teknik özellikleri Tablo 3.2’de verilmektedir.



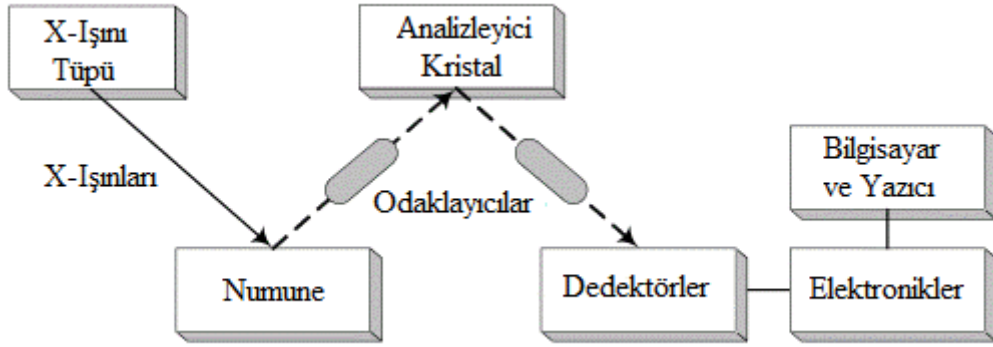
Şekil 3.18: PANalytical Axios<sup>mAX</sup> marka Advanced model WDXRF Spektrometre cihazı.

Tablo 3.2: PANalytical Axios<sup>mAX</sup> marka Advanced model WDXRF Spektrometresinin özellikleri<sup>7</sup>.

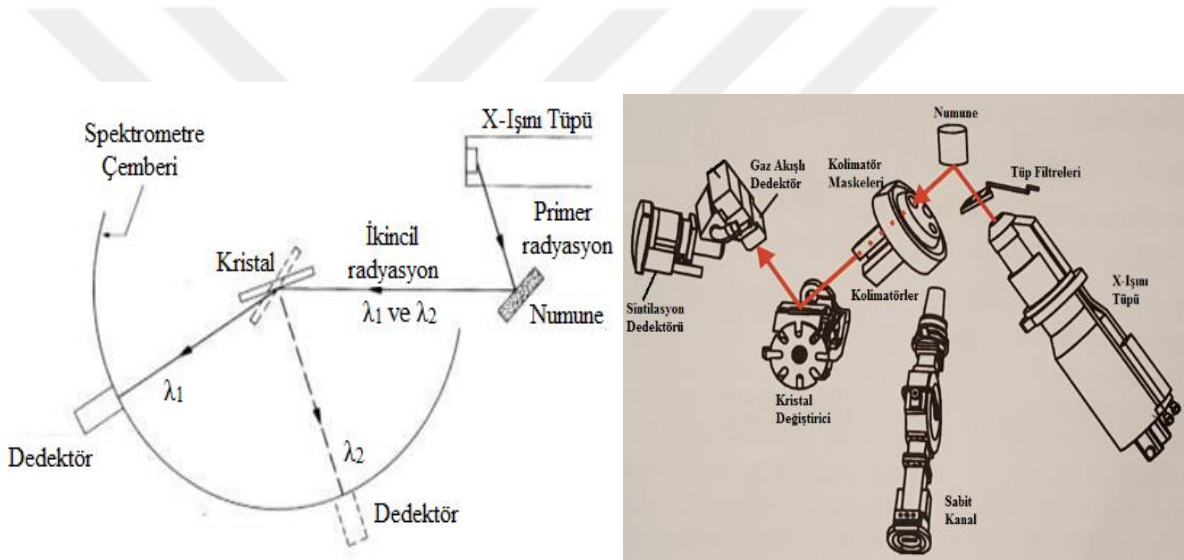
Modül	Teknik Özellikleri
Yazılım programı	1- Super IQ 2- Pro-Trace
Güç	4 kW
Tüp	Rh-anotlu SST (Super Sharp Tubes)-mAX <sup>50</sup> tipli, 60 kV, 160 mA
Tüp filtreleri	4 adet (pirinç 0.4 mm, berilyum 0.15 mm, alüminyum 0.2 ve 0.75 mm) (Numune ile tüp arasında bulunmaktadır.)
Kristaller	7 adet (LiF220, PX10, Ge-111-C, PE002-C, PX1, PX4a, PX7)
Birincil kolimatörler	3 adet (150 µm, 300 µm, 700 µm)
Kolimatör mask	6 farklı boyutta (6, 10, 20, 27, 30, 37 mm)
Dedektörler	1- Gaz geçişli/akışkan (P10 gazı) 2- Sintilasyon (Işıldamalı) (NaI(Tl))
Standartlar	IQ+ (16 adet) ve Pro-Trace (28 adet) Standartları
Analiz ortamı	Vakum altında
Ölçme sistemi	60 adet numune programlanarak ardışık olarak ölçülebilir.

WDXRF Spektrometre sayım sistemi; X-ışını tüpü, dedektörler, kristaller, yükseltici diskriminatör, filtreler, kolimatörler, kolimatör mask, bilgisayar ve yazıcıdan oluşmaktadır. Bu sistemin blok diyagramı ve optik yapısı sırasıyla Şekil 3.19 ve Şekil 3.20’de görülmektedir.

<sup>7</sup> www.pananalytical.com/WDXRF.



Şekil 3.19: WDXRF spektrometresinin blok diyagramı<sup>8</sup>.



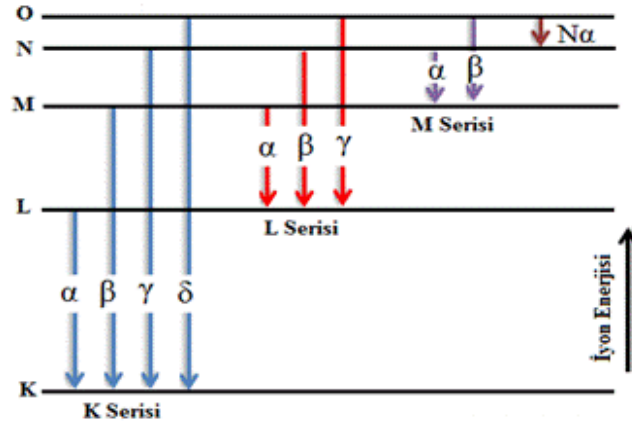
Şekil 3.20: WDXRF spektrometresinin optik yapısı<sup>9</sup>.

WDXRF Spektrometresinin çalışma prensibi, analiz edilecek numune içindeki elementlerin, karakteristik X-ışınlarının uyarılması ve şiddetlerinin ölçülmesi temeline dayanır. Atomun iç tabakalarından sökülen elektronların yerine dıştaki yörüngelerden elektronların geçmesi olayındaki enerji fazlalığı her geçiş için karakteristik X-ışını fotonu şeklinde yayımlanır. Oluşan bu ışınlar atoma özgüdür ve karakteristik spektrumda yer alan enerjiler K, L, M, N serileri içinde gruplandırılır (Şekil 3.21). Boşluğu dolduran elektronun geldiği yere göre  $K_{\alpha}$ ,  $K_{\beta}$ ,

<sup>8</sup> [www.bayar.edu.tr/besergil/15\\_BOLUM\\_12.pdf](http://www.bayar.edu.tr/besergil/15_BOLUM_12.pdf)

<sup>9</sup> <http://depo.btu.edu.tr/dosyalar/metalurji/Dosyalar/XRF.pdf>

$L_{\alpha}$ ,  $L_{\beta}$ ,  $M_{\alpha}$  v.b. olarak isimlendirilen farklı enerji seviyelerine sahip ışınlar oluşur. K orbitali (yörünge) çekirdeğe en yakın olandır.



Şekil 3.21: Enerji seviyeleri ve karakteristik X-ışınımı<sup>10</sup>.

Her element kendine özgü bir enerji seviyesi spektrumuna sahip olduğundan, birbirlerinden kolayca ayrılabilir. Oluşan bu floresan fotonlarının enerjisi (E), geçiş yapılan iki orbital arasındaki enerjinin farkına göre belirlenir. Bu enerji denklem 3.8'de verilen formül ile tanımlanır (Beiser, 1988).

$$E = \frac{h c}{\lambda} \quad (3.8)$$

Burada;

E, fotonun enerjisi (eV)

h, Planck sabiti ( $6.626 \times 10^{-34}$  j.s veya  $4.134 \times 10^{-15}$  eV.s)

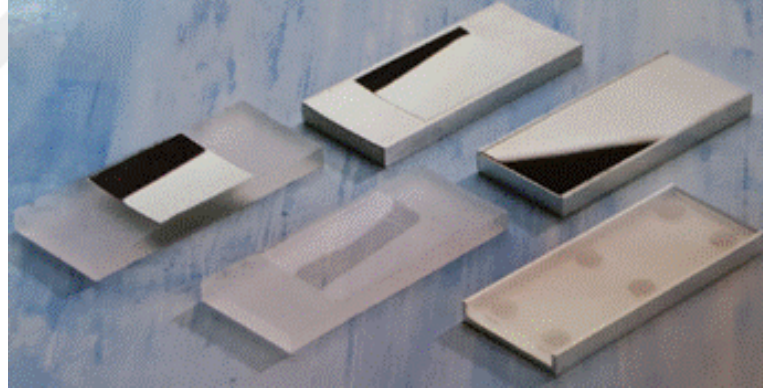
c, ışık hızı ( $3 \times 10^8$  m/s)

$\lambda$ , fotonun dalga boyu'dur.

Denklem 3.8'den de anlaşılacağı gibi, dalga boyları enerjilerle ters orantılıdır ve her bir element için karakteristiktir. Buna ek olarak, ışınımın şiddeti yani foton sayısı, numunedeki o elementin konsantrasyonu ile orantılıdır. Bu cihazlarda X-ışınlarının şiddeti dalgaboyunun bir fonksiyonu olarak ölçülür.

<sup>10</sup> www.panalytical.com.

Bu çalışmada WDXRF spektrometresinde, numuneye ait karakteristik X-ışınlarını oluşturmak için foton kaynağı olarak Rh (Rhodium) anotlu (metal hedef) X-ışını tüpü kullanılmıştır. X-ışını tüpü yani birincil (primer) X-ışınları, analizi yapılacak olan numune üzerine filtreden geçirilerek gönderilir. Gönderilen ışının yeterli enerjiye sahip olması durumunda, atomun alt yörüngelerinden bir elektron sökerek atomu temel enerji seviyesinden yüksek enerji seviyesine uyarır, atomu iyonlaştırır. Üst seviyedeki bir elektron bu boşluğu doldurur ve atom temel haline dönerken kazanmış olduğu fazla enerji, dalgaboyu 0.1-50 Å arasında olan karakteristik floresan ışınımı (ikincil X-ışınımı) olarak yayımlanır. Numuneden gelen bu karakteristik ikincil X-ışınımı da kolimatörler aracılığı ile istenilen belli açıda paralel hale getirilerek, spektrometre sistemi içinde odaklama çemberi (gonyometre) ortasına yerleştirilen analizör kristal üzerine gönderilir. Ölçülebilen tüm aralığı kapsamak için, çok sayıda (7 adet) farklı paralel d mesafeleri olan, bir kısmı organik bir kısmı inorganik bazda hazırlanmış, düzgün parlak yüzeyli analizör kristaller kullanılır (Şekil 3.22). Kristaller, seçilen kristali spektrometrenin optik yoluna yerleştirmek için kullanılan dönerli kristal değirmenine yerleştirilir.



Şekil 3.22: Farklı özellikte düzgün parlak yüzeyli analizör kristaller<sup>11</sup>.

Bu kristaller ile numuneden gelen paralel karakteristik ikincil X-ışınlarının kırınımı (difraksiyon) sağlanır. Kırınıma uğrayan X-ışınlarının dalgaboyları ( $\lambda$ ), Bragg koşulunu (Şekil 3.23, Denklem 3.9) sağlayarak dedektörler tarafından algılanır. Kırınım koşulunun sağlanabilmesi için kristal ve dedektör hareket halindedir. Ayrıca numune, kristal ve dedektör odaklama çemberi üzerinde bulunur.

<sup>11</sup> www.panalytical.com.

Analiz süresince numune haznesi vakum altında bulundurularak hafif elementlere ait karakteristik ışınların hava tarafından absorblanması engellenir. Atom numarasına göre sıralanmış bazı elementlerin floresan fotonlarının enerjileri de Tablo 3.3’de verilmektedir.

**Tablo 3.3:** Bazı elementlerin floresan fotonlarının enerjileri<sup>12</sup>.

Analit	Atom numarası	Yoğunluk (g.cm <sup>-3</sup> )	Enerji (keV)			
			K <sub>α</sub>	K <sub>β</sub>	L <sub>α</sub>	L <sub>β</sub>
<b>Ca</b>	20	1.55	<b>3.690</b>	4.012	0.341	0.345
<b>Ti</b>	22	4.54	<b>4.508</b>	4.931	0.452	0.458
<b>V</b>	23	6.11	<b>4.949</b>	5.426	0.511	0.519
<b>Cr</b>	24	7.19	<b>5.411</b>	5.946	0.573	0.583
<b>Mn</b>	25	7.40	<b>5.894</b>	6.489	0.637	0.649
<b>Fe</b>	26	7.87	<b>6.398</b>	7.057	0.705	0.718
<b>Co</b>	27	8.90	<b>6.924</b>	7.648	0.776	0.791
<b>Ni</b>	28	8.90	<b>7.471</b>	8.263	0.851	0.869
<b>Cu</b>	29	8.96	<b>8.040</b>	8.904	0.930	0.950
<b>Zn</b>	30	7.13	<b>8.630</b>	9.570	1.012	1.043
<b>Ga</b>	31	5.90 - 6.10	<b>9.241</b>	10.263	1.098	1.125
<b>As</b>	33	2.00 - 5.73	<b>10.530</b>	11.724	1.282	1.317
<b>Rb</b>	37	1.53	<b>13.373</b>	14.959	1.694	1.752
<b>Sr</b>	38	2.54	<b>14.140</b>	15.833	1.806	1.871
<b>Y</b>	39	4.47	<b>14.931</b>	16.735	1.922	1.995
<b>Zr</b>	40	6.51	<b>15.744</b>	17.665	2.042	2.124
<b>Nb</b>	41	8.57	<b>16.581</b>	18.619	2.166	2.257
<b>Ba</b>	56	3.50	32.062	36.372	<b>4.465</b>	4.827
<b>La</b>	57	6.15	33.299	37.795	<b>4.650</b>	5.041
<b>Ce</b>	58	6.66	34.566	39.251	<b>4.839</b>	5.261
<b>Pb</b>	82	11.35	74.221	84.922	<b>10.550</b>	12.612
<b>Th</b>	90	11.72	92.174	105.591	<b>12.967</b>	16.199
<b>U</b>	92	18.95	97.131	111.281	<b>13.612</b>	17.217

Bragg denklemi (Beiser, 1988);

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (3.9)$$

Burada;

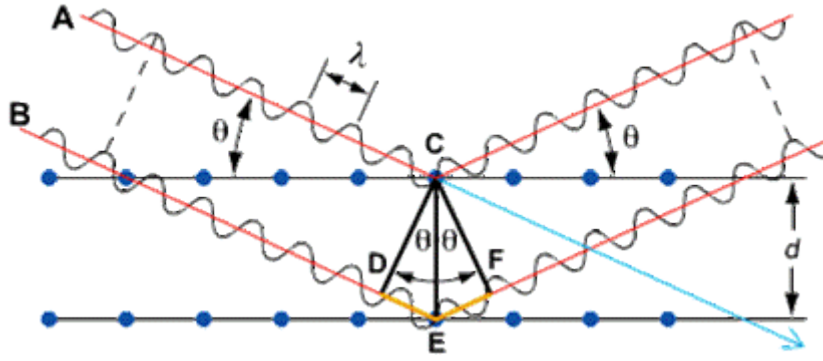
Θ, gelen ışının kristal yüzeyi ile yaptığı açı,

λ, X-ışınlarının dalgaboyu (nm),

n, kırınım sayısı (sabit tam sayı, 1, 2,...)

d, kristalin paralel örgü düzlemleri arası mesafe (nm)’dir.

<sup>12</sup> www.panalytical.com.



**Şekil 3.23:** Numuneden gelen ikincil X-ışınlarının kristal tarafından kırınımına uğraması (Bragg kanunu).

Şekil 3.23'de görüldüğü gibi gelen ikincil X-ışınları (foton) kristalin  $d$  mesafeli paralel atom düzlemlerinden ayrı ayrı yansımaya uğrarlar. Yansımadan önce ve yansıldıktan sonra aynı fazda olan X-ışınları yapıcı bir girişime uğrayarak aydınlık noktaları oluşturur. Komşu kristal düzlemleri arasındaki mesafe farkı nedeniyle iki farklı ışın demeti farklı uzunlukta yol kat ederler. İki demeti dik çizgilerle birbirine bağlayarak bu yol farkı gösterilebilir. Kısaca, ardışık iki düzlemden kırılan dalgaların aynı fazda olabilmesi için yol farkı  $\lambda$  dalgaboyunun tam katları olmalıdır. Çoğu deneylerde  $n > 1$  olan maksimumlar çok zayıftır ve sadece  $n = 1$  önemli olur. Belirli bir dalga boyunda kırınım açısı ( $2\theta$ ), analizör kristalin  $d$  mesafesine bağlıdır. Bragg kanununa göre denklem 3.10'dan

$$\lambda/2d = \sin \theta < 1 \text{ veya } \lambda < 2d \quad (3.10)$$

olmalıdır. Bu bakımdan, uzun dalga boyuna sahip hafif elementler için  $d$  değeri büyük kristaller, kısa dalga boyuna sahip ağır elementler için  $d$  değeri küçük kristaller kullanılır<sup>13</sup>. Tablo 3.4'de bu çalışmada kullanılan analizör kristaller ve özellikleri verilmektedir.

Her bir elemente ait farklı bir enerjide yayımlanan karakteristik X-ışını fotonları, dalgaboyuna bağlı olarak gaz geçişli/akışkan veya ışıdamalı (sintilasyon) dedektörler kullanılarak ölçülür.

Düşük enerjili (hafif elementler, atom numarası  $\leq 28$ ) uzun dalga boylarına sahip elementler gaz geçişli/akışkan dedektörler, yüksek enerjili (ağır elementler, atom numarası  $> 28$ ) kısa dalga boylu elementler ise sintilasyon dedektörlerle ölçülür.

<sup>13</sup> [http://aves.istanbul.edu.tr/seref/dokumanlar/malzeme\\_karakterizasyonu\\_bolum3](http://aves.istanbul.edu.tr/seref/dokumanlar/malzeme_karakterizasyonu_bolum3)

Her iki dedektörde foton enerjilerini ölçülebilir voltaj pulslarına dönüştürür. Daha sonra önceden oluşturulan standart kalibrasyon doğruları yardımıyla da, numune içindeki elemente ait miktarlar belirlenir.

**Tablo 3.4:** WDXRF Spektrometresinde kullanılan analizör kristaller ve özellikleri<sup>14</sup>.

Kristal	2d (Å)*	Özelliği
<b>PX10</b>	4.03	Yüksek çözünürlüklü ve monokromatör kristaldir.
<b>Ge-111-Curved</b>	6.53	Bu kristal, P-Cl element aralığı için kullanılır.
<b>PE002-Curved</b>	8.74	Bu kristal, Al-Cl element aralığı için kullanılır ve rutin analizlerde kullanılması tavsiye edilir.
<b>PX1</b>	50	Bu monokromatör, O-Mg elementlerin analizi için kullanılır. Sentetik çok tabakalıdır.
<b>PX4A</b>	120	Bu monokromatör, C'un analizi için kullanılır. Sentetik çok tabakalıdır.
<b>PX7</b>	160	Bu monokromatör, B'un analizi için kullanılır. Sentetik çok tabakalıdır.
<b>LiF 220</b>	2.85	Rutin yüksek çözünürlüklü ve monokromatör olan kristal, V-U element aralığı için kullanılır.

\*1 Å (Agstrom) = 10<sup>-10</sup> m

Dedektör, P10 gazı (%90 Argon (Ar) + %10 Metan (CH<sub>4</sub>)) ile doludur. X-ışınları bu gazı iyonize eder ve iyonizasyon sonucu çıkan elektronlar anoda ve artı iyonlarda dedektörün kasasına (katot) doğru hareket eder.

Dedektöre uygulanan voltaj (500-700 Volt) vasıtasıyla oluşan elektron ve iyonlar hızlandırılır. Ayrıca oluşan bu iyonlar, gazın atomları ile çarpışmalar sonucu ikincil elektron ve iyonlar da oluşturur. Böylece sinyal güçlendirilir (amplifikasyon) ve numune içindeki elemente ait X-ışınlarının enerjisi ile doğru orantılı yüksek sinyal elde edilir.

Tahribatsız bir analiz tekniği olan X-ışınları floresans spektroskopisi, günümüzde kullanılan geliştirilmiş modellerinde atom numarası 5 olan Bor'dan, atom numarası 92 olan Uranyum'a kadar olan elementlerin hızlı ve doğru olarak hem nitel (kalitatif) hem de nicel (kantitatif) analizlerinin yapılmasına olanak sağlar. Yöntemin duyarlılığı, uygun numune hazırlama tekniklerinin kullanılması ile çok yüksek mertebelere çıkar. Genellikle ppm (µg/g) mertebesinde olan duyarlılık, bazı elementlerde biraz daha yüksektir. X-ışını floresans spektroskopisi, özellikle çok sayıda benzer matriksli numunelerin analizi gerektiğinde çok yararlı olmaktadır (www.panalytical.com).

<sup>14</sup> www.panalytical.com

### 3.4.3. Toprak Numunelerinin WDXRF Spektrometresinde Analizi

Bu spektrometrede 2 adet yazılım programı bulunmakta olup bu çalışmada Pro-Trace yazılım programı kullanılmıştır. Bu program ile 44 elementin sonucu ayna anda elde edilebilmektedir. Bu programın, numunemizle aynı geometride hazırlanmış (4 cm çaplı pellet), her birinde farklı elementler bulunan 28 adet standardı vardır. Karakteristik  $K_x$ 'ler yaklaşık 1 keV ile 50 keV aralığında bir enerjide dağılım gösterirler ve bu düşük enerjilerdeki absorplanma veya zenginleştirme etkileri çok fazladır. Bu yazılım programı, bu standart kaynaklarla bu etkileri minimuma indirme hatta ortadan kaldırma özelliğine sahiptir.

Toprak numunelerin analizinden önce, spektrometrenin kalibrasyonunu yapmak için kullanılan bu 28 adet standardın bazıları oluşturulan kalibrasyon doğrularında background düzeltmeleri için ve bazıları da X-ışınlarının absorpsiyon ve zenginleştirme etkileri dediğimiz elementlerin birbiriyle olan oranlarından yola çıkarak matriks etkilerini iyileştirmek için kullanılır. Bu standartlarla cihaz, her bir element için ayrı ayrı kalibre edilir. Her bir elemente ait kalibrasyon doğruları  $y=ax+b$  olarak ayrı ayrı çizilir. Burada b, background düzeltmesi yapılarak sıfıra indirgenmiş olup y, enerjiyi ve x'de kanal numarasını vermektedir. Kısaca; karakteristk  $K_x$  ve  $L_x$  ışınları dikkate alınarak ve toplam 440 adet kalibrasyon doğruları kullanılarak matrikse ait absorplanma ve zenginleştirme etkileri yok edilir.

Kalibrasyon işlemi yılda en az bir kere yapılmaktadır. Program, standartların okutulmasından sonra tüm bu değerleri hafızasına kaydetmektedir. Sonra tüp, kristal ve dedektörü içeren gonyometrenin doğruluğunu yapmak için Ausmon standardı okutulmuştur.

Daha sonra uluslararası standartlarla karşılaştırma yapmak için, 2011 yılından beri kullanılan NIST 2702 (National Institute of Standards & Technology) kodlu içeriği bilinen referans standart madde (Şekil 3.24) pellet haline getirilerek sayılmıştır. Bu referans madde ile yapılan kalibrasyon ve spektrometrenin doğru çalışıp çalışmadığı test edilmektedir. Zamanla yapılan kalibrasyonda değişiklikler, kaymalar olabileceği düşünülerek bu referans madde ile kalibrasyon doğruluğunun testleri tekrarlanmıştır.



**Şekil 3.24:** NIST 2702 standart referans madde.

Tüm bu kalibrasyon işlemleri tamamlandıktan sonra Nevşehir ilinden alınan ve pellet haline getirilen 176 adet toprak numunesinin analizi yapılmıştır. Bir numune için 116 dakika (1 saat 56 dakika) süren sayım işlemi sonucunda, numune içindeki elementlerin analiz sonuçları Pro-Trace yazılım programı ile otomatik olarak elde edilmiştir.

### **3.5. SU NUMUNELERİNDE TOPLAM ALFA VE TOPLAM BETA AKTİVİTE KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ**

#### **3.5.1. Su Numunelerinin Alınması**

Bu çalışmada, sulara radyoaktivite, eser element ve anyon konsantrasyonunu belirlemek için Nevşehir ilini temsil edecek şekilde toplam 267 noktadan su numunesi alınmıştır.

İnsan yaşamının sürdürülebilmesi yani biyolojik organizmanın çalışması ve fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için en gerekli ihtiyaçların başında içtiğimiz su gelmektedir. Sular geçtikleri ortam boyunca kayalarla temas ederek bazı maddeleri çözer ve kendileri ile birlikte taşırlar. Suların insanlar tarafından içilmesi ve kullanılması sağlık açısından güvence içinde olmalıdır. Bu güvence, su içindeki bütün katkıların hijyenik, kimyasal ve radyoaktivite özellikleri yönünden belli ve kesin bir sınırın altında tutulması ile sağlanabilir<sup>15</sup>.

Sulardaki radyoaktivite doğrudan vücudumuzda iç ışınlamaya neden olmaktadır. Bu nedenle, bu bölgede yaşayan insanların maruziyetlerini tespit edebilmek için, su numunesi alımında

<sup>15</sup> [www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/34/068/34068207.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/34/068/34068207.pdf)

öncelikle bölgede yaşayan halkın içme suyu olarak kullandıkları sular tercih edilmiştir. Çalışma esnasında bazı bölgelerde içme suyu olarak şehir şebeke suyunun, bazı bölgelerde de doğal kaynak suyunun kullanıldığı belirlenmiş olup örneklemeler buna göre yapılmıştır. Ayrıca bölgede bulunan Kızılırmak, Karaburna Gölü, Uçhisar kuyu suyu ve Ayhanlar Barajı'ndan da su numunesi alınmıştır. Numune alım yerlerinin koordinatları GPS cihazı ile belirlenerek kaydedilmiştir.

Su numunelerinin alımında, önceden yıkanarak saf su ile çalkalanmış çift kapaklı 3 L'lik temiz plastik şişeler kullanılmıştır. Numune alınacak su bir süre akıtıldıktan ve plastik şişe numune ile birkaç kez çalkalandıktan sonra alınmıştır. Şişelerin üzerine numune adı, kod numarası, alındığı yerin adı, alım tarihi, sıcaklık ve koordinatlar gibi bilgilerin bulunduğu bir etiket yapıştırılmıştır. Numuneler bekletilmeden en kısa sürede ÇNAEM'de ilgili analiz laboratuvarına ulaştırılmıştır.

### **3.5.2. Su Numunelerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Analizi İçin Hazırlanması**

267 adet su numunesinin her birinden en az 2 L kadarı toplam alfa ve toplam beta analizi için, ÇNAEM Radyoaktivite Ölçme ve Analiz Birimi (RAD) Toplam Alfa ve Toplam Beta Laboratuvar'ına getirilmiştir.

Su numunelerinin içinde mevcut olan elementlerin partiküler hale gelerek çökelek oluşturmaması, numune kabının çeperlerine yapışmaması ve numunenin korunması için her bir numune içine bir miktar konsantre nitrik asit (%65'lik HNO<sub>3</sub>) eklenerek pH<2 olması sağlanmış, kabın ağzı sıkıca kapatılmış ve analizin yapılacağı zamana kadar sıcaklığı 4°C olan soğuk odada bekletilmiştir.

Su numunelerinde toplam alfa ve toplam beta aktivite analizi için iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Numunelerin hangi yöntemle analiz yapılacağına karar verebilmek için öncelikle rezidü (kalıntı) tayini yapılması gerekir. Bu nedenle her bir numuneden ilk olarak 20'şer mL alınarak düşük sıcaklıkta kuruluğa yakın olana kadar buharlaştırılıp etüvde kurutulduktan sonra tartım yapılarak rezidü miktarına bakılmış ve 1.0 L'deki çözünmüş madde miktarı hesaplanmıştır. Rezidü miktarı 500 mg'a kadar olan numuneler için EPA 900.0 buharlaştırma yöntemi ve 500 mg'ın üzerinde olan numuneler içinde SM 7110 C çöktürme yöntemi kullanılmıştır.

### EPA 900.0 Yöntemi

Bu metot, 1980 yılında Amerikan Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency, EPA) tarafından içme suları ve kaynak suları için geliştirilen, güvenli içme limitlerine göre ileri analize gerek olup olmadığını tespit etmek için kullanılan yaygın bir tarama tekniğidir. Maksimum enerjisi 0.1 MeV'in üzerinde olan beta ve 3.9 MeV'in üzerindeki alfa yayıcıları için uygulanır. Bu metodun ölçülebilen minimum aktivite konsantrasyon sınırı; sayım süresi, background, sayım verimi özelliklerine ve numune miktarına bağlıdır. Gerekli dedeksiyon limiti toplam alfa için 3 pCi/L ve toplam beta için 4 pCi/L'dir. Su numunelerine ait sayım planşetindeki rezidü yoğunluğu 5 mg/cm<sup>2</sup>'yi geçmemelidir. Sayımlarda kullanılan 5 cm çapındaki paslanmaz çelik ve alüminyumdan yapılmış bir planşetin yüzey alanı 34.8 cm<sup>2</sup> olduğu için rezidü miktarı 150 mg'ı geçmemelidir. Ayrıca rezidü miktarı >500 ppm olan içme suları için bu metot önerilmemektedir (EPA 900.0, 1980).

Bu çalışmada, buharlaştırma işlemini yapmak için yaklaşık 100 mg rezidü bırakacak miktarda alınan içme suyu numunesi, üzeri etiketlenmiş olan (Numune barkod no'su, numune ismi ve alınan miktar) temiz bir behere koyulmuştur. Buharlaştırma sırasında, beherin çeperlerine numune içerisindeki maddelerin yapışmasını önlemek ve numunenin homojenliğini sağlamak için, her 100 mL için 1.0 mL %65'lik HNO<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Beherlerdeki su, çeker ocakta 60°C'ye ayarlanmış ısıtıcı (hot plate) üzerine konularak, yaklaşık 30-50 mL kalana dek bu sıcaklıkta yavaş yavaş buharlaştırılmıştır.

Buharlaştırma işlemi, önceden darası ve boş sayımı alınan temiz özel kaplar (planşet) içinde, kabı taşırmayacak şekilde, beherde kalan yoğunlaştırılmış örnek azar azar aktararak kuruluğa yakın olana kadar sürdürülmüştür. Buharlaştırma işlemi sürerken, rezidünün planşet içinde homojen bir şekilde dağılmasına dikkat edilmiştir. Buharlaştırma işlemi bittikten sonra planşetler yaklaşık 4 saat 105°C etüvde ve daha sonra etüvden desikatöre alınarak 10-15 dakika normal oda ısısına gelinceye kadar bekletilmiştir. Hassas terazide tartılan her bir numune için rezidü miktarları tayin edilerek kaydedilmiştir. Planşetler LB-770 model toplam alfa ve toplam beta sayım cihazında sayımı yapılanaya kadar desikatörde bekletilmiştir.

### SM 7110 C Çöktürme Yöntemi

Bu standart yöntemde çözünmüş madde miktarı önemli değildir. Ancak maliyeti artıracığı için genellikle EPA 900.0 yönteminin yetersiz kaldığı durumlarda kullanılmaktadır. Alfa

partikülleri yayınlayan tüm radyonüklidler (Ra, U, Th izotopları), BaSO<sub>4</sub> ve Fe(OH)<sub>3</sub> ile birlikte çöktürülür. Böylece, çöktürme ile alfa yayınlayan radyonüklidlerin diğer çözünmüş katılardan ayrılmaları sağlanır. Çöken numune filtre edilir ve sayım sisteminde sayılarak alfa aktivitesi belirlenir (Standart Methods 7110 C, 2005).

Bu çalışma da, analiz edilecek numuneden 500 mL alınmış ve viskoziteyi düşürmek için içine 5 damla seyreltilmiş kimyasal deterjan (1 damla tween 80 + 4 damla su) ilave edilmiştir. Beher, 100°C'de ısıtıcı/magnetik karıştırıcı üzerine koyulduktan sonra magnetik karıştırıcı balık, çözeltinin içine atılmıştır. Daha sonra çözeltiye 20 mL 2N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklenerek çözeltinin kaynaması beklenmiş ve 10 dakika daha karıştırılmıştır. Böylece numunede karbonat ve bikarbonatlar varsa bunların CO<sub>2</sub> şeklinde ortamdan uzaklaştırılması sağlanmıştır. Daha sonra çözeltinin sıcaklığı, kaynama noktasının altında olacak şekilde azaltılmıştır. Çözelti içine 1.0 mL baryum taşıyıcı eklenmiş ve 30 dakika karıştırılmaya devam edilmiştir. Yine çözelti içine sırası ile 1 mL 1/1000'lik bromocresol purple indikatör çözeltisi, 1.0 mL demir taşıyıcı çözeltisi ve 5.0 mL kağıt lifi/su karışımı ilave edilmiştir. İndikatör çözeltisi saman sarısı rengini gösterir. Bu da bize asitlik derecesini verir.

Karıştırma işleminden sonra damla damla 6 N NH<sub>4</sub>OH (Amonyak) baz ilavesiyle çözeltinin renginin sarıdan mora dönüşmesi sağlanmıştır. Isıtmaya ve karıştırmaya 30 dakika daha devam edilmiştir. Böylece asidik bir çözeltiden bazik bir çözelti elde edilmiştir. Burada amacımız, çökelek oluşturmaktır. Çözeltinin çökmesi için bir müddet daha bekletilmiş ve çökelek 0.45 µm gözenekli filtre kağıdından süzülerek 25 mL destile su ile yıkanmıştır.

Tüm bu işlemlerden sonra filtre kağıdındaki çökelek en az 3 saat radon ürünlerinin uzaklaşması için bekletilmiş ve 105°C etüvde kurutulmuştur. Daha önce tartılarak kaydedilen boş filtreler, daha sonra çökelekli haliyle de tartılmış ve net rezidü elde edilmiştir. Çöken numuneler, Bölüm 3.5.3.'de bahsedilecek toplam alfa ve toplam beta sayım sisteminde sayılarak numunelerin toplam alfa aktivitesi ölçülmüştür. Aynı işlemler background aktivitesini belirlemek amacıyla musluk suyu veya çift destile su kullanılarak hazırlanan blank için de uygulanmıştır.

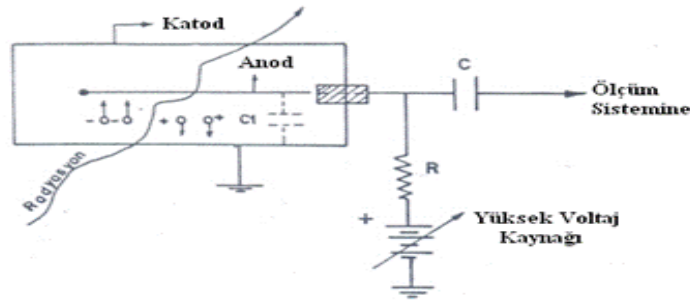
### **3.5.3. Su Numunelerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Aktivite Analizinde Kullanılan Sayım Sistemi**

Çevresel numunelerde ölçülen toplam alfa ve toplam beta konsantrasyonları genellikle düşük seviyelerde olduğu için, kullanılacak cihazların yeterince hassas ve güvenilir olması gerekir.

Bu tür ölçümler için geliştirilmiş gaz, sıvı ve katı ortamlı dedektörler kullanılır. Düşük temel radyasyon seviyeli çevresel numunelerin tayininde en çok gaz akışlı orantılı sayıcılar kullanılır (Karahana, 1997). Bunun nedeni, spesifik radyoizotop analizleri ile karşılaştırıldığında bu yöntemin kolay uygulanabilir olması, hayli düşük maliyet ile çok kısa sürede sonuca ulaşılması ve çevresel numunelerdeki radyoaktivite seviyesi hakkında yeterli ön bilgiyi sağlamalarıdır (NCRP Report No 50, 1977; Semkow ve diğ., 2001; Ataksor, 2002). Bu nedenle bu çalışmada çevresel su numunelerinin toplam alfa ve toplam beta analizi için gaz akışlı orantılı sayıcı kullanılmıştır.

### Gaz Akışlı Orantılı Sayıcı

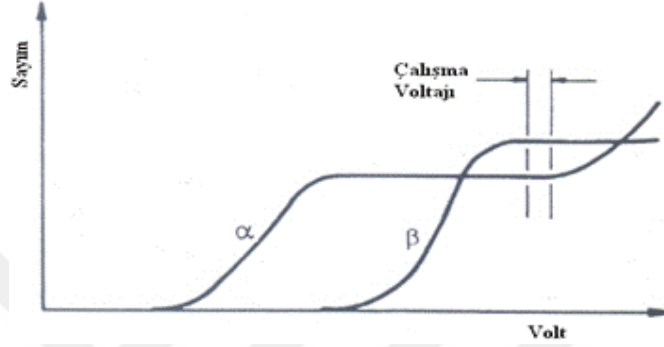
Yüklü parçacıkların sayılmasında kullanılan en yaygın yöntem, bu parçacıkların bir gaz içinde meydana getirdikleri iyonlaşmadan yararlanmaktır. Genel olarak iyonlayıcı parçacıkların gaz içinde meydana getirdiği iyonları, bir elektrik alan yardımıyla bir elektrot üzerinde toplamak suretiyle yüklü parçacığın dedeksiyonu sağlanır. Bu tür dedeksiyon yapan radyasyon sayaçlarına gazlı sayaçlar denir. Bu sayaçlarda esas olan kısım; neon, argon, metan gibi gazlarla doldurulmuş bir odacık ve bu odacık duvarından çok iyi yalıtılmış bir merkezi elektrottan ibarettir (Şekil 3.25).



**Şekil 3.25:** Gazlı radyasyon sayacı ve dış devresi.

Odacık duvarı ile merkezi elektrot arasına R direnci, odacığın C sığası ile bir yüksek voltaj uygulanmıştır. Gelen yüklü bir parçacık ortamdaki gaz moleküllerini (+) ve (-) yüklü iyonlarına ayırır. Odacık içindeki bu iyonlar, yüksek voltajın oluşturduğu elektrik alanın doğrultusunda merkezi elektroda (anot) ve odacık duvarına (katot) doğru hareket ederler. Anotta toplanan elektronlar bir anot akımı oluşturur ve bu akım, RC devresiyle bir voltaj darbesi (pulsu) haline dönüştürülür. Bu darbeler, ön yükselteç, lineer yükselteç ve diğer darbe işleme devreleri tarafından sayıma uygun hale getirilerek bir sayıcı vasıtasıyla sayılırlar.

Bu darbelerin yükseklikleri nükleer parçacıkların cinsine ve sayaca uygulanan yüksek voltaja bağlıdır (orantılı sayaç özelliği). Şekil 3.26'da alfa ve beta gibi nükleer parçacıkların ürettiği sayaç darbelerinin sayısını sayaca uygulanan voltaja bağımlılığı görülmektedir. Sayaca uygulanan belli bir voltaj değerinden itibaren darbe sayısının voltaja göre bağımlılığının değişmediği bir bölgeye ulaşılır. Bu bölgeye sayacın platosu denir.



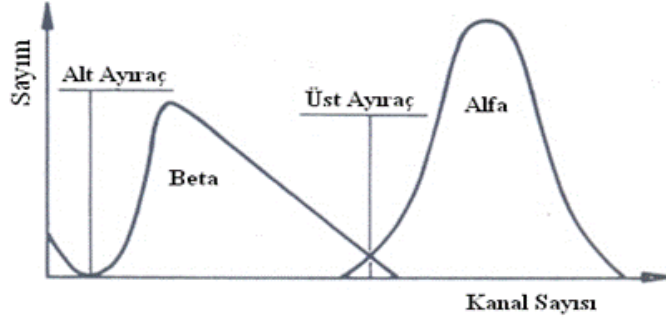
Şekil 3.26: Alfa/Beta için sayaç platoları ve çalışma voltajı.

Alfaların, etkileştiği ortamın moleküllerini daha kolay iyonlaştırmaları nedeniyle bu parçacıklar için sayacın platosuna ulaşmak için uygulanan voltaj, betaların platosuna erişme voltajından daha küçüktür. Şekil 3.26'da görüldüğü gibi orantılı bölgede çalıştırılan bir sayacın içinden geçirilen gazın (P10 gazı) %90 argon ve %10 metan olması durumunda alfa ve betaların platosu üst üste biner. Bu özellik sayesinde alfa ve beta radyasyonunu aynı anda gözlemlemek mümkün olur.

Ölçüm sisteminin sayaçlarına uygulanan gerilim, alfa ve betaların platosunun üst üste bindiği bir değere (en uygun çalışma voltajı) ayarlanır. Daha sonra sistemimizin yükselteç çıkışından alınan alfa ve betalara ait darbeleri sistemimizin tek kanallı analizörü yerine çok kanallı bir analizöre (nükleer parçacıkların enerji spektrumunu ve darbe yüksekliklerini izlemek amacıyla geliştirilen sistem) gönderirsek, Şekil 3.27'deki gibi bir darbe yükseklik spektrumu elde edilir.

Şekil 3.27'de dikey çizgilerle gösterilen tek kanallı analizöre ait Ayıraç (discriminator)'tır. Ayıraç'ın alt ve üst eşikleri (ayıraç penceresi) sayımı yapılan radyonüklidin yayınladığı betaların uygun olduğu minimum ve maksimum enerji seviyelerine göre (beta sürekli spektrumu) ayarlanırsa, Ayıraç'ın üst eşiği, alfaların darbe yüksekliğinin daha büyük olması nedeniyle alfalar için alt eşik olur. Yani, alfaların meydana getirdiği pikler, bu alt eşik

seviyesinin üzerinde olacağı için, alfa ve betaların meydana getirdiği darbeler birbirinden elektronik olarak ayrılır (Altay, 1998).



Şekil 3.27: Alfa/Beta darbe yükseklik spektrumu.

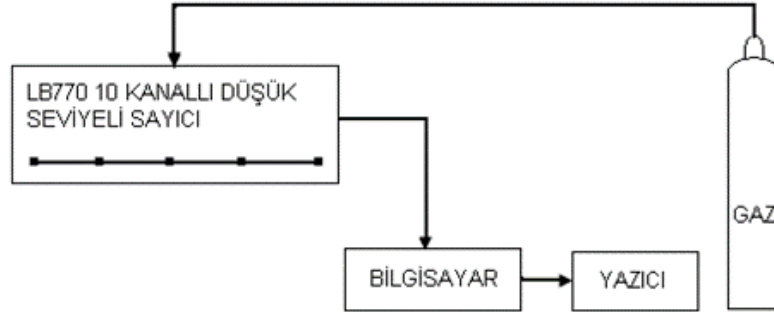
Ölçüm prensibi bu esasa dayanan, toplam alfa ve toplam beta aktivite analizleri için kullanılan, ÇNAEM Radyoaktivite Ölçme ve Analiz Birimi Toplam Alfa ve Toplam Beta Laboratuvarı Berthold marka LB770-PC model 10-kanallı düşük seviyeli planşet sayım sistemi Şekil 3.28’de ve blok diyagramı da Şekil 3.29’da verilmektedir.



Şekil 3.28: ÇNAEM Radyoaktivite Ölçme ve Analiz Birimi Toplam Alfa ve Toplam Beta Laboratuvarı Berthold marka LB770-PC model 10-kanallı düşük seviyeli planşet sayıcısı.

Bu cihaz, doğal sayım seviyesi (background)’ni azaltmak için, etrafı kurşun zırhla kaplı, 10 ayrı kanaldan alfa ve beta partiküllerini aynı anda sayabilme imkanı sunmaktadır. Dedektörlerin

etkin yüzeyleri (dedektör penceresi) çok ince alüminyumdan yapılmıştır. Kullanılan planşet çapı 60 mm'dir (Berthold Technologies, 2008).



**Şekil 3.29:** Toplam alfa ve toplam beta sayım sisteminin blok diyagramı.

Bu tip alfa ve beta sayıcıları, dedektör sistemi ve sayıcı devresi olmak üzere başlıca iki kısımdan meydana gelmektedir.

### 1-Dedektör Sistemi

Alfa veya beta sayımında kullanılan bu gaz akışlı orantılı sayıcılar genellikle yarım küre şeklinde bir sayım odasına sahiptir. Ortalarında tungstenden yapılmış tel bulunur. Tel, anot görevi, oda duvarları da katot görevi görür. Numuneden gelen alfa ve beta parçacıkları oda içinde doygunluğa ulaşmış gazı iyonlaştırır. Sayıcı sistemimiz, %90 argon (Ar) ve %10 metan (CH<sub>4</sub>) gaz karışımı içermektedir. Cihazın alfa sayma verimi %15-20 civarında ve temel seviye sayımı dakikada 0.1'in altındadır. Cihazın beta sayma verimi %37-40 arasında ve temel seviyesi dakikada 1.0 sayımdan küçüktür. Sayıcı sistemi 0.8 mg/cm<sup>2</sup> kalınlığında bir pencereye sahiptir. Aynı zamanda sayıcı sistemi antikoinsidans devresi olup uzaydan gelen kozmik ışınların oluşturacağı iyonizasyon dolayısıyla meydana gelecek ilave sayımları da ortadan kaldırma işlevi görür (Karahan, 1997).

Ölçüm yapılacak numunelerin radyoizotop karışım içerikleri bilinmediğinden sayım sisteminin kalibrasyonu ve kullanılacak standartların seçimi önem taşımaktadır. Bilinen miktarlarda izotop içeren kalibrasyon kaynaklarının; sayılacak numunelerin alanı, yoğunluğu, kalınlığı ve aktivite dağılımı ile benzer özellikleri taşıyacak şekilde hazırlanması gerekmektedir. Çevresel numunelerde ölçülen doğal radyoaktivite konsantrasyonları genellikle çok düşük seviyelerde

olduğundan, kullanılacak bu tür cihazlarla çok düşük doğal sayım seviyesine ve yüksek duyarlık özelliklerini sağlamak mümkün olmaktadır (Yaşar, 1987).

Sularda toplam alfa aktivitesi değerlendirilmeleri yapılırken, numunede çözünmüş madde miktarına dikkat etmek gerekmektedir. Radyasyonun numuneden ayrılarak öncelikle sayıcıya girmesi ve ardından sayıcı devrelerinde bir puls olarak algılanması gerekir. Ancak belirli bir kütleyle sahip olan numuneler, yayınlanan aktivitenin bir kısmını soğurarak “self-absorbsiyon (öz yutulma)” denilen olayı meydana getirir. Rezidü miktarı fazla ise self-absorbsiyon da yüksek olacaktır. Artan rezidü miktarı radyasyonun self-absorbsiyon etkisini artırıp daha az sayıda parçacığın dedektöre ulaşmasına neden olmaktadır.

Sayıcının verimini etkileyen diğer bir faktör de, “geri saçılma (back-scattering)” olayıdır. Radyasyon tipi ve enerjisinin bir fonksiyonu olan ve artan atom numarası ile arttığı belirlenen geri saçılmanın neden olduğu hatalardan kaçınmak için numune ve standardın aynı fiziksel ve geometrik özelliklere sahip olmasını sağlamak gerekmektedir. Sayım sonucunu etkileyen başka bir faktör ise geometrik etkidir. Radyasyon, kaynaktan küresel yani  $4\pi$  geometri ile çıkar, ancak sayıcı tarafından algılanan kısmı sayılabilmektedir. En yüksek verim numunenin, sayıcının hassas hacmi içinde bulunması ile elde edilmektedir (Ataksor, 2002).

## 2- Sayıcı devresi:

Bu çalışmada kullanılan gaz akışlı orantılı sayıcıda elektronik devre ön yükselteç, ayırt edici (ayıraç, diskriminatör), sayıcı, kaydedici ve zaman saatinden ibarettir. Her sayıcı, içinde numune olmaksızın çevresel, kozmik ve sayıcının yapıldığı malzemeden kaynaklanan doğal sayımları kaydeder. Sayıcının yapımında uygun malzeme seçimi ve zırhlanması, backgroundun önemli oranda düşmesine neden olmaktadır (Ataksor, 2002).

## Verim kalibrasyonu:

Su numunelerinde toplam alfa ve toplam beta aktivitesinin belirlenebilmesi için sayım sisteminde kullanılan sayıcının hem alfalar hem de betalar için veriminin belirlenmesi gerekir.

## *Sayıcının Veriminin Bulunması ve Kalibrasyonu:*

Verim hesabı için kullanılacak olan standartların, sularda bulunan radyoaktif elementlerin yayımladığı alfa ve betaların enerjilerine ve ayrıca hazırlanan numunenin geometrisine uygun olarak seçilmesi gerekir.

Bu çalışmada, sayıcının verimini belirlemek için su numunelerinde bulunan radyoaktif elementlerin alfa enerjisi yaklaşık 5 MeV civarında olduğundan, alfa ölçümleri için 3.68 kBq (99.5 nCi) aktiviteli  $^{241}\text{Am}$  ( $E=5.49$  MeV,  $t_{1/2}=432.2$  yıl) ve beta ölçümleri için 3.72 kBq (101 nCi) aktiviteli  $^{90}\text{Sr}$  ( $E=0.546$  MeV,  $t_{1/2}=28.5$  yıl) sertifikalı primer standartlar kullanılmıştır.

Verim analizi için ilk olarak 10 adet behere sırasıyla 20, 40, 60,...., 200 mL musluk suyu koyulmuş, her birinin içine önce  $\text{pH}<2$  olacak şekilde konsantre  $\text{HNO}_3$  ve sonra alfa için aktivite konsantrasyonu 2.8018 Bq/mL olan sekonder Am-241 çözeltisinden 1 mL alınarak standartlara ilave edilmiştir. Daha sonra, hazırlanan her bir numune buharlaştırılarak rezidü miktarları mg olarak kaydedilmiştir. Bu standart numuneler, toplam alfa ve toplam beta sayım sisteminde sayıldığında kütle (mg) karşı gittikçe azalan sayım (cpm) değerleri, hem alfalar hem de betalar için ayrı ayrı elde edilmiştir. Beta için aktivite konsantrasyonu 2.0832 Bq/mL olan sekonder Sr-90 çözeltisinden 1 mL alınarak standartlara ilave edilmiş ve aynı işlemler yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan sayım sistemindeki sayıcının sayım verimini belirlemek için denklem 3.11'den yararlanılmıştır (www.berthold.com).

$$\text{Verim (cpm/dpm)} = \frac{\text{Standart Kaynağın Sayılma Hızı (cpm)}^{16}}{\text{Standart Kaynağın Bozunma Hızı (dpm)}^{17}} \quad (3.11)$$

Elde edilen cpm değerlerinden hem alfa hem de betalar için verim-kütle grafiği çizilerek her bir dedektör (sayıcı) için verim denklemleri (denklem 12 ve denklem 13) aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$\text{Alfa için; } \text{Verim}_\alpha (\text{cpm/dpm}) = (0.2097) \exp(-0.0064 \times M) \quad (3.12)$$

$$\text{Beta için; } \text{Verim}_\beta (\text{cpm/dpm}) = (0.3867) \exp(-0.001 \times M) \quad (3.13)$$

Burada;

M, kütle (mg)'dir.

Verim eğrileri oluşturulurken aktivite değerleri olarak, ölçümlerin yapıldığı tarihe göre hesaplanmış güncel aktiviteler kullanılmıştır.

<sup>16</sup> cpm (counts per minute)= sayım x (dakika)<sup>-1</sup>

<sup>17</sup> dpm (disintegrations per minute)= parçalanma x (dakika)<sup>-1</sup>

*Sayaç Platolarının Çizimi ve En İyi Çalışma (Optimum) Noktasının Bulunması:*

Numune ile aynı geometride hazırlanmış katı standart kaynaklar (alfa için <sup>241</sup>Am, beta için <sup>90</sup>Sr) kullanılarak 1100 V'tan 2000 V'a kadar 1 dakika sürelerde sayımlar alınmış ve bu işleme 50'şer volt artışlarla devam edilmiştir. Elde edilen alfa ve beta platosunun üst üste bindiği değer en uygun çalışma voltajı olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada belirlenen voltaj değeri 1650 Volt'dur.

### 3.5.4. Su Numunelerinin Toplam Alfa ve Toplam Beta Sayım Sisteminde Analizi

Sularda alfa ve beta radyasyonu iç ışınlamalarda insan sağlığı açısından önemli olduğu için, içme sularında alfa ve beta aktivite değerleri Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organisation, WHO)'nün koyduğu sınırları (alfa için 0.5 Bq/L ve beta için 1.0 Bq/L) aşmamalıdır. Bu nedenle, alfa ve beta aktivitelerini doğru tespit etmek için numunenin hazırlanması ve sayılması esnasında yapılacak olan hataları (numune hazırlama hatası, cihaz verimi hatası, sayım geometrisi hatası, geri saçılma hatası) en aza indirmek gerekmektedir. Nevşehir yerleşim alanlarından alınan su numunelerinin analizleri yapılırken tüm bunlara dikkat edilmiştir.

Su numunelerinin toplam alfa ve toplam beta analizleri, Şekil 3.27'de gösterilen Berthold marka LB770-PC 10 kanallı düşük seviyeli alfa-beta sayım sistemi kullanılarak yapılmıştır. 10 adet su numunesini aynı anda sayma kapasiteli bu cihazda numuneler, toplam 500 dakika sürede üçer kez sayılmış ve ortalamaları alınarak aktivite sonuçları elde edilmiştir. Her bir numune için aktivite, denklem 3.14 kullanılarak hesaplanmıştır (www.berthold.com).

$$Aktivite (Bq/L) = \frac{(C_a - C_b)}{60 \cdot \varepsilon \cdot V} \quad (3.14)$$

Burada;

$\varepsilon$ ,  $\alpha$ -standardından (Am-241) ve  $\beta$ -standardından (Sr-90) elde edilen sayım sisteminin verimi (Efficiency, cpm/dpm)

V, analiz edilen numunenin hacmi (L)

C<sub>a</sub>, dakikada numune sayımı (cpm)

C<sub>b</sub>, dakikada blank sayımı (cpm)

C<sub>a</sub> - C<sub>b</sub>, net sayım (cpm)

60, dönüşüm faktörü (dakika/saniye)'dür.

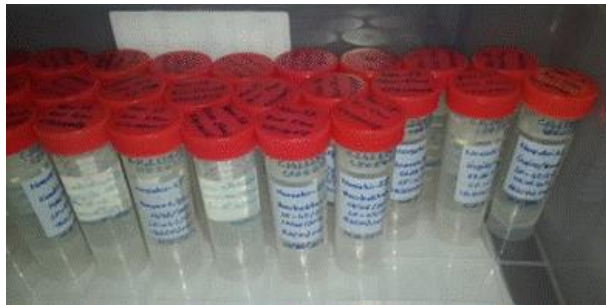
Aktivite hesaplanırken, kullanılan kaplar, sıcaklık, background ve sayımdan kaynaklanan belirsizlikler belirlenerek belirsizlik bütçesi oluşturulmuş ve hesaba katılmıştır.

### 3.6. SU NUMUNELERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ

#### 3.6.1. Su Numunelerinin Element Analizi İçin Hazırlanması

Eser element analizi için, 139 adet su numunesinin her birinden 1 L alınarak temiz boş plastik kaplara aktarılmıştır. İndüktif Eşleşmiş Plazma - Optik Emisyon Spektrometre (Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry, ICP-OES) laboratuvarında yapılacak element analizi diğer su analiz yöntemlerinden çok daha uzun zaman aldığı için, analizler tamamlanmaya kadar numunelerin içerisindeki partiküllerin kabın çeperlerine yapışmaması, suyun özelliğini kaybetmemesi yani numunenin korunması için, her bir numune kabı etiketlendikten sonra,  $\text{pH} < 2$  olacak şekilde içerisine bir miktar % 65'lik  $\text{HNO}_3$  (nitrik asit) ilave edilmiştir. Pratikte; 1 L su numunesini korumak için 3 mL (1+1)  $\text{HNO}_3$  veya 1.5 mL konsantre (%65)  $\text{HNO}_3$  asit yeterli olacaktır (EPA, 1983). Daha sonra numuneler ortam sıcaklığı  $4^\circ\text{C}$  olan soğuk hava odasında bekletilmiştir. Her bir element analizi yapılmadan önce numunelerin oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır.

Element analizlerinde 50 mL'lik yüksek yoğunluklu polietilen kaplar kullanılmıştır (Şekil 3.30). Başlangıçta her bir numuneden A kalite mezür yardımıyla 45 mL alınmış, üzerine dijital dispenserden %2 (v/v)  $\text{HNO}_3$  olacak şekilde 1.0 mL suprapur  $\text{HNO}_3$  (yüksek saflıkta nitrik asit) ilave edilmiş ve kap ultra saf su ile 50 mL'ye tamamlanarak analize hazır hale getirilmiştir. Elde edilen her çözelti birkaç dakika iyice çalkalanmıştır.



Şekil 3.30: Yüksek yoğunluklu 50 mL'lik polietilen kaplar.

Her bir su numunesinin element analizi yapılırken, öncelikle numunede analizi yapılacak element veya elementlere ait kalibrasyon standart ve blank çözeltileri hazırlanmıştır.

Bunun için ilk olarak; çoklu PEQCStd21 (Perkin Elmer Quality Control Standard, 21 elements) stok standart çözeltilerden (100 ppm %5 (w/v) suprapur HNO<sub>3</sub> + trace tartarik asit + trace HF içinde) öncelikle ara standart ve bu ara standarttan yararlanılarak belli konsantrasyonlarda ppb (µg/L) veya ppm (mg/L veya µg/mL) mertebesinde olmak üzere en az 3 adet kalibrasyon standart çözeltiler düz dipli balon jöje (çözelti hazırlamak için kullanılan hacimleri belli cam malzemeler) içerisinde hazırlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltiler daha sonra 50 mL'lik polietilen kaplara aktararak içerisinde %2 (v/v) HNO<sub>3</sub> olacak şekilde 1.0 mL suprapur HNO<sub>3</sub> ilave edilmiş ve iyice çalkalanmıştır.

Blank çözeltisi hazırlanırken 49 mL ultra saf su içerisinde %2 (v/v) HNO<sub>3</sub> olacak şekilde 1.0 mL suprapur HNO<sub>3</sub> ilave edilerek element analizi için 50 mL'lik polietilen kaplara aktarılmış ve aynı şekilde iyice çalkalanmıştır.

Böylece hem element analizi yapılacak numuneler, hem kalibrasyon standart çözeltileri hem de blank aynı asit matrisi içinde hazırlanmıştır. Genel olarak, standart çözeltiler element analizinin yapılacağı gün hazırlanmıştır. Ancak analizin aynı gün yapılması mümkün olmadığı zamanlarda yine soğuk odada bekletilmiştir.

Ara standartlardan kalibrasyon standart çözeltiler hazırlanırken denklem 3.15'den yararlanılmıştır (EPA, 1991).

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2 \quad (3.15)$$

Burada;

V<sub>1</sub>, ara standart çözeltilerden alınmak istenen hacim, mL

V<sub>2</sub>, hazırlanılması istenilen kalibrasyon standart çözelti kabının hacmi, mL

C<sub>1</sub>, ara standart çözeltisinin konsantrasyonu, ppm (mg/L) veya ppb (µg/L)

C<sub>2</sub>, hazırlanılması istenilen kalibrasyon standart çözeltinin konsantrasyonu, ppm (mg/L) veya ppb (µg/L)'dir.

### 3.6.2. Su Numunelerinin Element Analizinde Kullanılan ICP-OES Cihazı

Bu çalışmada, su numunelerinin element analizleri Perkin Elmer marka Optima 7000 DV model İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometre (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, ICP-OES) cihazı ile ÇNAEM Analitik Ölçme ve Analiz Birimi ICP-OES Laboratuvarı'nda (Şekil 3.31) gerçekleştirilmiştir.

ICP-OES, plazma kaynaklı atomlaştırıcı olarak, numunelerde düşük konsantrasyonlu elementlerin analizi için en yaygın kullanılan analitik bir tekniktir. Numunenin, yüksek sıcaklıktaki (6000-10000°K) plazmaya püskürtülmesi ile gaz fazına geçerek uyarılan atomların yaptıkları emisyonun dedektörle ölçülmesi ve böylece örnekteki elementlerin miktarının belirlenmesi esasına dayanır (Yıldız ve Genç, 1993).



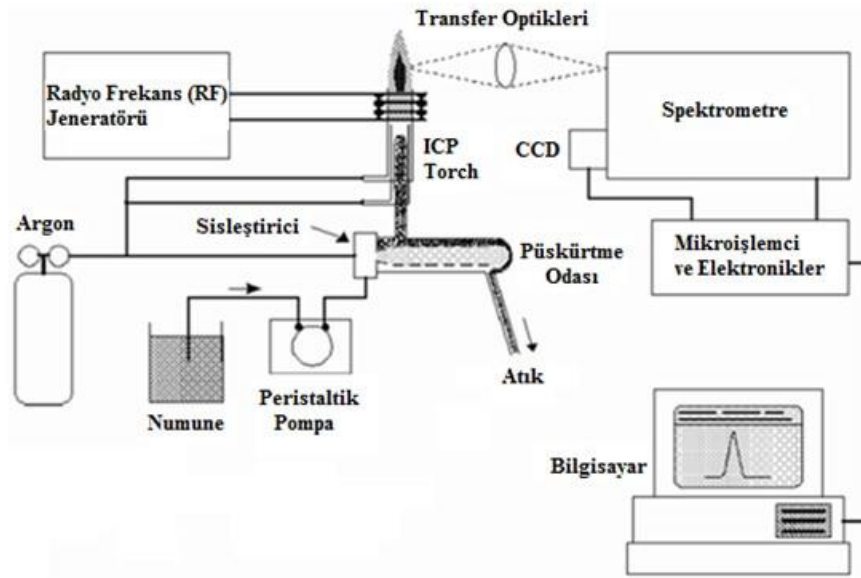
**Şekil 3.31:** ÇNAEM Analitik Ölçme ve Analiz Birimi ICP-OES Laboratuvarı.

Cihaz temel olarak iki ana kısımdan oluşmaktadır: Atomlaşmanın meydana geldiği plazma jeneratörü ve emisyon okumalarının yapıldığı spektrometredir.

Ayrıca sistemde, numunelerin yerleştirildiği otomatik yıkamalı otoörnekleyici (autosampler), numunenin çekilerek sisleştiriciye gönderilmesini ve oluşan atığın da atılmasını sağlayan peristaltik pompa ile sistemin aşırı ısınmasını engellemek için soğutucu, kuru hava için kompresör vardır. Hem plazmayı oluşturmak hem radyofrekans (RF) jeneratörünü soğutmak

ve hem de taşıyıcı gaz olarak kullanılan yüksek saflıkta argon gazı tüpü ve optik sistemdeki parabolik aynaları korumak ve aksiyel pencereyi bir miktar soğutmak için kullanılan yüksek saflıkta azot gazı tüpü vardır.

WinLab32 yazılım programının kurulu olduğu ve analiz boyunca çalışmaların ekran üzerinden kontrol edilmesini sağlayan bilgisayar ve ona bağlı yazıcı da bulunmaktadır. Şekil 3.32’de tipik bir ICP-OES cihazının ana bileşenleri ve bağlantı şeması görülmektedir.



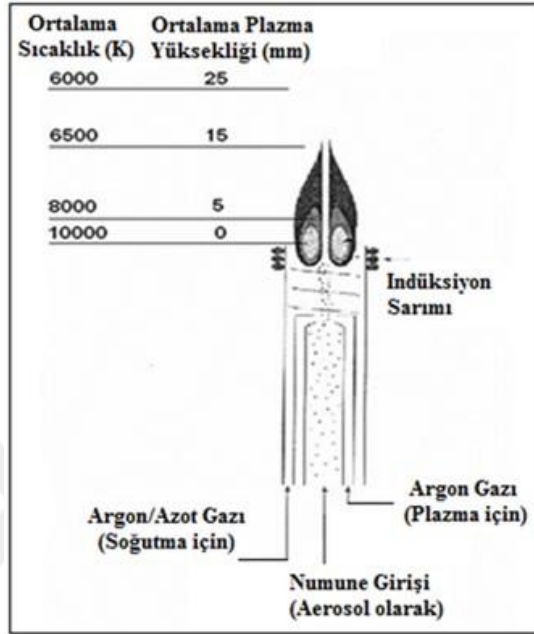
Şekil 3.32: ICP-OES cihazının ana bileşenleri ve bağlantı şeması<sup>18</sup>.

Plazma, yüksek konsantrasyonda katyon ve buna eşdeğer konsantrasyonda elektron içeren, elektrik akımını ileten, nötr bir gazdır. Çok çeşitli yöntemlerle plazma oluşturmak mümkündür. ICP-OES cihazında plazma, kolay iyonlaştırılabilmesi ve inert olması nedeniyle Argon (Ar) gazı ile oluşturulur. Bu yöntemde plazma, elektromanyetik olarak, argon gazının indüksiyon sarımlarında bir radyofrekans (RF) jeneratörü ile etkileştirilmesiyle elde edilir (Yıldız ve Genç, 1993).

Plazma (ICP), iç içe geçmiş eş merkezli üç kuartz kanaldan yapılan torch ile oluşturulur. Şekil 3.33’de görüldüğü gibi bu kanalların en dış kısmından plazmanın korunmasını sağlamak ve plazmanın kuartz tüpünü eritmesini engellemek için soğutucu olarak argon veya azot gazı,

<sup>18</sup> www.perkinelmer.com

plazma oluşturmak için ortadaki kanaldan da argon gazı akışı sağlanır. En içteki küçük kanal bir sisleştirme odacığına nebulizer ile bağlıdır. Numune, peristaltik pompa yardımıyla sisleştiriciye gönderilir ve argon gazı ile çarpıştırılarak aerosol üretilir ve plazmaya verilir.



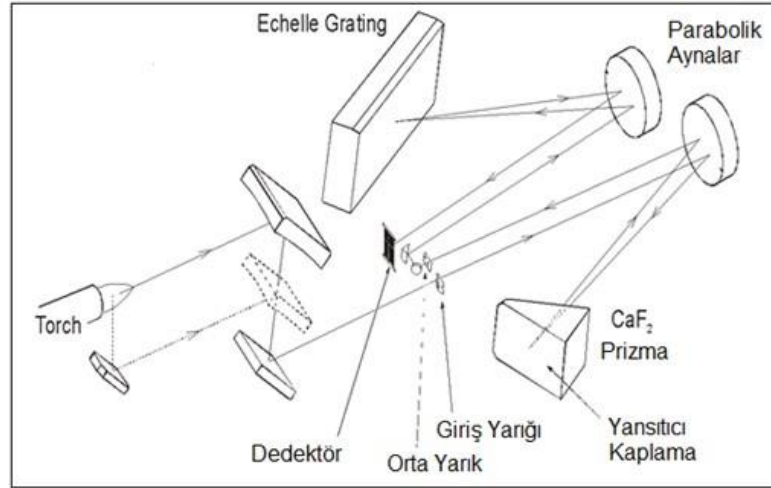
Şekil 3.33: Plazma (ICP Torch) kaynağının bileşenleri<sup>19</sup>.

Argon, en dış ve orta kanaldan helezonik bir şekilde geçerek kanalın ucuna, indüksiyon bobininin sardığı bölüme ulaşır. Genellikle bakırdan yapılmış, su soğutmalı indüksiyon bobini, ICP Torch'a, 40 MHz frekansında 1450 W güç sağlar. Bu sarımlar bir RF jeneratörüne bağlanır. Dıştaki silindirin ucunda, RF jeneratöründen gelen ve indüksiyon sarımlarından geçen akım nedeniyle bir elektromanyetik alan oluşur. RF jeneratörünün frekansı 40 MHz'lik sabit bir değerde tutulur. Argon gazı akımında ilk elektronların oluşturulması, bir elektron kaynağı (Tesla boşalımı) ile sağlanır ve elektronlar, indüksiyon sarımının oluşturduğu manyetik alanda hızlanarak, argon atomlarıyla çarpışır ve argon iyonları ile daha fazla sayıda elektronun oluşmasını sağlarlar. Bu işlemin sürekli olarak tekrarlanmasıyla, ortamdaki argon iyonu ve elektron sayısının artması sonucu oluşan plazma, manyetik alandan enerji absorplayarak 6000-10000 °K (bu çalışmada 8000 °K) arasında değişen bir sıcaklığa ulaşır (Yıldız ve Genç, 1993).

<sup>19</sup> www.perkinelmer.com/ICP-OES

Taşıyıcı argon gazı sayesinde numune, 8000°K sıcaklığındaki bölgeye yani plazmanın merkezine ulaşır. Burada yaklaşık 2 ms kalır. Elde edilen yüksek sıcaklık nedeniyle, çok kararlı bileşikler bile bu plazma sıcaklığında atomlarına ayrışır. Numunedeki elementlerin plazmada ayrışması, atomlaşması ve uyarılması sonucunda, her element enerji düzeylerine bağlı olarak kendine özgü frekansta yani dalgaboyunda ışık yayımlar, emisyon yaparlar. Bu ışık şiddeti, numune içerisindeki elementlerin konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Plazmadan gelen bu emisyon çok renkli olup bir giriş yarığında geçirilerek optik ağı monokromatöre düşürülür. Burada ışınlar kırılarak tek tek dalga boylarına ayrılır ve bir emisyon spektrometresi ile ölçülür.

Bu çalışma da kullanılan spektrometre sistemi, eşzamanlı yani aynı anda ölçüm yapma (simultaneous, simultane) özelliğinde, bir Eşel monokromatör ile iki boyutlu, özel tasarlanmış, ışığa duyarlı, hızlı ve yüksek hassasiyetli peltier soğutmalı katı hal CCD (Charge Coupled Device, yükten bağlaşımlı cihaz) dizilim dedektörlü bir tasarıma sahiptir. CCD dedektör, analizi yapılacak olan elemente ait pikin bulunduğu bölgenin tamamını aynı anda görebilecek şekilde pek çok küçük dedektör parçacığından (pixel) oluşur. Şekil 3.34'de Perkin Elmer Optima 7000 sistemlerinde kullanılan optik ağ yapısı görülmektedir.



Şekil 3.34: Perkin Elmer Optima 7000 sistemlerinde kullanılan optik ağ yapısı<sup>20</sup>.

Bu cihaz aksiyel (axial, yatay) ve radyal (radial, dikey) plazma olmak üzere çift konumlu yapıdadır. Aksiyel plazma konumu, düşük konsantrasyonlar yani genelde ppb ( $\mu\text{g/L}$ ) veya

<sup>20</sup> www.perkinelmer.com/ICP-OES

birkaç ppm (mg/L)'e kadar olan analizler için, radyal plazma konumu ise yüksek konsantrasyonlar yani ppm seviyeler için seçilir. Ancak aksiyel plazma konumu radyal plazmaya göre daha dar lineer çalışma aralığına sahiptir (Eroğlu ve Aksoy, 2003).

Plazmadan çıkan aksiyel veya radyal emisyonlar bir giriş slit (yarık, aralık) (300/150  $\mu\text{m}$ )'inden geçtikten sonra ilk parabolik aynadan yansıtılıp  $\text{CaF}_2$  prizma üzerine gönderilir.  $\text{CaF}_2$  prizmada enerji ayırımı sağlandıktan sonra aynı parabolik aynadan yansıyan ışınlar ikinci bir slitten (30  $\mu\text{m}$ ) geçerek seçilen dar bölge dalgaboyu bandı ikinci parabolik ayna üzerinden eşel gratinge gider. Eşel grating de spektrumlarına ayrılan ışın tekrar aynı parabolik aynadan yansiyarak dedektörün alt bölgesine gelir. Tüm spektrumun taranması optik yapıdaki  $\pm 2^\circ$ 'lik bir dönme ile 3 saniyede sağlanmaktadır.

Taramalı CCD tipindeki bu dedektör iki ayrı bölümden oluşmuştur. Dedektörün üst kısmında dalgaboyu referansı için kullanılan Neon sinyallerinin algılandığı Referans Spektrum Bölgesi, dedektörün alt kısmında ise örnekten gelen sinyallerin algılandığı Analit Spektrum Bölgesi bulunmaktadır. Dedektörün tamamı ise 3x5 mm boyutlarındadır. Hassas yüzeylerin hemen yanında, gelen emisyonların oluşturduğu sinyali alıp işleyen çok hassas elektronik devreler bulunmaktadır.

Cihaz içerisinde bulunan bir Neon kaynağından gelen emisyonlar, bir fiber optik kablo ile ikinci slitten itibaren optik yol içine gönderilmekte ve eşel gratingde spektral ayırımı yapılmaktadır. Neon spektrumunun, analizi yapılan elementin ölçülen dalgaboyu bölgesine denk gelen spektrum bölgesi de dedektörün üst kısmındaki referans ölçüm bölgesine düşer.

Neon, Optima 7000'in ölçüm yaptığı tüm spektral bölgede yüzlerce emisyon pikine sahiptir. Bu piklerin tamamı cihaza yüklenmiş ve her bir dalgaboyu sisteme tanıtılmıştır. Bu sayede ölçümü yapılan elementin piki dedektörün neresine gelirse gelsin, dalgaboyu doğruluğu, dedektörün üst bölgesine gelen Neon sinyaline göre referans alınarak hassas bir şekilde tespit edilebilmektedir. Neon spektrumuna bağlı olarak analit sinyalinin dalgaboyunun belirlendiği bu tekniğe Dinamik Dalgaboyu Stabilizasyonu denilir (Boss and Fredeen, 1997).

Hem kantitatif (nicel) hem de kalitatif (nitel) analiz yapabilen Perkin Elmer (PE) Optima 7000 DV ICP-OES cihazının spektral aralığı 160-900 nm arasındadır ve 200 nm'deki rezolüsyonu  $< 0.009$  nm'dir. Ayrıca tamamıyla katı hal yapıdaki RF jeneratörü ile yüksek güç verimliliği %80'dir.

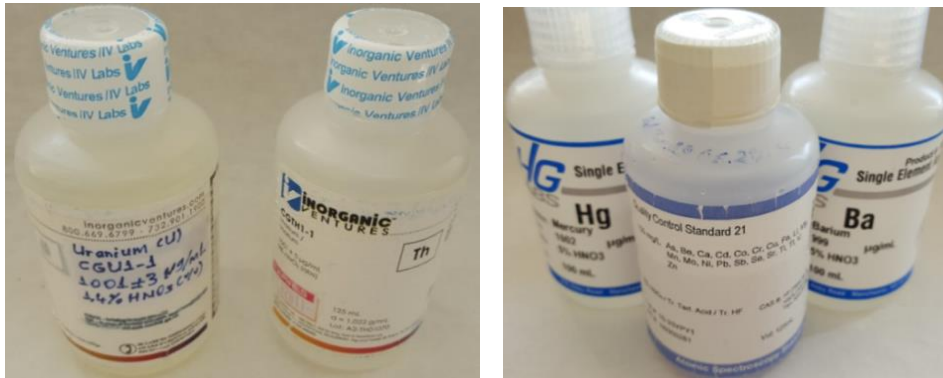
ICP-OES yöntemi ile 74 elementin analizi yapılabilir. Ancak bu elementlerin hepsini aynı anda analiz etmek uygun değildir. Numunedeki elementin miktarı, asit matriksi ve kalibrasyon standart çözeltilerinin hazırlandıkları asit cinsi, analiz tekniği v.b. bir çok faktör göz önüne alınarak elementler uygun gruplar halinde gruplandırılarak çoklu ya da tekli olarak analizleri yapılabilir.

### 3.6.3. Su Numunelerinin Element Analizi

Perkin Elmer marka Optima 7000 DV model ICP-OES cihazı kullanılarak 139 adet su numunesinde, Alüminyum (Al), Antimon (Sb), Arsenik (As), Bakır (Cu), Baryum (Ba), Berilyum (Be), Civa (Hg), Çinko (Zn), Demir (Fe), Gümüş (Ag), Kadmiyum (Cd), Kobalt (Co), Krom (Cr), Kurşun (Pb), Magnezyum (Mg), Mangan (Mn), Nikel (Ni), Potasyum (K), Selenyum (Se), Sezyum (Cs), Stronsiyum (Sr), Toryum (Th) ve Uranyum (U) olmak üzere 23 adet elementin kantitatif (nicel) analizleri yapılmıştır.

Nevşehir ili su numunelerinin element konsantrasyonlarını belirlemek için ilk olarak önceden hazırlanan ve soğuk odada bekletilen numunelerin, hazırlanan kalibrasyon standart çözeltilerin veya ana/ara standartların, blank çözeltisinin oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır.

Element Analizi Laboratuvarı'nda, piyasadan temin edilen VHG marka 60'a yakın tekli standart bulunmaktadır. Ayrıca içeriğinde 21 element (As, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Ti, Tl, V ve Zn) bulunan çoklu "Perkin Elmer Quality Control Standard 21" (PEQCStd21) standart da bulunmaktadır (Şekil 3.35).



Şekil 3.35: PEQCStd21 ve birkaç tekli kalibrasyon standart çözeltisi.

Elementel analiz için hazırlanan ve oda sıcaklığına getirilen numuneler ile blank ve kalibrasyon standart çözeltileri otoörnekleyiciye yerleştirilmiştir. Analizlerin yapılacağı ICP-OES cihazı ve kuru hava için kompresör çalıştırılmış, ardından yüksek saflıkta argon gazı ve yüksek saflıkta azot gazı bulunan tüplerin vanaları açılmıştır. Basınç altında havanın bir kısmı zamanla suya dönüştüğü için kompresör çalıştırılmadan önce mutlaka havasının boşaltılmış olmasına özen gösterilmiştir. Numune çekişinin yapıldığı ve oluşan atığın atıldığı bağlantılar kontrol edildikten sonra peristaltik pompa da çalıştırılmıştır. Peristaltik pompanın çekiş hızı önceden dakika da 2.5 mL numune çekişi olacak şekilde ayarlanmıştır.

Bilgisayar ekranı üzerinde, WinLab32 yazılım programı açılarak tayin edilecek olan elementlerin, bu elementlere ait dalga boylarının (Tablo 3.5), okuma sürelerinin, kalibrasyon grafiklerine ait bilgilerin ve kalibrasyon standartlarının otoörnekleyicideki yerlerinin belirlendiği “Metot” oluşturulmuştur. İlgili elementlere ait kalibrasyon eğrilerinin ve bu eğrilere ait korelasyon katsayılarının ve elementlere ait belirlenen dalga boylarında emisyon spektrumlarının gözlemlendiği ekran üstündeki pencereler de açılmıştır.

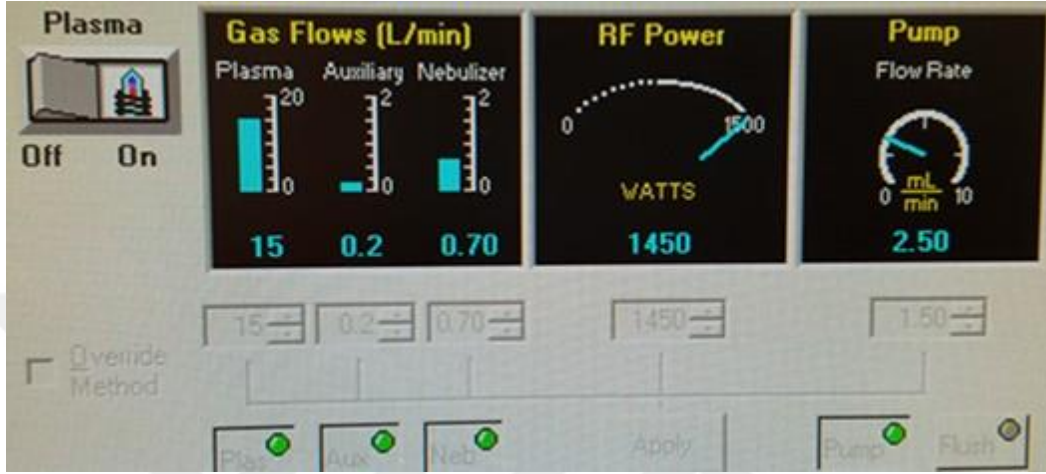
**Tablo 3.5:** Element analizinde belirlenen analitlerin dalgaboyları.

<b>Analit</b>	<b>Dalgaboyu</b>	<b>Analit</b>	<b>Dalgaboyu</b>	<b>Analit</b>	<b>Dalgaboyu</b>
Ag (Gümüş)	328.068	Cu (Bakır)	327.393	Pb (Kurşun)	220.353
Al (Alüminyum)	396.153	Cs (Sezyum)	852.700	Sb (Antimon)	206.836
As (Arsenik)	193.696	Fe (Demir)	238.204	Se (Selenyum)	196.026
Ba (Baryum)	233.527	Hg (Civa)	253.652	Sr (Stronsiyum)	407.771
Be (Berilyum)	313.107	K (Potasyum)	766.490	Th (Toryum)	283.730
Cd (Kadmiyum)	228.802	Mg (Magnezyum)	285.213	U (Uranyum)	385.958
Co (Kobalt)	228.616	Mn (Mangan)	257.610	Zn (Çinko)	206.200
Cr (Krom)	267.716	Ni (Nikel)	231.604		

Aynı zamanda element analizi yapılacak numunelerin isimlerini, otoörnekleyici de buldukları yerleri ve hacimlerini gösteren “Numune listesi” (sample info) de oluşturulmuştur. Bu işlemler tamamlandıktan sonra plazma açılmış yani Plazma kontrol (Plasma Control) penceresinde bulunan on (açık) aktif hale getirilmiştir.

Şekil 3.36’da plazma kontrol penceresi görülmektedir. Bu pencere üzerinde plazma ortamına ait gaz akış değerleri, RF gücü ve peristaltik pompa akış hızı değerleri de gözlemlenmektedir. Ledler yeşil yandıktan sonra peristaltik pompa dönmeye, enjeksiyon yıkama suyunu almaya

başlamış ve püskürtme odasında (Spray Chamber) sislenme görülmüştür. Böylece standartların ve numunelerin element analizine başlanabilmesi için uygun şartlar oluşturulmuştur. Sislenmenin gözlenmemesi durumu, bir problem olduğu ve analize devam edilmemesi anlamına gelir.

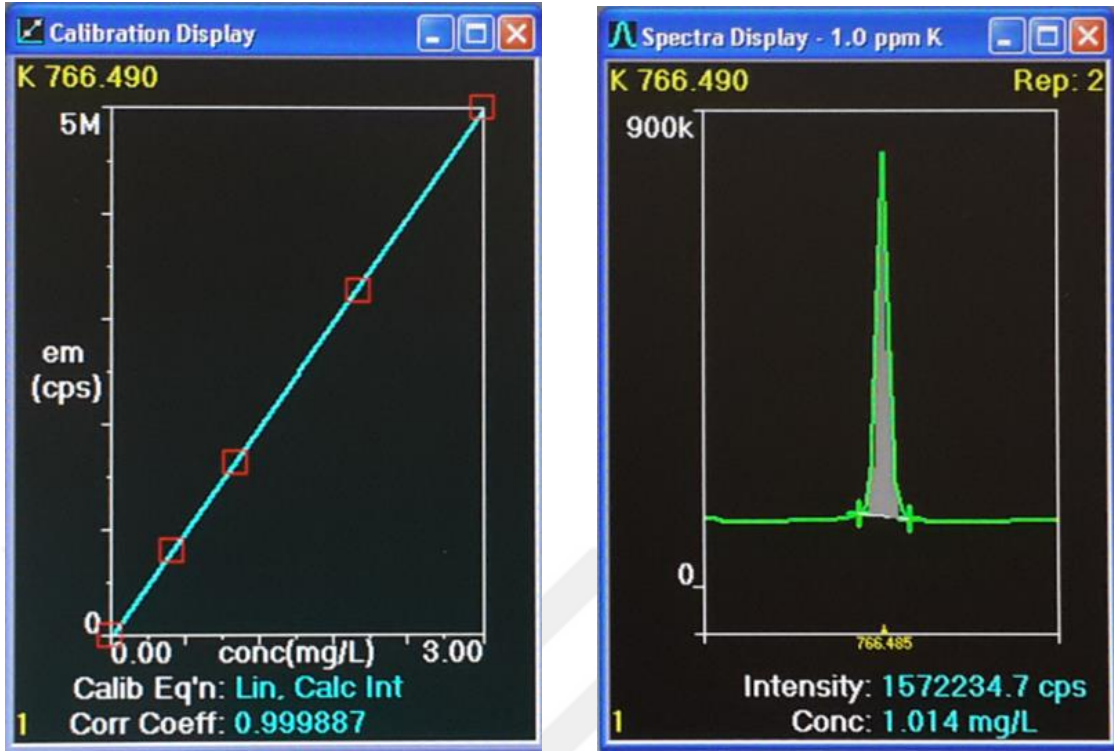


Şekil 3.36: Plazma kontrol penceresi.

Kalibrasyon eğrisini oluşturmak için öncelikle Blank okuması ardından da hazırlanan kalibrasyon standart çözeltilerinin okutulması yapılmıştır. Böylece elementlere ait kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Sistemin kararlılığının ve tekrarlanabilirliğinin belirlenmesi açısından en az 3 tekrarlı okuma yapılması ve bağıl standart sapma (%RSD) değerlerinin gözlemlenmesine dikkat edilmiştir.

Şekil 3.37’de farklı konsantrasyonlarda K (potasyum) elementi içeren 4 adet standart çözeltinin analiziyle oluşturulmuş kalibrasyon eğrisi ve konsantrasyon değeri 1.0 ppm olan K elementi standardının 766.490 nm dalgaboyundaki emisyon spektrumu görülmektedir. Aynı anda çoklu element analizi yaptığımızda da, her bir elemente ait kalibrasyon eğrileri ve spektrumları ekran üzerinde gözlenebilmiştir.

Her bir element için kalibrasyon eğrisi çizildikten sonra, piklerin başlangıç ve bitiş noktalarının, dalga boylarının mutlaka kontrol edilmesi ve gerekli pik düzeltmelerinin (examine peak) yapılması gerekir. Bu esnada sistem yıkama çözeltisi ile yıkanmış olur ve hat, en yüksek konsantrasyon çözeltisinden sonra temizlenmiş olur.

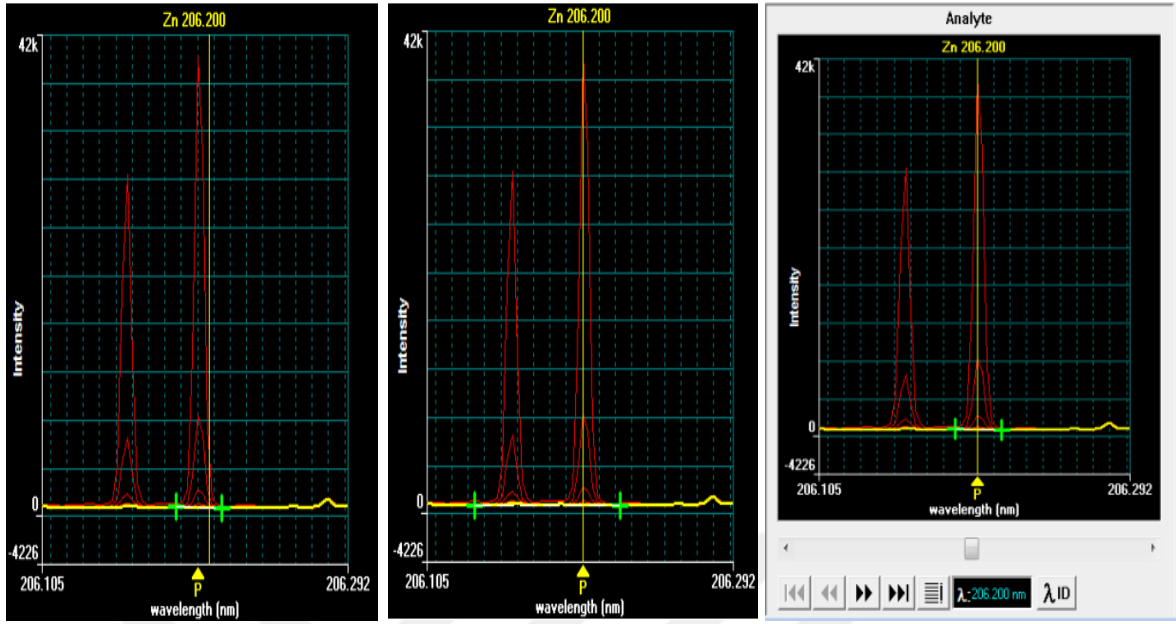


Şekil 3.37: Potasyum (K) elementinin kalibrasyon eğrisi ve emisyon spektrumu.

Pik düzeltmeleri yapılırken, Şekil 3.38’de Zn elementine ait spektrumda gösterildiği gibi, eğer dalga boyunu gösteren sarı çizgi pikin tam tepe noktasında değilse sarı çizgi tepe noktasına getirilir veya pikin başlangıç ve bitiş konumlarını gösteren + (yeşil renkte) işaretleri pikin çok dışındaysa pikin başlangıç ve bitişinde olacak şekilde düzeltilir.

Gerekli pik düzeltmeleri yapıldıktan sonra mutlaka “Reprocess” (tekrar işleme) işlemi de yapılarak standart kalibrasyon eğrisi üzerinde yapılan düzeltmelerin onaylanması gerekmektedir. Bu eğrilerin korelasyon katsayılarının en az  $r^2 = 0.999$  olmasına dikkat edilmiştir. Yapılan tüm işlemler diğer elementler ve dalga boyları için tekrarlanmıştır.

Her element için kalibrasyon eğrisi çizildikten sonra numunelerde element analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarının kalibrasyon aralığında çıkmama durumuna bağlı olarak, ilgili numunelerin analizleri aynı element için, hesaplamalarla belirlenen seyreltme oranları kullanılarak yeniden hazırlanmış ve analiz işlemleri tekrarlanmıştır.



Şekil 3.38: Pik düzeltilmesine ihtiyaç olan ve düzeltilen Zn elementine ait spektrumlar.

Ayrıca element analizi yapılacak elementlerin dedeksiyon ve ölçüm limitlerinin belirlenebilmesi için Blank çözeltisi 10 defa okutulmuş ve standart sapması hesaplanmıştır. Daha sonra EPA Method 200.7'den faydalanılarak oluşturulan denklem 3.16 ve 3.17 kullanılarak, her bir elementin dedeksiyon (D.L.) ve ölçüm limitleri (Ö.L.) hesaplanmıştır (www.perkinelmer.com).

$$LOD (D.L.) = 3 \times Standart Sapma + C_B (\mu g/L) \quad (3.16)$$

$$LOQ (Ö.L.) = 10 \times Standart Sapma + C_B (\mu g/L) \quad (3.17)$$

Burada;

$C_B$ , blank'in konsantrasyonu ( $\mu g/L$ )

LOD (D.L.), Limit of Detection (LOD), dedeksiyon limiti, D.L.

LOQ (Ö.L.), Limit of Qualitation/Quantitation (LOQ), ölçüm limiti, Ö.L.'dir.

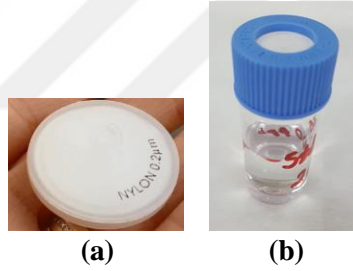
Numunedeki her bir element tayini için numuneler en az 3'er kez okutulmuştur. Sonuçlar verilirken analitin (tayin edilen elementin) ortalama konsantrasyon değeri ölçüm limitinden küçük ise  $<Ö.L.$  şeklinde, büyük ise  $\mu = X_{ort} \pm 2 \times Standart Sapma$ , şeklinde verilir. Bu şekilde verilen sonuçlar %95 güven aralığı içindedir, demektir.

Analiz sonuçlarının doğruluğu, su numuneleri ile birlikte “NIST SRM 1640a – Trace Elements in Natural Water” isimli sertifikalı standart referans madde de ölçülerek test edilmiştir.

### 3.7. SU NUMUNELERİNDE ANYON KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ

#### 3.7.1. Su Numunelerinin Anyon Analizi İçin Hazırlanması

Su numuneleri, ÇNAEM Analitik Ölçme ve Analiz Birimi (ANL) İyon Kromatografi Laboratuvarı'na ulaşır ulaşmaz ve herhangi bir işleme maruz bırakılmadan yani kimyasal koruyucu katılmadan anyon analizine tabi tutulmuştur. Bu amaçla, 139 adet su numunesinin her birinden 10'ar mL alınarak 0.2 µm gözenekli membran filtreden (Şekil 3.39 (a)) süzülerek 10 mL'lik temiz ölçüm kaplarına (vial) (Şekil 3.39 (b)) aktarılmıştır. Her bir kabın üzerine, numuneye ait bilgilerin yazılı olduğu etiketler yapıştırılmıştır. Daha sonra numuneler analiz için Şekil 3.40'da görülen otoörnekleyiciye yerleştirilmiştir.



Şekil 3.39: (a) 0.2 µm gözenekli membran filtre, (b) 10 mL'lik vial.



Şekil 3.40: Otoörnekleyici.

Su numunelerinin içerisinde herhangi bir partikül veya katı bir madde olması durumunda, anyon analizlerinin yapıldığı kromatografi cihazındaki kolonlar ve enjektör tıkanabilir ve cihazda büyük arızalar yaratabilir. Bu nedenle su numunelerinin analiz kaplarına alınmadan

önce mutlaka filtreden geçirilmesine özen gösterilmiştir. Ayrıca numunelerin analiz öncesinde fazla bekletilmesi durumunda içerisindeki nitrit anyonu nitrata dönüşebilir. Bu durum ise sonuçları olumsuz etkileyebilir. Bu yüzden su numunelerinin bölgeden alındıktan hemen sonra laboratuvara ulaştırılması sağlanmış ve analizleri gerçekleştirilmiştir.

### 3.7.2. Su Numunelerinin Anyon Analizinde Kullanılan İyon Kromatografi Cihazı

Bu çalışmada, su numunelerinde 7 adet anyon (Florür ( $F^{-1}$ ), Klorür ( $Cl^{-1}$ ), Nitrit ( $NO_2^{-1}$ ), Bromür ( $Br^{-1}$ ), Nitrat ( $NO_3^{-1}$ ), Sülfat ( $SO_4^{-2}$ ) ve Fosfat ( $PO_4^{-3}$ )) analizi DIONEX Marka ICS-3000 model İyon Kromatografi cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kromatografi genel anlamda, bir karışımdaki iki ya da daha fazla bileşenin, hareketli (mobil, taşıyıcı) bir faz yardımıyla, sabit (durgun, stasyoner) bir faz arasından değişik hızlarda hareket etmeleri esasına dayanan yaygın bir ayırma yöntemidir.

Sabit faz, bir katı veya katı yüzeyine kaplanmış bir sıvıdır. Sabit fazın üzerinden akan hareketli faz ise bir gaz veya sıvıdır. Hareketli fazın sıvı olduğu kromatografi türüne Sıvı (Likit) Kromatografi (High Performance Liquid Chromatography, HPLC), gaz olduğu kromatografi türüne Gaz kromatografi (GC) denir. HPLC cihazının sabit kısmında iyon reçinesi kullanılması durumunda, sistem İyon Kromatografisi (IC) olarak tanımlanmaktadır.

Bu çalışma da kullanılan iyon kromatografi cihazında, hareketli faz sıvı, sabit faz ise özel bir katıdır. Şekil 3.41'de ÇNAEM Analitik Ölçme ve Analiz Birimi'nde bulunan ve anyon analizlerinin yapıldığı İyon Kromatografi Laboratuvarı analiz düzeneği ve Şekil 3.42'de ise bu düzenekteki üniteler gösterilmektedir.



Şekil 3.41: ÇNAEM Analitik Ölçme ve Analiz Birimi İyon Kromatografi Laboratuvarı.



**Şekil 3.42:** İyon Kromatografi cihazının üniteleri<sup>21</sup>.

İyon Kromatografi cihazı; hareketli/taşıyıcı faz deposu, pompa sistemi (Dual Pomp, DP), eluent jeneratörü (Eluent Generator, EG), dedektör/kromatografi modülü (Detector/Chromatograph, DC), oto örnekleyci (AutoSampler, AS), bilgisayar ve integratör (yazım sistemi)'den oluşmaktadır.

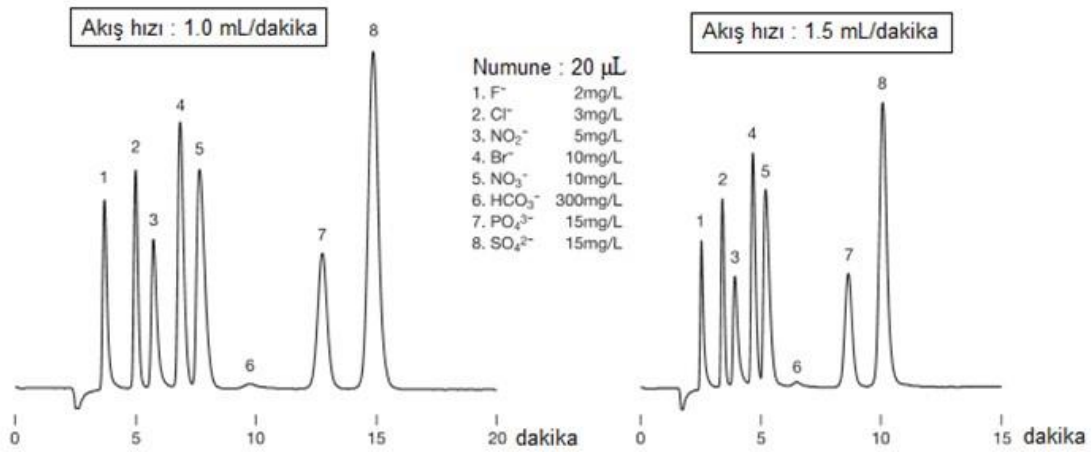
Bu sistemde kullanılan ünitelerin çalışma prensipleri ve özellikleri:

*Hareketli/taşıyıcı faz:* İyon kromatografisinde ayırmaya etki eden değişkenlerdendir ve analiz esnasında sabit fazdan veya kolondan kesintisiz olarak geçirilen çözücüyü ifade eder. Yani numune için taşıyıcı görevi yapar. İyi bir hareketli fazda bulunması gereken özellikleri şu şekilde sıralayabiliriz; sabit fazın özelliklerini değiştirmeyen yani çözmeyen, numune çözünürlüğü iyi, düşük viskozitede, kullanılan dedektöre uyumlu, kimyasal inertlikte, ekonomik ve istenen saflıkta olmalıdır. Bu çalışmada hareketli faz olarak yeni üretilmiş ultra saf su (İletkenlik değeri  $<0.055 \mu\text{S/cm}$  veya elektrik direnci  $18.2 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$ ) kullanılmıştır. Analiz boyunca hareketli fazın sürekli akış halinde olmasına dikkat edilmiştir.

<sup>21</sup><https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/48428-Man-IC-ICS-3000-System-Operators-2008-01-065031-04.pdf>

*Pompa (Dual Pomp, DP) sistemi:* Hareketli fazın, enjektör, kolon ve dedektör boyunca sürekli sabit basınçta akışını sağlayan önemli bir kısmını oluşturur. Bu çalışmada yaklaşık 2300 psi (155 atm)'de çalışılmıştır. Çift pistonlu bir pompadır. Pistonların biri emiş yaparken diğeri basma yapacak şekilde 180° farkla çalışır ve böylece iyon kromatograf için çok önemli olan düzgün akış elde edilir.

Pompa, hareketli fazı (taşıyıcı) önceden programlanmış belli bir akış hızında elüent jeneratörüne gönderir. Bu çalışmada akış hızı 1.0 mL/dakika olarak ayarlanmıştır. Daha sonra elüent jeneratöründe, hareketli faz ile belli bir mM (milimol) miktarda KOH (potasyum hidroksit)'in karıştırılmasıyla oluşan çözücüyü, ön kolondan analitik kolona, oradan da supresör ve iletkenlik (conductivity) dedektörüne gönderme işlemlerini yüklenir. Şekil 3.43'de farklı akış hızlarında elde edilmiş anyon analizi spektrumları görülmektedir. Şekilde akış hızı 1.0 mL/dakika ile oluşan spektrumun pikleri, akış hızı 1.5 mL/dakika ile oluşan spektrumun piklerine göre daha belirgindir. Bu da akış hızının önemini göstermektedir.



**Şekil 3.43:** Farklı akış hızlarında elde edilmiş anyon analizi spektrumları<sup>22</sup>.

*Elüent jeneratörü (EG) sistemi:* Chromeleon yazılım programına bağlı olan bu ünite, belli bir akış hızında pompalanarak gelen hareketli fazın (taşıyıcı), belli bir mM (milimol) miktarda KOH (potasyum hidroksit) ile karıştırılması işlemleri gerçekleşir.

<sup>22</sup> [http://www.mz-at.de/resources/brochures/Shodex\\_Technical\\_Notebook\\_No8.pdf](http://www.mz-at.de/resources/brochures/Shodex_Technical_Notebook_No8.pdf)

Yüksek basınçta yapılan kromatografide, hareketli fazın içerisindeki çözünmüş gazlar (özellikle hava), sistemin düşük basınçlı kısmı olan dedektörde kabarcık oluşturacağı için, hareketli faz dedektör/kromatografi modülüne verilmeden önce uzaklaştırılmalıdır. Bu durum, dedektörden hatalı değerler alınmasına ve pik genişlemesine neden olabilir. Bu nedenle, hareketli/taşıyıcı faz deposundan elüent jeneratörüne pompalanan bu hareketli faz içerisindeki hava kabarcıklarının uzaklaştırılması ve çözünmüş havanın giderilmesi işlemleri elüent degazörü tarafından gerçekleştirilir.

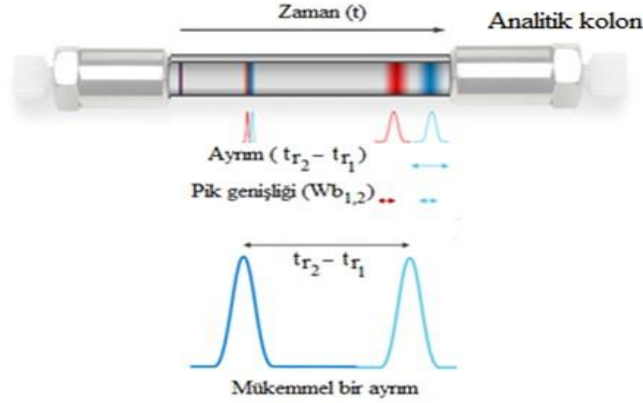
*Dedektör/Kromatografi (DC) Modülü:* Bu modül, ayırma işlemlerinin olduğu ön (guard) ve analitik (separator) kolon, küçük pikleri baskılamak ve baseline çizgisini düzenlemek için supresör, ısıtılmış bir iletkenlik hücresi, iletkenlik verilerini toplamak ve bunu bilgisayar/yazıcıya göndermek için gerekli elektroniklerden oluşur.

Kolonlar, paslanmaz çelikten olup özel bir dolgu maddesi/iyon reçinesi (sabit faz) ile doludur. Bu çalışmada, IonPac AG23 ön kolonu (4 mm çap, 50 mm uzunluk) ile IonPac AS23 analitik kolonu (4 mm çap, 250 mm uzunluk) kullanılmıştır. Filtreden geçirilerek analiz kaplarına (vial) alınan numuneler, herhangi bir safsızlık yani partikül/katı madde olması ve analitik kolonu tıkanması olasılığına karşı, önce ön kolona gönderilir. Numune, kolonun bir ucundan diğer ucuna kadar hareketli faz (çözücü) ile sürüklenerek taşınır. Numunenin bu taşınımı sırasında dolgu maddesi ile etkileşmesi nedeniyle, kolondaki sabit faz tarafından bir miktar tutulur. Bu tutulma numunedeki farklı bileşenler (anyonlar) için farklı miktarlarda olur.

Numunedeki anyonlar, sabit faz ile hareketli faz arasında belli bir dağılım gösterirler. Eğer anyonun hareketli faza olan ilgisi fazla olursa, kolon içinde çabuk ilerler ve kolonu daha çabuk terk eder. Eğer anyonun sabit faza ilgisi fazla (kuvvetli) olursa sabit fazda iyi tutulur ve kolon boyunca daha yavaş ilerler. Böylece anyonlar, kolonun sonlarına doğru birbirlerinden ayrılmış olur ve kolonu farklı zamanlarda terk ederler (Şekil 3.44). Kolonda birbirinden ayrılan anyonlar taşıyıcı faz ile birlikte supresör ve iletkenlik hücresine gelerek dedekte edilmiş olurlar. Burada hareketli (taşıyıcı) fazın, pompalarla yüksek basınç ve dolayısıyla yüksek akış hızında kolona basılması, ayırma işleminin daha kısa sürede ve tam olarak gerçekleşmesini sağlar.

*Supresör (Baskılayıcı):* Analitik kolon ile iletkenlik dedektörü arasına yerleştirilen bu cihaz, küçük pikleri baskılayarak arka plan (background) iletkenliğinin azalmasını sağlar. Yani eluent (çözücü) iletkenliğini azaltır ve numune iyonlarının iletkenliğini dolayısıyla algılama

(dedektör) hassasiyetini artırır. Böylece çok düşük mikrogram ( $\mu\text{g}$ )'da bile analitlerin saptanmasını mümkün kılar.



**Şekil 3.44:** Anyonların kolon içerisinde ayrılmasının şematik gösterimi<sup>23</sup>.

*İletkenlik dedektörü (Conductivity Detector, CD):* İyonlar mükemmel iletken olduğundan, genellikle iyon analizi için iletkenlik dedektörleri kullanılır. İyonik bir çözeltiye batırılmış iki elektrot arasına bir voltaj uygulandığında akım oluşur. İletkenlik, bir elektrolitin akımı iletme kapasitesini gösterir. Numunenin iyon konsantrasyonu yani iletkenliği, iyon konsantrasyonları bilinen standart çözeltisi ile kıyaslanarak belirlenebilir. İyon kromatografisi eluent (çözücü) olarak bir elektrolitik çözelti kullanır, bu da eluentin kendisinin de iletkenlik gösterdiği anlamına gelir. Yüksek iletkenliğe sahip eluent, yüksek background gürültüsüne neden olur ve dolayısıyla hassasiyeti azaltır. Supresör, ayırma işleminden sonra eluentin karşı iyonlarını giderir ve böylece background gürültüsünü azaltır yani baskılar.

Sıcaklık kontrollü bir iletkenlik hücreğine sahip olan bu dedektör, kısaca çözücü ve çözelti arasındaki karakteristik değişiklikleri ölçen, çözeltideki değişiklikleri ve iletkenliğini belirleyen bir sistemdir. İletkenlik hücreğine gelen madde konsantrasyonu ve/veya cinsi değiştiğinde dedektör sinyalinde değişiklik olur. Kaydedici, zamana göre dedektörden gelen sinyalleri (voltaj değişimini) kaydeder ve pikler oluşur. Kolondan çıkan anyonların konsantrasyonlarının zamana veya hareketli fazın hacmine karşı çizilen grafiğine kromatogram denir. Oluşan piklerin alan hesabı sistem tarafından hesaplanarak, her bir anyonun konsantrasyon sonuçları  $\mu\text{g/L}$  (ppb) olarak elde edilir.

<sup>23</sup> <http://akimya.pharmacy.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/43/2015/02/hplc-ders-2015.pdf>



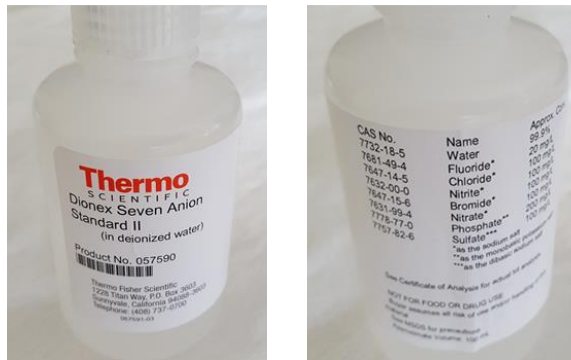
Böylece çözücü de döngü (çevrim) içinden geçmeye başlar. Çözücü (taşıyıcı faz) ile numune karışımı ilk olarak bir sıcaklık dengeleyicisinden sonra ön ve analitik kolondan sonra da supresör üzerinden analitlerin dedekte edildiği iletkenlik hücreğine pompalanır. Böylece dijital bir sinyal, Chromeleon yazılımına spektrum oluşturmak üzere gönderilir.

Son olarak, anyon konsantrasyonu belirlenen karışım atık tankına gönderilir. Enjektör, iki numune enjeksiyonu arasında kendisini yıkama işlemi yapar. Analiz işlemi süresince yıkamada kullanılan sular da atık tankına gönderilir. İşlemler, son numunenin anyon analizi tamamlanıncaya kadar bu döngüde devam eder.

### 3.7.3. Su Numunelerinin Anyon Analizi

İyon kromatografi cihazı ile Nevşehir ilinden alınan 139 adet su numunesinin, anyon konsantrasyonlarını belirlemek için, ilk olarak sertifikalı Dionex “Seven Anion Standard II” çözeltisinden (ki her yıl yenilenmektedir) ara standart çözeltiler hazırlanmıştır. Daha sonra bu ara standart çözeltiler kullanılarak en az 6 adet kalibrasyon standart çözeltisi her bir anyonun kalibrasyon eğrilerini oluşturmak için hazırlanmıştır.

Şekil 3.47’de bu çalışmada kullanılan ve içerisinde mg/L olarak belli miktarlarda 7 adet anyon bulunan standart çözeltisi, Tablo 3.6’da da anyonlar ve çözelti içerisinde bulunma miktarları görülmektedir. Çözelti içerisindeki su miktarı %99.9’dur. Kalibrasyon standart çözeltiler hazırlanırken her bir anyon için bu miktarlar göz önüne alınmıştır. Ölçüm aralığı mümkün olduğunca geniş tutulmuştur.



Şekil 3.47: Dionex “Seven Anion Standard II” çözeltisi, 2017.

**Tablo 3.6:** Dionex Seven Anion Standard II (Ana standart) bileşenleri ve konsantrasyonları.

Bileşenler	Konsantrasyon	
	Etiket değeri (mg/L)	Ölçülen (mg/L)
Florür	20	20.1
Bromür	100	102.0
Klorür	100	99.8
Nitrit	100	100.0
Nitrat	100	98.9
Sülfat	100	98.2
Fosfat	200	200.0

Bu çalışmada; ön tespit olarak kalibrasyon standart çözeltileri Florür ( $F^{-1}$ ) için 20; 40; 80; 160; 200 ve 400 ppb olacak şekilde hazırlanmış ve diğer anyonlar ana standartta bulunma oranlarına bağlı olarak bu değerlerden hesaplanarak belirlenmiştir. Buna göre oluşturulan standart çözeltilere ait örnek tablo görülmektedir (Tablo 3.7).

**Tablo 3.7:** Hazırlanan kalibrasyon standart (STD) çözelti örneği.

Kalibrasyon Standart Çözeltiler	STD-1 (ppb)	STD-2 (ppb)	STD-3 (ppb)	STD-4 (ppb)	STD-5 (ppb)	STD-6 (ppb)
Florür ( $F^{-1}$ )	20	40	80	160	200	400
Klorür ( $Cl^{-1}$ )	100	200	400	800	1000	2000
Nitrit ( $NO_2^{-1}$ )	100	200	400	800	1000	2000
Bromür ( $Br^{-1}$ )	100	200	400	800	1000	2000
Nitrat ( $NO_3^{-1}$ )	100	200	400	800	1000	2000
Sülfat ( $SO_4^{-2}$ )	200	400	800	1600	2000	4000

Hazırlanan bu standart çözeltiler öncelikle otoörnekleyiciye yerleştirilmiştir. Yeni üretilmiş yeterli miktarda hareketli faz, hareketli faz deposuna konulmuştur. Daha sonra anyon analizlerinin yapılabilmesi için İyon Kromatografi sistemindeki üniteler tek tek belli bir sıralamaya dikkat edilerek açılmıştır. Buna göre sıralama; Otoörnekleyici (AS), Dedektör/Kromatografi (DC), Elüent jeneratörü (EG) ve Pompa (DP)'dir.

İyon Kromatografi cihazı Chromeleon yazılım programını kullanmaktadır. Bilgisayar üzerinde Chromeleon yazılım programına giriş yapıldığında ekran üzerinde de (Şekil 3.48) sistemde kullanılan ünitelere ait pencere açılışları belli bir sıralamayla gerçekleştirilmiştir. Burada ilk olarak 1.0 mL/dakika akış hızına programlanan pompa, ardından 10 mM miktarda KOH alması için elüent jeneratörü sonra ısıtıcı (ki çalışma boyunca 30-35°C'de sabit tutulmuştur), supresör ve daha sonra da kolon açılmıştır.



Şekil 3.48: Bilgisayar ekranında Cromeleon yazılım programı ile iyon kromatografi cihazı üniteleri.

Ekranında iletkenlik değerinun sıfır ve virgülden sonra iki rakamının sabit olduğu değer gözleninceye yani sistem dengeye gelinceye kadar beklenilmiştir. Sistem dengeye geldikten sonra analizi yapılacak her bir standart çözeltisininin 3'er okuma için bilgisayar yazılım programında giriş listeleri oluşturulmuştur. İlk standardın ilk okumasını yapması için komut verildiğinde enjektör, otoörnekleyicide bulunan standarttan 1.0 mL alır ve ön kolona gönderir.

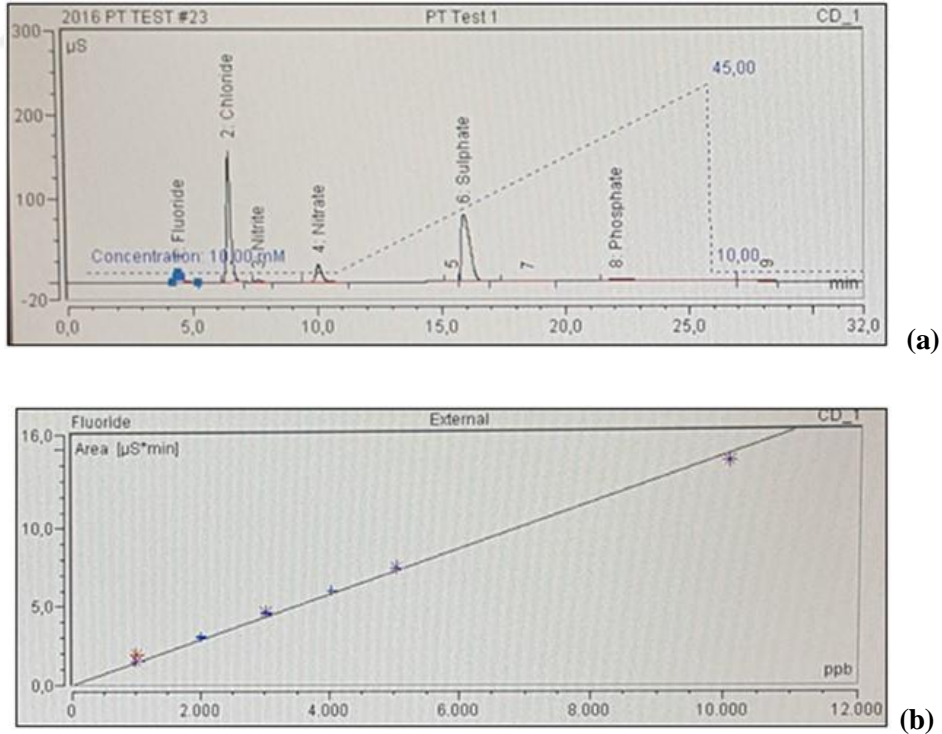
Analiz süresince hareketli faz, 1.0 mL/dakika akış hızında sürekli olarak ilk elüent jeneratörüne, orada 10 mM KOH ile karıştırılarak sırasıyla ön kolona, analitik kolona, supresöre ve dedektöre pompalanır. Sistemde analiz boyunca hareketli faz akışı devam etmektedir. Bu nedenle hareketli faz deposu sürekli kontrol altında tutulmuştur. Ön kolona enjekte edilen numune ile bir araya gelen hareketli faz, taşıyıcı görevi yaparak, numuneyi ön kolondan analitik kolona ardından da dedektöre beraberinde sürüklemiştir. Analizi yapılan numune ve hareketli faz daha sonra atık tankına gönderilmiştir.

Analizi yapılan numunenin içerisindeki anyonların kolona tutulma zamanları (retention time) farklı farklıdır. Dolayısıyla anyonların kolonu terk etme süreleri de farklıdır. Kolonu ilk olarak florür iyonu ( $F^{-1}$ ) yaklaşık 4.47 dakika sonra terk etmiştir. Şekil 3.49'da kalibrasyon standart çözeltileri içerisindeki anyonların kolonu terk etme süreleri görülmektedir.

No.	Peak Name	Ret.Time	Resp.Fact.	Amount STD-1	Amount STD-2	Amount STD-3	Amount STD-4	Amount STD-5	Amount STD-6	Comment
1	Fluoride	4,470 min	1,000000	1005,000	2010,000	3015,000	4020,000	5025,000	10050,00	Autogenera
2	Chloride	6,500 min	1,000000	4990,000	9980,000	14970,00	19960,00	24950,00	49900,00	Autogenera
3	Nitrite	7,650 min	1,000000	5000,000	10000,00	15000,00	20000,00	25000,00	50000,00	Autogenera
4	Bromide	9,000 min	1,000000	5100,000	10200,00	15300,00	20400,00	25500,00	51000,00	Autogenera
5	Nitrate	9,900 min	1,000000	4945,000	9890,000	14835,00	19780,00	24725,00	49450,00	Autogenera
6	Sulphate	16,000 min	1,000000	4910,000	9820,000	14730,00	19640,00	24550,00	49100,00	Autogenera
7	Phosphate	21,000 min	1,000000	10000,00	20000,00	30000,00	40000,00	50000,00	100000,00	Autogenera

Şekil 3.49: Standart çözeltiler içerisindeki anyonların kolonu terk etme süreleri.

Numune içerisindeki tüm anyonların tamamen kolonu terk etme süreleri tek okuma için yaklaşık 32 dakika sürmüştür. Her numune 3'er kez okutulduğu için, bir numunenin anyon analizi yaklaşık 90 dakikada tamamlanmıştır. Hazırlanan 6 adet kalibrasyon standart çözeltinin analizi yapılarak kromatogramları ve oluşan piklerin alanından her bir anyon için kalibrasyon doğruları oluşturulmuştur (Şekil 3.50 (a) ve (b)).



Şekil 3.50: (a) Standart çözeltinin anyon analiz kromatogramı, (b) Kalibrasyon standart çözeltisi ile oluşturulan Florür anyonuna ait kalibrasyon doğrusu.

Bu doğrudan ve denklem 3.18'den de yararlanılarak anyon konsantrasyon sonuçları  $\mu\text{g/L}$  (ppb) olarak hesaplanabilir (Standard Methods Committee, 2000).

$$C = H \times RF \times D \quad (3.18)$$

Burada;

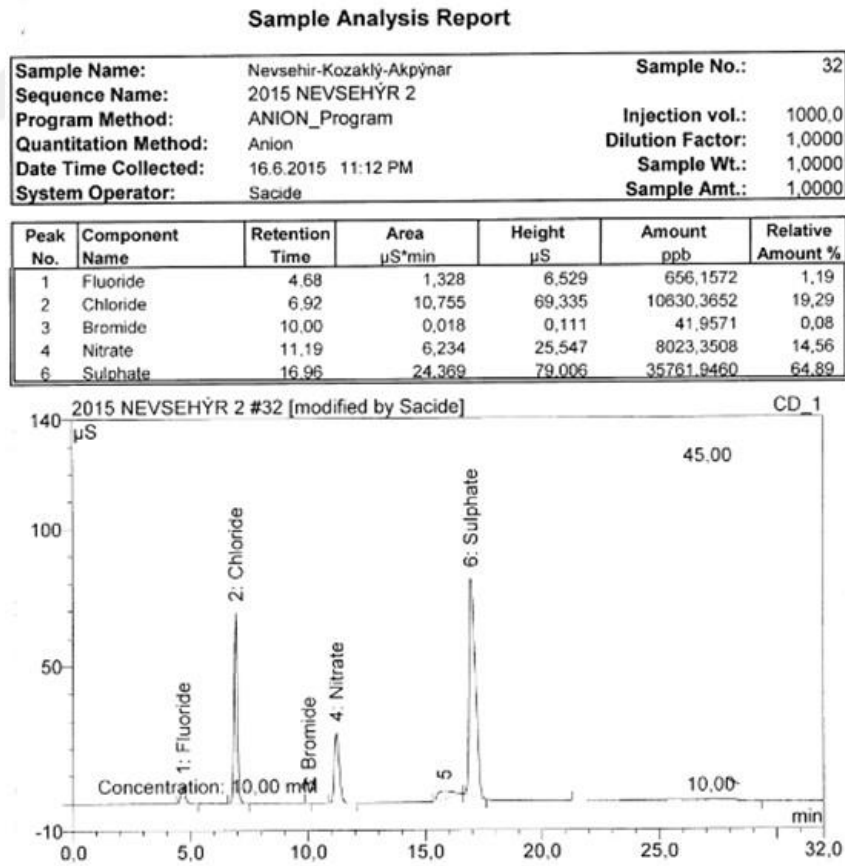
C,  $\mu\text{g anyon / L}$

H, pik alanı

RF, standardın konsantrasyonu (Response Factor, RF)

D, seyreltme faktörü'dür.

Elde edilen lineer kalibrasyon eğrilerinin korelasyon katsayısının en az % 99.999 olmasına özen gösterilmiştir. Şekil 3.51'de Kozaklı ilçesi Akpınar köyünden alınan su numunesinin anyon analiz raporu görülmektedir.



**Şekil 3.51:** Kozaklı ilçesi Akpınar köyü su numunesinin anyon analiz raporu.

### 3.8. TARIM ÜRÜNLERİNDE $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ VE $^{137}\text{Cs}$ AKTİVİTE KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ

Canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri ve gerekli enerjiyi alabilmeleri için beslenmeye ihtiyaçları vardır. Her türlü besin veya tarım ürünleri (tahıl ürünleri, endüstri (sanayi) bitkileri, yağ bitkileri, baklagiller, sebze ve meyveler) bu amaçla kullanılır. Tarım ürünlerinin besin kaynağı ise toprak ve sudur. Dolayısıyla toprak ve suda var olan pek çok element (74 adet) tarım ürünleri tarafından alınmakta ve insanlara taşınmaktadır. Bu elementlerin bazıları (ki az ya da çok miktarda alınması zararlı etkilere neden olabilir), organizmanın normal fizyolojik fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için gereklidir. Ancak bazı elementlerin vücuda toksik ve kanserojen etki yaptıkları da bilinmekte ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, bu elementlerin neler olduğu ve ne kadar miktarda bulduklarını bilmek önemlidir.

Bu amaçla, elde edilen tarım ürünlerinde hem gama spektrometresi ile  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları hem de ICP-OES cihazı ile eser (veya ağır metal) element konsantrasyonları belirlenmiştir.

#### 3.8.1. Tarım Ürünlerinin Alınması

Bu çalışmada, Nevşehir halkının çoğunlukla tükettiği tarım ürünleri, Nevşehir İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü ile görüşülerek belirlenmiştir. Buna göre mümkün olan; buğday, arpa, yulaf, nohut, kuru fasulye, şeker pancarı, patates, kabak çekirdeği, elma, elma kurusu, kuru üzüm ve kuru kayısı gibi toplam 36 adet yaş ve kuru ürünler, en az 2'şer kg olarak köylüden temin edilmiş, temiz plastik poşetlere konulmuş ve etiketlenmiştir.

#### 3.8.2. Tarım Ürünlerinin Gama Spektrometresi İçin Analize Hazırlanması

Laboratuvara getirilen tarım ürünlerinden buğday, arpa, yulaf, nohut ve kuru fasulye gibi tahıl ve kuru bakliyatlar, toprak numunelerin analizinde de kullanılan, darası alınmış 1000 mL hacimli plastik marinelli kaplara ağzını dolduracak şekilde konularak ağırlıkları tartılmış ve kaydedilmiştir (Şekil 3.52). Kuru üzüm, kuru kayısı, elma kurusu ve kabak çekirdeği gibi yarı yaş ürünler, nemi tamamen giderilinceye kadar sıcaklığı 105°C olan etüvde yaklaşık 7 gün bekletilmiştir.

Elma, patates ve şeker pancarı gibi yaş ürünler ise ilk olarak yaş olarak tartılmış ve kaydedilmiştir. Daha sonra zar büyüklüğünde küçük parçalara bölünerek kurutulması için

105°C olan etüvde yaklaşık 10 gün bekletilmiştir. Tamamen kuru hale getirilen tüm numuneler darası alınmış marinelli kaplara konularak dışarı ile hava teması kesilerek içerisindeki radyoaktivitelerin dengeye gelmesi için ağzı sıkıca kapatılmış, bantlanmış, barkotlanmış ve beklemeye bırakılmıştır.



Şekil 3.52: Gama spektrometresinde analize hazırlanan tarım ürünleri.

Bu numunelerdeki radon ve toron gibi bozunma ürünlerinin,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  ile radyoaktif dengeye gelmeleri ve böylece  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve fisyon ürünü olan  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonlarının belirlenebilmesi için, numuneler en az 30 gün bekletilmiştir.

### 3.8.3. Tarım Ürünlerinin $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ ve $^{137}\text{Cs}$ Analizinde Kullanılan Sayım Sistemi

Nevşehir tarım ürünlerindeki gama ışınması yapan doğal radyonüklidlerin  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve fisyon ürünü olan  $^{137}\text{Cs}$ 'nin aktivite konsantrasyonu, toprak numunelerinin analizinde de kullanılan ve Bölüm 3.3.3.'de detaylı olarak bahsedilen Canberra marka GX5020 model HPGe yarı iletken dedektörden oluşan gama spektrometrik sayım sistemi ile belirlenmiştir.

### 3.8.4. Tarım Ürünlerinin Gama Spektrometresinde Analizi

Marinelli kaplarda yaklaşık 30 gün boyunca bekletilen tarım ürünleri, yayınladıkları gama enerjileri ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  doğal radyoizotoplar ile fisyon ürünü olan ve radyoaktif kirlenme seviyesini açıkça gösteren  $^{137}\text{Cs}$  radyoizotopu)'ne göre radyoizotop analizleri yapılmak üzere, yaklaşık 10000, 25000 ve 50000 saniye süre ile gama spektrometre cihazında sayılmış ve aktivite konsantrasyonları elde edilmiştir.

### 3.9. TARIM ÜRÜNLERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ

#### 3.9.1. Tarım Ürünlerinin Element Analizi İçin Hazırlanması

36 adet tarım ürünü içinden 12 tanesinin  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları diğerlerine nazaran daha yüksek elde edildiği için, bu 12 adet numunenin eser element analizlerinin yapılmasına karar verilmiştir.

Buna göre iyice kuru halde olan 3 adet nohut, 3 adet patates, 3 adet şekerpancarı, 2 adet elma kurusu ve 1 adet kuru kayısı numunelerinden yaklaşık 20'şer gr kadar alınarak küçük kilitli poşetlere konulmuş, barkotlanmış ve kaydedilmiştir. Daha sonra her bir numune, toprak numunelerinde olduğu gibi, Şekil 3.66'da görülen ince öğütme cihazına tabii tutularak ve 250  $\mu\text{m}$ 'lik elekten geçirilerek toz haline getirilmiş ve kilitli poşetlere konulmuştur (Şekil 3.53).



Şekil 3.53: Kilitli poşetlerdeki ince öğütülmüş, toz halindeki tarım ürünleri.

Toz haline getirilen bu numunelerin element analizini hem WDXRF spektrometresinde hem de ICP-OES'de yapmak mümkündür. Ancak tarım ürünlerinin pellet haline getirildikten sonra analiz esnasında toprak numunelerine nazaran daha çok tozması ve gözenekleri tıkaması, dolayısıyla WDXRF spektrometresine zarar vermesi söz konusu olduğu için, ICP-OES cihazı kullanılarak eser element analizi yapılmıştır. Ayrıca ICP-OES cihazı ile çok az miktardaki numunelerde bile hassas sonuçlar elde edilmesi avantajı, tercih sebeplerinden biri olmuştur.

Bu toz halindeki katı numunelerin ICP-OES'de analizinin yapılabilmesi için öncelikle sıvı haline getirilmesi gerekmektedir. Bunun için birkaç yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı mikrodalga ile çözünürleştirme (parçalama)'dir.

### 3.9.1.1. Mikrodalga ile Çözünürleştirme

Bu çalışmada, hem zaman hem de geri kazanım yönünden daha iyi olması nedeniyle ÇNAEM Analitik Ölçme ve Analiz Birimi Laboratuvarı'nda CEM marka MARS5 (Microwave Accelerated Reaction System, MARS) model mikrodalga cihazı ile çözünürleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Cihaz Şekil 3.54'de görülmektedir.



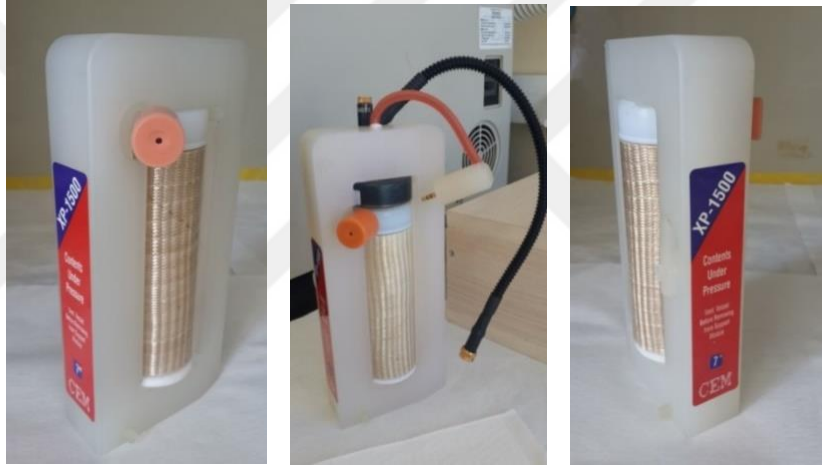
Şekil 3.54: CEM marka MARS5 model mikrodalga cihazı.

Mikrodalga tekniği ile çözünürleştirme katı numunelerin asitlerle, yüksek basınç ve sıcaklık altında hızlı bir şekilde çözünürleştirilmesi esasına dayanır. Mikrodalga işleminde enerji aktarımı çok güçlü ve verimlidir. Mikrodalga enerjisi, teflon kaplar tarafından absorbe edilmediğinden enerji kaybı olmaz, sadece enerji, numune ve çözünürleştiriciler tarafından absorbe edilir (Burguera ve Burguera, 1998; Tosun, 2009).

Mikrodalga çözünürleştirme sistemlerinde, yüksek basınç ve sıcaklık elde edilmesi, buharlaşma kayıplarının önüne geçilebilmesi bakımından kapalı tüpler daha çok kullanılır. Çözünürleştirme boyunca asit karışımının buharından ve ayrışma reaksiyonunda oluşan gazlardan dolayı basınç yükselir ve atmosfer basıncının üzerinde bir basınç oluşur. Yüksek basınç nedeniyle de sıcaklık önemli oranda artar. Bu nedenle mikrodalga çözünürleştirme sisteminin çok dikkatli programlanması gerekir. Mikrodalga ile çözünürleştirmenin verimi; numunenin yapısına, basınç ayarlarına, sıcaklığa, ayrışma süresine, numune miktarına, çözücü hacmine, uygulanan güce, ısıtma süresine, kullanılan aside ve asit karışımlarının konsantrasyonuna bağlıdır (Araujo ve diğ., 2002; Tosun, 2009).

Numunelerin, mikrodalga cihazı ile çözünürleştirilme işlemleri yapılmadan önce, hem benzer çalışmalara ait literatür araştırması yapılarak hem de kullanacağımız cihazın benzer ürünler için önerdiği, ilave edilecek asit miktarları, basınç ve sıcaklık değerleri, numune miktarı (maksimum 0.50 g) ve hatta zaman ayarlamaları incelenmiştir. Yöntemin doğruluğunu test etmek için standart referans materyal kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan mikrodalga cihazı, Şekil 3.55’de gösterilen yüksek sıcaklık ve basınca dayanıklı XP-1500 model 12 mikrodalga kabından ve dönen bir tabladan oluşmaktadır. Sırayla yerleştirilen bu 12 teflon kabın aynı anda ısıtılmasını sağlayan bir sistem vardır. Numune ısıtma esnasında döner tabla 355° açıyla döner, daha sonra fiberoptik sıcaklık sensörlerinin dolaşım hasar görmesini önlemek için yönü tersine çevirir (CEM MARS5, 2001).



Şekil 3.55: XP-1500 model teflon kaplar.

Buna göre ilk olarak 12 adet numune ve Şekil 3.56’da gösterilen standart referans materyal (IAEA Wheat Flour V-2/1, 1974)’den yaklaşık 0.50’şer g hassas terazide tartılarak, teflon kaplara konulmuştur. Üzerine 10 mL kadar ultra saf su, 6 mL konsantre HNO<sub>3</sub> (%65) + 2 mL konsantre H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%35) asit karışımı ilave edilmiş ve çalkalanarak ağızları sıkıca kapatılmıştır. Aynı şekilde Blank olarak iki adet teflon kaba 10’ar mL ultra saf su, üzerine 6 mL konsantre HNO<sub>3</sub> (%65) + 2 mL konsantre H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%35) asit karışımı ilave edilmiştir.



**Şekil 3.56:** Standart referans materyal (IAEA Wheat Flour V-2/1).

Şekil 3.57’de XP-1500 model teflon kaplarda oluşturulan çözeltiler görülmektedir. Bu çalışmada, mikrodalga ile çözünürleştirme sistemi, 12 teflon kapla çalışıldığı için, cihazın çalıştırılma prensibi olarak, maksimum 1200 W güçte üç aşamalı olarak programlanmıştır. Tablo 3.8’de program ayrıntıları görülmektedir.



**Şekil 3.57:** XP-1500 model teflon kaplar ve içerisindeki numunelere ultra saf su ve asit karışımı ilave edilmiş görüntüsü.

**Tablo 3.8:** Mikrodalga cihazında üç aşamada programlanan çözünürleştirme işlemi.

Program Adı		Parametreler				
Isıtma Programı	Max. Güç (W)	% Güç	Isıtma Zamanı (dakika)	Basınç (Psi)	Sıcaklık (°C)	Bekleme Zamanı (dakika)
1. aşama	1200	10000%	10:00	300	180	05:00
2. aşama	1200	10000%	10:00	300	190	05:00
3. aşama	1200	10000%	10:00	300	210	05:00

Çözünürleştirme işlemi 45 dakika sürmüştür. Program sonlandıktan sonra kaplar bir süre soğumaya bırakılmıştır. Soğuma işlemi tamamlanan ve tamamen sıvı hale gelen numuneler, filtre kâğıdından geçirilerek (Şekil 3.58) 50 mL'lik polietilen kaplara aktarılmış ve üzerine ultra saf su ilave edilerek 50 mL'ye tamamlanmıştır. Her örnek iki tekrarlı olarak hazırlanmıştır. Böylece sıvı hale gelen tarım ürünlerinde element analizi ICP-OES cihazı ile yapılabilmektedir.



**Şekil 3.58:** Çözünürleştirmeden sonra numunelerin filtreden geçirilme düzeneği.

### 3.9.2. Tarım Ürünlerinin Element Analizinde Kullanılan ICP-OES Cihazı

Tarım ürünlerinin eser element analizleri, numunelerin kapalı sistem mikrodalga cihazı ile çözünürleştirme işlemleri gerçekleştirildikten sonra, su numunelerinin de eser element analizinde kullanılan ve Bölüm 3.6.2.'de detaylı olarak bahsedilen Perkin Elmer Marka Optima 7000 DV Model İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometre (ICP-OES) cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

### 3.9.3. Tarım Ürünlerinin ICP-OES Cihazı ile Element Analizi

Katı haldeki tarım ürünleri kapalı sistem mikrodalga cihazı ile çözünürleştirilerek sıvı hale getirildiği için, su numunelerinin ICP-OES'de analizinden farklı olarak, metot oluşturulurken analiz sonucu biriminin  $\mu\text{g/g}$  (ppb) olarak verilmesine özellikle dikkat edilmiştir. Bu nedenle, kullanılan standartlar sıvı olduğundan, kalibrasyon eğrileri çizildikten sonra, metot üzerinde birim düzeltmesine gidilmiştir. Böylece ölçüm limiti birimi  $\mu\text{g/L}$ , numunelerin analiz birimi  $\mu\text{g/g}$  olarak kaydedilmiştir. Ayrıca tarım ürünlerinde tayin edilen elementlerin dalgaboyları Tablo 3.9'da verilmektedir.

**Tablo 3.9:** Tarım ürünlerinde tayin edilen elementlerin dalgaboyları.

<b>Analit</b>	<b>Dalgaboyu</b>	<b>Analit</b>	<b>Dalgaboyu</b>	<b>Analit</b>	<b>Dalgaboyu</b>
Ag (Gümüş)	328.068	Cu (Bakır)	327.393	Pb (Kurşun)	220.353
Al (Alüminyum)	396.153	Cs (Sezyum)	852.700	Sb (Antimon)	206.836
As (Arsenik)	193.696	Fe (Demir)	238.204	Se (Selenyum)	196.026
Ba (Baryum)	233.527	Hg (Civa)	253.652	Si (Silisyum)	251.611
Be (Berylium)	313.107	K (Potasyum)	766.490	Sr (Stronsiyum)	407.771
Ca (Kalsiyum)	317.933	Mg (Magnezyum)	285.213	Th (Toryum)	283.730
Cd (Kadmiyum)	228.802	Mn (Mangan)	257.610	U (Uranyum)	385.958
Co (Kobalt)	228.616	Na (Sodyum)	589.592	V (Vanadyum)	292.464
Cr (Krom)	267.716	Ni (Nikel)	231.604	Zn (Çinko)	206.200

### 3.10. NEVŞEHİR İLİNİN EVLERİNDE RADON AKTİVİTE KONSANTRASYONUNUN BELİRLENMESİ

Genelde insanlar zamanlarının büyük bir kısmını kapalı ortamlarda geçirdikleri için radona maruz kalmaları önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Epidemiyolojik çalışmalar, yüksek seviyede radon ve bozunma ürünleri dolayısıyla radyasyona maruz kalmış bireylerde akciğer kanseri oranlarının yüksek olduğunu göstermiştir. Bu yüzden birçok ulusal ve uluslararası kurum, evlerdeki radon miktarının sınırlandırılması gerektiğini önermiştir (TAEK Teknik Rapor, 2012).

Türkiye'deki evlerde yaşayan insanlar tarafından radondan alınan radyasyon dozunu hesaplamak ve radon konsantrasyonu yüksek bölgeleri tespit etmek amacıyla, 1984 yılında "Akciğer Kanseri Epidemiyolojisi İçin Radon Ölçümleri" projesi kapsamında ÇNAEM Sağlık Fiziği Bölümü Radon Sayım Laboratuvarı'nda çalışmalar başlamıştır. 2004 yılından itibaren Macaristan RadoSys Ltd. firmasından temin edilen RadoMeter 2000 versiyonu, çok daha kısa sürede sonuçlar alınmasını sağlayan pasif radon ölçüm sistemi ile de çalışmalara hız verilmiştir. Üniversitelerin ve bazı kamu kuruluşlarının desteğiyle de çalışmalar, toplam 7293 evde yapılarak 2013 yılında tamamlanmıştır (Çelebi ve diğ., 2014).

Ancak son zamanlarda kanser vakalarında meydana gelen artış ve sigaradan sonra ikinci neden olarak radonun gösterilmesi sonucu, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) ile Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Kanser Daire Başkanlığı arasında Mart 2013 yılında bir protokol yapılmıştır. Bu protokol kapsamında, 5 yıl süre içerisinde tamamlanması

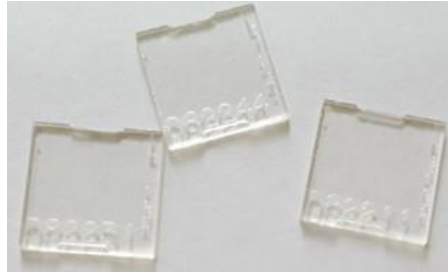
planlanan, adresleri TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından belirlenen yaklaşık 61000 eve radon dedektörü dağıtılmak üzere çalışma 2014 yılında daha kapsamlı olarak yeniden başlatılmış olup bugüne kadar %70'i tamamlanmıştır.

RadoSys Ltd. firmasından temin edilen radon aktivite konsantrasyonu sayım sistemi; radon dedektörleri (plastik pasif iz dedektörleri), kimyasal iz kazıma banyo ünitesi ve bilgisayara bağlı gelişmiş bir mikroskopdan (otomatik iz sayım sistemi) oluşmaktadır.

### 3.10.1. CR-39 Plastik Pasif İz Dedektörleri

Radon aktivite konsantrasyonu ölçümü ile ilgili pekçok cihaz ve yöntem geliştirilmiştir. Radon ve ürünlerini ölçmek için aktif ve pasif olmak üzere iki temel ölçüm yöntemi vardır. Çevresel ölçümlerde yıllık maruz kalınan dozun hesaplanması için, dedektörlerin uzun süreli evlerde bekletildiği pasif yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada da, doğal fon alfa ışını izlerinin düşük olması nedeniyle, kapalı ortamlarda yani ev içi radon aktivite konsantrasyonlarının belirlenmesi için yapısı “Poly Allyl Diglycol Carbonat (PADC)” ve kimyasal sembolü  $C_{12}H_{18}O_7$  olan alfa radyasyonuna duyarlı plastik pasif iz dedektörü CR-39 (Columbia Resin) (Şekil 3.59) tercih edilmiştir. Bu dedektörler beta ve gama ışınlarına karşı duyarlı değildir.



Şekil 3.59: PADC/CR-39 plastik pasif iz dedektörleri.

CR-39, camın optik özellikleri ile mekanik ve fiziksel özellikleri birleştirilerek yapılmış ve ısı altında sertleştirilmiş bir tür plastiktir. Diğer plastiklerden daha üstün özelliklere ve kullanım kolaylıklarına sahiptirler. Bu dedektörlerin karakteristik özellikleri şunlardır:

1- Camla kıyaslanabilecek optik özelliklere sahip olup yüzeyi cam gibi parlak ve pürüzsüzdür.

2- CR-39 sahip olduğu üstün optik özellikleri sayesinde her türlü şartlarda kullanılabilir. Solventlerle (çözücü) temas edildiğinde veya uzun süre solvent içinde bekletildiğinde iç ve dış yüzey çatlamlar veya kırılmalar olmaz.

3- Aşınma direnci akrilik plastiklerden 30–40 kat daha fazladır. Kimyasal maddelere, aseton ve benzin içeren çözücülere karşı dayanıklıdır.

4- 100 milyon röntgen şiddetindeki gama ışınlarına maruz bırakıldığında saydamlığından % 5 oranında kayıp verir. Bu kayıp akrilik materyallerde % 45 civarındadır. Birçok cam radyasyon karşısında akrilikten de daha fazla etkilenir.

CR-39'un özgül ağırlığı birçok plastikten daha az olup camın yarısı kadardır (Karahan, 1997).

CR-39 plastik pasif iz dedektörler, 10x10 mm boyutlarında kesilmiş, kodlanmış, 26x55 mm boyutlarında RSKS tipi RadoPot adı verilen kabın kapağına yerleştirilmiş ve folyolanmış olarak RadoSys Ltd. firmasından Radon Sayım Laboratuvarımıza gönderilmektedir. Şekil 3.60'da radon dedektörlerinin boyutları, RadoPot kapağına yerleştirilmiş CR-39 plastik pasif iz dedektörü ve radon dedektörünün folyolanmış hali görülmektedir.



**Şekil 3.60:** Radon dedektörünün boyutları, kapağa sabitlenmiş CR-39 plastik pasif iz dedektörü ve radon dedektörünün folyolanmış görüntüsü.

### 3.10.2. Radon Dedektörlerinin Evlere Dağıtılması ve Toplanması

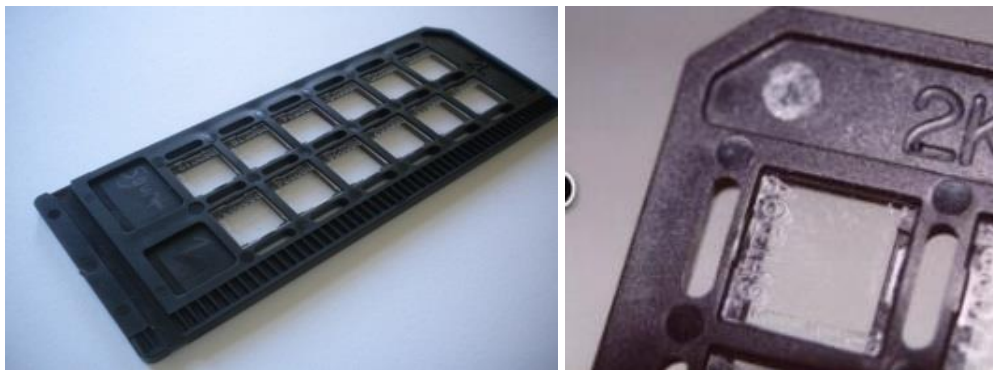
Nevşehir'in ilçe merkezleri ve köylerinden belirlenen 275 eve, mevsimsel farklılıkları da gözlemleyebilmek amacıyla, yaz ve kış dönemlerinde toplam 550 adet radon dedektörü yerleştirilmiş ve koordinatları ile kaydedilmiştir. Bu evlere, radon dedektörleri ile birlikte, ilk

olarak yapılan çalışma ile ilgili halkı bilgilendirmek amacıyla “Radon nedir?” başlıklı yazı verilmiştir. İkinci olarak da, dedektör numaralarının ve dedektörün eve konuluş/evden alınış tarihlerinin kaydedildiği, bina yapı malzemesi, konumu, havalandırma şartları ve yaşayan kişilere ait sigara kullanma alışkanlığını sorgulayan anket formu dağıtılmıştır. Anket formu ve bilgilendirme yazısı örneği EK-9 ve EK-10’da verilmektedir.

Folyolarından çıkarılarak ev içerisinde, özellikle en çok vakit geçirdikleri odaya (yatak odası veya oturma odası), pencere önü, televizyon yanı ve ısınma cihazından (soba veya kalorifer) uzak, göz hizasında, çocukların ulaşamayacağı bir yere konulan dedektörler, yaklaşık 2 ay boyunca bekletilmiştir. Bu süre sonunda yeniden folyolara sarılarak toplanılan radon dedektörleri, ÇNAEM Sağlık Fiziği Bölümü Radyasyon Ölçme ve Kontrol Birimi Radon Sayım Laboratuvarı’na getirilmiş ve kimyasal işlem yapılana kadar dış hava ile temasını engellemek için buzdolabında koruma altına alınmıştır.

### 3.10.3. Radon Dedektörlerinin Analize Hazırlanması

Buzdolabından alınarak laboratuvar ortamına getirilen radon dedektörleri folyolarından çıkarılmıştır. Daha sonra RadoPot’ların kapakları, özel açma aparatı (ucu kıvrımlı kargaburun) kullanılarak açılmıştır. Kapaklara tutturulmuş CR-39 plastik pasif iz dedektörleri özenle çıkarılarak, her biri 12 dedektör alma kapasiteli dedektör tutucu (radoslide) slaytlara, 2K üstte dedektör numarası solda kalacak şekilde takılmıştır (Şekil 3.61).

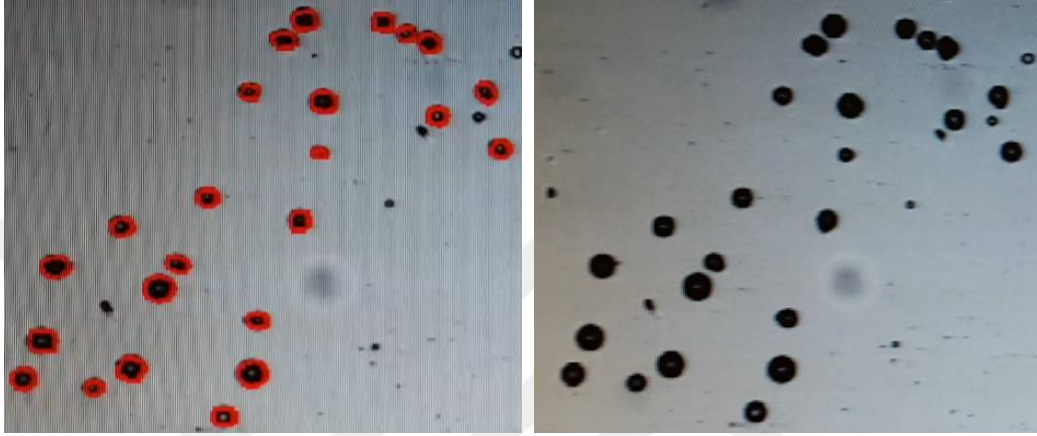


Şekil 3.61: Dedektör tutucu (radoslide, slayt).

Dedektörler slaytlara ve slaytlar da disk görünümlü üzerinde slaytların tutturulmasını sağlayan yarıkların olduğu kapağa takılarak kimyasal işleme hazır hale getirilmiştir.

### 3.10.4. Kimyasal İz Kazıma (Etching) Yöntemi

Evlerde, daha çok yapı malzemelerinden kaynaklanan radon ve bozunma ürünlerinin yayınladıkları alfa tanecikleri plastik difüzyon kaplarının (RadoPot) içine girerek dedektörle etkileşmekte ve dedektör yüzeyinde gözle görülemeyecek büyüklüklerde izler oluşturmaktadır (Şekil 3.62).



Şekil 3.62: Radon konsantrasyonuna bağlı olarak CR-39 dedektörün üzerinde oluşan alfa izleri.

Kimyasal iz kazıma, yaklaşık 2 ay boyunca evlerde bekletilmesi sonucu radona maruz bırakılan CR-39 plastik pasif iz dedektörlerin üzerinde oluşan alfa izlerinin optik mikroskop altında görünür hale getirilebilmesi için uygulanan bir yöntemdir.

Bu çalışmada kimyasal iz kazıma işlemlerinde Şekil 3.63’de görülen dijital kontrollü banyo ünitesi (RadoBath) ve aparatları kullanılmıştır. Banyo ünitesinde yapılacak tüm işlemlerin (suyun ısınma süresi, katı NaOH’in özel küreği ile peşpeşe iki atma süresi, oluşturulan çözelti içerisinde dedektörlerin kalma (etching) süresi, nötralizasyon süresi) zamanları, önceden programlı olan elektronik sistem tarafından otomatik ayarlanmaktadır. Her işlemin süresi tamamlandığında bir sonraki işleme geçilmesi için sistem sesli uyarı vermekte olup işlem geçişleri manuel yapılmaktadır.

Bu yöntemde ilk olarak banyo ünitesi içerisine 4 L saf su ilave edilmiş, ardından karıştırıcı aparatı takılmış ve kapağı kapatılarak suyun 90°C’ye ısıtılması sağlanmıştır. Daha sonra önceden tartılan 1.0 kg %30’luk katı NaOH, her seferinde yaklaşık 25 mg alan özel küreğiyle

banyo ünitesi içerisine huni yardımıyla 3'er dakika aralıklarla ilave edilmiştir. Böylece banyo ünitesi içerisinde aşındırıcı özelliği olan sıcak baz çözeltisi oluşturulmuştur.



Şekil 3.63: Banyo ünitesi (RadoBath) ve aparatları.

Banyo ünitesi kapağı açılarak karıştırıcı aparatı çıkarılmış ve yerine dedektörlerin bulunduğu slaytların yerleştirildiği disk takılmış ve yeniden kapak kapatılmıştır. Sistemden 'etching' programı seçilerek işlem başlatılmış ve dedektörler 4.5 saat bu çözeltide kimyasal iz kazıma işlemine tabi tutulmuştur. Süre sonunda sıcak baz çözeltisi tahliye vanası açılarak boşaltılmıştır. Daha sonra 1.0 L sirke ve 3.0 L saf su bileşiminden oluşan 4.0 L'lik bir karışım banyo ünitesi içerisine konulmuştur. Bu asidik karışımla dedektörler 20 dakika yıkanarak nötralize edilmiştir.

Dedektörlerin nötralize edilme işlemi tamamlandıktan sonra bu sirkeli su da tahliye edilmiş ve ardından tekrar banyo ünitesi içerisine 4.0 L saf su ilave edilerek 20 dakika daha dedektörlerin yıkanması gerçekleşmiştir. Bu süre sonunda banyo ünitesi içerisindeki su tahliye edilerek dedektörler çıkarılmış ve sayım öncesi kendi halinde kurumaya bırakılmıştır.

Tüm bu işlemler esnasında karıştırıcının çalışıyor olmasına dikkat edilmiştir.

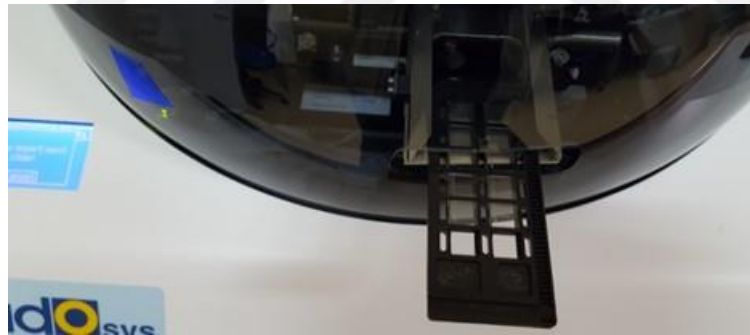
### 3.10.5. Otomatik İz Sayım Sistemi ve CR-39 Dedektörlerin Değerlendirilmesi

Kuruma işlemi tamamlanan dedektörler, Şekil 3.64'te görülen bilgisayar bağlantılı, özel yazılım ve gelişmiş bir mikroskop sisteminden oluşan otomatik iz sayım sisteminde

sayılmışlardır. Şekil 3.65'te de slaytın sayım için otomatik iz sayım sistemine yerleştirilme aşaması görülmektedir. Slayt üzerinde bulunan 12 dedektörün okunma süresi iz yoğunluğuna bağlı olarak yaklaşık 5-10 dakika aralıkta değişmektedir.



**Şekil 3.64:** RadoSys otomatik iz sayım sistemi (ÇNAEM Sağlık Fiziği Bölümü Radyasyon Ölçme ve Kontrol Birimi Radon Sayım Laboratuvarı).



**Şekil 3.65:** Slaytın otomatik iz sayım sistemine yerleştirilmesi.

RadoSys değerlendirme programı LINUX işletim sistemi ile çalışmaktadır. Sayılan iz yoğunluğunu Radon Aktivite Konsantrasyonu (Radon Activity Concentration, RAC) değerine dönüştürmek için, dedektörlerin evlerde bekletilme süreleri bilgisayara kaydedilmiş ve RAC değerleri Bq/m<sup>3</sup> olarak bilgisayardan otomatik olarak elde edilmiştir. Program, daha önce sisteme yüklü olan ve denklem 3.19'da verilen formülü kullanarak RAC değerlerini hesaplamaktadır (Radosys User Manual, 2012).

$$RAC \left( \frac{Bq}{m^3} \right) = \frac{\text{İz yoğunluğu} \times CF (k.Bq.h.m^{-3}/\text{İz yoğunluğu}) \times 1000}{24 \times \text{Gün Sayısı} (h)} \quad (3.19)$$

Burada;

$$\text{İz yoğunluğu} = \frac{\text{İz sayısı}}{51.7131 (mm^2)}$$

h, dedektörün evde kalış süresi (saat)

CF, kalibrasyon faktörü (Calibration Factory)'dür.

Her radon dedektörü üzerinde, dedektöre ait belli bir ID (Identification) numarası bulunmaktadır. RadoSys Ltd. firmasından dedektörler gönderilirken bu ID numaralarına karşılık gelen CF değerleri ile birlikte gönderilir. Bu değerler kullanılarak hesaplamalar yapılır.

Slaytlara takılı dedektörlerin sayım işlemleri en az 5'er kez tekrarlanarak RAC (Bq/m<sup>3</sup>) değerleri elde edilmiş, daha sonra bu değerlerin aritmetik ve geometrik ortalamaları ile birlikte standart sapmaları hesaplanmıştır.

Otomatik iz sayım işlemleri esnasında belli periyotlarda yine RadoSys Ltd. firmasından temin edilen, RAC (Bq/m<sup>3</sup>) değerleri bilinen kalibrasyon dedektörlerinin bulunduğu slaytlar (RadoCal calibration package) okutulmuş ve sayım sisteminin doğruluğu kontrol edilmiştir.

### 3.11. DENEYSEL ÇALIŞMALARDA KULLANILAN DİĞER MALZEMELER

#### Kaba Öğütücü:

Toprak ve taş numunelerinin 1 mm çapında öğütülmesi ve homojen hale getirilmesi için kullanılan cihazdır.

#### İnce Öğütücü:

Kaba öğütücüden geçirilen toprak numunelerinin ve kurutulmuş tarım ürünlerinin toz haline gelmesini sağlamak için numunelere ovalama ve ezme kuvveti uygulayan Şekil 3.66'da gösterilen Fritsch marka Pulverisette 2 havanlı öğütücü cihaz kullanılmıştır.



**Şekil 3.66:** İnce öğütücü cihaz.

#### Çeker Ocak:

Cihaz çalışma alanında oluşan asit buharı, ısı, proses aroması gibi gazları uzaklaştırabilecek emiş gücüne sahip olup, sisteme bağlı bulunan baca bağlantısı ile dış ortama açılan bir yapıya sahiptir. Su numuneleri, dış etkileşimleri minimize etmek için, çeker ocakta hazırlanmıştır.

#### Hassas Teraz:

Su numunelerinin rezidülerinin ve plâşetlerin tartımında, tarım ürünlerinin tartımında ve pellet yapımı için gerekli toprak ve selülöz tartımında 0.0001 g hassasiyette maksimum 220 g tartabilen Sartorius marka CPA224 S model cihaz kullanılmıştır (Şekil 3.67 (a)).

#### Etüv:

Kurutma, ısıtma veya yakma işlemlerinde kullanılan, fırına benzeyen çok amaçlı bir cihazdır. Bu çalışmada Şekil 3.67 (b)'de gösterilen Binder marka cihaz kullanılmıştır. Buradan çıkarılan numuneler desikatörde soğumaya bırakılmıştır.



(a)



(b)

**Şekil 3.67:** (a) Hassas terazi, (b) Binder marka etüv cihazı.

Elek sarma:

Toz haline getirilen toprak ve tarım ürünlerin partiküllerinin aynı boyda ve homojen olmasını sağlayan, üst üste konulmuş eleklerden oluşan (en altta 250 µm'lik elek) ve vibrasyonlu elek sallama özelliği ile ayrıca numunelerin iyice karışmasını sağlayan Fritsch marka Analysette 3 PRO model cihaz Şekil 3.68 (a)'da görülmektedir.

Dijital Dispenser (Dispensette):

Klorlu ve florlu hidrokarbonlar içeren organik solventler, konsantre asitler (HCl veya HNO<sub>3</sub> gibi), trifloroasetik asit (TFA) ve peroksitlerin dağıtımı için uygun olan cihazlardır. Bu çalışmada, Brand marka 0.05 mL ayar hassasiyeti olan, 1-10 mL kapasiteli, doğru ve tekrarlanabilir hacim kontrolü sağlayan, çözeltilere asit dağıtımında Şekil 3.68 (b)'de gösterilen vanalı dispenser kullanılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.68: (a) Elek sarma cihazı, (b) Dijital dispenser.

pH metre:

Numunelerin pH değerini ölçen (çözeltinin asitlik veya alkalinite derecesini gösteren ölçü birimi) laboratuvar cihazıdır. Bu çalışmada Şekil 3.69'da gösterilen HACH marka HQ11D model dijital, portatif, elektrikli pH ölçüm cihazı kullanılmıştır. 0 – 14 pH ölçüm aralığı olan cihazın pH çözünürlüğü 0.001 ve 0.1 pH'dır. Cihazın doğruluğu, pH'ı bilinen standart sıvılarla test edilerek kontrol edilmiştir.

Bu çalışmada bu cihaz, ilk olarak su numunelerinin pH<2 olmasını sağlamak için kullanılmıştır. Bunun için su numunelerinin içerisine bir miktar % 65'lik HNO<sub>3</sub> (nitrik asit) ilave edilmiş ve böylece numune koruma altına alınarak saklanabilmiştir. İkinci olarak da toprak numunelerinin

pH'ını tespit etmek için kullanılmıştır. Bunun için toprak numuneleri toz haline getirilmiş ve toz halindeki numunelerden 1 : 1 oranında toprak ve saf su cam behere konularak 10-15 dakika iyice karıştırılmış, ardından numuneye bağlı olarak 1-2 saat dinlenmeye bırakılmıştır. Toprak numunesi tamamen dibe çöktükten sonra pH metrenin probu sadece yukarıda kalan sulu kısma girecek şekilde batırılarak ölçme işlemi yapılmıştır (Kalra, 1995; Geotechnical Test Method GTM-24, 2015).



**Şekil 3.69:** pH metre ve toprak numunesinde pH ölçüm düzeneği.

#### Küresel Konum Belirleme/Navigasyon Sistemi (Global Positioning System, GPS):

Düzenli olarak kodlanmış bilgi yollayan bir uydu ağıdır ve uydularla aramızdaki mesafeyi ölçerek dünya üzerindeki kesin yerimizi tespit etmeyi mümkün kılmaktadır. Bu sistem, ABD savunma bölümüne ait, yörüngede sürekli olarak dönen 24 uydudan oluşmaktadır. Bu uydular çok düşük güçlü radyo sinyalleri yaymaktadırlar. Yeryüzündeki GPS alıcısı, bu sinyalleri alarak, konum belirlenmesini mümkün kılmaktadır.

Bu çalışmada konum belirleme amacıyla Şekil 3.70'de görülen Navitech marka QXV-522 Primo model Navigasyon cihazı kullanılmıştır. Bu; Türkiye şartlarına özel IGO-Primo 2.1 tabanlı gerçek 3D Navitech navigasyon yazılımı ve 81 il 957 ilçe 2951 belde tam detaylı dijital haritası bulunan, yüksek hassasiyetli SiGe SE4150 GPS alıcısı ve SIRF Atlas-5, 664 MHz işlemcisi olan dokunmatik ekranlı bir cihazdır.



Şekil 3.70: Navitech marka QXV-522 Primo model konum belirleme cihazı.

#### Ultra Saf Su Üretme Cihazı:

Şekil 3.71’te ELGA marka Purelab Option Q-15 BP model ultra saf su üretme cihazı görülmektedir. Çözelti hazırlamada kullandığımız ultra saf su, hem biyolojik olarak saf, hem de eser elementlerden ve çözülmüş organik maddelerden yoksun ya da iletkenlik değeri 0.055  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (25°C) veya elektrik direnci 18.2 Megaohm-cm olan su, anlamlarına gelir.



Şekil 3.71: Ultra saf su üretme cihazı.

## 4. BULGULAR

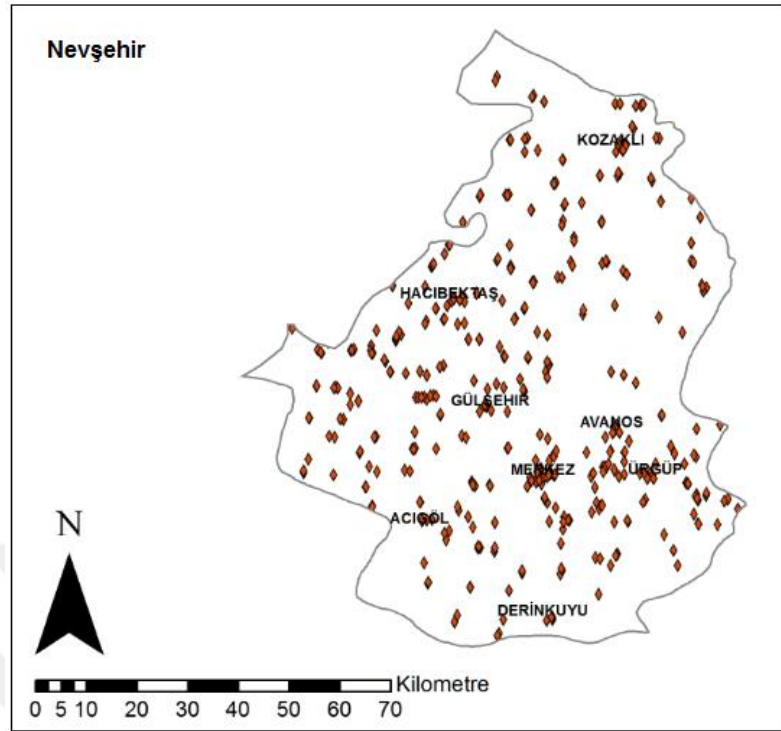
Bu çalışmada, İç Anadolu'nun güneydoğu volkanik saha içerisinde Erciyes Dağı, Hasan Dağı ve Melendiz Dağı'ndan çıkan kül ve lavların birikimiyle oluşmuş geniş bir platonun batı yamaçlarında kurulu olan Nevşehir ili hem radyolojik açıdan hem de eser element/ağır metal açısından incelenmiştir. Nevşehir ilini temsil edecek şekilde; açık hava ortamında çevresel gama doz hızları, toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ 'un aktivite konsantrasyonları ile WDXRF'de eser element/ağır metal konsantrasyonları, su numunelerinde toplam alfa ve toplam beta aktiviteleri yanında anyon ve eser element/ağır metal konsantrasyonları, bazı tarım ürünlerinde hem  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  hem de eser element/ağır metal konsantrasyonları, evlerde hem yaz dönemi hem de kış dönemi radon aktivite konsantrasyonları tespit edilmiştir. Ayrıca bu sonuçlardan yararlanılarak Nevşehir ilinde yaşayan insanların maruz kaldıkları doz değerlendirmeleri yapılmış olup kanser riskleri de hesaplanmıştır.

### 4.1. NEVŞEHİR İLİ AÇIK ALAN ÇEVRESEL GAMA DOZ HIZI SONUÇLARI

İnsanlar yaşamları boyunca, uzaydan gelen kozmik ışınların atmosferdeki etkileşimleri sonucu oluşan kozmik radyasyona ve yerkabuğundaki radyoaktif maddelerden yayılan karasal radyasyona maruz kalmaktadır. Bölgenin jeolojik ve coğrafik yapısına bağlı olarak çevresel gama radyasyon doz hızı değerleri değişim göstermektedir (Karahan, 1997).

Nevşehir ilinin 445 noktasında sintilasyon dedektörü ile havada çevresel gama doz hızları ölçülmüş ve sonuçlar  $\mu\text{Sv/saat}$  olarak kaydedilmiştir. Daha sonra ölçülen bu değerler  $\text{nGy/saat}$  birimine dönüştürülmüştür. Her bir ölçüm noktasının koordinatı GPS cihazı ile kaydedilmiştir. Şekil 4.1'de gama doz hızlarının alındığı ölçüm noktaları harita üzerinde görülmektedir. Elde edilen çevresel gama doz hızı değerleri  $\mu\text{Sv/saat}$  ve  $\text{nGy/saat}$  olarak EK-1'de verilmektedir.

Nevşehir ilinin, çevresel gama doz hızı değerlerinin ilçelerine göre ortalamaları Tablo 4.1'de verilmektedir. Tablo 4.1 ve EK-1'de görüldüğü gibi, tüm Nevşehir ilinde yapılan ölçüm sonuçlarına bakıldığında; en düşük gama doz hızı  $50 \text{ nGy/saat}$  ile Derinkuyu ilçesine bağlı Kuyulutatlar köyü girişinde ve Kozaklı ilçesi Merkez (1)'den elde edilmiştir. Maksimum gama doz hızı ise  $480 \text{ nGy/saat}$  olarak Merkez ilçesine bağlı Alacaşar (2) köyünden elde edilmiştir.



**Şekil 4.1:** Çevresel gama doz hızlarının alındığı ölçüm noktaları.

İlçelere göre ortalama gama doz hızı değerlerine bakıldığında; Kaplıca bölgesi olan Kozaklı ilçesinde 57 noktadan alınan değerlerin ortalaması  $95.97 \pm 23.44$  nGy/saat olup bu sonuç ilçeler arasında en düşük değere sahiptir. Merkez ilçede 84 noktadan alınan değerlerin ortalaması ise  $188.10 \pm 61.87$  nGy/saat olup ilçeler arasında en yüksek değere sahiptir.

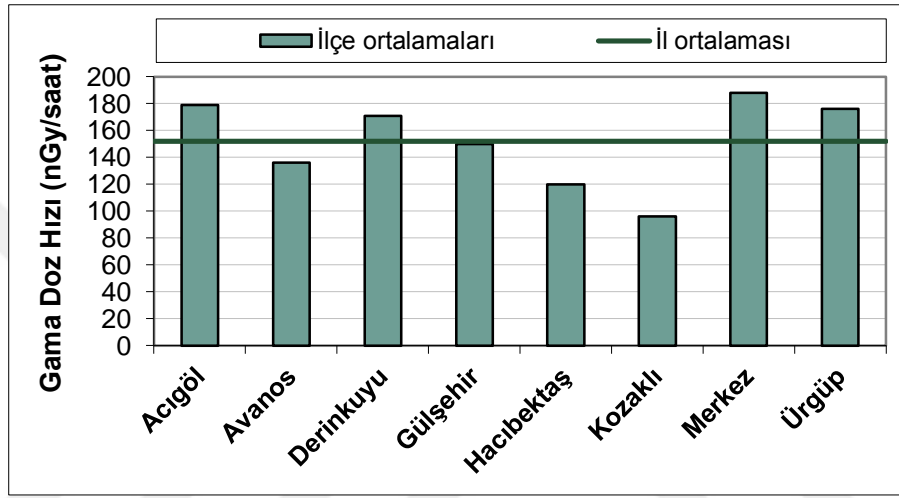
**Tablo 4.1:** İlçelere göre çevresel gama doz hızı ortalama değerleri.

İlçe	Ölçüm Sayısı	Gama Doz Hızı (nGy/saat)		
		Minimum	Maksimum	Ortalama
Acıgöl	27	90	270	$178.89 \pm 44.92$
Avanos	46	70	300	$136.09 \pm 49.55$
Derinkuyu	16	50	400	$171.25 \pm 73.29$
Gülşehir	83	90	400	$149.76 \pm 48.31$
Hacibektaş	71	60	230	$120.14 \pm 36.94$
Kozaklı	57	50	160	$95.97 \pm 23.44$
Merkez	84	110	480	$188.10 \pm 61.87$
Ürgüp	61	90	320	$176.23 \pm 47.47$
<b>İl Geneli</b>	<b>445</b>	<b>50</b>	<b>480</b>	<b><math>152.05 \pm 57.08</math></b>

Nevşehir il ortalaması  $152.05 \pm 57.08$  nGy/saat olarak elde edilmiştir. İlin kuzeyinde bulunan Avanos, Gülşehir, Hacibektaş ve Kozaklı ilçelerinden elde edilen çevresel gama doz hızı

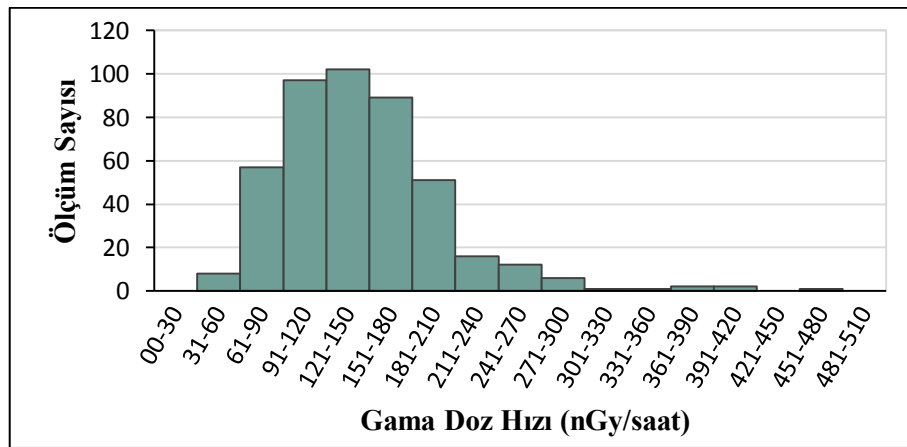
ortalama değerleri Nevşehir il ortalamasının altında kalırken, ilin güneyinde bulunan Acıgöl, Derinkuyu, Ürgüp ve Merkez ilçelerinden elde edilen çevresel gama doz hızı ortalama değerleri Nevşehir il ortalamasının üstünde elde edilmiştir.

UNSCEAR 2000’de havada belirlenen ortalama gama doz hızı 57 nGy/saat olarak rapor edilmiştir. Nevşehir il ve ilçe ortalamaları bu değerin çok üzerinde elde edilmiştir. Şekil 4.2’de ilçelere göre ortalama çevresel gama doz hızı dağılımı verilmektedir.



Şekil 4.2: İlçelere göre çevresel gama doz hızı ortalama değerlerinin dağılımı.

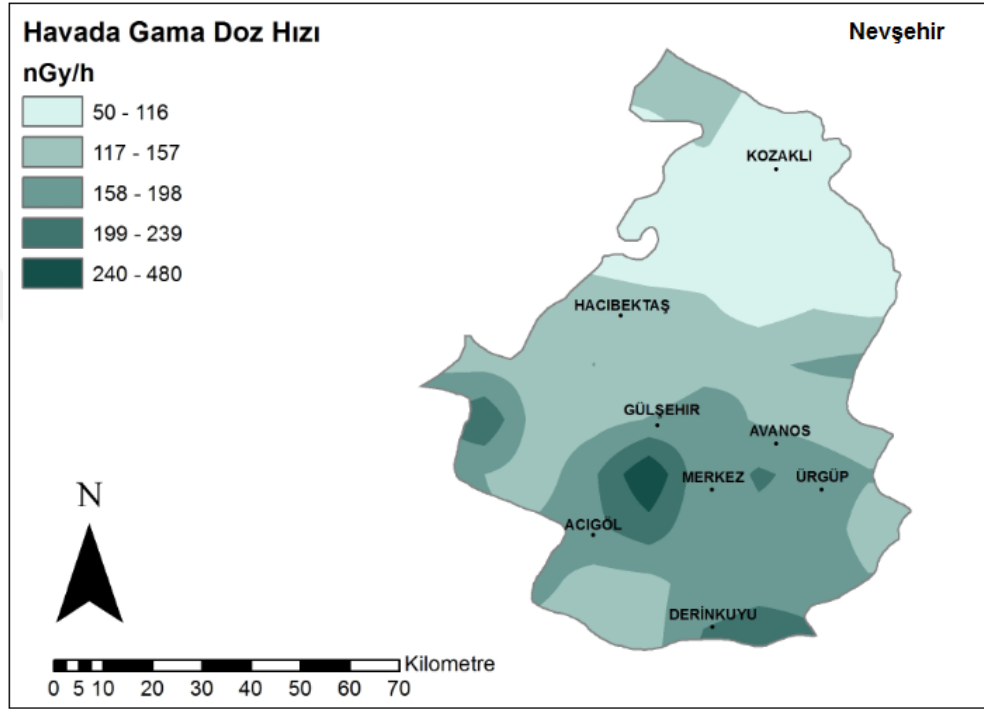
Nevşehir ilinin ilçelere göre çevresel gama doz hızı ortalama değerlerinin ölçüm sayısına göre dağılımı da Şekil 4.3’de verilmektedir.



Şekil 4.3: Çevresel gama doz hızı değerlerinin ölçüm sayısına göre dağılımı.

Bu dağılıma göre, 121-150 nGy/saat aralığında elde edilen çevresel gama doz hızı değerleri tüm ölçüm sonuçlarının % 22.9'unu oluşturmaktadır. Tüm ölçüm sonuçlarına göre 91-180 aralığının oranı ise % 64.72'dir.

Nevşehir ilinin çevresel gama doz hızlarının dağılım haritası Şekil 4.4'de görülmektedir.



Şekil 4.4: Nevşehir ili çevresel gama doz hızı değerlerinin dağılım haritası.

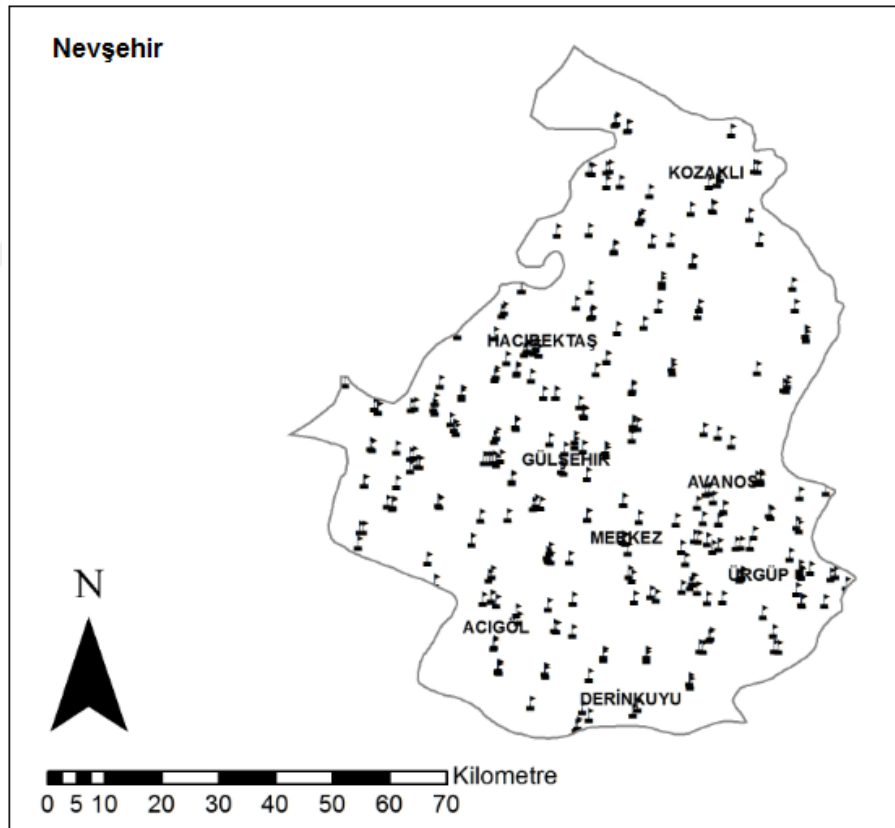
#### 4.2. NEVŞEHİR İLİ TOPRAK NUMUNELERİNDE BELİRLENEN $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ VE $^{137}\text{Cs}$ AKTİVİTE KONSANTRASYONLARI

Dünyanın oluşumundan beri toprakta var olan ve insanların radyasyon maruziyetinin önemli bir kısmını oluşturan doğal radyasyon kaynakları, çok uzun yarı ömürlü olup toprağın radyoaktif olmasına neden olmaktadır. Bu radyasyon kaynaklarının en önemlileri;  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve onların bozunma ürünleri ile  $^{40}\text{K}$  radyoizotopudur (Çelebi, 1995; Karahan, 1997). Topraktaki bu doğal radyoizotoplar daha çok volkanik, tortul, fosfat, granit ve tuz kayalarında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Volkanik kayaların aktivitesi, tortul kayalarinkinden daha fazladır (Eisenbud, 1987; Ataksor, 2002). Bu radyoizotopların yanısıra doğada var olmayan fakat atmosferde yapılan nükleer denemeler ve nükleer kazalar sonucu ortaya çıkarak

radioaktif serpintiler (fallout) halinde yeryüzüne inen ve bir fisyon ürünü olan  $^{137}\text{Cs}$  radyoizotopu da önemlidir (Ataksor, 2002).

Nevşehir ili toprak yapısı genellikle granit, grandiosit, sianit ve volkanik oluşumlardan meydana gelen geçirgen bir nitelik taşımakta olup orta ve hafif bünyeli topraklardır<sup>25</sup>.

Nevşehir ilini temsil edecek şekilde 323 noktadan alınan toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite analizleri gama spektrometre sayım sistemi ile yapılmıştır. Analiz sonucu bu radyoizotopların aktivite konsantrasyonlarının dağılım haritaları oluşturulmuştur. Şekil 4.5'te de toprak numunelerinin alındığı noktalar harita üzerinde görülmektedir. Nevşehir'in toprak numunelerinde belirlenen  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları EK-2'de verilmektedir.



Şekil 4.5: Toprak numunesi alım noktalarının Nevşehir il haritası üzerinde dağılımı.

<sup>25</sup> www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Nevşehir\_icdr.2013.pdf

#### 4.2.1. Toprak Numunelerinde $^{226}\text{Ra}$ Aktivite Konsantrasyonu

Radyumun ana kaynağı uranyum ve toryumdur. Bir  $\alpha$  (alfa) yayınlayıcısı olan  $^{226}\text{Ra}$ , 1600 yıl yarı ömre sahip olup toprakta ve kayalarda oldukça geniş bir dağılım göstermektedir. Radyum ve bozunum ürünleri, insanların dış ve iç ışınlanmalarına neden olan doğal kaynakların en önemlilerindendir. Vücuda alındığında kemiklerde birikerek omuriliği sürekli olarak ışınlamaktadır. Uzun yarı ömürlü olması nedeniyle, radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) oluşumunda bir üreteç görevi yapmaktadır (Lucas, 1991).

Radyum,  $^{222}\text{Rn}$  ve bozunma ürünleri, Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün bir yan kuruluşu olan "International Agency for Research on Cancer (IARC)" tarafından "Grup 1 - insanlarda kanserojen" olarak sınıflandırılırlar<sup>26</sup>.

Nevşehir ili toprak numunelerinden elde edilen  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre minimum, maksimum ve ortalama değerleri Tablo 4.2'de verilmektedir.

**Tablo 4.2:** Toprak numunelerinde belirlenen  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre değerleri.

İlçe	Numune Sayısı	$^{226}\text{Ra}$ Aktivite Konsantrasyonu (Bq kg <sup>-1</sup> )		
		Minimum	Maksimum	Ortalama
Acıgöl	23	24.10	111.40	61.82±21.56
Avanos	34	22.60	131.50	50.98±22.97
Derinkuyu	15	12.90	70.86	45.13±15.34
Gülşehir	71	17.80	89.90	50.98±17.29
Hacıbektaş	48	22.60	75.23	36.36±9.71
Kozaklı	40	7.40	193.90	40.78±34.99
Merkez	39	40.60	102.73	60.72±14.73
Ürgüp	53	20.60	93.50	52.35±15.80
<b>İl Geneli</b>	<b>323</b>	<b>7.40</b>	<b>193.90</b>	<b>49.89±21.29</b>

$^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonu MDA (minimum dedekte edilebilen aktivite) değer aralığı da 0.70-5.20 Bq/kg'dır.

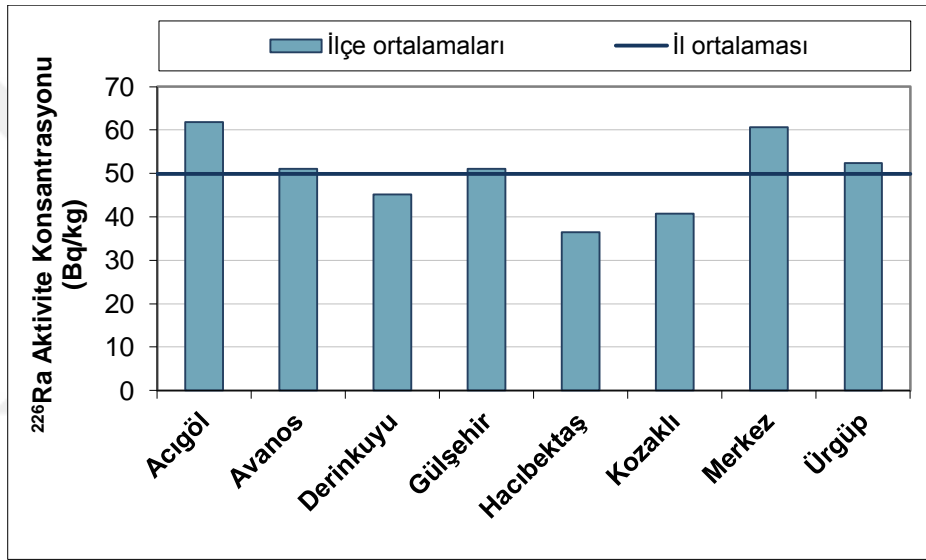
Elde edilen sonuçlara göre;  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonunun en yüksek değeri 193.90 Bq/kg ile Kozaklı ilçesi Konak Termal Tesisi'nden alınan numunede elde edilirken, en düşük değer 7.40 Bq/kg ile yine Kozaklı ilçesine bağlı Dört Yol(2) köyünden alınan numunede belirlenmiştir.

Nevşehir il geneli olarak, toprak numunelerinde ortalama  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonu 49.89±21.29 Bq/kg elde edilmiştir. İlçe ortalamalarına bakıldığında,  $^{226}\text{Ra}$  aktivite

<sup>26</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_1\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_1_carcinogens#Substances)

konsantrasyonu  $61.82 \pm 21.56$  Bq/kg ile en yüksek Acıgöl ilçesinde ve  $36.36 \pm 9.71$  Bq/kg ile en düşük Hacibektaş ilçesinde belirlenmiştir.

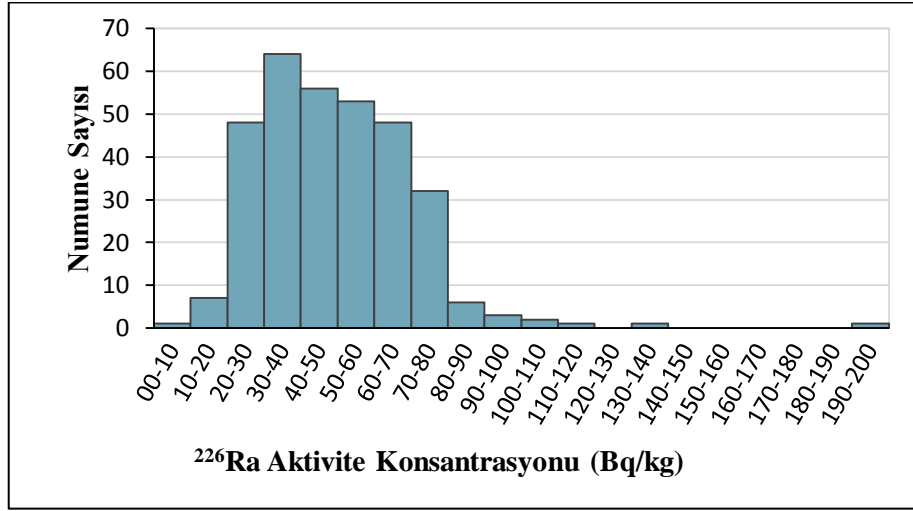
Aynı zamanda Derinkuyu ( $45.13 \pm 15.34$  Bq/kg), Kozaklı ( $40.78 \pm 34.99$  Bq/kg) ve Hacibektaş ( $36.36 \pm 9.71$  Bq/kg) ilçelerinin ortalama  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyon değerleri Nevşehir il ortalama değerinin altında iken, Acıgöl ( $61.82 \pm 21.56$  Bq/kg), Merkez ( $60.72 \pm 14.73$  Bq/kg), Ürgüp ( $52.35 \pm 15.80$  Bq/kg), Avanos ( $50.98 \pm 22.97$  Bq/kg) ve Gülşehir ( $50.98 \pm 17.29$  Bq/kg) ilçelerinin ortalama  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonları Nevşehir il ortalama değerinin üzerinde elde edilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: Toprak numunelerinde belirlenen  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre dağılımı.

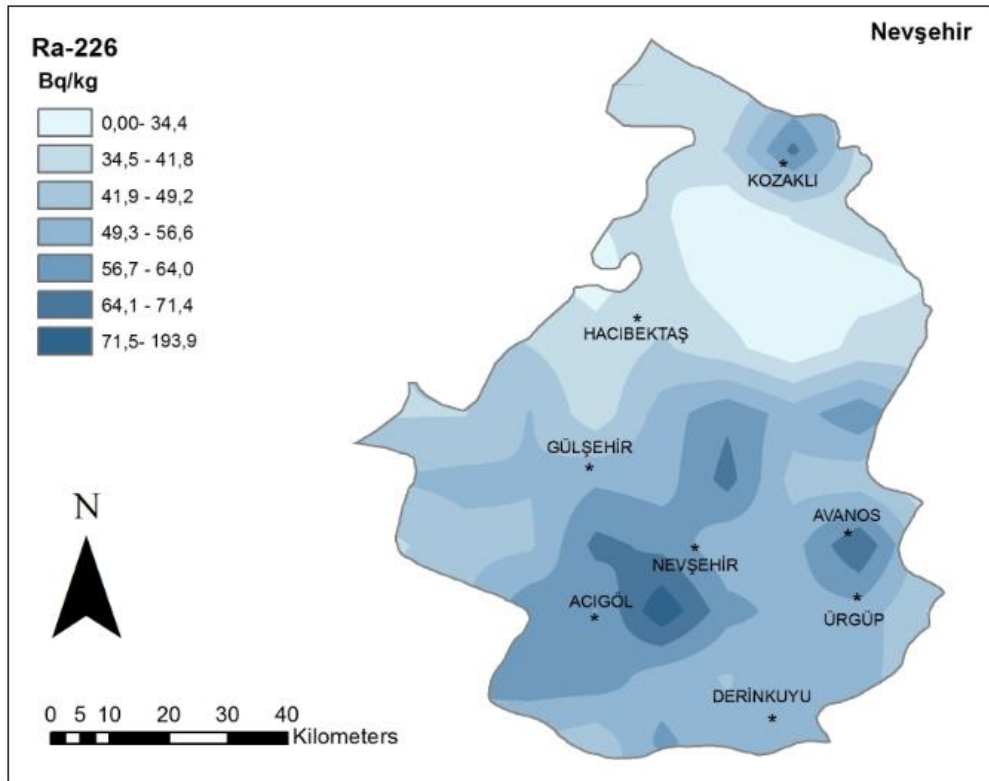
UNSCEAR 2000 raporuna göre, tüm kaya ve topraklarda değişik miktarlarda bulunan  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonunun dünya ortalaması 35 Bq/kg olup Nevşehir'in ilçe ortalamaları ve il ortalaması bu değer üzerinde elde edilmiştir.  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonu volkanik kayalarda, kumtaşı ve kireçtaşıdan daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Martinelli, 1991).

Nevşehir ilinin toprak numunelerinden elde edilen  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonlarının numune sayısına göre dağılım frekansı da Şekil 4.7'de verilmektedir. Elde edilen dağılıma bakılacak olursa, toprak numunelerinin  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonlarının 20-80 Bq/kg aralığında kalan dağılımı toplam numune sayısının % 92.6'sını oluşturmaktadır.



Şekil 4.7: Toprak numunelerinde belirlenen  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonunun numune sayısına göre dağılımı.

Toprak numunelerinde belirlenen  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonu dağılım haritası Şekil 4.8'de verilmektedir.



Şekil 4.8: Toprak numunelerinde belirlenen  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.2.2. Toprak Numunelerinde $^{232}\text{Th}$ Aktivite Konsantrasyonu

$^{232}\text{Th}$ , doğada bulunan dört izotopundan en yaygın olanıdır. Radyoaktif  $\alpha$  partikülleri yaymakta olup  $1.4 \times 10^{10}$  yıl yarı ömre sahiptir. Toryum doğada, uranyumdan yaklaşık 3 kat daha fazla bulunmakta olup nükleer yakıt olarak kullanabilme çalışmaları sürmektedir. Ayrıca toryum iskelette kemik yüzeyinde toplanmaktadır (Çelebi, 1995).

$^{232}\text{Th}$ , WHO'nün bir yan kuruluşu olan IARC tarafından "Grup 1- insanlarda kanserojen" olarak sınıflandırılır<sup>27</sup>.

Nevşehir ili toprak numunelerinden elde edilen  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre minimum, maksimum ve ortalama değerleri Tablo 4.3'de verilmektedir.

**Tablo 4.3:** Toprak numunelerinde belirlenen  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre değerleri.

İlçe	Numune Sayısı	$^{232}\text{Th}$ Aktivite Konsantrasyonu (Bq kg <sup>-1</sup> )		
		Minimum	Maksimum	Ortalama
Acıgöl	23	29.60	122.50	70.54±21.40
Avanos	34	21.20	110.90	54.18±19.78
Derinkuyu	15	18.60	81.92	52.82±16.97
Gülşehir	71	25.10	119.30	55.93±22.46
Hacıbektas	48	17.50	96.75	46.44±17.92
Kozaklı	40	<2.8	62.30	31.24±13.08
Merkez	39	43.70	102.42	67.44±14.78
Ürgüp	53	29.70	91.50	58.08±15.95
<b>İl Geneli</b>	<b>323</b>	<b>&lt;2.8</b>	<b>122.50</b>	<b>54.58±20.87</b>

$^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonu MDA değer aralığı da 0.50-4.10 Bq/kg'dır.

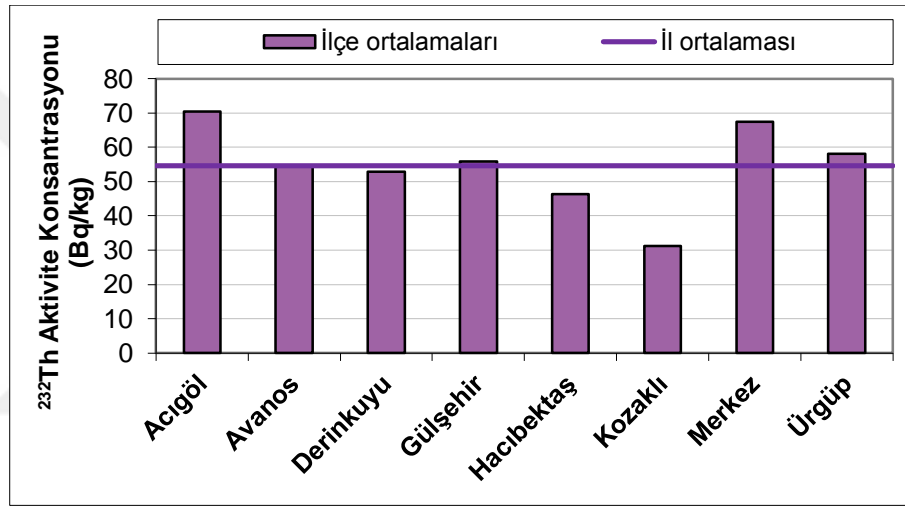
Elde edilen sonuçlara göre;  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonunun en yüksek değeri Acıgöl ilçesi Topaç köyünden alınan numunede belirlenmiş olup 122.50 Bq/kg'dır. En düşük değer ise <2.8 Bq/kg olarak Kozaklı ilçesine bağlı Konak Termal Tesisi'nden alınan numuneden elde edilmiştir. Nevşehir il genelinde toprak numunelerinde ortalama  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonu 54.58±20.87 Bq/kg olarak elde edilmiştir.  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonunun ilçe ortalamalarına bakıldığında, en yüksek değer 70.54±21.40 Bq/kg ile Acıgöl ilçesinde ve en düşük değer ise 31.24±13.08 Bq/kg ile Kozaklı ilçesinde belirlenmiştir.

Şekil 4.9'da da görüldüğü gibi ortalama  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonu olarak; Avanos (54.18±19.78 Bq/kg), Derinkuyu (52.82±16.97 Bq/kg), Gülşehir (55.93±22.46 Bq/kg) ve

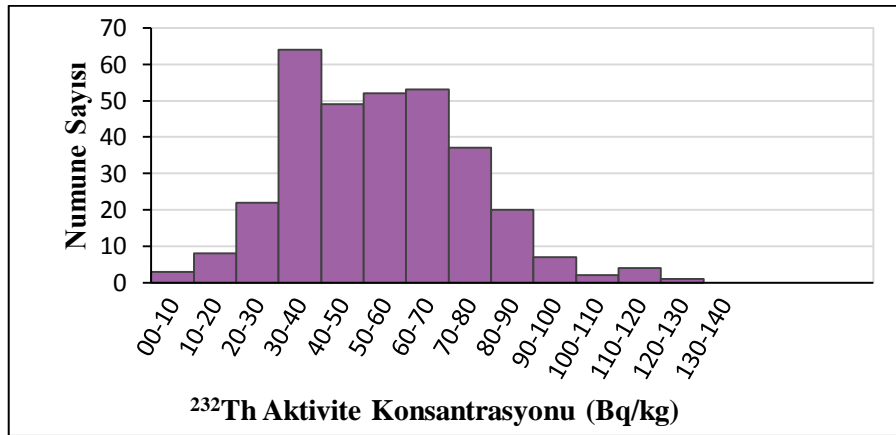
<sup>27</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_1\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_1_carcinogens#Substances)

Ürgüp ( $58.08 \pm 15.95$  Bq/kg) ilçelerinin ortalamaları ile Nevşehir il ortalama değeri birbirine çok yakın iken, Acıgöl ( $70.54 \pm 21.40$  Bq/kg) ve Merkez ( $67.44 \pm 14.78$  Bq/kg) ilçelerinin ortalamaları il ortalamasının çok üzerinde, Kozaklı ( $31.24 \pm 13.08$  Bq/kg) ilçe ortalaması ise il ortalamasının çok altında elde edilmiştir. Nevşehir ilinin toprak numunelerinden elde edilen  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonlarının numune sayısına göre dağılım frekansı da Şekil 4.10'da verilmektedir.

UNSCEAR 2000 raporunda;  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonu dünya ortalaması 30 Bq/kg olup Nevşehir ilçe ve il ortalama değerleri bu değer üzerinde elde edilmiştir.



Şekil 4.9: Toprak numunelerinde belirlenen  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre dağılımı.

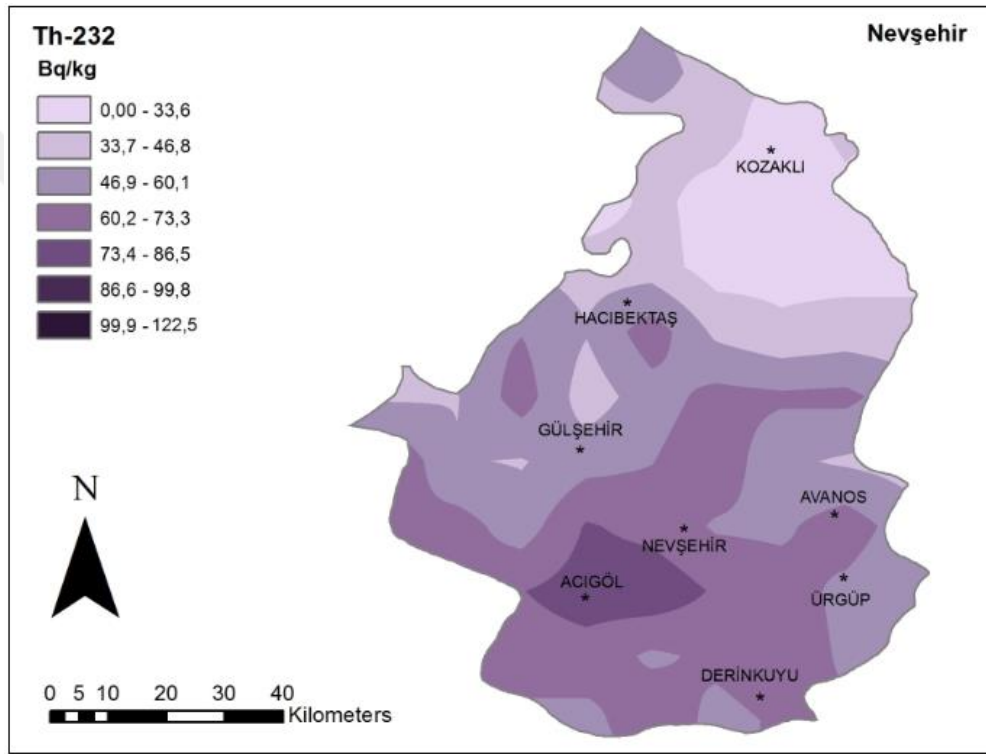


Şekil 4.10: Toprak numunelerinde belirlenen  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonunun numune sayısına göre dağılımı.

Burada elde edilen dağılımda, 64 adet numunenin  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonlarının 30-40 Bq/kg aralığında dağılım gösterdiği görülmektedir.

İl geneline göre,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonları arasında doğrusal bir korelasyon gözlenmektedir.

Ayrıca toprak numunelerinden elde edilen  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonu dağılım haritası da Şekil 4.11'de görülmektedir.



Şekil 4.11: Toprak numunelerinde belirlenen  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.2.3. Toprak Numunelerinde $^{40}\text{K}$ Aktivite Konsantrasyonu

Doğal olarak bulunan potasyumun üç izotopundan sadece  $^{40}\text{K}$  kararsız olup,  $1.28 \times 10^9$  yıl yarı ömre sahip bir  $\beta$  yayımlayıcıdır. Doğal potasyum toprakta çok bulunduğu için doğal gama radyasyon dozunun önemli bir kesrini meydana getirmektedir. Ayrıca potasyum vücutta yaşamsal öneme sahip bir elementtir (Çelebi, 1995).

Nevşehir ili toprak numunelerinden elde edilen  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre minimum, maksimum ve ortalama değerleri Tablo 4.4'de verilmektedir.  $^{40}\text{K}$  aktivite

konsantrasyonunun en yüksek değeri Avanos ilçesi Büyük Ayhan köyü yolu üzerinden alınan numunede 1370.20 Bq/kg olarak belirlenirken, en düşük değerde 37.67 Bq/kg ile Kozaklı ilçesine bağlı Konak Otel'den alınan numunede elde edilmiştir.

**Tablo 4.4:** Toprak numunelerinde belirlenen  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre değerleri.

İlçe	Numune Sayısı	$^{40}\text{K}$ Aktivite Konsantrasyonu (Bq kg <sup>-1</sup> )		
		Minimum	Maksimum	Ortalama
Acıgöl	23	384.80	1110.10	792.25±191.56
Avanos	34	364.83	1370.20	703.81±238.69
Derinkuyu	15	165.50	883.87	652.07±209.79
Gülşehir	71	305.60	1159.51	722.34±219.31
Hacıbektaş	48	247.20	1055.00	637.69±178.68
Kozaklı	40	37.67	1205.00	553.78±270.61
Merkez	39	494.87	1074.64	786.88±147.07
Ürgüp	53	404.20	1151.10	734.45±191.43
<b>İl Geneli</b>	<b>323</b>	<b>37.67</b>	<b>1370.20</b>	<b>697.91±213.72</b>

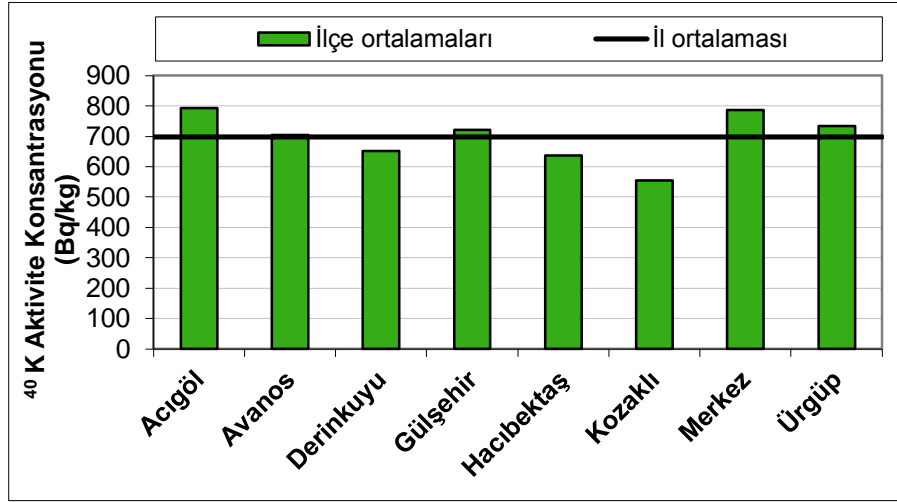
$^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu MDA değer aralığı da 3.20-37.50 Bq/kg'dır.

Nevşehir il genelinde toprak numunelerinde ortalama  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu 697.91±213.72 Bq/kg olarak belirlenmiştir.  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonunun en yüksek olduğu ilçe ortalaması 792.25±191.56 Bq/kg ile Acıgöl ilçesinde ve en düşük olduğu ilçe ortalaması 553.78±270.61 Bq/kg ile Kozaklı ilçesinde belirlenmiştir.

Şekil 4.12'de de görüldüğü gibi Avanos (703.81±238.69 Bq/kg) ilçesinin ortalama  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu Nevşehir ilinin ortalama değerine çok yakındır. Gülşehir (722.34±219.31 Bq/kg) ve Ürgüp (734.45±191.43 Bq/kg) ilçelerinin ortalama  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu Nevşehir ilinin ortalama değerinin biraz üzerinde kalmıştır. Acıgöl (792.25±191.56 Bq/kg) ve Merkez ilçelerinin (786.88±147.07 Bq/kg) ortalama  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları il ortalamasının çok üzerinde elde edilmiştir.

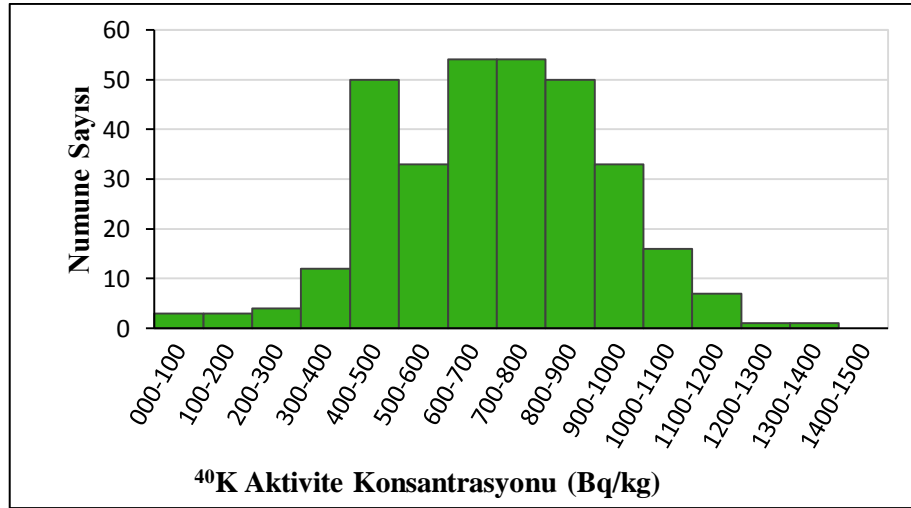
Bunun yanında Derinkuyu (652.07 Bq/kg) ve Hacıbektaş ilçelerinin (637.69 Bq/kg) ortalama  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyon değerleri il ortalamasının biraz altında kalırken Kozaklı ilçesinin (553.78 Bq/kg) ortalama  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyon değeri il ortalamasının çok altında elde edilmiştir.

UNSCEAR 2000 raporunda;  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu dünya ortalaması 400 Bq/kg olup Nevşehir ilçe ve il ortalama değerleri bu değerden çok üzerinde elde edilmiştir.



Şekil 4.12: Toprak numunelerinde belirlenen  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre dağılımı.

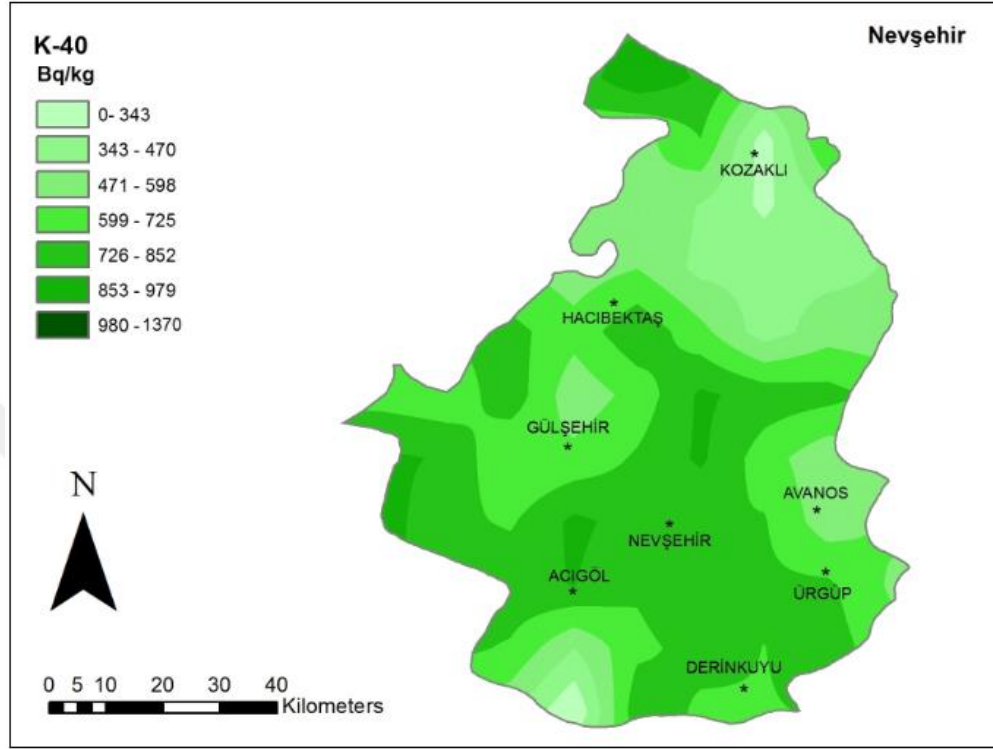
Nevşehir ilinin toprak numunelerinden elde edilen  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonlarının numune sayısına göre dağılım frekansı da Şekil 4.13’de verilmektedir. Toprak numunelerinin çoğunda (255 adet)  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonlarının 400-1000 Bq/kg aralığında dağılım gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.13: Toprak numunelerinde belirlenen  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonunun numune sayısına göre dağılımı.

İlçelerin toprak numunelerinde, belirlenen  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonlarının ortalama değerleri karşılaştırıldığında aralarında doğrusal korelasyon olduğu görülmektedir.

Toprak numunelerinde belirlenen  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu dağılım haritası Şekil 4.14'de verilmektedir.



Şekil 4.14: Toprak numunelerinde belirlenen  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.2.4. Toprak Numunelerinde $^{137}\text{Cs}$ Aktivite Konsantrasyonu

Doğada doğal olarak var olmayan  $^{137}\text{Cs}$ , geçmiş yıllarda atmosferde yapılan nükleer silah denemeleri ve nükleer kazalar sonucu ortaya çıkarak atmosfere ve stratosfere ulaşan, orada toz bulutlarının kontamine olmasına (kirlenmesine), daha sonra da radyoaktif yağışlar şeklinde yeryüzüne inerek çevrenin kirlenmesine neden olan fisyon ürünü radyoaktif elementlerden biridir.  $^{137}\text{Cs}$ 'nin yarı ömrü 30.2 yıldır. Havadan serpinti (fallout) halinde gelen radyoaktivitenin büyük bir kısmının toprakta biriktiği bilinmektedir. Çevreye yayılan sezyum canlılar üzerinde olumsuz etkiler bırakır (Ataksor, 2002; Taşkın, 2006).

Nevşehir ilinin toprak numunelerinden elde edilen  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre minimum, maksimum ve ortalama değerleri Tablo 4.5'de verilmektedir.

**Tablo 4.5:** Toprak numunelerinde belirlenen  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre değerleri.

İlçe	Numune Sayısı	$^{137}\text{Cs}$ Aktivite Konsantrasyonu (Bq kg <sup>-1</sup> )		
		Minimum	Maksimum	Ortalama
Acıgöl	23	1.40	52.60	9.95±11.33
Avanos	34	<0.3	24.97	7.80±7.28
Derinkuyu	15	<0.8	12.68	4.77±3.79
Gülşehir	71	0.64	48.60	7.66±8.13
Hacıbektaş	48	0.67	36.30	11.06±8.72
Kozaklı	40	<0.4	31.50	8.40±7.55
Merkez	39	0.20	34.20	4.08±5.55
Ürgüp	53	0.10	27.52	6.18±6.56
<b>İl Geneli</b>	<b>323</b>	<b>0.10</b>	<b>52.60</b>	<b>7.49±7.89</b>

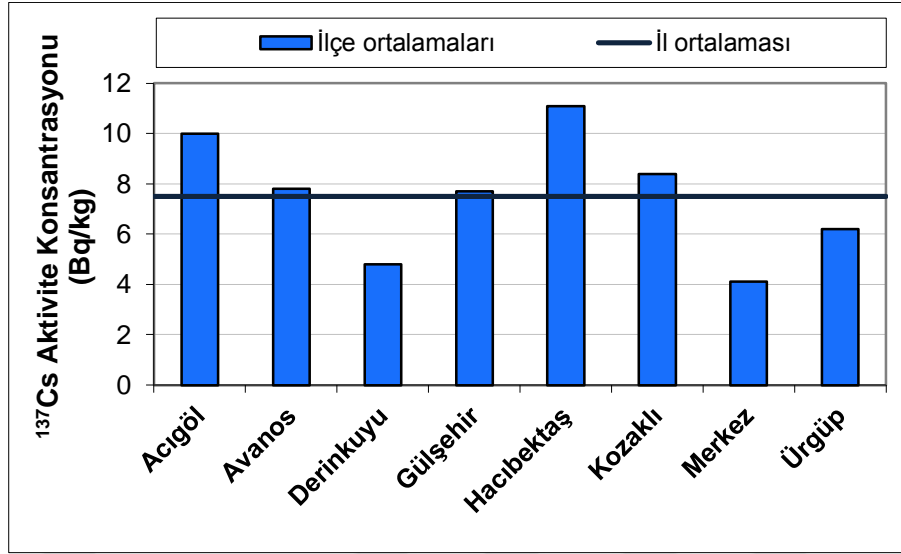
$^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonu MDA değer aralığı da 0.10-3.20 Bq/kg'dır.

$^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonunun en yüksek değeri Acıgöl ilçesi Kurugöl (2) köyünden alınan numunede belirlenmiş olup değeri 52.60 Bq/kg'dır. En düşük değer ise 0.10 Bq/kg olarak Ürgüp ilçesine bağlı Cemil köyünden ve Merkez ilçenin Alacaşar köyü girişinden alınan numunelerde elde edilmiştir.

Nevşehir il genelinde toprak numunelerinden elde edilen ortalama  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonu 7.49±7.89 Bq/kg'dır.

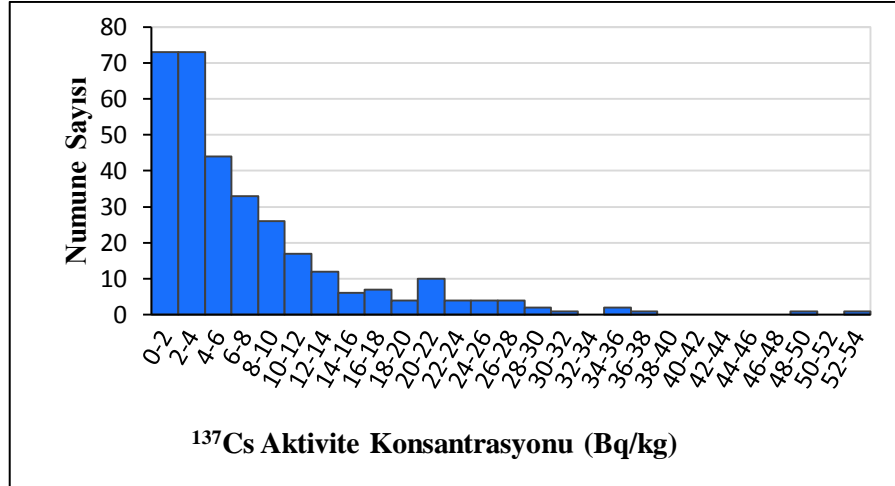
İlçe ortalamalarına bakıldığında ise,  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonunun en yüksek değeri Hacıbektaş'tan elde edilmiş olup değeri 11.06±8.72 Bq/kg'dır. En düşük değer ise 4.08±5.55 Bq/kg ile Merkez ilçeden elde edilmiştir.

Şekil 4.15'de toprak numunelerinden elde edilen  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi Avanos (7.80±7.28 Bq/kg) ve Gülşehir ilçesinin (7.66±8.13 Bq/kg) ortalama  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonu Nevşehir il ortalama değerine çok yakın elde edilmiştir. Acıgöl (9.95±11.33 Bq/kg), Hacıbektaş (11.06±8.72 Bq/kg) ve Kozaklı ilçelerinin (8.40±7.55 Bq/kg) ortalama  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonu Nevşehir il ortalama değerinin üzerindedir. Ürgüp (6.18±6.56 Bq/kg), Derinkuyu (4.77±3.79 Bq/kg) ve Merkez ilçelerinin (4.08±5.55 Bq/kg) ortalama  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonu ise il ortalamasının çok altında elde edilmiştir.



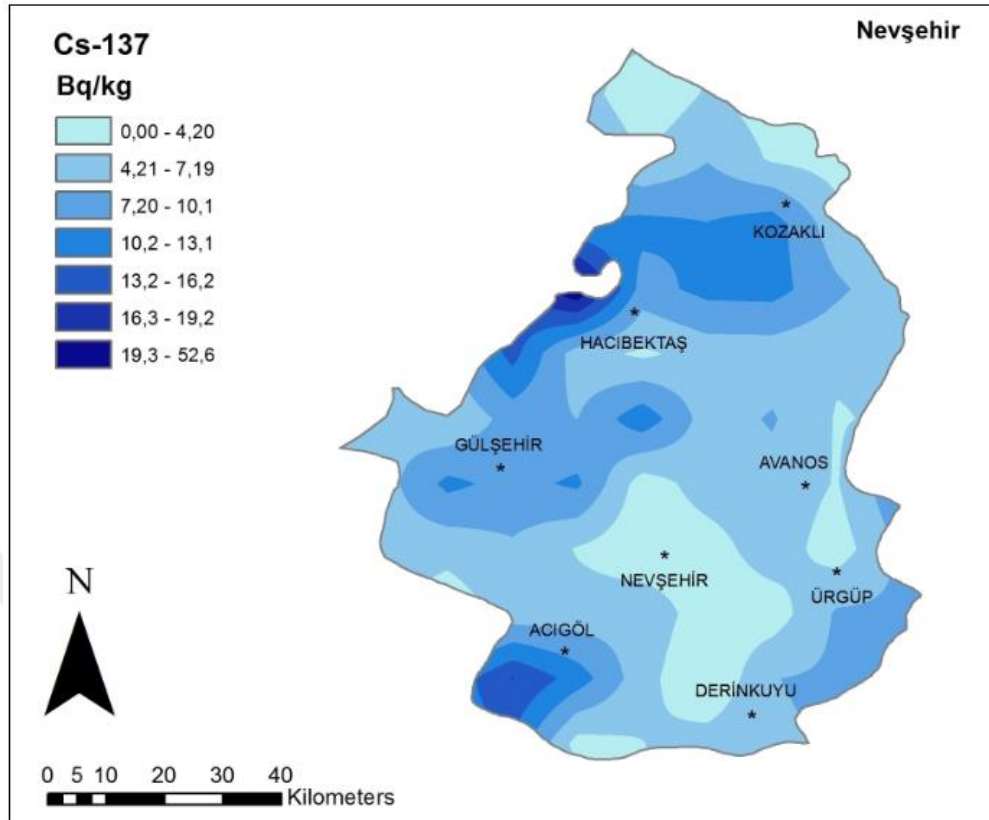
Şekil 4.15: Toprak numunelerinde belirlenen  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre dağılımı.

Nevşehir ilinin toprak numunelerinden elde edilen  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonlarının numune sayısına göre dağılım frekansı da Şekil 4.16'da verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, toprak numunelerinin çoğunun (140 adet)  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları 0-4 Bq/kg aralığında değer almaktadır.



Şekil 4.16: Toprak numunelerinde belirlenen  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonunun numune sayısına göre dağılımı.

Toprak numunelerinden elde edilen  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonu dağılım haritası Şekil 4.17'de verilmektedir.



Şekil 4.17: Toprak numunelerinde belirlenen  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.2.5. Toprak Numunelerinde Doğal Gama Aktivite Konsantrasyonları Arasındaki Korelasyon

İki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin varlığı, bu ilişkinin yönü ve şiddeti korelasyon analizi ile belirlenir. R ile gösterilir. R, -1 ile +1 arasında değişir. Eğer değişkenler arasında doğrusal bir ilişki yoksa  $R=0$  bulunacaktır.  $R>0$  olduğu durumlar değişkenler arasında aynı yönlü bir ilişki olduğunu,  $R<0$  olması ise ters yönlü bir ilişki olduğunu gösterir. R, +1'e ne kadar yakın ise değişkenler arasındaki doğrusal ilişki o kadar kuvvetli anlamına gelir.

İki değişken arasındaki korelasyon katsayısı denklem 4.1'den yararlanılarak hesaplanabilir.

$$R = \frac{\Sigma(xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)/n}{\sqrt{\left(\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}\right) \left(\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n}\right)}} \quad (4.1)$$

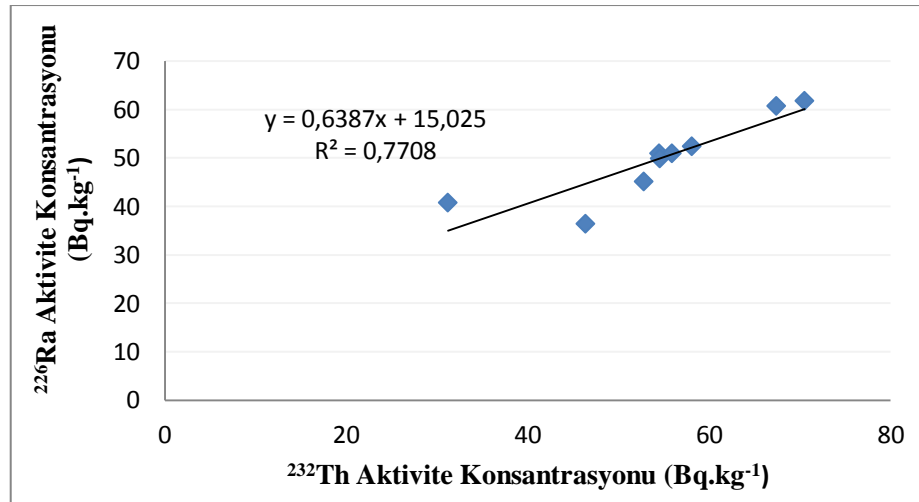
Burada; x ve y birinci ve ikinci değişkenleri, n de değişken sayısını ifade etmektedir.

Bu çalışmada elde edilen ( $^{226}\text{Ra} - ^{232}\text{Th}$ ), ( $^{226}\text{Ra} - ^{40}\text{K}$ ) ve ( $^{232}\text{Th} - ^{40}\text{K}$ ) aktivite konsantrasyonları arasındaki ilişki Tablo 4.6'da verilen değerler kullanılarak belirlenmiştir.

**Tablo 4.6:**  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  radyoizotoplarının ilçelere göre ortalama aktivite konsantrasyonları.

İlçe	Ortalama Aktivite Konsantrasyonları (Bq.kg <sup>-1</sup> )		
	Ra-226	Th-232	K-40
Acıgöl	61.82	70.54	792.25
Avanos	50.98	54.18	703.81
Derinkuyu	45.13	52.82	652.07
Gülşehir	50.98	55.93	722.34
Hacıbektaş	36.36	46.44	637.69
Kozaklı	40.78	31.24	553.78
Merkez	60.72	67.44	786.88
Ürgüp	52.35	58.08	734.45
<b>İl Geneli</b>	<b>49.89</b>	<b>54.58</b>	<b>697.91</b>

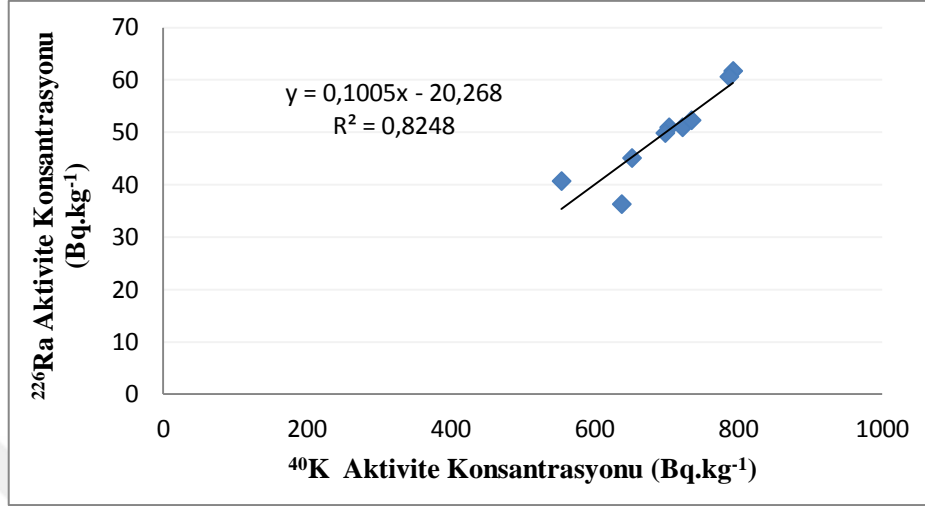
Bu verilerden yararlanarak; ilk olarak,  $^{226}\text{Ra}$  ile  $^{232}\text{Th}$  radyoizotoplarının ortalama aktivite konsantrasyonları arasındaki korelasyon katsayısı hesaplanmış ve grafik oluşturulmuştur. Oluşturulan bu grafik Şekil 4.18'de verilmektedir. Burada, korelasyon katsayısı 0.7708 olarak elde edilmiş olup bu değer,  $^{226}\text{Ra}$  ile  $^{232}\text{Th}$  radyoizotopları arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermektedir.



**Şekil 4.18:**  $^{226}\text{Ra}$  ile  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonları arasındaki korelasyon grafiği.

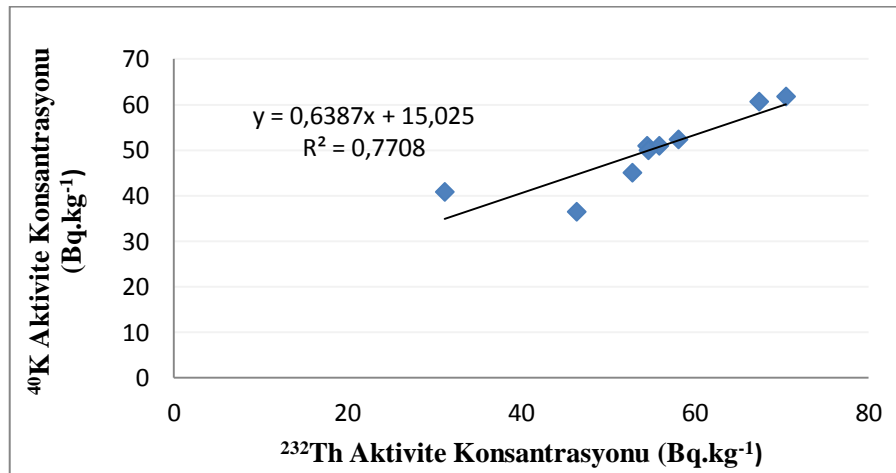
İkinci olarak,  $^{226}\text{Ra}$  ile  $^{40}\text{K}$  radyoizotoplarının ortalama aktivite konsantrasyonları arasındaki korelasyon katsayısı hesaplanmış ve grafik oluşturulmuştur. Oluşturulan bu grafik Şekil 4.19'da verilmektedir. Burada, korelasyon katsayısı 0.8248 olarak elde edilmiş olup bu değer,

$^{226}\text{Ra}$  ile  $^{40}\text{K}$  radyoizotopları arasında  $^{226}\text{Ra}$  ile  $^{232}\text{Th}$  radyoizotopları arasındaki doğrusal ilişkiye nazaran daha kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.19:  $^{226}\text{Ra}$  ile  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları arasındaki korelasyon grafiği.

Üçüncü olarak,  $^{40}\text{K}$  ile  $^{232}\text{Th}$  radyoizotoplarının ortalama radyoaktivite konsantrasyonları arasındaki korelasyon katsayısı hesaplanmış ve grafik oluşturulmuştur. Oluşturulan bu grafik Şekil 4.20'de verilmektedir. Burada, korelasyon katsayısı 0.9586 olarak elde edilmiş olup bu değer,  $^{40}\text{K}$  ile  $^{232}\text{Th}$  radyoizotopları arasında diğerlerine nazaran doğrusal çok kuvvetli bir ilişki olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.20:  $^{40}\text{K}$  ile  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonları arasındaki korelasyon grafiği.

#### 4.3. NEVŞEHİR İLİ TOPRAK NUMUNELERİNDE BELİRLENEN ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI

Yerkabuğunun ana malzemesi olan kayaçların, zamanla iklim şartlarının ve bitki örtüsünün ana kayaya etkisi sonucunda toprak meydana gelmiştir. Toprak oluşumu esnasında ana kayanın içinde bulunan birçok bitki besin maddesi yanında canlılar için ölümcül tehlike oluşturan ağır elementler, mineraller ve ağır metaller de açığa çıkarak toprağa, suya, havaya karışır ve bitkilere, bitkilerden de onları tüketen diğer canlılara geçerler (Atabey, 2005).

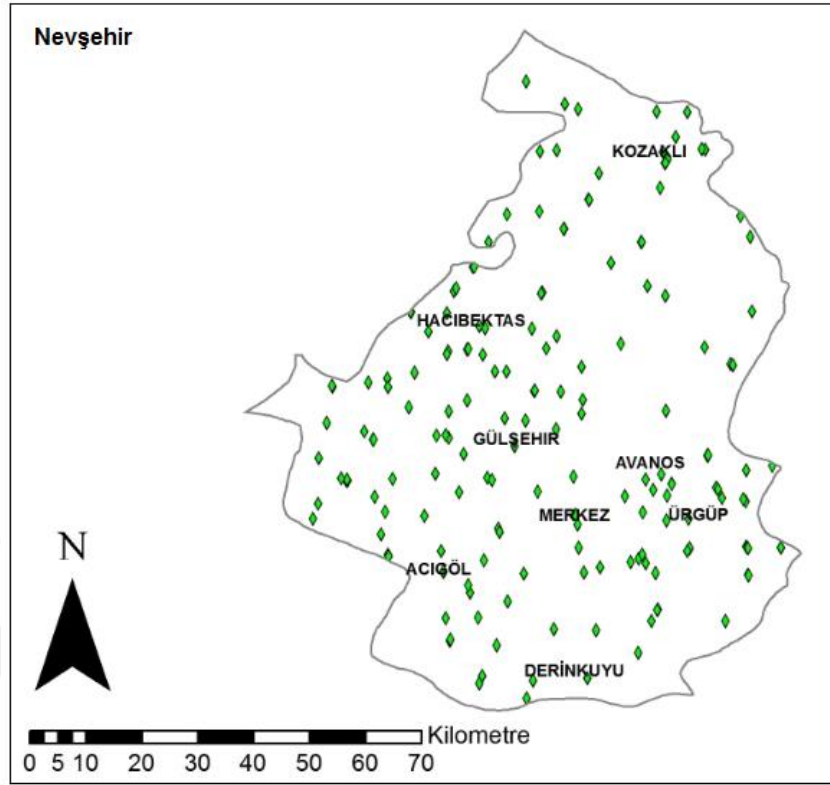
Ağır metaller, fiziksel özellik açısından yoğunluğu (özellik ağırlığı) 5 g/cm<sup>3</sup>'den ve atom numarası 20'den büyük olan elementlere denir. 60'tan fazla olan ağır metaller arasında en sık rastlanan ve tanınanlar; Ag, As, Cu, Cd, Cr, Co, Fe, Hg, Mn, Ni, Se, Sb, Pb, V, Th, U, Zr ve Zn'dur (Kahvecioğlu ve diğ., 2001; Yaşar, 2009).

Doğada bulunan As, Cd, Cr<sup>+6</sup>, Hg ve Pb gibi ağır metaller, canlılar için mutlak gerekli olmayıp eser miktarları bile toksik etki gösterirler. Cu, Co, Cr<sup>+3</sup>, Fe, Mn, Mo, Zn, V ve Ni gibi ağır metaller ise canlılar için belli bir miktara kadar gerekli olup normalin altında veya üzerinde olduklarında son derece önemli sağlık sorunlarına neden olabilirler. Çok düşük konsantrasyonlarda olduğu için bu elementlere iz veya eser element adı verilir.

Ağır metallerin büyük bir bölümü biyolojik organizmalarda birikme özelliği gösterir. Birikim miktarı etkili dozlara ulaştığında ciddi hastalıklara hatta ölümlere neden olabilirler (Yaşar, 2009).

Nevşehir ilinden alınan 176 adet toprak numunesinde WDXRF Spektrometresi ile CaO, TiO<sub>2</sub>, V, Cr, Mn, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, La, Ce, Pb, Th ve U gibi çoğu ağır metal olan toplam 23 adet bileşik ve elementlerin konsantrasyon seviyeleri µg/g (mg/kg, ppm) olarak belirlenmiş olup EK-3'de verilmektedir.

Şekil 4.21'de de eser element ve ağır metal analizleri yapılan toprak numunelerinin alım noktaları harita üzerinde görülmektedir.



**Şekil 4.21:** Eser element ve ağır metal analizleri yapılan toprak numunesi alım noktalarının Nevşehir il haritası üzerinde dağılımı.

Bileşik ve elementlerin ilçelere göre ortalama değerleri Tablo 4.7’de verilmektedir. Bu çalışmada, konsantrasyonları belirlenen ve insan sağlığı açısından önemli olan, çoğu ağır metal olarak bilinen As, Ba, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sr, Th, U ve Zn gibi eser elementlerin de haritalandırma çalışmaları yapılmıştır.

Nevşehir toprak numunelerinden elde edilen bu elementlerin analiz sonuçlarını karşılaştırmak için ilk olarak; Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 2005 yılında Resmi Gazetede<sup>28</sup> yayımlanan “Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”nde yer alan “Toprak Kirlilik Parametreleri Sınır Değerleri” kapsamında “Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri ile Kirlenmiş Toprakta Arıtma Sonucu Uyulması Gereken Sınır Değerler”in bulunduğu tablolardan (Tablo 4.8 ve Tablo 4.9) yararlanılmıştır.

<sup>28</sup> [www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050531-6.htm](http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050531-6.htm)



Tablo 4.8 ve Tablo 4.9’da pH 5-6 ve pH>6 için kuru topraktaki elementlerin konsantrasyonları verilmektedir. Karşılaştırma yapılabilmesi için Nevşehir ili toprak numunelerinin pH değerleri de tespit edilmiştir. Nevşehir toprak numunelerinde pH>7.5 elde edilmiştir. Dolayısıyla elementlerin karşılaştırmaları yapılırken pH>6 kuru toprak için verilen değerler dikkate alınmıştır.

**Tablo 4.8:** Çevre ve Orman Bakanlığı Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Toprak Kirlilik Parametreleri Sınır Değerleri, Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerler (2005).

Ağır Metal	pH 5-6	pH > 6
	(mg/kg) kuru toprak	(mg/kg) kuru toprak
<b>Kurşun</b>	50	300
<b>Kadmiyum</b>	1	3
<b>Krom</b>	100	100
<b>Bakır*</b>	50	140
<b>Nikel*</b>	30	75
<b>Çinko*</b>	50	300
<b>Cıva</b>	1	1.5

\* pH değeri 7’den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50’ye kadar artırabilir.

**Tablo 4.9:** Çevre ve Orman Bakanlığı Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Toprak Kirlilik Parametreleri Sınır Değerleri, Kirlenmiş Toprakta Arıtma Sonucu Uyulması Gereken Sınır Değerler (2005).

Kirlilik Parametreleri	Sınır Değerler (mg/kg)
<b>Kobalt</b>	20
<b>Arsenik</b>	20
<b>Baryum</b>	200
<b>Molibden</b>	10
<b>Kalay</b>	20
<b>Selenyum</b>	5
<b>Talyum</b>	1
<b>Uranyum</b>	5

İkinci olarak; Kabata-Pendias ve Mukherjee tarafından yazılan “Trace Elements from Soil to Human” adlı 2007 yılında yayınlanan kitaptan yararlanılmıştır. Bu kitapta toprak numunelerinde belirlenen elementlerin konsantrasyonları, Kabata-Pendias ve Sadurski (2004) ve Chen (1999) tarafından derlenmiş ve literatürde en yaygın olarak kullanılan değerlerin, hatta çeşitli rapor, doküman ve internet verilerinin bir araya getirilerek bazı Avrupa Ülkelerinde önerilen değerlerin de verildiği Tablo 4.10 kullanılmıştır.

**Tablo 4.10:** Toprak numunelerinde belirlenen eser elementler için; maksimum izin verilebilir değer aralığı ve bazı Avrupa Ülkelerinde önerilen değer aralıkları (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Analitler	Maksimum İzin Verilebilir	Bazı Avrupa Ülkelerinde
	Konsantrasyon Aralığı*	Önerilen Değer Aralığı**
	(mg/kg)	(mg/kg)
<b>Ag</b>	-	2 - 40
<b>As</b>	15-20	10 - 65
<b>Ba</b>	-	400 - 600
<b>Be</b>	10	10 - 300
<b>Cd</b>	1 - 5	2 - 10
<b>Co</b>	20 - 50	30 - 100
<b>Cr</b>	50 - 200	50 - 450
<b>Cu</b>	60 - 150	60 - 500
<b>Hg</b>	0.5 - 5	1.5 - 10
<b>Mo</b>	4 - 10	5 - 20
<b>Ni</b>	20 - 60	75 - 150
<b>Pb</b>	20 - 300	50 - 300
<b>Sb</b>	10	10 - 20
<b>Se</b>	-	3 - 10
<b>Sn</b>	-	35 - 50
<b>V</b>	150	100 - 340
<b>Zn</b>	100 - 300	200 - 1500

\* Bu değerler, Kabata-Pendias ve Sadurski (2004) ve Chen (1999) tarafından derlenmiş olup literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır.

\*\* Bazı Avrupa ülkelerinde önerilen bu değerler, çeşitli rapor, belge ve internet verilerinden derlenmiştir.

Üçüncü olarak da; yine Kabata-Pendias ve Mukherjee tarafından yazılarak 2007 yılında yayınlanan kitapta yer alan, farklı ülkelerin; İsveç (Eriksson, 2001a), Japonya (Takeda ve diğ., 2004), Parana-Brezilya (Licht, 2005), U.S. (Burt ve diğ., 2003; Shacklette ve Boerngen, 1984) ve Dünya genelinde (Kabata-Pendias ve Pendias, 1999-2001) yüzey toprak numunelerinde belirlenen eser elementlerin konsantrasyonunun bulunduğu tablodan yararlanılmıştır (Tablo 4.11).

Ayrıca aynı tabloda Çin topraklarında yapılan çalışmadan (He ve diğ., 2005) alınan ortalama eser element konsantrasyonları da verilmektedir.

**Tablo 4.11:** Farklı ülkelerin toprak numunelerinde belirlenen eser elementlerin ortalama konsantrasyonu (mg/kg) (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007).

Element	A	B	C	D	E	F
As	4.70	3.80	-	-	7.20	10.38
Ba	362	608	350	-	580	-
Cd	1.10	0.17	0.33	0.18	<0.01 - 41	0.10
Ce	49	60	52	89	75	-
Cs	8.00	1.70	5.40	4.60	-	-
Cr	42	22	58	86	54	< 100
Co	6.90	7.10	18	17	9.10	5 - 40
Cu	14	17	48	109	25	22
Ga	1.20	8.90	20	31	17	-
La	26	33	23	34	37	-
Pb	25	18	24	22	19	13-42
Mn	418	411	-	535	550	-
Ni	18	13	26	25	19	35
Nb	12	12	10	25	11	-
Rb	50	116	70	18	67	-
Sr	147	163	190	-	240	-
Th	8.20	8.10	9	11	9.40	-
Ti	-	3700	-	15480	2900	-
U	3.70	4.40	1.90	2.90	2.70	-
V	60	69	180	320	80	-
Y	12	27	21	27	25	-
Zn	62	65	89	73	60	< 3-790
Zr	300	308	92	421	230	-

A - Dünya ortalaması (Kabata-Pendias ve Pendias, 1999-2001)

B - İsveç ortalaması (Eriksson, 2001a)

C - Japonya ortalaması (Takeda ve diğ., 2004)

D - Parana State (Brezilya) ortalaması (Licht, 2005)

E - U.S. ortalaması (Burt ve diğ., 2003; Shacklette ve Boerngen, 1984)

F - Çin ortalaması (He ve diğ., 2005)

#### 4.3.1. Toprak Numunelerinde Arsenik (As) Konsantrasyonu

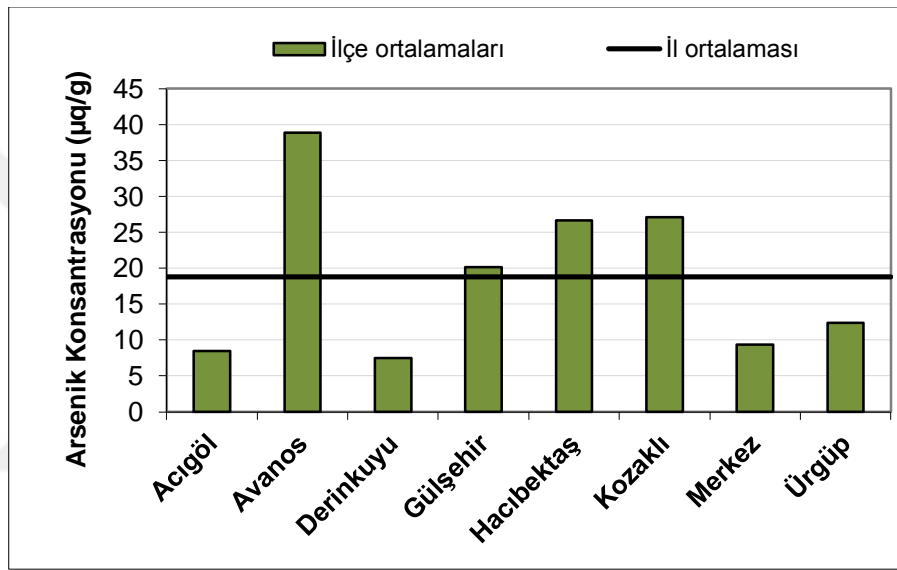
Arsenik atom numarası 33 ve yoğunluğu  $5.72 \text{ g/cm}^3$  olan, yarı metal grubunda en toksik elementlerden biri olan ağır metal bir maddedir. Arsenik ve inorganik arsenik bileşenleri, WHO'nün bir yan kuruluşu olan IARC tarafından "Grup 1 - insanlarda kanserojen" olarak sınıflandırılır. İnsanlar arseniğe, As içeren toprak veya su ile deri temasında bulunarak ya da hava ve besin zinciri yoluyla maruz kalabilirler<sup>29</sup>.

Arsenik zehirlenmelerinde yutma güçlüğü, karın ağrısı, kusma, ishal, kas krampları, susuzluk hissi, koma ve ölüm görülmektedir. Arsenik özellikle saç ve tırnakta birikerek deri, akciğer ve

<sup>29</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_1\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_1_carcinogens#Substances)

mesane kanserine neden olabilir. Nefeste sarımsak kokusu, aşırı terleme, kas güçsüzlüğü, deride renk değişikliği, el ve ayaklarda duyu kaybı ve ayakta kangren ile kendini belli eder (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010).

Şekil 4.22’de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen As konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi;  $38.85 \pm 84.27 \mu\text{g/g}$  ile en yüksek ortalama değer Avanos ve  $7.48 \pm 1.63 \mu\text{g/g}$  ile de en düşük ortalama değer Derinkuyu ilçesine ait olduğu görülmektedir.

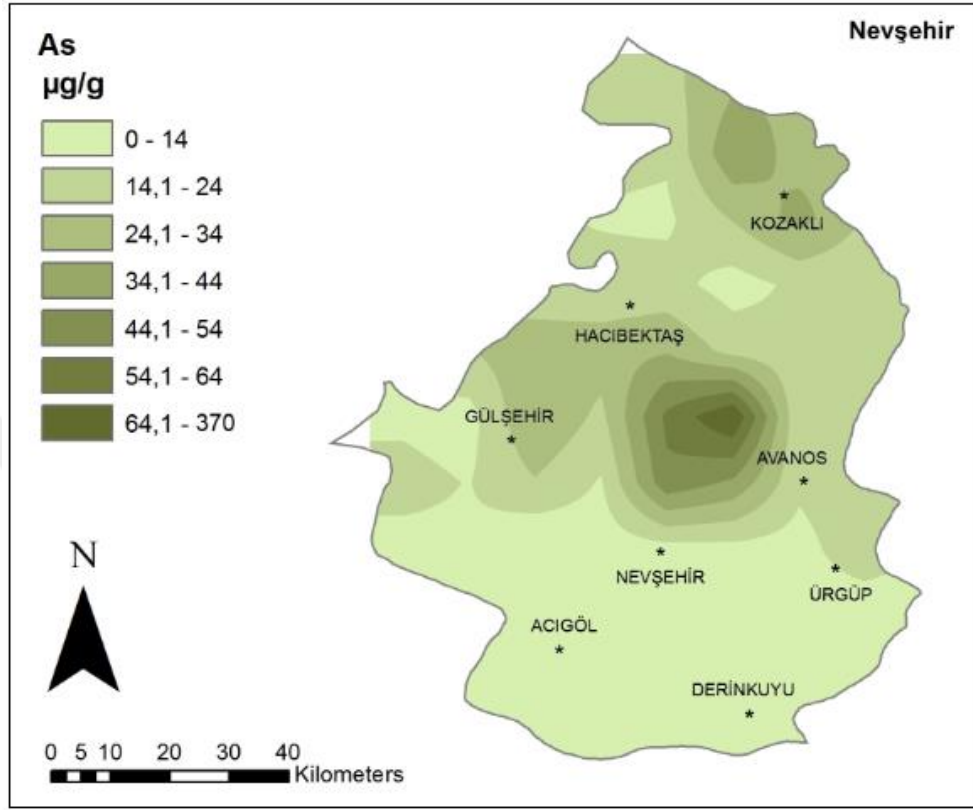


Şekil 4.22: Toprak numunelerinde belirlenen As konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl genelinde elde edilen en yüksek değer  $370.00 \mu\text{g/g}$  olarak Avanos ilçesine bağlı Büyük Ayhan köyü yolu üzerinden alınan toprak numunesinden ve en düşük değer de  $1.40 \mu\text{g/g}$  olarak Acıgöl ilçesi Tatların Beldesi (1)’nden alınan toprak numunesinden elde edilmiştir. Şekil 4.23’de Nevşehir ili toprak numunelerinde As konsantrasyonu dağılım haritası gösterilmektedir.

İl ortalaması  $18.86 \pm 11.33 \mu\text{g/g}$  olarak elde edilen ve zararlı bir metal olan As için sınır değer, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından Toprak Kirlilik Yönetmeliğinde, Toprak Kirlilik Parametreleri Sınır Değerleri’nde  $\text{pH} > 6$  kuru toprak için  $20 \mu\text{g/g}$  olarak verilmiştir. Buna göre ilçe ortalamaları olarak Avanos ( $38.85 \pm 84.27 \mu\text{g/g}$ ), Gülşehir ( $20.14 \pm 14.54 \mu\text{g/g}$ ), Hacıbektaş ( $26.65 \pm 23.61 \mu\text{g/g}$ ) ve Kozaklı ( $27.08 \pm 27.59 \mu\text{g/g}$ ) ilçelerinden alınan toprak numunelerinin As konsantrasyonları limit değerinin üzerinde elde edilmiştir.

İl geneline bakıldığında; toplamda 51 adet toprak numunesinden elde edilen As elementi konsantrasyonlarının 20  $\mu\text{g/g}$  limit değerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.23: Nevşehir ili toprak numunelerinde As konsantrasyonu dağılım haritası.

Ayrıca Kabata-Pendias ve Mukherjee, kitabında As elementi için, maksimum izin verilebilir aralık 15-20 mg/kg ( $\mu\text{g/g}$ ) ve Avrupa Ülkelerinde önerilen aralık da 10-65 mg/kg olarak verilmiştir (Tablo 4.10).

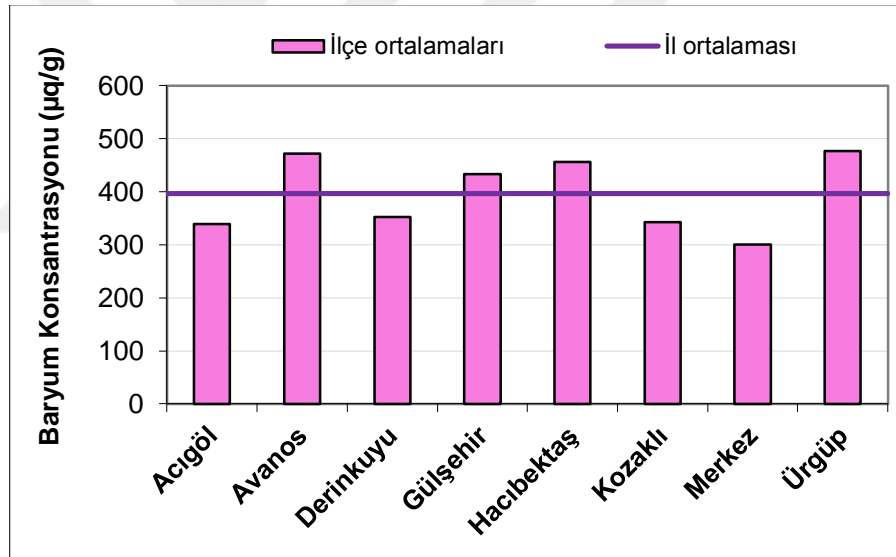
Nevşehir ilinde yapılan çalışmada, 6 adet toprak numunesinden elde edilen As elementi konsantrasyonunun, 65  $\mu\text{g/g}$  değerinin de üzerinde olduğu görülmüştür.

Tablo 4.11’de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin toprak numunelerinde belirlenen ortalama As konsantrasyonları ile kıyaslandırma yapıldığında da Nevşehir il ortalamasının çok daha yüksek olduğu görülmüştür.

#### 4.3.2. Toprak Numunelerinde Baryum (Ba) Konsantrasyonu

Baryum atom numarası 56 ve yoğunluğu  $3.62 \text{ g/cm}^3$  olan, toprak alkali metal grubunda bulunan toksik elementlerden biridir. Baryumun doğada doğal olarak bulunma seviyesi oldukça düşüktür. Suda çözünen baryumun az miktarda alınması, nefes alıp vermede zorluğa, kan basıncının artmasına, kalp ritmi değişikliğine, mide tahrişine, kas güçsüzlüğüne, sinir reflekslerinde değişikliğe, beyin ve karaciğerde şişkinliğe, böbrek ve kalp rahatsızlıklarına neden olabilmektedir. Ancak insanlarda kansere neden olduğu gözlenmemiştir<sup>30</sup>.

Şekil 4.24’de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Ba konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi;  $476.37 \pm 147.39 \text{ } \mu\text{g/g}$  ve  $471.31 \pm 157.77 \text{ } \mu\text{g/g}$  ile en yüksek iki ortalama değer sırasıyla Ürgüp ve Avanos ilçelerine,  $300.43 \pm 235.04 \text{ } \mu\text{g/g}$  ile de en düşük ortalama değer Merkez ilçesine aittir.

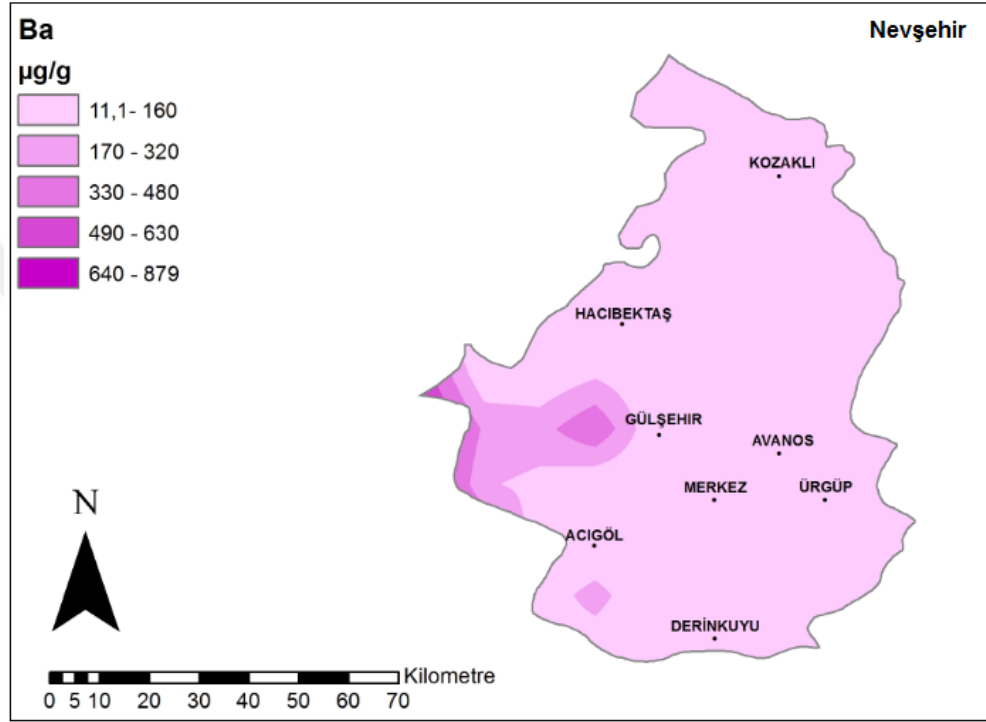


Şekil 4.24: Toprak numunelerinde belirlenen Ba konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl genelinde, en yüksek değer  $879.00 \text{ } \mu\text{g/g}$  olarak Gülşehir ilçesine bağlı Yalıntaş köyünden alınan taş numunesinden ve en düşük değerde  $11.10 \text{ } \mu\text{g/g}$  olarak Merkez ilçesi Nar Beldesi (2)’den alınan toprak numunesinden elde edilmiştir. Şekil 4.25’de Nevşehir ili toprak numunelerinde Ba konsantrasyonunun dağılım haritası gösterilmektedir.

<sup>30</sup> <http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>.

İl ortalaması  $396.32 \pm 69.89 \mu\text{g/g}$  olarak bulunan Ba elementi için sınır değer, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından  $200.00 \mu\text{g/g}$  olarak belirlenmiştir. Buna göre tüm ilçelerin Ba elementi ortalama konsantrasyonları limit değerinin çok üzerinde elde edilmiş olup il geneli ele alındığında toplamda sadece 13 adet toprak numunesinden elde edilen Ba elementi konsantrasyonlarının  $200.00 \mu\text{g/g}$  limit değerinin altında olduğu gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.25:** Nevşehir ili toprak numunelerinde Ba konsantrasyonu dağılım haritası.

Ayrıca Kabata-Pendias ve Mukherjee, kitabında Ba elementi için, bazı Avrupa Ülkelerinde önerilen aralık  $400-600 \text{ mg/kg}$  olarak verilmiştir. Buna göre Nevşehir ilinde yapılan çalışmada, Avanos ( $471.31 \pm 157.77 \text{ mg/kg}$ ), Gülşehir ( $432.46 \pm 126.08 \text{ mg/kg}$ ), Hacibektaş ( $455.94 \pm 90.30 \text{ mg/kg}$ ) ve Ürgüp ( $476.37 \pm 147.39 \text{ mg/kg}$ ) ilçe ortalama değerleri bu aralıkta yer almaktadır.

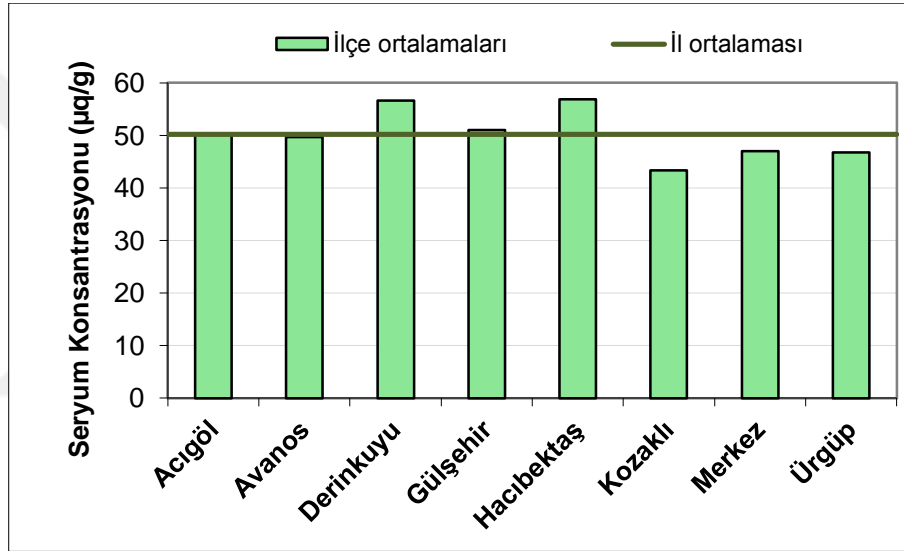
İl geneline bakıldığında ise; 21 adet toprak numunesinden elde edilen Ba elementi konsantrasyonunun,  $600 \text{ mg/kg}$  değerinin de üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.11’de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama Ba konsantrasyonuna bakıldığında; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya ve Japonya ortalama değerinden yüksek, İsveç ve Amerika ortalama değerinden düşük olduğu görülmüştür.

#### 4.3.3. Toprak Numunelerinde Seryum (Ce) Konsantrasyonu

Seryum atom numarası 58 ve yoğunluğu  $6.77 \text{ g/cm}^3$  olan, lantanit grubunda bulunan iç geçiş metalidir. Lantanit grubunun en bol bulunan metalidir. Kalay veya kurşundan çok daha zengin ve neredeyse çinko kadar bol miktarda bulunur. Demirle olan alaşımı çakmıklarda kullanılır<sup>31</sup>.

Şekil 4.26'da Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Ce konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi;  $56.91 \pm 12.47 \text{ } \mu\text{g/g}$  ve  $56.63 \pm 11.22 \text{ } \mu\text{g/g}$  ile en yüksek iki ortalama değer sırasıyla Hacıbektaş ve Derinkuyu ilçesine,  $43.35 \pm 14.37 \text{ } \mu\text{g/g}$  ile de en düşük ortalama değer Kozaklı ilçesine aittir.



Şekil 4.26: Toprak numunelerinde belirlenen Ce konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl genelinde, en yüksek değer 123.30  $\mu\text{g/g}$  olarak Avanos ilçesine bağlı Büyük Ayhan köyü yolu üzerinden alınan toprak numunesinde ve en düşük değerinde 11.10  $\mu\text{g/g}$  olarak Kozaklı ilçesi Konak Termal Tesisi'nden alınan toprak numunesinde elde edilmiştir. İl ortalama değeri  $50.21 \pm 4.72 \text{ } \mu\text{g/g}$  olarak elde edilmiştir.

İlçe ortalamalarına göre; Acıgöl ilçesi Ce ortalaması ( $50.21 \pm 12.89 \text{ } \mu\text{g/g}$ ) il ortalaması ile aynı değere sahipken, Derinkuyu ( $56.63 \pm 11.22 \text{ } \mu\text{g/g}$ ), Gülşehir ( $51.07 \pm 12.26 \text{ } \mu\text{g/g}$ ) ve Hacıbektaş ( $56.91 \pm 12.47 \text{ } \mu\text{g/g}$ ) ilçelerinin ortalamaları il ortalamasının üzerindedir.

<sup>31</sup> <http://www.rsc.org/periodic-table/element/58/cerium>

Tablo 4.11’de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama Ce konsantrasyonuna bakıldığında; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya ortalama değerinin üzerinde, ancak İsveç, Japonya, Brezilya ve Amerika ortalama değerinin altında olduğu görülmüştür.

#### 4.3.4. Toprak Numunelerinde Kobalt (Co) Konsantrasyonu

Kobalt atom numarası 27 ve yoğunluğu  $8.86 \text{ g/cm}^3$  olan bir geçiş metali olup ağır metal bir maddedir. Toprakta kobaltın bulunabilirliği ve çözünürlüğü beslenme açısından önemlidir. Toprakta uygun miktarda Co, biyolojik aktivite için gereklidir. Çünkü Co, insandaki alyuvarların olgunlaşmasında gerekli olan B12 vitamininin bir parçası olup besinsel mineraldir. Kobaltca zengin topraklarda yetişen bitkilerde de bu metalin miktarının arttığı görülmüştür. Eksikliği, bir çeşit kansızlık yapar. Aşırı miktarlar astım, zatürre gibi akciğer rahatsızlıkları, kusma, bulantı, özellikle çocuklarda tiroid eksikliği ve kalp yetersizliği gibi tehlikeli durumların ortaya çıkmasına neden olabilir (Kaim ve Schwederski, 2004; Bakırcıoğlu, 2009).

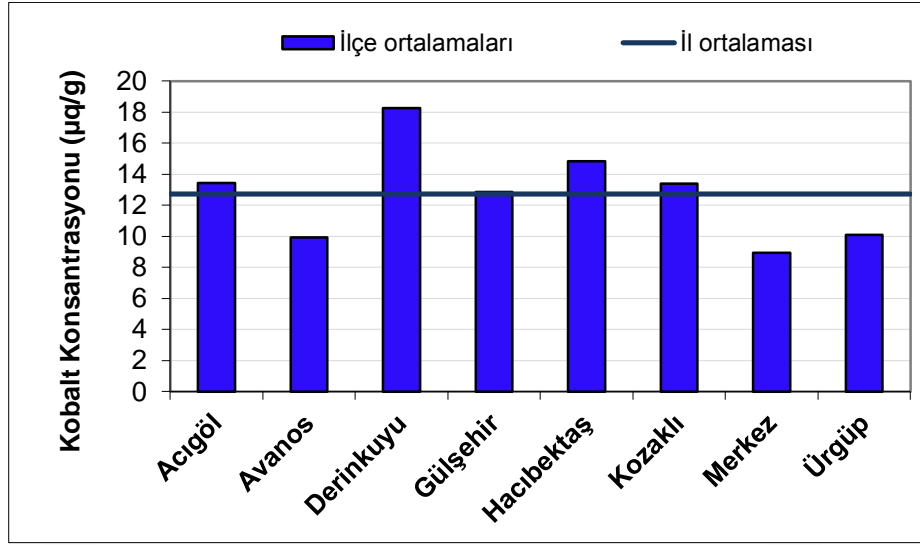
Kobalt ve bileşenlerinin insanlar üzerinde kansere neden olduğuna dair henüz kesin bulgular olmamasına rağmen, WHO’nün bir yan kuruluşu olan IARC tarafından “Grup 2B - insanlarda olasılıkla kanserojen” olarak sınıflandırılır<sup>32</sup>.

Şekil 4.27’de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Co konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi;  $18.27 \pm 7.62 \text{ } \mu\text{g/g}$  ile en yüksek ortalama değer Derinkuyu ilçesine ve  $8.95 \pm 3.05 \text{ } \mu\text{g/g}$  ile de en düşük ortalama değer Merkez ilçesine aittir.

İl genelinde en yüksek değer  $31.30 \text{ } \mu\text{g/g}$  olarak Derinkuyu ilçesine bağlı Kuyulutatlar köyü çıkışından alınan siyah renkteki taş numunesinden ve en düşük değerde  $1.00 \text{ } \mu\text{g/g}$  olarak Ürgüp ilçesi Karain köyü eski yerleşim yerinden alınan tüflü toprak numunesinden elde edilmiştir.

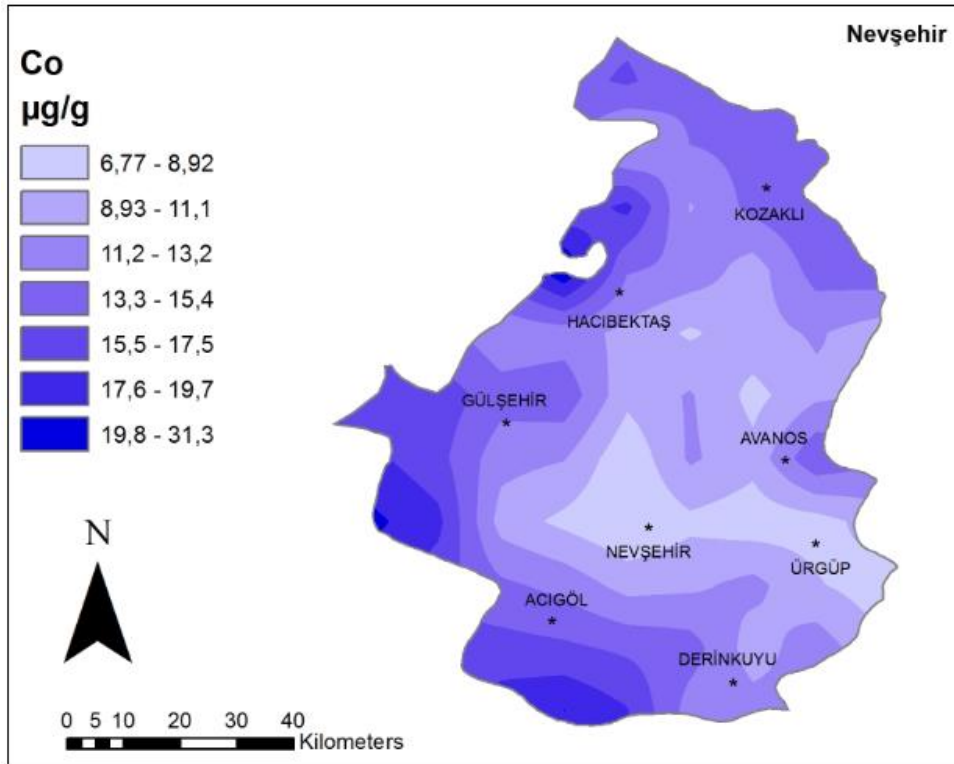
İl ortalaması  $12.72 \pm 3.05 \text{ } \mu\text{g/g}$  olup Co elementi için Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 2005 yılında sınır değer  $20 \text{ } \mu\text{g/g}$  olarak belirlenmiştir. Buna göre ilçe ortalamalarının tamamı sınır değerinin altında elde edilmiştir. İl genelinde ise sadece 13 adet toprak numunesinden elde edilen Co konsantrasyonları  $20 \text{ } \mu\text{g/g}$  limit değerinin üzerinde elde edilmiştir.

<sup>32</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_2B\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_2B_carcinogens#Substances)



Şekil 4.27: Toprak numunelerinde belirlenen Co konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

Şekil 4.28’de Nevşehir ili toprak numunelerinde ağır metal Co konsantrasyonu dağılım haritası gösterilmektedir.



Şekil 4.28: Nevşehir ili toprak numunelerinde Co konsantrasyonu dağılım haritası.

Kabata-Pendias ve Mukherjee, kitabında Co elementi için, maksimum izin verilebilir aralık 20-50 mg/kg ( $\mu\text{g/g}$ ) ve Avrupa Ülkelerinde önerilen aralık da 30-100 mg/kg ( $\mu\text{g/g}$ ) olarak verilmiştir. Nevşehir ilinde yapılan çalışmada, Co elementi konsantrasyonu, sadece Derinkuyu ilçesine bağlı Kuyulutatlar köyü çıkışından alınan parlak siyah renkteki taş numunesinde 31.30  $\mu\text{g/g}$  olarak elde edilmiş olup diğer tüm sonuçların bu değer altında olduğu görülmüştür.

Ayrıca Tablo 4.11'de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama Co konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya, İsveç ve Amerika ortalama değerinden yüksek, Japonya ve Brezilya ortalama değerinden düşük, Çin ortalama değer aralığında kaldığı görülmüştür.

#### 4.3.5. Toprak Numunelerinde Krom (Cr) Konsantrasyonu

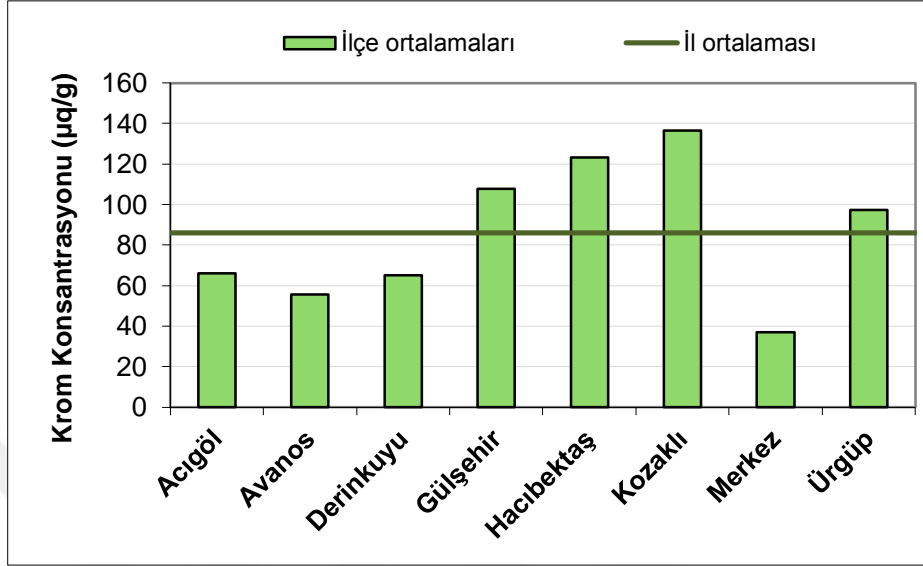
Krom, atom numarası 24 ve yoğunluğu  $7.19 \text{ g/cm}^3$  olan geçiş metali grubunda toksik bir ağır metaldir. Daha çok  $\text{Cr}^{+3}$  formunda bulunur. Cr eksikliği, kurşun toksisitesini artırırken, vücutta aşırı miktarda biriken  $\text{Cr}^{+6}$  farklı kanser tiplerinin oluşumuna neden olur.  $\text{Cr}^{+6}$  iyonu bileşenleri, WHO'nün IARC kuruluşu tarafından "Grup 1 - insanlarda kanserojen" olarak sınıflandırılırlar. Solunumla alınan Cr tozları, farenjit ve bronşite neden olduğu gibi aşırı Cr minerali alımı Cr zehirlenmesine de neden olur (Yaşar, 2009).

Cr, vücutta insülin hareketini sağlayarak karbonhidrat, su ve protein metabolizmasını etkiler (Kahvecioğlu ve diğ., 2001). Glikoz ve yağ metabolizmasında, aminoasitlerin kullanımında, insan metabolizmasında şeker hastalığı ve damar sertliğinden korunmak için gerekli, ayrıca kemiklere de faydası olan bir elementtir. Cr eksikliği, kilo kaybı ya da fazla kilo alımına, periferik sinir hastalığına, konsantrasyon bozukluğuna, şeker tolerans bozukluğuna ve damar sertliği riskinde artışa neden olur (Güler ve Çobanoğlu, 1997; Yaşar, 2009).

Şekil 4.29'da Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Cr konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi;  $136.36 \pm 68.23 \mu\text{g/g}$  ile en yüksek ortalama değer Kozaklı ilçesine ve  $36.87 \pm 28.17 \mu\text{g/g}$  ile de en düşük ortalama değer de Merkez ilçesine aittir.

İl genelinde en yüksek değer  $713.20 \mu\text{g/g}$  olarak Ürgüp ilçesine bağlı Akköy (2)'den alınan toprak numunesinden ve en düşük değerde  $3.40 \mu\text{g/g}$  olarak Merkez ilçesine bağlı İcik (2)

köyünden alınan toprak numunesinden elde edilmiştir. Ayrıca Cr konsantrasyonu Nevşehir il genel dağılım haritası Şekil 4.30'da görülmektedir.



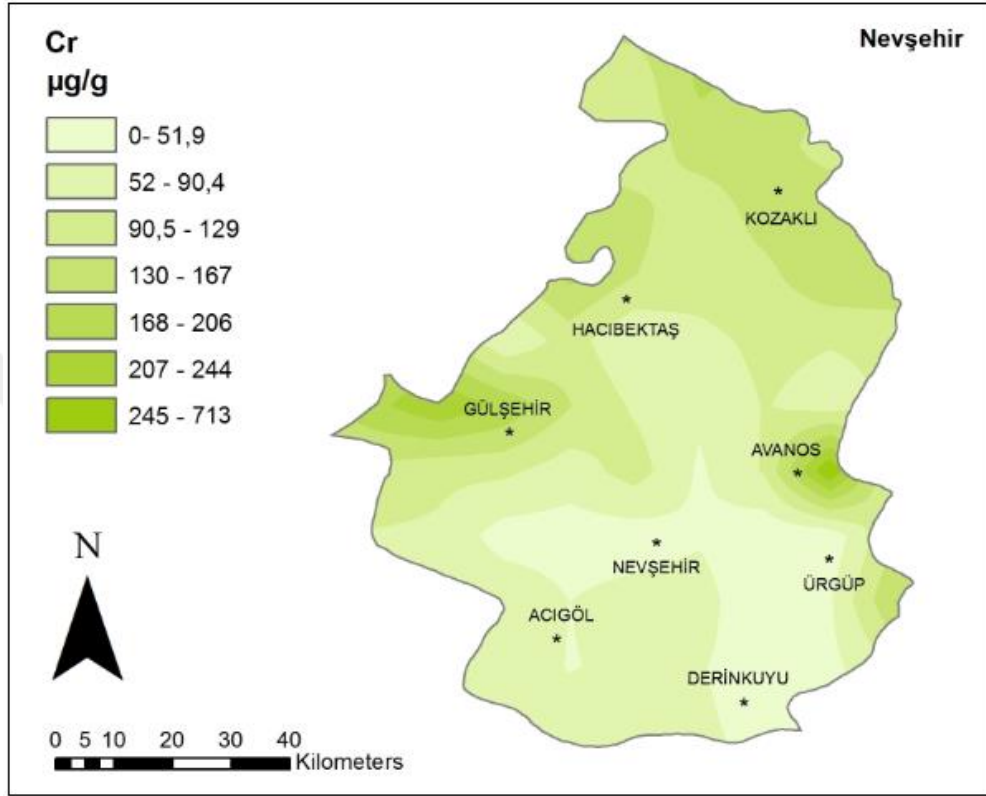
Şekil 4.29: Toprak numunelerinde belirlenen Cr konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl ortalaması  $86.03 \pm 35.26 \mu\text{g/g}$  olup Cr elementi için Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından sınır değeri  $100 \mu\text{g/g}$  olarak belirlenmiştir. Buna göre Kozaklı ( $136.36 \pm 68.23 \mu\text{g/g}$ ), Hacıbektaş ( $123.32 \pm 57.08 \mu\text{g/g}$ ), Gülşehir ( $107.67 \pm 103.80 \mu\text{g/g}$ ) ve Ürgüp ( $97.32 \pm 169.97 \mu\text{g/g}$ ) ilçe ortalamaları bu sınır değerinin üzerinde, Acıgöl ( $66.10 \pm 37.75 \mu\text{g/g}$ ), Derinkuyu ( $65.01 \pm 15.87 \mu\text{g/g}$ ), Avanos ( $55.59 \pm 38.82 \mu\text{g/g}$ ) ve Merkez ( $36.87 \pm 28.17 \mu\text{g/g}$ ) ilçe ortalamaları bu sınır değerinin altında elde edilmiştir.

İl genelinde ise toplam 55 adet toprak numunesinden elde edilen Cr konsantrasyonları  $100 \mu\text{g/g}$  olan limit değerinin üzerinde elde edilmiştir.

Ayrıca Kabata-Pendias ve Mukherjee, topraktaki Cr elementi için maksimum izin verilebilir limit değeri aralığını  $50\text{-}200 \text{ mg/kg}$  ve bazı Avrupa Ülkelerinde önerilen değeri aralığını  $50\text{-}450 \text{ mg/kg}$  olarak vermiştir. Buna göre Nevşehir ili toprak numunelerinden elde edilen Cr elementi konsantrasyon değerinin 14 tanesinin  $200 \text{ mg/kg}$ 'ın üzerinde hatta bunlardan 3 tanesinin  $450 \text{ mg/kg}$  değerinin de üzerinde olduğu görülmüştür.

Tablo 4.11’de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama Cr konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya, İsveç, Japonya ve Amerika ortalama değerinden yüksek, Brezilya (Parana) ortalama değerine eşit olduğu görülmüştür.



Şekil 4.30: Nevşehir ili toprak numunelerinde Cr konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.3.6. Toprak Numunelerinde Bakır (Cu) Konsantrasyonu

Bakır atom numarası 29 ve yoğunluğu  $8.96 \text{ g/cm}^3$  olan geçiş metali grubunda toksik bir ağır metaldir. Doğada doğal çok yaygın bir madde olup, insan sağlığı için gerekli olan besinsel mineraldir. Ancak yüksek konsantrasyonda Cu, önemli sağlık problemlerine hatta ölüme bile neden olabilir<sup>33</sup>.

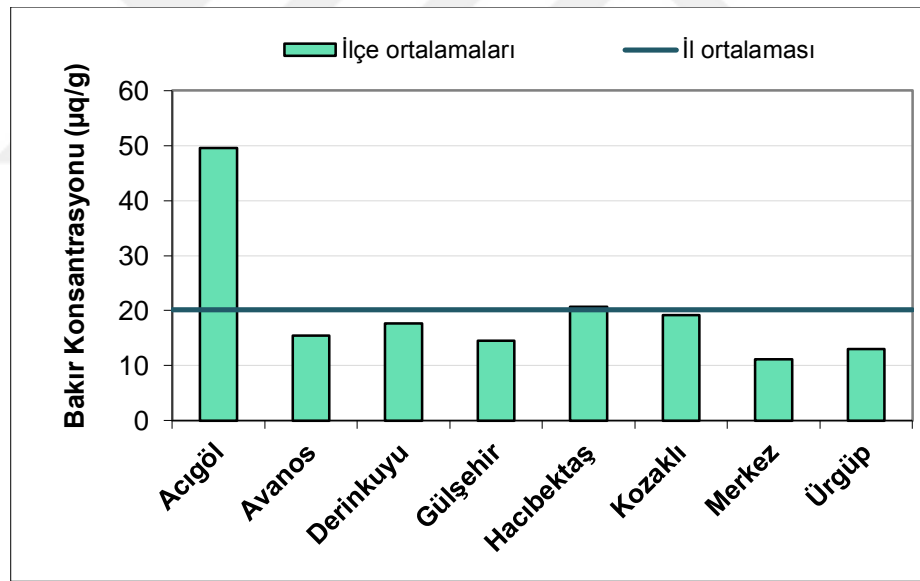
İnsanlarda Cu; aminoasitler, yağ asitleri ve vitaminlerin normal koşullar altında metabolizmadaki reaksiyonlarının vazgeçilmez ögesidir. Birçok enzim ve proteinin yapısında bulunan, karaciğerde depolanan bu mineral, demirin fonksiyonlarını yerine getirmede aktivatör görev üstlenir. Vücut dokusunun yeniden oluşması için gerekli enzimlerin hayati komponenti

<sup>33</sup> <http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>

olup hemoglobine bağı demirin korunması ve C vitamininin kullanımı için de gereklidir. Kanserojen olmadığı bilinen Cu, fazla miktarda alınır, kronik Cu zehirlenmesi olan Wilson Hastalığı ile sonuçlanmakta olup mukoza iltihaplanması, damar hastalıkları, karaciğer ve böbrek hastalıkları ve depresyonla seyreden merkezi sinir sistemi irritasyonları da oluşturabilir (Güler ve Çobanoğlu, 1997; Yaşar, 2009).

Cu eksikliği ise, insanda büyümede gecikme, solunum sisteminde enfeksiyon, kemik erimesi ve kemik yapısı bozukluğu, iştahsızlık, cilt sorunları, tiroid hormonlarında azalma, kolesterol artışı ve kalpte çarpıntı, anemi, saç ve deride renk kaybı gibi rahatsızlıklara neden olur (Dönmez, 2012).

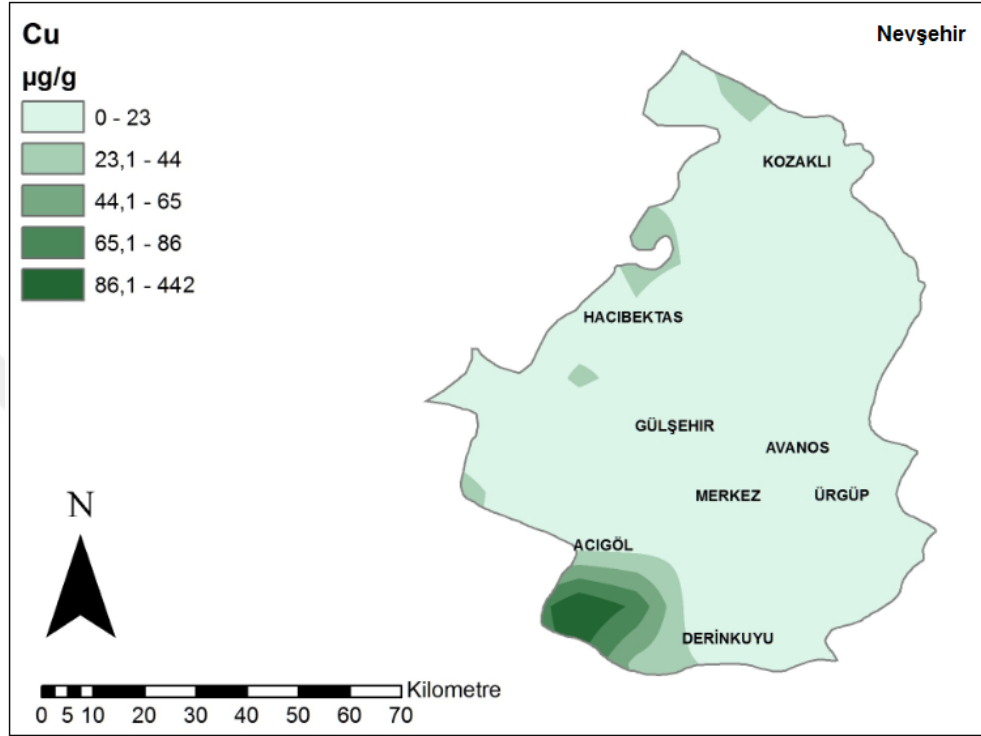
Şekil 4.31’de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Cu konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi;  $49.53 \pm 108.70 \mu\text{g/g}$  ile en yüksek ortalama değer Acıgöl ilçesine ve  $11.15 \pm 6.60 \mu\text{g/g}$  ile de en düşük ortalama değer Merkez ilçesine aittir.



Şekil 4.31: Toprak numunelerinde belirlenen Cu konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl genelinde en yüksek değer  $442.21 \mu\text{g/g}$  olarak Acıgöl ilçesine bağlı Kurugöl (2) köyünden alınan toprak numunesinden ve en düşük değerde  $1.22 \mu\text{g/g}$  olarak Merkez ilçesi Kaymaklı (2) köyünden alınan toprak numunesinden elde edilmiştir. Şekil 4.32’de de Cu konsantrasyonunun Nevşehir il genel dağılım haritası gösterilmektedir.

İl ortalaması  $20.15 \pm 12.29 \mu\text{g/g}$  olup ağır bir metal olan Cu elementi için Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından sınır değer  $140 \mu\text{g/g}$  olarak belirlenmiştir. Buna göre tüm ilçe ortalamaları sınır değerinin altında elde edilmiştir.



Şekil 4.32: Nevşehir ili toprak numunelerinde Cu konsantrasyonu dağılım haritası.

İl genelinde ise sadece bir adet toprak numunesinde (Acıgöl ilçesi Kurugöl (2)) Cu elementi konsantrasyonu ( $442.21 \mu\text{g/g}$ ) sınır değerinin üzerinde elde edilmiştir.

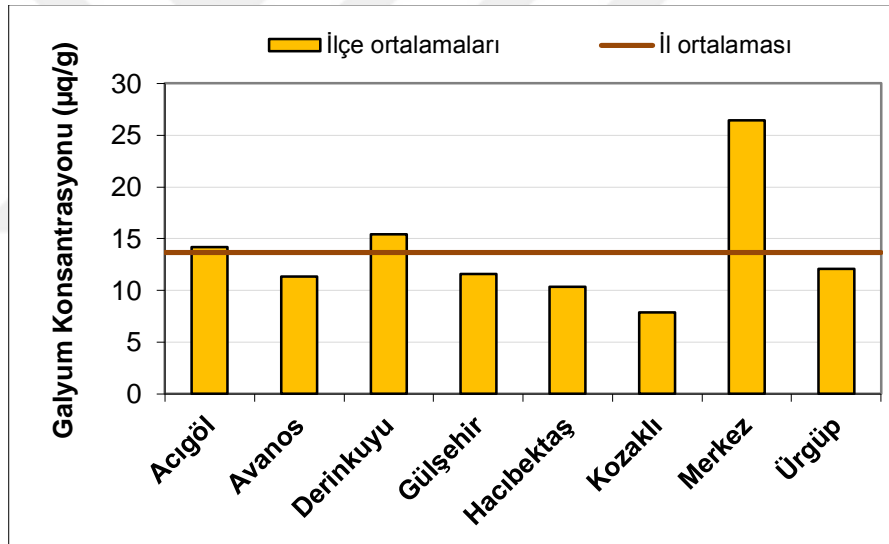
Ayrıca bu  $442.21 \mu\text{g/g}$  değerini, Kabata-Pendias ve Mukherjee tarafından topraktaki Cu elementi için belirlenen maksimum izin verilebilir limit değer aralığının ( $60-150 \text{ mg/kg}$ ) üzerinde ancak bazı Avrupa Ülkelerinde önerilen değer aralığında ( $60-500 \text{ mg/kg}$ ) olduğu görülmüştür.

Tablo 4.11’de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama Cu konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya ve İsveç ortalama değerinden yüksek, Japonya, Amerika, Brezilya (Parana) ve Çin ortalama değerinden düşük olduğu görülmüştür.

#### 4.3.7. Toprak Numunelerinde Galyum (Ga) Konsantrasyonu

Galyum atom numarası 31 ve yoğunluğu  $5.91 \text{ g/cm}^3$  olan ara geçiş metali grubunda, insan elinde bile kolayca eriyebilen bir ağır metaldir. Doğada saf halde bulunmayan ancak elde edilmesi kolay olan bir yan üründür. Bazı spektrografik analizlerin hassaslığını arttırmada ve ayna, cam, porselen vb. maddelerin pürüzsüzlüğünü sağlamada kullanılan bir elementtir. İçerisinde düşük oranda zehir olup yutulmadığı sürece zararı yoktur. Ga'un radyoaktif izotopları (Ga-67, Ga-68, Ga-72) da vardır. Bunlar kanser araştırmalarında kullanılan vücuda enjekte edilerek zararlı etki olmaksızın Ga taramasında kullanılabilir<sup>34</sup>.

Şekil 4.33'de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Ga konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; en yüksek ortalama değer  $26.45 \pm 21.18 \mu\text{g/g}$  ile Merkez ilçesine ve en düşük ortalama değerde  $7.87 \pm 2.78 \mu\text{g/g}$  ile Kozaklı ilçesine aittir.



Şekil 4.33: Toprak numunelerinde belirlenen Ga konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl genelinde en yüksek değer  $89.00 \mu\text{g/g}$  olarak Merkez ilçesine bağlı Güvercinlik (2) bölgesinden alınan toprak numunesinde ve en düşük değer de  $0.84 \mu\text{g/g}$  olarak Kozaklı ilçesi Konak Termal Tesisi'nden alınan toprak numunesinde elde edilmiştir. İl ortalaması  $13.66 \pm 5.65 \mu\text{g/g}$  olarak elde edilmiştir.

<sup>34</sup> <http://www.makaleler.com/galyum-nedir-ozellikleri-kullanimi>

İlçe ortalamalarına bakıldığında; Acıgöl ( $14.07 \pm 1.56 \mu\text{g/g}$ ), Derinkuyu ( $15.41 \pm 1.02 \mu\text{g/g}$ ) ve Merkez ilçelerinin ( $26.45 \pm 21.18 \mu\text{g/g}$ ) ortalama değerleri il ortalamasının üzerindedir. Avanos ( $11.32 \pm 2.92 \mu\text{g/g}$ ), Kozaklı ( $7.87 \pm 2.78 \mu\text{g/g}$ ), Hacıbektaş ( $10.33 \pm 2.12 \mu\text{g/g}$ ), Gülşehir ( $11.61 \pm 2.37 \mu\text{g/g}$ ) ve Ürgüp ( $12.11 \pm 1.84 \mu\text{g/g}$ ) ilçe ortalama değerleri il ortalamasından daha düşük seviyede elde edilmiştir.

Ayrıca il geneli incelendiğinde, 41 ölçüm noktasından alınan toprak numunesinde belirlenen Ga elementi konsantrasyonlarının il ortalama değerinin ( $13.66 \pm 5.65 \mu\text{g/g}$ ) üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.11’de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama Ga konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya ve İsveç ortalama değerinden yüksek, Japonya, Amerika ve Brezilya (Parana) ortalama değerinden düşük olduğu gözlenmiştir.

#### **4.3.8. Toprak Numunelerinde Lantan (La) Konsantrasyonu**

Lantan, atom numarası 57 ve yoğunluğu  $6.16 \text{ g/cm}^3$  olan lantanitler grubunun başında yer alan bir ağır metaldir. Nadir toprak metallerinin en çok bulunan ikinci elementidir. Kırılma indisi yüksek mercekle yapımında ve gözlükleri parlatmak amacıyla kullanılır. Filyon tepkimelerinin radyoaktif ürünlerinden biridir<sup>35</sup>.

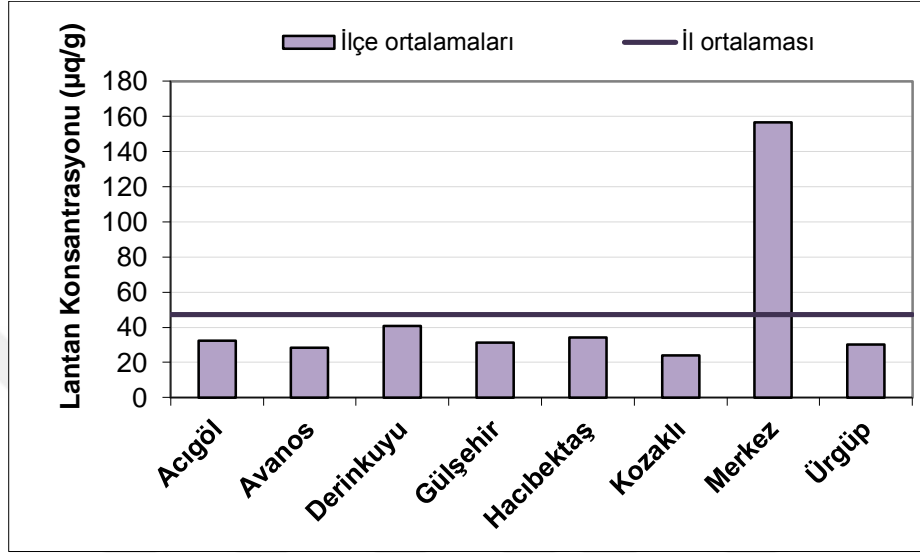
Lantan buharının ve gazının hava ile solunmasından dolayı, çalışma çevresinde çok tehlikelidir. Özellikle uzun süre maruz kalmalarda, akciğerde emboliye neden olabilir. Lantan, solunduğunda insanlarda akciğer kanseri riskini artırmaktadır. İnsan vücudunda biriktiğinde karaciğer için tehlikeli olabilir. Ancak gıdalardan kaynaklanan lantan toksisitesi henüz kaydedilmemiştir<sup>36</sup>.

Şekil 4.34’de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen La konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; La konsantrasyonu en yüksek ortalama değer  $156.51 \pm 200.32 \mu\text{g/g}$  ile Merkez ilçesine ve en düşük ortalama değer  $24.03 \pm 11.70 \mu\text{g/g}$  ile Kozaklı ilçesine aittir.

<sup>35</sup> <http://www.kimyakulubu.com/lantan-la/>

<sup>36</sup> <http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>

İl genelinde, en yüksek değer 645.00  $\mu\text{g/g}$  olarak Merkez ilçesine bağlı Göreme (2) bölgesinden alınan toprak numunesinde ve en düşük değer de 3.80  $\mu\text{g/g}$  olarak Kozaklı ilçesi Konak Termal Tesisi'nden alınan toprak numunesinde elde edilmiştir. İl ortalaması  $47.22 \pm 11.42$   $\mu\text{g/g}$  olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.34: Toprak numunelerinde belirlenen La konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İlçe ortalamalarına bakıldığında; sadece Merkez ilçe ortalama değerinin ( $156.51 \pm 200.32$   $\mu\text{g/g}$ ) il ortalamasının çok üzerinde (yaklaşık 3.3 katı) olduğu görülmüştür. Ayrıca il geneli incelendiğinde; sadece 10 ölçüm noktasından alınan toprak numunesinde belirlenen La konsantrasyonunun il ortalama değerinin ( $47.22 \pm 44.42$   $\mu\text{g/g}$ ) üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.11'de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama La konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya, İsveç, Japonya, Amerika ve Brezilya (Parana) ortalama değerinin üzerinde olduğu gözlenmiştir.

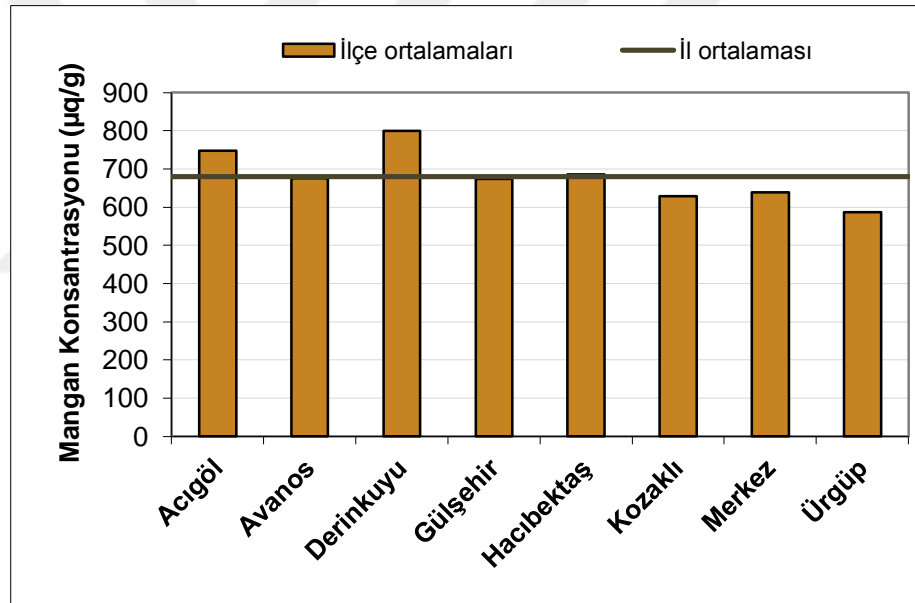
#### 4.3.9. Toprak Numunelerinde Mangan (Mn) Konsantrasyonu

Manganın atom numarası 25 ve yoğunluğu  $7.21 \text{ g/cm}^3$  olup geçiş metali grubunda yer alan ağır metal bir maddedir. Mn, yeryüzünde her yerde bulunabilen çok yaygın bir bileşen ve önemli besinsel mineraldir. Ancak insan vücudunda yüksek konsantrasyonlarda bulunursa toksiktir. Mn'in insan vücudundaki absorpsiyonundan sonra kan yolu ile karaciğer, böbrek, pankreas ve endokrin bezlerine taşınır. Etkileri başlıca solunum sisteminde ve beyinde gözlenir. Mn

zehirlenmesinin belirtileri halüsinasyonlar, unutkanlık, uykusuzluk, güçsüzlük, spatik yürüyüş, tekrarlı bacak krampları, felç ve sinir hasarlarıdır.

Ayrıca Parkinson, akciğer embolisi, zatürre ve bronşite de neden olabilir. Mangan eksikliği de sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Bunlar; şişmanlık, glikoz intoleransı, kan pıhtılaşması, deri problemleri, düşük kolesterol seviyeleri, iskelet bozuklukları, doğum hataları, saç renginde değişiklikler ve nörolojik semptomlardır<sup>37</sup>.

Şekil 4.35’de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Mn konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; en yüksek ortalama değer  $800.00 \pm 153.13 \mu\text{g/g}$  ile Derinkuyu ilçesine ve en düşük ortalama değer  $587.93 \pm 150.24 \mu\text{g/g}$  ile Ürgüp ilçesine aittir.



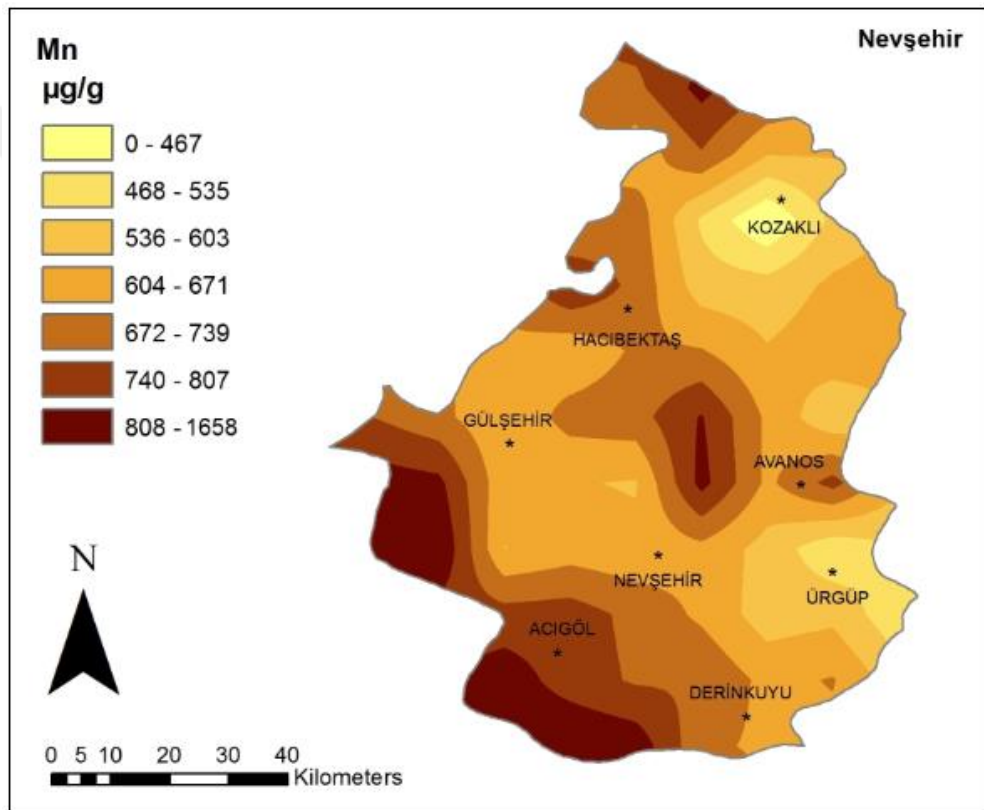
Şekil 4.35: Toprak numunelerinde belirlenen Mn konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl genelinde, en yüksek değer  $1658.00 \mu\text{g/g}$  olarak Avanos ilçesine bağlı Büyük Ayhan yolu üzerinden alınan toprak numunesinden ve en düşük değer de  $116.00 \mu\text{g/g}$  olarak Gülşehir ilçesi Tuzköy’den alınan sarı renkli toprak numunesinden elde edilmiştir. Şekil 4.36’da Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Mn konsantrasyonu dağılım haritası görülmektedir.

<sup>37</sup> <http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>

İl ortalaması  $680.23 \pm 67.24 \mu\text{g/g}$  olarak elde edilmiş olup; Acıgöl ( $747.44 \pm 134.17 \mu\text{g/g}$ ), Derinkuyu ( $800.00 \pm 153.13 \mu\text{g/g}$ ) ve Hacibektaş ilçe ( $686.31 \pm 114.41 \mu\text{g/g}$ ) ortalamaları il ortalamasının üzerindedir. Ayrıca il genelinde, 78 ölçüm noktasından alınan toprak numunesinde belirlenen Mn konsantrasyonu da il ortalama değerinin üzerindedir.

Tablo 4.11’de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama Mn konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya, İsveç, Amerika ve Brezilya (Parana) ortalama değerinden yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.36: Nevşehir ili toprak numunelerinde Mn konsantrasyonu dağılım haritası.

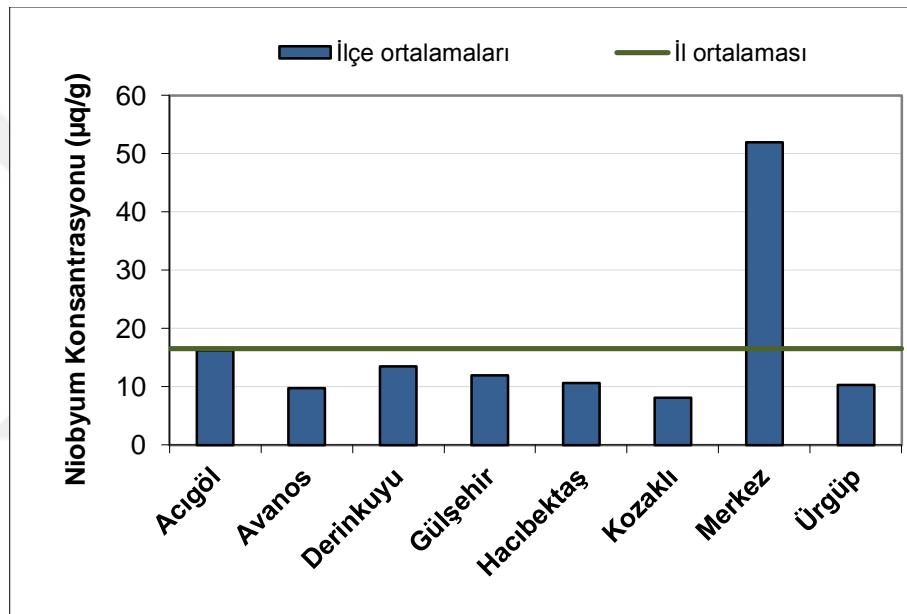
#### 4.3.10. Toprak Numunelerinde Niobyum (Nb) Konsantrasyonu

Niobyum, atom numarası 41 ve yoğunluğu  $8.57 \text{ g/cm}^3$  olan geçiş metali grubunda yer alan bir ağır metaldir. Doğada yaygın olarak, niyobit ve niobit tantalit mineralleri içerisinde bulunur. Nb, solunum yolu ile vücuda alındığı zaman en çok akciğerlerde, ikinci olarak da kemiklerde tutulur. Enzim sisteminin bir aktivatörü olan kalsiyumun çalışmasına engel olur.

Konsantrasyonları oldukça düşük olduğu için gıdalardan kaynaklanan niobyum zehirlenmesi ile ilgili bir veri bulunmamaktadır.

Nb, nükleer reaktörler, jetler, mermiler, kesici aletler, boru hatları, güçlü mıknatıslar ve kaynak çubuklarında ve paslanmaz çelik alaşımlarının yapımında kullanılan bir elementtir<sup>38</sup>.

Şekil 4.37’de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Nb konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; en yüksek ortalama değer  $51.91 \pm 56.53 \mu\text{g/g}$  ile Merkez ilçesine ve en düşük ortalama değer  $8.09 \pm 2.51 \mu\text{g/g}$  ile Kozaklı ilçesine aittir.



Şekil 4.37: Toprak numunelerinde belirlenen Nb konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl genelinde Nb konsantrasyonu,  $146.0 \mu\text{g/g}$  ile en yüksek değer Merkez ilçesine bağlı Güvercinlik (2) bölgesinde ve  $3.1 \mu\text{g/g}$  ile en düşük değer de Kozaklı ilçesi merkezinden alınan toprak numunesinde elde edilmiştir. İl ortalaması  $16.54 \pm 14.51 \mu\text{g/g}$ 'dir.

İlçe ortalamalarına bakıldığında; sadece Merkez ilçe ortalama değerinin ( $51.91 \pm 56.53 \mu\text{g/g}$ ) il ortalamasından yüksek (yaklaşık 3 katı), diğer ilçe ortalamalarının ise il ortalamasından daha düşük seviyede olduğu görülmüştür.

<sup>38</sup> <http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>

Ayrıca il geneli incelendiğinde, sadece 24 ölçüm noktasından alınan toprak numunesinde belirlenen Nb konsantrasyonlarının il ortalama değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.11’de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama Nb konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya, İsveç, Amerika ve Japonya ortalama değerinin üzerinde, Brezilya (Parana) ortalama değerinin altında olduğu görülmüştür.

#### **4.3.11. Toprak Numunelerinde Nikel (Ni) Konsantrasyonu**

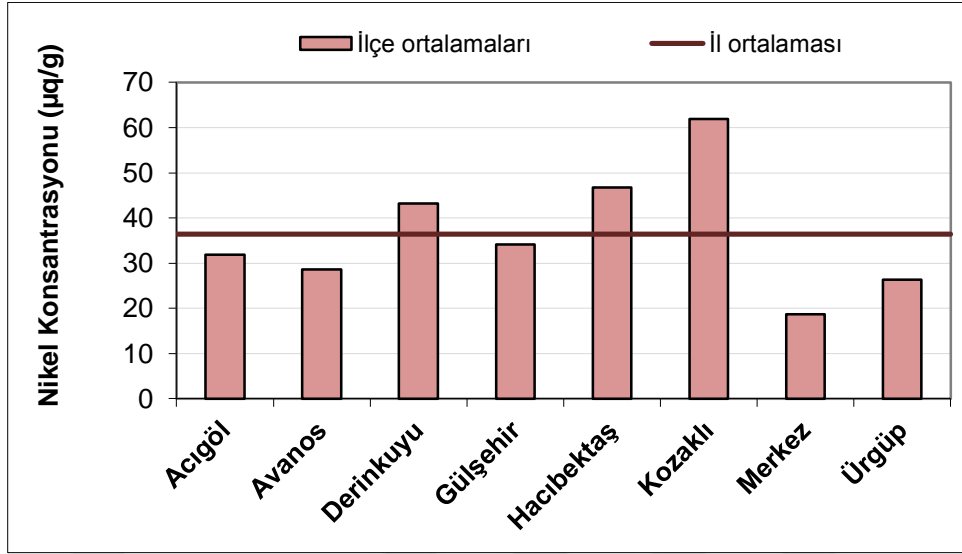
Nikel, atom numarası 28 ve yoğunluğu  $8.91 \text{ g/cm}^3$  olan geçiş metali grubunda toksik madde içeren bir ağır metaldir. Şeker hastalarının bünyesi için çok gerekli bir besinsel mineraldir. Ağız yoluyla alınan nikelin büyük bir kısmı vücut tarafından absorplanmadan dışkı ile dışarı atılır, bir kısmı akciğer, bağırsak ve deri gibi dokularda birikebilir.

Yüksek konsantrasyonlara maruz kalınması durumunda burun, mide ve akciğer kanserine yakalanma olasılığı yüksektir. Ayrıca bulantı, kusma, ishal, baş dönmesi, öksürük, bilinç kaybı, kalp rahatsızlığı, nefes darlığı, karaciğer ve böbrekte hasar oluşabilmekte, kronik zehirlenme ile de alerjik reaksiyonlar oluşabilmektedir (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010).

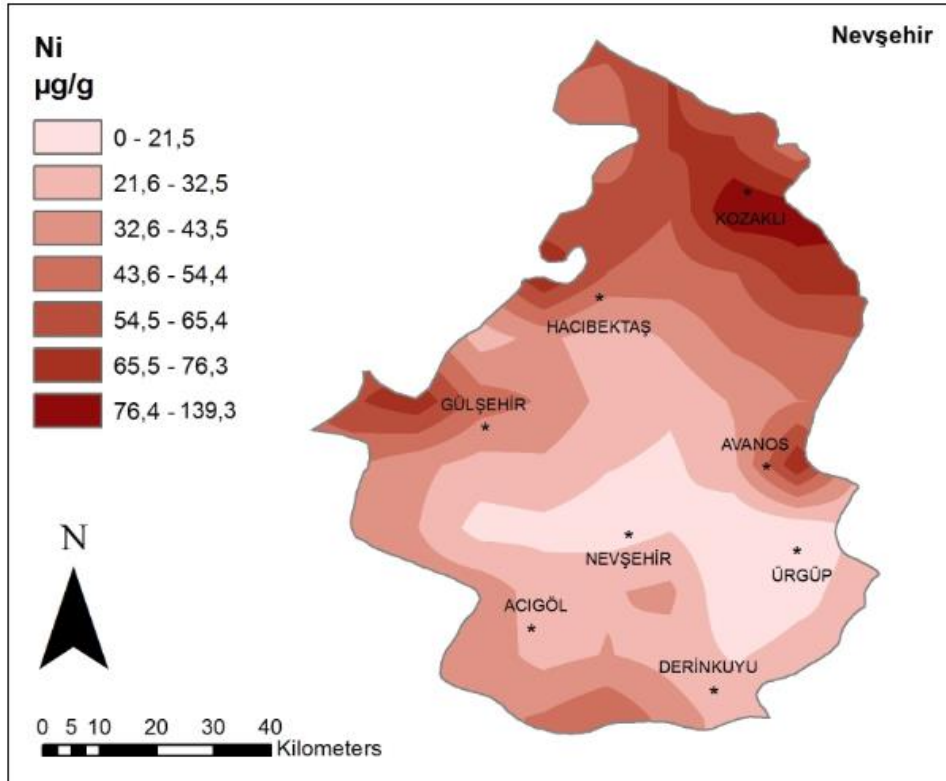
Nikel bileşiklerinin büyük çoğunluğu, korozyon ve ısı direncinin yüksek, sert ve dayanıklı olması nedeniyle paslanmaz çelik, bakır-nikel gibi alaşım üretiminde kullanılır. Ayrıca Ni bileşiklerinin kanserojen ve deride alerjik etkisi olduğu gibi solunum sistemini de etkileme özelliği vardır (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001; Kartal ve diğ., 2004). Zaten Ni bileşikleri, WHO’nün IARC kuruluşu tarafından “Grup 1 - insanlarda kanserojen” ve Ni, metalik ve alaşımları da “Grup 2B – insanlarda olasılıkla kanserojen” olarak sınıflandırılır (Yaşar, 2009).

Şekil 4.38’de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Ni konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; en yüksek ortalama değer  $61.87 \pm 32.23 \mu\text{g/g}$  ile Kozaklı ilçesine ve en düşük ortalama değer  $18.68 \pm 11.23 \mu\text{g/g}$  ile Merkez ilçesine aittir.

İl genelinde en yüksek değer  $139.35 \mu\text{g/g}$  olarak Kozaklı ilçesine bağlı Merdaneli köyünden ve en düşük değerde  $2.90 \mu\text{g/g}$  olarak Ürgüp ilçesi Mustafapaşa (2) köyünden alınan toprak numunesinden elde edilmiştir. Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Ni konsantrasyonu dağılım haritası Şekil 4.39’da verilmektedir.



Şekil 4.38: Toprak numunelerinde belirlenen Ni konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.



Şekil 4.39: Nevşehir ili toprak numunelerinde Ni konsantrasyonu dağılım haritası.

İl ortalaması  $36.42 \pm 13.36 \mu\text{g/g}$  olup Ni elementi için Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından sınır değeri  $75 \mu\text{g/g}$  olarak belirlenmiştir. Buna göre tüm ilçe ortalamaları bu sınır değerinin altında elde edilmiştir. İl genelinde ise toplam 15 adet toprak numunesinden elde edilen Ni konsantrasyonları, limit değeri ( $75.00 \mu\text{g/g}$ ) üzerinde ve Kabata-Pendias ve Mukherjee (2007)'nin topraktaki Ni elementi için bazı Avrupa Ülkelerinde önerilen değer aralığında ( $75-150 \text{ mg/kg}$ ) bulunmaktadır.

Ayrıca Kabata-Pendias ve Mukherjee (2007)'nin topraktaki Ni elementi için maksimum izin verilebilir limit değeri aralığı  $20-60 \text{ mg/kg}$ 'dir. Nevşehir toprak numunelerinin sadece 25 tanesinden elde edilen Ni konsantrasyonu değerleri  $60 \text{ mg/kg}$ 'in üzerinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.11'de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama Ni konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya, İsveç, Amerika, Brezilya (Parana) ve Japonya ortalama değerinden yüksek olduğu ve Çin ortalama değerine ( $35 \text{ mg/kg}$ ) ise hemen hemen eşit olduğu görülmüştür.

#### **4.3.12. Toprak Numunelerinde Kurşun (Pb) Konsantrasyonu**

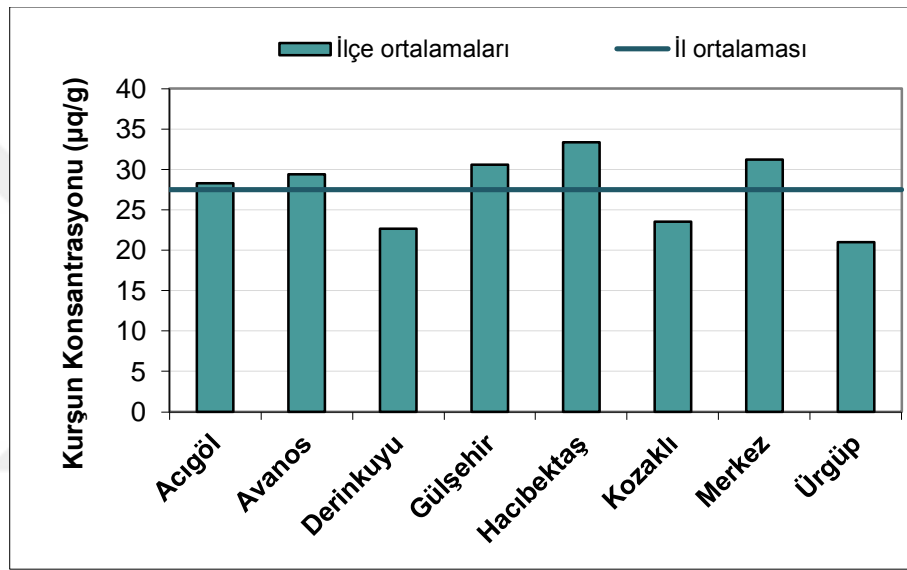
Kurşun, atom numarası 82 ve yoğunluğu  $11.34 \text{ g/cm}^3$  olan ara geçiş metali grubunda, doğada doğal olarak bulunan, organizmada ise biyokimyasal ve fizyolojik görevi olmayan ileri derece toksik olan bir ağır metaldir. Ancak kurşunun vücutta toksik etki yaratması için kanda veya yumuşak dokularda belli bir düzeye kadar birikmesi gerekir. Yaş, beslenme ve fizyolojik durumlar gibi birçok faktöre bağlı olarak etkisi değişmektedir (Vural, 1993; Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010).

Pb ve bileşikleri, WHO'nün IARC kuruluşu tarafından "Grup 2B – insanlarda olasılıkla kanserojen" olarak sınıflandırılırlar (Yaşar, 2009).

Pb, hem solunum yoluyla hem de kurşunla kirlenmiş toprak aracılığıyla gıda ve su ile vücuda girer ve kana karışır. Kan aracılığıyla karaciğer, böbrekler, akciğer, beyin, dalak, kalp ve kaslara ulaşır. Asıl yerleşim yeri kemik ve dişler olup Pb zehirlenmesinin son basamağı ise lösemidir (Spiro ve Stigliani, 1996; Alkış, 2011). Vücutta Pb birikimi ile iştahsızlık, karın ağrıları, kabızlık gibi gastrointestinal, IQ skorlarında azalma, duyu ve motor sinir iletim hızında yavaşlama, saldırgan ve antisosyal davranışlar, zekâ geriliği, hafıza kaybı, öğrenme sorunları gibi nörolojik, yüksek tansiyon, hemoglobin biyosentezinde aksama gibi hematolojik

anomaliler ortaya çıkmaktadır (Özmert, 2005; Yaşar, 2009). Çocuklarda kurşunun varlığı, düşük zihinsel gelişimin ve davranış bozukluklarının en büyük nedeni olarak belirtilmektedir (Smith, 1976).

Şekil 4.40'da Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Pb konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; Pb konsantrasyonu en yüksek değeri  $33.36 \pm 16.17 \mu\text{g/g}$  ile Hacıbektaş ilçesine ve en düşük değeri  $20.98 \pm 4.62 \mu\text{g/g}$  ile Ürgüp ilçesine aittir.

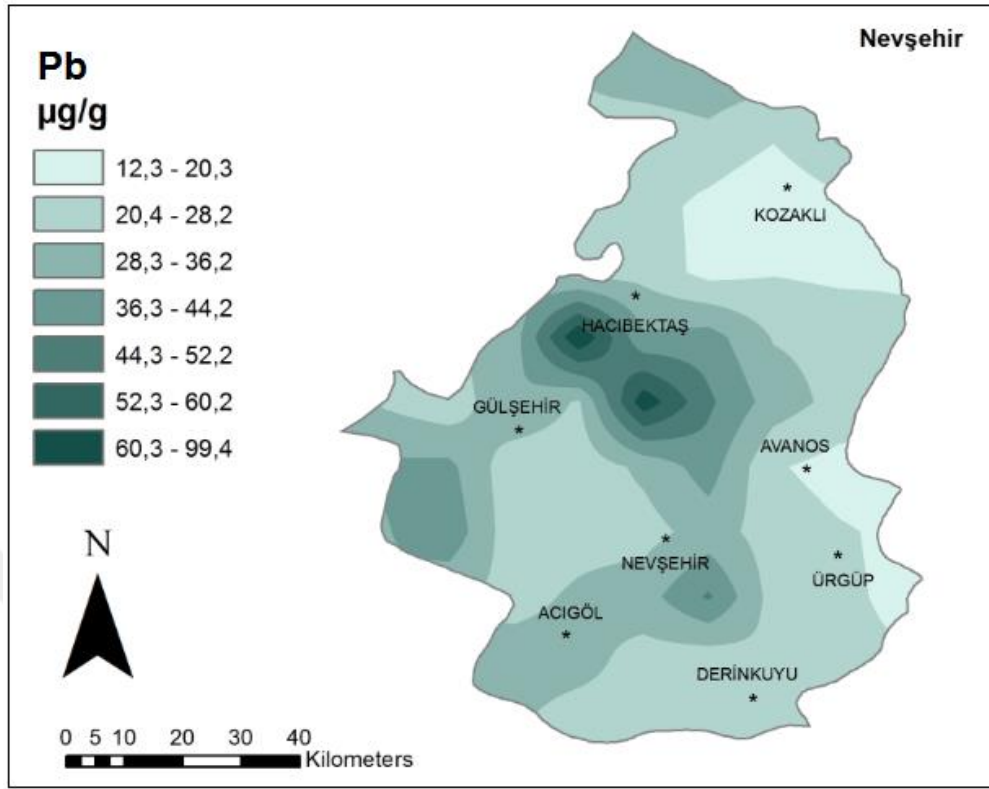


Şekil 4.40: Toprak numunelerinde belirlenen Pb konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl genelinde en yüksek değer  $99.40 \mu\text{g/g}$  olarak Hacıbektaş ilçe merkezinden ve en düşük değerde  $6.80 \mu\text{g/g}$  olarak Kozaklı ilçe merkezinden alınan toprak numunesinde elde edilmiştir. Şekil 4.41'de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Pb konsantrasyonu dağılım haritası görülmektedir.

İl ortalaması  $27.51 \pm 4.52 \mu\text{g/g}$  olarak elde edilmiştir. Hacıbektaş ( $33.36 \pm 16.17 \mu\text{g/g}$ ), Merkez ( $31.21 \pm 10.87 \mu\text{g/g}$ ), Gülşehir ( $30.58 \pm 18.25 \mu\text{g/g}$ ), Avanos ( $29.41 \pm 19.08 \mu\text{g/g}$ ) ve Acıgöl ( $28.29 \pm 9.34 \mu\text{g/g}$ ) ilçe ortalamaları il ortalamasının üzerindedir.

İl genelinde de toplam 69 adet toprak numunesinden elde edilen Pb konsantrasyonu, il ortalama değerinin üzerinde elde edilmiştir.



Şekil 4.41: Nevşehir ili toprak numunelerinde Pb konsantrasyonu dağılım haritası.

Ağır metal olan Pb elementi için Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından sınır değer 300  $\mu\text{g/g}$  olarak belirlenmiştir. Nevşehir ili toprak numunelerinin Pb konsantrasyonu değerlerinin tümü bu değer altında elde edilmiştir.

Ayrıca Kabata-Pendias ve Mukherjee (2007), topraktaki Pb elementi için maksimum izin verilebilir limit değer aralığını 20-300 mg/kg ve bazı Avrupa Ülkelerinde önerilen değer aralığını 50-300 mg/kg olarak vermiştir. Buna göre Nevşehir toprak numunelerinde belirlenen Pb elementi konsantrasyonu 136 numunede 20 mg/kg'ın üzerinde ve bunlardan 11 tanesinin de 50 mg/kg'ın üzerinde olduğu görülmüştür.

Tablo 4.11'de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama Pb konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya, İsveç, Amerika, Brezilya (Parana) ve Japonya ortalama değerinden yüksek, ancak Çin için verilen değer aralığı arasında olduğu görülmüştür.

#### 4.3.13. Toprak Numunelerinde Rubidyum (Rb) Konsantrasyonu

Rubidyum, atom numarası 37 ve yoğunluğu  $1.53 \text{ g/cm}^3$  olan alkali metali grubunda yer alır. Kimyasal özellikler bakımından potasyum elementi ile benzerlik gösterir. Doğada ender bulunan ancak tabiiatta mineral açısından oldukça bol bulunan elementlerden olan Rb, yer kabuğunda bulunma bolluğuna göre 16. sırada yer almaktadır. Mineral içerisindeki yüzdesi ise 1-1.5 civarındadır<sup>39</sup>.

Rb, insan dokularında ve doğal sularda eser miktarda bulunabilir. Hafif radyoaktif bir elementtir. Yutulursa orta derecede toksik olabilmektedir. Vücuda aşırı alınması durumunda potasyum eksikliği ve kalp rahatsızlıklarına yol açabilir.

Rb, pahalı bir metal olduğu için endüstriyel anlamda kullanımı sınırlı olan bir metaldir. Çok kolay iyonlaşması sebebiyle uzay araçlarındaki iyon motorlarında sezyuma alternatif olarak kullanılabilir. Vakum tüplerindeki gaz izlerini yok etmek için rubidyumdan faydalanılır. Bazı kimyasal işlemlerde katalizör olarak da kullanılır. Rubidyum klorür, biyolojide hücre araştırmaları için kullanılmaktadır. Hafif radyoaktifliği sebebiyle Rb-82 izotopu bazı beyin tümörlerinin tespitinde de kullanılır.

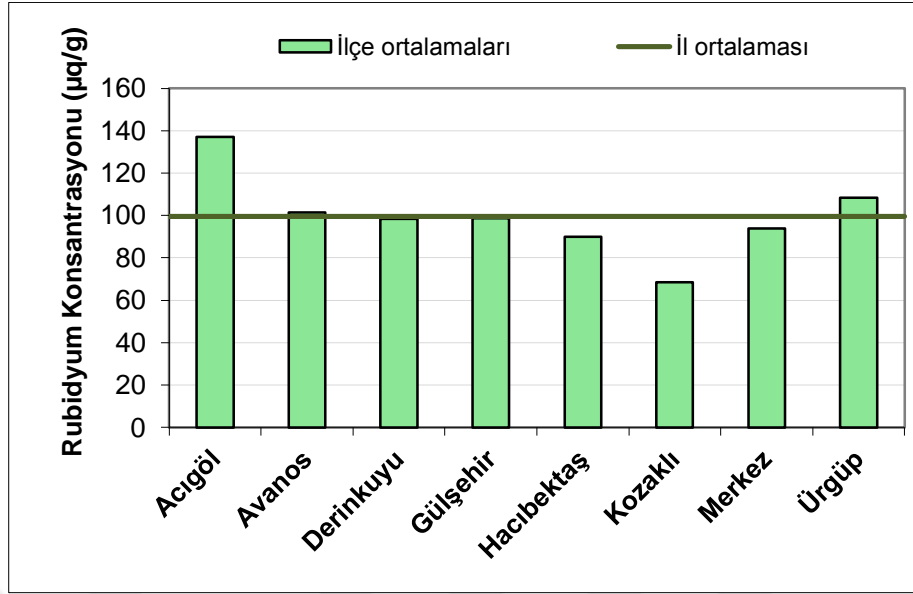
Rb'un kullanıldığı bazı ürün ve alanlar; özel camlar, kalp araştırmaları, fotoseller, gece görüş cihazları, tıbbi görüntüleme cihazları, fiber optik kablolar, atom saatleri, ince film şeklindeki piller, oyun konsolları, dizüstü bilgisayarlar, kameralar, özel gözlükler, termoelektrik jeneratörlerdir<sup>40</sup>.

Şekil 4.42'de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Rb konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; en yüksek değer  $137.03 \pm 41.95 \text{ } \mu\text{g/g}$  ile Acıgöl ilçesine ve en düşük değer  $68.53 \pm 29.41 \text{ } \mu\text{g/g}$  ile Kozaklı ilçesine aittir.

İl genelinde, en yüksek değer  $216.46 \text{ } \mu\text{g/g}$  olarak Acıgöl ilçesine bağlı Topaç köyünden ve en düşük değer de  $2.9 \text{ } \mu\text{g/g}$  olarak Kozaklı ilçe merkezinden alınan toprak numunesinde elde edilmiştir.

<sup>39</sup> <http://www.nkfu.com/rubidyum-nedir-rubidyum-elementinin-ozellikleri/>

<sup>40</sup> <https://www.makaleler.com/rubidyum-nedir-ozellikleri-kullanimi>



Şekil 4.42: Toprak numunelerinde belirlenen Rb konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl ortalaması  $99.56 \pm 19.18$  µg/g olup Acıgöl ( $137.03 \pm 41.95$  µg/g), Ürgüp ( $108.44 \pm 31.94$  µg/g) ve Avanos ilçelerinin ( $101.55 \pm 31.79$  µg/g) ortalamaları il ortalamasından yüksektir.

Ayrıca il geneli incelendiğinde, 90 ölçüm noktasından alınan toprak numunesinde belirlenen Rb konsantrasyonunun, il ortalaması değerinin üzerinde olduğu görülmektedir.

Tablo 4.11’de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama Rb konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalaması değerinin Dünya, Japonya, Amerika ve Brezilya (Parana) ortalaması değerinden yüksek, ancak İsveç ortalaması değerinden düşük olduğu görülmektedir.

#### 4.3.14. Toprak Numunelerinde Stronsiyum (Sr) Konsantrasyonu

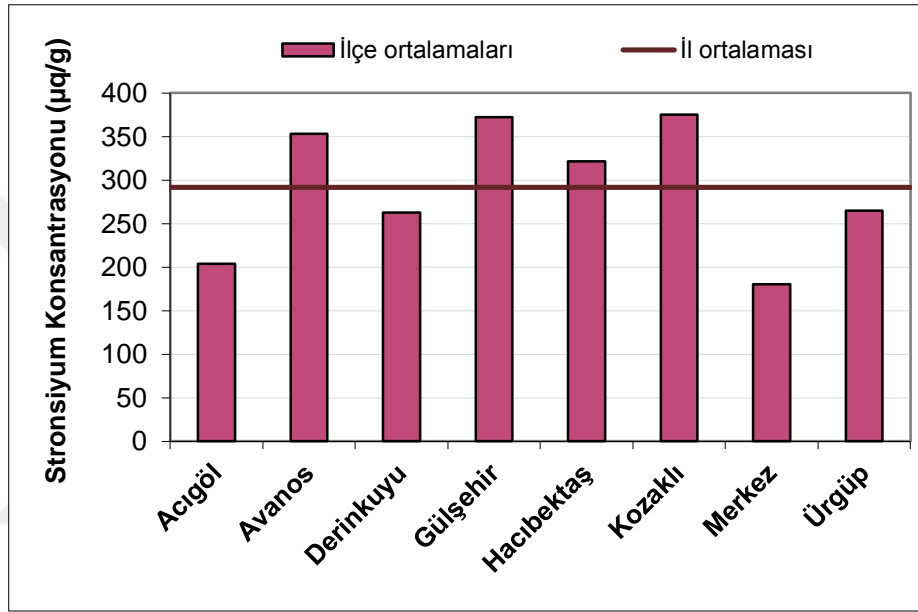
Stronsiyum, atom numarası 38 ve yoğunluğu  $2.6 \text{ g/cm}^3$  olan toprak alkali grubunda radyoaktif bir elementtir. Toprakta karbonat ve sülfat şeklinde bulunur. Deniz suyunda ve bazı maden sularında eser halde rastlanır. Bazı tuzları tıpta kullanılır<sup>41</sup>.

İnsanlar, hava ve toz soluyarak, gıda ve içecek tüketerek ya da stronsiyum içeren toprakla temas ederek düşük miktarlarda radyoaktif stronsiyuma maruz kalabilirler. Az miktarda bile insan sağlığına zararı olduğu düşünülen tek stronsiyum bileşiği stronsiyum kromat olup akciğer

<sup>41</sup> <https://www.frmtr.com/kimya/738285-1a-grubu-elementleri-kimya.html>

kanserine yol açtığı bilinmektedir. Çok yüksek miktarlarda Sr alımı kemik gelişimini olumsuz etkileyebilir<sup>42</sup>.

Şekil 4.43’de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Sr konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi;  $374.89 \pm 117.68 \mu\text{g/g}$  ve  $371.91 \pm 206.86 \mu\text{g/g}$  ile en yüksek iki ortalama değer sırasıyla Kozaklı ve Gülşehir ilçesine,  $180.41 \pm 75.04 \mu\text{g/g}$  ile de en düşük ortalama değer Merkez ilçesine aittir.



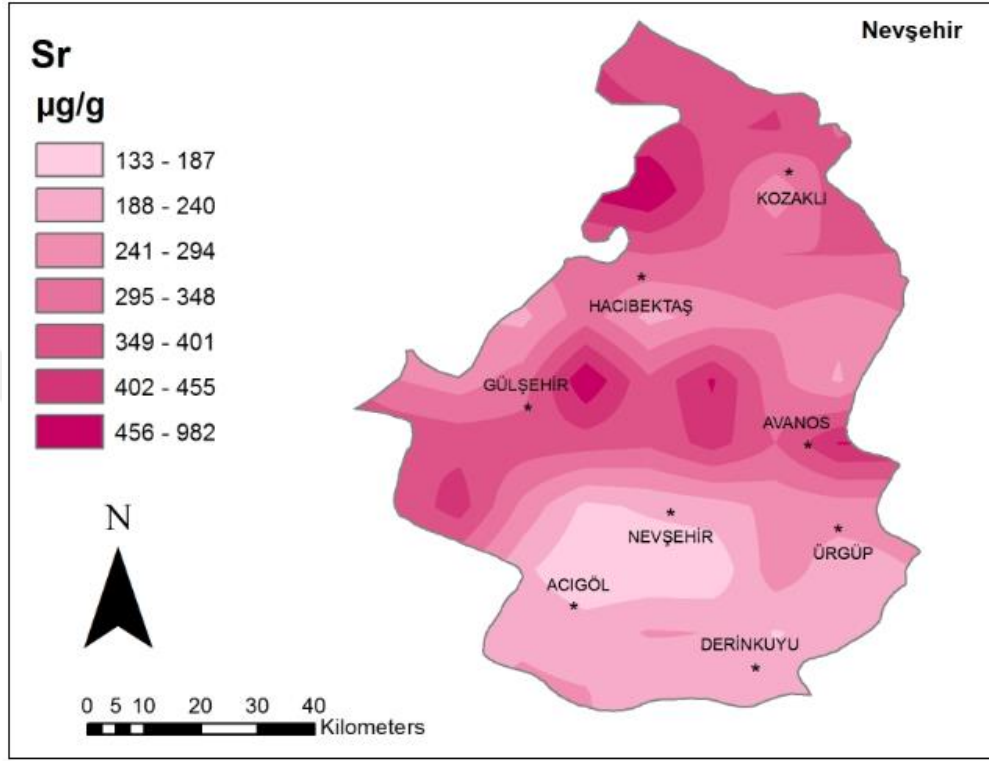
Şekil 4.43: Toprak numunelerinde belirlenen Sr konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl genelinde, en yüksek değer  $982.00 \mu\text{g/g}$  olarak Gülşehir ilçesine bağlı Tuzköy (3)’den alınan toprak numunesinde ve en düşük değer de  $74.00 \mu\text{g/g}$  olarak Merkez ilçesi Alacaşar (3) köyünden alınan toprak numunesinde elde edilmiştir. İl ortalaması  $291.60 \pm 75.27 \mu\text{g/g}$  olarak elde edilmiştir.

İlin daha çok kuzey kısmını oluşturan Kozaklı ( $374.89 \pm 117.68 \mu\text{g/g}$ ), Gülşehir ( $371.91 \pm 206.86 \mu\text{g/g}$ ), Avanos ( $353.00 \pm 191.58 \mu\text{g/g}$ ) ve Hacibektaş ( $321.35 \pm 106.29 \mu\text{g/g}$ ) ilçe ortalamaları il ortalamasının üzerindedir. Ayrıca il genelinde, 72 ölçüm noktasından alınan toprak numunesinde belirlenen Sr konsantrasyonu il ortalama değerinin üzerinde elde edilmiştir.

<sup>42</sup> <http://www.food-info.net/tr/metal/strontium.htm>

Tablo 4.11’de Nevşehir il ortalama değerinin Dünya, İsveç, Japonya, Amerika ve Brezilya (Parana) ortalama değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Sr konsantrasyonu dağılım haritası Şekil 4.44’de gösterilmektedir.



Şekil 4.44: Nevşehir ili toprak numunelerinde Sr konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.3.15. Toprak Numunelerinde Toryum (Th) Konsantrasyonu

Toryum, atom numarası 90 ve yoğunluğu  $11.7 \text{ g/cm}^3$  olup aktinit grubunda yer alan, atom enerjisi kaynağı olarak kullanılan radyoaktif ağır bir elementtir. Tabiatta U elementinden daha yaygın olarak bulunur. Th, kendiliğinden bölünebilme yeteneğine sahip olmadığı için doğrudan nükleer yakıt olarak kullanılamaz. Toryumdan nükleer enerji elde edebilmek için toryumun bir nötron yakalayarak U-233’e dönüştürülmesi gerekmektedir<sup>43</sup>.

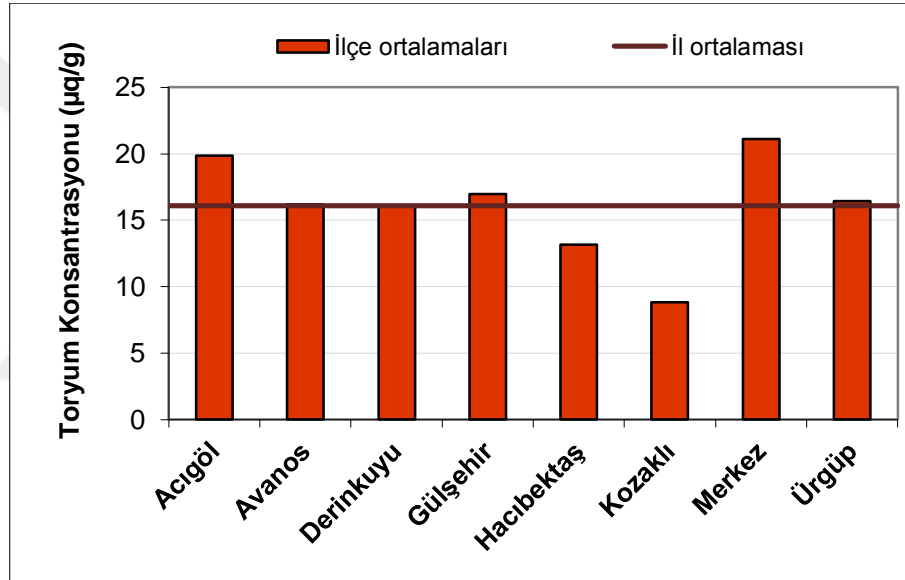
TÜBİTAK ve MTA tarafından yapılan araştırmalarda, en güvenli ve temiz enerji kaynağı olarak bilinen Toryum’un 2006 verilerine göre dünyada bilinen toplam toryum rezervinin 2.5 milyon ton olduğu sanılıyor. IAEA verilerine göre bu rezervin % 11’i Türkiye’de bulunuyor.

<sup>43</sup> <http://www.nkfu.com/toryum-nedir-toryum-elementinin-ozellikleri/>

Bu alanda Türkiye, dünyada 4'üncü sıradadır. Toprakta toryum oksit halinde bulunan toryum, saflaştırıldığında alüminyum ve çelik görünümünde bir elementtir<sup>44</sup>.

Toryum iskelette kemik yüzeyinde toplanmakta olup WHO'nün IARC kuruluşu tarafından "Grup 1 – insanlarda kanserojen" olarak sınıflandırılır<sup>45</sup>.

Şekil 4.45'de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Th konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; en yüksek ortalama değer Merkez ilçesine ait olup değeri  $21.13 \pm 3.47 \mu\text{g/g}$ 'dir. En düşük ortalama değer ise Kozaklı ilçesine ait olup değeri  $8.81 \pm 3.51 \mu\text{g/g}$ 'dir.



Şekil 4.45: Toprak numunelerinde belirlenen Th konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

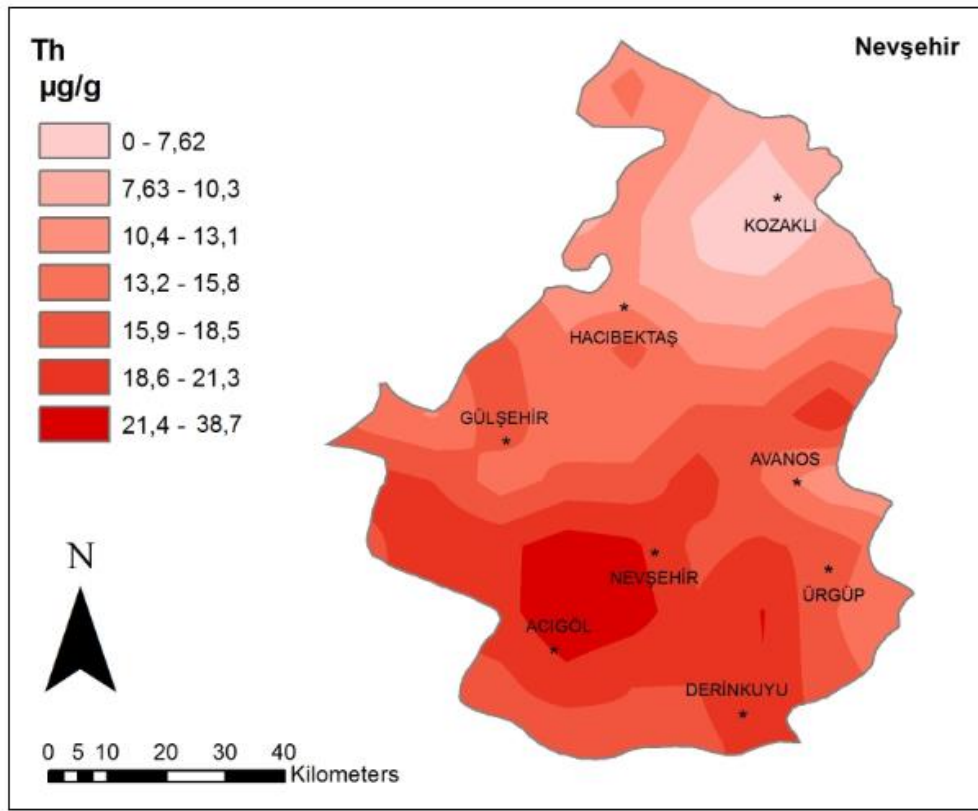
İl genelinde, en yüksek değer  $38.70 \mu\text{g/g}$  olarak Gülşehir ilçesine bağlı Yalıntaş köyünden alınan taş numunesinden ve en düşük değer de  $1.75 \mu\text{g/g}$  olarak Kozaklı ilçesi Konak Termal Tesisi'nden alınan toprak numunesinden elde edilmiştir. İl ortalaması  $16.09 \pm 3.82 \mu\text{g/g}$ 'dir. İlçe ortalamalarına bakıldığında; Merkez ( $21.13 \pm 3.47 \mu\text{g/g}$ ), Acıgöl ( $19.88 \pm 5.90 \mu\text{g/g}$ ), Gülşehir ( $16.98 \pm 6.57 \mu\text{g/g}$ ), Ürgüp ( $16.44 \pm 5.50 \mu\text{g/g}$ ) ve Avanos ( $16.21 \pm 6.98 \mu\text{g/g}$ ) ilçe ortalamaları il ortalamasından yüksektir.

<sup>44</sup> <http://enerjienstitusu.com/2013/05/29/toryum-tum-enerji-problemlerine-cozum-olabilir-mi/>

<sup>45</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_1\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_1_carcinogens#Substances)

Ayrıca il geneli incelendiğinde, 82 ölçüm noktasından alınan toprak numunesinde belirlenen Th konsantrasyonunun il ortalama değerinin ( $16.09 \pm 3.82 \mu\text{g/g}$ ) üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Th konsantrasyonu dağılım haritası Şekil 4.46’da görülmektedir.

Tablo 4.11’de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama Th konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya, İsveç, Japonya, Amerika ve Brezilya (Parana) ortalama değerinden yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 4.46: Nevşehir ili toprak numunelerinde Th konsantrasyonu dağılım haritası.

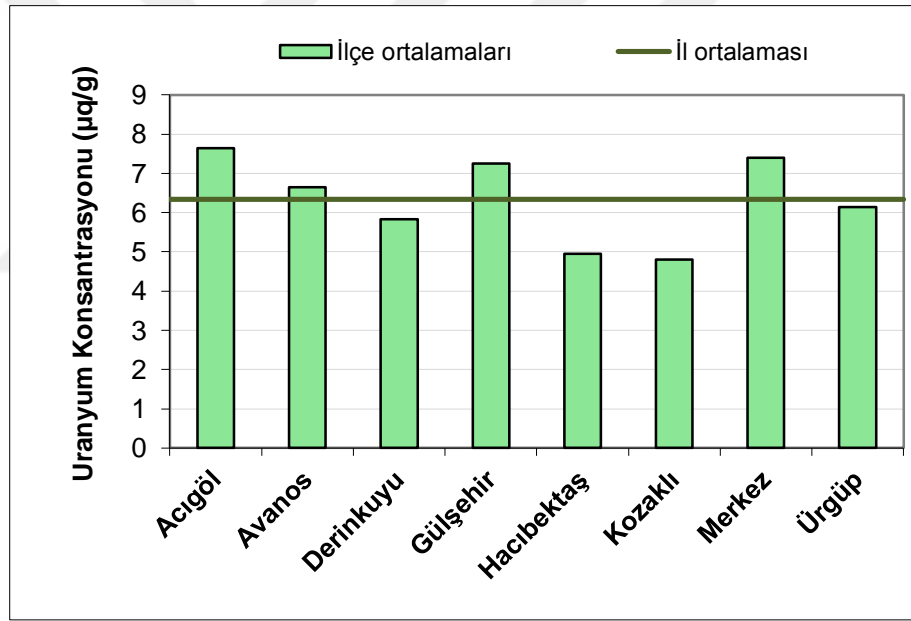
#### 4.3.16. Toprak Numunelerinde Uranyum (U) Konsantrasyonu

Uranyum, atom numarası 92 ve yoğunluğu  $19.1 \text{ g/cm}^3$  olup aktinit grubunda yer alan radyoaktif, oldukça sert ve ancak kimyasal açıdan çok kolay tepkimeye giren ağır bir metaldir.

Aynı zamanda çelikten daha yumuşak ve kolayca yükseltgenen, ısıtıldığında yanabilen bir tür zehirdir<sup>46</sup>.

U, kayalarda, toprakta, havada ve suda çok az miktarlarda olsa bile doğal olarak bulunur. Zenginleştirilmiş U, nükleer enerji santrallerinde yakıt olarak kullanılır. U'un karıştığı toprak/suda yetişen bitkilerden beslenen insanlarda U'un kimyasal etkilerinden kaynaklanan hastalıklara yakalanma riskleri vardır. Özellikle böbrek hastalığına yakalanma olasılığı yüksektir<sup>47</sup>.

Şekil 4.47'de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen U konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde; en yüksek ortalama değer  $7.65 \pm 2.26 \mu\text{g/g}$  ile Acıgöl ilçesine aittir.  $4.81 \pm 1.87 \mu\text{g/g}$  ile en düşük ortalama değer de Kozaklı ilçesine aittir.



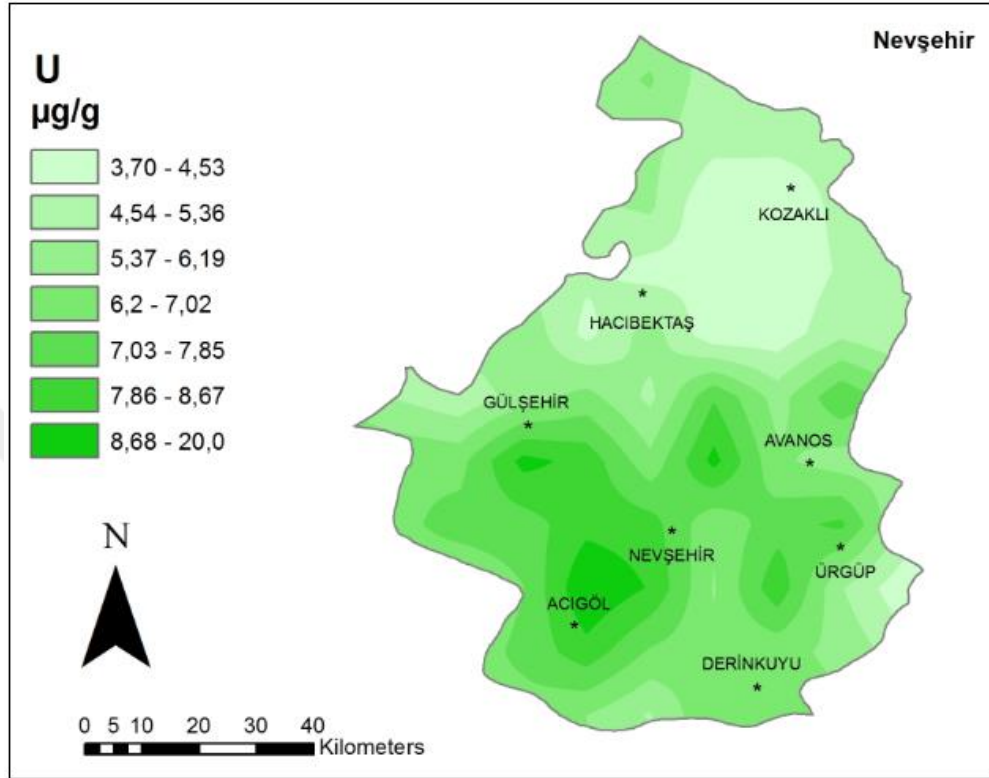
Şekil 4.47: Toprak numunelerinde belirlenen U konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl genelinde en yüksek değer  $19.96 \mu\text{g/g}$  olarak Gülşehir ilçesi Tuzköy'den alınan sarı toprak numunesinde ve en düşük değerde  $1.16 \mu\text{g/g}$  olarak Ürgüp ilçesi Akköy (2)'den alınan toprak numunesinde elde edilmiştir.

<sup>46</sup> <http://www.nkfu.com/uranyum-nedir-uranyum-elementinin-ozellikleri/>

<sup>47</sup> <http://www.kuark.org/2013/12/uranyum-nasil-oldurur-dogaya-nasil-zarar-verir/>

Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen U konsantrasyonu dağılım haritası Şekil 4.48'de verilmektedir.



Şekil 4.48: Nevşehir ili toprak numunelerinde U konsantrasyonu dağılım haritası.

İl ortalaması  $6.34 \pm 1.09 \mu\text{g/g}$  olup Acıgöl ( $7.65 \pm 2.46 \mu\text{g/g}$ ), Merkez ( $7.40 \pm 1.18 \mu\text{g/g}$ ), Gülşehir ( $7.25 \pm 3.20 \mu\text{g/g}$ ) ve Avanos ( $6.65 \pm 3.90 \mu\text{g/g}$ ) ilçe ortalamaları bu değerlerin üzerindedir. Ayrıca Nevşehir ili toprak numunelerinin 79 tanesinde elde edilen U konsantrasyonu il ortalamasının üzerinde tespit edilmiştir.

U elementi için Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından belirlenen sınır değeri  $5 \mu\text{g/g}$ 'dir. Buna göre; Nevşehir ilinin 120 toprak numunesinde belirlenen U konsantrasyonu bu limit değerinin üzerindedir.

Tablo 4.11 incelendiğinde; Nevşehir il ortalamasının Dünya, İsveç, Japonya, Amerika ve Brezilya (Parana) ortalamalarından çok daha yüksek olduğu görülmüştür.

#### 4.3.17. Toprak Numunelerinde Vanadyum (V) Konsantrasyonu

Vanadyum, atom numarası 23 ve yoğunluğu  $6.0 \text{ g/cm}^3$  olup geçiş metali grubunda yer almaktadır. Ayrıca besinsel mineral olan bir ağır metaldir. Yerkabuğunda bolluk açısından 21. sırada bulunan eser elementlerden olan V, doğada metalik halde bulunmaz. 65 farklı mineralin içerisinde V bileşikleri halinde bulunur. Topraktaki miktarı ana kaya türüne bağlıdır. Tundra podzol ve killi toprak türlerinde en yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Sertlik ve aşınım oluşturma kabiliyeti nedeniyle makineler ve araçlarda kullanılan malzemelerin üretiminde kullanılır.

Genel olarak V bileşiklerinin toksisitesi düşük olup kanserojen değildir. Akciğerlerde çözünebilir V bileşiklerinin iyi absorbe edilmesine karşın vanadyum tuzları mide ve bağırsakta kolay emilime uğramazlar. V'un yüksek miktarlarda alınması durumunda, insan sağlığına birçok etkisi olabilir. V, eğer hava yoluyla alınırsa bronşit ve zatürreye sebep olabilir. Akciğer, boğaz, göz ve burun oyuğundaki tahrişler V'un en şiddetli etkilerindedir. V'un insan vücudundan atılışı böbrekler vasıtasıyla gerçekleşir<sup>48</sup>.

Şekil 4.49'da Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen V konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi;  $69.54 \pm 26.31 \text{ } \mu\text{g/g}$  ile en yüksek değer Derinkuyu ilçesi ve  $35.12 \pm 15.45 \text{ } \mu\text{g/g}$  ile de en düşük değer Merkez ilçe ortalamasıdır.

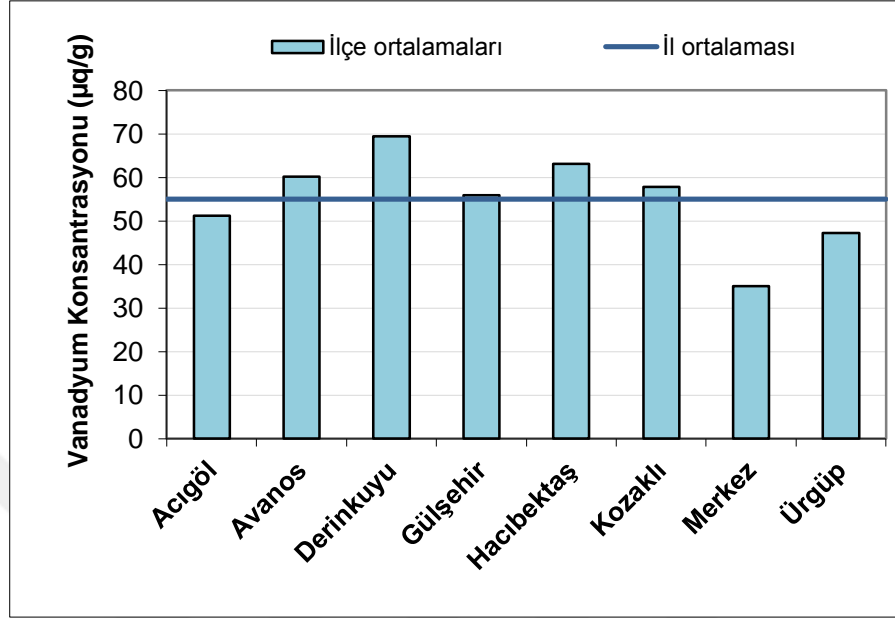
İl genelinde en yüksek değer  $127.00 \text{ } \mu\text{g/g}$  olarak Derinkuyu ilçesi Kuyulutlar köyü girişinden alınan parlak siyah kaya numunesinde ve en düşük değerde  $4.70 \text{ } \mu\text{g/g}$  olarak Merkez ilçesi İcik (2) köyünden alınan toprak numunesinde elde edilmiştir.

İl ortalaması  $55.04 \pm 10.58 \text{ } \mu\text{g/g}$ 'dir. Derinkuyu ( $69.54 \pm 26.31 \text{ } \mu\text{g/g}$ ), Hacıbektaş ( $63.18 \pm 15.35 \text{ } \mu\text{g/g}$ ), Avanos ( $60.16 \pm 23.09 \text{ } \mu\text{g/g}$ ), Kozaklı ( $57.89 \pm 16.63 \text{ } \mu\text{g/g}$ ) ve Gülşehir ( $55.96 \pm 21.05 \text{ } \mu\text{g/g}$ ) ilçe ortalamaları il ortalamasının üzerindedir. İl genelinde ise toplam 84 adet toprak numunesinden elde edilen V konsantrasyonu il ortalama değerinin üzerindedir.

V elementi için, Kabata-Pendias ve Mukherjee, maksimum izin verilebilir limit değeri  $150 \text{ mg/kg}$  ve bazı Avrupa Ülkelerinde önerilen değer aralığını  $100\text{-}340 \text{ mg/kg}$  olarak vermektedir. Buna göre Nevşehir toprak numunelerinde belirlenen V konsantrasyonu değerlerinin tamamı  $150 \text{ mg/kg}$ 'ın altında olup sadece iki tanesi (Avanos ilçesi Bozca köyü  $104.48 \text{ } \mu\text{g/g}$  ve

<sup>48</sup> [http://fenbildergi.aku.edu.tr/1402/021202\(9-18\).pdf](http://fenbildergi.aku.edu.tr/1402/021202(9-18).pdf)

Derinkuyu Kuyulutatlar köyü siyah taş numunesi 127.00 µg/g Avrupa Ülkelerinde önerilen değer aralığında (100-340 mg/kg) yer almaktadır.



Şekil 4.49: Toprak numunelerinde belirlenen V konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

Ayrıca Tablo 4.11’de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama V konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya, İsveç, Japonya, Amerika ve Brezilya (Parana) ortalama değerinden çok daha düşük olduğu görülmüştür. Hatta Brezilya (Parana)’dan elde edilen ortalama V konsantrasyonu (320 mg/kg), Nevşehir il ortalama değeri (55.04±10.58 µg/g)’nin yaklaşık altı katıdır.

#### 4.3.18. Toprak Numunelerinde İtiryum (Y) Konsantrasyonu

Atom numarası 39 ve yoğunluğu 4.6 g/cm<sup>3</sup> olan İtiryum, geçiş metali grubunda yer alan değerli bir elementtir<sup>49</sup>.

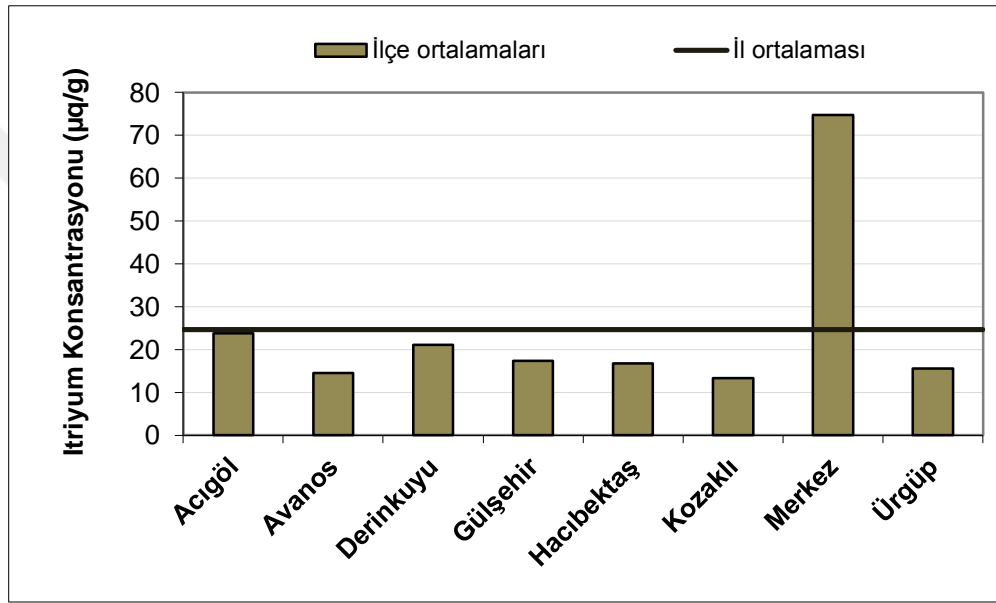
Yerkabuğundaki korkayaçlarda, seryum dışındaki diğer toprak elementlerin en sık rastlanılanı olup kurşundan iki kat daha boldur. İtiryum ve evropiyum içeren kırmızı fosforişil maddeler

<sup>49</sup> <http://www.nkfu.com/skandiyum-nedir-skandiyum-elementinin-ozellikleri/>

renkli televizyonun geliştirilmesinde etkili olmuştur. Radyoaktif İtriyum ise tıpta kanser tedavisinde kullanılır. Doğada bulunan tek kararlı izotopu Y-89'dur<sup>50</sup>.

Hakkında az şey bilinen bu element, anne sütünde olup karaciğer ve kemiklerde barınır<sup>51</sup>.

Şekil 4.50'de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Y konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; en yüksek değer  $74.77 \pm 95.03 \mu\text{g/g}$  ile Merkez ilçesine ve en düşük değer  $13.32 \pm 4.27 \mu\text{g/g}$  ile Kozaklı ilçesine aittir.



Şekil 4.50: Toprak numunelerinde belirlenen Y konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl genelinde, en yüksek değer  $300.00 \mu\text{g/g}$  olarak Merkez ilçesine bağlı Nar Beldesi (2)'nden ve en düşük değer de  $4.63 \mu\text{g/g}$  olarak Kozaklı ilçesi Konak Termal Tesisi'nden alınan toprak numunesinde elde edilmiştir. İl ortalaması  $24.64 \pm 20.55 \mu\text{g/g}$ 'dir.

İlçe ortalamalarına bakıldığında; sadece Merkez ilçe ( $74.77 \pm 95.03 \mu\text{g/g}$ ) ortalaması il ortalamasının üzerinde olup yaklaşık 3 katıdır. Diğer tüm ilçelerin (Hacibektaş ( $16.72 \pm 2.48 \mu\text{g/g}$ ), Gülşehir ( $17.40 \pm 3.88 \mu\text{g/g}$ ), Derinkuyu ( $21.11 \pm 3.24 \mu\text{g/g}$ ), Kozaklı ( $13.32 \pm 4.27 \mu\text{g/g}$ ),

<sup>50</sup> <http://www.kimyakulubu.com/itriyum-y/>

<sup>51</sup> <https://ycsarp.wordpress.com/2011/03/02/insanin-elementleri%E2%80%A6/>

Avanos ( $14.51 \pm 3.74 \mu\text{g/g}$ ), Acıgöl ( $23.79 \pm 5.11 \mu\text{g/g}$ ) ve Ürgüp ( $15.50 \pm 3.15 \mu\text{g/g}$ ) ilçeleri Y konsantrasyonu ortalaması il ortalamasının altındadır.

İl geneli incelendiğinde; 19 ölçüm noktasından alınan toprak numunesinde Y konsantrasyonunun il ortalama değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca Tablo 4.11 incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya ve Japonya ortalama değerinin üzerinde, İsveç ve Brezilya (Parana) ortalama değerinin altında olduğu, Amerika ortalama değerine ( $25 \text{ mg/kg}$ ) ise yaklaşık eşit olduğu görülmüştür.

#### 4.3.19. Toprak Numunelerinde Çinko (Zn) Konsantrasyonu

Çinkonun atom numarası 30 ve yoğunluğu  $7.14 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Geçiş metali grubunda yer alan, besinsel bir mineral olup hayati önem taşıyan ağır bir elementtir. Zn, iki değerli bir katyon ve nispeten toksik olmayan bir metal olarak kabul edilir (Doğan, 2009).

Zn, yerkabuğunda en çok bulunan (% 0.02) elementlerin 23. sırasında olup kararlı bir yapıya sahiptir. Dünyada yıllık kullanım açısından Fe, Al ve Cu'dan sonra gelir. Volkanik kayaların hemen hemen tümünde demirle yer değiştirmiş olarak bir miktar çinkoya rastlanır<sup>52</sup>.

Biyolojik eser elementler içinde olağanüstü özelliklere sahip olan Zn, tüm hücrelerin büyüme ve replikasyonu için gerekli bir esansiyel elementtir (Bergemen ve Akar, 2004). Vücuttaki pek çok fonksiyonda görev alır. Çeşitli enzimlerin moleküllerinin, proteinlerin ve biomembranların önemli bir parçasıdır ve 200'den fazla enzimin yapısında bulunur. Protein ve nükleik asit sentezi, karbonhidrat ve kemik metabolizması, protein sindirimi, oksijen taşınması, hormonların depolanması ve salınımı, hafıza ve görme, büyüme ve gelişme, tat ve doku duygusu gibi pek çok metabolik olaya katılır. Esansiyel olmasının yanında fazla miktarda alındığında toksikolojik etki de gösterebilmektedir (Tosun, 2009; Akdeniz ve diğ., 2016).

Vücutta yeterli miktarda Zn bulunması, bağışıklık sisteminin güçlenmesini etkiler. Alyuvarların ve antikorların oluşmasına yardım eder. Yaraların çabuk iyileşmesini, görme duyusunun güçlenmesini, mikropların ölmesini, sivilcelerin kaybolmasını sağlar. Hücre yenilenmesinde payı olduğu için cildi güzelleştirir, el tırnaklarını sertleştirir, saçı kuvvetlendirir, kısırlığı önler, zehirli maddelerin etkisini azaltır.

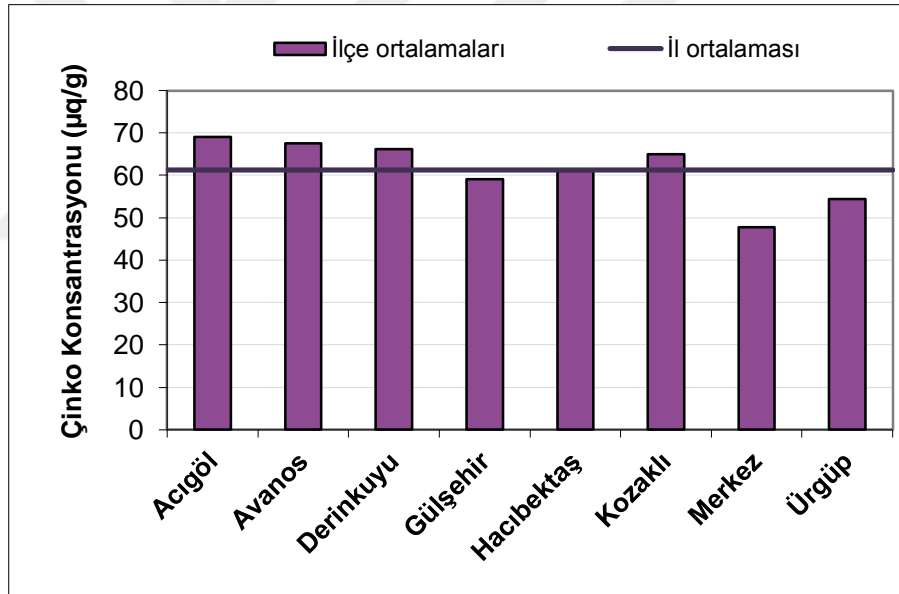
<sup>52</sup> <http://www.nkfu.com/cinko-nedir-cinko-elementinin-ozellikleri/>

Zn eksikliğinde, hastalıklara karşı bağışıklığın azalması, çocuklarda öğrenme yeteneğinin sınırlı olması, saç dökülmesi, soğuk el ve ayaklar, tat alamama, cücelik, karaciğer ve dalak büyümesi, halsizlik gibi sonuçlar gözlenir (Dönmez, 2012).

Yüksek miktarda alınmasında ise bulantı, kusma ve ishal, huzursuzluk, terleme ve titreme sorunlarına, kolesterol dengesizliğine, hatta tümör oluşumuna neden olabilir (Tosun, 2009).

Ayrıca, kimyasal yönden aktif olduğu ve diğer metallerle kolay alışım yapabildiği için, endüstride birçok alışım ve bileşiğin üretiminde kullanılmaktadır (Yaşar, 2009).

Şekil 4.51’de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Zn konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; en yüksek değer  $69.02 \pm 28.16 \mu\text{g/g}$  ile Acıgöl ilçesine ve en düşük değer  $47.77 \pm 19.78 \mu\text{g/g}$  ile Merkez ilçesine aittir.



Şekil 4.51: Toprak numunelerinde belirlenen Zn konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

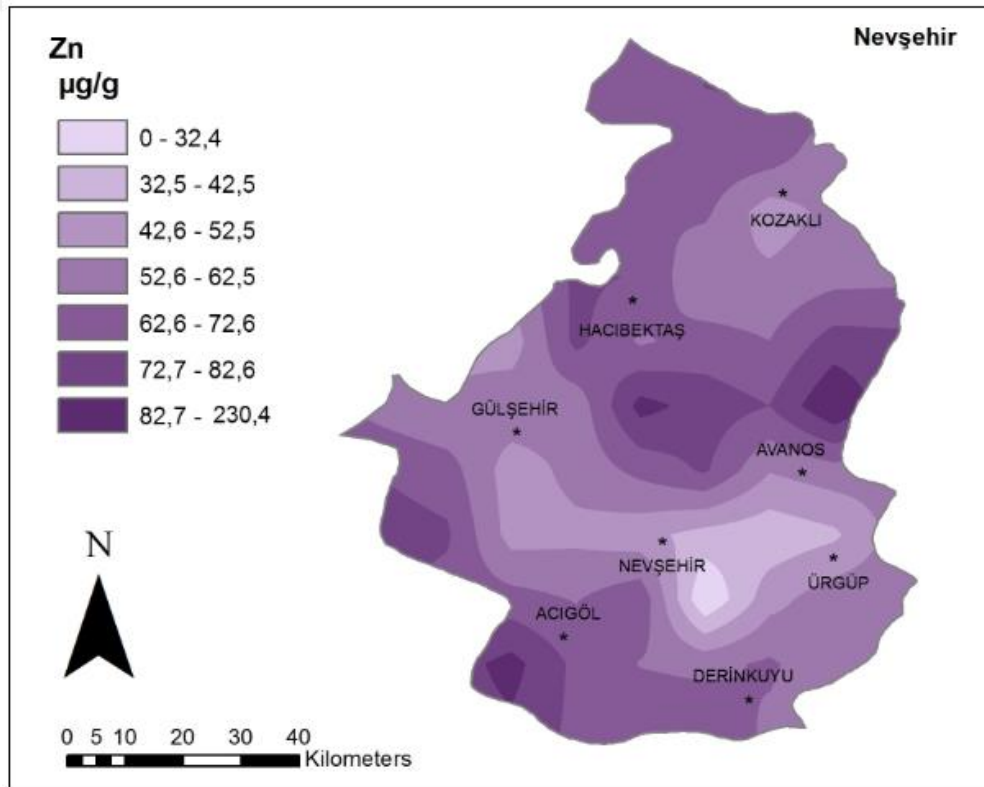
İl genelinde en yüksek değer  $230.38 \mu\text{g/g}$  olarak Kozaklı ilçesi Konak Termal Tesisi’nden ve en düşük değerde  $2.30 \mu\text{g/g}$  olarak Merkez ilçesi Nar Beldesi (2)’nden alınan toprak numunesinde elde edilmiştir.

İl ortalaması  $61.26 \pm 7.29 \mu\text{g/g}$  olup Acıgöl ( $69.02 \pm 28.16 \mu\text{g/g}$ ), Avanos ( $67.52 \pm 38.03 \mu\text{g/g}$ ), Derinkuyu ( $66.19 \pm 7.92 \mu\text{g/g}$ ) ve Kozaklı ( $64.99 \pm 41.93 \mu\text{g/g}$ ) ilçe ortalamaları bu değer

üzerindedir. Hacibektaş ( $61.08 \pm 16.86 \mu\text{g/g}$ ), Gülşehir ( $59.15 \pm 20.98 \mu\text{g/g}$ ), Ürgüp ( $54.34 \pm 15.31 \mu\text{g/g}$ ) ve Merkez ilçe ( $47.77 \pm 19.78 \mu\text{g/g}$ ) ortalamaları ise bu değerlerin altında kalmaktadır. İl genelinde ise toplam 67 adet toprak numunesinden elde edilen Zn konsantrasyonu il ortalamasının üzerinde elde edilmiştir.

Zn elementi için Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından sınır değeri  $300 \mu\text{g/g}$  olarak belirlenmiştir. Nevşehir ili tüm toprak numunelerinde belirlenen Zn konsantrasyonu bu değerin altındadır.

Nevşehir ili toprak numunelerinde elde edilen Zn konsantrasyonunun dağılım haritası Şekil 4.52'de görülmektedir.



Şekil 4.52: Nevşehir ili toprak numunelerinde Zn konsantrasyonu dağılım haritası.

Ayrıca Kabata-Pendias ve Mukherjee (2007) tarafından, topraktaki Zn elementi için maksimum izin verilebilir limit değeri aralığı  $100-300 \text{ mg/kg}$  ve bazı Avrupa Ülkelerinde önerilen değeri aralığı  $200-1500 \text{ mg/kg}$  olarak verilmiştir. Bu değerler ile karşılaştırıldığında, Nevşehir'in 7

toprak numunesinde belirlenen Zn konsantrasyonu 100 mg/kg'ın üzerinde olup bunlardan sadece bir tanesi 200 mg/kg'ın da üzerindedir.

Tablo 4.11'de Zn konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin İsveç, Brezilya (Parana) ve Japonya ortalama değerinin altında, Amerika ortalama değerinin biraz üzerinde olduğu görülmüştür. Dünya ortalama değerine (62 mg/kg) ise hemen hemen eşit olduğu, Çin için verilen ortalama değer aralığının da içinde kaldığı görülmüştür.

#### 4.3.20. Toprak Numunelerinde Zirkonyum (Zr) Konsantrasyonu

Zirkonyumun, atom numarası 30 ve yoğunluğu 6.52 g/cm<sup>3</sup> olup geçiş metali grubunda yer alan bir ağır elementtir. Çok reaktiftir, havada ve sıvı içerisinde hemen oksitle kaplanır ve korozyona dirençli hale gelir. Zr metali, korozyona ve aşınmaya dayanıklılığı ve nötron absorblama özelliğinin az olması nedeniyle nükleer reaktörlerin yapı malzemesinde kullanılır<sup>53</sup>.

Zirkonyum; granit ve siyenit gibi magmatik kayalar ile şist ve gnays gibi metamorfik kayalarda bulunabilir. Bünyesinde Hafniyum izotopunun yanı sıra radyoaktif uranyum ve radyojenik kurşun izotoplarını da bulundurur. Bu sebeple mineral, radyometrik yaşlandırma yöntemlerinde kullanılır.

Zirkonyum tuzları düşük zehirliliğe sahiptir. Çevre için az tehlikelidir. Dişçilikte, metal desteksiz olarak hastalara uygulanan Zirkonya köprüleri, 5-6 ay sonra hastanın ağızında, diş eti çekilmelerine, diş etlerinde bir takım değişik tipte alerjilere neden olabilmektedir. Zirkonyum radyoaktif özellik taşır. Bu yüzden Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerde zirkonyumdan diş yapımı neredeyse durmuştur<sup>54</sup>.

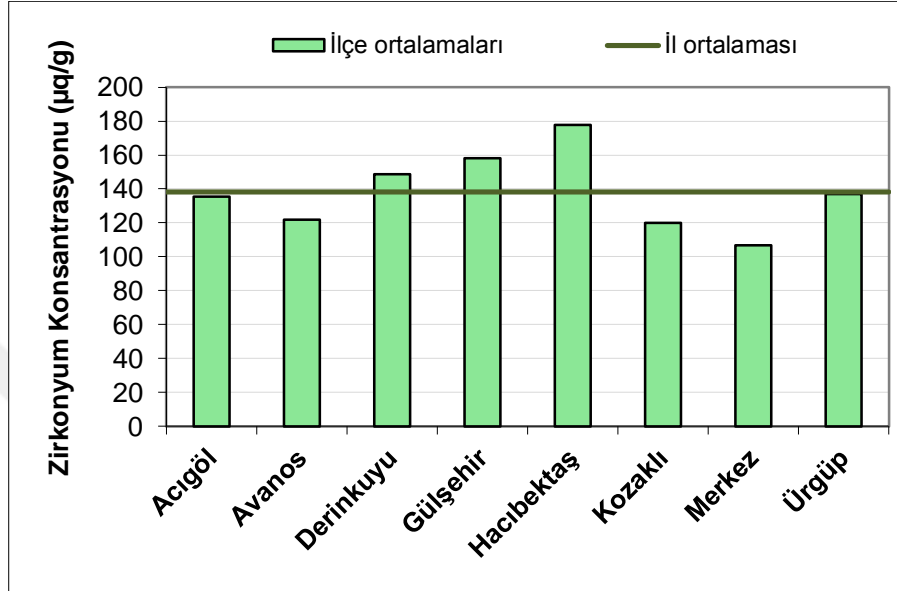
Şekil 4.53'de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen Zn konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; en yüksek değer 177.81±42.01 µg/g ile Hacıbektaş ilçesine, en düşük değer de 106.62±62.93 µg/g ile Merkez ilçesine aittir.

İl genelinde, en yüksek değer 332.61 µg/g ile Gülşehir ilçesine bağlı Yalıntaş köyünden ve en düşük değer de 6.67 µg/g ile Kozaklı ilçesi Konak Termal Tesisi'nden alınan toprak numunesinden elde edilmiştir.

<sup>53</sup> <http://www.nkfu.com/zirkonyum-nedir-zirkonyum-elementinin-ozellikleri/>

<sup>54</sup> [http://www.esrefatabey.com.tr/bilgiedinme\\_ayrinti.aspx?id=50](http://www.esrefatabey.com.tr/bilgiedinme_ayrinti.aspx?id=50)

Zn konsantrasyonu il ortalaması  $138.21 \pm 22.89 \mu\text{g/g}$ 'dir. Hacıbektaş ( $177.81 \pm 42.01 \mu\text{g/g}$ ), Gülşehir ( $157.99 \pm 56.62 \mu\text{g/g}$ ) ve Derinkuyu ( $148.66 \pm 9.82 \mu\text{g/g}$ ) ilçe ortalamaları il ortalamasının üzerindedir. Ayrıca il geneli incelendiğinde, 88 ölçüm noktasından alınan toprak numunesinde belirlenen Zr konsantrasyonu da il ortalama değerinin üzerinde kalmaktadır.



Şekil 4.53: Toprak numunelerinde belirlenen Zr konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

Tablo 4.11'de verilen Dünya ve çeşitli ülkelerin ortalama Zr konsantrasyonu incelendiğinde; Nevşehir il ortalama değerinin Dünya, İsveç, Brezilya (Parana) ve Amerika ortalama değerinin çok altında, Japonya ortalama değerinin ise çok üzerinde olduğu görülmüştür.

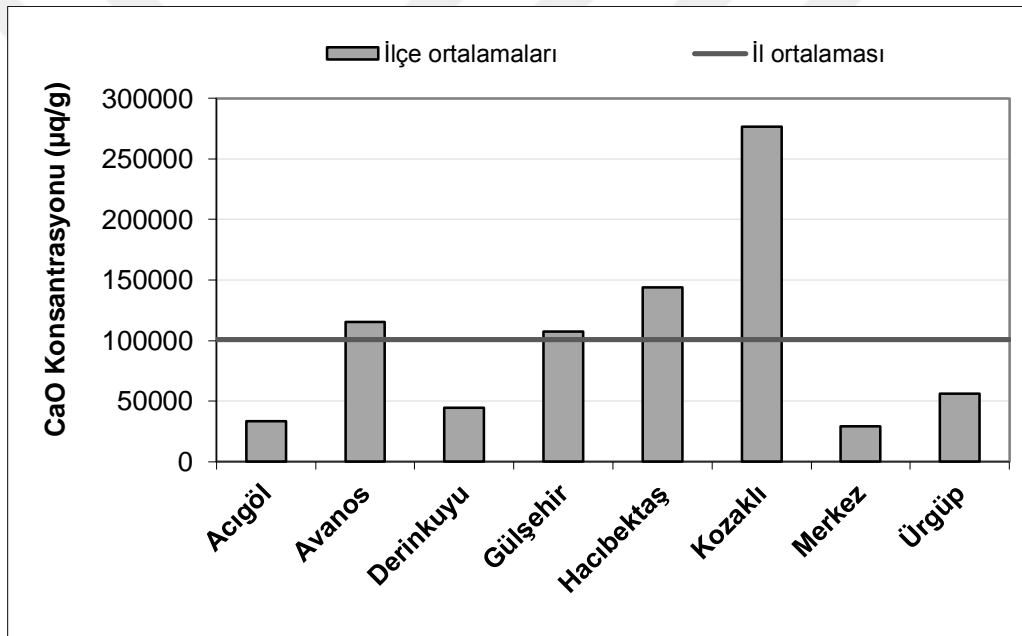
#### 4.3.21. Toprak Numunelerinde Kalsiyumoksit (CaO) Konsantrasyonu

Kalsiyumun atom numarası 20 ve yoğunluğu  $1.55 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Alkali toprak metali grubunda yer alan Ca, yeryüzünde en çok bulunan 5. element ve vücudumuzda makro yapıda bulunan besinsel mineraldir. En stabil ve yaygın kalsiyum bileşiği kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) olup kirecin başlıca kaynağıdır. Yaygın olarak kullanılan kireçleme materyali ise CaO'tir. Sönmemiş kireç olarak bilinir. Kireç taşının ( $\text{CaCO}_3$ ) yüksek sıcaklıkta ( $1100 \text{ }^\circ\text{C}$ ) yakılmasıyla elde edilir. CaO'in tahriş edici etkisi büyük olup suyla birleştiğinde sıcaklık verir. Şeker arıtılmasında, cam üretiminde ve  $\text{CO}_2$  emdirilmesinde kullanılır<sup>55</sup>.

<sup>55</sup> <http://www.nkfu.com/kalsiyum-nedir-kalsiyum-elementinin-ozellikleri/>

Genel anlamda kireçleme toprağın fiziksel özelliklerini geliştirmek, mikrofloranın yaşam koşullarını iyileştirmek ve toprak reaksiyonunu nötr duruma getirerek bitki besin elementlerinin bitkiye yararlı hale gelmesini sağlamak amacıyla toprağa Ca ve Mg içeren bileşiklerin verilmesi işlemidir. Kireçlemenin sağladığı en büyük yarar, asit reaksiyonlu topraklarda yüksek konsantrasyonlarda bulunan ve bitkilere toksik etki yapan Al ve Mn gibi elementlerin çözünürlüğünü azaltmasıdır<sup>56</sup>.

Şekil 4.54’de Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen CaO konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; 276878.40  $\mu\text{g/g}$  ile en yüksek değer Kozaklı ve 29017.50  $\mu\text{g/g}$  ile de en düşük değer Merkez ilçesine aittir.



Şekil 4.54: Toprak numunelerinde belirlenen CaO konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl genelinde, en yüksek değer 673954.00  $\mu\text{g/g}$  ile Kozaklı ilçe merkezinden ve en düşük değer de 7719.00  $\mu\text{g/g}$  ile Ürgüp ilçesi Mustafapaşa köyünden alınan toprak numunesinden elde edilmiştir.

CaO konsantrasyonu il ortalaması 100828.7  $\mu\text{g/g}$  olup ilçe ortalamalarına bakıldığında; Kozaklı (276878.40  $\mu\text{g/g}$ ), Hacibektaş (144025.90  $\mu\text{g/g}$ ), Avanos (115134.30  $\mu\text{g/g}$ ) ve Gülşehir

<sup>56</sup> <http://www.ziraatciyiz.biz/kirec-ve-kireclemenin-toprak-verimliligine-etkileri-t2552.html?s=18972986b919a04ce402d8307da6e3ac&amp;>

ilçelerinin (107302.00 µg/g) ortalaması il ortalamasının üzerindedir. Ayrıca il genelinde 66 ölçüm noktasından alınan toprak numunesinde de CaO konsantrasyonları il ortalama değerinin üzerinde kalmaktadır. CaO bileşeni için literatürde herhangi bir sınır değere ulaşılamamıştır.

#### 4.3.22. Toprak Numunelerinde Titanyum Dioksit (TiO<sub>2</sub>) Konsantrasyonu

Titanyum, atom numarası 22 ve yoğunluğu 4.506 g/cm<sup>3</sup> olup geçiş metali grubunda yer alan, neredeyse tüm canlı varlıklarda, kayalarda, sulara ve toprakta yaygın olarak bulunan, korozyona karşı çelikten daha uzun süre dayanıklı ve paslanmaz çelikten % 75 daha hafif bir elementtir. Doğada, her zaman diğer elementlerle bağlı bir şekilde bulunur. Ancak saf titanyum, mineral cevherlerinden Hunter ve Kroll yöntemleri uygulanarak elde edilir. Bu işlemler için titanyumun en yaygın bileşiği olan TiO<sub>2</sub> kullanılır.

TiO<sub>2</sub>, E171 koduyla kullanılan bir gıda katkı maddesi olup gıdalarda nem tutucu ve renklendirici olarak, ayrıca beyaz un, sofr tuzu, şeker, sakız, diş macunu, sabun, deterjanlar, kimyasal ilaçlar, vitamin hapları, karbonat, kabartma tozu gibi ürünlerde, boya sanayinde, güneş ışığını kesme özelliğine sahip kozmetiklerde kullanılmaktadırlar. TiO<sub>2</sub> nanoteknolojide kullanılan üç ana maddeden bir tanesidir. Nanoteknolojik boyalarda ve bütün tıbbi ilaçlarda renklendirici ve koruyucu madde olarak da kullanılmaktadır.

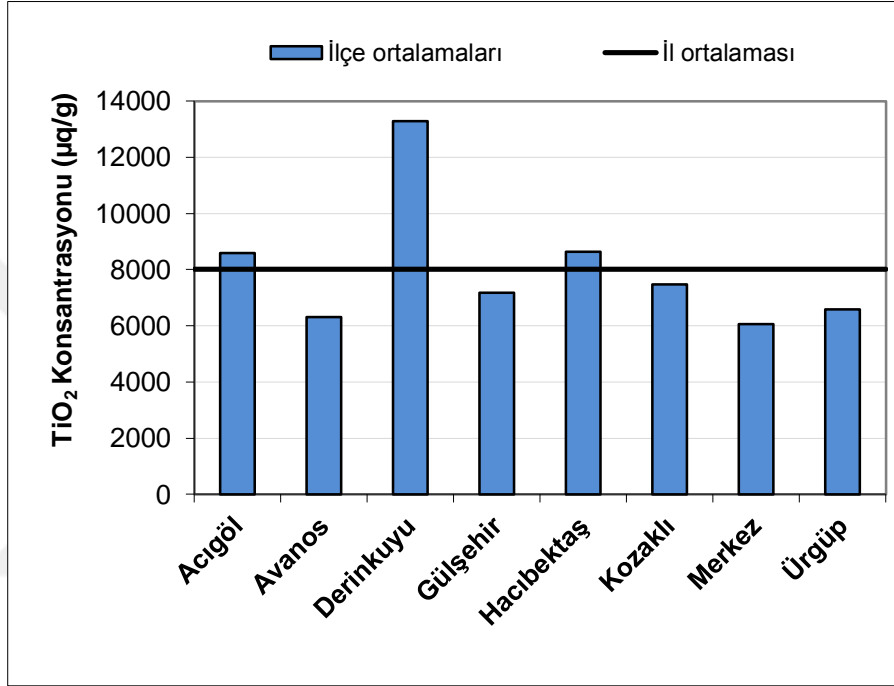
TiO<sub>2</sub> nano kristalleri fotokataliz özellik göstermektedir. Fotokataliz ışık ile bazı reaksiyonların oluşmasını sağlayan madde olup vücutta temas ettiği organik parçacıkları yok ederek çalışmaktadır. TiO<sub>2</sub> havada, suda ve çeşitli yüzeylerde organik maddeleri parçalayarak su ve karbondioksit oluşturur. Kendini temizleyen boyalar ve kumaşlarda bu maddeden yapılmaktadır. Kumaşın veya boyanın yüzeyi TiO<sub>2</sub> kristalleriyle kaplanmaktadır. Böylece buralara temas eden organik maddeler parçalanarak leke temizlenmektedir.<sup>57</sup>

TiO<sub>2</sub>, kuvvetli nem tutucu olduğundan vücudun su dengesini, ayrıca kromozomlara zarar vererek de gen yapısını bozmaktadır. Vücuda alındığında parçalanamamakta, vücudun farklı organlarında birikmekte ve boyutları çok küçük olduğundan vücut içinde kolaylıkla gezebilmektedir. Hücrelerin içinde kolayca nüfuz edebilen bu yapı hücre içerisinde her tarafa saldıran bir kimyasal yapı olup kansere yol açmaktadır.

<sup>57</sup> <http://www.zararlar.com/titanyum-dioksit-zararlari.html>

WHO'nün yan kuruluşu IARC tarafından da TiO<sub>2</sub>, "Grup 2B - insanlarda olasılıkla kanserojen" olarak sınıflandırılır<sup>58</sup>.

Şekil 4.55'te Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen TiO<sub>2</sub> konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; en yüksek değer 13297.00 µg/g ile Derinkuyu ve en düşük değer 6050.00 µg/g ile Merkez ilçesine aittir.



Şekil 4.55: Toprak numunelerinde belirlenen TiO<sub>2</sub> konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

İl genelinde, en yüksek değer 22093.00 µg/g olarak Derinkuyu ilçesi Doğalla köyünden ve en düşük değer de 897 µg/g olarak Kozaklı ilçesi Konak Termal Tesisi'nden alınan toprak numunesinden elde edilmiştir.

TiO<sub>2</sub> konsantrasyonunun il ortalaması 8012.90 µg/g olup ilçe ortalamaları incelendiğinde; Derinkuyu (13297.00 µg/g), Hacıbektaş (8632.30 µg/g) ve Acıgöl (8597.60 µg/g) ilçe ortalamalarının il ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir.

<sup>58</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_2B\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_2B_carcinogens#Substances)

Ayrıca il geneli incelendiğinde; 71 ölçüm noktasından alınan toprak numunesinde  $TiO_2$  konsantrasyonu il ortalama değerinin de üzerindedir.  $TiO_2$  bileşeni için literatürde herhangi bir sınır değere ulaşılamamıştır.

#### 4.3.23. Toprak Numunelerinde Demir-III-Oksit ( $Fe_2O_3$ ) Konsantrasyonu

Demir, atom numarası 26 ve yoğunluğu  $7.86 \text{ g/cm}^3$  olup geçiş metali grubunda yer alan, dünya üzerinde en yaygın 4. mineral ve yerkabuğunda en çok bulunan bir ağır metaldir.

Meteorların bileşiminin en önemli kısmını teşkil eden Fe, tabiatta bileşikleri halinde, silikat taşlarında % 1 - 5 oranlarında bulunur. Fe, birikmiş şekilde esas itibarıyla pirit  $FeS$ , siderit  $FeCO_3$ , limonit  $Fe(OH)_3$ , magnetik  $Fe_3O_4$  ve hematit  $Fe_2O_3$  mineralleri şeklinde bulunur. Bu minerallerden pirit altın renginde büyük billurlar teşkil eder ve metal gibi parlaktır, diğerleri ise kırmızı veya kahverengi rengindedir. Piritten demir metalini elde etmek için bu cisim hava temasında yakılmak suretiyle  $Fe_2O_3$ 'e çevrilir<sup>59</sup>.

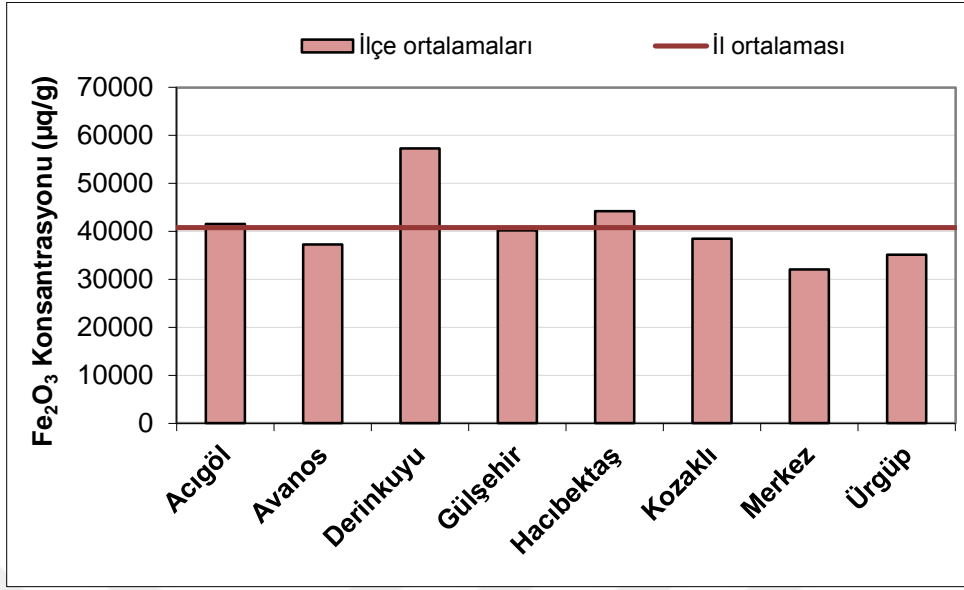
$Fe_2O_3$  (Hematit) minerali, çoğunlukla kurak, yarı kurak ve tropikal bölgelerdeki topraklarda ve kayalarda bol bulunur ve çoğunlukla ana materyalden miras kalır (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Şekil 4.56'da Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen  $Fe_2O_3$  konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; en yüksek değer  $57327.80 \text{ } \mu\text{g/g}$  ile Derinkuyu ve en düşük değer  $32082.10 \text{ } \mu\text{g/g}$  ile Merkez ilçesine aittir.

İl genelinde, en yüksek değer  $89791.00 \text{ } \mu\text{g/g}$  olarak Derinkuyu ilçesi Kuyulutatlar köyü girişi parlak siyah kaya parçasından ve en düşük değer de  $9971.00 \text{ } \mu\text{g/g}$  olarak Kozaklı ilçesi Konak Termal Tesisi'nden alınan toprak numunesinde elde edilmiştir.

İl ortalaması  $40768.80 \text{ } \mu\text{g/g}$  olarak bulunan  $Fe_2O_3$  bileşeni için ilçe ortalamalarına bakıldığında; Derinkuyu ( $57327.80 \text{ } \mu\text{g/g}$ ), Hacıbektaş ( $44212.80 \text{ } \mu\text{g/g}$ ) ve Acıgöl ilçelerinin ( $41594.00 \text{ } \mu\text{g/g}$ ) ortalaması il ortalamasının üzerinde, Merkez ( $32082.10 \text{ } \mu\text{g/g}$ ), Avanos ( $37273.10 \text{ } \mu\text{g/g}$ ), Ürgüp ( $35055.60 \text{ } \mu\text{g/g}$ ), Gülşehir ( $40127.30 \text{ } \mu\text{g/g}$ ) ve Kozaklı ilçe ( $38477.30 \text{ } \mu\text{g/g}$ ) ortalamaları ise il ortalamasından daha düşük seviyede belirlenmiştir.

<sup>59</sup> <http://www.kimyaevi.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF679A66406202CCB09A1BA8961C554BE0>



Şekil 4.56: Toprak numunelerinde belirlenen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> konsantrasyonu il ve ilçe ortalamaları.

Ayrıca il geneli incelendiğinde; 80 ölçüm noktasından alınan toprak numunesinde belirlenen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> konsantrasyonunun il ortalama değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bileşeni için literatürde herhangi bir sınır değere ulaşamamıştır.

#### 4.4. NEVŞEHİR İLİ SU NUMUNELERİNDE TOPLAM ALFA VE TOPLAM BETA AKTİVİTE KONSANTRASYONLARI

İnsanoğlu yaşamını sürdürülebilmesi için gerekli olan su ihtiyacını yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarından temin etmektedir. Sular, geçtikleri ortam boyunca toprak ve kayalarla temas halinde olup bazı maddeleri çözerler. Toprak ve kayalarda yüksek konsantrasyonlarda <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K gibi radyonüklidler bulunmaktadır. Ancak doğal kaynaklardaki gama aktif elementlerin yarı ömürleri, alfa ve beta aktif elementlere göre daha kısadır. Üstelik alfa ve beta radyoaktivitesi, iç radyasyon tehlikesi açısından çok daha önemlidir. Dolayısıyla bu doğal sulara bir miktar alfa aktif olarak uranyum ve radyum, beta aktif olarak da potasyum bulunmakta ve kendileri ile birlikte taşınmaktadırlar. Geçtikleri yerlerdeki konsantrasyon miktarına bağlı olarak radyoaktiflikleri değişmektedir. Volkanik kayalar içinden geçen suların radyoaktivite konsantrasyonu, tortul kayalardan geçen sulara nispeten daha yüksektir (Damla, 2005; Taşkın, 2006).

İçtiğimiz sulara bulunan radyoaktivite doğrudan vücudumuzda iç ışınlamaya neden olduğu için, Nevşehir’de yaşayan insanların sulardan kaynaklanan maruziyetlerini tespit edebilmek amacıyla, numune alımında öncelikle halkın içme suyu olarak kullandıkları sular tercih edilmiştir. Ancak, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın “Nevşehir İli 2013 Yılı Çevre Durum Raporu” başlıklı 2014 yılında yayınladığı raporda; ilde kentsel su temini için yüzeysel su kullanılmadığı, içme ve kullanma suyunun yeraltı su kaynaklarından karşılandığı ifade edilmiştir<sup>60</sup>. Dolayısıyla evlerde içme suyu olarak kullanılan şehir şebeke suyu da aslında yeraltı su kaynaklarından sağlanmaktadır.

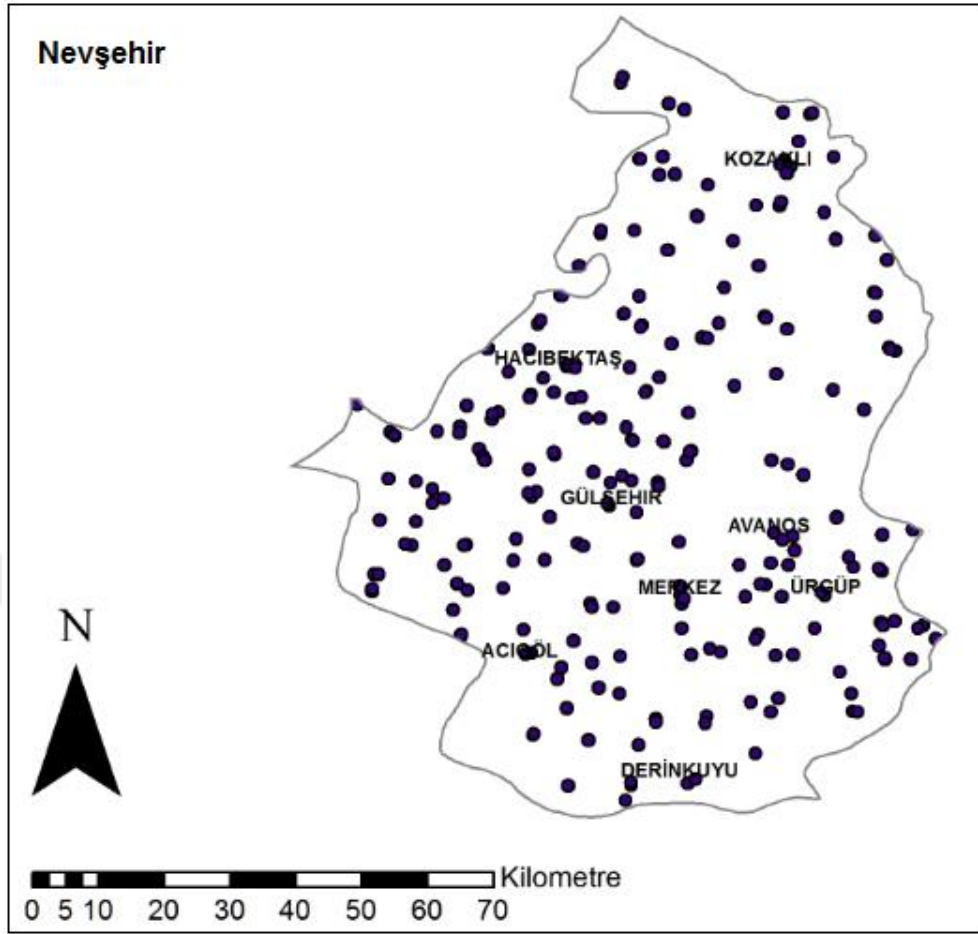
Bu bilgiler doğrultusunda, Nevşehir ilini temsil edecek şekilde koordinatları belirlenen yerlerden çoğunlukla halkın içme suyu olarak kullandıkları sulardan ve ayrıca Kozaklı kaplıca suyu, Uçhisar kuyu suyu, Kızılırmak, Karaburna Gölü ve Ayhanlar Barajı’ndan da olmak üzere toplam 267 noktadan su numunesi alınmıştır. Şekil 4.57’de su numunelerinin alındığı noktaların Nevşehir haritası üzerinde dağılımı görülmektedir.

Su numunelerinin toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları, Berthold marka LB770 model gaz akışlı orantılı cihaz kullanılarak Bq/L olarak belirlenmiştir. Toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları EK-4’te verilmektedir.

WHO tarafından toplam alfa aktivitesi için 0.1 Bq/L, toplam beta aktivitesi için 1.0 Bq/L olarak tavsiye edilen radyoaktivite limitleri, yeniden düzenlenerek 2006 yılında yayımlanan “Guidelines for Drinking-water Quality, First Addendum, Vol. 1, Recommendations, Third Edition” adlı içme suyu kalitesi ile ilgili kılavuzun 9. Bölümünde (Radiological aspects), alfa yayınlayıcılara ait izleme sınır değeri (toplam alfa aktivitesi) 0.5 Bq/L, beta yayınlayıcılara ait izleme sınır değeri (toplam beta aktivitesi) 1.0 Bq/L olarak verilmiştir (www.taek.gov.tr).

Nevşehir su numunelerinin analizi sonucunda elde edilen toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları WHO tarafından belirlenen bu limit değerlerle karşılaştırılmıştır.

<sup>60</sup> [http://www.csb.gov.tr/db/ced/eduardosya/Nevşehir\\_icdr.2013.pdf](http://www.csb.gov.tr/db/ced/eduardosya/Nevşehir_icdr.2013.pdf)



Şekil 4.57: Su numuneleri alım noktalarının Nevşehir il haritası üzerinde dağılımı.

#### 4.4.1. Su Numunelerinde Toplam Alfa Aktivite Konsantrasyonu

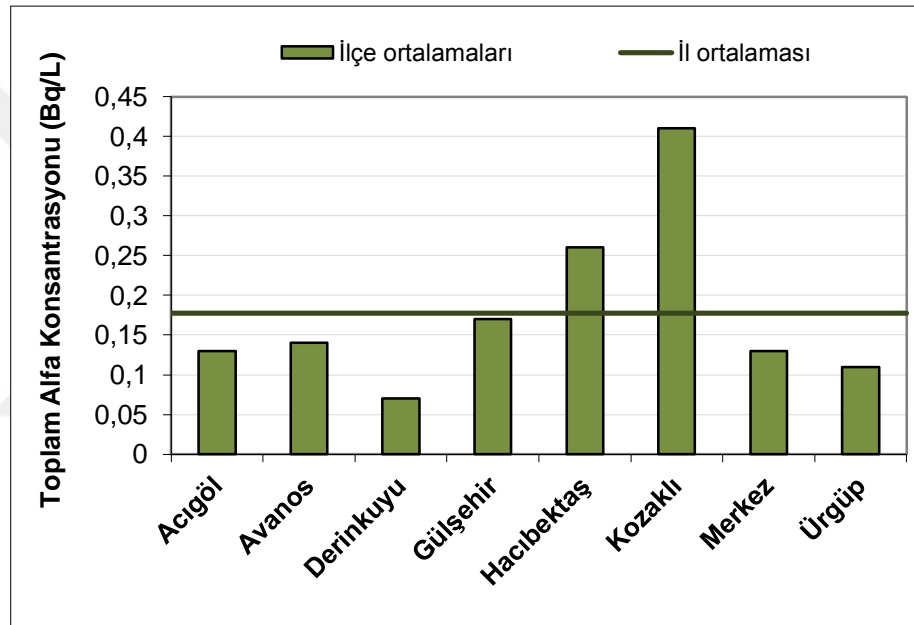
Nevşehir ili su numunelerinde belirlenen toplam alfa aktivite konsantrasyonu ilçelere göre minimum, maksimum ve ortalama değer olarak Tablo 4.12’de verilmiştir.

İlçe ortalamalarından yararlanılarak oluşturulan ve il geneli ortalaması ile karşılaştırılan dağılım grafiği Şekil 4.58’de verilmektedir.

Toplam alfa aktivite konsantrasyonu analiz sonuçlarına göre; 103 adet numunenin sonuçları ölçüm limitinin (Ö.L.= 0.03 Bq/L) altında elde edilmiştir. Diğer numunelerde ise en yüksek ilk iki değer Kozaklı ilçesi Belediye Kaplıcası’ndan alınan su numunelerinden 3.800 ve 2.494 Bq/L olarak elde edilirken en düşük değer ise 0.030 Bq/L ile Acıgöl ilçesi Tatların Beldesinden ve Ürgüp ilçesi Demirtaş köyünden alınan su numunelerinde elde edilmiştir.

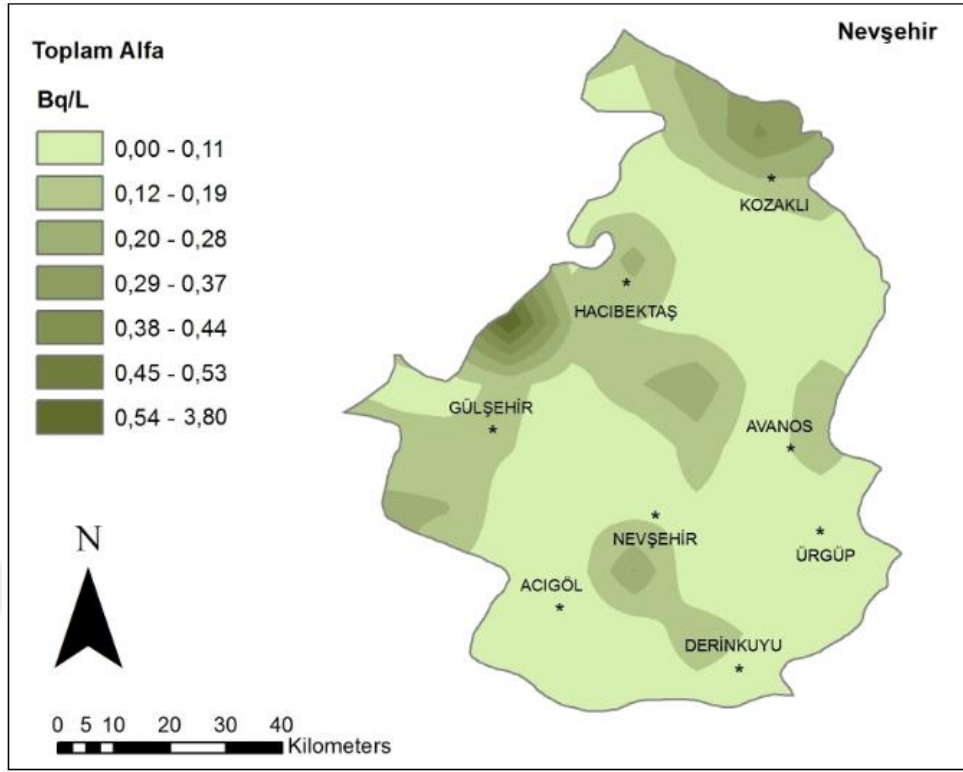
**Tablo 4.12:** Su numunelerinde toplam alfa aktivite konsantrasyonunun ilçe ortalama değerleri.

İlçe	Numune sayısı	Alfa Aktivite Konsantrasyonu (Bq/L)		
		Minimum	Maksimum	Ortalama
Acıgöl	19	0.030	0.590	0.134±0.172
Avanos	31	0.031	0.586	0.143±0.166
Derinkuyu	13	0.035	0.133	0.068±0.037
Gülşehir	56	0.032	0.604	0.171±0.156
Hacıbektaş	45	0.031	1.303	0.260±0.297
Kozaklı	36	0.031	3.800	0.412±0.908
Merkez	29	0.031	0.500	0.130±0.147
Ürgüp	38	0.030	0.390	0.110±0.104
<b>İl Geneli</b>	<b>267</b>	<b>0.030</b>	<b>3.800</b>	<b>0.179±0.276</b>

**Şekil 4.58:** Su numunelerinde toplam alfa aktivite konsantrasyonunun ilçe ortalama değerleri.

En yüksek ilçe ortalamasını 0.412±0.908 Bq/L ile Kozaklı ve en düşük ilçe ortalamasını da 0.068±0.037 Bq/L ile Derinkuyu ilçesinden alınan numuneler oluşturmaktadır. İl ortalaması ise 0.179±0.276 Bq/L olup Kozaklı ilçe ortalaması il ortalamasının yaklaşık 2 katıdır.

Ayrıca Nevşehir sularında belirlenen toplam alfa aktivite konsantrasyonu dağılım haritası da Şekil 4.59'da verilmektedir.



**Şekil 4.59:** Nevşehir ili su numunelerinde belirlenen toplam alfa aktivite konsantrasyonu dağılım haritası.

Nevşehir ilinin ve ilçelerinin ortalama toplam alfa aktivite değerleri WHO'nun belirlediği sınır değer olan 0.5 Bq/L altında bulunmaktadır. Ancak ilden elde edilen tüm numuneler incelendiğinde, 17 adet ölçüm noktasından alınan su numunesinde toplam alfa aktivite konsantrasyonu WHO'nun belirlediği sınır değerden yüksektir.

Bunlar;

Acıgöl ilçesi Ağıllı (2) köyü (0.590 Bq/L),

Avanos ilçesi Büyük Ayhan (2) (0.586 Bq/L) ve Kuyulukışla (2) köyleri (0.506 Bq/L),

Gülşehir ilçesi Ovaören (2) (0.604 Bq/L) ve Yalıntaş (2) köyleri (0.536 Bq/L),

Hacıbektaş ilçesi Avuçköy (2) (0.550 Bq/L), Çiğdem (3) (0.530 Bq/L), Hırkatepesidelik (1) (0.534 Bq/L), İliceler (1) (1.041 Bq/L) ve İliceler (2) (0.650 Bq/L), Karaburna (3) (0.610 Bq/L) ve Mikail (2) köyleri (1.303 Bq/L),

Merkez ilçe Alacaşar (3) köyü (0.500 Bq/L),

Kozaklı ilçesi Karahasanlı (2) (0.753 Bq/L) köyü ile Konak Otel Kaplıca suyu (0.790 Bq/L),

Belediye Kaplıca suyu (1) ve (2) (3.800 Bq/L ve 2.496 Bq/L)'den alınan su numuneleridir.

#### 4.4.2. Su Numunelerinde Toplam Beta Aktivite Konsantrasyonu

Nevşehir ili su numunelerinin toplam beta aktivite konsantrasyonları ilçelere göre minimum, maksimum ve ortalama değer olarak Tablo 4.13'te verilmiştir.

**Tablo 4.13:** Su numunelerinde toplam beta aktivite konsantrasyonunun ilçe ortalama değerleri.

İlçe	Numune sayısı	Beta Aktivite Konsantrasyonu (Bq/L)		
		Minimum	Maksimum	Ortalama
Acıgöl	19	0.061	0.450	0.212±0.130
Avanos	31	0.046	0.620	0.182±0.159
Derinkuyu	13	0.460	0.078	0.182±0.135
Gülşehir	56	0.042	1.010	0.240±0.187
Hacıbektaş	45	0.040	0.743	0.178±0.181
Kozaklı	36	0.046	1.486	0.332±0.350
Merkez	29	0.073	1.310	0.232±0.229
Ürgüp	38	0.051	1.029	0.171±0.173
<b>İl Geneli</b>	<b>267</b>	<b>0.040</b>	<b>1.486</b>	<b>0.216±0.071</b>

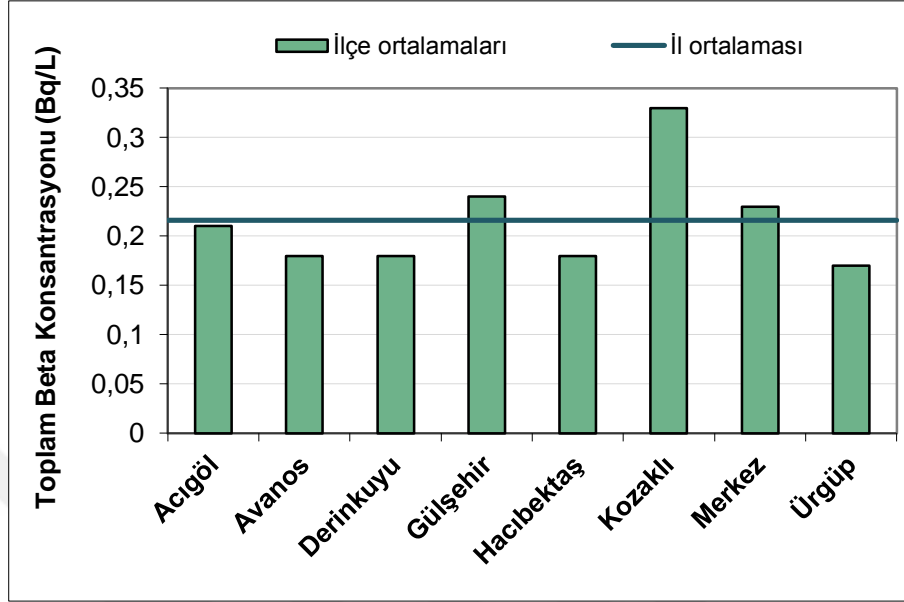
Toplam beta aktivite konsantrasyonu sonuçlarına göre; 34 adet numuneden elde edilen sonuçlar ölçüm limitinin (Ö.L.=0.04 Bq/L) altında kalmıştır. Diğer numunelerde ise en yüksek değer Kozaklı ilçesi Belediye Kaplıca suyu (1)'nden alınan su numunesinde 1.486 Bq/L olarak elde edilirken en düşük değer ise 0.040 Bq/L olarak Hacıbektaş ilçesi Kızılağıl ve Yenice köylerinden alınan su numunelerinde elde edilmiştir.

En yüksek ilçe ortalamasını 0.322±0.350 Bq/L ile Kozaklı ve en düşük ilçe ortalamasını da 0.171±0.173 Bq/L ile Ürgüp ilçesinden alınan su numuneleri oluşturmaktadır.

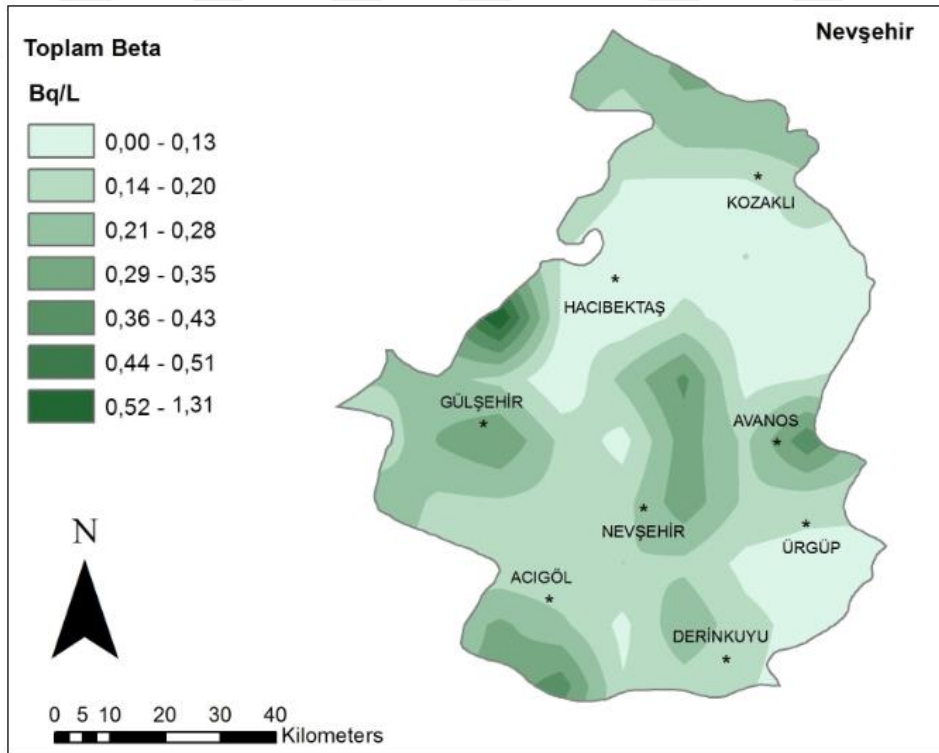
İl ortalaması 0.216±0.071 Bq/L olup, Kozaklı, Gülşehir ve Merkez ilçe ortalamaları il ortalamasının üzerinde, Acıgöl ilçe ortalaması ise il ortalama değerine hemen hemen eşittir. İlçe ortalamalarından yararlanılarak oluşturulan ve il geneli ortalamasını da veren dağılım grafiği Şekil 4.60 ve Nevşehir ili su numunelerinde belirlenen toplam beta aktivite konsantrasyonu dağılım haritası da Şekil 4.61'de verilmektedir.

Nevşehir ilinin ve ilçelerinin ortalama toplam beta aktivite konsantrasyonları WHO'nün belirlediği sınır değer olan 1.0 Bq/L altında kalmaktadır. Ancak Nevşehir ilinden elde edilen tüm değerlere bakacak olursak, 5 adet su numunesinde toplam beta aktivite konsantrasyonu WHO'nün belirlediği sınır değerinin üzerinde kalmaktadır. Bunlar; Gülşehir ilçesi Emmiler köyü (1.010 Bq/L), Kozaklı ilçesi Belediye Kaplıca suyu (1) ve (2) (1.486 Bq/L ve 1.240 Bq/L),

Merkez ilçe Uçhisar'dan alınan kuyu suyu (1.310 Bq/L) ve Ürgüp ilçesi Sarıhıdır (4) (1.029 Bq/L) köyünden alınan numunelerdir.



Şekil 4.60: Su numunelerinde toplam beta aktivite konsantrasyonunun ilçe ortalama değerleri.



Şekil 4.61: Nevşehir ili su numunelerinde belirlenen toplam beta aktivite konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.5. NEVŞEHİR İLİ SU NUMUNELERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI

Kayaçlar, mineral ve elementlerden oluşmaktadır. Toprak oluşumuyla bu elementler, kayalardan toprağa ve onunla temas eden suya geçmektedir. Hatta mineral yataklarından geçen sular buradaki metalleri çözümlenerek zararlı hale gelebilirler (Atabey, 2005).

Suda çözülmüş halde bulunan ve en tehlikeli olarak bilinen metallerin başlıcaları As, Fe, Hg, Cr, Pb, Cu, Ni, Cd, Zn, Mn, Se ve Co'dur. Fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm<sup>3</sup>'ten büyük olan ve ağır metal olarak bilinen bu metallerden doğada bulunan Cd, Cr<sup>+6</sup>, Hg ve Pb canlılar için mutlak gerekli olmayıp, eser miktarları bile toksik etki gösterirler. Cu, Cr<sup>+3</sup>, Fe, Mn, Mo, Ni ve Zn ise canlılar için belli bir doza kadar gereklidir. Düşük konsantrasyonlarından dolayı bu elementlere iz veya eser elementler denir. Ağır metallerin büyük bir bölümü, biyolojik organizmalarda birikir ve etkili miktarlara ulaştıklarında ciddi hastalıklara hatta ölümlere neden olabilirler (Yaşar, 2009).

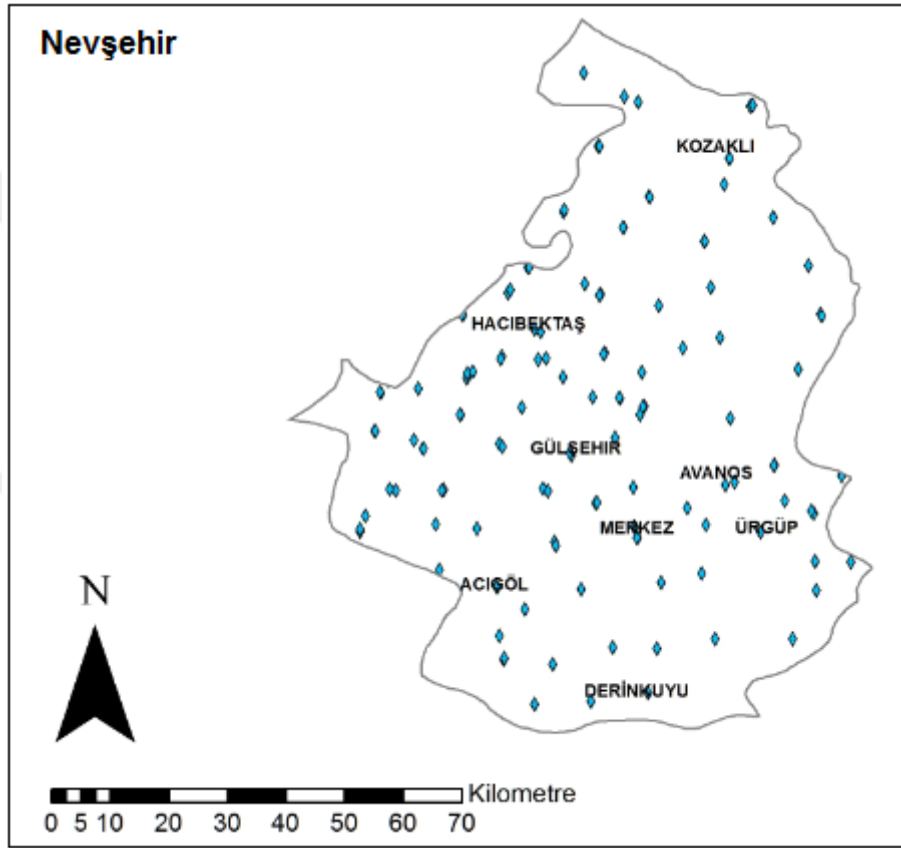
Özellikle sanayi ve endüstrileşmenin yoğun olduğu kent bölgelerinde yer alan tatlı su rezervleri bu metallerden üst düzeyde olumsuz etkilenmektedir. Canlı sağlığı açısından tehlikeli sayılabilecek ağır metaller, sularla taşınarak deniz canlılarına, toprağa ve oradan da insanlara ulaşabilmektedir. Bu nedenle özellikle düzenli olarak tüketildiğinden dolayı içme sularının içerebileceği maksimum eser elementlerin konsantrasyon sınır değerleri belirlenmiş ve yasal kuruluşlar tarafından düzenli olarak kontrol edilmesi gerekli görülmüştür<sup>61</sup>.

Canlı organizmada eser element olarak bulunan çok sayıda element, üstlendikleri pek çok görevlerle yaşamsal işlevlerin daha sağlıklı yürütülmesini sağlamakta olup her gün belli bir miktar alınmaları gerekmektedir. Bu biyoelementlerden Fe, Mn, Co, Cu, Zn, Mo, V, Cr ve Sn metal, F, Si, Se ve I ise ametal özelliğe sahiptir.

Kemik ve zar yapısı için Ca, P, Mg ve F; metabolik kataliz için Zn, Cu, Se, Mg ve Mo; oksijen bağlanması için Fe; hormon etkileri için I ve Cr çok önem kazanmaktadır. Bu elementler, normalden az ya da çok miktarda bulunmaları halinde de son derece önemli sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Atabey, 2005; TAEK Teknik Rapor, 2014; Çevik, 2015).

<sup>61</sup> [https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136\\_4753.pdf](https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf)

Nevşehir ilini temsil edecek şekilde koordinatları kaydedilen 139 noktadan alınan su numunelerinde çoğu ağır metal olmak üzere 23 adet eser elementin kantitatif (nicel) analizleri Perkin Elmer marka Optima 7000 DV model ICP-OES cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu elementlerin (Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Th, U ve Zn) analiz sonuçları tablo halinde EK-5’de verilmiş olup bu bölümde de sırasıyla ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Ayrıca Şekil 4.62’de elementel ve anyon analizi yapılan su numunelerinin alım noktalarının dağılımı görülmektedir.



**Şekil 4.62:** Elementel ve anyon analizi yapılan su numunelerinin alım noktalarının Nevşehir il haritası üzerinde dağılımı.

Nevşehir su numunelerinde belirlenen elementlerin il ortalaması ve ilçe ortalamalarının analiz sonuçları Tablo 4.14’de verilmektedir. Bu elementlerden 11 tanesinin analiz sonuçlarının il dağılım haritaları da oluşturulmuştur.

**Tablo 4.14:** Nevşehir ilinin su numunelerinde analiz edilen elementlerin il geneli ve ilçelere göre ortalama konsantrasyon değerleri ( $\mu\text{g/L}$ , ppb) ( $n=3$ , n analiz sayısı)

Analitler	Acıgöl		Avanos		Derinkuyu		Gülşehir		Hacıbektaş		Kozaklı		Merkez		Ürgüp		II Geneli	
	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Min.-Max.	Ort. $\pm$ Std. Sap.	Min.-Max.	Ort. $\pm$ Std. Sap.
Ag	1.52 $\pm$ 0.06	1.88 $\pm$ 0.99	1.49 $\pm$ 0.17	73.14 $\pm$ 187.2	6.15 $\pm$ 9.17	2.27 $\pm$ 1.92	2.26 $\pm$ 1.08	2.87 $\pm$ 2.81	2.26 $\pm$ 1.08	2.26 $\pm$ 1.08	2.26 $\pm$ 1.08	2.26 $\pm$ 1.08	2.26 $\pm$ 1.08	2.26 $\pm$ 1.08	0.88-497.70	11.45 $\pm$ 24.97	0.88-497.70	11.45 $\pm$ 24.97
Al	11.10 $\pm$ 12.48	62.00 $\pm$ 53.33	5.24 $\pm$ 1.20	44.33 $\pm$ 109.18	66.20 $\pm$ 108.87	48.50	28.44 $\pm$ 46.94	7.99 $\pm$ 7.40	28.44 $\pm$ 46.94	28.44 $\pm$ 46.94	28.44 $\pm$ 46.94	28.44 $\pm$ 46.94	28.44 $\pm$ 46.94	28.44 $\pm$ 46.94	3.07-479.00	34.23 $\pm$ 24.48	3.07-479.00	34.23 $\pm$ 24.48
As	18.68 $\pm$ 11.92	51.18 $\pm$ 67.81	11.26 $\pm$ 3.67	58.59 $\pm$ 60.92	22.41 $\pm$ 15.23	66.73 $\pm$ 83.40	33.21 $\pm$ 14.41	34.34 $\pm$ 39.68	33.21 $\pm$ 14.41	33.21 $\pm$ 14.41	33.21 $\pm$ 14.41	33.21 $\pm$ 14.41	33.21 $\pm$ 14.41	33.21 $\pm$ 14.41	6.33-277.30	37.05 $\pm$ 19.94	6.33-277.30	37.05 $\pm$ 19.94
Ba	49.58 $\pm$ 51.58	86.28 $\pm$ 65.71	37.83 $\pm$ 23.68	150.33 $\pm$ 411.02	149.22 $\pm$ 90.05	101.45 $\pm$ 73.36	60.09 $\pm$ 25.78	58.12 $\pm$ 40.88	60.09 $\pm$ 25.78	60.09 $\pm$ 25.78	60.09 $\pm$ 25.78	60.09 $\pm$ 25.78	60.09 $\pm$ 25.78	60.09 $\pm$ 25.78	1.08-2351.00	86.61 $\pm$ 43.86	1.08-2351.00	86.61 $\pm$ 43.86
Be	-	-	-	-	-	0.62 $\pm$ 0.04	-	-	-	-	0.62 $\pm$ 0.04	-	-	-	0.59-0.64	0.62 $\pm$ 0.04	-	0.62 $\pm$ 0.04
Cd	0.72 $\pm$ 0.05	0.64 $\pm$ 0.06	0.62	0.70 $\pm$ 0.11	0.65 $\pm$ 0.11	0.95	-	0.70 $\pm$ 0.23	0.65 $\pm$ 0.11	0.65 $\pm$ 0.11	0.65 $\pm$ 0.11	0.65 $\pm$ 0.11	0.65 $\pm$ 0.11	0.65 $\pm$ 0.11	0.54-0.95	0.71 $\pm$ 0.11	0.54-0.95	0.71 $\pm$ 0.11
Co	1.84 $\pm$ 0.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.41-2.27	1.84 $\pm$ 0.61	-	1.84 $\pm$ 0.61
Cr	-	2.16	2.00 $\pm$ 0.49	1.31 $\pm$ 0.36	1.23 $\pm$ 0.47	3.36	1.04 $\pm$ 0.06	-	1.23 $\pm$ 0.47	1.23 $\pm$ 0.47	1.23 $\pm$ 0.47	1.23 $\pm$ 0.47	1.23 $\pm$ 0.47	1.23 $\pm$ 0.47	0.85-3.36	1.85 $\pm$ 0.86	0.85-3.36	1.85 $\pm$ 0.86
Cu	14.36 $\pm$ 10.27	3.85 $\pm$ 1.91	7.35 $\pm$ 8.48	5.48 $\pm$ 4.66	5.53 $\pm$ 4.10	7.13 $\pm$ 8.36	8.63 $\pm$ 5.97	4.05 $\pm$ 1.82	5.53 $\pm$ 4.10	5.53 $\pm$ 4.10	5.53 $\pm$ 4.10	5.53 $\pm$ 4.10	5.53 $\pm$ 4.10	5.53 $\pm$ 4.10	1.45-33.80	7.05 $\pm$ 3.38	1.45-33.80	7.05 $\pm$ 3.38
Cs	23.99 $\pm$ 3.86	30.85 $\pm$ 5.89	24.92 $\pm$ 4.93	27.18 $\pm$ 6.67	27.44 $\pm$ 7.35	40.91 $\pm$ 12.42	34.89 $\pm$ 18.41	26.48 $\pm$ 3.09	27.44 $\pm$ 7.35	27.44 $\pm$ 7.35	27.44 $\pm$ 7.35	27.44 $\pm$ 7.35	27.44 $\pm$ 7.35	27.44 $\pm$ 7.35	19.20-72.00	29.38 $\pm$ 5.75	19.20-72.00	29.38 $\pm$ 5.75
Fe	12.84 $\pm$ 23.34	38.20 $\pm$ 50.05	15.60 $\pm$ 18.15	31.40 $\pm$ 70.85	46.75 $\pm$ 75.10	69.68 $\pm$ 146.73	24.77 $\pm$ 40.80	20.35 $\pm$ 36.07	46.75 $\pm$ 75.10	46.75 $\pm$ 75.10	46.75 $\pm$ 75.10	46.75 $\pm$ 75.10	46.75 $\pm$ 75.10	46.75 $\pm$ 75.10	1.06-580.60	32.45 $\pm$ 18.89	1.06-580.60	32.45 $\pm$ 18.89
Hg	-	23.66	-	16.84 $\pm$ 13.34	2.85	2.38 $\pm$ 0.11	2.61 $\pm$ 0.29	-	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	2.30-29.10	9.67 $\pm$ 9.96	2.30-29.10	9.67 $\pm$ 9.96
K	7099 $\pm$ 3098	5074 $\pm$ 2785	7087 $\pm$ 3372	5362 $\pm$ 3897	2742 $\pm$ 2534	7779 $\pm$ 6430	7399 $\pm$ 4874	6054 $\pm$ 4534	2742 $\pm$ 2534	2742 $\pm$ 2534	2742 $\pm$ 2534	2742 $\pm$ 2534	2742 $\pm$ 2534	2742 $\pm$ 2534	320-24600	6075 $\pm$ 1663	320-24600	6075 $\pm$ 1663
Mg	25536 $\pm$ 9606	18167 $\pm$ 1227	14325 $\pm$ 9312	20805 $\pm$ 9538	15636 $\pm$ 7568	32123 $\pm$ 23047	10388 $\pm$ 8013	16778 $\pm$ 32496	15636 $\pm$ 7568	15636 $\pm$ 7568	15636 $\pm$ 7568	15636 $\pm$ 7568	15636 $\pm$ 7568	15636 $\pm$ 7568	1840-133500	19220 $\pm$ 6874	1840-133500	19220 $\pm$ 6874
Mn	24.08 $\pm$ 48.96	3.62 $\pm$ 3.84	1.83 $\pm$ 2.29	1.94 $\pm$ 2.89	3.89 $\pm$ 7.60	3.34 $\pm$ 5.72	2.47 $\pm$ 3.86	1.21 $\pm$ 2.09	3.89 $\pm$ 7.60	3.89 $\pm$ 7.60	3.89 $\pm$ 7.60	3.89 $\pm$ 7.60	3.89 $\pm$ 7.60	3.89 $\pm$ 7.60	0.16-127.20	5.30 $\pm$ 7.64	0.16-127.20	5.30 $\pm$ 7.64
Ni	5.56 $\pm$ 6.62	3.49 $\pm$ 3.03	2.95 $\pm$ 0.90	2.75 $\pm$ 0.95	3.12 $\pm$ 0.95	3.09 $\pm$ 0.86	3.41 $\pm$ 1.06	2.90 $\pm$ 1.43	3.12 $\pm$ 0.95	3.12 $\pm$ 0.95	3.12 $\pm$ 0.95	3.12 $\pm$ 0.95	3.12 $\pm$ 0.95	3.12 $\pm$ 0.95	1.69-21.90	3.41 $\pm$ 0.90	1.69-21.90	3.41 $\pm$ 0.90
Pb	-	-	-	-	5.49	10.05	-	4.77	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	5.49	4.77-10.05	6.77 $\pm$ 2.86	4.77-10.05	6.77 $\pm$ 2.86
Sb	-	-	-	-	-	17.01 $\pm$ 1.05	-	-	-	-	17.01 $\pm$ 1.05	-	-	-	16.30-17.80	17.01 $\pm$ 1.05	-	17.01 $\pm$ 1.05
Se	-	-	-	-	-	-	-	12.42	-	-	-	-	-	-	12.42	12.42	-	12.42
Sr	230 $\pm$ 66	1189 $\pm$ 984	193 $\pm$ 69	1001 $\pm$ 699	949 $\pm$ 394	2230 $\pm$ 1680	206 $\pm$ 71	483 $\pm$ 571	949 $\pm$ 394	949 $\pm$ 394	949 $\pm$ 394	949 $\pm$ 394	949 $\pm$ 394	949 $\pm$ 394	130-5510	810 $\pm$ 698	130-5510	810 $\pm$ 698
Th	28.85	16.99 $\pm$ 6.69	25.19 $\pm$ 7.28	8.57	13.70	12.68 $\pm$ 4.15	-	27.41 $\pm$ 12.82	13.70	13.70	13.70	13.70	13.70	13.70	8.57-43.60	19.06 $\pm$ 8.03	8.57-43.60	19.06 $\pm$ 8.03
U	8.96	16.28 $\pm$ 1.14	-	16.31 $\pm$ 6.29	14.02 $\pm$ 6.01	14.79 $\pm$ 5.50	17.78 $\pm$ 13.10	16.42	14.02 $\pm$ 6.01	14.02 $\pm$ 6.01	14.02 $\pm$ 6.01	14.02 $\pm$ 6.01	14.02 $\pm$ 6.01	14.02 $\pm$ 6.01	8.19-27.00	14.94 $\pm$ 2.90	8.19-27.00	14.94 $\pm$ 2.90
Zn	37.08 $\pm$ 35.50	208.03 $\pm$ 460.50	33.51 $\pm$ 38.75	87.94 $\pm$ 165.12	116.00 $\pm$ 225.69	120.00 $\pm$ 176.72	234.63 $\pm$ 726.70	248.08 $\pm$ 653.03	116.00 $\pm$ 225.69	116.00 $\pm$ 225.69	116.00 $\pm$ 225.69	116.00 $\pm$ 225.69	116.00 $\pm$ 225.69	116.00 $\pm$ 225.69	0.90-2946.00	135.66 $\pm$ 85.13	0.90-2946.00	135.66 $\pm$ 85.13

Ayrıca Nevşehir ili su numunelerinin elementel analiz sonuçları; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tabloları; TS 266 (2005)<sup>62</sup>, WHO (2011)<sup>63</sup>, EPA (2012)<sup>64</sup>, Canada (2012)<sup>65</sup> ve EC (2014)<sup>66</sup> olarak verilen içme suyu standartları ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.15’de TS 266, WHO, EPA, Canada ve EC laboratuvarları tarafından içme suları için müsaade edilen maksimum konsantrasyonlar verilmektedir.

**Tablo 4.15:** TS 266, WHO, EPA, Canada ve EC laboratuvarları tarafından içme suları için müsaade edilen maksimum konsantrasyonlar.

Analit	İçme Suyu Standartları				
	TS 266 (2005)	WHO (2011)	EPA (2012)	Canada (2012)	EC (2014)
	(µg/L)				
Ag	-	100 (1993)	100	-	-
Al	200	200	200	200	200
As	10	10	10	10	10
Ba	-	700	2 000	1 000	-
Be	-	-	4	-	-
Cd	5	3	5	5	5
Co	10	-	-	-	-
Cr	50	50	100	50	50
Cu	2 000	2 000	1 300	1 000	2 000
Cs	-	-	-	-	-
Fe	200	300 (2004)	300	300	200
Hg	1	6	2	1	1
K	12 000	10 000 (2004)	-	-	-
Mg	50 000	30 000 (2004)	-	-	-
Mn	50	100 (2004)	50	50	50
Ni	20	70	-	-	20
Pb	10	10	15	10	10
Sb	5	20	6	6	5
Se	10	40	50	10	10
Sr	-	-	-	-	-
Th	-	-	-	-	-
U	-	30	30	20 (1999)	-
Zn	3 000	3 000	5 000	5 000	-

<sup>62</sup> TS 266 (2005), Türkiye Standartları

<sup>63</sup> WHO (2011), World Health Organization

<sup>64</sup> EPA (2012), Environmental Protection Agency

<sup>65</sup> Canada (2012), Canadian Drinking Water Quality Guidelines

<sup>66</sup> EC (2014), European Community

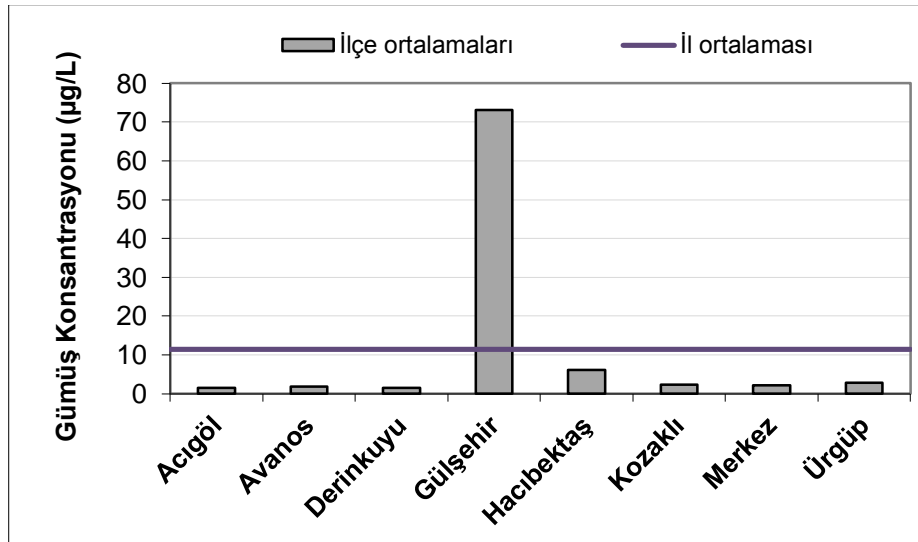
#### 4.5.1. Su Numunelerinde Gümüş (Ag) Konsantrasyonu

Gümüş, atom numarası 47 ve yoğunluğu  $10.49 \text{ g/cm}^3$  olup geçiş metali grubunda yer alan, doğada serbest olarak bulunan bir ağır metaldir. Elektrikli iyi iletildiği için elektrik alanında kullanılmakta olup günümüzde, uzay teknolojisinde ve su saflaştırma sistemlerinde, elektronik aletlerde ve ilaç endüstrisinde kullanım alanı giderek artmaktadır.

Ayrıca iyi bir mikrop öldürücü olduğu için uzun süre saklanması gerekli su ve besinleri korumada kap kaplaması olarak kullanılır. Bileşikleri zehirli olduğundan vücutta birikim yapabilir. Ağız ya da cilt yoluyla da zehirlenmeler olabilir. Belirtileri arasında mide ve karın bölgesinde sancılar, nefes darlığı ve taşikardi bulunmaktadır<sup>67</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinin 104 tanesinde Ag konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.= $0.81 \mu\text{g/L}$ ) altında tespit edilmiştir. Diğer numunelerde belirlenen Ag konsantrasyonu; minimum  $0.88 \mu\text{g/L}$  (Ürgüp Şahinefendi (2) köyü) ve maksimum  $497.2 \mu\text{g/L}$  (Gülşehir Gümüşyazı (1) köyü) aralığında olup il ortalaması  $11.45 \pm 24.97 \mu\text{g/L}$  olarak elde edilmiştir.

Şekil 4.63'te Nevşehir ili su numunelerinde Ag konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir.



Şekil 4.63: Nevşehir ili su numunelerinde Ag konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

<sup>67</sup> <http://www.nkfu.com/gumus-nedir-gumus-elementinin-ozellikleri/>

İlçe ortalamalarına bakıldığında;  $73.14 \pm 187.20 \mu\text{g/L}$  ile en yüksek değerin Gülşehir ve  $1.49 \pm 0.17 \mu\text{g/L}$  ile de en düşük değerin Derinkuyu ilçesine ait olduğu görülmektedir. İlçe ortalaması olarak sadece Gülşehir ilçesinden alınan su numunelerinin Ag konsantrasyonu il ortalamasının üzerindedir.

Ancak Gülşehir Gümüşyazı (1) köyünden alınan su numunesi haricinde Gülşehir ilçesinden alınan diğer numunelerin ortalaması ise  $2.38 \mu\text{g/L}$  olup Hacıbektaş ve Ürgüp ilçe ortalamalarının altındadır.

Ölçüm limitinin üzerinde olan Ag konsantrasyonlarından sadece bir numunenin (Gülşehir Gümüşyazı (1) köyü,  $497.2 \mu\text{g/L}$ ) değeri, WHO ve EPA içme suyu standartlarında müsaade edilen maksimum konsantrasyon değeri olan  $100 \mu\text{g/L}$ 'nin üzerinde elde edilmiştir.

#### **4.5.2. Su Numunelerinde Alüminyum (Al) Konsantrasyonu**

Alüminyum, atom numarası 13 ve yoğunluğu  $2.70 \text{ g/cm}^3$  olup ara geçiş metali grubunda yer alan doğada boksit cevheri halinde bulunan toksik zayıf bir metaldir. Yerkabuğunda oksijen ve silisyumdan sonra en bol bulunan element olup yerkabuğunun % 8.8'ini oluşturur. Ancak serbest halde çok nadir bulunmaktadır.

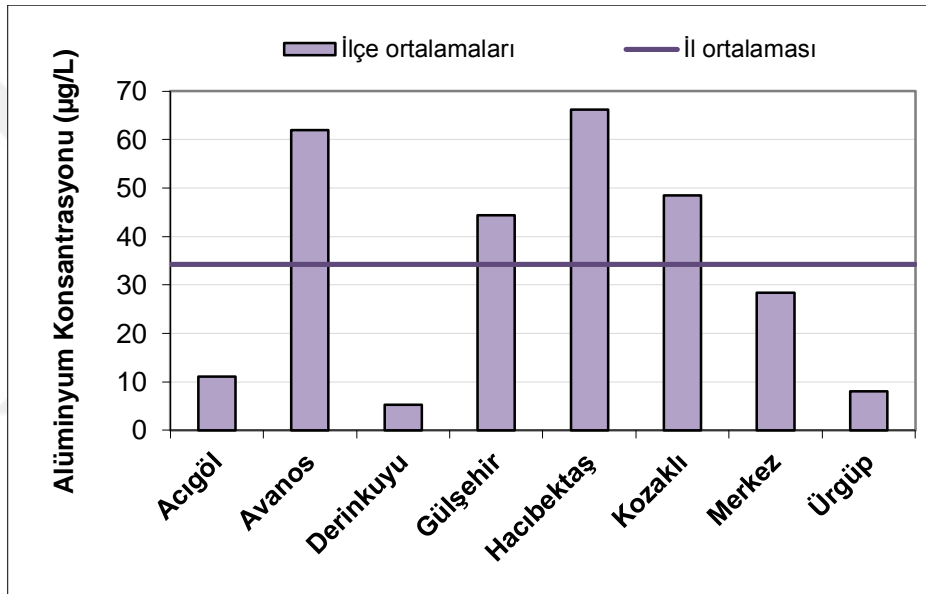
Isıyı ve elektriği iyi iletir. Demirden hemen hemen üç kez hafiftir. Hava ve kaynar su, üzerinde ince bir oksit tabakası oluşturmaktan başka etki yapmaz. Yüksek sıcaklıktaysa, oksijenle göz kamaştırıcı bir alevle yanarak büyük ölçüde ısı verir. Aktif bir metal olduğundan, alkali ve toprak alkali metaller dışındaki metalleri, bileşiklerinden açığa çıkarır, yani çok iyi indirgendir. Alüminyum, yumuşak bir metal olduğundan, teknikte genellikle alaşımları kullanılmakta olup saf ya da alaşımlar hâlinde uçak, otomobil ve gemi sanayiinde, inşaatlarda doğrama olarak, mutfak eşyası ve kablo yapımında kullanılır<sup>68</sup>.

Al, havada, suda, bitkilerde ve gıdalarda bulunur. Suda çözünerek oluşan iyonlarının zararlı etkileri vardır. Fazlalığında, kemik yumuşaması, mikrositik anemi, bunama, halsizlik ve titreme görülür. Beyin hücrelerinde birikerek merkezi sinir sistemini parçalar, beyin hastalığı, Parkinson ve Alzheimer hastalığı görülür (Tosun, 2009).

<sup>68</sup> <http://www.nkfu.com/aluminyum-nedir-aluminyum-elementinin-ozellikleri/>

Nevşehir ili su numunelerinin 84 tanesinde Al konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.=2.90 µg/L) altında tespit edilmiştir. Diğer numunelerde belirlenen Al konsantrasyonu; minimum 3.07 µg/L (Merkez Kaymaklı (2) köyü) ve maksimum 478.80 µg/L (Gülşehir Gümüşyazı (1) köyü) değer aralığında olup il ortalaması  $34.23 \pm 24.48$  µg/L'dir.

İlçe ortalamalarına bakıldığında;  $66.20 \pm 108.87$  µg/L ile en yüksek değer Hacibektaş ve  $5.24 \pm 1.20$  µg/L ile de en düşük değer Derinkuyu ilçesine ait olduğu görülmektedir. İlçe ortalaması olarak; Avanos, Gülşehir, Hacibektaş ve Kozaklı ilçelerinden alınan su numunelerinin Al konsantrasyonu il ortalamasından yüksektir (Şekil 4.64).



Şekil 4.64: Nevşehir ili su numunelerinde Al konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

Bu ilçelerin değer aralıkları Avanos 7.86 - 156.40 µg/L, Gülşehir 4.10 - 478.80 µg/L ve Hacibektaş 3.08 - 296.60 µg/L iken Kozaklı ilçesinin sadece Karahasanlı (2) köyünden alınan numunede Al konsantrasyonu 48.50 µg/L olarak tespit edilmiştir.

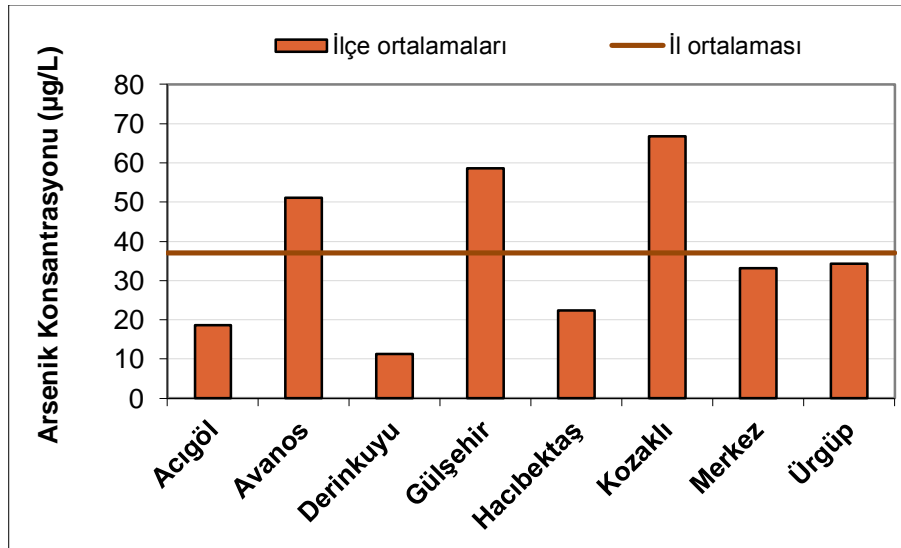
7 numunede Al konsantrasyonu 100 µg/L'nin üzerinde olup bunlardan Gülşehir Gümüşyazı (1) (478.80 µg/L), Hacibektaş Kütükçü (1) (246.90 µg/L) köylerinden ve Hacibektaş Karaburna gölünden (296.60 µg/L) alınan su numunelerinin konsantrasyonları, TS 266, WHO, EPA, Canada ve EC içme suyu standartlarının Al elementi için müsaade edilen maksimum konsantrasyon değeri olan 200 µg/L'nin de üzerindedir.

#### 4.5.3. Su Numunelerinde Arsenik (As) Konsantrasyonu

Arsenik, atom numarası 33 ve yoğunluğu  $5.72 \text{ g/cm}^3$  olup yarı metal grubunda bulunan çok toksik bir ağır metaldir. Arsenik ve inorganik arsenik bileşenleri, WHO'nün yan kuruluşu olan IARC tarafından "Grup 1 - insanlarda kanserojen" olarak sınıflandırılırlar. İnsanlar arseniğe, As içeren toprak veya su ile temas ederek, hava ve besin zinciri yoluyla maruz kalabilirler<sup>69</sup>.

Yerkabuğunda çok az bulunur, ancak pestisitlerin kullanımı ile birkaç yüz misli artmıştır. Jeotermal sularda As ve bileşikleri yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Yüzey ve içme sularında 0.5-1.0 mg/L arsenik bulunması insan zehirlenmelerine neden olmaktadır. Sudan zehirlenen yetişkinlerde deri dökülmesi, deri kalınlaşması (nasır), idrarda protein ve reflekslerde yavaşlama görülmüştür. Ayrıca, kemik ve solunum sistemi kanseri de görülür (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010).

Nevşehir ili su numunelerinin 57 tanesinde As konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.=5.90  $\mu\text{g/L}$ ) altında tespit edilmiştir. Diğer numunelerde As konsantrasyonu; minimum 6.33  $\mu\text{g/L}$  (Acıgöl Merkez (2)) ve maksimum 277.3  $\mu\text{g/L}$  (Kozaklı Belediye Kaplıca suyu (2)) değer aralığında olup il ortalaması  $37.05 \pm 19.94 \mu\text{g/L}$ 'dir. Şekil 4.65'te Nevşehir ili su numunelerinde As konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir.



Şekil 4.65: Nevşehir ili su numunelerinde As konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

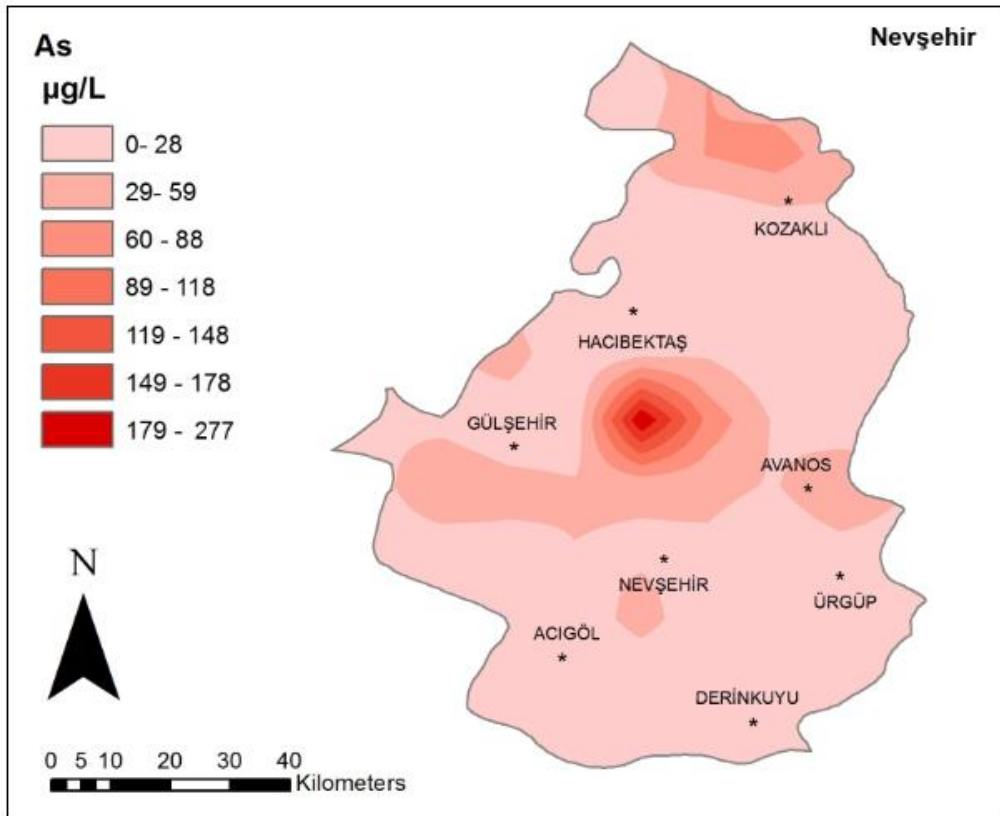
<sup>69</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_1\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_1_carcinogens#Substances)

İlçe ortalamalarına bakıldığında;  $66.73 \pm 83.40 \mu\text{g/L}$  ile en yüksek değerin Kozaklı ve  $11.26 \pm 3.67 \mu\text{g/L}$  ile de en düşük değerin Derinkuyu ilçesine ait olduğu görülmektedir.

İlçe ortalaması olarak; Avanos, Gülşehir ve Kozaklı ilçelerinden alınan su numunelerinin As konsantrasyonu il ortalamasından yüksektir. Bu ilçelerde As elementinin konsantrasyon değer aralıkları Avanos  $8.38-247.9 \mu\text{g/L}$ , Gülşehir  $7.63-251.6 \mu\text{g/L}$  ve Kozaklı  $7.08-277.3 \mu\text{g/L}$ 'dir.

Ölçüm limitinin üzerinde olan As konsantrasyonlarından 69 tanesi, TS 266, WHO, EPA, Canada ve EC içme suyu standartlarının As elementi için müsaade edilen maksimum konsantrasyon değeri  $10 \mu\text{g/L}$ 'nin üzerindedir. Bunlardan 8 tanesi  $100 \mu\text{g/L}$  ve hatta 3 tanesi  $200 \mu\text{g/L}$ 'nin de üzerindedir.

Ayrıca As konsantrasyonunun il dağılım haritası Şekil 4.66'da verilmektedir.



Şekil 4.66: Nevşehir ili su numunelerinde As konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.5.4. Su Numunelerinde Baryum (Ba) Konsantrasyonu

Baryum, atom numarası 56 ve yoğunluğu  $3.59 \text{ g/cm}^3$  olan alkali toprak metal grubunda bulunan bir elementtir. Doğal Baryum, yedi tane kararlı izotop içerir. Bunların dışında 13 yapay radyoaktif izotopu da bilinmektedir. Su, hava ve asitlerle kolay reaksiyon verir. Su ve asitte çözünen tüm baryum tuzları ve bileşikleri zehirlidir. Baryumun alüminyum ya da magnezyumla oluşturduğu alaşımlar radyo lambalarında kullanılır<sup>70</sup>.

Baryum, element olarak metalurjide, bileşikleri ise fişekçilikte, petrol madenciliğinde ve radyolojide kullanılır. Kurşundan biraz daha sert olan baryum, doğada her zaman başka elementlerle bileşikler halinde bulunur<sup>71</sup>.

Radyoaktif olan  $^{133}\text{Ba}$  izotopunun ışınması gama spektroskopisinde standart olarak değerlendirilir. Baryum kimyasal açıdan kendisine çok benzeyen radyum için taşıyıcı faz olarak kullanılır. Çekirdek reaktörlerinden çıkarılan uranyum çubuklarının birkaç hafta süren şiddetli radyoaktif ışınması, içinde bulunan  $^{140}\text{Ba}$  izotopunun radyoaktifliğinden kaynaklanır. Gıdalarda ve sularda bulunan Ba miktarı, genellikle bir sağlık riskine neden olabilecek kadar yüksek değildir<sup>72</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinin tamamında Ba konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.= $0.41 \mu\text{g/L}$ ) üzerinde elde edilmiştir. Elde edilen Ba konsantrasyonu; minimum  $1.08 \mu\text{g/L}$  (Merkez Boğazköy) ve maksimum  $2351 \mu\text{g/L}$  (Gülşehir Dadağı (2)) değer aralığında olup il ortalaması  $86.61 \pm 43.86 \mu\text{g/L}$  olarak tespit edilmiştir.

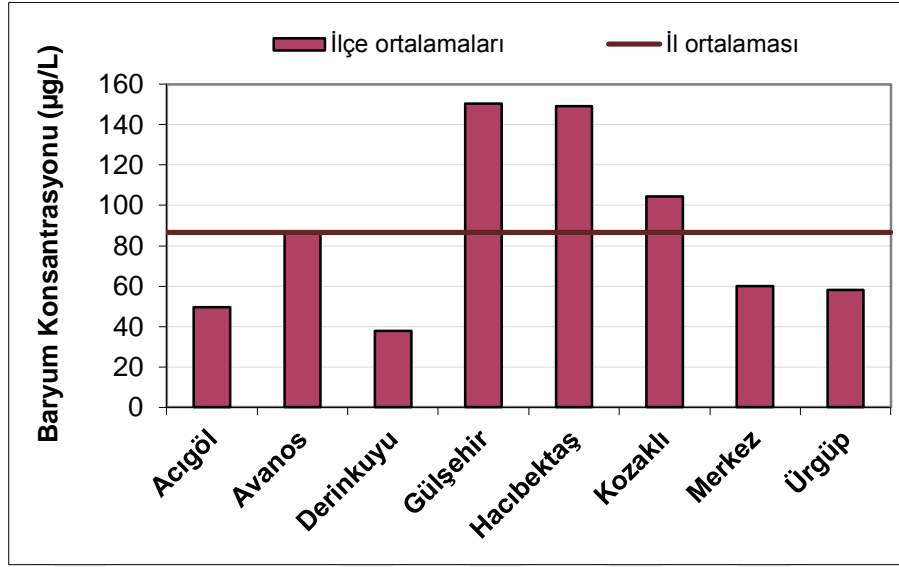
İlçe ortalamalarına bakıldığında ise  $150.33 \pm 411.02 \mu\text{g/L}$  ile en yüksek değer Gülşehir ve  $37.83 \pm 23.68 \mu\text{g/L}$  ile de en düşük değer Derinkuyu ilçesine ait olduğu görülmektedir. Avanos ( $86.28 \pm 65.71 \mu\text{g/L}$ ) ilçe ortalaması il ortalaması ile hemen hemen aynı değere sahip iken, Gülşehir, Hacıbektaş ve Kozaklı ilçeleri il ortalamasından yüksektir.

Şekil 4.67'de Nevşehir ili su numunelerinde Ba konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Ayrıca Ba konsantrasyonunun il dağılım haritası da Şekil 4.68'de verilmektedir.

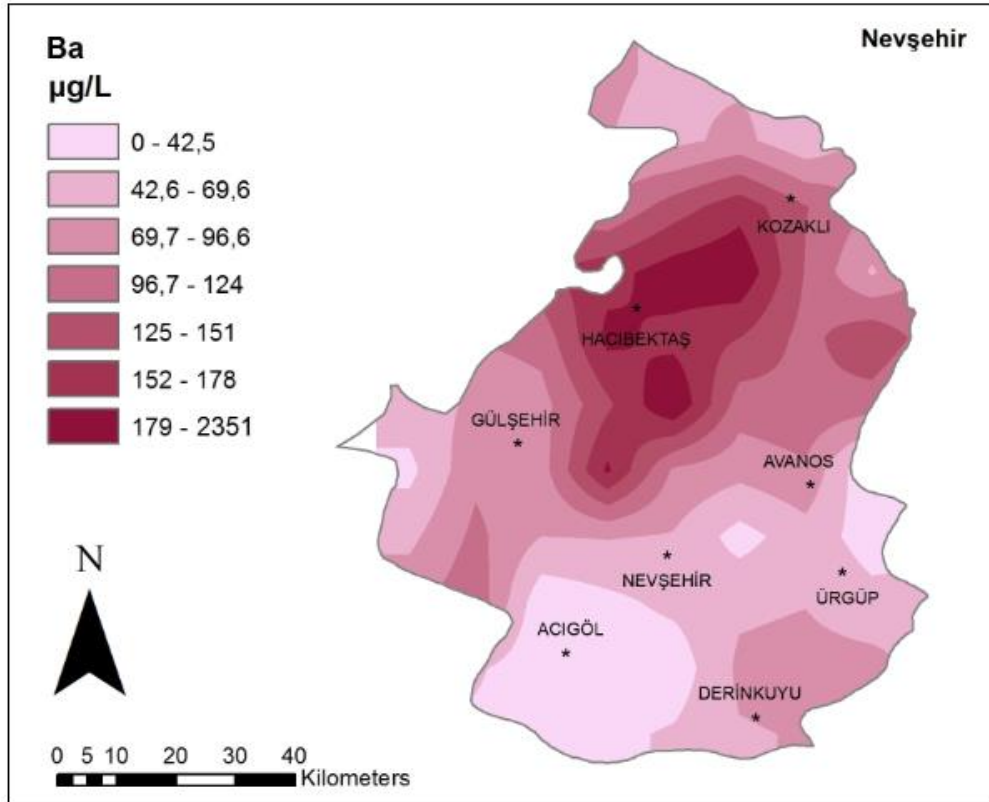
<sup>70</sup> <http://www.teknolojikarastirmalar.com/e-egitim/periodik/periodic/Ba.html>

<sup>71</sup> <http://www.nkfu.com/baryum-nedir-baryum-elementinin-ozellikleri/>

<sup>72</sup> [http://www.kimyaegitimi.org/sites/default/files/kontekst\\_uygulamaları/kimya\\_egitimi/bagirsaklarda\\_baryum.pdf](http://www.kimyaegitimi.org/sites/default/files/kontekst_uygulamaları/kimya_egitimi/bagirsaklarda_baryum.pdf)



Şekil 4.67: Nevşehir ili su numunelerinde Ba konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.



Şekil 4.68: Nevşehir ili su numunelerinde Ba konsantrasyonu dağılım haritası.

Avanos, Gülşehir, Hacibektaş ve Kozaklı ilçelerin Ba konsantrasyonu değer aralıkları Avanos 6.43-186.40 µg/L, Gülşehir 14.81-2351 µg/L, Hacibektaş 42.61-358.2 µg/L ve Kozaklı 21.90-222.80 µg/L'dir.

Ba konsantrasyonlarından 37 tanesi 100 µg/L'nin üzerinde olup bunlardan 12 tanesi 200-400 µg/L aralığındadır. Gülşehir Dadağı (2) köyünden alınan su numunesinin Ba konsantrasyonu 2351 µg/L ile WHO, Canada ve EPA içme suyu standartlarının Ba elementi için müsaade edilen maksimum konsantrasyon değerlerinin (sırasıyla 700, 1000 ve 2000 µg/L) de üzerindedir.

#### 4.5.5. Su Numunelerinde Berilyum (Be) Konsantrasyonu

Berilyum, atom numarası 4 ve yoğunluğu 1.85 g/cm<sup>3</sup> olan alkali toprak metal grubunda bulunan bir elementtir. Yerkabuğunda bolluğu % 0.0001 olup tek kararlı izotopu <sup>9</sup>Be'dur. Atom numarasının küçük olması nedeniyle X ışınlarına karşı yüksek geçirgenlik gösterir. Bu nedenle röntgen tüplerinin pencerelerinin yapımında kullanılır. Berilyum bileşikleri çok zehirlidir. Düşük konsantrasyonlar da bile ölüme neden olurlar. Kronik zehirlenmelerde etkisi 3 ay ile 15 yıl arası değişen bir süreden sonra ortaya çıkar.

Nükleer reaktörlerde nötronları yavaşlatmakta kullanılır. Yüksek oranda ısı emebilme özelliği nedeniyle, hava ve uzay taşıtlarında, iletişim uydularında, nükleer santrallerde ve füze yapımında kullanılır. Yüksek bir erime noktasına sahip olması, hafifliği ve çelikten çok daha esnek bir metal olması nedeniyle, bilgisayar parçaları yapımında, jiroskoplarda ve inşaat sektöründe sık tercih edilen bir elementtir. Be'un bakır alaşımı da, kaynak yapımında, elektrik bağlantılarında ve elektrotlarda kullanılır. Zümrüt ve akuamarin, berilyumun değerli kristal formlarıdır<sup>73</sup>.

Berilyum ve tozları, zehirli olmalarının yanında, özellikle akciğerlerde kansere yol açabilmektedirler. Berilyum ve bileşenleri, WHO'nün yan kuruluşu olan IARC tarafından "Grup 1 - insanlarda kanserojen" olarak sınıflandırılır<sup>74</sup>.

Bu çalışmada su numunelerinin sadece 2 tanesinde Be konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.= 0.20 µg/L) üzerinde elde edilmiştir. Bunlar, Kozaklı ilçesi belediyesinin kaplıca suyundan

<sup>73</sup><http://www.nkfu.com/berilyum-nedir-berilyum-elementinin-ozellikleri/>

<sup>74</sup>[http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_1\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_1_carcinogens#Substances)

alınan numunelerdir (0.59 ve 0.64 µg/L). Bu iki adet numunenin ortalaması (0.62±0.04 µg/L) Kozaklı ilçe ve il ortalamasını oluşturmaktadır.

#### 4.5.6. Su Numunelerinde Kadmiyum (Cd) Konsantrasyonu

Kadmiyum, atom numarası 48 ve yoğunluğu 8.65 g/cm<sup>3</sup> olan geçiş metali grubunda yer alan toksik bir ağır metaldir. Kadmiyum'un doğada tek başına bulunduğu minerali yoktur. Kadmiyum ve bileşenleri, WHO'nün yan kuruluşu olan IARC tarafından "Grup 1 - insanlarda kanserojen" olarak sınıflandırılırlar<sup>75</sup>.

Kadmiyum'un vücuda alınma yollarından biri içme sularıdır. Uzun süreli maruz kalındığında en fazla etkilenecek olan organ böbrekler olup ayrıca karaciğerde de birikirler. Böbrekte oluşan hasarın tekrar geriye dönüşü mümkün değildir. İlerleyen yaşlarla böbreklerdeki birikim yüksek tansiyona da neden olmaktadır. Akciğer ve prostat kanserlerinin oluşumunda Cd'un etkisi kesin olarak belirlenmiştir (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010).

Cd, diğer ağır metaller arasında suda çözünme özelliği en yüksek olan element olup bu nedenle doğada yayılım hızı yüksektir. Suda çözünebilir özelliğinden dolayı Cd<sup>+2</sup> iyonu halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sistemlere alınır ve birikme özelliğine sahiptir. İnsan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. Yeni doğmuş bebeklerde hiç Cd bulunmaz. İnsan vücudundaki Cd seviyesi ilerleyen yaşla beraber artış gösterir. Cd'dan kaynaklanan akut zehirlenmelerde öncelikle halsizlik, baş ağrısı, ateş, terleme, kaslarda gerilme ve ağrıya beraber kusma 24 saat içinde ortaya çıkar. Ayrıca kemik erimesi ve buna bağlı hastalıklar, diğer taraftan kansızlık, dişlerin dökülmesi ve koku duyumunun yitirilmesi de görülür<sup>76</sup>.

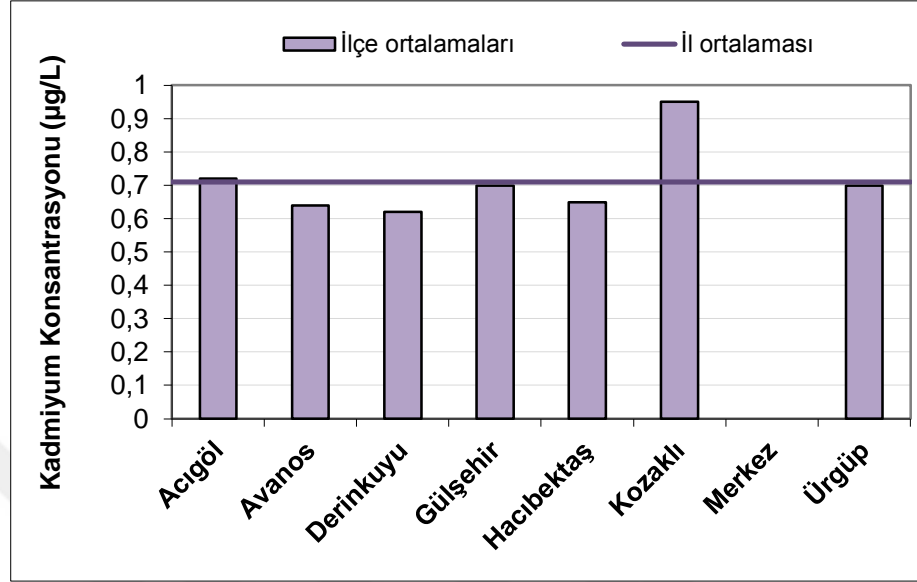
Su numunelerinin 119 tanesinde Cd konsantrasyonu, ölçüm limitinin (Ö.L.=0.53 µg/L) altında elde edilmiştir. Elde edilen diğer Cd konsantrasyonu; minimum 0.54 µg/L (Ürgüp ilçesi Mazı (2) köyü) ve maksimum 0.95 µg/L (Kozaklı ilçesi Belediye Kaplıca suyu (2)) değer aralığında olup il ortalaması 0.71±0.11 µg/L'dir.

İlçe ortalamalarına bakıldığında; en yüksek değer 0.95 µg/L ile Kozaklı ve en düşük değer 0.62 µg/L ile Derinkuyu ilçesine ait olduğu görülmektedir. İlçe ortalaması olarak; Acıgöl, Gülşehir ve Ürgüp ortalamaları il ortalaması ile hemen hemen aynı iken Kozaklı ilçesi Belediye

<sup>75</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_1\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_1_carcinogens#Substances)

<sup>76</sup> <http://doczz.biz.tr/doc/41892/gi%CC%87ri%CC%87%C5%9F---m.hilmi-eren>

Kaplıca suyu (2)'ndan alınan numunenin analiz sonucu il ortalamasından yüksektir (Şekil 4.69). Merkez ilçeden alınan su numunelerinin tamamı ise ölçüm limitinin altında elde edilmiştir.



Şekil 4.69: Nevşehir ili su numunelerinde Cd konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

#### 4.5.7. Su Numunelerinde Kobalt (Co) Konsantrasyonu

Kobalt, atom numarası 27 ve yoğunluğu  $8.9 \text{ g/cm}^3$  olan geçiş metali grubunda yer alan besinsel mineral özelliği olan bir ağır metaldir. Co, doğada yaygın bulunmakla birlikte yerkabuğunun yalnızca % 0.001'ini oluşturur. Yer ve göktaşı kökenli nikelli demirde, güneşin ve yıldızların atmosferlerinde, ömür elementlerle birleşmiş halde doğal sularda, okyanus tabanlarındaki yumruklarda, toprakta, bitkilerde ve hayvanlarda az miktarda Kobalt'a rastlanır.

Doğal Co tümüyle kararlı izotopu olan Co-59'dan oluşur; en uzun ömürlü yapay izotopu olan Co-60 (yarı ömrü 5.3 yıl), Co-59'un nükleer reaktörde nötronlarla ışınlanmasıyla üretilir. Co-60'ın saldıdığı gama ışınları saniyede metal malzemelerin içyapılarının, çatlaklarının ya da içerdiği yabancı maddelerin belirlenmesinde; kanser tedavisinde (özellikle beyin tümörü tedavisinde); sterilizasyon işleminde; biyoloji araştırmalarında ve sanayide radyoaktif izleyici olarak kullanılır<sup>77</sup>.

<sup>77</sup> <http://www.teknolojikarastirmalar.com/e-egitim/periodik/periodic/co.html>

Ayrıca yüzyıllardan beri sırlara ve seramiklere mavi renk kazandırmakta kullanılan Co, ferromanyetik özelliği demir ve nikelden fazla olduğu için mıknatıs yapımında da kullanılır<sup>78</sup>.

Co ve bileşenlerinin insanlar üzerinde kansere neden olduğuna dair henüz kesin bulgular olmamasına rağmen, WHO'nün bir yan kuruluşu olan IARC tarafından "Grup 2B - insanlarda olasılıkla kanserojen" olarak sınıflandırılırlar<sup>79</sup>.

İnsan sağlığı için önemli bir yere sahip olan B12 vitamini, Co içerir. B12, kırmızı kan hücresi alyuvarların üretimini ve merkezi sinir sisteminin korunmasını sağlar. Bu sebeple B12 vitamini eksikliği sebebiyle kansızlık, bacak ve kollarda uyuşma, karıncalanma, güçsüzlük gibi belirtiler ortaya çıkar. Kobalt eksikliği, alyuvarların yeniden oluşumunu engeller. Vücuttaki Co, damarları genişleterek damar tıkanıklığı ve yüksek tansiyon gibi sorunların önüne geçer. Sinir sistemini rahatlatır, migreni giderir, anemi (kansızlık) sorunlarını çözmeye yardımcı olur, karaciğer ve pankreasın çalışmasını düzenler<sup>80</sup>.

Faydaları yanında gerekli miktarın dışında Co alımı zehirlenmelere yol açabilir. Co zehirlenmeleri körlük, sağırılık, lenf bezleri genişlemesi gibi rahatsızlıklara ve özellikle çocuklarda tiroid eksikliği ve kalp yetersizliği gibi tehlikeli durumların ortaya çıkmasına neden olabilir (Kaim ve Schwederski, 2004; Alkış, 2011).

Bu çalışmada su numunelerinin sadece 2 tanesinde Co konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.=0.56 µg/L) üzerinde elde edilmiştir. Bunlar Acıgöl ilçesinde Ağıllı köyü (1.41 µg/L) ve Merkez (3) (2.27 µg/L)'den alınan su numuneleridir. Bu iki adet numunenin ortalaması (1.84±0.61 µg/L) Acıgöl ilçe ve il ortalamasını oluşturmaktadır.

#### **4.5.8. Su Numunelerinde Krom (Cr) Konsantrasyonu**

Krom, atom numarası 24 ve yoğunluğu 7.19 g/cm<sup>3</sup> olan geçiş metali grubunda yer alan bir ağır metaldir. Kromun kayalardan ve topraktan suya, ekosisteme, havaya ve tekrar toprağa olmak üzere doğal bir dönüşümü vardır. Ancak yılda yaklaşık olarak 6700 ton krom bu çevrimden ayrılarak denize akar ve okyanus tabanında çöker. Krom çeşitli değerlikler alabilmekle birlikte

<sup>78</sup> <https://www.makaleler.com/kobalt-nedir-ozellikleri-nelerdir-nerelerde-kullanilir>

<sup>79</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_2B\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_2B_carcinogens#Substances)

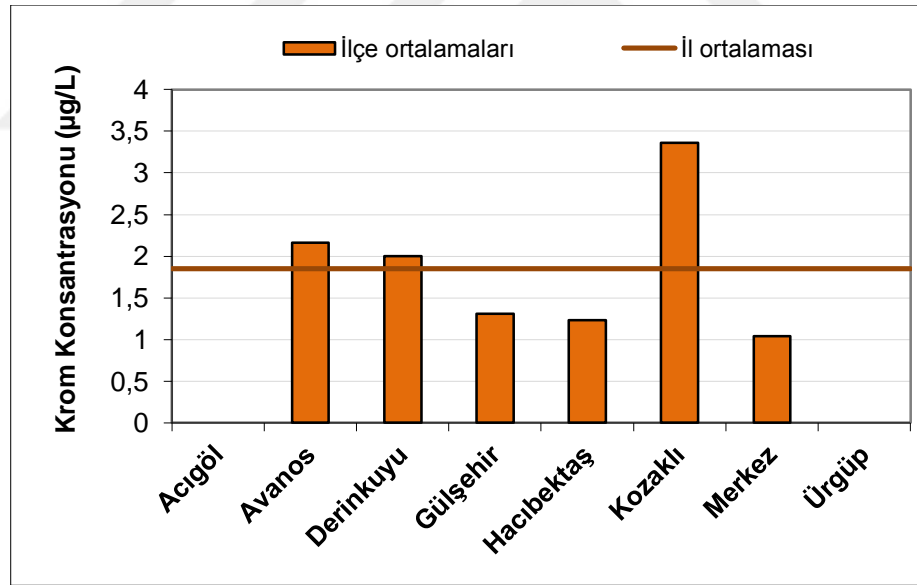
<sup>80</sup> <https://www.makaleler.com/kobalt-nedir-ozellikleri-nelerdir-nerelerde-kullanilir>

sularda esas olarak  $C^{+3}$  ve  $Cr^{+6}$  halinde bulunur.  $Cr^{+6}$ , suda anyon yapısında bulunur ve yüksek çözünürlüğe sahip olup kanserojen bileşikler oluşturur (Walter, 1987).

$Cr^{+6}$  iyonu bileşenleri, WHO'nün IARC kuruluşu tarafından "Grup 1 - insanlarda kanserojen" olarak sınıflandırılır (Yaşar, 2009).

Bu çalışmada  $Cr^{+3}$  iyonu analiz edilmiş olup 124 adet su numunesinde Cr konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.=0.79  $\mu\text{g/L}$ ) altında elde edilmiştir. Diğer Cr konsantrasyonları; minimum 0.85  $\mu\text{g/L}$  (Hacıbektaş ilçesi Yenyapan (1) köyü) ve maksimum 3.36  $\mu\text{g/L}$  (Kozaklı ilçesi Karahasanlı (2) köyü) aralığında olup il ortalaması  $1.85\pm 0.86 \mu\text{g/L}$ 'dir.

İlçe ortalamalarına bakıldığında; 3.36  $\mu\text{g/L}$  ile en yüksek değer Kozaklı ve  $1.04\pm 0.06 \mu\text{g/L}$  ile de en düşük değer Merkez ilçesine ait olduğu görülmektedir. İlçe ortalaması olarak; Avanos, Derinkuyu ve Kozaklı ilçelerinin Cr ortalamaları il ortalamasından yüksektir (Şekil 4.70).



Şekil 4.70: Nevşehir ili su numunelerinde Cr konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

#### 4.5.9. Su Numunelerinde Sezyum (Cs) Konsantrasyonu

Sezyum, atom numarası 55 ve yoğunluğu  $1.93 \text{ g/cm}^3$  olan alkali metal grubunda yer alan, 30 yıl yarı ömre sahip, doğada ender rastlanan bir elementtir. Doğadaki elementler içinde elektropozitifliği en fazla olan sezyum, çok kolay oksitlenir. Suyula bilinen en güçlü bazı

(CsOH) oluşturur ve hidrojen vererek ayrıştırır. Bileşikleri 1 değerlidir. Doğada, bazı maden sularında, lepidolitte ve trifilinde az miktarda bulunur<sup>81</sup>.

Cs elementinin insana etkisi çok fazla olup çıplak elle dokunulduğunda ölümlerle sonuçlanabilir. Hatta Cs elementinin bir toplu iğne ucu kadarı insanların içtiği su kaynağına damlatılırsa suyun ulaştığı herkeste ölüm etkisi yaratır. Bu çok etkili maddenin insanlardan kesinlikle uzak yerlerde kullanılması gerekir. Zaten nükleer santraller de bu nedenle şehir merkezlerinden ve insanların yaşadığı yerlerden uzaklara inşa edilmektedir.

Cs'un insana olan zararı ne kadar fazlaysa, güvenli ve insanlığın yararı için kullanıldığında, bilime olan faydası da bir o kadar fazladır<sup>82</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinin 55 tanesinde Cs konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.=19.2 µg/L) altındadır. Diğer numunelerden elde edilen Cs konsantrasyonu; minimum 19.23 µg/L (Merkez ilçe Alacaşar (1) köyü) ve maksimum 72 µg/L (Merkez ilçe Çat (2) köyü) değer aralığında olup il ortalaması 29.58±5.75 µg/L olarak elde edilmiştir.

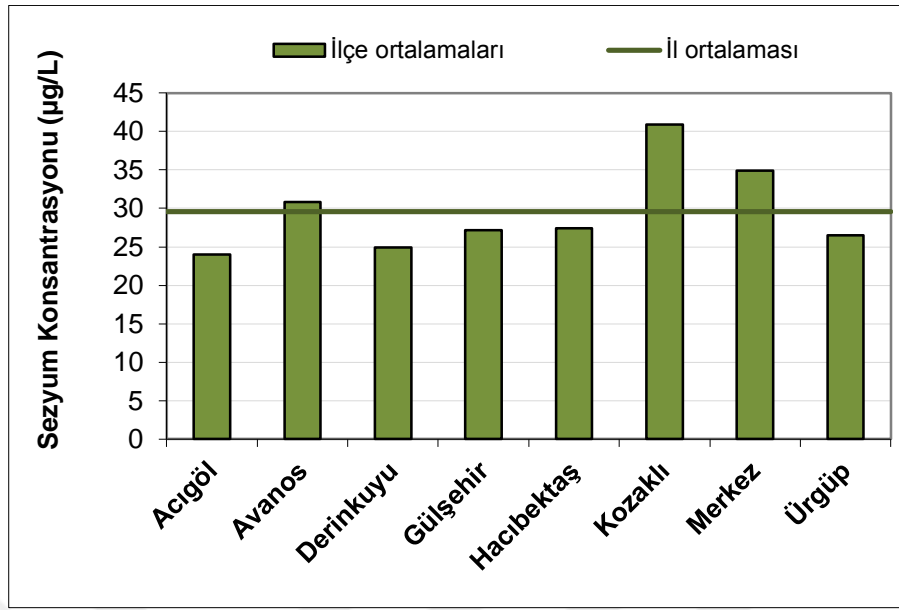
İlçe ortalamalarına bakıldığında; en yüksek değer 40.91±12.42 µg/L ile Kozaklı ve en düşük değer 23.99±3.86 µg/L ile Acıgöl ilçesine ait olduğu görülmektedir. İlçe ortalaması olarak; Avanos (30.85±5.89 µg/L), Kozaklı (40.91±12.42 µg/L) ve Merkez (34.89±18.41 µg/L) ilçelerinden alınan su numunelerinin Cs konsantrasyonu il ortalamasının üzerinde, Acıgöl (23.99±3.86 µg/L), Derinkuyu (24.92±4.93 µg/L), Gülşehir (27.18±6.67 µg/L), Hacıbektaş (27.44±7.35 µg/L) ve Ürgüp (26.48±3.09 µg/L) ilçe ortalamaları ise il ortalamasının altında elde edilmiştir.

Şekil 4.71'de su numunelerinde Cs konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları görülmektedir. İl ortalamasının üzerinde olan ilçelerin Cs konsantrasyonu değer aralıkları; Avanos ilçesi 21.33-39.07 µg/L, Kozaklı ilçesi 22.0-66.8 µg/L ve Merkez ilçe 19.23-72.0 µg/L'dir.

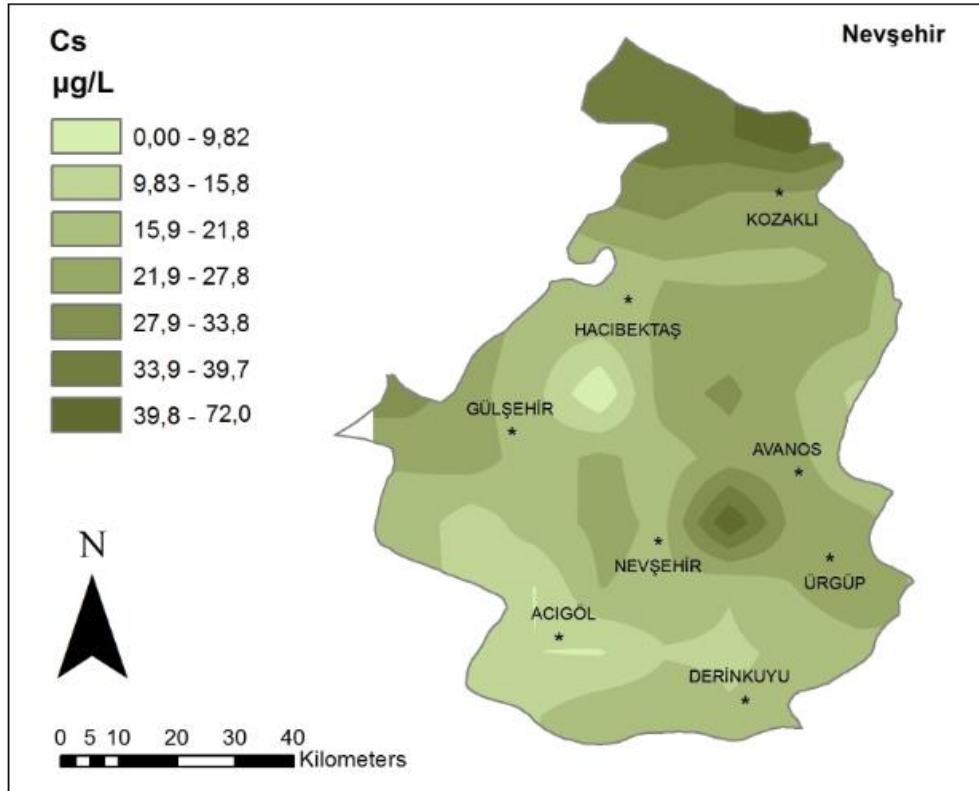
Ölçüm limitinin üzerinde olan Cs konsantrasyonlarından sadece 3 tanesi 50 µg/L'nin üzerinde elde edilmiştir. Ayrıca Cs konsantrasyonunun il dağılım haritası Şekil 4.72'de verilmektedir.

<sup>81</sup> <http://www.nkfu.com/sezyum-nedir-sezyum-elementinin-ozellikleri/>

<sup>82</sup> [http://web.itu.edu.tr/~mercimek/index\\_dosyalar/Page331.htm](http://web.itu.edu.tr/~mercimek/index_dosyalar/Page331.htm)



Şekil 4.71: Nevşehir ili su numunelerinde Cs konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.



Şekil 4.72: Nevşehir ili su numunelerinde Cs konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.5.10. Su Numunelerinde Bakır (Cu) Konsantrasyonu

Bakır, atom numarası 29 ve yoğunluğu  $8.96 \text{ g/cm}^3$  olan geçiş metali grubunda besinsel mineral olma özelliği de olan doğal bir elementtir. Cu, kayasever (Lithofil) elementler gibi suda çözünerek geniş bir alana dağılılabılır. Kirletilmemiş bölgelerdeki deniz suyunda Cu konsantrasyonu  $0.15 \text{ } \mu\text{g/L}$  ve tatlı sularda ise  $1-20 \text{ } \mu\text{g/L}$ 'dir. Cu, doğal suların pH değerine bağlı olarak çözünürlük sınırındaki azalma sonucu suların dibinde çökerir.

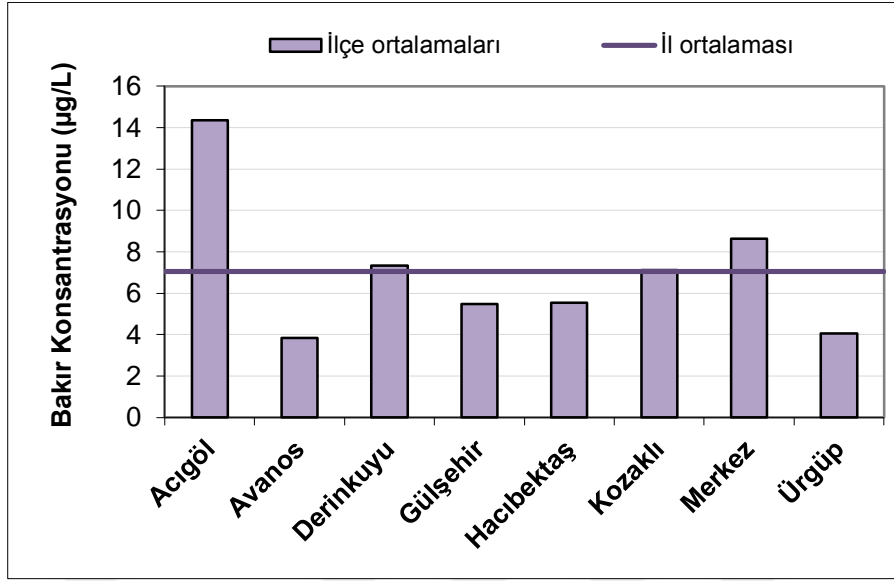
Cu, kanda plazmaya ve alyuvarlara dağılmıştır. Kanda Fe ile beraber hemoglobini meydana getirir. Ayrıca birçok enzimin fonksiyonunu ve kalp çalışmasını düzenler. Cu eksikliği, kansızlık ve kemik yapısında bozukluklarla kendini gösterir. Büyüme yavaşlar, cilt sorunları, iştahsızlık, kolestorel artışı, kalpte çarpıntılar oluşur. Hatta Alzheimer riskini artırdığı da gözlenmiştir. Ancak ne kadar bakırın bu riski artırdığı konusunda kesin bilgi bulunmamaktadır (Dönmez, 2012).

Cu içme suları ile yüksek miktarda alındığında ise, bulantı, kusma, ishal, karın krampları, karaciğer ve böbrek yetmezliği gözlenebilmektedir (Çağlarımak ve Hepçimen, 2010).

Bu çalışmada, su numunelerinin 47 tanesinde Cu konsantrasyonu ölçüm limitinin ( $\text{Ö.L.}=1.37 \text{ } \mu\text{g/L}$ ) altında tespit edilmiştir. Diğer numunelerden elde edilen Cu konsantrasyonu ise minimum  $1.45 \text{ } \mu\text{g/L}$  (Avanos ilçesi Mahmatlar (2) köyü) ve maksimum  $33.8 \text{ } \mu\text{g/L}$  (Acıgöl ilçesi Kurugöl (1) köyü) aralığında olup il ortalaması  $7.05 \pm 3.38 \text{ } \mu\text{g/L}$  olarak elde edilmiştir.

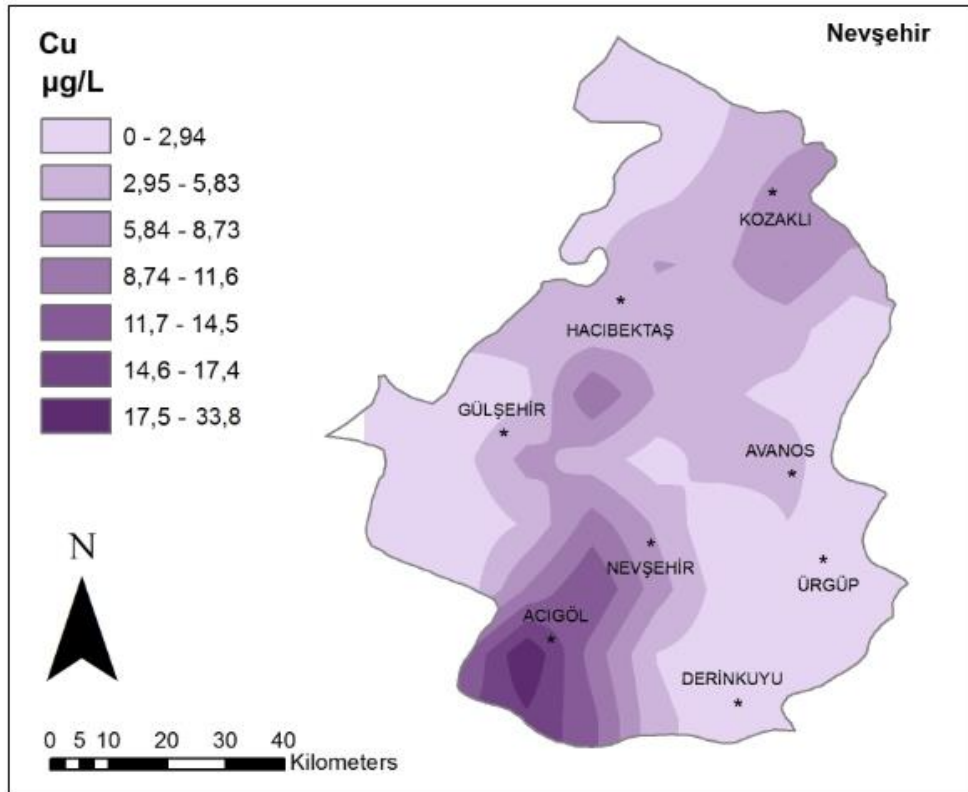
İlçe ortalamaları dikkate alındığında,  $14.36 \pm 10.27 \text{ } \mu\text{g/L}$  ile en yüksek değer Acıgöl ve  $3.85 \pm 1.91 \text{ } \mu\text{g/L}$  ile de en düşük değer Avanos ilçesinde elde edilmiştir. Derinkuyu ( $7.35 \pm 8.48 \text{ } \mu\text{g/L}$ ) ve Kozaklı ( $7.13 \pm 8.36 \text{ } \mu\text{g/L}$ ) ilçe ortalamaları il ortalaması ile hemen hemen aynı iken, Acıgöl ilçesi ortalama değeri ( $14.36 \pm 10.27 \text{ } \mu\text{g/L}$ ) il ortalamasının yaklaşık 2 katıdır. Ayrıca Merkez ilçenin Cu konsantrasyonu ortalaması ( $8.63 \pm 5.97 \text{ } \mu\text{g/L}$ ) il ortalamasından biraz yüksektir. Şekil 4.73'te su numunelerinde Cu konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları görülmektedir.

Ölçüm limitinin üzerinde elde edilen Cu elementi konsantrasyonlarından sadece 19 tanesi  $10-35 \text{ } \mu\text{g/L}$  değer aralığındadır.



Şekil 4.73: Nevşehir ili su numunelerinde Cu konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

Ayrıca Cu elementi konsantrasyonunun il dağılım haritası Şekil 4.74’de verilmektedir.



Şekil 4.74: Nevşehir ili su numunelerinde Cu konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.5.11. Su Numunelerinde Demir (Fe) Konsantrasyonu

Demir, atom numarası 26 ve yoğunluğu  $7.86 \text{ g/cm}^3$  olan geçiş metali grubunda yer alan, besinsel mineral özelliği de gösteren, dünya üzerinde en yaygın 4. mineral ve yer kabuğunda Al elementinden sonra en çok bulunan (% 5.06) bir ağır metaldir. Doğal olarak toprakta bulunan Fe, yeraltı sularına hatta akarsular ile deniz ve göllere taşınırlar (Deveci, 2012).

Demirin başlıca değerlikleri +2 ve +3'tür. Fe bileşiklerinden, karbonatlı, fosfatlı ve sülfürlü olanları suda çözünmez, diğerleri ise çözünür. Fe, hemoglobin oluşumunda rol alan etkin bir madde olup akciğerlerden dokulara oksijenin iletilmesinden sorumludur. Enzimlerin yapısında da bulunurlar.

Fe'in fazlası insanlar için zehirleyicidir. İnsan vücudu demirin emilimini çok sıkı kontrol eden bir mekanizmaya sahipse de vücuttan atılmasına ilişkin fizyolojik bir yetisi yoktur. Dolayısıyla alınan aşırı miktardaki Fe, sindirim sisteminin tüm bölgelerindeki hücrelere zarar verebilir, karaciğerde siroza, şeker hastalığına neden olabilir ve kan dolaşım sistemine girebilir.

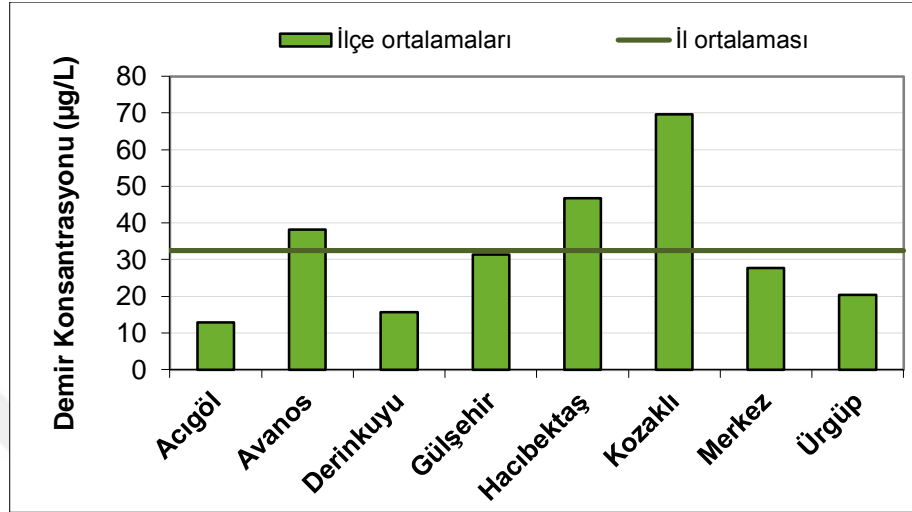
Fe eksikliğinde, soluk beniz, çarpıntı, nefes darlığı, yorgunluk, halsizlik, tırnak ve saç kırılması, dil yanması, iştahsızlık, kabızlık, çabuk yorulma ve anemi gözlenir (Dönmez, 2012).

Bu çalışmada su numunelerinin sadece 6 tanesinde Fe konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.= $0.95 \mu\text{g/L}$ ) altında tespit edilmiştir. Diğer numunelerden elde edilen Fe konsantrasyonu; minimum  $1.06 \mu\text{g/L}$  (Ürgüp ilçesi Şahinefendi (2) köyü) ve maksimum  $580.6 \mu\text{g/L}$  (Kozaklı ilçesi Kanlıca (1) köyü) değer aralığında olup il ortalaması  $32.45 \pm 18.89 \mu\text{g/L}$  olarak elde edilmiştir.

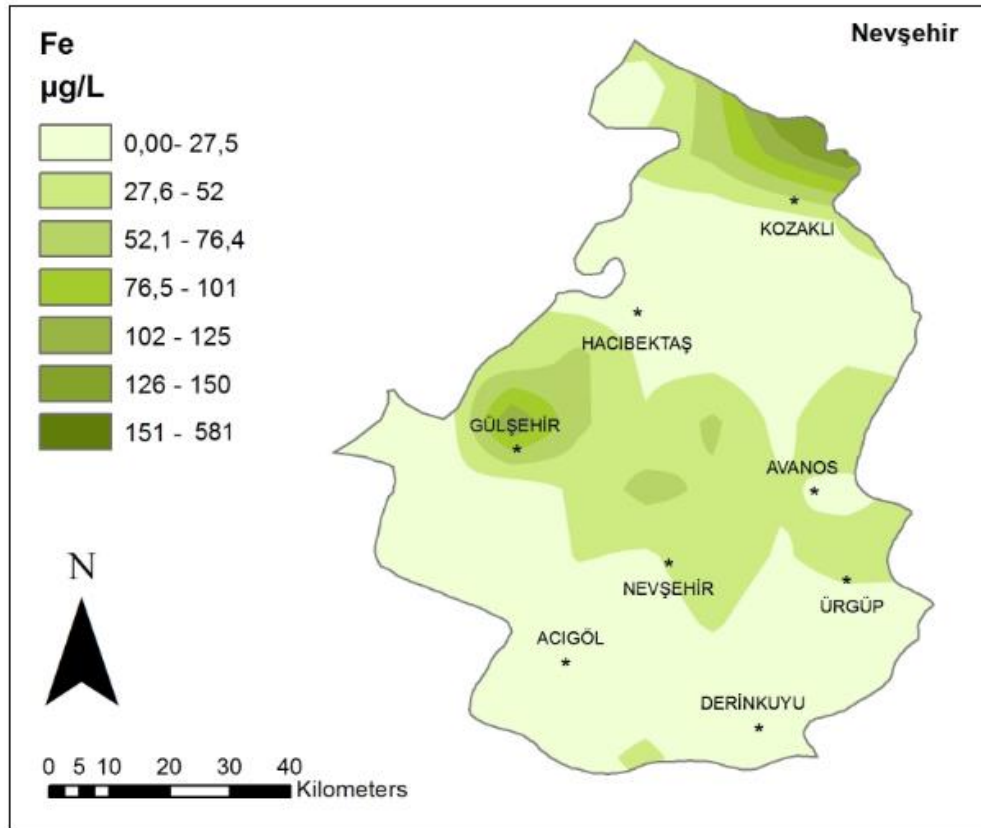
İlçe ortalamalarına göre  $69.68 \pm 146.73 \mu\text{g/L}$  ile en yüksek değer Kozaklı ve  $12.84 \pm 23.34 \mu\text{g/L}$  ile de en düşük değer Acıgöl ilçesine ait olduğu görülmektedir. Gülşehir ilçe ortalaması il ortalaması ile yaklaşık aynı iken, Avanos, Hacıbektaş ve Kozaklı ilçe ortalama değerleri il ortalamasının üzerinde elde edilmiştir (Şekil 4.75). Bu üç ilçenin Fe konsantrasyonu değer aralıkları Avanos ilçesi  $1.84-140.1 \mu\text{g/L}$ , Hacıbektaş ilçesi  $1.65-263.9 \mu\text{g/L}$  ve Kozaklı ilçesi  $2.25-580.6 \mu\text{g/L}$ 'dir. Ayrıca Fe elementi konsantrasyonunun il dağılım haritası Şekil 4.76'da verilmektedir.

Fe konsantrasyonu ölçüm limitinin üzerinde elde edilen numunelerden 15 tanesinin konsantrasyonu  $100 \mu\text{g/L}$ 'nin üzerindedir. Bunlardan Hacıbektaş ilçesi Karaburna gölü ( $230.30$

$\mu\text{g/L}$ ) ve Kütükçü (1) köyünden ( $263.90 \mu\text{g/L}$ ) alınan su numunesi Fe konsantrasyonu, TS 266 ve EC içme suyu standartlarının Fe elementi için müsaade edilen maksimum konsantrasyon değeri  $200 \mu\text{g/L}$ 'nin üzerindedir.



Şekil 4.75: Nevşehir ili su numunelerinde Fe konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.



Şekil 4.76: Nevşehir ili su numunelerinde Fe konsantrasyonu dağılım haritası.

Ayrıca Gülşehir ilçesi Gümüşyazı (1) (381.40 µg/L) ve Kozaklı ilçesi Kanlıca (1) (580.60 µg/L) köyünden alınan su numunesi Fe konsantrasyonu ise Canada ve EPA içme suyu standartlarının Fe elementi için müsaade edilen maksimum konsantrasyon değeri 300 µg/L'nin de üzerindedir.

#### 4.5.12. Su Numunelerinde Civa (Hg) Konsantrasyonu

Civa, atom numarası 80 ve yoğunluğu 13.53 g/cm<sup>3</sup> olan geçiş metali grubunda yer alan, oda sıcaklığında (25 °C) sıvı halde bulunan beş elementten (Ga, Br, Cs, Hg ve Fr) biri olan ağır metaldir. Nadir elementlerden olup yer kabuğunda bulunma oranı milyonda 0.03 civarındadır. Bu elementin buharları ve bütün bileşikleri zehirlidir. Canlılarda enzimlerin çalışmasına olumsuz etkide bulunduğu için çok tehlikelidir<sup>83</sup>.

Civa; fosfat ve karbonat şeklinde çözünürlüğü düşük formlar oluşturmak suretiyle toprakta hareketsiz hale geçmektedir. Hareketsiz hale geçen ve suda çözünmeyen Hg bileşikleri ise bitkiler tarafından alınmaz durumdadır. Ancak bu bileşiklerin tekrar metalik cıvaya redükte olma (indirgenme) imkânı vardır. Böylelikle civanın buharlaşması ve çevresel hareketi mümkün olabilir. Bu bileşikler metalik cıvaya dönüşmedikçe bitkiler tarafından çabuk bir şekilde absorbe edilemezler.

Metalik civanın buharlaşarak atmosferik kirlenme meydana getirmesi, topraktaki civanın en önemli kaynağıdır. Hg ve bileşikleri hem endüstriyel kaynaklardan hem de tohumlarda kullanılan ilaçlardan sulara karışırlar. Hg'nın organizmada birikmesi mümkündür. Örneğin; Turna balıklarının yaşadıkları suya nazaran 3000 misli fazla Hg içerdikleri saptanmıştır.

Hg, çeşitli plastiklerin üretiminde katalizör olarak, klor ve kostik sodanın elektrolizinde yüzücü olarak, çeşitli ölçü ve kontrol entsrümanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Odunların mantar hastalıklarından korunması amacıyla da Hg kullanıldığı için karton ve kağıt endüstri ürünleri de bir miktar Hg içermektedir (Yıldız, 2004; Okcu ve diğ., 2009).

Hg zehirlenmesi sonucu oluşan akut zehirlenmeler ile nörolojik bozukluklar ve böbrek hasarı oluşmakta, kronik zehirlenmeler sonucunda ise titreme, diş eti iltihabı, psikolojik değişiklikler ile gebelerde düşük ya da bebekte doğumsal anomaliler gözlenebilmektedir (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010).

<sup>83</sup> <http://www.kimyakulubu.com/civa-hg/>

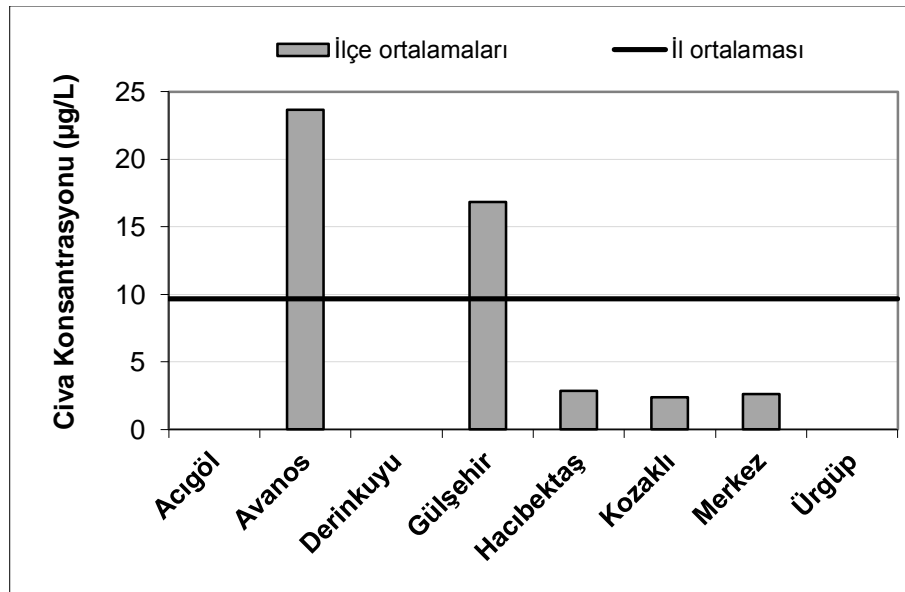
Nevşehir ili su numunelerinin 129 tanesinde Hg konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.=2.16 µg/L) altında elde edilmiştir. Diğer sonuçlar; 2.3 µg/L (Kozaklı ilçesi Kanlıca (2) köyü) ve 29.13 µg/L (Gülşehir ilçesi Merkez (2)) değer aralığında olup il ortalaması  $9.67 \pm 9.96$  µg/L'dir.

İlçe ortalamalarına bakıldığında; en yüksek değer 23.66 µg/L ile Avanos ve en düşük değerin  $2.38 \pm 0.11$  µg/L ile Kozaklı ilçesine ait olduğu görülmektedir. İlçe ortalaması olarak; Avanos ve Gülşehir ilçelerinin Hg ortalaması il ortalamasının çok üzerindedir (Şekil 4.77).

23.66 µg/L ile Avanos ilçesi Bozca (1) köyünden alınan su numunesi haricinde, Avanos ilçesinden alınan diğer numunelerde de Hg konsantrasyonu ölçüm limitinin altında elde edilmiştir. 23.66 µg/L değeri il ortalamasının yaklaşık 2.5 katıdır.

Gülşehir ilçesi su numunelerinden elde edilen Hg konsantrasyonu değer aralığı ise 2.62-29.13 µg/L'dir. Ayrıca Acıgöl, Derinkuyu ve Ürgüp ilçelerinden alınan su numunelerinin tamamı ölçüm limitinin altında elde edilmiştir.

Nevşehir su numunelerinde Hg konsantrasyonu olarak; Gülşehir ilçesi Merkez (2) (29.13 µg/L) ve Hamzalı (1) (18.76 µg/L) köyü ile Avanos ilçesi Bozca (1) (23.66 µg/L) köyü değerleri TS 266, Canada ve EC (1 µg/L), EPA (2 µg/L) ve WHO (6 µg/L) içme suyu standartlarının müsaade edilen maksimum konsantrasyon değerlerinin çok üzerinde elde edilmiştir.



Şekil 4.77: Nevşehir ili su numunelerinde Hg konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

#### 4.5.13. Su Numunelerinde Potasyum (K) Konsantrasyonu

Potasyum, atom numarası 19 ve yoğunluğu  $0.89 \text{ g/cm}^3$  olup alkali metal grubunda yer alan, besinsel mineral olma özelliği gösteren, yerkabuğunda en çok bulunan (%1.5) 7. element ve lityum haricinde en hafif metaldir.

Potasyum, su ile hemen reaksiyona girdiği için doğada elementer düzeyde bulunmaz. Deniz suyunda, hatta okyanuslarda klorür durumunda, çok sayıda kayada da sülfat halinde bulunur. Havada hızlı oksitlenme özelliğine sahip olup suya karşı oldukça aktif bir metaldir. Diğer alkali metaller gibi su ile hidrojen çıkararak tepkimeye girerler.

Sudaki K'un tadılarak anlaşılır bir yapısı vardır, çünkü konsantrasyonuna bağlı olarak üç ya da dört farklı tat sensörünü tetikler. Seyreltik çözeltileri tatlı iken, yüksek konsantrasyonlu çözeltileri ekşi, keskin tuzlu veya bazik hissiyatı verir.

Potasyum, özellikle eski denizlerin kalıntısı olan tuzlu çözeltiler halinde bulunur. Çoğu potasyum mineralleri çözünmez oldukları için, bol bulunmasına karşın metalin bunlardan elde edilmesi çok zor olur. Silvit, karnalit, langbeinit, polihalit gibi eski göllerin ve denizlerin dibinde birikinti halinde bulunan mineraller ise potasyum ve tuzlarının kolayca elde edilebileceği geniş yataklar oluşturur. Ancak, sodyuma göre oldukça az miktardadır<sup>84</sup>.

Potasyum iyonları, insanlar için hayati önem taşımaktadır, çünkü yaşayan her hücrenin yapısında bulunmaktadır. Vücudun sıvı düzeyi ile asit-baz dengesinin ve milyarlarca hücrenin kontrolünde rolü olan bir elektrolit ve mineraldir. Besinlerin hücre içine taşınması, sinir sistemindeki mesajların iletilmesi için önemlidir. Tansiyonu dengeler, beyine oksijen taşıyarak zihin faaliyetlerini destekler (Tosun, 2009).

Ayrıca kas kasılması ve sinir iletimi için önemlidir. Vücut sıvılarında potasyum eksikliği başta ishal ve kusmaya sebep olmaktadır. Potasyum eksikliğinde kas güçsüzlüğü, kalp atım anormallikleri, dolaşım bozukluğu, refleks yavaşlaması, nefes almada güçlük ve halsizlik görülmektedir. Yeteri kadar potasyum almak için düzenli ve dengeli beslenmek önemlidir<sup>85</sup>.

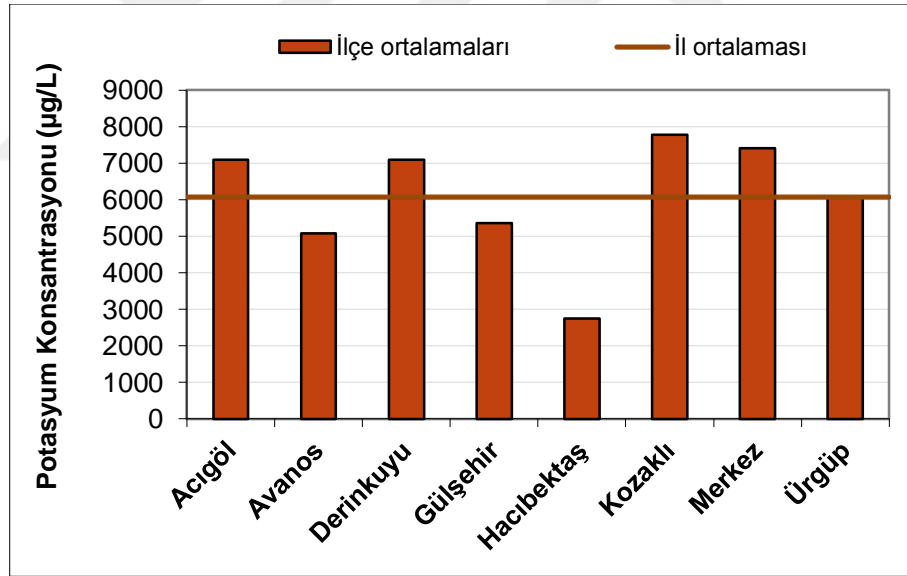
<sup>84</sup> <http://www.nkfu.com/potasyum-nedir-potasyum-elementinin-ozellikleri/>

<sup>85</sup> <http://www.potasyum.gen.tr/potasyum-elementinin-ozellikleri.html>

Nevşehir ili su numunelerinin tamamında K konsantrasyonu, ölçüm limitinin (Ö.L.=83.10  $\mu\text{g/L}$ ) üzerinde elde edilmiştir. K konsantrasyonları 320  $\mu\text{g/L}$  (Gülşehir ilçesi Yalıntaş (1) köyü) ve 24600  $\mu\text{g/L}$  (Merkez ilçe Uçhisar köyünden alınan kuyu suyu) aralığında olup il ortalaması  $6075\pm 1663$   $\mu\text{g/L}$ 'dir.

İlçe ortalamalarına bakıldığında; en yüksek değer  $7779\pm 6430$   $\mu\text{g/L}$  ile Kozaklı ve en düşük değer  $2742\pm 2534$   $\mu\text{g/L}$  ile Hacibektaş ilçesine ait olduğu görülmektedir.

İlçe ortalaması olarak; Acıgöl ( $7099\pm 3098$   $\mu\text{g/L}$ ), Derinkuyu ( $7087\pm 3372$   $\mu\text{g/L}$ ), Kozaklı ( $7779\pm 6430$   $\mu\text{g/L}$ ) ve Merkez ( $7399\pm 4874$   $\mu\text{g/L}$ ) ilçelerinden alınan su numunelerinin K konsantrasyonu il ortalamasının üzerinde, Ürgüp ilçesi ortalaması ( $6054\pm 4534$   $\mu\text{g/L}$ ) ise il ortalamasına hemen hemen eşittir (Şekil 4.78). İl ortalamasının üzerinde olan bu 4 ilçenin K konsantrasyonu değer aralıkları Acıgöl 4030-12340  $\mu\text{g/L}$ , Derinkuyu 4090-11990  $\mu\text{g/L}$ , Kozaklı 670-23270  $\mu\text{g/L}$  ve Merkez 3470-24600  $\mu\text{g/L}$ 'dir.

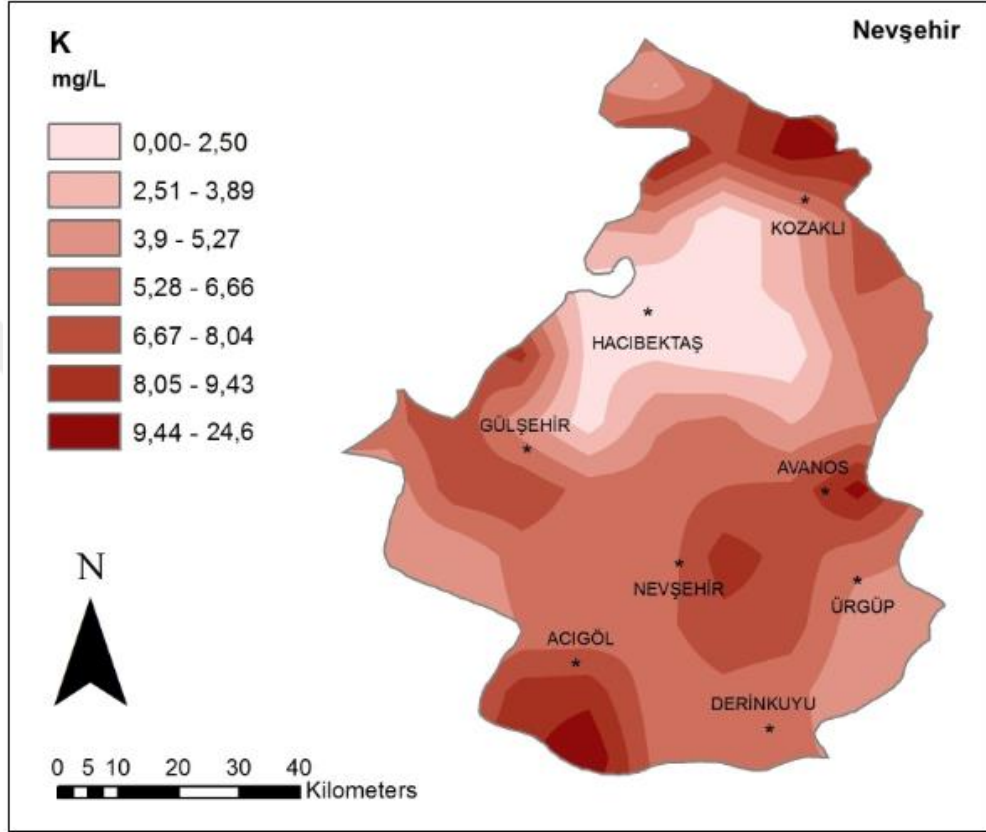


Şekil 4.78: Nevşehir ili su numunelerinde K konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

Su numunelerinden elde edilen K konsantrasyonlarından 13 tanesi 10000  $\mu\text{g/L}$ 'nin üzerinde olup bunlardan 8 tanesinin (Ürgüp ilçesi Sarıhıdır (3) (21980  $\mu\text{g/L}$ ), Acıgöl ilçesi Kurugöl (1) (12340  $\mu\text{g/L}$ ), Gülşehir ilçesi Emmiler (17100  $\mu\text{g/L}$ ) köyleri, Merkez ilçe Uçhisar kuyu suyu (24600  $\mu\text{g/L}$ ) ve Kozaklı ilçesi Yassıca köyünden alınan 2 su numunesi (12400 - 13100  $\mu\text{g/L}$ ) ile belediyenin kaplıca suyundan alınan 2 numunenin (23270 ve 20600  $\mu\text{g/L}$ ) değerleri, TS

266 içme suyu standardının müsaade edilen maksimum değeri 12000  $\mu\text{g/L}$ 'nin üzerinde elde edilmiştir.

Ayrıca K elementi konsantrasyonunun il dağılım haritası da Şekil 4.79'da verilmektedir.



Şekil 4.79: Nevşehir ili su numunelerinde K konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.5.14. Su Numunelerinde Magnezyum (Mg) Konsantrasyonu

Magnezyum, atom numarası 12 ve yoğunluğu  $1.74 \text{ g/cm}^3$  olup alkali toprak metal grubunda yer alan, besinsel mineral olma özelliği gösteren hafif metaldir.

En fazla deniz suyunda bulunmaktadır. Ayrıca Mg'un insan vücudunda da çok fazla etkisi olduğu bilinmektedir. İnsan vücudunun % 0.05'ini oluşturan magnezyum, birçok enzimin, ayrıca klorofilin de bileşiminde bulunduğundan yaşam için zorunlu bir element olup insan vücudunda mutlaka bulunması gerekmektedir<sup>86</sup>.

<sup>86</sup> <http://www.magnezyum.gen.tr/magnezyum-elementinin-ozellikleri.html>

Vücut magnezyumunun yaklaşık % 60'ı kemik ve dişlerin yapısında yer alır. Diğer minerallerle birlikte sinir uyarımını ve kas kasılmalarını düzenler. Ayrıca enerji metabolizmasında rol alan pek çok enzimi etkin biçime dönüştürür. Kalsiyum (Ca) gibi Mg tuzları da suda erimez ve besinlerdeki magnezyumun çoğu emilemez. Emilimin çoğu yukarı bağırsak bölgesinde olur<sup>87</sup>.

Mg, endüstride kullanılan metallerin en hafifidir. En çok aşınmaya dayanıklı ve hafif alaşımların yapılmasında kullanılır. Bu alaşımlardan da genellikle uçak yapımında yararlanır<sup>88</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinin tamamında Mg konsantrasyonları, ölçüm limitinin (Ö.L.=19.90 µg/L) üzerinde elde edilmiştir. Mg konsantrasyonu; minimum 1840 µg/L (Merkez ilçe Sulusaray (1) köyü) ve maksimum 133500 µg/L (Ürgüp ilçesi Sarıhıdır (3) köyü) değer aralığında elde edilmiş olup il ortalaması 19220±6874 µg/L'dir.

İlçe ortalamalarına göre, en yüksek değer 32123±23047 µg/L ile Kozaklı ve en düşük değer 10388±8013 µg/L ile Merkez ilçesinde tespit edilmiştir.

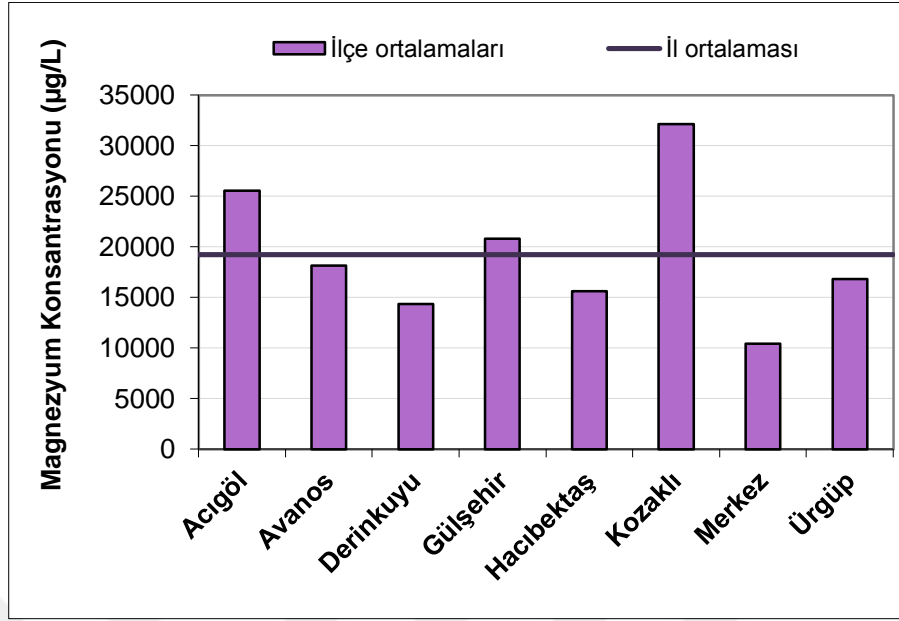
İlçe ortalaması olarak; Acıgöl (25536±9606 µg/L), Gülşehir (20805±9538 µg/L) ve Kozaklı (32123±23047 µg/L) ilçelerinden alınan su numunelerinin Magnezyum (Mg) konsantrasyonu il ortalamasından yüksektir (Şekil 4.80). Bu ilçelerin Mg konsantrasyonu değer aralıkları Acıgöl ilçesi 8000-35160 µg/L, Gülşehir ilçesi 7010-38290 µg/L ve Kozaklı ilçesi 8130-79900 µg/L'dir.

Mg konsantrasyonu sonuçlarından 101 tanesi 10000 µg/L'nin üzerinde olup bunlardan 48 tanesi de 20000 µg/L'nin üzerindedir. 5 su numunesinde ise (Ürgüp ilçesi Sarıhıdır (3) (133500 µg/L), Kozaklı ilçesi Karahasanlı (1 ve 2) ( sırasıyla 65280 ve 65680 µg/L), Kanlıca (1 ve 2) (sırasıyla 55500 ve 54380 µg/L) köyleri), TS 266 içme suyu standardının Mg konsantrasyonunun müsaade edilen maksimum değerinin (50000 µg/L) de üzerinde elde edilmiştir.

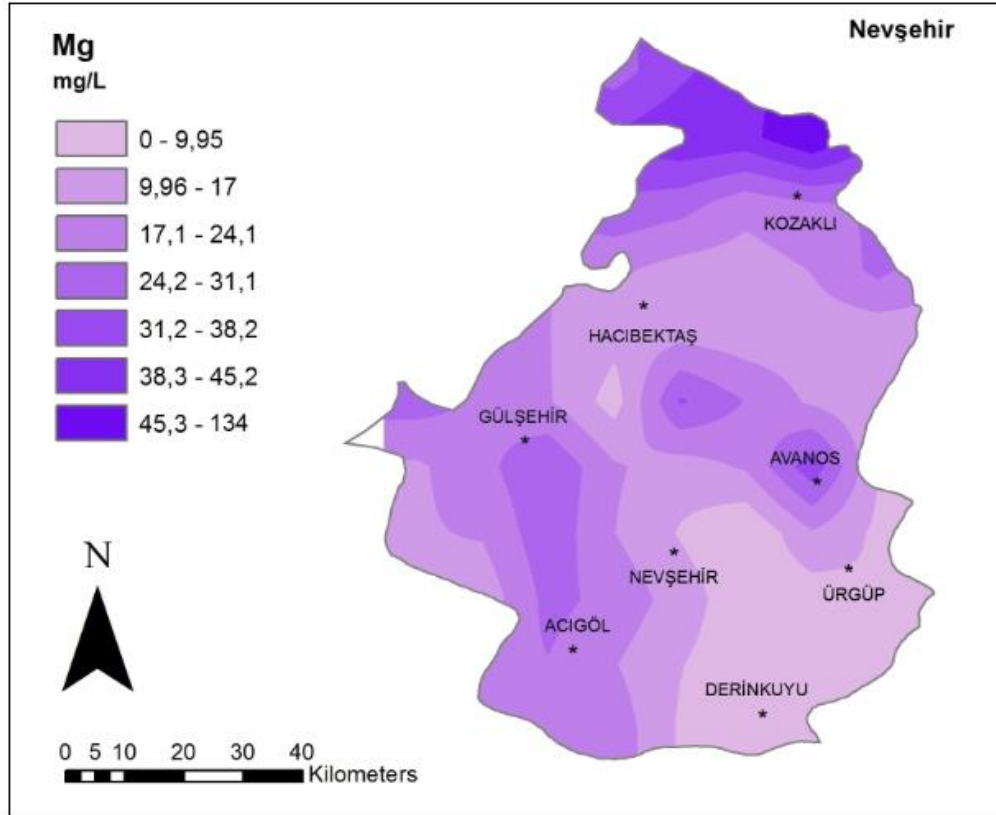
Mg konsantrasyonunun il dağılım haritası Şekil 4.81'de verilmektedir.

<sup>87</sup> <http://www.magnezyum.gen.tr/magnezyum-elementinin-ozellikleri.html>

<sup>88</sup> <http://www.nkfu.com/magnezyum-nedir-magnezyum-elementinin-ozellikleri/>



Şekil 4.80: Nevşehir ili su numunelerinde Mg konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.



Şekil 4.81: Nevşehir ili su numunelerinde Mg konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.5.15. Su Numunelerinde Mangan (Mn) Konsantrasyonu

Mangan, atom numarası 25 ve yoğunluğu  $7.21 \text{ g/cm}^3$  olup geçiş metali grubunda yer alan, besinsel mineral olma özelliği gösteren bir ağır metaldir. Mn elementi kimyasal özellikleri bakımından demire oldukça benzemektedir. Ayrıca Mn'ın suyu ayrıştırma özelliği de bulunmaktadır. Bu ayrıştırmanın hızı, Mn ısısına göre değişebilmektedir. Isıtılmış Mn suyu oldukça hızlı bir şekilde ayrıştırırken, soğuk Mn suyu yavaş bir şekilde ayrıştırmaktadır.

Mn doğada, genellikle Fe ve diğer elementlerle bileşikler halinde bulunmaktadır. Manganın çekme direncini artırmasından dolayı en sık kullanıldığı alan, demir çelik üretimi olup normal çelik ve demire yaklaşık % 1 oranında katılmaktadır. Bu nedenle, ağır tonajlı yüklerin taşınmasında, tarama gemilerinde, paletli traktörlerde mangan elementinden faydalanılmaktadır.

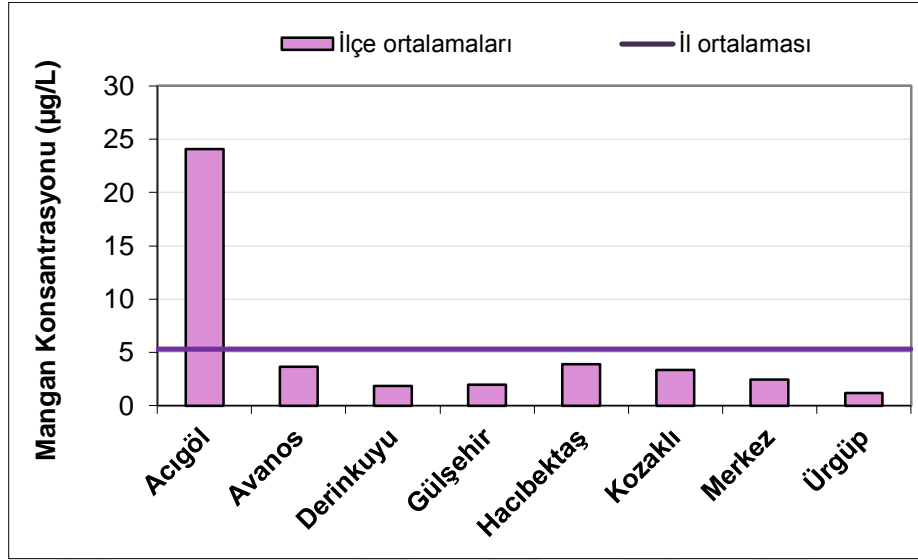
Mn, ayrıca vücutta protein sentezlenmesinde, sindirimde ve besinlerden enerji üretilmesinde, kıkırdak ve kemik gelişiminde, beyin ve sinir sisteminin normal çalışmasını sağlamada görev alan önemli minerallerdendir.

Çok yüksek konsantrasyonlarda alınması durumunda toksik etki yarattığı gibi az alımlarında da bazı sağlık problemleri oluşturur. Eksikliğinde sürekli yorgunluk, hafıza problemleri, kısırlık, kilo kaybı, özellikle çocuklarda ve bebeklerde büyüme geriliği gibi belirtiler görülür. Mn zehirlenmesinde ise belirtileri halüsinasyonlar, uykusuzluk, bitkinlik, unutkanlık ve sinir hasarıdır. Ayrıca Parkinson, akciğer embolisi, felç ve bronşite neden olabilir<sup>89</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinin 44 tanesinde Mn konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.= $0.12 \mu\text{g/L}$ ) altında tespit edilmiştir. Diğer numunelerden elde edilen Mn konsantrasyonu; minimum  $0.16 \mu\text{g/L}$  (Ürgüp ilçesi Şahinefendi (2) köyü) ve maksimum  $127.2 \mu\text{g/L}$  (Acıgöl ilçesi Ağıllı köyü) aralığında olup il ortalaması  $5.30 \pm 7.64 \mu\text{g/L}$ 'dir.

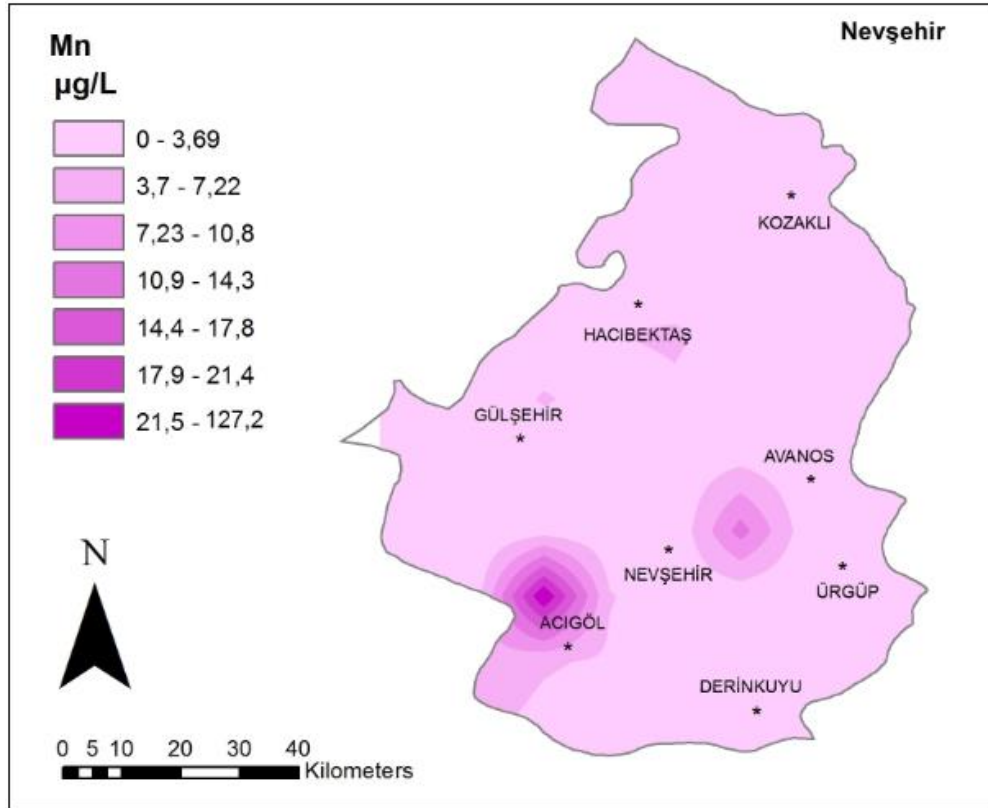
İlçe ortalamalarına bakıldığında;  $24.08 \pm 48.96 \mu\text{g/L}$  ile en yüksek değer Acıgöl ve  $1.21 \pm 2.09 \mu\text{g/L}$  ile de en düşük değer Ürgüp ilçesine ait olduğu görülmektedir. Acıgöl ilçe ortalaması il geneli ortalamasının yaklaşık 5 katı olup diğer ilçe ortalamaları il ortalamasının altında elde edilmiştir (Şekil 4.82). Acıgöl ilçesinde Mn konsantrasyonu değer aralığı  $0.2-127.2 \mu\text{g/L}$ 'dir.

<sup>89</sup> <http://www.kimyakulubu.com/mangan-mn/>



Şekil 4.82: Nevşehir ili su numunelerinde Mn konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

Mn konsantrasyonunun il dağılım haritası da Şekil 4.83'de verilmektedir.



Şekil 4.83: Nevşehir ili su numunelerinde Mn konsantrasyonu dağılım haritası.

Elde edilen Mn konsantrasyonlarından 11 tanesi 10 µg/L'nin üzerinde olup Acıgöl ilçesi Merkez (3) (58.50 µg/L) ve Ağılı (127.20 µg/L) köylerinden alınan su numunelerinin konsantrasyonu TS 266, Canada, EC ve EPA içme suyu standartlarının müsaade edilen maksimum konsantrasyon değerinin (50 µg/L) üzerindedir.

#### 4.5.16. Su Numunelerinde Nikel (Ni) Konsantrasyonu

Nikel, atom numarası 28 ve yoğunluğu 8.91 g/cm<sup>3</sup> olup geçiş metali grubunda yer alan, besinsel mineral olma özelliği gösteren bir ağır metaldir. Yerkabuğunda bulunan elementler arasında 22. sırada yer alan Ni, yapısal olarak oldukça ağır ve sert bir yapıya sahiptir. Yerin merkezinde % 6-7 oranında bulunur.

Nikel, katı halde bulunan bir element olup kimya endüstrisi alanında çeşitli özelliklerinden faydalanılmaktadır. Öncelikle ferromanyetik özellikleri dikkat çekmektedir. Nikel, demirle alaşım yapabilmektedir. Ancak bunun için, nikelin uygun bir oranda zenginleştirilmesi gerekmektedir. Eğer nikel elementi su ve havayla etkileşirse, oksitlenme özelliği gösterir. Aynı zamanda nikel, birçok aside ve baza karşı oldukça dayanıklıdır. Nikel ayrıştırılan bir element olmakla birlikte, iyi ayrıştırıldığı takdirde yüksek miktarda hidrojen emebilme özelliğine sahiptir. Bunun sonucunda, kataliz eylemi de gerçekleşir.

Nikelin en fazla kullanıldığı alan ise paslanmaz çelik üretimidir. Bu element, paslanmaz yapıdaki çeliğin paslanmama özelliğini ve dövülebilirlik oranını artırmaktadır. Günümüzde paslanmaz çelik, uçak, vagon, kamyon, lokomotif gibi ulaşım araçlarında ve ev eşyalarında kullanılmaktadır<sup>90</sup>.

Ni ile kirlenen toprak veya su, deriyle temas ettiğinde vücuda alınabilir. Ayrıca Ni içeren içme suyu, gıdalar ve hatta sigara tüketimi ile de maruz kalınabilir. Aslında az miktarda alınması vücut için gereklidir. Fakat aşırı dozda alınması insan sağlığı açısından tehlikeli olabilir.

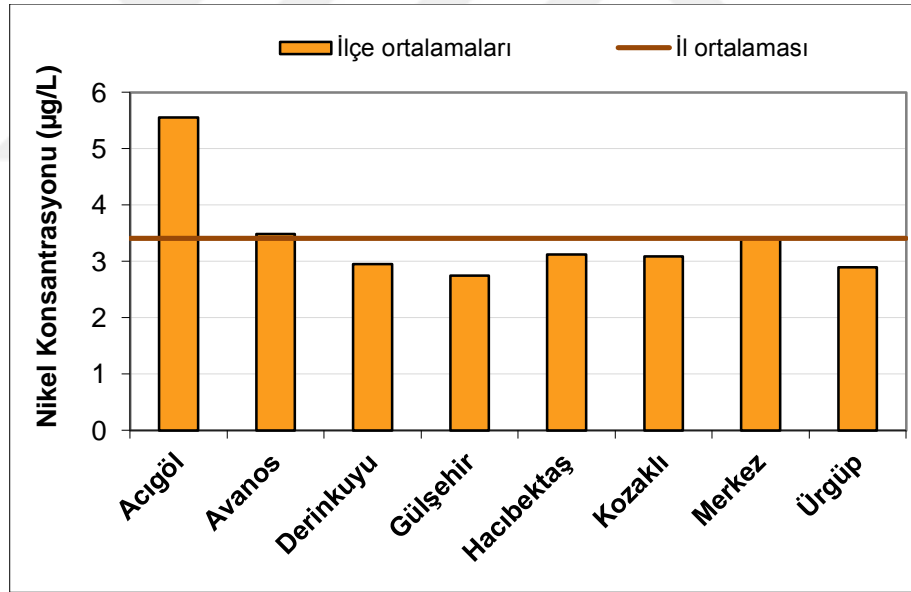
WHO'nun yan kuruluşu IARC, Ni bileşenlerini "Grup 1 - insanlarda kanserojen"; Ni, metalik ve alaşımlarını da "Grup 2B – insanlarda olasılıkla kanserojen" olarak sınıflandırır (Yaşar, 2009).

<sup>90</sup> <http://www.nkfu.com/nikel-nedir-nikel-elementinin-ozellikleri/>

Ni fazlalığı, akciğer, burun, prostat ve gırtlak kanseri riskini artırır. Ayrıca akciğerlerde tıkanma, solunum yetersizliği, doğum kusurları, astım ve kronik bronşit, kalp rahatsızlıkları da görülür (Alkış, 2011).

Nevşehir ili su numunelerinin 38 tanesinde Ni konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.=1.62  $\mu\text{g/L}$ ) altında tespit edilmiştir. Diğer numunelerden elde edilen Ni konsantrasyonu; minimum 1.69  $\mu\text{g/L}$  (Gülşehir ilçesi Gümüşyazı (1) köyü) ve maksimum 21.87  $\mu\text{g/L}$  (Acıgöl ilçesi Merkez (3)) değer aralığında olup il ortalaması  $3.41 \pm 0.90 \mu\text{g/L}$ 'dir.

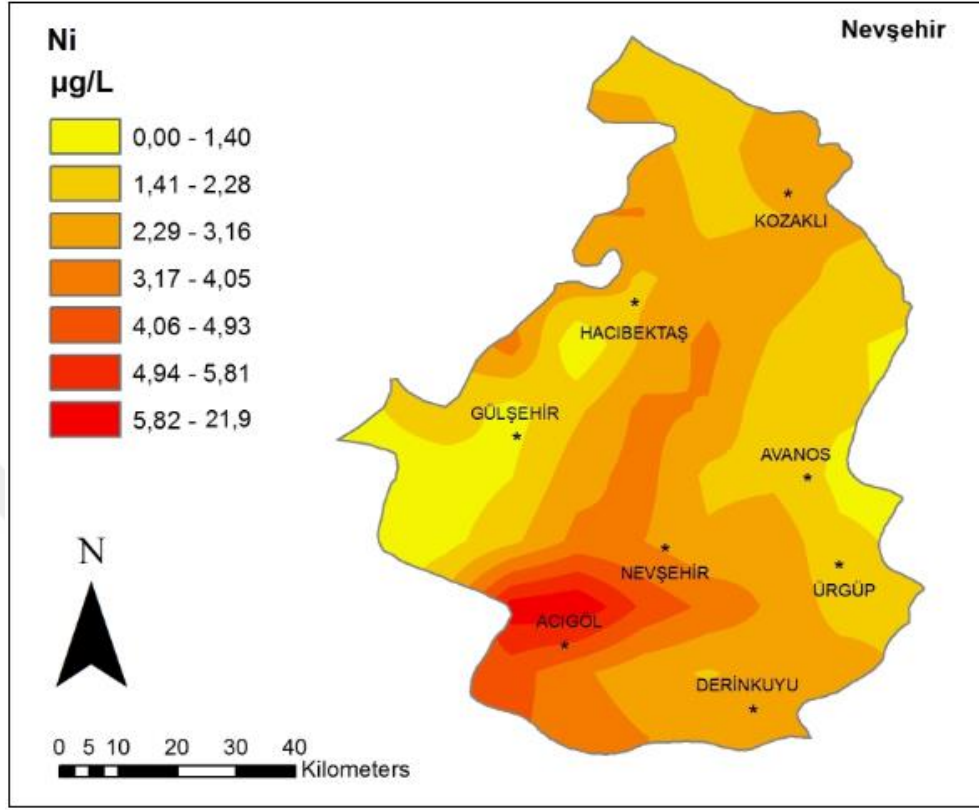
İlçe ortalamalarına bakıldığında;  $5.56 \pm 6.62 \mu\text{g/L}$  ile en yüksek değer Acıgöl ve  $2.75 \pm 0.95 \mu\text{g/L}$  ile de en düşük değer Gülşehir ilçesine ait olduğu görülmektedir. Acıgöl ilçe ortalaması il ortalamasının çok üzerinde, Avanos ve Merkez ilçe ortalamaları ise il ortalamasına hemen hemen eşit elde edilmiştir (Şekil 4.84). Acıgöl ilçesinin Ni konsantrasyonu değer aralığı 2.02-21.87  $\mu\text{g/L}$ 'dir.



Şekil 4.84: Nevşehir ili su numunelerinde Ni konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

Ölçüm limitinin üzerinde elde edilen Ni konsantrasyonlarından sadece 2 tanesi  $10 \mu\text{g/L}$ 'nin üzerinde olup bunlardan Acıgöl ilçesi Merkez (3)'den ( $21.87 \mu\text{g/L}$ ) alınan su numunesinde, TS 266 ve EC içme suyu standardının maksimum müsaade edilen konsantrasyon değeri  $20 \mu\text{g/L}$ 'nin de üzerindedir.

Ni konsantrasyonunun il dağılım haritası da Şekil 4.85'te verilmektedir.



Şekil 4.85: Nevşehir ili su numunelerinde Ni konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.5.17. Su Numunelerinde Kurşun (Pb) Konsantrasyonu

Kurşun, atom numarası 82 ve yoğunluğu  $11.34 \text{ g/cm}^3$  olup ara geçiş metali grubunda yer alan, hava, su ve toprak yoluyla, solunumla ve besinlere karışarak biyolojik sistemlere giren son derece zehirleyici özelliklere sahip bir ağır metaldir.

Pb özellikle motorlu araçların eksozlarından çıkan gazlarla atmosfere ve yağmurla tekrar yeryüzüne yayılmaktadır. WHO'nün yan kuruluşu IARC, Pb elementini "Grup 2B – insanlarda olasılıkla kanserojen" olarak sınıflandırır (Yaşar, 2009).

Pb doğada organik ve inorganik halde bulunmaktadır. İnorganik Pb atmosferde partiküller halinde bulunurken, organik Pb uçucu olup çoğunlukla gıda maddeleri ve içme suyuna karışmaktadır. Bu nedenle organik kurşun, inorganik kurşuna göre canlı yaşamı üzerinde daha fazla öneme sahiptir (Karademir ve Toker, 1995; Polat, 2016).

İnsan vücudunda hiçbir gerekli fonksiyonu yerine getirmeyen Pb, fazla alınması durumunda hasara neden olur. Ca ve Fe gibi gerekli minerallerin vücut tarafından emilimini azaltır. Kana karışan Pb, kemiklere ve diğer dokulara gider ya da dışkı ve böbrekler yoluyla vücuttan atılır.

Kemiklerde biriken Pb, zamanla (yarılanma ömrü 20 yıl) çözünerek böbreklerde tahribata neden olur. Pb, bir tür nörotoksindir ve anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına sebep olur. Kanda Pb miktarı arttıkça IQ seviyesinde düşüş, duyu ve motor sinir iletim hızında yavaşlama, saldırgan davranışlar, uyuşukluk, anemi, kan basıncında artış, kas sisteminde zorlanma gerçekleşir (Yaşar, 2009; Tosun, 2009).

Nevşehir ili su numunelerinin sadece 3 tanesinde Pb konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.=4.20 µg/L) üzerinde elde edilmiştir. Bunlar; Hacıbektaş ilçesi Akçataş (3) köyü, Kozaklı ilçesi Abdi (2) köyü ve Ürgüp ilçesi Başdere (2) köyü'nden alınan su numunesidir. Bu köylerin yani ilçelerin Pb konsantrasyonu sırasıyla 5.49 µg/L, 10.05 µg/L ve 4.77 µg/L olup il ortalaması  $6.77 \pm 2.86$  µg/L'dir.

Kozaklı ilçesi Abdi (2) (10.05 µg/L) köyünden alınan su numunesinden elde edilen Pb konsantrasyonu, TS 266, WHO, Canada ve EC içme suyu standardının maksimum müsaade edilen konsantrasyon değeri olan 10 µg/L'nin biraz üzerindedir.

#### **4.5.18. Su Numunelerinde Antimon (Sb) Konsantrasyonu**

Antimon, atom numarası 51 ve yoğunluğu  $6.7 \text{ g/cm}^3$  olup yarı metal grubunda yer alan bir ağır metaldir. İnsanlar toprakla, suyla ve Sb'lu bileşiklerle deri teması yoluyla ya da nefes alarak, su içerek ve Sb'lu gıdaları tüketerek antimona maruz kalabilirler. Yapı bakımından arseniğe benzer ve fizyolojik etkisi de aynıdır.

Sb toksisitesi suda eriyebilirliğine ve bulunduğu forma göre değişir. Suda çözünen formları bulantı, kusma, ishal, karın ağrısı ve kalpte toksik etki yapar. Uzun süreli maruz kalma sonucunda ise optik sinir hasarı, retina kanaması oluşur (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010).

Nevşehir ili su numunelerinden sadece 2 tanesinde Sb konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.=10.5 µg/L) üzerinde elde edilmiştir. Bunlar, Kozaklı belediyesine ait kaplıca işletmesinden alınan su numuneleridir (16.26 ve 17.75 µg/L). Bu iki numunenin ortalaması  $17.01 \pm 1.05$  µg/L olup Kozaklı ilçesini ve hatta il ortalamasını da temsil etmektedir.

Ayrıca bu iki su numunesinin Sb konsantrasyonu; TS 266, EC (5 µg/L) ve EPA, Canada (6 µg/L) içme suyu standardının maksimum müsaade edilen konsantrasyon değerinin üzerinde, fakat WHO (20 µg/L) içme suyu standardının altındadır.

#### 4.5.19. Su Numunelerinde Selenyum (Se) Konsantrasyonu

Selenyum, atom numarası 34 ve yoğunluğu 4.81 g/cm<sup>3</sup> olup ametal grubunda yer alan, besinsel mineral özelliği de olan, az bulunan bir elementtir. Se bileşiklerine doğada nadir rastlanır. Doğal sularda genellikle bulunmaz veya çok az konsantrasyonda bulunur.

İnsan vücudunda az miktarda Se elementine gereksinim duyulur. Eser miktarda Se, bazı enzimlerin yapısına girerek, hücrelerde hidrojen peroksit ve organik peroksitlerin birikmesini engelleyerek kanser oluşumuna karşı vücudu korur, bağışıklık sistemini güçlendirir. Ayrıca önemli antioksidan enzimler olan selenoproteinleri yapmak için proteinlere bağlanır. Böylece, hücreleri korur ve yaşlanmayı geciktirir. Doku esnekliğini artırarak ve kalp hücrelerini destekleyerek kalp ve damar sağlığının korunmasına yardımcı olur. Vücuttaki zehirli maddelerin zararlı etkilerini azaltır ve vücuttan atılmalarına yardımcı olur. Karaciğer faaliyetlerini düzenli olarak sürdürmesine katkıda bulunur.

Yüksek miktarlarda alındığında ise zehirlidir. Sindirim sistemi sorunları, omurilik ve kemik iliği hastalıkları, ateş, çeşitli deri, saç, tırnak ve diş kaybı sorunları görülmekte olup hatta çok yüksek dozlar öldürücü olabilmektedir.

Se eksikliği ise ciddi kas zayıflıkları, kalp ve damar sağlığında bozulmalara, hatta çocuklarda da gelişimin yavaşlamasına neden olur. Göz sağlığını olumsuz etkiler. Erken yaşlanma ve zekâ geriliğine neden olabilir (Tosun, 2009).

Ana kayada, topraklarda ve doğal sulardaki düşük Se içeriğinden dolayı, kalp kası hastalığı olarak da bilinen “Keşhan Hastalığı-Kashin Beck” hastalığına neden olmakta ve iskelet bozukluklarına yol açmaktadır (Atabey, 2005).

Nevşehir ili su numunelerinden sadece 1 numunede Se konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.=8.30 µg/L) üzerinde elde edilmiştir. Bu, Ürgüp ilçesi Sarıhıdır (3) köyünden alınan su numunesi olup değeri 12.42 µg/L'dir. Bu değer TS 266, EC ve Canada içme suyu standardının maksimum müsaade edilen konsantrasyon değerinin (10 µg/L) üzerindedir.

#### 4.5.20. Su Numunelerinde Stronsiyum (Sr) Konsantrasyonu

Atom numarası 38 ve yoğunluğu 2.64 g/cm<sup>3</sup> olup alkali toprak metali grubunda yer alan Stronsiyum, yerkabuğunda en bol bulunan 15. elementtir. Serbest halde bulunmaz, 62 farklı mineralde bileşik olarak bulunur.

Doğal stronsiyum dört kararlı izotoptan (Sr-84, Sr-86, Sr-87 ve Sr-88) oluşur. Ayrıca on iki kararsız izotopu daha vardır. Bunlardan en önemlisi yarılanma süresi 28.8 yıl olan Sr-90 izotopudur. Nükleer patlamalar sonucunda oluşan bu izotop insan sağlığı açısından tehlikelidir. Kan, göğüs ve prostat kanserlerine; bağışıklık sistemini bozarak AIDS'e yol açabilir. Hormonları, pankreası, tiroid bezlerini, üreme organlarını ve merkezi sinir sistemini tahrip edebilir. Obezite, yüksek tansiyon, kalp hastalıkları, astım, şeker hastalığı ve felç gibi hastalıkların da sebebi olabilir<sup>91</sup>.

Bilinen yüksek enerjili beta yayıcılarının en uzun ömürlüsü olan Sr-90 izotopu, nükleer güç sistemlerinde kullanılır. Bu sistemlerden de hafif ve uzun ömürlü güç kaynağına gereksinme duyulan uzay araçlarında yararlanır. Ayrıca stronsiyum bromür ve stronsiyum iyodürden tıpta yararlanır<sup>92</sup>.

Stronsiyum, osteoporoz (kemik kırılabilirliği, iskelet hastalığı) tedavisi için önerilen bir eser elementtir. Kemik kanserinin tedavisinde belirli dozda radyoaktif stronsiyum kullanılır. Dozuna göre kemiğe etkisi değişir. Yüksek dozda stronsiyum, kemik mineralizasyonunu bozar. Düşük doz ise kemik resorbisyonunu düşürür.

Göz hastalıkları tedavisinde de stronsiyum kullanılabilir. Ayrıca Sr-82 izotopu, kalp görüntüleme cihazlarında kullanılmaktadır.

Suda çözünmeyen Sr bileşikleri kimyasal reaksiyonlar sonucunda suda çözünür hale gelebilirler. Suda çözünen bileşikler çözünmeyenlere göre insan sağlığını daha fazla tehdit eder. Bu sebeple, suda çözünen Sr bileşikleri suyu kirletebilecek özelliğe sahiptirler. Fakat içme suyundaki konsantrasyonları çok düşüktür.

<sup>91</sup> <https://www.makaleler.com/stronsiyum-nedir>

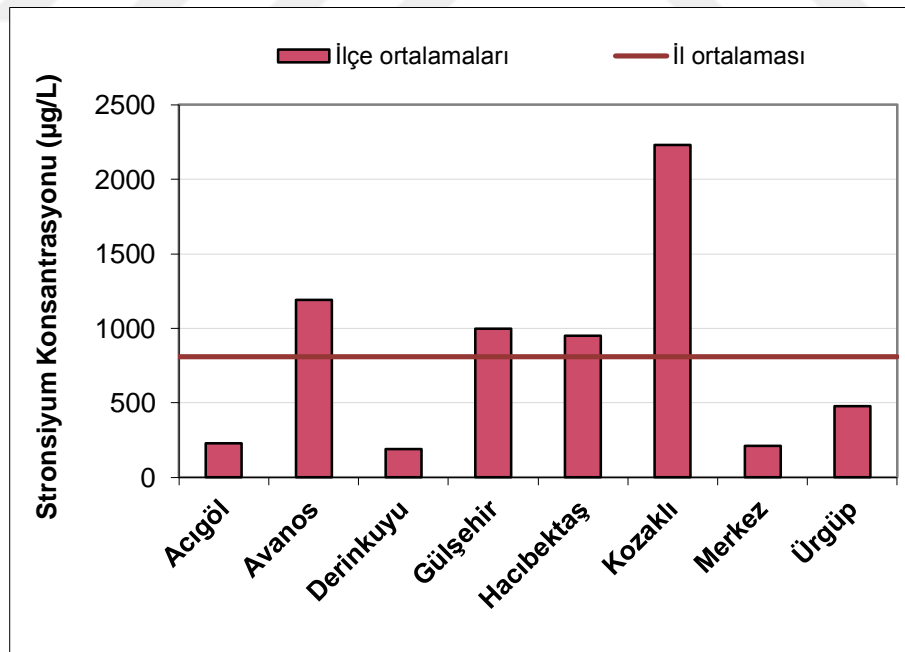
<sup>92</sup> <http://www.nkfu.com/stronsiyum-nedir-stronsiyum-elementinin-ozellikleri/>

Az miktarda bile insan sađlıđına zararı olduđu dűşűnűlen tek Sr bileşiiđi  $\text{SrCrO}_4$  (stronsiyum kromat)'tır. Bu bileşiiđin akciđer kanserine yol ađtıđı bilinmektedir. Ayrıca, çok yűksek miktarda Sr alımı kemik gelişimini de olumsuz etkileyebilir<sup>93</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinden 23 tanesinde Sr konsantrasyonu ölçűm limitinin ( $\text{Ö.L.}=0.48 \mu\text{g/L}$ ) altında tespit edilmiştir. Diđer numunelerde belirlenen Sr konsantrasyonu; minimum  $130 \mu\text{g/L}$  (Derinkuyu ilçesi Özlűce (2) köyű) ve maksimum  $5510 \mu\text{g/L}$  (Kozaklı ilçesi Yassıca (2) köyű) deđer aralıđında olup il ortalaması  $810\pm698 \mu\text{g/L}$ 'dir.

İlçe ortalamalarına bakıldıđında; en yűksek deđerin  $2230\pm1680 \mu\text{g/L}$  ile Kozaklı ve en dűşűk deđerin  $193\pm69 \mu\text{g/L}$  ile Derinkuyu ilçesine ait olduđu gűrűlmektedir.

Şekil 4.86'da su numunelerinde Sr konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Avanos, Gűlşehir, Hacibektaş ve Kozaklı ilçe ortalaması il ortalamasının űzerinde elde edilmiş olup bunlardan Kozaklı ilçe ortalaması il ortalamasının yaklaşık 2.8 katıdır. Bu ilçelerin Sr konsantrasyonu değer aralıkları Avanos ilçesi  $220\text{-}3110 \mu\text{g/L}$ , Gűlşehir ilçesi  $180\text{-}3470 \mu\text{g/L}$ , Hacibektaş ilçesi  $350\text{-}1530 \mu\text{g/L}$  ve Kozaklı ilçesi  $450\text{-}5510 \mu\text{g/L}$ 'dir.

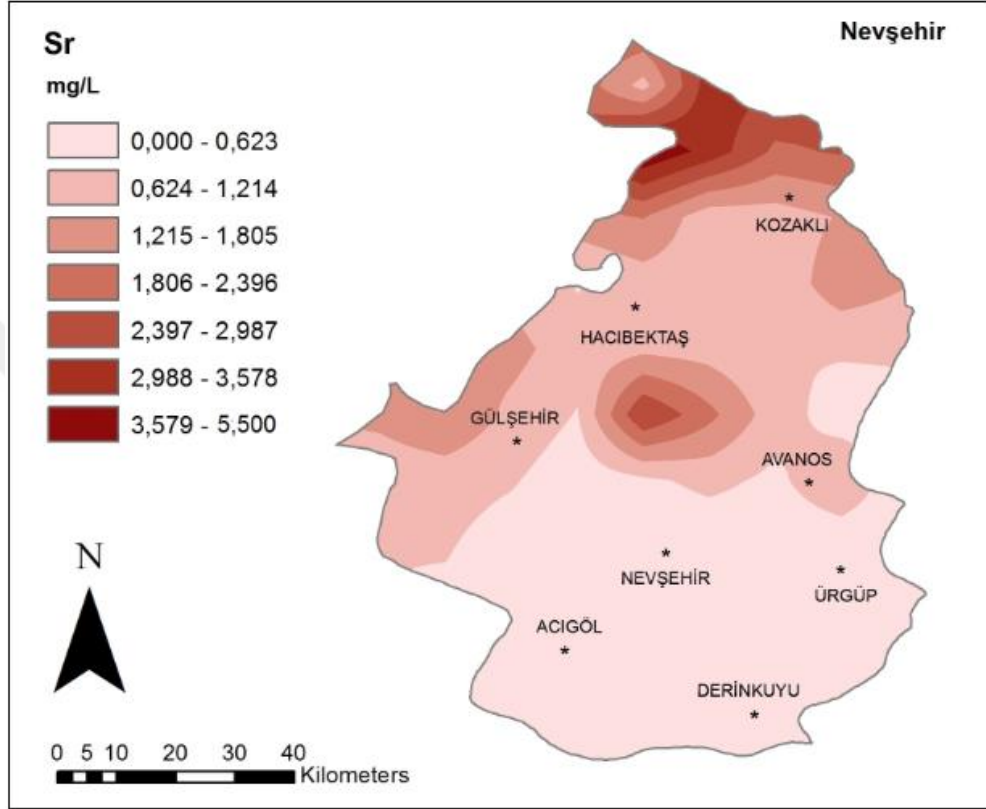


Şekil 4.86: Nevşehir ili su numunelerinde Sr konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

<sup>93</sup> <http://www.food-info.net/tr/metal/intro.htm>

Sr konsantrasyonu ölçüm limitinin üzerinde olan numunelerden 41 tanesinde elde edilen sonuç 1000  $\mu\text{g/L}$ 'nin ve bunlardan 8 tanesi 3000  $\mu\text{g/L}$  ve 4 tanesi de 4000  $\mu\text{g/L}$ 'nin üzerindedir.

Sr konsantrasyonunun il dağılım haritası Şekil 4.87'de verilmektedir.



Şekil 4.87: Nevşehir ili su numunelerinde Sr konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.5.21. Su Numunelerinde Toryum (Th) Konsantrasyonu

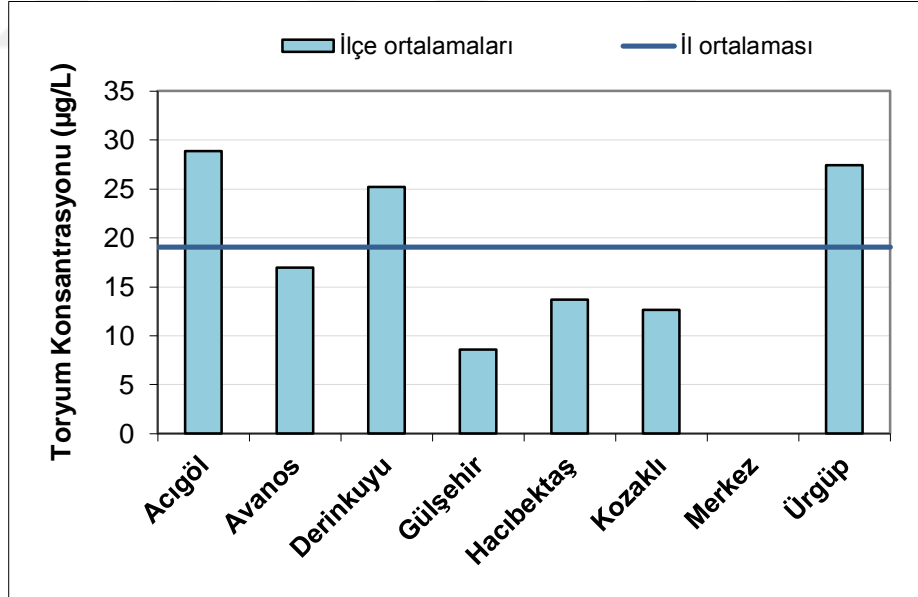
Toryum, atom numarası 90 ve yoğunluğu  $11.72 \text{ g/cm}^3$  olup aktinit grubunda yer alan bir ağır metaldir. Günümüzde atom enerjisinde, yakıt elemanı olarak kullanılan U'un yerini ileri de Th minerali alacaktır. Th, U gibi doğada serbest halde bulunmayıp 60 civarında mineralin yapısı içinde yer alır. Bunlardan sadece Monazit ((Ce, La, Nd, Th, Y)PO<sub>4</sub>) ve Torit ((Th, U) SiO<sub>4</sub>) toryum üretiminde kullanılmaktadır. Bu mineraller de genellikle nadir toprak elementleri (NTE) ile birlikte bulunmaktadır<sup>94</sup>.

<sup>94</sup> <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/172-nukleer-yakit-cevrimi/471-toryum.html>

Seryumlu nadir minerallerin fosfatları ve toryumdan oluşan Monazit, nehir ve deniz kumlarından plaser<sup>95</sup> madencilik yöntemleri ile çıkartılır. Bu kaba ürüne siyah kum adı verilir ve kurutulduktan sonra manyetik, elektrostatik veya bunların kombinasyonu olan yöntemlerle zenginleştirilme işlemlerine tabi tutulur<sup>96</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinden 119 tanesinde Th konsantrasyonu, ölçüm limitinin (Ö.L.=7.15 µg/L) altında elde edilmiştir. Diğer Th konsantrasyonu sonuçları, minimum 8.57 µg/L (Gülşehir ilçesi Gümüşkent (2) köyü) ve maksimum 43.61 µg/L (Ürgüp ilçesi Yeşilöz (2) köyü) değer aralığında olup il ortalaması 19.06±8.03 µg/L olarak elde edilmiştir.

İlçe ortalamalarına bakıldığında; 28.85 µg/L ile en yüksek değer Acıgöl ve 8.57 µg/L ile de en düşük değer Gülşehir ilçesine ait olduğu görülmektedir. Acıgöl, Derinkuyu ve Ürgüp ilçelerinin Th konsantrasyonu ortalamaları il ortalamasından yüksektir (Şekil 4.88). Bu ilçelerden Acıgöl ilçesinin Th konsantrasyonu 28.85 µg/L ve diğer iki ilçenin değer aralıkları sırasıyla 20.04-30.34 µg/L ve 12.7-43.61 µg/L'dir. Merkez ilçeden alınan su numunelerinin tamamında ise Th konsantrasyonu ölçüm limitinin altında elde edilmiştir.



Şekil 4.88: Nevşehir ili su numunelerinde Th konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

<sup>95</sup> Plaser (kırıntı) yatakların oluşumunun esası, fiziksel olarak parçalanıp, ufalanan ve aşınan minerallerin taşınarak, yoğunluklarına göre birbirinden ayrılıp, aynı ya da benzer yoğunlukta olanların belirli bir bölgede birikmesine dayanır.

<sup>96</sup> [http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/b8aff0438617c05\\_ek.pdf](http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/b8aff0438617c05_ek.pdf)

#### 4.5.22. Su Numunelerinde Uranyum (U) Konsantrasyonu

Uranyum, atom numarası 92 ve yoğunluğu  $19.1 \text{ g/cm}^3$  olup aktinit grubunda yer alan, kurşundan % 65 daha yoğun olan bir ağır metaldir.

U, tek başına alfa aktiftir ve doğada bütün gama yayan bozunma ürünleriyle birlikte geniş bir aile olarak bulunur. Tabiatta hiçbir zaman serbest olarak bulunmayan U, çeşitli elementlerle birleşerek U minerallerini meydana getirir. En kolay oksijenle birleşir. Hemen her tip kayaç içerisinde ve sulara eser miktarda da olsa bulunabilir. Yeraltı su tablasının üstünde, satıh ve satıha yakın yerlerdeki mevcut oksidasyon şartlarında +6 değerlikli uranyum içeren ikincil uranyum mineralleri kolayca eriyebilirler (sudaki pH değerinin artmasıyla) ve uranil iyonları halinde solüsyona geçerek yeraltı suları vasıtasıyla uzun mesafelere taşınırlar<sup>97</sup>.

Uranyum yataklarından geçen kaynak ve yeraltı sularında çözünmüş U, yüzey sularına nazaran daha yüksektir. Karbonatlı sulara U rahatlıkla çözünür ve suyla birlikte hareket eder. U cevher yataklarına, milyonlarca yıl önce başlayan bir süreçle, karbonatlı sulara çözünmüş olarak gelir. Rastladığı kayaçlar içinde onu çöktürecek fosfat gibi iyonlar veya kimyasal olarak yapısını değiştirecek “indirgeyici” ortamlar (liniyit yatakları gibi) bulduğunda çöküp kalır. Artık oluşan yeni Uranyum bileşiği “suda çözünmez” bir duruma gelir ve tekrar çözünüp göç etmesi söz konusu olamaz. Onu ancak teknoloji (yani insanlar) yerinden söküp çıkarabilir<sup>98</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinin 111 tanesinde U konsantrasyonu ölçüm limitinin (Ö.L.= $8.16 \mu\text{g/L}$ ) altında elde edilmiştir. Diğer U konsantrasyonları; minimum  $8.19 \mu\text{g/L}$  (Hacıbektaş ilçesi Merkez (2)) ve maksimum  $27.04 \mu\text{g/L}$  (Merkez ilçe Uçhisar köyünden alınan kuyu suyu) değer aralığında olup il ortalaması  $14.94 \pm 2.90 \mu\text{g/L}$ 'dir.

İlçe ortalamalarına bakıldığında; en yüksek değer  $17.78 \pm 13.10 \mu\text{g/L}$  ile Merkez ve en düşük değer  $8.96 \mu\text{g/L}$  ile Acıgöl ilçesinde elde edildiği görülmüştür.

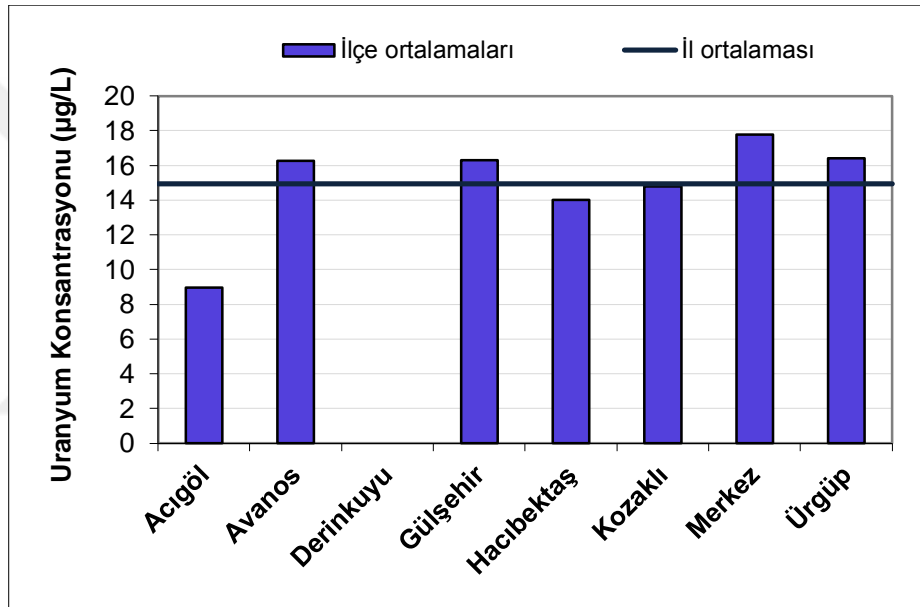
Şekil 4.89'da su numunelerinde U konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları verilmektedir. Avanos, Gülşehir, Merkez ve Ürgüp ilçelerinin ortalama U konsantrasyonu il ortalamasından yüksek, Kozaklı ve Hacıbektaş ilçe ortalamaları ise il ortalamasına çok yakın elde edilmiştir.

<sup>97</sup> <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/172-nukleer-yakit-cevrimi/470-uranyum.html>

<sup>98</sup> <http://www.nukte.org/uranyumcevherineyonelikbasinaciklamasi>

Bu ilçelerin U konsantrasyonu değer aralıkları Avanos ilçesi 15.10-17.73  $\mu\text{g/L}$ , Gülşehir ilçesi 10.06-26.88  $\mu\text{g/L}$ , Merkez ilçe 8.52-27.04  $\mu\text{g/L}$  ve Ürgüp ilçesi 16.42  $\mu\text{g/L}$ 'dir. Derinkuyu ilçesinden alınan su numunelerinin tamamında ise U konsantrasyonu ölçüm limitinin altında elde edilmiştir.

Ölçüm limitinin üzerinde elde edilen U konsantrasyonlarından 7 tanesi 20-30  $\mu\text{g/L}$  değer aralığında elde edilmiş olup Canada 1999 içme suyu standardının maksimum müsaade edilen konsantrasyon değeri olan 20  $\mu\text{g/L}$ 'nin üzerinde, WHO ve EPA içme suyu standardının maksimum müsaade edilen konsantrasyon değeri olan 30  $\mu\text{g/L}$ 'nin altındadır.



Şekil 4.89: Nevşehir ili su numunelerinde U konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

#### 4.5.23. Su Numunelerinde Çinko (Zn) Konsantrasyonu

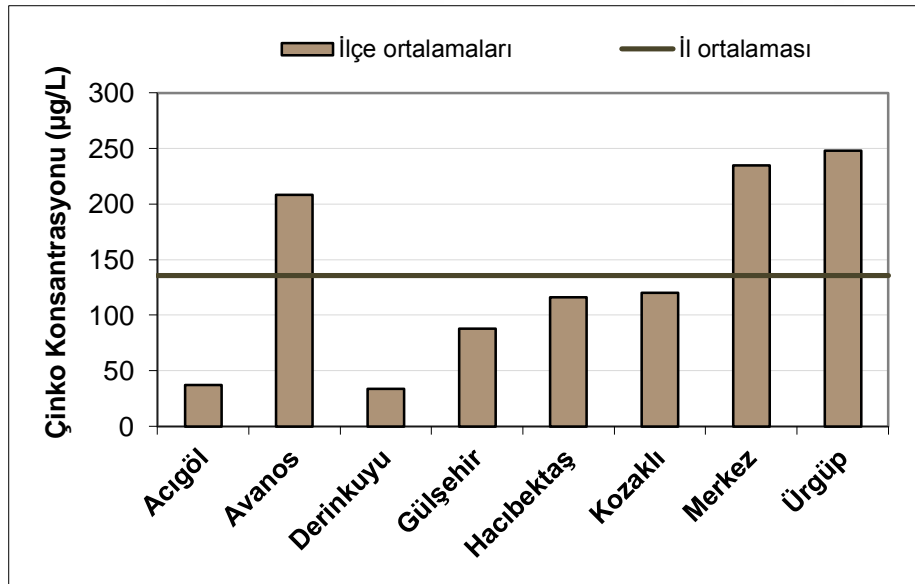
Çinko, atom numarası 30 ve yoğunluğu  $7.14 \text{ g/cm}^3$  olup geçiş metali grubunda yer alan, besinsel mineral özelliği olan, yerkabuğunda en çok bulunan elementler arasında 23. sırada bulunan bir ağır metaldir.

Zn, hava, su ve toprakta doğal olarak bulunan bir elementtir. Birçok gıda ve içilen sularda belli konsantrasyonlarda Zn bulunur. Zn'nun suda çözünen formları bitkiler için uygundur ve Zn alınışı, maddenin topraktaki konsantrasyonu arttıkça artar (Deveci, 2012).

Vücut gelişimi için son derece önem taşıyan bir eser element olan Zn, özellikle cenin aşamasındaki gelişimde ve küçük çocukların beslenmesinde oynadığı rol ile göze çarpar. Çünkü Zn, hücredeki genetik madde olan DNA'nın oluşumu için gereklidir. Bu nedenle de cenindeki Zn eksikliği büyüme gecikmesine, vücutta bozuk oluşumlara ve kromozomlarda anormalliklere yol açar. Doğumdan sonraki eksiklik ise cüceliğe, cinsel gelişimde gecikmeye, saç dökülmesine ve deri problemlerine neden olur (Doğan, 2009).

Nevşehir ili su numunelerinin tamamında Zn konsantrasyonu, ölçüm limitinin (Ö.L.=0.69 µg/L) üzerinde elde edilmiştir. Zn konsantrasyonu; minimum 0.90 µg/L (Avanos ilçesi Bozca (1) köyü) ve maksimum 2946 µg/L (Merkez ilçe Turizm Uygulama Oteli (1)) değer aralığında olup il ortalaması 135.66±85.13 µg/L'dir.

Şekil 4.90'dan ilçe ortalamalarına bakıldığında; 248.08±653.03 µg/L ile en yüksek değer Ürgüp ve 33.51±38.75 µg/L ile de en düşük değer Derinkuyu ilçesine ait olduğu görülmektedir. Avanos (208.03±460.50 µg/L), Merkez (234.63±726.70 µg/L) ve Ürgüp (248.08±653.03 µg/L) ilçelerinden alınan su numunelerinin ortalama Zn konsantrasyonu il ortalamasının üzerindedir.

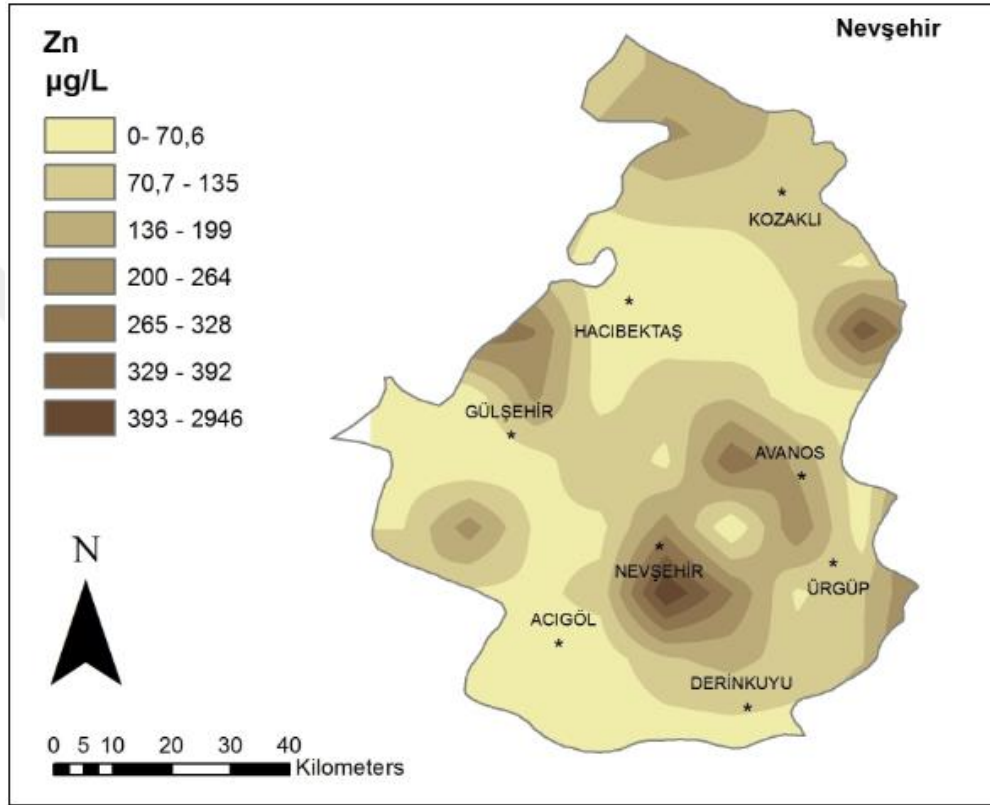


Şekil 4.90: Nevşehir ili su numunelerinde Zn konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

Bu ilçelerin Zn konsantrasyonu değer aralıkları Avanos ilçesi 0.9-1611.0 µg/L, Merkez ilçe 1.87-2946.0 µg/L, Ürgüp ilçesi 4.18-2528.0 µg/L'dir.

Zn konsantrasyonu 100 µg/L'nin üzerinde olan 28 numuneden 4 tanesinin konsantrasyonu 1000 µg/L'nin de üzerinde olup bunlardan 2 numunenin konsantrasyonu 2500-3000 µg/L değer aralığındadır.

Ayrıca Zn konsantrasyonunun il dağılım haritası Şekil 4.91'de verilmektedir.



Şekil 4.91: Nevşehir ili su numunelerinde Zn konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.6. NEVŞEHİR İLİ SU NUMUNELERİNDE ANYON KONSANTRASYONLARI

Su, iyi bir çözücü olması nedeniyle doğada saf olarak bulunmaz, geçtikleri yerlerdeki kayalarla teması neticesinde içerisinde az ya da çok oranda çözülmüş maddeler bulunur. Suyun kalitesi, içinde erimiş halde bulunan bu maddelerin cinsine ve miktarına bağlıdır. Suda erimiş halde bulunan bu maddelere tuz adı verilir. Tuzlar, su içinde elektrolit veya dissosiyasyon (ayrışma, çözünme) olmuş, iyonlarına ayrılmış durumdadır. Tuzlardan bazıları bazik olup “anyon (negatif yüklü iyon)” adını alırlar.

Sularda anyon olarak karbonat, klorür, florür, nitrat, nitrit, fosfat, bromür ve sülfatlara rastlanır. Bunlar belli limitlerde alınmalıdır. Az ya da çok alımlarında insanlarda çeşitli olumsuz sağlık etkileri gösterebilirler<sup>99</sup>.

Nevşehir ilini temsil edecek şekilde, koordinatları kaydedilerek alınan su numunelerinin 139 tanesinde anyon (Florür (F<sup>-1</sup>), Klorür (Cl<sup>-1</sup>), Nitrit (NO<sub>2</sub>)<sup>-1</sup>, Bromür(Br<sup>-1</sup>), Nitrat (NO<sub>3</sub>)<sup>-1</sup>, Sülfat (SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup> ve Fosfat (PO<sub>4</sub>)<sup>-3</sup>) analizleri DIONEX Marka ICS-3000 model iyon kromatografi cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Bu anyon konsantrasyonları ayrıntılı olarak EK-6'da verilmektedir.

Elde edilen anyon konsantrasyonları, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tabloları; TS 266 (Türkiye Standartları) (TS 266, 2005), WHO (World Health Organization) (WHO, 2011), EPA (Environmental Protection Agency) (EPA, 2012), Canada (Canadian Drinking Water Quality Guidelines) (Canada, 2012) ve EC (European Community) (EC, 2014) içme suyu standartları ile karşılaştırılmıştır. Tablo 4.16'da içme sularında müsaade edilen maksimum anyon konsantrasyonu standartları verilmektedir.

**Tablo 4.16:** İçme sularında müsaade edilen maksimum anyon konsantrasyonu standartları (µg/L veya ppb).

Anyon	İçme Suyu Standartları				
	TS 266 (2005)	WHO (2011)	EPA (2012)	Canada (2012)	EC (2014)
	(µg/L veya ppb)				
Florür [F] <sup>-</sup>	1 500	1 500	4 000	1 500	1 500
Klorür [Cl] <sup>-</sup>	250 000	250 000	250 000	250 000	250 000
Nitrat [NO <sub>3</sub> ] <sup>-</sup>	50 000	50 000	10 000	10 000	50 000
Nitrit [NO <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>	500	3 000	1 000	3 200	500
Bromür [Br] <sup>-</sup>	-	-	-	-	-
Sülfat [SO <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	250 000	250 000	250 000	500 000	250 000

Anyon ve elementel analiz yapılan su numunelerinin alım noktalarının harita üzerinde dağılımı Şekil 4.62'de verilmişti. Su numunelerinde yapılan anyon analizinde, tüm numunelerde Fosfat anyonu analiz sonuçları minimum dedeksiyon limitinin (MDL=6.97 µg/L) altında elde edilmiştir. Diğer Florür (F<sup>-1</sup>), Klorür (Cl<sup>-1</sup>), Nitrit (NO<sub>2</sub>)<sup>-1</sup>, Bromür(Br<sup>-1</sup>), Nitrat (NO<sub>3</sub>)<sup>-1</sup>, Sülfat (SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup> analiz sonuçları sırasıyla ayrıntılı olarak incelenecektir.

Anyon analiz sonuçlarının ilçelere göre ortalamaları Tablo 4.17'de verilmektedir.

<sup>99</sup> [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Sularda%20Katyon%20Ve%20Anyon%20Analizleri.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sularda%20Katyon%20Ve%20Anyon%20Analizleri.pdf)

Tablo 4.17: İlcelere göre anyon analiz sonuçları ( $\mu\text{g/L}$ ) veya (ppb), (n=3, n analiz sayısı).

İlçe	Numune sayısı	Florür [F <sup>-</sup> ]		Klorür [Cl <sup>-</sup> ]		Bromür [Br <sup>-</sup> ]		Nitrat [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]		Nitrit [NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ]		Sülfat [SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ]		Fosfat [PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ]
		Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.	Ort. $\pm$ Std.Sap.			
Acıgöl	9	250.4 $\pm$ 58.8	9453.3 $\pm$ 5451.9	27612.2 $\pm$ 31733.1	77.0 $\pm$ 94.0	30544.4 $\pm$ 16176.0	17771.5 $\pm$ 14046.3	40.3 $\pm$ 45.9	15.7 $\pm$ 3.8	65256.5 $\pm$ 78577.6	42189.9 $\pm$ 46957.3	<MDL	<MDL	
Avanos	18	301.7 $\pm$ 171.3	17917.2 $\pm$ 17532.6	49.2 $\pm$ 44.8	9950.1 $\pm$ 5461.2	30745.8 $\pm$ 28485.3	9950.1 $\pm$ 5461.2	250.1 $\pm$ 172.2	8631.9 $\pm$ 4640.2	83770.1 $\pm$ 90085.2	83770.1 $\pm$ 90085.2	<MDL	<MDL	
Derinkuyu	6	197.4 $\pm$ 70.6	17917.2 $\pm$ 17532.6	49.2 $\pm$ 44.8	9950.1 $\pm$ 5461.2	30745.8 $\pm$ 28485.3	9950.1 $\pm$ 5461.2	250.1 $\pm$ 172.2	8631.9 $\pm$ 4640.2	83770.1 $\pm$ 90085.2	83770.1 $\pm$ 90085.2	<MDL	<MDL	
Gülşehir	31	529.1 $\pm$ 716.7	52315.0 $\pm$ 77245.6	56.2 $\pm$ 53.7	30745.8 $\pm$ 28485.3	9950.1 $\pm$ 5461.2	30745.8 $\pm$ 28485.3	151.3 $\pm$ 257.4	83770.1 $\pm$ 90085.2	83770.1 $\pm$ 90085.2	83770.1 $\pm$ 90085.2	<MDL	<MDL	
Hacıbektaş	26	415.3 $\pm$ 218.5	24677.4 $\pm$ 24084.2	58.3 $\pm$ 61.4	39234.8 $\pm$ 21239.3	99.9 $\pm$ 119.0	42051.8 $\pm$ 29715.7	34.0 $\pm$ 0.0	206645.0 $\pm$ 219439.5	16138.1 $\pm$ 14231.4	64181.8 $\pm$ 62680.1	<MDL	<MDL	
Kozaklı	18	583.0 $\pm$ 444.5	139644.9 $\pm$ 188119.2	99.9 $\pm$ 119.0	42051.8 $\pm$ 29715.7	38.5 $\pm$ 20.0	13666.0 $\pm$ 5131.7	169.0 $\pm$ 266.9	206645.0 $\pm$ 219439.5	16138.1 $\pm$ 14231.4	64181.8 $\pm$ 62680.1	<MDL	<MDL	
Merkez	16	440.1 $\pm$ 270.6	12309.5 $\pm$ 8000.2	38.5 $\pm$ 20.0	13666.0 $\pm$ 5131.7	26.5 $\pm$ 26.2	13298.5 $\pm$ 8117.3	297.1 $\pm$ 0.0	56335.2 $\pm$ 172847.9	64181.8 $\pm$ 62680.1	64181.8 $\pm$ 62680.1	<MDL	<MDL	
Urgüp	15	229.1 $\pm$ 104.6	16845.0 $\pm$ 42563.2	37596.8 $\pm$ 43336.7	54.7 $\pm$ 24.4	24657.9 $\pm$ 12537.6	124.1 $\pm$ 109.1	3.66	2.83	6.97	6.97	<MDL	<MDL	
<b>İl geneli</b>	<b>139</b>	<b>368.3<math>\pm</math>144.5</b>	<b>37596.8<math>\pm</math>43336.7</b>	<b>54.7<math>\pm</math>24.4</b>	<b>24657.9<math>\pm</math>12537.6</b>	<b>54.7<math>\pm</math>24.4</b>	<b>24657.9<math>\pm</math>12537.6</b>	<b>124.1<math>\pm</math>109.1</b>	<b>3.66</b>	<b>2.83</b>	<b>6.97</b>	<b>&lt;MDL</b>	<b>&lt;MDL</b>	
<b>MDL* (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>		<b>0.37</b>	<b>1.62</b>	<b>1.62</b>	<b>2.50</b>	<b>2.50</b>	<b>7.83</b>	<b>3.66</b>	<b>2.83</b>	<b>2.83</b>	<b>6.97</b>	<b>&lt;MDL</b>	<b>&lt;MDL</b>	

\* MDL: Minimum Detection Limit (Minimum dedeksiyon limiti)



#### 4.6.1. Su Numunelerinde Florür (F<sup>-1</sup>) Konsantrasyonu

Doğada birçok yerde bulunur. Suda, toprakta, yiyeceklerde en yaygında diş macunlarında bulunur. Florür diş minesini üzerinde biriken ve çürümeye sebep olan şekerli yiyeceklerin ürettiği bakteri ve zararlı asitleri yok eder.

İçme sularında, birçok hazır yiyecek ve içeceklerde de florüre rastlanmaktadır. Ancak bu tüketim sağlıklı değildir. Vücudumuza giren bu florürlerin zararı çok fazladır. Başta kemikler olmak üzere hormonlar, beyin gelişimi, eklemler, kaslar zarar görür.

Florür, vücutta birikme eğilimi gösteren kimyasallar arasındadır. Sağlıklı bir kişi vücutta aldığı florürün % 50-60'ını fazla alındığında idrar yoluyla vücudundan atar. Geri kalanı ise kemiklerde ve beyinde birikerek hayat boyu artış gösterir. Fazla florür, kısırlığa yol açar, merkezi sinir sistemine zarar verir ve uzun vadede Alzheimer hastalığına yol açar, IQ seviyesini düşürür, büyüme ve ergenlik süreçlerini etkiler, tiroid hormonunda azalmaya ve kemiklerde birikerek romatizma benzeri rahatsızlıklara neden olur<sup>100</sup>.

Tablo 4.17'de florür konsantrasyonlarının ilçe ortalamalarına bakıldığında; en yüksek değer 583.0±444.5 µg/L ile Kozaklı ve en düşük değer 197.4±70.6 µg/L ile Derinkuyu ilçesine aittir.

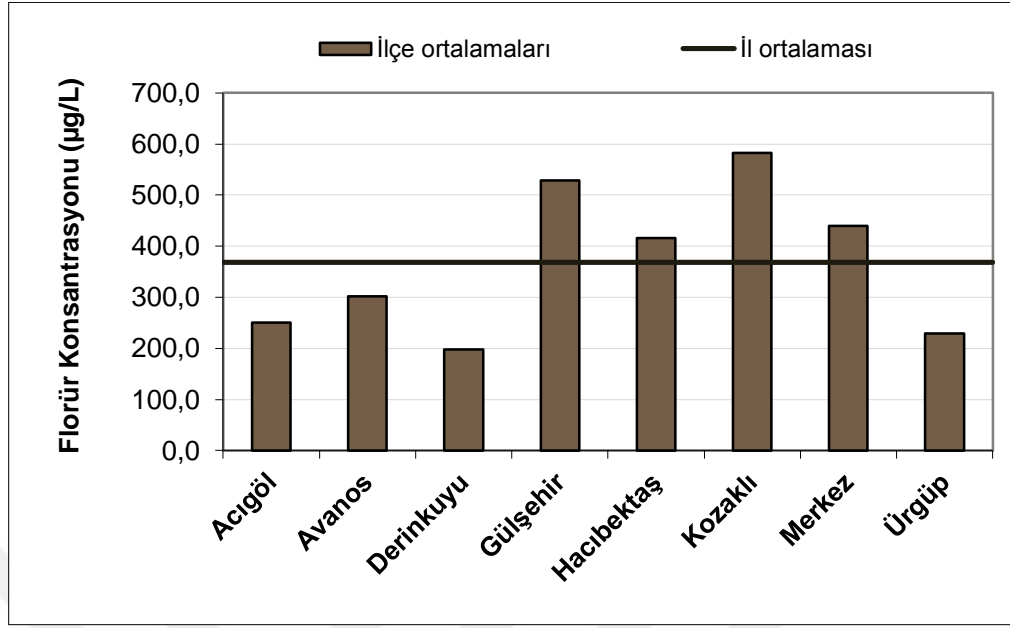
İl genelinde en yüksek değer 4085.0 µg/L olarak Gülşehir ilçesi Kızılkaya (2) köyünden ve en düşük değer de 69.0 µg/L olarak Gülşehir ilçesi Abuşığı (3) köyünden alınan su numunesinde elde edilmiştir.

Florür konsantrasyonu Nevşehir il ve ilçelerin ortalamaları Şekil 4.92'de ve il dağılım haritası da Şekil 4.93'de verilmektedir.

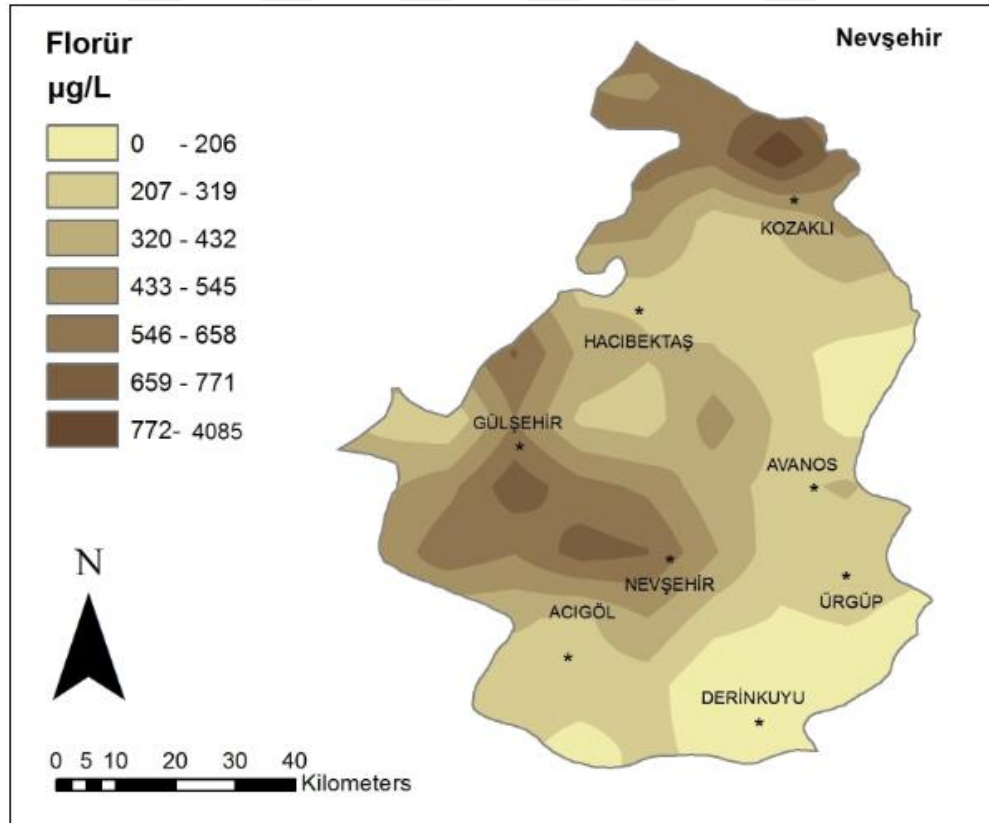
Şekil 4.92'de görüldüğü gibi; florür konsantrasyonunun Nevşehir il ortalaması 368.3±114.5 µg/L elde edilmiş olup Gülşehir (529.1±716.7 µg/L), Hacıbektaş (415.3±218.5 µg/L), Kozaklı (583.0±444.5 µg/L) ve Merkez (440.1±270.6 µg/L) ilçe ortalamaları bu değerlerin üzerindedir.

İl genelinde elde edilen en yüksek değer (4085.0 µg/L), il ortalama değerinin (368.3 µg/L) yaklaşık 11 katıdır. İl genelinde toplam 52 adet su numunesinden elde edilen florür konsantrasyonu il ortalama değerinin üzerinde elde edilmiştir.

<sup>100</sup> <http://www.zararlari.org/florurun-zararlari/>



Şekil 4.92: Nevşehir ili su numunelerinde florür konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.



Şekil 4.93: Nevşehir ili su numunelerinde florür konsantrasyonu dağılım haritası.

Tablo 4.16'da TS 266, WHO, EPA, Canada ve EC laboratuvarları tarafından içme sularında müsaade edilen maksimum florür konsantrasyonları ile Nevşehir ilçeleri su numunelerinde elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında; Derinkuyu ilçesi ( $197.4 \pm 70.6 \mu\text{g/L}$ ) hariç diğer tüm ilçe ortalamaları  $200 \mu\text{g/L}$ 'nin üzerindedir. Bununla birlikte tüm ilçelerin ortalamaları  $1500 \mu\text{g/L}$ 'nin altındadır.

Nevşehir il geneli florür konsantrasyonlarına bakıldığında; Kozaklı Belediyesi kaplıca suyu (1) ( $1665.50 \mu\text{g/L}$ )'nda belirlenen florür konsantrasyonu, TS 266, WHO, Canada ve EC içme suyu standardının maksimum müsaade edilen değeri  $1500 \mu\text{g/L}$ 'nin üzerindedir, ayrıca Gülşehir ilçesi Kızılkaya (2) ( $4085 \mu\text{g/L}$ ) köyünün suyunda belirlenen florür konsantrasyonu da EPA içme suyu standardının maksimum müsaade edilen değeri  $4000 \mu\text{g/L}$ 'nin de üzerinde elde edilmiştir.

#### 4.6.2. Su Numunelerinde Klorür ( $\text{Cl}^{-1}$ ) Konsantrasyonu

Klorür, tüm doğal veya kullanılmış sularda çok yaygın bir şekilde bulunan iyon türüdür. Sulara yeraltı formasyonlarından çözünme yolu ile ya da tuzlu su - tatlı su girişimleri sonucu katılabilir.

Klorürün normal konsantrasyonlarında bir sağlık sakıncası yaratmadığı bilinmektedir. Ancak  $250 \text{mg/L}$ 'den yüksek konsantrasyonlarda tuz tadı oluşmaktadır. Sürekli içimi halinde böbrek rahatsızlıklarına ve yüksek tansiyona neden olabilir.

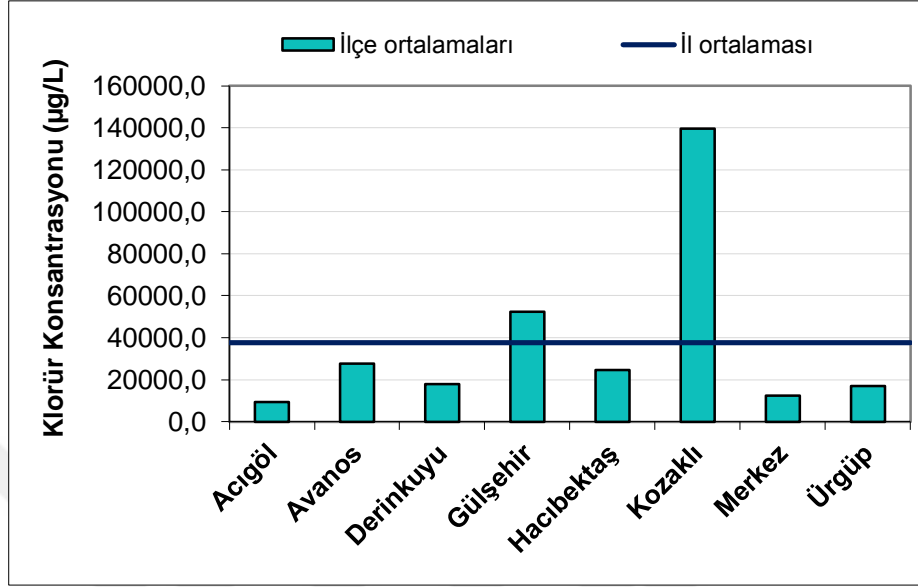
Klorür suyun iletkenliğini artırdığı için korozyonu kolaylaştırır. Konsantrasyonların yüksek olduğu sularda klorür; tat, korozif eğilim ya da yumuşatma prosesine ters etki ile varlığını gösterir<sup>101</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinde tespit edilen klorür konsantrasyonlarının ilçe ortalamalarına göre; en yüksek değer  $139644.9 \pm 188119.2 \mu\text{g/L}$  ile Kozaklı ve en düşük değer  $9453.3 \pm 5451.9 \mu\text{g/L}$  ile Acıgöl ilçesine aittir.

İl genelinde en yüksek değer  $594998.7 \mu\text{g/L}$  olarak Kozaklı ilçesi Yassıca (2) köyünden ve en düşük değer de  $2335.1 \mu\text{g/L}$  olarak Avanos ilçesi Altıpınar köyünden alınan su numunesinde elde edilmiştir.

<sup>101</sup> [http:// halksagligisu.analizlerinde.bakilan.parametreler.ve.anlamlari.ppt](http://halksagligisu.analizlerinde.bakilan.parametreler.ve.anlamlari.ppt)

Klorür konsantrasyonunun Nevşehir il ve ilçelere göre ortalamaları Şekil 4.94 ve il dağılım haritası da Şekil 4.95'te verilmektedir.



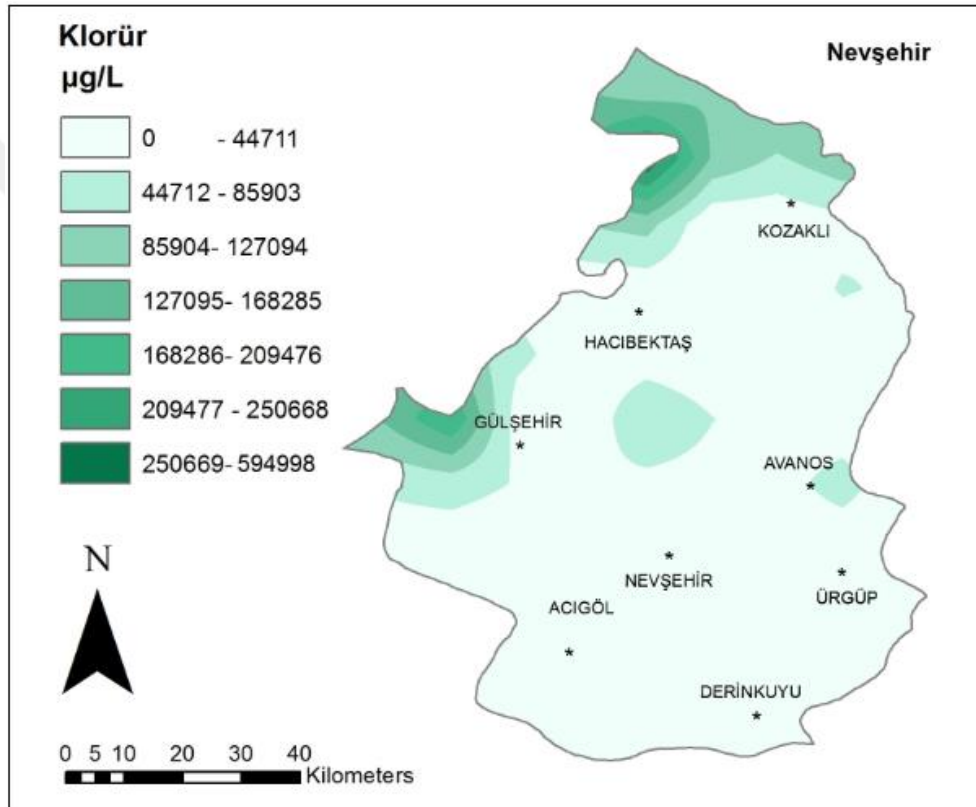
Şekil 4.94: Nevşehir ili su numunelerinde klorür konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

Şekil 4.94'de görüldüğü gibi klorür konsantrasyonunun Nevşehir il ortalaması  $37596.8 \pm 43336.7$   $\mu\text{g/L}$  olup Acıgöl ( $9453.3 \pm 5451.9$   $\mu\text{g/L}$ ), Avanos ( $27612.2 \pm 31733.1$   $\mu\text{g/L}$ ), Derinkuyu ( $17917.2 \pm 17532.6$   $\mu\text{g/L}$ ), Hacıbektaş ( $24677.4 \pm 24084.2$   $\mu\text{g/L}$ ), Merkez ( $12309.5 \pm 8000.2$   $\mu\text{g/L}$ ) ve Ürgüp ( $16845.0 \pm 42563.2$   $\mu\text{g/L}$ ) ilçe ortalamaları bu değer altında kalmaktadır. Gülşehir ( $52315.0 \pm 77245.6$   $\mu\text{g/L}$ ) ve Kozaklı ilçelerinin ( $139644.9 \pm 188119.2$   $\mu\text{g/L}$ ) ortalamaları ise bu değer üzerinde elde edilmiştir.

İl genelinde en yüksek değer olan  $594998.7$   $\mu\text{g/L}$  (Kozaklı ilçesi, Yassıca (2) köyü) il ortalama değerinin ( $37596.8$   $\mu\text{g/L}$ ) yaklaşık 16 katıdır. 3 adet su numunesinde klorür konsantrasyonları minimum dedeksiyon limiti (MDL= $1.62$   $\mu\text{g/L}$ )'nin altında elde edilmiştir. İl genelinde toplam 31 adet su numunesinden elde edilen klorür konsantrasyonu il ortalama değerinin üzerinde elde edilmiştir.

TS 266, WHO, EPA, Canada ve EC laboratuvarları tarafından müsaade edilen maksimum klorür konsantrasyonları ile ilçelerin konsantrasyonları karşılaştırıldığında; tüm ilçe ortalamalarının  $2000$   $\mu\text{g/L}$ 'nin üzerinde ve  $250000$   $\mu\text{g/L}$ 'nin altında olduğu görülmüştür.

Nevşehir il geneli su numunelerine bakıldığında da; tüm değerlerin 2000  $\mu\text{g/L}$ 'nin üzerinde olduğu görülmüştür. Bununla beraber, Gülşehir ilçesi Kızılırmak'tan alınan su numunesinde (344285  $\mu\text{g/L}$ ) ve Kozaklı ilçesi Kanlıca (2), Karahasanlı (2) köylerinden, Belediye Kaplıca suyu (2), Yassıca (2) köyünden alınan numunelerde (sırasıyla 385952.6  $\mu\text{g/L}$ , 259991.2  $\mu\text{g/L}$ , 418066  $\mu\text{g/L}$  ve 594998.2  $\mu\text{g/L}$ ) klorür konsantrasyonu TS 266, WHO, EPA, Canada ve EC içme suyu standartlarının müsaade edilen maksimum konsantrasyonu olan 250 000  $\mu\text{g/L}$ 'nin de üzerinde elde edilmiştir.



Şekil 4.95: Nevşehir ili su numunelerinde klorür konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.6.3. Su Numunelerinde Nitrit ( $\text{NO}_2$ )<sup>-1</sup> Konsantrasyonu

Nitrit, içme suyunda kesinlikle istenmeyen bir iyonudur. Güneş ışığı ve bazı bakteriler nitratları nitrite dönüştürür. Nitrit, nitratlardan daha tehlikelidir. Nitritlerin mevcudiyeti suda kirlenmeyi ifade eder. Nitritler yüksek miktarda organik madde ile bulunursa daha büyük bir kirlenme söz konusudur.

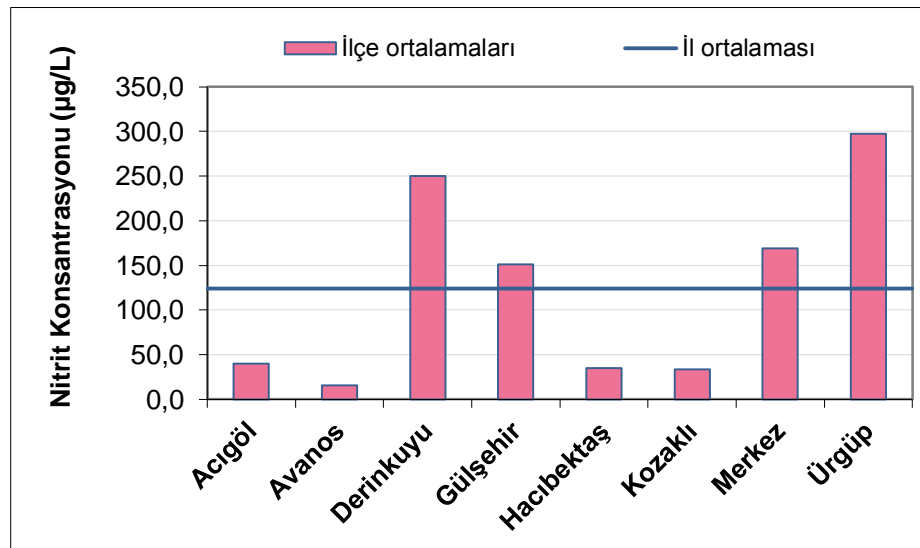
Amonyakta bazı bakteri türlerinin çoğalmalarına sebep olur ki bunlar suya kötü koku verirler. Nitrit, kanda hemoglobin yapısında değişiklik meydana getirerek dokulara ihtiyaçları olan oksijenin taşınmasını engeller ve oksijensizlikten boğulmalara sebep olabilirler<sup>102</sup>.

Nitrit, çok yüksek dozlarda kanserojen olabilirler. Ancak kanserojen olduklarına dair yeterli kanıt bulunmaması nedeniyle de hem nitrit hem de nitrat, IARC tarafından 2010 yılında Grup 2A yani “insanlar için muhtemel kanserojen” olarak sınıflandırılmışlardır<sup>103</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinde ilçe ortalamalarına göre nitrit konsantrasyonu incelendiğinde; en yüksek değer  $297.1 \pm 0.0$   $\mu\text{g/L}$  ile Ürgüp ve en düşük değer  $15.7 \pm 3.8$   $\mu\text{g/L}$  ile Avanos ilçesine aittir.

İl genelinde en yüksek değer  $709.8$   $\mu\text{g/L}$  olarak Merkez ilçesi Göreme (2) köyünden ve en düşük değer de  $11.6$   $\mu\text{g/L}$  olarak Avanos ilçesi Ayhanlar baraj suyundan alınan su numunesinde elde edilmiştir.

Nitrit konsantrasyonunun Nevşehir il ve ilçelere göre ortalamaları Şekil 4.96 ve il dağılım haritası da Şekil 4.97’de verilmektedir.



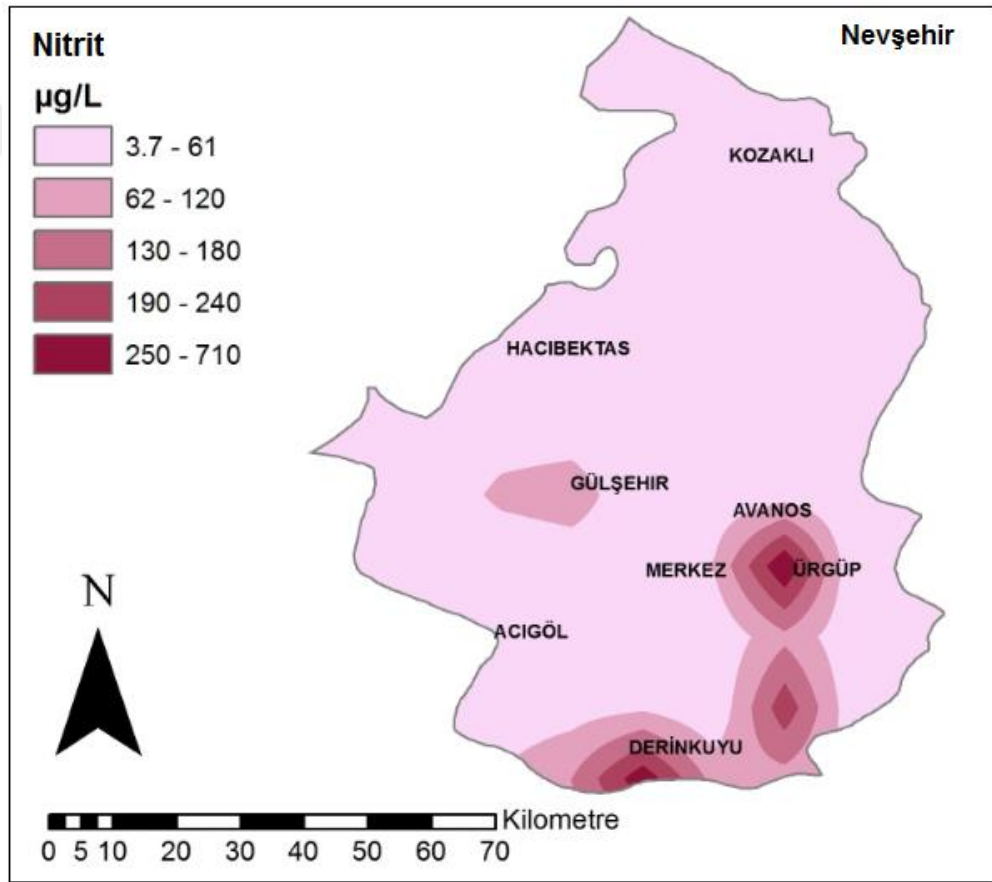
Şekil 4.96: Nevşehir ili su numunelerinde nitrit konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

<sup>102</sup> [http://kanser.gov.tr/Dosya/Bilgi-Dokumanlari/raporlar/Nitrat\\_ve\\_Kanser.pdf](http://kanser.gov.tr/Dosya/Bilgi-Dokumanlari/raporlar/Nitrat_ve_Kanser.pdf)

<sup>103</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_2A\\_carcinogens](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_2A_carcinogens)

Şekil 4.96'da görüldüğü gibi; nitrit konsantrasyonu Nevşehir il ortalaması  $124.1 \pm 109.1 \mu\text{g/L}$  olup Derinkuyu ( $250.1 \pm 172.2 \mu\text{g/L}$ ), Gülşehir ( $151.3 \pm 257.4 \mu\text{g/L}$ ), Merkez ( $169.0 \pm 266.9 \mu\text{g/L}$ ) ve Ürgüp ilçe ( $297.1 \pm 0.0 \mu\text{g/L}$ ) ortalamaları bu değerin üzerindedir.

Tüm Nevşehir ilinde belirlenen en yüksek değer ( $709.8 \mu\text{g/L}$ ), il ortalama değerinin ( $124.1 \pm 109.1 \mu\text{g/L}$ ) yaklaşık 5.7 katıdır. 113 adet su numunesinde nitrit konsantrasyonu minimum dedeksiyon limiti ( $\text{MDL}=3.66 \mu\text{g/L}$ )'nin altında elde edilirken 5 adet su numunesinde nitrit konsantrasyonu il ortalama değerinin de üzerindedir.



Şekil 4.97: Nevşehir ili su numunelerinde nitrit konsantrasyonu dağılım haritası.

Nevşehir ili su numunelerinde belirlenen nitrit konsantrasyonları ile içme suyu standartları karşılaştırıldığında, numunelerin tamamının WHO, EPA ve Canada laboratuvarları tarafından müsaade edilen limit değerlerin altında, sadece 2 numunenin nitrit konsantrasyonlarının ( $611.4 \mu\text{g/L}$  ile Gülşehir ilçesi Tuzköy (yeni yerleşim yeri) ve  $709.8 \mu\text{g/L}$  ile Merkez ilçe Göreme (2))

TS 266 ve EC laboratuvarları tarafından müsaade edilen limit değerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Nevşehir il geneli su numunelerine bakıldığında; minimum dedeksiyon limitinin üzerinde elde edilen 26 su numunesinin nitrit konsantrasyonlarından sadece 6 tanesi 100 µg/L'nin üzerinde elde edilmiştir.

#### 4.6.4. Su Numunelerinde Bromür (Br<sup>-1</sup>) Konsantrasyonu

Bromür, deniz kenarına yakın yörelerde deniz suyu girişimi nedeniyle kuyu sularında değişik oranlarda bulunabilir. Bazı akarsular da endüstriyel atıklar nedeniyle bromür içerebilir.

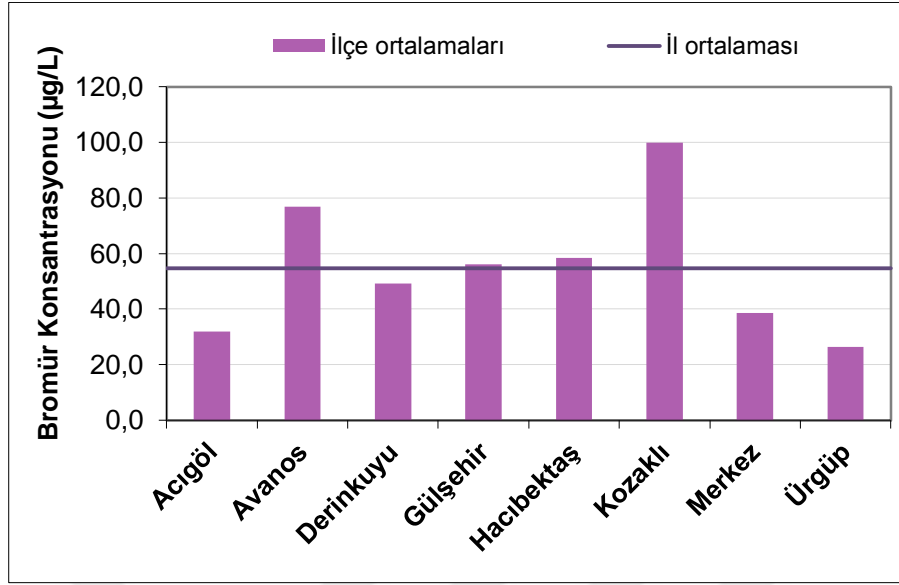
Bromürün sağlık üzerinde direkt zararı ispatlanmamıştır. İçme sularının kalitesini iyileştirmek için sulardaki hastalık yapıcı mikroorganizmalar bazı işlemlerle sulardan uzaklaştırılabilir veya dezenfektanlar kullanılarak etkisiz hale getirilebilirler. Ozon gibi kalıntı bırakmayan dezenfektanlar birincil olarak kullanılırlar. Ancak 1.0 mg/L'nin üzerinde bromür içeren sular, ozon ile dezenfekte edildiğinde kanserojen etki yapan bromatlara dönüşürler ve tehlikeli hale gelebilirler. Bromatlı suların alınması durumunda karaciğer, böbrek ve merkezi sinir sistemi tahribatı ortaya çıkabilir<sup>104</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinde tespit edilen bromür konsantrasyonlarının ilçe ortalamaları sonuçlarına göre; 99.9±119.0 µg/L ile en yüksek ortalama değer Kozaklı ve 26.5±26.2 µg/L ile en düşük ortalama değer Ürgüp ilçesine aittir.

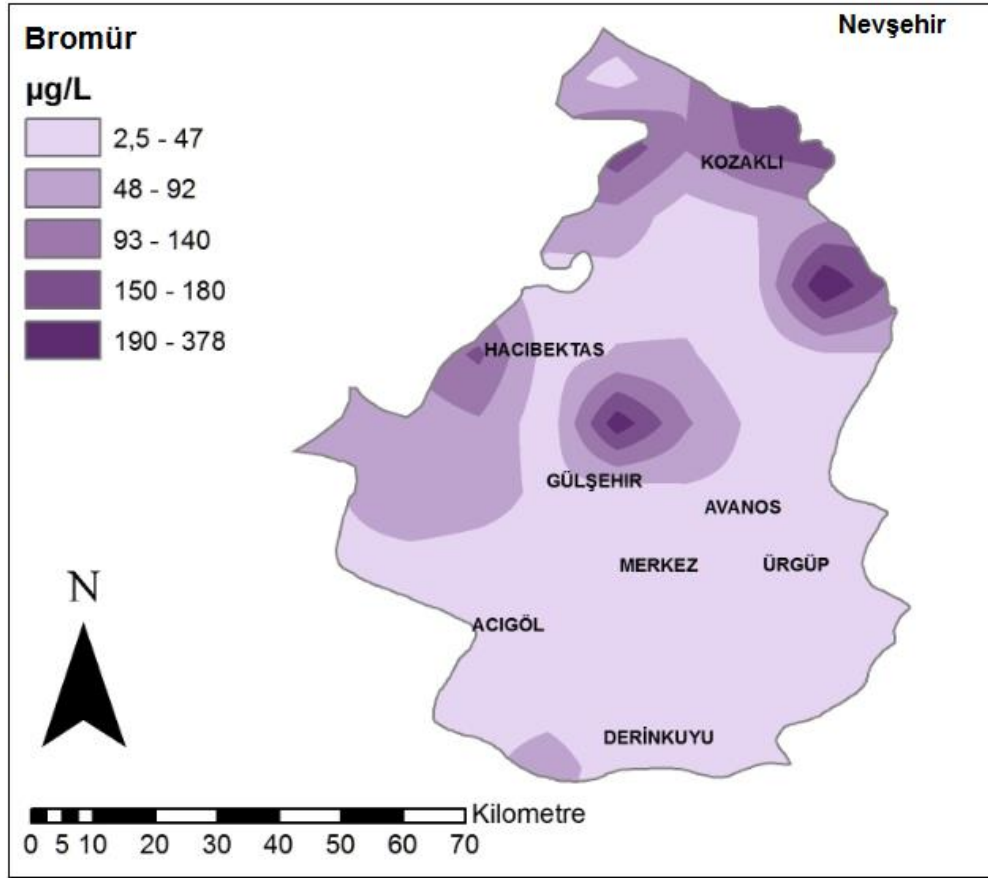
İl genelinde en yüksek değer 377.7 µg/L olarak Kozaklı ilçesi Yassıca (2) köyünden alınan su numunesinde ve en düşük değer de 6.6 µg/L olarak Gülşehir ilçesi Bölükören (2) köyünden alınan su numunesinde elde edilmiş olup bromür konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları grafik olarak Şekil 4.98'de verilmektedir. Ayrıca bromür konsantrasyonunun il dağılım haritası da Şekil 4.99'da gösterilmektedir.

Şekil 4.98'de görüldüğü gibi bromür konsantrasyonunun Nevşehir il ortalaması 54.7±24.4 µg/L olup Avanos (77.0±94.0 µg/L), Hacıbektaş (58.3±61.4 µg/L), Kozaklı (99.9±119.0 µg/L) ve Gülşehir (56.2±53.7 µg/L) ilçe ortalamaları bu değerin üzerinde elde edilmiştir.

<sup>104</sup> <http://cevresagligi.thsk.saglik.gov.tr/dosya/Su/SuUygunsuzluguYonetimi3-5Kasim2017/SuAritmaTesislerininTasarimveIsletmeEsaslari.pdf>



Şekil 4.98: Nevşehir ili su numunelerinde bromür konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.



Şekil 4.99: Nevşehir ili su numunelerinde bromür konsantrasyonu dağılım haritası.

26 adet su numunesi minimum dedeksiyon limiti (MDL=2.50 µg/L)'nin altında elde edilmiştir. İl genelinde toplam 35 adet su numunesinden elde edilen bromür konsantrasyonu il ortalama değerinin üzerinde elde edilmiştir. İl genelinde belirlenen en yüksek değer (377.7 µg/L), il ortalama değerinin (54.7±24ç4 µg/L) yaklaşık 6.9 katıdır.

Nevşehir tüm ilçe ortalamalarının bromür konsantrasyonu 20 µg/L'nin üzerindedir. İl genelinde ise sadece 27 numuneden elde edilen bromür konsantrasyonu 20 µg/L'nin altındadır. Bromür konsantrasyonu 45 su numunesinde 20-50 µg/L aralığında, 17 numunede 50-100 µg/L, 11 numunede de 100-200 µg/L değer aralığındadır. 7 adet su numunesinde ise bromür konsantrasyonu 200 µg/L'nin de üzerinde tespit edilmiştir.

#### **4.6.5. Su Numunelerinde Nitrat (NO<sub>3</sub>)<sup>-1</sup> Konsantrasyonu**

Nitratlar topraktan suya geçebilirler. Fakat amonyak ve nitritten kaynaklıysa tedbir alınmalıdır. Kuyu sularında nitrat genelde daha fazla bulunur.

Maksimum müsaade edilen değerlerin üzerinde alındığında boğaz hastalıklarına ve kan hastalıklarına sebep olurlar, özellikle bebeklerin midelerinde nitratlar nitritlere indirgenerek “mavi hastalık-blue baby” denilen kan zehirlenmesine neden olurlar. Vücudu morarmaya başlayan bebeklerde bu hastalık ölümlerle dahi sonuçlanabilir.

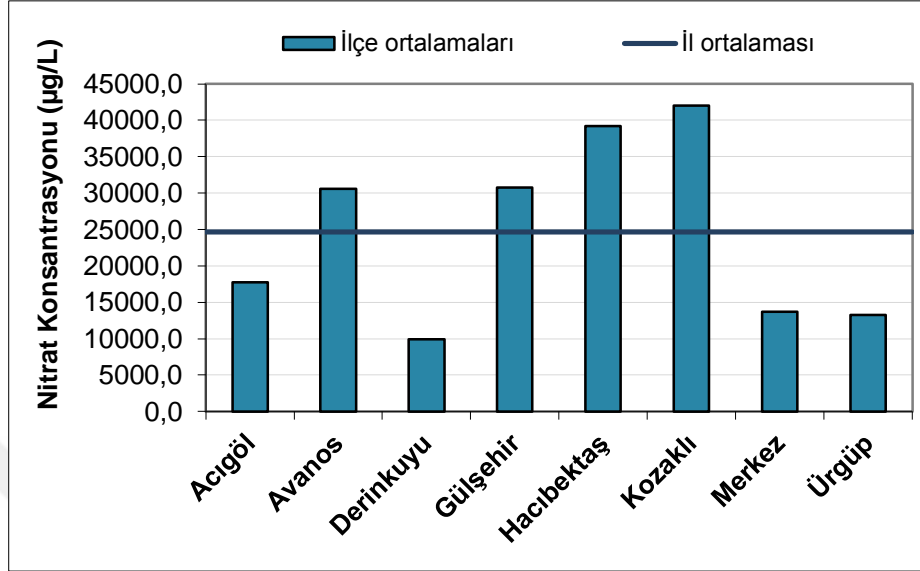
Nitratlar; suda yüksek çözünme özelliğine sahip inorganik kimyasallardır. Esas kaynakları gübre ve kanalizasyon olmakla birlikte doğal sulardaki nitrojen içeren materyallerin çoğu nitrata dönüşüm göstermektedir. Nitratların diğer kaynakları; mineral depozitleri, toprak, deniz suyu, taze su sistemleri ve atmosfer olup bu kaynaklar aracılığıyla çevrede doğal olarak da bulunabilmektedir. Ayrıca nitrit ve nitratlar işlenmemiş etlerde koruyucu ve renk arttırıcı olarak da kullanılmaktadır. Nitrat maruziyeti esas olarak gıdalar aracılığıyla gerçekleşmektedir<sup>105</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinde tespit edilen nitrat konsantrasyonlarının ilçe ortalamaları karşılaştırıldığında, en yüksek değer 42051.8±29715.7 µg/L ile Kozaklı ve en düşük değer 9950.1±5461.2 µg/L ile Derinkuyu ilçesinden elde edilmiştir.

İl genelinde en yüksek değer 133240.7 µg/L olarak Gülşehir ilçesi Gökçetoprak (2) köyünden ve en düşük değer de 1093.6 µg/L olarak Gülşehir ilçesi Yeşilyurt (Sığırlı) (3) köyünde elde

<sup>105</sup> [http://kanser.gov.tr/Dosya/Bilgi-Dokumanlari/raporlar/Nitrat\\_ve\\_Kanser.pdf](http://kanser.gov.tr/Dosya/Bilgi-Dokumanlari/raporlar/Nitrat_ve_Kanser.pdf)

edilmiştir. Nitrat konsantrasyonunun il ve ilçelere göre ortalamaları Şekil 4.100'de verilmektedir.



Şekil 4.100: Nevşehir ili su numunelerinde nitrat konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

Şekil 4.100'de görüldüğü gibi; nitrat konsantrasyonunun Nevşehir il ortalaması  $24657.9 \pm 12537.6$  µg/L olup Avanos ( $30544.4 \pm 16176.0$  µg/L), Gülşehir ( $30745.9 \pm 28485.3$  µg/L), Hacıbektaş ( $39234.8 \pm 21239.3$  µg/L) ve Kozaklı ( $42051.8 \pm 29715.7$  µg/L) ilçelerinin ortalamaları bu değerin üzerinde elde edilmiştir.

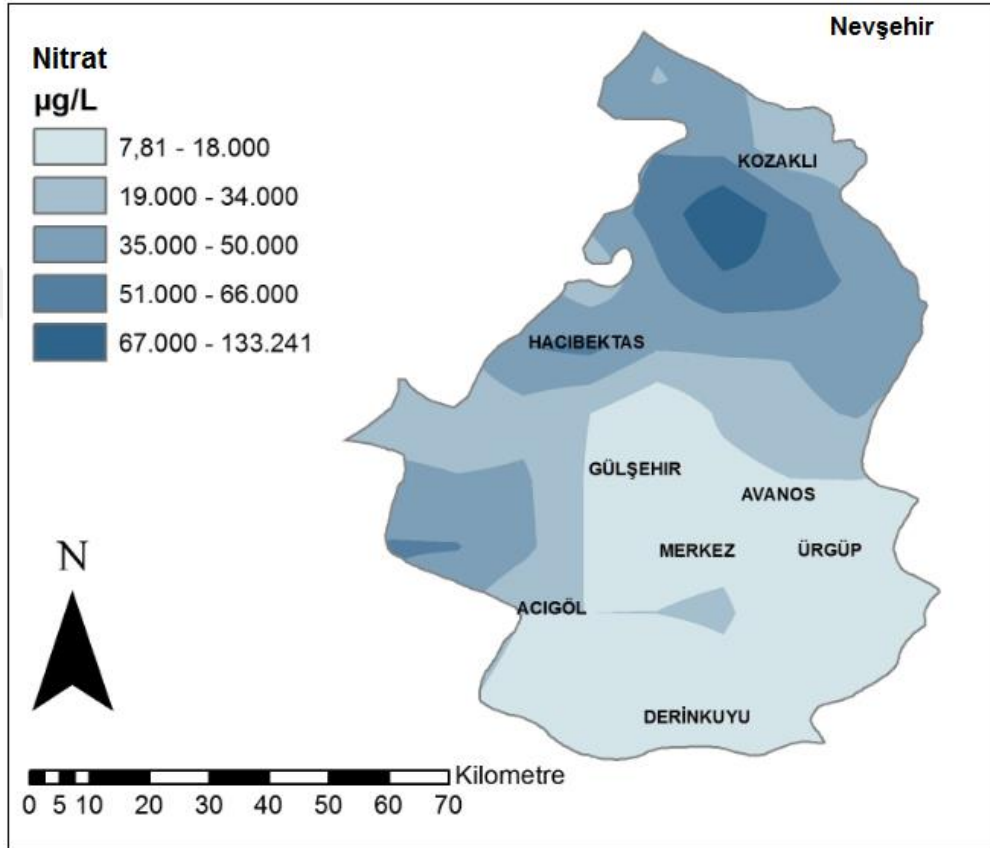
Sadece 1 adet su numunesi minimum dedeksiyon limitinin (MDL=7.83 µg/L) altındadır. İl genelinde toplam 60 adet su numunesinden elde edilen nitrat konsantrasyonu il ortalama değerinin üzerinde elde edilmiştir. En yüksek nitrat konsantrasyonu (133240.7 µg/L), il ortalama değerinin ( $24657.9 \pm 12537.6$  µg/L) yaklaşık 5.4 katıdır.

TS 266, WHO, EPA, Canada ve EC laboratuvarları tarafından müsaade edilen maksimum nitrat konsantrasyonu ile Nevşehir ilçelerinden elde edilen değerler karşılaştırıldığında; Derinkuyu ilçe ortalaması ( $9950.1 \pm 5461.2$  µg/L) hariç diğer ilçe ortalamalarının 10000 µg/L'nin üzerinde olduğu görülmüştür.

Nevşehir il geneline bakıldığında; su numunelerinde belirlenen nitrat konsantrasyonlarından 109 tanesinin EPA ve Canada içme suyu standartlarının müsaade edilen maksimum

konsantrasyon değerinin üzerinde olduğu, 86 tanesinin 10000-50000 µg/L değer aralığında bulunduğu, 23 tanesinin de TS 266, WHO ve EC içme suyu standartlarının müsaade edilen maksimum konsantrasyon değeri 50000 µg/L'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Nitrat konsantrasyonunun il dağılım haritası da Şekil 4.101'de gösterilmektedir.



Şekil 4.101: Nevşehir ili su numunelerinde nitrat konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.6.6. Su Numunelerinde Sülfat (SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup> Konsantrasyonu

Sülfat, evre sularına doğal yollardan karışan en önemli iyonlardan olup bir tuz bileşiğidir. Bütün doğal sularda değişen miktarlarda sülfat bulunur. Bazı endüstriyel atık suların sülfat içeriği fazla olup doğal sulara karıştıklarında onların da sülfat miktarını artırırlar.

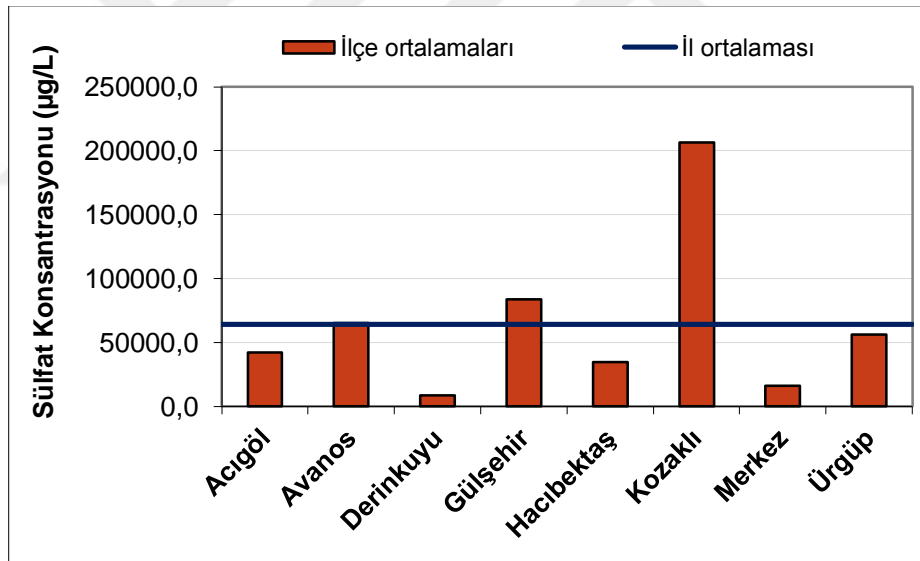
Sülfür bileşikleri, çeşitli reaksiyonlar sonunda oluşturdukları tat, koku, toksisite ve korozyon gibi problemleriyle önemli kirletici durumundadır. Suda yüksek sülfatın anlamı; yüksek sertlik, yüksek sodyum tuzu ve yüksek asitedir. Bunun yanında sülfatlar suya acımsı tat verirler, ishale

sebepe olabilirler. Ayrıca aşındırıcı etki meydana getirirler. Aşındırıcılığı daha çok metal aksamalar ve beton sistemlerde görülür<sup>106</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinde tespit edilen sülfat konsantrasyonlarının ilçe ortalamalarına bakıldığında; 206645.0±219439.5 µg/L ile en yüksek değer Kozaklı ve 8631.9±4640.2 µg/L ile de en düşük değer Derinkuyu ilçesine aittir.

İl genelinde en yüksek değer 676916.3 µg/L olarak Ürgüp ilçesi Sarıhıdır (3) köyünden ve en düşük değer de 2431.3 µg/L olarak Derinkuyu ilçesi Özlüce (2) köyünden alınan su numunesine aittir.

Sülfat konsantrasyonunun il ve ilçelere göre ortalamaları Şekil 4.102’de, il dağılım haritası da Şekil 4.103’de verilmektedir. En yüksek değer olan 676916.3 µg/L, il ortalama değerinin (64181.8±62680.1 µg/L) yaklaşık 10.5 katıdır.



Şekil 4.102: Nevşehir ili su numunelerinde sülfat konsantrasyonunun il ve ilçe ortalamaları.

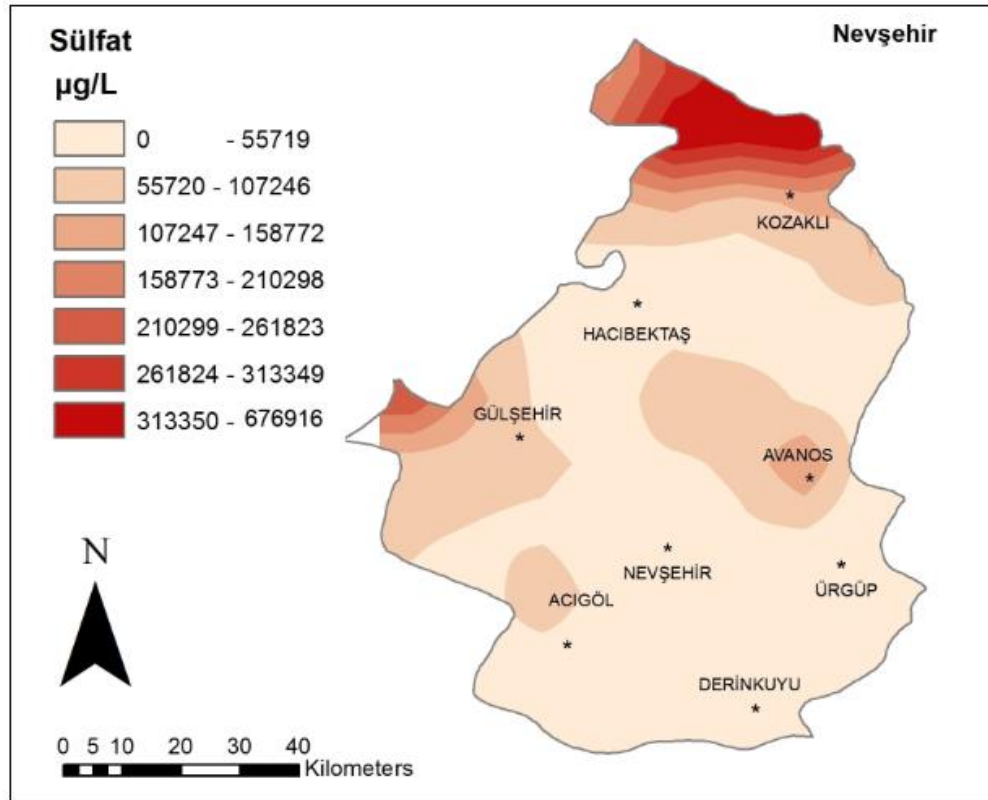
Şekil 4.102’de sülfat konsantrasyonunun Nevşehir il ortalaması 64181.8±62680.1 µg/L olup Avanos (65256.5±78577.6 µg/L), Gülşehir (83770.1±90085.2 µg/L) ve Kozaklı (206645.0±219439.5 µg/L) ilçe ortalamaları bu değer üzerinde. Sadece 1 adet su numunesinde sülfat konsantrasyonu (Hacıbektaş ilçesi Mikail (2) köyü) minimum dedeksiyon

<sup>106</sup> <https://dosyalar.nevsehir.edu.tr/faf4cece7683915e407ab85fe24bfdef/deney-foyu-birlestirilmis-hali.pdf>

limiti (MDL=2.83  $\mu\text{g/L}$ )'nin altında elde edilirken il genelinde toplam 36 adet su numunesinde sülfat konsantrasyonu il ortalama değerinin de üzerinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.16 ve Tablo 4.17'den, TS 266, WHO, EPA, Canada ve EC laboratuvarları tarafından içme sularında müsaade edilen maksimum sülfat konsantrasyonları ile Nevşehir ilçelerinden elde edilen sülfat konsantrasyonları karşılaştırıldığında; tüm ilçe ortalamalarının 5000  $\mu\text{g/L}$ 'nin üzerinde ve 250000  $\mu\text{g/L}$ 'nin altında olduğu tespit edilmiştir.

Nevşehir il geneli su numunelerine bakıldığında; minimum dedeksiyon limitinin üzerinde elde edilen sülfat konsantrasyonlarından 12 tanesinin 5000  $\mu\text{g/L}$ 'nin altında, 114 tanesinin 5000-250000  $\mu\text{g/L}$ 'nin arasında, 9 tanesinin TS 266, WHO, EPA ve EC laboratuvarları tarafından belirlenen müsaade edilen maksimum değerin üzerinde ve 250000-500000  $\mu\text{g/L}$  değer aralığında olduğu, hatta 3 tanesinin de Kanada içme suyu standardı müsaade edilen maksimum konsantrasyon değeri olan 500000  $\mu\text{g/L}$ 'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.103: Nevşehir ili su numunelerinde sülfat konsantrasyonu dağılım haritası.

#### 4.6.7. Su Numunelerinde Fosfat (PO<sub>4</sub>)<sup>-3</sup> Konsantrasyonu

Fosfatların çoğu, yüzey sularına, fosfat içeren gübre ve deterjanlar yolu ile karışır. Organik atıkların parçalanması ile de su çevrimine girebilir. Kireç önleyici kimyasal formüllerde de fosfatlar kullanılır.

Fosfatlar, çoğu çamaşır deterjanının ve evsel temizlik ürününün temel maddesidir. Çünkü suyu yumuşatarak sürfaktanların (yüzey aktif madde) daha kolay köpürmesini sağlarlar. Ayrıca kirleri parçalayarak, temizlenecek yüzeylerden çıkmalarını kolaylaştırırlar.

Ne var ki, fosfatlar, hem insan hem de çevre sağlığı için zararlıdır. Fosfat içeren deterjanlarla temizlenen eşyaların üzerindeki kalıntılar, mide bulantısı, ishal ve deri tahrişine neden olabilir. Ancak fosfatlarla ilgili en önemli kaygı, çevre için oluşturdukları tehlikedir. Fosfatları atık sulardan temizlemek zor bir iş olduğu için, atık sulardaki fosfatın çoğu akarsu, göl ve denizlere karışır.

Fosfatlar, yosunlar için gübre yerine geçerek, aşırı çoğalmalarına yol açar. Bu yosunları parçalayan bakterilerse sudaki oksijenin tükenmesine neden olur<sup>107</sup>.

Durum böyle olunca da suda yaşayan canlıların nesli zamanla tükenir. Bu durum insanların zarar görmesine kadar devam eder. Çünkü suda yaşayan çok sayıda canlı, insanların önemli besin kaynaklarını oluşturur<sup>108</sup>.

Nevşehir ili su numunelerinde yapılan anyon analizinde, tüm numunelerde fosfat anyonu analiz sonuçları minimum dedeksiyon limitinin (MDL=6.97 µg/L) altında elde edilmiştir.

#### 4.7. NEVŞEHİR İLİ TARIM ÜRÜNLERİNDE <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K VE <sup>137</sup>Cs AKTİVİTE KONSANTRASYONLARI

İnsanlar ve tüm canlılar, toprakta ve kayalarda bulunan <sup>238</sup>U, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K gibi radyonüklidler ve kozmik ışınların atmosferdeki reaksiyonları sonucu üretilen uzay orijinli dış radyasyon kaynaklarına sürekli olarak maruz kalmaktadırlar. Bununla birlikte solunum ve

<sup>107</sup> [http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Sularin\\_analiz\\_parametreleri.pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sularin_analiz_parametreleri.pdf)

<sup>108</sup> <http://www.zararlari.org/fosfatin-zararlari/>

sindirim yoluyla hava, su ve gıdalarla vücuda alınan hem uzay hem de kara kökenli doğal radyonüklidlerle de iç ışınlanmaya maruz kalmaktadırlar.

İnsan, yaşamını sürdürmek için ihtiyacı olan besinlerin çoğunu bitkilerden temin eder. Radyonüklidler topraktan bitkilere genellikle kökler aracılığıyla toprak suları ile geçerler. Ayrıca atmosferdeki radyonüklidlerde yağışlarla yere düştüklerinde yapraklar tarafından tutulurlar. Bitkilerin, hayvanlar tarafından tüketilmesiyle de bu radyoaktif maddeler insan vücuduna girerler. Bunlar zamanla çeşitli organlarda birikme özelliği de göstererek sağlık riski oluşturabilirler (Yaşar, 1999) .

Bu çalışmada, Nevşehir halkının gıdalar aracılığıyla radyoaktif maddelere maruziyetini belirlemek amacıyla, halkın çoğunlukla tükettiği tarım ürünleri olan buğday, arpa, yulaf, nohut, kuru fasulye, şeker pancarı, patates, kabak çekirdeği, elma, elma kurusu, kuru üzüm ve kuru kayısı gibi toplam 36 adet yaş ve kuru ürünler köylüden temin edilmiştir.

36 adet tarım ürünüde öncelikle gama spektrometre cihazı ile  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Tüm sonuçlar tablo halinde EK-7'de verilmektedir. Ayrıca tarım ürünlerinde belirlenen  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  gama aktivite konsantrasyonları Tablo 4.18'de de verilmektedir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde; arpa, buğday, kuru fasulye, kabak çekirdeği, kuru üzüm ve daha çok hayvanlara yem olarak verilen arpa kırması, yulaf ve saman gibi tarım ürünlerinin  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonlarının diğer ürünlere nazaran çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Gülşehir ilçesinden alınan pancar numunesinin  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonlarının diğer numunelere göre çok daha yüksek olduğu görülmüştür.

Bununla beraber özellikle pancar ve patates ürünlerinin  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları diğer ürünlere nazaran çok daha yüksek elde edilmiştir.

UNSCEAR 2000 raporunda, bazı ülkelerde yiyeceklerde belirlenen  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonları yiyecek gruplarına göre verilmektedir. Bunlar tahıl ürünleri (arpa, buğday, yulaf ve baklagiller-nohut ve kurufasulye) ile köklü sebze ve meyveler (pancar, patates, elma,

kayısı, üzüm ve kabak çekirdeği) olmak üzere iki grup halinde Tablo 4.19’da oluşturulmuş olup Nevşehir tarım ürünlerindeki doğal aktivitelerle karşılaştırılmıştır.

**Tablo 4.18:** Nevşehir ili tarım ürünlerinde elde edilen  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları (Bq/kg).

Tarım Ürünü Adı	Alındığı Yer	Aktivite (Bq/kg)			
		Ra-226	Th-232	Cs-137	K-40
Arpa veya arpa kırması	Acıgöl/Merkez	<0.18	<0.20	<0.10	122.9±15.0
	Acıgöl/Yuvaköyü	<0.41	<0.34	<0.22	121±14
	Avanos/Özkonak	<0.11	<0.15	<0.08	105.4±12.8
	Avanos/Özkonak	<0.22	<0.20	<0.12	110±12
	Gülşehir/Abuşağı-Yeşilöz	<0.17	<0.17	<0.10	122.7±13.5
	Hacıbektaş	<0.40	<0.50	<0.10	135.1±11.4
	Kozaklı	<0.19	<0.18	<0.10	116.8±14.2
Buğday	Avanos/Özkonak	<0.31	<0.21	<0.13	94.1±8.2
	Gülşehir/Abuşağı	<0.19	<0.19	<0.09	101.5±12.4
	Hacıbektaş	<0.40	<0.30	<0.20	104.2±7.6
	Kozaklı	<0.50	<0.30	<0.20	130.3±9.6
	Merkez	<0.38	<0.30	<0.11	108±7
Elma (Yaş ve kuru)	Gülşehir	<b>0.77±0.16</b>	<b>&lt;0.45</b>	<b>&lt;0.22</b>	<b>215±25</b>
	Ürgüp	<b>&lt;1.80</b>	<b>&lt;1.20</b>	<b>&lt;1.00</b>	<b>273.0±24.9</b>
Kabak Çekirdeği	Acıgöl/Karacaören	<0.43	<0.41	<0.21	196±13
	Gülşehir/Merkez	<0.33	<0.28	<0.21	182±21
	Merkez/Göre	<0.31	<0.31	<0.34	180±21
	Ürgüp	<0.28	<0.30	<0.18	194±22
Kuru Fasulye	Derinkuyu	<0.12	<0.12	<0.08	218.7±26.4
Kuru Kayısı	Ürgüp	<b>&lt;0.21</b>	<b>&lt;0.24</b>	<b>&lt;0.14</b>	<b>471±51</b>
Kuru Üzüm	Acıgöl/Tatların	<0.12	<0.14	<0.08	179.2±21.2
	Gülşehir	<0.52	<0.38	<0.21	218±14
	Merkez/Çat	<0.32	<0.33	<0.14	192.2±21.2
	Ürgüp/Mustafapaşa	<0.52	<0.37	<0.11	183±12
Nohut	Avanos/Özkonak	<b>&lt;0.57</b>	<b>&lt;0.41</b>	<b>&lt;0.25</b>	<b>304±19</b>
	Merkez	<b>&lt;0.21</b>	<b>0.19±0.15</b>	<b>&lt;0.12</b>	<b>269.9±32.8</b>
	Ürgüp/Başdere	<b>&lt;0.24</b>	<b>&lt;0.20</b>	<b>&lt;0.13</b>	<b>252±30</b>
Pancar	Avanos	<0.60	<0.50	<0.30	243.0±16.7
	Gülşehir	<b>6.34±1.09</b>	<b>9.95±1.20</b>	<b>1.47±0.42</b>	<b>1176±139</b>
	Hacıbektaş	<b>&lt;1.60</b>	<b>&lt;1.60</b>	<b>&lt;1.10</b>	<b>581.9±45.6</b>
	Kozaklı	<b>&lt;0.60</b>	<b>&lt;0.40</b>	<b>&lt;0.30</b>	<b>277.4±19.1</b>
Patates	Derinkuyu	<b>0.57±0.12</b>	<b>0.78±0.14</b>	<b>0.31±0.10</b>	<b>906.0±1.02</b>
	Derinkuyu/Suvermez	<b>0.57±0.11</b>	<b>0.78±0.14</b>	<b>0.32±0.01</b>	<b>825±93</b>
	Ürgüp	<b>&lt;1.50</b>	<b>&lt;1.50</b>	<b>&lt;1.10</b>	<b>806.2±58.9</b>
Saman	Hacıbektaş/Çiğdem	<1.10	<1.60	<0.80	250±30
Yulaf	Avanos/Özkonak	<0.28	<0.25	<0.18	98.5±11.3

**Tablo 4.19:** UNSCEAR 2000 raporunda verilen tarım ürünlerindeki doğal aktivite konsantrasyonu.

Bölge/Ülke	Aktivite Konsantrasyonu ( mBq kg <sup>-1</sup> )		
	<sup>238</sup> U	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th
<b>Tahıl Ürünleri</b>			
<b>Kuzey Amerika</b>			
United states	3.0-23.0	7.0-100.0	0.1-2.8
<b>Asya</b>			
Çin	9.8	17.0	13.0
Hindistan	7.4-67.0	-	-
Japonya	1.2	14.0	1.2
<b>Avrupa</b>			
Almanya	20.0-400.0	20.0-2 900	-
Polonya	4.7-11.0	80.0-110.0	2.0-21.0
Romanya	6.1-85.0	30.0-90.0	1.6-33.0
İngiltere	6.2-35.0	0.7-5 200	12.0
<b>Referans değer</b>	<b>20.0</b>	<b>80.0</b>	<b>3.0</b>
<b>Köklü Sebze ve Meyveler</b>			
<b>Kuzey Amerika</b>			
United states	0.9-7.7	7.0-47.0	0.08-1.4
<b>Asya</b>			
Çin	13.0	63.0	4.7
Hindistan	0.4-77.0	-	-
Japonya	26.0	11.0	2.3
<b>Avrupa</b>			
Almanya	10.0-2 900	5.0-9 400	-
İtalya	-	14.0-25.0	-
Polonya	0.9-10.0	11.0-215.0	0.7-7.1
Romanya	6.0-120.0	9.0-190.0	0.4-2.1
İngiltere	6.0	9.0-41.0	-
<b>Referans değer</b>	<b>3.0</b>	<b>30.0</b>	<b>0.5</b>

Tablo 4.18 ve Tablo 4.19 incelendiğinde; her iki yiyecek grubunda da genel olarak ülkelerin <sup>226</sup>Ra ve <sup>232</sup>Th aktivite konsantrasyonlarının çok düşük olduğu görülmektedir. Sadece köklü sebze ve meyveler grubunda <sup>226</sup>Ra aktivite konsantrasyonu; Almanya'da 9400 mBq/kg olup Gülşehir ilçesinden alınan pancar numunesinde belirlenen 6340 mBq/kg ile benzerlik göstermektedir. Öte yandan, tahıl ürünleri grubunda Almanya ve İngiltere'nin maksimum <sup>226</sup>Ra aktivite konsantrasyonu sırasıyla 2900 mBq/kg ve 5200 mBq/kg olarak yüksek elde edilmiştir.

#### 4.8. NEVŞEHİR İLİ TARIM ÜRÜNLERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARI

İnsanlar tarafından tüketilen yiyecek ve içecekler, toksik elementlere ve beslenme açısından önemli eser element veya ağır metallerle maruz kalmanın önemli bir adımını oluştururlar. Yerkabuğu bünyesinde bulunan 90 elementten 25 tanesi yaşam için gerekli olup canlılarda ve

bitkilerde yer alır. Bitkiler, yaşamlarını ve gelişimlerini tamamlamak için ihtiyaç duydukları bu maddeleri kökleri vasıtasıyla topraktan alırlar. Bitkiler için gerekli olan bu maddelere “bitki besin elementleri” denir.

Her ne kadar bitkilerin besin iyonları alımı seçici ise de, bitki bünyesine geçebilen bazı ağır metallerde besin zincirine dâhil olmaktadır. Çünkü bitki yetiştiği ortamda bulunan elementleri, kendisi için gerekli olsun olmasın az da olsa bünyesine almaktadır. Bunun sonucunda, ağır metaller bitkilere ve bitkilerle beslenen hayvan ve insanlara geçerek toksik etkiler yapabilmektedir.

Bu elementlerden 16 tanesi (C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, B, Cl ve Mo) bütün bitkiler için mutlak gerekli besin maddeleridir. Diğer 6 element (Co, Al, Na, Si, Ni ve V) ise sadece bazı bitkiler veya prosesler için mutlak gerekli olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca As, Pb, Cd, Cr ve Hg gibi ağır metaller de bitkiye ve dolayısıyla canlıya direkt toksik etki yaparlar (Bergmann, 1992; Yıldız, 2001; Yıldız, 2003; Okcu ve diğ., 2009; Polat, 2016).

Ağır metal terimi, daha çok çevresel problemler olduğunda ortaya çıkmakta ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici etkisi olan metal olarak anlaşılmaktadır. Bu grubun içine, Ag, As, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, V, Zn gibi en çok bilinenler olmak üzere 60’ tan fazla metal girmektedir. Bu elementler doğaları gereği yerkürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde bağlı olarak bulunurlar (Kahvecioğlu ve diğ., 2003; Polat, 2016).

Doğada bulunan ve farklı şekillerde vücuda alınan Ag, As, Cd, Cr<sup>+6</sup>, Hg ve Pb gibi ağır metaller, canlılar için mutlak gerekli olmayıp, eser miktarları bile toksik etki gösterirler. Cu, Cr<sup>+3</sup>, Fe, Mn, Mo, Zn ve Ni gibi ağır metaller ise belli bir doza kadar canlılar için gereklidir. Çok az miktarda (<% 0.1) buldukları için bu elementlere “iz veya eser” element denir.

Ağır metallerin çoğu biyolojik organizmalarda birikme eğilimi gösterirler. Birikim sonucu, canlıların bünyesinde yoğunlaşan bu elementler, etkili dozlara ulaştıklarında, ciddi hastalıklara hatta ölümlere neden olabilirler (Demirezen ve Aksoy, 2006; Farooq ve diğ., 2008; Yaşar, 2009).

Bitki beslenmesinde her besin elementinin rolü farklı olup bunların dengeli bir şekilde bitkiye uygulanması gerekir. Mn, Cu, Zn, Mo ve Ni gibi ağır metaller, bitkiler için gerekli ve faydalı

mikroblesinlerdir. Bunlardan  $Zn^{+2}$  ve  $Cu^{+3}$  bitkilerin büyüme ve gelişmesinde rol oynayan protein ve enzimlerin yapısı için gerekli kofaktör<sup>109</sup> olarak görev alırlar.

Ağır metaller, bitki dokularında aşırı biriktiği zaman, bitkilerin bazen fizyolojik aktivitelerini engelleyerek ya da yavaşlatarak, verimliliklerini azaltmakta, büyüme proseslerinin değişmesine ve uzun süreç sonunda da ölümlerine neden olmaktadır. Bu nedenle, ağır metalin çeşit ve miktarı, yayırlılığı, zararın türü ve şiddetinin bilinmesi önemlidir (Zengin ve Munzuroğlu, 2004; Temmerman ve diğ., 2005; Yaşar, 2009).

Benzer olarak; ağır metallere Cd ve Pb, insanlar ve hayvanlarda ciddi sağlık sorunları yaratırken, Cr esansiyel<sup>110</sup> bir element olup yüksek konsantrasyonlarda memeliler ve diğere hayvanlar için toksik bir elementtir. Ni, aynı grup canlılar için olası kanserojen iken bitkiler için esansiyel besin elementi olarak kabul edilir (Yıldız, 2001).

K, bitkilerin gelişimi için vazgeçilmez bir element olup çoğu toprak tipinin bileşiminde yer alır ve gübre olarak zirai amaçlı sıkça kullanılır. Canlılarda da sinir sisteminin iletim işlemini yerine getirmekte önemli bir rol oynarlar<sup>111</sup>.

Mangan da, bitkiler için çok önemli bir elementtir ve günümüz modern tarım sektöründe vazgeçilmez bir gübre içeriğidir. Bazı enzimlerin görevlerini yerine getirebilmeleri için Mn'a gerek vardır<sup>112</sup>.

Sr, havada, suda, toprakta ve besinlerde bulunabilir. Tahıllarda, süt ürünlerinde ve yapraklı sebzelerde yüksek Sr konsantrasyonu vardır. Sr tozları, solunum yoluyla vücuda alınabilir.

İnsanlar genellikle su ve yiyeceklerden Sr alır. Sr, insan vücudunda bazı kimyasal reaksiyonlara girerek çözünür. Bu da insan sağlığı için tehdit oluşturur. Vücutta bulunduğu ortamda birikebilir, dokuları bozabilir veya dışarı atılabilir. Çözünmüş Sr, içme suyunu da kirletir. Stronsiyumun bazı tuzları organizmalar için toksiktir<sup>113</sup>.

<sup>109</sup> Bazı enzimlerin aktif hale gelmeleri için protein yapısında bulunmayan metal iyonlarından oluşan ve kofaktör adı verilen yan gruplara ihtiyaç duyulur.

<sup>110</sup> Belirli bir konsantrasyona kadar canlı bünyesinde yarar sağlayıp, belirli bir fonksiyonu olan, ancak az veya yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösteren elementlerdir.

<sup>111</sup> <http://www.potasyum.gen.tr/potasyum-elementi.html>

<sup>112</sup> <http://www.kimyakulubu.com/mangan-mn/>

<sup>113</sup> <https://www.makaleler.com/stronsiyum-nedir>

Patates ve şalgam gibi tarım ürünleri uranyumca zengin bitkilerden sadece iki tanesidir. EPA'ya göre, ortalama bir insan günde 0.07 – 1.10 µg arası uranyumu besinlerden alır. Yüksek miktarda radyoaktif madde tüketmenin kansere yol açtığı bilinen bir gerçektir. Ne var ki, radyasyona maruz kalmanın uzun vadedeki etkileri anında ortaya çıkan kimyasal toksik etkilerin yanında zayıf kalır. Uranyumun ilk hedef noktası böbreklerdir. 25 mg'lık alımdan itibaren zararlı etkiler görülmeye başlar. 50 mg'dan sonra ise böbreklerin iflası ve ölüm gerçekleşir. Ayrıca uzun süre boyunca uranyuma maruz kalanların beyinlerinde kimyasal değişiklikler görülmüştür<sup>114</sup>.

Vanadium'un insan bünyesine alınışı esas olarak gıda maddeleri yoluyla gerçekleşir. Örneğin, buğday, soya fasulyesi, zeytinyağı, ay çiçek yağı, elma ve yumurta. Vanadium'un yüksek miktarlarda alınması durumunda, insan sağlığına birçok etkisi olabilir. Vanadium eğer hava yoluyla alınırsa bronşit ve zatürreye sebep olabilir. Akciğer, boğaz, göz ve burun oyuğundaki tahrişler Vanadium'un en şiddetli etkilerindedir<sup>115</sup>.

Bu çalışmada, Bölüm 4.3 ve 4.5'te toprak ve su numunelerinde belirlenen element ve ağır metallerin tanımlamaları ayrıntılı olarak yapıldığı için bu kısımda sadece daha önce tanımlamaları olmayan Ca, Na ve Si elementlerinin özelliklerinden bahsedilmiştir.

**Kalsiyum (Ca)**, atom numarası 20 ve yoğunluğu 1.55 g/cm<sup>3</sup> olup alkali toprak metali grubunda yer alan besinsel mineral özelliği olan ve yeryüzünde en çok bulunan 5. elementtir. Vücudumuzda makro yapıda bulunmaktadır.

Özellikle kemik oluşumu ve diş sağlığında görevler üstlendiği için önemi çok fazladır. İnsan vücudundaki kalsiyumun % 99'u kemiklerde ve dişlerde bulunur. Ca, kas büyümesi ve kasların gerginliği, enerji üretimi, kanın pıhtılaşması, sinir iletimi ve kalbin düzenli çalışmasında, gebelik ve doğumdan sonra süt yapımında da büyük rol oynar. Ayrıca kanser ve kalp hastalıkları riskini azaltır.

Ca eksikliğinde, başta kemiklerin ve dişlerin zayıflaması sonucu raşitizm, kemik erimesi ve diş çürümesi gibi sorunlar ortaya çıkar. Saç ve tırnaklarda kırılmalar meydana gelebilir. Ayrıca,

<sup>114</sup> <http://www.bilim.org/uranyum-yiyiyor-olabilir-misiniz/>

<sup>115</sup> <http://www.food-info.net/tr/metal/vanadium.htm>

eklem ağrıları, kas krampları, egzama, kalp çarpıntısı, yüksek tansiyon, sinirlilik, uykusuzluk ve depresyona neden olabilir.

Fazla Ca alınması sonucunda ise, böbrek taşı ve kireçlenmesi, kas güçsüzlüğü, kemiklerde kireçlenme gibi sağlık sorunları görülür<sup>116</sup>.

Sodyum (Na), atom numarası 11 ve yoğunluğu 0.97 g/cm<sup>3</sup> olup alkali metal grubunda yer alan besinsel mineral özelliği olan ve yeryüzünde en çok bulunan 4. elementtir.

Vücutta Na, su dengesinin korunmasında ve besinlerin hücre duvarından geçişinde görev alır. Sinir ve kas fonksiyonlarının sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için de gereklidir. Yetersiz tuz alımı, tuz alınmadan fazla miktarda su tüketilmesi, böbrek hastalıkları, yanıklar ile ishal, kusma ve terleme yolu ile vücudun tuz kaybetmesi Na eksikliği oluşmasının başlıca nedenleridir.

Na eksikliğinde halsizlik ve güçsüzlük, baş dönmesi, çarpıntı, tansiyon düşüklüğü, hafıza bozukluğu ve konsantrasyon zayıflığı, baş ağrısı, depresyon, mide bulantısı ve kas krampları gibi sağlık sorunları oluşur.

Normalden fazlası idrar ve terleme yoluyla vücuttan uzaklaştırılır. Bununla birlikte, Na fazlalığı yüksek tansiyon, potasyum kaybı, vücutta su tutulması ve ödemlere neden olur. Sodyum fazlalığında potasyum takviyesi yaparak, potasyum eksikliğinden doğabilecek zararlı sonuçlardan korunmaya çalışılmalıdır. Sodyum fazlalığının en önemli nedenleri fazla tuz ve tuzlu besinler tüketmek, yetersiz su alımı ya da ishal, terleme ve kusma yoluyla vücudun sodyuma oranla daha fazla su kaybetmesi nedeniyle kandaki sodyum oranının artması olarak sayılabilir<sup>117</sup>.

Silisyum (Si), atom numarası 14 ve yoğunluğu 2.33 g/cm<sup>3</sup> olup yarı metal grubunda yer alan besinsel mineral özelliği olan ve yeryüzünde oksijenden sonra bileşikleri halinde en çok bulunan elementtir.

Si'un, gelişmeyi artırıcı etkide bulunduğu, bitkilerin su kaybını azalttığı, mantar ve böcek zararlarına karşı dayanıklılığı artırdığı, bitki gövdesini kuvvetlendirdiği, Mn ve Fe alımını azaltarak bitkiyi bu elementlerin toksik etkilerinden koruduğu bilinir. Ayrıca Si, fizyolojiksel

<sup>116</sup> <http://www.kalsiyum.gen.tr/kalsiyum-minerali.html>

<sup>117</sup> <http://www.sodyum.gen.tr/sodyum-minerali.html>

pH ve polimerizasyonda ayrılmama özelliği yüzünden aşırı biriktiği zaman bitkiye zarar vermeyen tek elementtir (Ma ve diğ., 2001; Aksoy, 2006).

İnsan vücudunda çok küçük miktarlarda ve deri, tendon, kemik episisi, aort duvarları, bağ dokusu gibi belirli organlarda bulunur. Kemik ve bağ dokusunun gelişiminde etkin olduğu sanılmaktadır. Eksikliğinde yaşlanma, hipertansiyon, kalp hastalığı ve damar sertliğine neden olabilmektedir (Nielsen, 1988).

Buna karşılık Si, insan vücudu için yüksek miktarda zararlı olan elementler grubunda yer almaz. Ancak, yapılan bir araştırmada, bitkilerin bazı organlarında fazla bulunan Si liflerinin insan sağlığı için hastalık etmeni olduğu, besin maddesi olarak tüketiminin Kuzey Çin ve Orta Doğu ülkelerinde yemek borusu kanserine yol açtığı rapor edilmiştir (Hodson ve Sangster, 1989; Aksoy, 2006).

#### **4.8.1. Tarım Ürünlerinde Belirlenen Elementler ve Konsantrasyonları**

Bu çalışmada, Tablo 4.18’de verilen ve tarım ürünlerinde elde edilen  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları incelendiğinde; nohut, patates, şekerpancarı, elma kurusu ve kuru kayısının aktivite konsantrasyonlarının diğer numunelere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle 3 adet nohut, 3 adet patates, 3 adet şekerpancarı, 2 adet elma kurusu ve 1 adet kuru kayısı olmak üzere toplam 12 adet numunede ICP-OES cihazı kullanılarak eser element/ağır metal analizleri yapılmasına karar verilmiştir. Bu numunelerle birlikte IAEA’nın un numunesi (IAEA Wheat Flour V-2/1, 1974) standart referans materyali olarak kullanılmış ve element analizleri yapılmıştır.

Katı (toz) haldeki tarım ürünlerinin ICP-OES cihazı ile element analizlerinin yapılabilmesi için ilk olarak, kapalı sistem mikrodalga cihazı ile çözünürleştirme işlemleri gerçekleştirilmiş ve numunelerin sıvı hale getirilmesi sağlanmıştır. Daha sonra bu numunelerde ve IAEA’nın un numunesinde Al, Ag, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Se, Sb, Si, Sr, Th, U, V, Zn olmak üzere çoğu ağır metal olan toplam 27 adet elementin analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar  $\mu\text{g/g}$  (mg/kg veya ppb) olarak EK-8’de verilmektedir.

Bu sonuçlar incelendiğinde; numunelerdeki Ag, Be, Hg ve Se elementlerinin konsantrasyonları ölçüm limitinin (sırasıyla  $2.31 \mu\text{g/L}$ ,  $0.12 \mu\text{g/L}$ ,  $0.51 \mu\text{g/L}$  ve  $13.4 \mu\text{g/L}$ ) altında tespit edilmiştir.

As elementi, 1.56 µg/g değeri ile sadece Hacibektaş ilçesinden alınan Pancar numunesinde, Cs elementi Gülşehir ilçesinden alınan Pancar numunesinde (3.89 µg/g) ve Merkez ilçeden alınan Nohut numunesinde (2.13 µg/g) olmak üzere iki numunede elde edilmiştir. Th elementi de Gülşehir (7.08 µg/g), Hacibektaş (1.92 µg/g) ve Kozaklı (1.76 µg/g) ilçelerinden alınan 3 pancar numunesinde tespit edilmiştir. Nevşehir ilinden alınan tarım ürünlerinde belirlenen elementlerin konsantrasyonları Tablo 4.20’de verilmektedir.

Ayrıca tarım ürünleri ile ilgili Türk Gıda Kodeksi (TGK) ve Dünya Sağlık Örgütü ile Birleşmiş Milletler Dünya Gıda Örgütü (WHO / FAO) tarafından belirlenen ve müsaade edilebilen Cu, Zn, Co ve Fe gibi ağır metallerin üst konsantrasyon değerleri Tablo 4.21’de verilmektedir.

**Tablo 4.20:** Nevşehir ili tarım ürünlerinde belirlenen elementlerin konsantrasyonları (µg/g), (n=3, n analiz sayısı).

İlçe/Köy	Avanos Özkonak	Merkez	Ürgüp Başdere	Derin- kuyu	Derinkuyu Suvermez	Ürgüp	Gülşehir	Ürgüp	Ürgüp	Gülşehir	Hacı- bektaş	Kozaklı
Analit	Nohut			Patates			Elma kurusu		Kuru kayısı	Şeker pancarı		
Ag	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.
Al	39	43	62	726	697	245	461	40	231	4242	1110	936
As	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	1.56	<Ö.L.
Ba	2.08	1.30	1.68	4.38	4.84	1.69	4.77	3.59	3.05	133.70	37.37	16.78
Be	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.
Ca	683	722	718	665	1050	1100	1096	648	1312	9700	8352	6739
Cd	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.88	0.27	0.13	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.59	0.19	0.11
Co	0.22	1.68	0.78	1.14	0.91	0.41	0.36	0.25	0.57	5.26	0.73	6.01
Cr	0.56	1.14	0.74	1.39	1.28	1.77	1.52	0.58	0.70	21.27	4.51	3.98
Cs	<Ö.L.	2.13	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	3.89	<Ö.L.	<Ö.L.
Cu	4.21	4.59	6.30	3.92	5.40	5.00	2.57	2.07	3.29	16.27	5.55	9.74
Fe	45	96	79	539	436	162	306	51	175	6147	907	887
Hg	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.
K	8759	8258	7732	23610	21660	23160	9121	7982	20510	26800	13840	9535
Mg	1527	1251	1145	2085	1813	1470	469	496	765	7998	3650	2505
Mn	15.21	25.11	19.98	18.02	16.75	8.25	7.52	3.68	9.07	159.30	77.92	51.44
Na	398	368	352	901	699	444	376	402	433	9440	2785	1461
Ni	1.02	4.04	2.71	2.62	2.39	1.57	1.03	0.46	1.22	20.18	1.81	7.50
Pb	1.60	2.90	1.00	296.90	322.30	9.70	1.70	302.3	1.00	1967	10.70	1128
Sb	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	5.19	5.52	<Ö.L.	<Ö.L.	4.34	<Ö.L.	24.78	<Ö.L.	17.14
Se	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.
Si	88	136	208	798	1000	518	810	83	518	43000	1487	502
Sr	8.33	4.37	3.66	4.12	3.51	2.44	3.34	2.47	6.69	104.40	69.40	39.45
Th	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	7.80	1.92	1.76
U	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	5.89	6.04	2.46	4.49	<Ö.L.	2.98	58.94	10.99	8.24
V	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	1.28	0.79	0.40	0.86	<Ö.L.	0.35	16.86	2.31	2.11
Zn	14.06	19.03	25.88	42.47	10.96	13.58	7.53	9.38	9.21	54.07	14.92	25.98

**Tablo 4.21:** Ulusal ve Uluslararası bazı otorite kurumlara göre gıdalarda müsaade edilebilen bazı elementlerin üst konsantrasyon değerleri ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) (Deveci, 2012).

Analit	Türk Gıda Kodeksi (TGK)	WHO/FAO
Cu	10	10
Zn	5-50	20
Co	0.2	-
Fe	52	10-200

Tablo 4.20 ve Tablo 4.21 karşılaştırıldığında; Gülşehir ilçesinden alınan şeker pancarı numunesinde Cu ( $16.27 \mu\text{g/g}$ ), Zn ( $54.07 \mu\text{g/g}$ ), Co ( $5.26 \mu\text{g/g}$ ) ve Fe ( $6147 \mu\text{g/g}$ ) konsantrasyonlarının müsaade edilen değerlerin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Tüm numunelerde Co elementi konsantrasyonu müsaade edilen sınır değer (0.2  $\mu\text{g/g}$ ) üzerindedir.

Numunelerdeki Fe elementi konsantrasyonları incelendiğinde, sadece Avanos ilçesi Özkonak nohut numunesi ve Ürgüp ilçesi elma kurusu numunesinden elde edilen Fe konsantrasyonları TGK tarafından belirlenen 52  $\mu\text{g/g}$  sınır değerinin altında olup; Merkez ilçe ve Ürgüp ilçesi Başdere nohut numuneleri ile Ürgüp ilçesinden alınan patates ve kuru kayısı numunelerinde WHO/FAO tarafından belirlenen 10-200  $\mu\text{g/g}$  değer aralığında olduğu; diğer numunelerde ise 200  $\mu\text{g/g}$ 'in çok üzerinde olduğu görülmüştür.

Nevşehir tarım ürünlerinin analizi sonucunda konsantrasyonlarını tespit ettiğimiz As, Cd,  $\text{Cr}^{+6}$  (bu çalışmada sadece  $\text{Cr}^{+3}$  iyonu incelenmiştir), Ni, Th gibi ağır metaller ve Be elementi, WHO'nun yan kuruluşu IARC tarafından "Grup 1 – insanlarda kanserojen"<sup>118</sup> ve Co, Pb, Ni'in metal ve alaşımları gibi ağır metaller de "Grup 2B – insanlarda olasılıkla kanserojen"<sup>119</sup> olarak sınıflandırılmıştır.

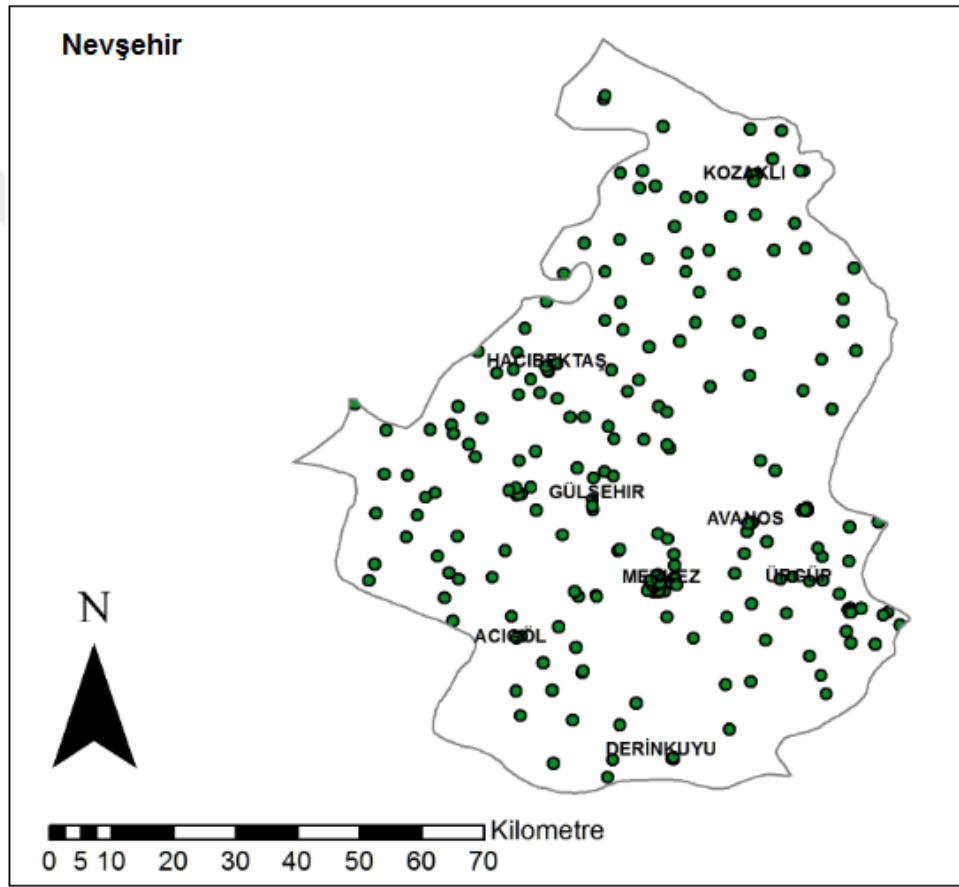
Bu çalışmada tarım ürünlerinde belirlenen ağır metallere Cu, Fe, Mn, Ni, V, Zn gibi elementler ile ağır metal olmayan Ca, K, Mg, Na, Se, Si gibi elementler aynı zamanda besinsel minerallerdir.

<sup>118</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_1\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_1_carcinogens#Substances)

<sup>119</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_2B\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_2B_carcinogens#Substances)

#### 4.9. NEVŞEHİR İLİ EVLERİNDE RADON AKTİVİTE KONSANTRASYONU

Nevşehir ilinin evlerinde radon aktivite konsantrasyonlarını belirlemek için koordinatları kaydedilmiş 275 eve, mevsimsel değişiklikleri de görmek amacıyla yaz (temmuz-ağustos) ve kış (ocak-şubat) dönemlerinde toplam 550 adet CR-39 plastik pasif radon iz dedektörü yerleştirilmiştir. Şekil 4.104'te yaz ve kış dönemi Nevşehir evlerine yerleştirilen dedektörlerin dağılımı görülmektedir.



Şekil 4.104: Yaz ve kış dönemi Nevşehir evlerine yerleştirilen dedektörlerin il dağılımı.

Yaklaşık iki aylık sürelerle evlerde radon gazına maruz bırakılan bu dedektörlere daha sonra kimyasal iz kazıma işlemi uygulanarak dedektörler üzerindeki alfa izlerinin daha belirgin hale getirilmesi ve izlerin optik mikroskopta sayılabilmeleri sağlanmıştır.

Bilgisayara bağlı gelişmiş bir mikroskop sistemi ve yazılımdan oluşan otomatik radon iz sayım cihazında, her dedektör üzerindeki izler 5'er kez sayılmış ve elde edilen sonuçların aritmetik ve

geometrik ortalamaları, standart sapmaları hesaplanmıştır. Yaz ve kış dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonlarına ait tüm değerler EK-11’de verilmiştir.

Türkiye’de ev içi müsaade edilebilir radon aktivite konsantrasyonu, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği’nde 400 Bq/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir (TAEK, 2000). Yaz ve kış döneminde elde edilen radon aktivite konsantrasyonları bu limit değer ile karşılaştırılmıştır.

Ayrıca Radyum, Rn-222 ve bozunma ürünleri, WHO’nün bir yan kuruluşu olan IARC tarafından “Grup 1- insanlarda kanserojen” olarak sınıflandırılmıştır<sup>120</sup>.

#### 4.9.1. Yaz Dönemi Evlerde Radon Aktivite Konsantrasyonu

Bu dönemde dağıtılan 275 adet radon dedektöründen yaklaşık 60 gün sonra geri dönüşümü sağlanabilen 269 adet dedektörün radon aktivite konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre, oluşturulan ilçelerin ortalama radon aktivite konsantrasyonları Tablo 4.22’de verilmektedir.

**Tablo 4.22:** Yaz dönemi Nevşehir il ve ilçelerinin ortalama radon aktivite konsantrasyonları (n=5, n sayım sayısı).

İlçe	Dedektör Sayısı	Yaz Dönemi Radon Aktivite Konsantrasyonu (Bq/m <sup>3</sup> )			
		Ölçüm Aralığı	Aritmetik Ort.±Std. Sapma	Geometrik Ortalama	Geometrik Std. Sapma
Acıgöl	16	29.09-101.95	68.67±22.23	64.95	1.413
Avanos	25	27.05-119.29	66.26±22.14	62.68	1.406
Derinkuyu	11	37.60-113.66	64.91±23.59	61.39	1.391
Gülşehir	50	38.54-157.74	68.64±24.54	65.05	1.376
Hacıbektaş	35	36.81-216.56	84.45±38.17	77.56	1.497
Kozaklı	33	49.05-136.95	72.62±20.93	70.11	1.294
Merkez	52	38.64-313.29	71.51±37.49	67.05	1.367
Ürgüp	47	35.23-193.00	68.96±29.59	64.81	1.388
<b>İl Geneli</b>	<b>269</b>	<b>27.05-313.29</b>	<b>70.75±6.07</b>	<b>66.70</b>	<b>1.099</b>

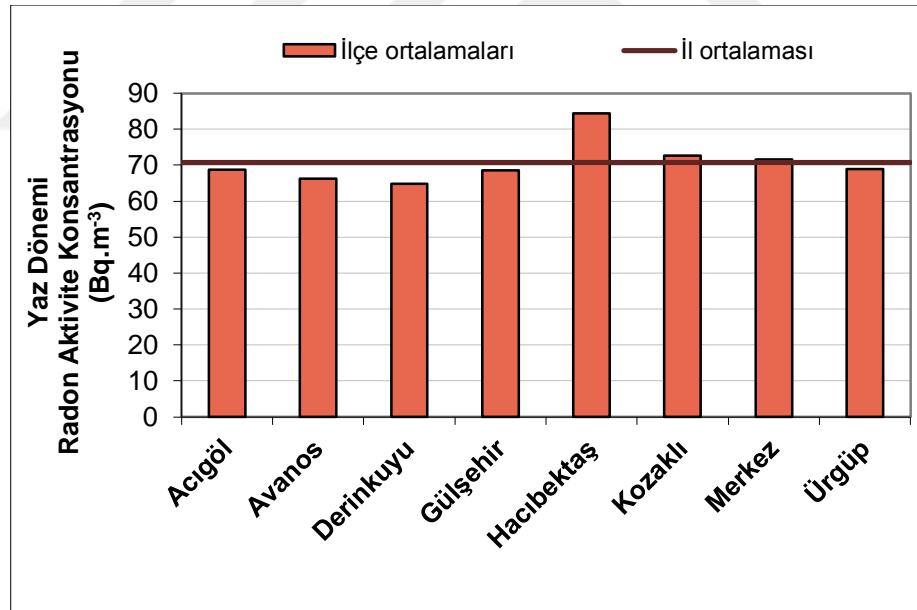
İl genelinde, en düşük değer (27.05 Bq/m<sup>3</sup>) Avanos ilçesi Cumhuriyet Mahallesine ve en yüksek değer de (313.29 Bq/m<sup>3</sup>) Merkez ilçe Çiftlikköy’e yerleştirilen dedektörlerde tespit edilmiştir.

<sup>120</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_1\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_1_carcinogens#Substances)

İlçe ortalamalarına bakıldığında ise; en düşük değer  $64.91 \pm 23.59$  Bq/m<sup>3</sup> ile Derinkuyu ilçesine ve en yüksek değer de  $84.45 \pm 38.17$  Bq/m<sup>3</sup> ile Hacıbektas ilçesine aittir. İl aritmetik ortalaması da  $70.75 \pm 6.07$  Bq/m<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir.

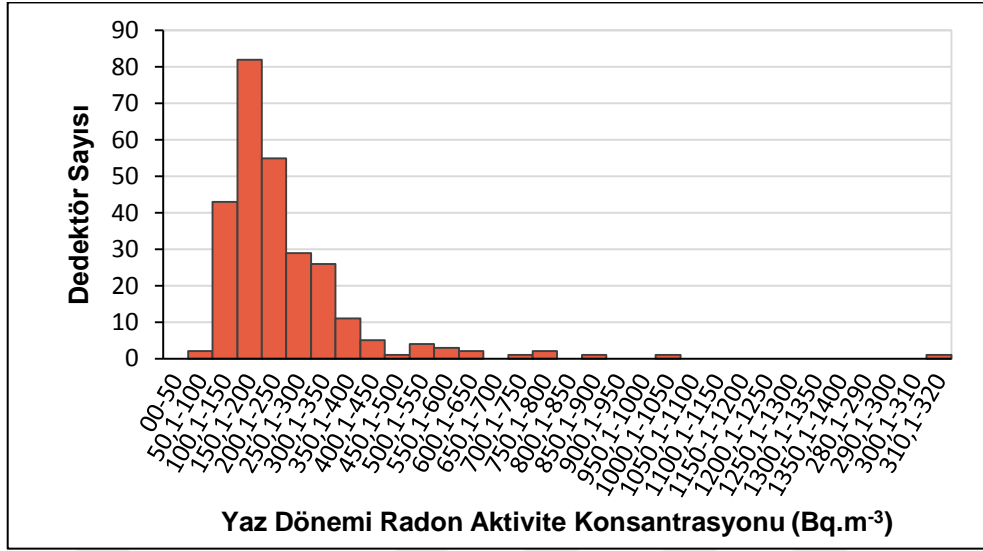
Ayrıca yaz dönemi Nevşehir evlerinde il ve ilçelere göre belirlenen aritmetik ortalama radon aktivite konsantrasyonları Şekil 4.105'te verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi; ilçelerin ortalama radon aktivite konsantrasyon değerleri birbirine yakın elde edilmiş olup sadece Hacıbektas ilçe ortalaması diğer ilçe ve il ortalamasının üzerindedir.

Yaz dönemi radon aktivite konsantrasyonunun dedektör sayısına göre dağılım frekansı Şekil 4.106'da verilmektedir. Şekil 4.106 incelendiğinde; 40-80 Bq/m<sup>3</sup> ölçüm aralığındaki dedektör sayısının (190 adet) bütünün % 70.6'sını oluşturduğu görülmüştür. Ayrıca yaz dönemi ev içi (indoor) radon aktivite konsantrasyonu dağılım haritası da Şekil 4.107'de verilmektedir.

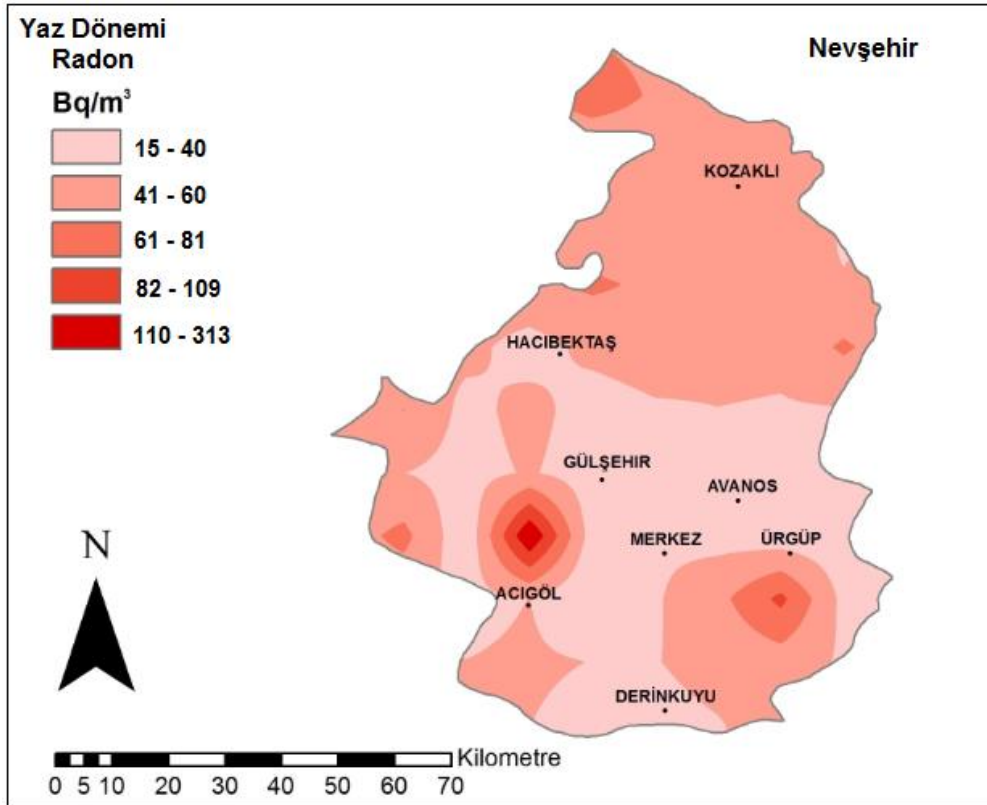


**Şekil 4.105:** Yaz dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonlarının il ve ilçe ortalamaları.

Yaz dönemi elde edilen radon aktivite konsantrasyon değerleri Türkiye'de ev içi müsaade edilebilir radon konsantrasyonu değeri olan 400 Bq/m<sup>3</sup>'ün altındadır. Ancak 28 evde elde edilen radon konsantrasyonu WHO tarafından belirlenen 100 Bq/m<sup>3</sup> değerinin üzerindedir.



Şekil 4.106: Yaz dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonunun dedektör sayısına göre dağılımı.



Şekil 4.107: Yaz dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonunun dağılım haritası.

#### 4.9.2. Kış Dönemi Evlerde Radon Aktivite Konsantrasyonu

Kış döneminde evlere dağıtılan 275 adet radon dedektöründen yaklaşık 60 gün sonra geri dönüşümü sağlanabilen 268 adet dedektörün radon aktivite konsantrasyonu değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre; kış dönemi Nevşehir evlerinde il ve ilçelere göre belirlenen ortalama radon aktivite konsantrasyonları Tablo 4.23’de verilmiştir.

**Tablo 4.23:** Kış dönemi Nevşehir il ve ilçelerinin ortalama radon aktivite konsantrasyonları (n=5, n sayım sayısı).

İlçe	Dedektör Sayısı	Kış Dönemi Radon Aktivite Konsantrasyonu (Bq/m <sup>3</sup> )			
		Ölçüm Aralığı	Aritmetik Ort.±Std. Sapma	Geometrik Ortalama	Geometrik Std. Sapma
Acıgöl	17	142.41-295.07	184.59±42.48	180.57	1.227
Avanos	26	114.68-462.15	216.56±81.35	204.53	1.387
Derinkuyu	11	140.43-518.27	226.50±104.10	211.78	1.402
Gülşehir	44	111.44-789.61	250.24±126.28	227.99	1.508
Hacıbektaş	35	116.51-893.61	318.95±174.35	283.67	1.594
Kozaklı	33	130.65-758.54	278.06±125.36	257.72	1.454
Merkez	57	88.96-387.43	171.97±59.35	163.45	1.365
Ürgüp	45	144.07-1046.67	267.95±152.30	243.98	1.478
<b>İl Geneli</b>	<b>268</b>	<b>88.96-1046.67</b>	<b>239.35±49.27</b>	<b>221.71</b>	<b>1.226</b>

Tablo 4.23’de görüldüğü gibi; il genelinde en düşük değer (88.96 Bq/m<sup>3</sup>) Merkez ilçesi Cevherdudayev Mahallesi ve en yüksek değer de (1046.67 Bq/m<sup>3</sup>) Ürgüp ilçesi İltaş köyüne yerleştirilen dedektörlerden elde edilmiştir.

İlçe ortalamalarına bakıldığında ise; en düşük değer 171.97±59.35 Bq/m<sup>3</sup> ile Merkez ilçesine ve en yüksek değer de 318.95±174.35 Bq/m<sup>3</sup> ile Hacıbektaş ilçesine aittir. Kış dönemi il aritmetik ortalaması da 239.35±49.27 Bq/m<sup>3</sup> olarak elde edilmiştir.

İlçe ortalamalarının, Türkiye’de ev içi müsaade edilebilir radon aktivite konsantrasyonu değeri olan 400 Bq/m<sup>3</sup>’ün altında olduğu görülmüştür. Ancak dedektör yerleştirilen evler tek tek ele alındığında toplam 20 evde yapılan radon aktivite konsantrasyonu değerlerinin 400 Bq/m<sup>3</sup>’ün üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Bunlar;

Avanos ilçesi Karcauşağı (462.15 Bq/m<sup>3</sup>),

Derinkuyu ilçesi Kuyulutatlar (518.27 Bq/m<sup>3</sup>),

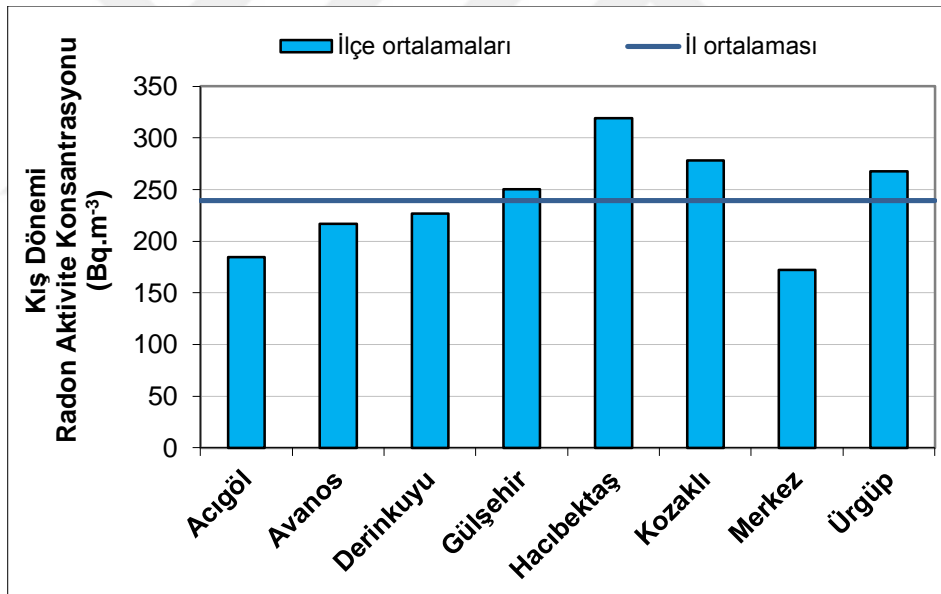
Gülşehir ilçesi Abuşağı (501.26 Bq/m<sup>3</sup>), Ovaören (789.61 Bq/m<sup>3</sup>), Yakatarla (555.06 Bq/m<sup>3</sup>), Hacibektaş ilçesi Akçataş (620.02 Bq/m<sup>3</sup>), Aşağıbarak (408.96 Bq/m<sup>3</sup>), Başköy (438.54 Bq/m<sup>3</sup>), Çiğdem (510.67 Bq/m<sup>3</sup>), Hasanlar (424.45 Bq/m<sup>3</sup>), Karaburna (574.16 Bq/m<sup>3</sup>), Sadık (748.21 Bq/m<sup>3</sup>), Zir Mah.(1) (893.61 Bq/m<sup>3</sup>),

Kozaklı ilçesi Buruncuk Mah. (758.54 Bq/m<sup>3</sup>), Hamamorta Mah. (1) (600.33 Bq/m<sup>3</sup>),

Ürgüp ilçesi Cemil (522.98 Bq/m<sup>3</sup>), Çökek (577.02 Bq/m<sup>3</sup>), İbrahimpaşa (409.13 Bq/m<sup>3</sup>), İltaş (1046.67 Bq/m<sup>3</sup>) ve Mustafapaşa (434.79 Bq/m<sup>3</sup>) köyleridir.

Acıgöl ve Merkez ilçede ise 400 Bq/m<sup>3</sup>'ün üzerinde bir değer elde edilmemiştir.

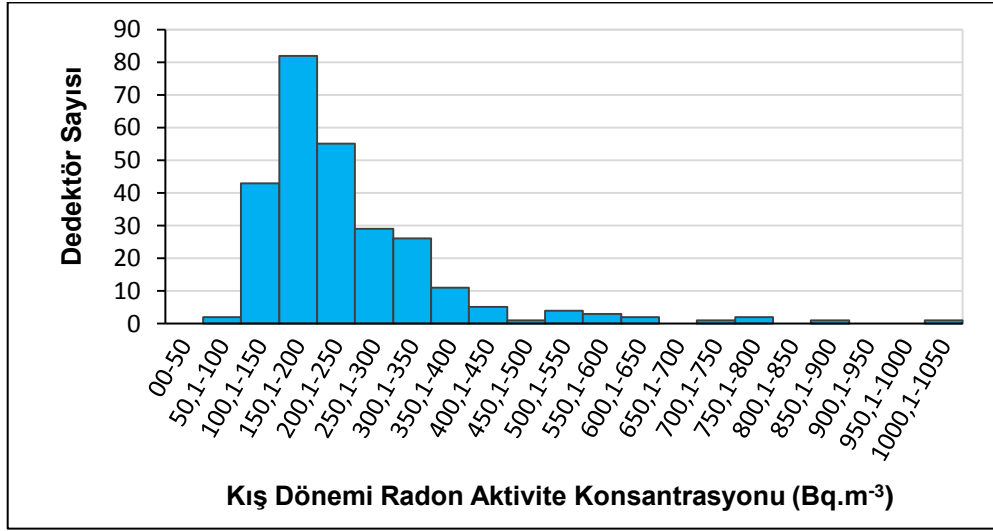
Kış dönemi il ve ilçelere göre evlerde belirlenen aritmetik ortalama radon aktivite konsantrasyonları Şekil 4.108'de verilmektedir. Gülşehir, Ürgüp, Kozaklı ve Hacibektaş ilçe ortalamaları il ortalamasının üzerindedir.



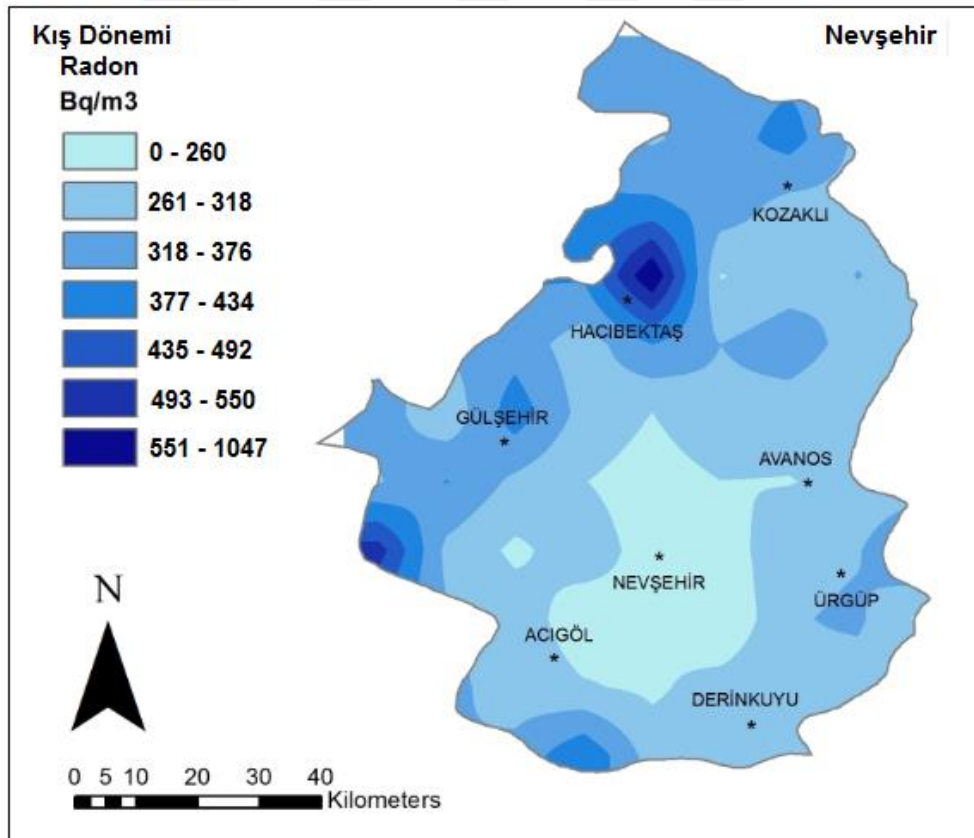
Şekil 4.108: Kış dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonlarının il ve ilçe ortalamaları.

Kış dönemi radon aktivite konsantrasyonunun dedektör sayısına göre dağılım frekansı Şekil 4.109'da verilmektedir. Şekil 4.109'da görüldüğü gibi, 100-300 Bq/m<sup>3</sup> ölçüm aralığındaki dedektör sayısı (209 adet) tüm dedektörlerin % 78'ini oluşturmaktadır.

Kış dönemi ev içi radon aktivite konsantrasyonu dağılım haritası da Şekil 4.110'da verilmektedir.



Şekil 4.109: Kış dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonunun dedektör sayısına göre dağılımı.

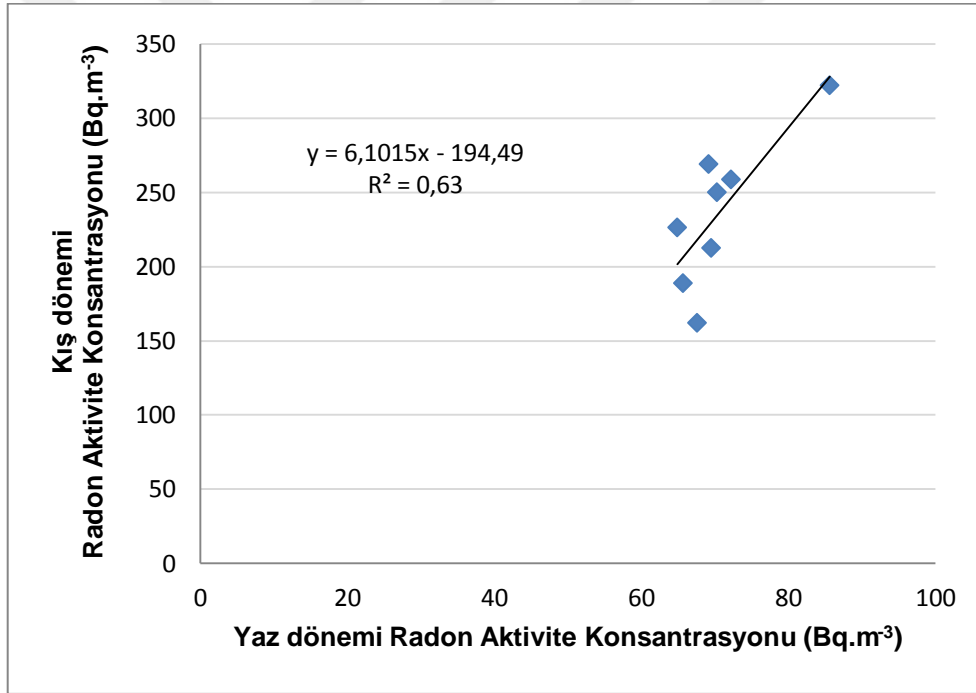


Şekil 4.110: Kış dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonunun dağılım haritası.

### 4.9.3. Yaz ve Kış Dönemi Belirlenen Evlerde Radon Aktivite Konsantrasyonunun Karşılaştırılması

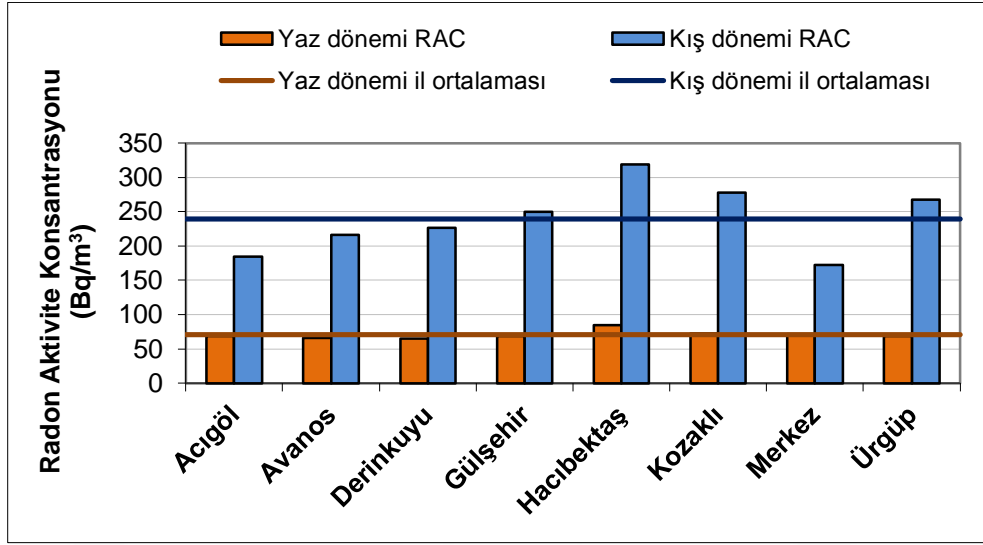
Tablo 4.22 ve Tablo 4.23 karşılaştırıldığında, kış dönemi ilçe ortalamaları yaz dönemi ilçe ortalamalarının çok üzerinde elde edilmiştir. Dedektörler yerleştirilirken karşılaştırma yapabilmek için, yaz ve kış dönemi aynı evler olmasına mümkün olduğunca dikkat edilmiştir. Ancak bazı durumlarda bu sağlanamamıştır.

Yaz ve kış dönemi aynı evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonları arasında korelasyonu gösteren grafik Şekil 4.111'de görülmektedir. Grafikten korelasyon katsayısı  $R^2=0.63$  olarak elde edilmiştir. Bu değer, iki dönem arasında aynı evlerde doğrusal bir korelasyon olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.111: Yaz ve kış dönemi radon aktivite konsantrasyonları arasındaki korelasyon.

Yaz ve kış dönemi il ve ilçe ortalamalarının dağılımları Şekil 4.112'de birlikte gösterilmektedir.



Şekil 4.112: Yaz ve kış dönemi evlerde belirlenen radon aktivite konsantrasyonunun karşılaştırılması.

#### 4.10. DOZ DEĞERLENDİRMELERİ

İnsanoğlu yaşamı boyunca sürekli olarak hem dış hem de iç radyasyona maruz kalmaktadır. Yaşanılan yerin jeolojik ve coğrafik yapısına bağlı olarak ortamdaki radyasyon seviyesi farklılıklar gösterir. Bunun en önemli nedeni, yer kabuğunda farklı doğal radyoaktivite konsantrasyonlarının bulunmasıdır. Örneğin, volkanik kayalardaki radyoaktivite konsantrasyonu, tortul kayalara göre daha yüksektir (Eisenbud, 1987).

Nevşehir ili de volkanik kayalardan oluşan özel bir bölgedir. Dolayısıyla bu çalışmada, bu bölge de yaşayan halkın yaşamı boyunca ne kadar radyasyona maruz kaldığı ve radyasyonun insanlar üzerine etkileri araştırılmış ve doz değerlendirmeleri yapılmıştır. Bu doz değerlendirmeleri, topraktaki doğal radyoizotoplardan gelen gama ışınlarından (dış ışınlanmalar), radon ve bozunma ürünlerinden (iç ışınlanmalar) alınan dozlardan yararlanılarak yapılmış ve sonuçta Nevşehir ilinde yaşayan halkın toplam yıllık etkin doz eşdeğerleri (YEDE) hesaplanmıştır.

##### 4.10.1. Çevresel Gama Işınlarından Alınan Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri (Dış Işınlanma)

Bu çalışmada doz hesapları, UNSCEAR 2000 raporunda önerilen model kullanılarak yapılmıştır. Bu raporda, yetişkinler için havada soğurulan dozun etkin doza dönüştürme katsayısı 0.7 Sv/Gy ve insanların zamanlarını bina dışı (outdoor) ve bina içinde (indoor) geçirmelerine bağlı olarak meşguliyet faktörünün sırasıyla 0.2 (%20) ve 0.8 (%80) alınması önerilmiştir.

Bina dışı ortamlardan alınan YEDE (yıllık etkin doz eşdeğeri), bu çalışmada belirlenen ve Tablo 4.24'de verilen ilçelerin ortalama gama doz hızı değerleri kullanılarak denklem 4.2 ile hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \text{YEDE } (\mu\text{Sv}) &= \text{Ort. gama doz hızı (nGy/saat)} \times 8760 \text{ (saat/yıl)} \\ &\quad \times 0.2 \text{ (Bina dışı meşguliyet faktörü)} \times 10^{-3} \\ &\quad \times 0.7 \text{ Sv/Gy (Doz dönüştürme katsayısı)} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Ayrıca ortalama insan ömrünün 70 yıl olduğu düşünülerek Nevşehir halkının yaşam boyu bina dışı ortamlarda maruz kaldığı toplam dozlar da denklem 4.3 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Yaşamboyu Alınan Toplam Doz (mSv)} = \text{YEDE } (\mu\text{Sv}) \times 70 \text{ (yıl)} \times 10^{-3} \quad (4.3)$$

**Tablo 4.24:** Nevşehir halkının bina dışı ortamda maruz kaldığı YEDE ve yaşam boyu alınan toplam dozlar.

İlçe	Ölçüm sayısı	Gama Doz Hızı Aralığı (nGy/h)	Ortalama Gama Doz Hızı (nGy/h)	Ortalama YEDE ( $\mu\text{Sv}$ )	Yaşamboyu Alınan Toplam Doz (mSv)
Acıgöl	27	90-270	178.89	219.39	15.36
Avanos	46	70-300	136.09	166.90	11.68
Derinkuyu	16	50-400	171.25	210.02	14.70
Gülşehir	83	90-400	149.76	183.67	12.86
Hacıbektaş	71	60-230	120.14	147.34	10.31
Kozaklı	57	50-160	95.97	117.70	8.24
Merkez	84	110-480	188.10	230.69	16.15
Ürgüp	61	90-320	176.23	216.13	15.13
<b>İl Ortalaması</b>	<b>445</b>	<b>50-480</b>	<b>152.05</b>	<b>186.47</b>	<b>13.05</b>

#### 4.10.2. Radon ve Ürünlerinden Alınan Yıllık Etkin Dozlar (İç Işınlama)

Çevresel radyasyonun yaklaşık % 55'ini radon oluşturmaktadır. Dolayısıyla radon ve onun bozunma ürünleri iç ışınlamanın en önemli bileşenleridir. Radon bozunarak  $^{218}\text{Po}$  ve  $^{214}\text{Pb}$  gibi kısa ömürlü, havadaki toz parçacıklarına ve su damlalarına tutunarak asılı kalan parçacıklara dönüşür. Bu parçacıklar solunum yolu ile vücuda alındığında akciğerlere yerleşirler. Orada alfa parçacıkları yayarak akciğer dokusunu ışınlamalar ve akciğer hasarı ve kanseri oluşturma riskini artırırlar ([www.taek.gov.tr](http://www.taek.gov.tr)).

Radon ve kısa yarı ömürlü bozunma ürünleri üzerine yapılan araştırmalar, bir denge faktörü kavramını ortaya koyar. F denge faktörü, denge eşdeğer radon konsantrasyonunun (Equilibrium Equivalent Concentration, EEC) havadaki radon konsantrasyonuna oranı olarak tanımlanır (UNSCEAR 1993; Çelebi, 1995; Kam, 2004; Günaydı, 2004).

Radon ve bozunma ürünlerinden alınan yıllık etkin doz eşdeğerini hesaplamak için, bu denge faktörü (F) kullanılır. F değeri, UNSCEAR 1993 raporunda, bina içi ışınlanmalar için 0.4, dış hava için 0.8 olarak verilmektedir. Aynı raporlarda, denge eşdeğer radon konsantrasyonunu (EEC) etkin doza dönüştürme katsayısı da hem bina içi ve hem de dış hava için 9 (nSv/saat)/(Bq/m<sup>3</sup>) olarak verilmektedir (Çelebi, 1995).

Bu çalışmada, radon dedektörlerinin yerleştirildiği evlerde yaşayan insanların radon ve bozunma ürünlerine maruz kaldıklarında alacakları radyasyon dozunu yani iç ışınlanma ile maruz kalacakları yıllık etkin doz eşdeğerini hesaplamak için; ilk olarak, yaz ve kış dönemlerinde belirlenen radon konsantrasyonlarının aritmetik ortalaması alınarak ve ev içi denge eşdeğer radon konsantrasyonu denklem 4.4 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Bina İçi EEC (Bq/m}^3\text{)} = \text{Ortalama RAC (Bq/m}^3\text{)} \times 0.4 \text{ (Denge Faktörü)} \quad (4.4)$$

İkinci olarak, soluma yoluyla vücuda alınan radondan kaynaklanan yıllık etkin doz eşdeğerleri, bina içi meşguliyet faktörü 0.8 alınarak ve denklem 4.5 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{YEDE (mSv)} = \text{EEC (Bq/m}^3\text{)} \times 0.8 \text{ (Meşguliyet Faktörü)} \times 8760 \text{ (saat/yıl)} \\ \times 9.10^{-9} \text{ (Sv/saat)/(Bq/m}^3\text{)} \text{ (Dönüşüm Faktörü)} \times 10^{-3} \quad (4.5)$$

Üçüncü olarak, solunum yoluyla dokulara nüfus ederek vücut içinde çözünen radondan alınan yıllık etkin doz eşdeğerleri denklem 4.6 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{YEDE (mSv)} = \text{Ortalama Radon Aktivite Konsantrasyonu (Bq/m}^3\text{)} \times 10^{-3} \\ \times 0.8 \text{ (Meşguliyet Faktörü)} \times 1.5 \text{ } \mu\text{Sv/Bq.m}^{-3} \quad (4.6)$$

Havada, birim konsantrasyon başına yıllık etkin dozlar radon için 1.5  $\mu\text{Sv/Bq.m}^{-3}$  ve toron içinse 0.9  $\mu\text{Sv/Bq.m}^{-3}$ 'dir (UNSCEAR 1993).

Son olarak da denklem 4.5 ve denklem 4.6 kullanılarak elde edilen değerlerin toplamı alınmış ve iç ışınlama yoluyla alınan toplam yıllık etkin doz eşdeğerleri hesaplanmıştır (UNSCEAR 1993; Çelebi, 1995; Kam, 2004; Günaydı, 2004). Hesaplanan doz değerleri Tablo 4.25’de verilmektedir.

**Tablo 4.25:** Ev içi radon solunumundan ve dokulara nüfus ederek vücut içinde çözünen radondan alınan toplam yıllık etkin doz eşdeğerleri (mSv).

İlçe	Yaz-Kış Ortalama RAC (Bq/m <sup>3</sup> )	Ev içi EEC (Bq/m <sup>3</sup> )	Radon Solunumu ile Alınan YEDE (mSv)	Vücut İçinde Çözünen Radondan Alınan YEDE (mSv)	İç Işınlamalardan Alınan Toplam YEDE (mSv)
Acıgöl	126.63	50.65	3.195	0.152	3.347
Avanos	141.41	56.56	3.568	0.170	3.737
Derinkuyu	145.71	58.28	3.676	0.175	3.851
Gülşehir	159.44	63.78	4.022	0.191	4.214
Hacıbektaş	201.70	80.68	5.089	0.242	5.331
Kozaklı	175.34	70.14	4.424	0.210	4.634
Merkez	121.74	48.70	3.071	0.146	3.217
Ürgüp	168.46	67.38	4.250	0.202	4.452
<b>İl Geneli</b>	<b>155.05</b>	<b>62.02</b>	<b>3.912</b>	<b>0.186</b>	<b>4.098</b>

#### 4.10.3. Tüm Vücut İçin Dış ve İç Işınlanmalardan Alınan Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri

Nevşehir ilinde yaşayan insanların çevresel gama ışınlarından (dış ışınlanma), radon ve bozunma ürünlerinden (iç ışınlanma) aldıkları tüm vücut toplam yıllık etkin doz eşdeğerleri hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 4.26’da verilmiştir.

**Tablo 4.26:** Dış ve iç ışınlamalardan alınan tüm vücut toplam yıllık etkin doz eşdeğeri.

İlçe	Dış Işınlamalardan Alınan YEDE (mSv)	İç Işınlamalardan Alınan YEDE (mSv)	Tüm Vücut Toplam YEDE (mSv)
Acıgöl	0.219	3.347	3.566
Avanos	0.167	3.737	3.900
Derinkuyu	0.210	3.851	4.061
Gülşehir	0.184	4.214	4.397
Hacıbektaş	0.147	5.331	5.478
Kozaklı	0.118	4.634	4.752
Merkez	0.231	3.217	3.448
Ürgüp	0.216	4.452	4.668
<b>İl Geneli</b>	<b>0.186</b>	<b>4.098</b>	<b>4.284</b>

#### 4.11. RİSK DEĞERLENDİRMELERİ

Radon ürünlerine maruz kalma sonucu akciğer kanseri olma riski katsayısı, uranyum madencileri üzerinde yapılan epidemiyolojik çalışmalardan türetilmiştir. ICRP-65 raporunda, radon ve ürünlerine maruz kalma şartlarındaki farklılıklara rağmen, Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu (International Commission on Radiological Protection, ICRP), radyasyondan korunma amacıyla uranyum madeni gibi yerlerde çalışanlar ile halk için aynı risk katsayısının kullanılmasını önermektedir. Bu katsayı  $3.10^{-4}$  (WLM)<sup>-1</sup> [SI birimlerinde  $8.0 \times 10^{-5}$  (m.J.saate.m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup>] olarak verilmiştir (Çelebi, 1995).

Çoğunlukla çalışanların radon ve ürünlerine (potansiyel alfa enerjisi) maruz kalması, genellikle eski bir birim olan aylık çalışma seviyesi (Working Level Month, WLM) ile ifade edilir. Çalışma seviyesi (WL); 1 L havada toplam  $1.3 \times 10^5$  MeV potansiyel alfa enerjisi veren radon ürünlerinin konsantrasyonu olarak tanımlanır. Bu enerji miktarı, 100 pCi/L<sup>-1</sup> (3700 Bq/L<sup>-1</sup>)'lik radonla dengede bulunan ve radonun kısa yarı ömürlü ürünleri tarafından yayınlanan alfa enerjisine eşittir. Yani bir madende ayda 170 saat çalışan bir işçinin bir ay boyunca bu konsantrasyona maruz kalması aylık çalışma seviyesi (WLM) olarak tanımlanır (ICRP 65, 1994; Çelebi, 1995; Günaydı, 2004).

1 MeV =  $1.602 \times 10^{-13}$  J olduğu için, eski ve yeni (SI) birimler arasındaki ilişki aşağıdaki gibi elde edilir (ICRP 65, 1994).

1 WLM = 3.54 m.J.saate.m<sup>-3</sup> ve 1 m.J.saate.m<sup>-3</sup> = 0.282 WLM'dir.

ICRP 60 raporuna göre, akciğer kanseri olma riski hem çalışanlar ve hem de halk için  $8.10^{-5}$  (m.J.saate.m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup> ile aynı dönüştürme katsayısı verilmesine rağmen, 1 m.J.saate.m<sup>-3</sup> değerinde radon ışınlarına maruz kalma, çalışanlar için 1.43 mSv etkin doza ve halk için 1.10 mSv etkin doza eşdeğerdir.

Ayrıca bireysel ölüm riski için de önerilen dönüştürme katsayıları çalışanlar için  $4 \times 10^{-2}$  Sv<sup>-1</sup> ve halk için  $5 \times 10^{-2}$  Sv<sup>-1</sup> olarak verilmiştir (ICRP, 1991; 1994; Çelebi, 1995). Dönüştürme katsayıları Tablo 4.27'de verilmektedir.

**Tablo 4.27:** Risk hesaplarında kullanılan ICRP 60 raporunda önerilen dönüştürme katsayıları.

<b>Faktör</b>	<b>Önerilen Dönüştürme Katsayıları</b>
<b>Bireysel Ölüm Riski:</b>	
Çalışanlar için	$4 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$
Halk için	$5 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$
<b>Akciğer Kanseri Riski:</b>	
Doz Dönüştürme Katsayısı (Etkin Doz/Işınlanma):	
Çalışanlar için	$1.43 \text{ mSv (m.J.saat.m}^{-3}\text{)}^{-1}$
Halk için	$1.10 \text{ mSv (m.J.saat.m}^{-3}\text{)}^{-1}$

Nevşehir halkının, kapalı ortamda radon solunması ile aldıkları toplam dozun enerji eşdeğeri ya da radon ile ışınlanma miktarı denklem 4.7 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Radon ile Işınlanma Miktarı (m.J.saat.m}^{-3}\text{)} = \text{İç Işınlamalardan YEDE (mSv)} \\ \times 1.10 \text{ mSv (m.J.saat.m}^{-3}\text{)}^{-1} \quad (4.7)$$

Bu bölgede yaşayan insanlarda akciğer kanserinin oluşma riski denklem 4.8 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Akciğer Kanseri Riski} = \text{Radon ile Işınlanma Miktarı (m.J.saat.m}^{-3}\text{)} \\ \times 8.10^{-5} \text{ (m.J.saat.m}^{-3}\text{)}^{-1} \quad (4.8)$$

Ayrıca bölgede yaşayan halkın radondan maruz kaldığı dozun, yaşam boyu (70 yıl) kendisine yükleyeceği bireysel ölüm riski de denklem 4.9'dan yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Bireysel Ölüm Riski} = \text{İç Işınlanmalardan Alınan YEDE (mSv)} \\ \times 5.10^{-2} \text{ Sv}^{-1} \times 70 \text{ yıl} \quad (4.9)$$

Elde edilen bulgular kullanılarak evlerde radon ve bozunma ürünlerinin solunmasıyla yaşam süresi içinde akciğer kanseri olma olasılıkları ve bireysel ölüm riski hesaplanmıştır. Bu riskler Tablo 4.28'de verilmektedir.

**Tablo 4.28:** Tüm vücut toplam yıllık etkin doz eşdeğeri ile yaşam süresi içinde tahmini akciğer kanseri olma riski ve bireysel ölüm riski.

İlçe	İç Işınlamalardan Alınan Toplam YEDE (mSv)	Radon İle Işınlama Miktarı (m.J.saate.m <sup>-3</sup> )	Tahmini Akciğer Kanseri Riski (yaşam süresi) <sup>-1</sup>	Bireysel Ölüm Riski (yaşam süresi) <sup>-1</sup>
Acıgöl	3.347	3.042	2.43x10 <sup>-4</sup>	1.12x10 <sup>-2</sup>
Avanos	3.737	3.398	2.72x10 <sup>-4</sup>	1.31x10 <sup>-2</sup>
Derinkuyu	3.851	3.501	2.80x10 <sup>-4</sup>	1.35x10 <sup>-2</sup>
Gülşehir	4.214	3.831	3.06x10 <sup>-4</sup>	1.47x10 <sup>-2</sup>
Hacıbektaş	5.331	4.846	3.88x10 <sup>-4</sup>	1.87x10 <sup>-2</sup>
Kozaklı	4.634	4.213	3.37x10 <sup>-4</sup>	1.62x10 <sup>-2</sup>
Merkez	3.217	2.925	2.34x10 <sup>-4</sup>	1.13x10 <sup>-2</sup>
Ürgüp	4.452	4.047	3.24x10 <sup>-4</sup>	1.56x10 <sup>-2</sup>
<b>İl Ortalaması</b>	<b>4.098</b>	<b>3.725</b>	<b>2.98x10<sup>-4</sup></b>	<b>1.43x10<sup>-2</sup></b>

## 4.12. KARASAL (SOĞURULAN) GAMA DOZ HIZI VE RADYASYON TEHLİKE İNDEKSLERİ

### 4.12.1. Karasal Gama Doz Hızı

Yerkabuğunda bulunan <sup>40</sup>K ve <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th serilerinden yayılan gama radyasyonu, insanların maruz kaldığı radyasyonun % 50 - % 80'ini temsil eder (Beck, 1972). Bu radyonüklidlerin konsantrasyonları, bölgenin jeolojik ve coğrafik yapısına bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. Dolayısıyla insanlar da yaşadıkları yere bağlı olarak farklı miktarlarda çevresel radyasyona maruz kalmaktadırlar. Bu radyonüklidlerin dağılımını bilmek, radyasyon seviyelerinin kontrol edilebilmesi anlamında önemlidir (Baldık ve diğ., 2011).

Topraktan kaynaklanan karasal gama radyasyonu ve radyonüklid konsantrasyonu arasında doğrudan bir bağlantı vardır. Eğer radyonüklid konsantrasyonu bilirse, UNSCEAR 2000 raporunda önerilen denklem 4.10 kullanılarak, yer seviyesinden 1 m yukarıda havada, gama radyasyonundan maruz kalınan soğurulan karasal doz hızı hesaplanabilir. Bu raporda <sup>238</sup>U (<sup>226</sup>Ra), <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K ve <sup>137</sup>Cs radyonüklid konsantrasyonlarının doz hızına dönüşüm faktörleri her Bq/kg için sırasıyla 0.462, 0.604, 0.0417 ve 0.03 nGy/saat olarak verilmektedir (UNSCEAR 2000; Jibiri ve diğ., 2007; Celik ve diğ., 2008, 2009; Kurnaz ve diğ., 2009).

$$D \text{ (nGy/saat) (Karasal)} = 0.462C_{Ra} + 0.604C_{Th} + 0.0417C_K + 0.03C_{Cs} \quad (4.10)$$

Burada,  $C_{Ra}$ ,  $C_{Th}$ ,  $C_K$  ve  $C_{Cs}$  sırasıyla <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K ve <sup>137</sup>Cs'un aktivite konsantrasyonlarıdır.

#### 4.12.2. Karasal Gama Dozundan Kaynaklanan Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri

Toprakta bulunan  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonlarından kaynaklanan, insanların maruz kaldığı yıllık etkin doz eşdeğerinin hesaplanmasında da UNSCEAR 2000 raporunun önerileri dikkate alınmıştır. Bu bağlamda, havada soğurulan dozun etkin doza dönüşüm katsayısı 0.7 Sv/Gy ve bina dışı (outdoor) meşguliyet faktörü 0.2 olarak alınmış ve yıllık etkin doz eşdeğeri denklem 4.11'den yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \text{YEDE } (\mu\text{Sv}) &= \text{Karasal gama doz hızı (D) (nGy/saat) x 8760 (saat/yıl)} \\ &\quad \times 0.2 \text{ (Bina dışı meşguliyet faktörü)} \\ &\quad \times 0.7 \text{ Sv/Gy (Doz dönüşüm katsayısı) x } 10^{-3} \end{aligned} \quad (4.11)$$

Açık alanda havada, yerden 1 m yukarıda dedektör ile direkt olarak ölçülen gama doz hızı bize hem karasal hem de kozmik ışınlardan kaynaklanan dozları vermektedir. Oysa toprak numunelerinin analizi ile elde edilen  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ 'nin aktivite konsantrasyonları kullanılarak hesaplanan, yerden 1 m yukarıda gama radyasyonuna denk gelen, soğurulan gama doz hızı ise sadece karasal gama doz hızını vermektedir. Her iki gama doz hızı değerleri ve yıllık etkin doz eşdeğerleri Tablo 4.29'da verilmektedir.

**Tablo 4.29:** Hem karasal hem de doğrudan dedektör ile ölçülerek elde edilen karasal+kozmetik ışınlardan maruz kalınan yıllık etkin doz eşdeğerleri.

İlçe	Karasal				D (nGy/saat)	YEDE ( $\mu\text{Sv}$ )	Karasal + Kozmik	
	Ortalama Aktivite Konsantrasyonları (Bq/kg)						D (nGy/saat)	YEDE ( $\mu\text{Sv}$ )
	Ra-226	Th-232	K-40	Cs-137			D (nGy/saat)	YEDE ( $\mu\text{Sv}$ )
Acıgöl	61.82	70.54	792.25	9.95	104.50	128.16	178.89	219.39
Avanos	50.98	54.18	703.81	7.80	85.86	105.30	136.09	166.90
Derinkuyu	45.13	52.82	652.07	4.77	80.09	98.22	171.25	210.02
Gülşehir	50.98	55.93	722.34	7.66	87.69	107.54	149.76	183.67
Hacıbektaş	36.36	46.44	637.69	11.06	71.77	88.02	120.14	147.34
Kozaklı	40.78	31.24	553.78	8.40	61.05	74.88	95.97	117.70
Merkez	60.72	67.44	786.88	4.08	101.72	124.75	188.10	230.69
Ürgüp	52.35	58.08	734.45	6.18	90.08	110.47	176.23	216.13
<b>İl ortalaması</b>	<b>49.89</b>	<b>54.58</b>	<b>697.91</b>	<b>7.49</b>	<b>85.35</b>	<b>104.67</b>	<b>152.05</b>	<b>186.47</b>

Tablo 4.29'dan da görüldüğü gibi, havada doğrudan dedektör ile ölçülen gama doz hızından hesaplanan yıllık etkin doz eşdeğerinin, topraktaki  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonlarından hesaplanan yıllık etkin doz eşdeğerinden daha yüksek olması beklenen bir durumdur.

#### 4.12.3. Karasal Gama Dozundan Kaynaklanan Yaşam Boyu Kanser Riski

İnsan ömrünün ortalama 70 yıl olduğu kabul edilerek, karasal gama dozundan kaynaklanan yaşam boyu kanser olma riski denklem 4.12'den hesaplanmıştır (Karahan, 2010).

$$\text{Yaşam Boyu Kanser Riski} = \text{YEDE} (\mu\text{Sv}) \times 70 \text{ yıl} \times \text{RF} (\text{Sv}^{-1}) \quad (4.12)$$

Burada, RF risk faktörü olup Sievert başına ölümcül kanser riskini ifade eder. Risk faktörü olarak ICRP 65 (1994) raporunda halk için önerilen 0.05 değeri kullanılmıştır. Nevşehir ili, yaşam boyu kanser riski Tablo 4.30'da verilmektedir.

**Tablo 4.30:** Karasal gama dozundan kaynaklanan yaşam boyu kanser riski.

İlçe	D (nGy/saat)	YEDE ( $\mu\text{Sv}$ )	Yaşam Boyu Kanser Riski ( $\times 10^{-4}$ )
Acıgöl	104.50	128.16	4.49
Avanos	85.86	105.30	3.69
Derinkuyu	80.09	98.22	3.44
Gülşehir	87.69	107.54	3.76
Hacıbektaş	71.77	88.02	3.08
Kozaklı	61.05	74.88	2.62
Merkez	101.72	124.75	4.37
Ürgüp	90.08	110.47	3.87
<b>İl ortalaması</b>	<b>85.35</b>	<b>104.67</b>	<b>3.66</b>

#### 4.12.4. Radyum Eşdeğer Aktivitesi ( $Ra_{eq}$ ) ve Dış Tehlike İndeksi ( $H_{ex}$ )

İçinde yaşanan binalarında yapı malzemesinin toprak olmasından dolayı maruz kalınan radyasyon tehlikesi tespiti çeşitli radyasyon tehlike indeksleri kullanılarak yapılır.  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  içeren toprak numunelerinin radyolojik etkilerini kıyaslamada radyum eşdeğer aktivitesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyada,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  radyonüklidlerinin spesifik aktiviteleri ve çevredeki dağılımı bölgeden bölgeye farklı olup homojen değildir.  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$ 'ın spesifik konsantrasyonlarını temsil etmek için, her üç radyonüklid ile ilgili radyasyon tehlikelerini de hesaba katan ortak bir indis tanımlanır ve buna radyum eşdeğer aktivitesi adı verilir (UNSCEAR 1982; Farai ve Ademola, 2004; Flores ve diğ., 2008).

Radyum eşdeğer aktivite hesapları denklem 4.13 kullanılarak yapılmıştır (Beretka ve Matthew, 1985).

$$Ra_{eq} (\text{Bq/kg}) = C_{Ra} + 1.43C_{Th} + 0.077C_K \quad (4.13)$$

Burada,  $C_{Ra}$ ,  $C_{Th}$  ve  $C_K$  sırasıyla  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  ve  $^{40}K$ 'ın Bq/kg olarak aktivite konsantrasyonlarıdır. Bu denkleme göre, 370 Bq/kg'lık  $^{226}Ra$ , 259 Bq/kg'lık  $^{232}Th$  ve 4810 Bq/kg'lık  $^{40}K$ 'ın aktivitelerinin aynı gama dozunu ürettiği varsayılmaktadır.

Genel halk için müsaade edilen yıllık etkin doz eşdeğerinin 1 mSv ile sınırlandırılması için, yapı malzemelerinde  $Ra_{eq}$ 'nin maksimum değeri 370 Bq/kg'dan daha düşük olmalıdır. Bu tanımlamadan denklem 4.13'ü denklem 4.14 gibi de yazabiliriz (Beretka ve Matthew, 1985; Flores ve diğ., 2008).

$$Ra_{eq} = 370 \left( \frac{C_{Ra}}{370} + \frac{C_{Th}}{259} + \frac{C_K}{4810} \right) \quad (4.14)$$

Denklem 4.14'te parantez içerisindeki kısım bize dış tehlike indeksini ( $H_{ex}$ , external hazards index) vermektedir. Dış tehlike indeksinin değeri, radyasyon tehlikesinden korunmak için 1'den küçük veya en fazla 1'e eşit olmalıdır ( $H_{ex} \leq 1$ ) (Denklem 4.15).

$$H_{ex} = \frac{C_{Ra}}{370} + \frac{C_{Th}}{259} + \frac{C_K}{4810} \quad (4.15)$$

Sonuç olarak,  $H_{ex}$ 'in maksimumu olan 1 değeri  $Ra_{eq}$ 'in üst limiti olan 370 Bq/kg'a karşılık gelmelidir. Nevşehir ili, radyum eşdeğer aktivitesi ( $Ra_{eq}$ ) ve dış tehlike indeksi ( $H_{ex}$ ) Tablo 4.31'de verilmektedir.

**Tablo 4.31:**  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  ve  $^{40}K$  aktivite konsantrasyonlarından elde edilen radyum eşdeğer aktivitesi ve dış tehlike indeksi.

İlçe	Ortalama Aktivite Konsantrasyonu (Bq/kg)				D (nGy/h)	YEDE ( $\mu$ Sv)	$Ra_{eq}$ (Bq/kg)	$H_{ex}$
	Ra-226	Th-232	K-40	Cs-137				
Acıgöl	61.82	70.54	792.25	9.95	104.50	128.16	223.70	0.60
Avanos	50.98	54.18	703.81	7.80	85.86	105.30	182.65	0.49
Derinkuyu	45.13	52.82	652.07	4.77	80.09	98.22	170.87	0.46
Gülşehir	50.98	55.93	722.34	7.66	87.69	107.54	186.58	0.50
Hacıbektaş	36.36	46.44	637.69	11.06	71.77	88.02	151.87	0.41
Kozaklı	40.78	31.24	553.78	8.40	61.05	74.88	128.09	0.35
Merkez	60.72	67.44	786.88	4.08	101.72	124.75	217.75	0.59
Ürgüp	52.35	58.08	734.45	6.18	90.08	110.47	191.96	0.52
<b>İl ortalaması</b>	<b>49.89</b>	<b>54.58</b>	<b>697.91</b>	<b>7.49</b>	<b>85.35</b>	<b>104.67</b>	<b>181.68</b>	<b>0.49</b>

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu bölümde, Bulgular kısmında verilmiş olan sonuçlar, Türkiye ve başka ülkelerde yapılan benzer çalışmalarla ve dünya ortalamaları ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

### 5.1. ÇEVRESEL GAMA DOZ HIZLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bölgenin jeolojik ve coğrafik yapısına, yerkabuğundaki  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  radyoaktif elementlerinin miktarına bağlı olarak çevresel gama radyasyonu doz hızı değerleri bölgeden bölgeye hatta aynı bölge içerisinde bile farklılıklar gösterir (Eisenbud, 1987; Karahan, 1997).

Kızılırmak Nehri'nin ortadan böldüğü Nevşehir ilinde farklı kaya tipleri bulunur. İlin güney yarısı tamamen volkanik kayalar, orta ve batı kesimlerinde yer yer metamorfik ve magmatik kayalar ve geri kalan kuzey kısımda da sedimenter kayalar egemendir. Kızılırmak havzası güney kısmında, göl ortamında çökelmiş kumtaşı, kiltası, tüfit ve kireçtaşı kayaları; Tuzköy'ün kuzeybatısında kaya tuzu, çamurtaşı ve kiltası kayaları bulunur. Tüm bu kayalar volkanik kül, ignimbrit, bazalt tipinde kayalarla örtülmüştür (Atabey, 2013).

Nevşehir ilinde sintilasyon dedektörü ile havada gama doz hızı (karasal+kozmetik) ölçümlerinde elde edilen değerler 50-480 nGy/saat aralığındadır. İlçelere göre ortalama gama doz hızı değerlerine bakıldığında; maksimum değer olan 188.10 nGy/saat, ilin güneyinde volkanik kayaların yoğun olduğu Merkez ilçeden elde edilmiştir.

Nevşehir ilinin çevresel gama doz hızı ortalaması 152.05 nGy/saat olup bu doza maruz kaldığında alınan yıllık etkin doz eşdeğeri de 186.47  $\mu\text{Sv}$ 'dir. İlin kuzeyinde bulunan Avanos, Gülşehir, Hacıbektaş ve Kozaklı ilçelerinden elde edilen çevresel gama doz hızı ortalama değerleri Nevşehir il ortalamasının altında kalırken, ilin güneyinde volkanik kayalar üzerine kurulu olan Acıgöl, Derinkuyu, Ürgüp ve Merkez ilçelerinden elde edilen çevresel gama doz hızı ortalama değerleri Nevşehir il ortalamasının üzerinde elde edilmiştir. Bu sonuç, volkanik kayalarda radyoaktivite konsantrasyonunun daha fazla olmasının bir sonucu olarak gama doz hızına katkısı diğer kayalara göre daha yüksektir.

UNSCEAR 2000'den alınan ülkeler ve Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde, açık alanda havada ölçülen gama doz hızı değerleri ve yıllık etkin doz eşdeğerleri Tablo 5.1'de verilmektedir.

**Tablo 5.1:** Nevşehir, Türkiye illeri ve çeşitli ülkelerde elde edilen gama doz hızı ve yıllık etkin doz eşdeğerleri.

Referans	Bölge	Ölçüm sayısı	Çevresel Gama Doz Hızı (nGy/saat)		YEDE (µSv)
			Ortalama	Min.-Max.	
Şimdiki çalışma	Nevşehir	445	152.05	50-480	186.47
Karahan ve Bayülken, 2000	İstanbul	35	65	32-94	79.72
Kam, 2004	Tekirdağ	169	43.27	30.3-56.2	53.07
Taşkın, 2006	Kırklareli	230	135	30-325	165.56
Ereeş ve diğ., 2006	Manisa	64	-	78.3-135.7	-
Kam ve Bozkurt, 2007	Kastamonu	60	48	36.1-84.6	58.87
Bozkurt ve diğ., 2007	Urfa	112	60.94	35-97	74.74
Değerlier, 2007	Adana	158	65.6	22.9-145	80.45
Osmanloğlu ve diğ., 2007	Gaziantep	94	50.1	22.6-154	61.44
Kam ve diğ., 2010	Çanakkale	379	66.4	15.7-192.2	81.43
Karahan, 2010	Bursa	200	90	50-310	110.38
Kurnaz ve diğ., 2011	Trabzon	222	59	12-191	72.36
Albayrak, 2011	Kırıkkale	170	121	23-320	148.39
Kapdan ve diğ., 2011	Çankırı	46	69.6	43.5-156.6	85.36
Kapdan ve diğ., 2012	Balıkesir	92	127.4	102.7-147.1	156.24
Otansev ve diğ., 2012	Kayseri	82	114.4	35.8-823	140.30
Flores ve diğ., 2008	Küba	543	59	30-103	72.36
Faanu ve diğ., 2016	Gana-Merkez	17	80	20-170	98.11
UNSCEAR, 2000	Mısır	-	32	3-93	39.24
UNSCEAR, 2000	Amerika	-	47	14-118	57.64
UNSCEAR, 2000	Çin	-	62	2-340	76.04
UNSCEAR, 2000	Hindistan	-	56	20-1100	68.68
UNSCEAR, 2000	İran	-	71	36-130	87.07
UNSCEAR, 2000	Norveç	-	73	20-1200	89.53
UNSCEAR, 2000	Fransa	-	68	10-250	83.40
UNSCEAR, 2000	Almanya	-	50	4-350	61.32
UNSCEAR, 2000	Bulgaristan	-	70	48-96	85.85
UNSCEAR, 2000	Rusya	-	65	12-102	79.72
UNSCEAR, 2000	Yunanistan	-	56	30-109	68.68
UNSCEAR, 2000	İtalya	-	74	3-228	90.75
UNSCEAR, 2000	İspanya	-	76	40-120	93.21
UNSCEAR, 2000	Dünya ortalaması	-	57	18-93	70.00

Tablo 5.1’de görüldüğü gibi, UNSCEAR 2000 raporunda, dünyanın farklı ülkelerinde yapılan çalışmalarda açık alanda belirlenen ortalama gama doz hızı 18 nGy/saat ile 93 nGy/saat arasında değişmekte olup ortalama değer 57 nGy/saat olarak verilmektedir. Nevşehir ilinin ortalama gama doz hızı Tablo 5.1’de verilen diğer tüm bölgelerden daha yüksektir.

Sonuçta; UNSCEAR 2000 raporunda da belirtildiği gibi kozmik katkıların karasal katkılara nazaran çok daha az olduğu düşünülecek olursa, Nevşehir ilinin çok büyük bir kısmının volkanik kayalar üzerine kurulu olması gama doz hızlarının neden yüksek olduğunu açıklamaktadır.

## 5.2. NEVŞEHİR İLİ TOPRAK NUMUNELERİNDE BELİRLENEN $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ VE $^{137}\text{Cs}$ AKTİVİTE KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Nevşehir il genelinde 0-10 cm derinlikten alınan 323 adet toprak numunesinde belirlenen  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları bölgeden bölgeye farklılıklar göstermektedir.

**Tablo 5.2:** Nevşehir ili toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonlarının ilçelere göre ortalamaları.

İlçe	Numune Sayısı	Ortalama Aktivite Konsantrasyonu (Bq/kg)			
		Ra-226	Th-232	K-40	Cs-137
Acıgöl	23	61.82	70.54	792.25	9.95
Avanos	34	50.98	54.18	703.81	7.8
Derinkuyu	15	45.13	52.82	652.07	4.77
Gülşehir	71	50.98	55.93	722.34	7.66
Hacıbektaş	48	36.36	46.44	637.69	11.06
Kozaklı	40	40.78	31.24	553.78	8.4
Merkez	39	60.72	67.44	786.88	4.08
Ürgüp	53	52.35	58.08	734.45	6.18
<b>İl Geneli</b>	<b>323</b>	<b>49.89</b>	<b>54.58</b>	<b>697.91</b>	<b>7.49</b>

Tablo 5.2'den de görüldüğü gibi, Nevşehir ili toprak numunelerinden elde edilen  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları, Acıgöl, Gülşehir, Merkez ve Ürgüp ilçelerinde il ortalama konsantrasyonlarının üzerinde elde edilmiştir. Avanos ilçesinde ise  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları il ortalama konsantrasyonlarının üzerinde elde edilirken  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonu il ortalamasının altında elde edilmiştir. Acıgöl, Hacıbektaş, Kozaklı, Avanos ve Gülşehir ilçelerinde  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları il ortalama konsantrasyonunun üzerindedir.

UNSCEAR 2000 raporunda,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonlarının dünya ortalama değerleri sırasıyla 35, 30 ve 400 Bq/kg olarak verilmiştir. Nevşehir ili toprak numunelerinde elde edilen ortalama  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu (min.-max.) sırasıyla 49.89 (7.40-193.90) Bq/kg, 54.58 (2.80-122.50) Bq/kg ve 697.91 (37.67-1370.20) Bq/kg'dır.

Volkanik oluşumun üzerine kurulu olan Nevşehir ilinin, ilçe ortalamalarının tamamı dünya ortalama değerlerinin üzerinde tespit edilmiştir. Toplam 323 toprak numunesinden 92 tanesi  $^{226}\text{Ra}$  için, 32 tanesi  $^{232}\text{Th}$  için ve 21 tanesi  $^{40}\text{K}$  için dünya ortalama değerlerinin altında tespit edilmiştir.

Literatürde, toprak numunelerinde doğal radyoaktivite seviyelerinin belirlendiği pek çok çalışma bulunmaktadır. Tablo 5.3'te farklı ülkelerin ve Türkiye'nin çeşitli bölgelerinin toprak örneklerinde belirlenmiş olan  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$ 'un aktivite konsantrasyonları verilmektedir.

**Tablo 5.3:** Nevşehir, Türkiye'nin ve diğer ülkelerin çeşitli bölgelerinin topraklarında  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları.

Referans	Bölge	Numune sayısı	Ortalama Konsantrasyonu (Bq/kg)				
			$^{238}\text{U}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	$^{137}\text{Cs}$
Şimdiki çalışma	Nevşehir	323	-	49.89	54.58	697.91	7.49
Karahan, 1997	İstanbul	105	21	-	37	342	16.50
Kam, 2004	Tekirdağ	40	25	36	39	579	5.17
Merdanoğlu, 2004	Çanakkale Kestanbol	9	115	-	192	1207	0.37-36
Günaydı, 2004	İzmir-Dikili	5	78.60	118.40	129	910	-
Taşkın, 2006	Kırklareli	177	25.43	36.50	39.86	667	8
Ereeş ve diğ., 2006	Manisa	64	28.50	-	27	340	-
Bozkurt ve diğ., 2007	Urfa	45	20.80	-	24.95	298.60	9.08
Osmanlıoğlu ve diğ., 2007	Gaziantep	39	25.20	-	23.70	289.20	8.02
Kam ve Bozkurt, 2007	Kastamonu	10	32.93	-	27.17	431.43	8.02
Değerler ve diğ., 2008	Adana	38	17.60	22.35	21.10	297.50	6.80
Belivermiş ve diğ., 2008	Trakya Bölgesi	73	22.30	32.09	24.71	509	32.74
Şahin ve Cavas, 2008	Kütahya	20	33	-	32	255	-
Celik ve diğ., 2008	Giresun	48	-	33	43	733	318
Çelik ve diğ., 2009	Ordu	30	-	58.64	46.11	580.91	136.12
Karahan, 2010	Bursa	50	23.10	55.90	32.10	430	5.40
Kam ve diğ., 2010	Çanakkale	12	94.55	-	110.40	1273	19.39
Baldık ve diğ., 2011	Karabük	23	-	21	23.50	363.50	-
Kurnaz ve diğ., 2011	Trabzon	222	41	-	35	437	21
Albayrak, 2011	Kırıkkale	84	-	20.90	38.10	577.30	3.60
Kapdan ve diğ., 2011	Çankırı	48	17.70	-	22.30	357	4.10
Otansev ve diğ., 2011	Kayseri	82	35.51	-	37.27	429.66	11.53
Bakkal, 2012	Kilis	25	20.97	-	-	205.14	-
Yalçın ve diğ., 2012	Erzincan	42	8.93	-	11.39	281.94	9.52
Kapdan ve diğ., 2012	Balıkesir	70	37.60	-	54.70	674.50	3.40
Ergül ve diğ., 2013	İzmit koyu-sediment	21	-	18	-	568	21
Atlas, 2015	Edirne	90	-	39.74	55.84	407.12	-
Otansev ve diğ., 2016	Marmara Sea-sediment	9	18.80	23.80	23.02	558.60	9.14
Gören ve diğ., 2017	Sivas-Kangal	110	-	37	17	222	-
Al-Jundi, 2002	Ürdün-Russaifa	8	178.90	-	18.56	207.90	-
Akthar ve diğ., 2004	Pakistan-Lahore	125	25.80	-	49.20	561.60	-
Faheem ve diğ., 2008	Pakistan-Punjab	41	-	39	47.17	569	-
El-Taher, 2011	Suudi Arabistan	35	-	23.30	32.69	157	-
Agbalagba ve Onoja, 2011	Nijer Deltası	20	-	20	20	180	-
Faanu ve diğ., 2016	Gana-Merkez	14	65.10	-	71.80	1168.30	-
Alazemi ve diğ., 2016	Kuveyt	181	18	-	15	385	-
UNSCEAR 2000	Dünya ortalaması	-	35	35	30	400	-

Tablo 5.3 incelendiğinde, Nevşehir ili toprak numunelerinin,  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonu, İzmir-Dikili ve Bursa illeri hariç, diğer il ve ülkelerin konsantrasyonlarından yüksektir.  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonu Türkiye'nin Çanakkale, Çanakkale-Kestanbol, İzmir-Dikili, Balıkesir, Edirne illerinin ve Gana ülkesinin konsantrasyonlarından düşük, diğerlerinden yüksektir.  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu Türkiye'nin Çanakkale, Çanakkale-Kestanbol, İzmir-Dikili, Giresun illeri ve Gana ülkesi hariç, diğerlerinden yüksektir.

Fisyon ürünü olan ve doğada nükleer silah denemeleri ve nükleer kazalar sonucu ortaya çıkarak atmosfere yayılan ve çevre kirlenmesine neden olan radyoaktif  $^{137}\text{Cs}$  elementi ile ilgili bir Dünya ortalaması ile karşılaşılmamıştır. Ancak insan sağlığı açısından bir tehdit oluşturduğu için pekçok çalışmaya konu olmuştur.

Nevşehir ili toprak numunelerinde  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonu 0.10-52.60 Bq/kg aralığında elde edilmiştir. Tablo 5.3'te çeşitli ülkelerin  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları ile Nevşehir ilinin  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonunu karşılaştırdığımızda; Nevşehir ilinin  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonunun Çernobil kazasından etkilenen İstanbul, Giresun, Ordu, Trabzon, Çanakkale, Trakya bölgesi, Kastamonu, Urfa, Gaziantep, Erzincan, Kayseri illeri ve Marmara Denizi sediment numunelerinden elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür.

### **5.3. NEVŞEHİR İLİ TOPRAK NUMUNELERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Toprak çevre bileşeni olarak çok önemlidir. Çünkü insan faaliyetlerinin sürdürülebilmesi için gerekli olan bileşenlerin başında mekân gelir. Ayrıca besin maddelerinin tamamı toprakta yetişir ve evcil hayvanların hemen hemen hepsi karada beslenirler. Bu nedenle insan hayatında toprağın önemi büyüktür. Toprağın kirlenmesi aynı zamanda yeraltı ve yüzey sularının da kirlenmesine neden olur.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bazı elementlerin üretiminin ve gereksinimin sürekli artış göstermesi, tarımda yüksek üretim için gübre kullanımı, bunların çevreye yayılma ve bulaşma olasılığını, dolayısıyla toprağın metal yükünü de artırmaktadır. Ağır metallerin en önemli özelliği vücuttan atılamaması ve çeşitli dokularda birikebilmesidir. Ağır metal kirliliğine bağlı

hastalıkların (Itai itai<sup>121</sup> ve Minamata<sup>122</sup> v.b.) ortaya çıkması, son yıllarda bu konuyla ilgili çalışmalarda artış göstermiştir. Yapılan çalışmalar doğaya antropojenik kaynaklı ağır metal girişinin, doğal kaynaklı girişin birkaç kat üzerinde olduğunu göstermiştir (Güner, 1994).

Çevreye verilen toksik<sup>123</sup> maddeler de doğanın dengesini bozacak düzeye ulaşmış olup su, hava ve toprak kirliliğinin başlıca nedenlerindedir. Ağır metallerin toprakta birikmesi, bitki bünyesindeki fotosentez, solunum, büyüme ve gelişme gibi birçok metabolik olayları etkilemeleri nedeniyle bitki sağlığını, bozulan besin zinciri nedeniyle de hayvan ve insan sağlığını önemli düzeyde etkilemektedir. Ayrıca solunum ve deri yoluyla da canlı bünyesine geçerek zarar vermektedirler (Asri ve Sönmez, 2006).

Aynı zamanda, ağır metaller bitkilerde ve diğer canlıların yapısında doğal olarak belirli limit değerlerde bulunan ve yapısal olarak metabolizmada çeşitli görevler üstlenen elementlerdir. Bu yüzden fazlalığında, eksikliğinde ya da hiç alınmadığında da bazı fizyolojik sorunlar ve yapısal bozukluklar gelişebilmektedir (Sossé ve diğ., 2004).

Cu, Zn, Mn, Mo ve Fe gibi ağır metaller canlılarda normal gelişim ve biyolojik işlevlerini sürdürülebilmesi için eser miktarda gereklidir. Ancak biraz fazla bulunmaları olumsuz etkiler yapmakta, özellikle enzimlerin aktif bölgelerini bloke ederek organizma da toksik etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. As, Hg, Cd ve Pb gibi gerekli olmayan ağır metaller ise düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki yaparlar.

Nevşehir'den alınan toprak numunelerinin 176'sında çoğu ağır metal olan 23 adet eser element ve bileşik analizleri yapılmış, konsantrasyonları tespit edilmiştir. Bu elementler arasında ağır metal olan As ve inorganik As bileşenleri, Cr<sup>+6</sup> bileşenleri (bu çalışmada Cr<sup>+3</sup> iyonu belirlenmiştir), Ni bileşenleri, <sup>232</sup>Th elementi WHO'nun yan kuruluşu ve bizimde üye olduğumuz IARC tarafından "Grup 1 - insanlarda kanserojen" olarak sınıflandırılırlar<sup>124</sup>.

<sup>121</sup> Çevre kirlenmesi sonucunda besin zincirine geçmiş bulunan kadmiumun, bu besinlerle sürekli olarak alınması sonucunda, vücudun önemli fonksiyonları zarara uğrar, özellikle kemiği oluşturan maddeler çözünür ve insan vücudu eğilip, bükülür. Itai-itai hastalığı denilen bu rahatsızlık insanı sonunda ölüme götürür.

<sup>122</sup> Minamata, 1956 yılında ortaya çıkan ve civa zehirlenmesinin neden olduğu nörolojik bir hastalıktır. Buna yerel bir kimya tesisinin atılmamış atık suları Minamata Körfezi'ne boşaltmasının neden olduğu bilinmektedir.

<sup>123</sup> Organizmaya girdiğinde hayati değişikliklere neden olan maddelere toksik denir. Vücutta farklı etkiler gösterebilir. Çeşitli etki mekanizmaları ile sağlığı bozar ve canlıyı ölüme kadar götürür.

<sup>124</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_1\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_1_carcinogens#Substances)

Ayrıca Co ve bileşenleri, Pb, Ni'in metalik ve alaşımları, TiO<sub>2</sub> bileşeni de IARC tarafından “Grup 2B - insanlarda olasılıkla kanserojen” olarak sınıflandırılırlar<sup>125</sup>.

Tablo 5.4'te Nevşehir ilinin toprak numunelerinde belirlenen elementlerin ortalama konsantrasyonları, bu elementlerin dünya ortalamaları, Türkiye'nin ve diğer ülkelerin çeşitli bölgelerinde belirlenen konsantrasyon değerleri ve sınır değerler verilmektedir.

Nevşehir topraklarında As, Cr, Ni, Th, Co, Pb gibi ağır metallerin ve TiO<sub>2</sub> bileşiğinin il ortalama konsantrasyonları sınır değerlerin altında elde edilmiştir. Ancak tüm toprak numunelerinin analiz sonuçları tek tek incelendiğinde, sınır değerlerin çok daha üzerinde elde edilen yerler olduğu görülmektedir. Örneğin; As elementi için Tablo 5.4'de verilen Çevre ve Orman Bakanlığı'nın Türkiye için izin verdiği sınır değer 20 mg/kg'dır. Ancak 50 yerden alınan toprak numunesinde sınır değerinin çok üzerinde konsantrasyonlar elde edilmiştir.

Bunlardan en önemlileri, Avanos ilçesi Büyük Ayhan köyünden ve köy yolu üzerinden alınan numunede sırasıyla 80 ve 370 mg/kg, Hacıbektaş ilçesi Akçataş köyünden alınan numunede 93 ve 115 mg/kg, Kozaklı ilçesi Buruncuk mah. ve Konak Otel'den alınan numunede 72 ve 124 mg/kg'dır. Ayrıca Tablo 5.4'de Nevşehir ilinin As konsantrasyonunun, diğer bölgelerle karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu da tespit edilmiştir.

Çevre ve Orman Bakanlığının Ni elementi için “pH değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırılabilir” açıklamasından dolayı 75 mg/kg olan sınır değerini Nevşehir ili için 112 mg/kg olarak alırsak sadece 2 numunede (Kozaklı ilçesi Doyduk 116 mg/kg ve Merdanali köyü 139 mg/kg) Ni konsantrasyonu yüksektir.

Cr elementi için toplam 55 yerden alınan numunenin konsantrasyonu Çevre ve Orman Bakanlığının izin verdiği sınır değer olan 100 mg/kg'ın üzerinde olup en yüksek konsantrasyon Ürgüp ilçesi Akköy(2)'de 713.2 mg/kg olarak elde edilmiştir. Nevşehir ilinin Cr konsantrasyonu diğer bölgelerle karşılaştırıldığında Maraş ve Bartın'dan daha yüksektir.

<sup>125</sup> [http://www.wow.com/wiki/List\\_of\\_IARC\\_Group\\_2B\\_carcinogens#Substances](http://www.wow.com/wiki/List_of_IARC_Group_2B_carcinogens#Substances)

**Tablo 5.4:** Türkiye'nin ve diğer ülkelerin çeşitli bölgelerinin topraklarında element konsantrasyonları ve sınır değerler (mg/kg).

Analit	Neşehir	Maraş	Bartın	Mersin	Adana	Gebze	Türkiye	A	B	C	D	E	F	G	H	L	M	N
As	18.80	12.76	9.65	14.50	-	9.53	20	4.70	3.80	-	-	7.20	10.38	15-20	10-65	7.5	2.5	50
Ba	396.32	117	319.92	263.10	394.73	-	200	362	608	350	-	580	-	-	400-600	-	-	-
Ce	50.21	14.56	47.98	64.90	-	-	-	49	60	52	89	75	-	-	-	-	-	-
Co	12.72	16.23	27.47	26.40	354.28	-	20	6.90	7.10	18	17	9.10	5-40	20-50	30-100	-	-	-
Cr	86.03	53.34	85.57	239.60	136.10	118	100	42	22	58	86	54	<100	50-200	50-450	42.0	8.7	10
Cu	20.15	10.99	44.55	40	-	95.88	140	14	17	48	109	25	22	60-150	60-500	14.0	7.6	150
Ga	13.66	3.51	12.55	12.60	-	-	-	1.20	8.90	20	31	17	-	-	-	-	-	-
La	47.22	8.70	16.77	26.40	-	-	-	26	33	23	34	37	-	-	-	-	-	-
Mn	680.23	241	682.87	787.90	-	1824	-	418	411	-	535	550	-	-	-	-	-	-
Ni	36.42	55.39	42.57	165.10	-	-	75	18	13	26	25	19	35	20-60	75-150	18.0	4	100
Nb	16.54	4.50	9.43	12.40	43.10	-	-	12	12	10	25	11	-	-	-	-	-	-
Pb	27.51	10.84	30.49	24.30	91.43	246	300	25	18	24	22	19	13-42	20-300	50-300	25.0	9.5	100
Rb	99.56	12.61	76.63	64.30	-	-	-	50	116	70	18	67	-	-	-	-	-	-
Sr	291.60	232	176.53	332.40	79.70	-	-	147	163	190	-	240	-	-	-	-	-	-
Th	16.09	2.84	7.88	8.60	-	-	-	8.20	8.10	9	11	9.40	-	-	-	-	-	-
U	6.34	10.61	3.20	2.90	-	-	5	3.70	4.40	1.90	2.90	2.70	-	-	-	-	-	-
V	55.04	74.21	100.62	105.50	-	-	-	60	69	180	320	80	-	150	100-340	-	-	-
Y	24.64	5.99	19.57	24.80	-	-	-	12	27	21	27	25	-	-	-	-	-	-
Zn	61.26	24.86	116.63	87.90	70.70	632	300	62	65	89	73	60	<3-790	100-300	200-1500	62.0	22	250
Zr	138.21	32.20	162.49	157.20	-	-	-	300	308	92	421	230	-	-	-	-	-	-

Kahramanmaraş-Afşin Elbistan (Sutcu ve Karayığıt, 2015).

Bartın, Mersin (TAEK Teknik Rapor, 2015).

Adana-Seyhan (Yalcın ve diğ., 2010).

Gebze (Yaylalı-Abanuz, 2011).

Türkiye (Resmî Gazete, 2005).

A - Dünya Ortalaması (Kabata-Pendias ve Pendias, 1999-2001).

B - İsveç (Eriksson, 2001a).

C - Japonya (Takeda ve diğ., 2004).

D - Parana State (Brezilya) (Licht, 2005).

E - U.S. (Burt ve diğ., 2003; Shacklette ve Boerngen, 1984).

F - Çin (He ve diğ., 2005).

G - Maksimum İzin Verilebilir Konsantrasyon Aralığı (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007)

H - Bazı Avrupa Ülkelerinde Önerilen Konsantrasyon Aralığı (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

L - Dünya Ortalaması (Alloway, 2013).

M - Yeni Zelanda (Martin ve diğ., 2017).

N - Finlandiya Alt Sınır Değerler (Ministry of the Environmental, Finland, 2007).

Co elementi için 13 adet toprak numunesinden elde edilen konsantrasyonlar Çevre ve Orman Bakanlığının izin verdiği sınır değer olan 20 mg/kg'ın üzerinde olup en yüksek değer 31.3 mg/kg ile Derinkuyu Kuyulutatlar'dan elde edilmiştir.

Tablo 5.4 incelendiğinde, Nevşehir'in toprak numunelerinde hem uranyum hem de toryum konsantrasyonları diğer ülkelerin ortalamalarından daha yüksektir. Toplam 176 numuneden 55'inde uranyum konsantrasyonu Türkiye'de mücadele edilen değer olan 5 mg/kg'ın altında elde edilmiştir. Toprak numunelerin çoğunda uranyum ve toryum konsantrasyonunun yüksek olmasının nedeni, bölgenin volkanik kayalar üzerinde bulunmasından kaynaklanmaktadır.

Hacıbektaş ve Kozaklı ilçelerinden elde edilen numunelerde sınır değerleri aşan element konsantrasyonları diğer ilçelere nazaran daha çoktur.

Ayrıca Nevşehir ili toprak numunelerinde konsantrasyonları belirlenen major bileşiklerle ilgili de literatürde yapılmış bazı çalışmalar mevcut olup bunlar Tablo 5.5'de verilmiştir.

**Tablo 5.5:** Nevşehir ili toprak numunelerinde major bileşiklerin konsantrasyonları ve Türkiye'nin farklı illeri ile İtalya'daki değerlerin karşılaştırılması.

Referans	Bölge	CaO (µg/g)		TiO <sub>2</sub> (µg/g)		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (µg/g)	
		Min.-Max.	Ort.	Min.-Max.	Ort.	Min.-Max.	Ort.
Şimdiki Çalışma	Nevşehir	7719-673954	100829	897-22093	8013	9971-89791	40769
Cetiner ve diğ., 2011	Hantepe Plajı	19600-41500	33067	17300-25600	20067	595400-778200	679833
Cetiner ve diğ., 2011	Tuzla Kaplıca	503500-508600	506050	-	-	211700-257000	234350
TAEK Teknik Rapor, 2015	Mersin	5070-762872	234102	2700-51008	14240	22890-160046	66160
TAEK Teknik Rapor, 2015	Karabük	4748-867405	138372	626-18251	10324	2572-82679	47683
TAEK Teknik Rapor, 2015	Bartın	9157-251703	85602	7078-28730	12359	31703-82857	53832
TAEK Teknik Rapor, 2017	Antalya	3806-617911	178134	3774-37510	12306	26826-105068	64458
TAEK Teknik Rapor, 2017	Karaman	7340-741099	321227	3487-17418	8467	18430-117774	47680
Capaccioni ve diğ., 2012	İtalya-Latera	5900-80200	51521	4400-8300	6129	3500-88800	49064
Capaccioni ve diğ., 2012	İtalya-Bolsena	32100-169400	62825	4900-8200	5888	38300-76200	51963

Tablo 5.5 incelendiğinde, Nevşehir ili toprak numunelerinde belirlenen CaO bileşiğinin konsantrasyonu, Çanakkale Hantepe Plajı, İtalya-Latera ve Bolsena bölgesinden alınan topraklardaki CaO konsantrasyonundan daha yüksek, Çanakkale Tuzla Kaplıcası, Mersin, Karabük, Antalya ve Karaman'dan daha düşüktür.

Nevşehir topraklarında TiO<sub>2</sub> bileşiğinin konsantrasyonu, sadece İtalya-Latera ve Bolsena bölgesindeki TiO<sub>2</sub> konsantrasyonundan yüksek, Çanakkale Hantepe Plajı, Mersin, Karabük, Antalya ve Karaman'ın konsantrasyonundan düşüktür. Nevşehir'in Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> konsantrasyonu ise tüm bölgelerin konsantrasyonlarından daha düşüktür.

Sonuçta; Nevşehir ilinin ekonomisi geniş ölçüde tarım ve hayvancılığa dayanır. Bölgenin doğal yapısı nedeniyle sit alanlarının fazla olması sanayi sektörünün daha yavaş gelişmesine neden olmaktadır. Bölgede büyük fabrikalar bulunmamaktadır. Bölge jeolojisi nedeniyle yaygın volkanizma önemli pomza, perlit, kaolen ve kum-çakıl yataklarının oluşumuna neden olmuştur<sup>126</sup>. Dolayısıyla bölgeden alınan toprak numunelerinde bazı eser element ve ağır metal konsantrasyonlarının yüksek olması bölgenin jeolojik yapısının bir sonucudur.

#### **5.4. NEVŞEHİR İLİ SU NUMUNELERİNDE TOPLAM ALFA VE TOPLAM BETA AKTİVİTE KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Su, canlı yaşamının en önemli kaynağı olup, yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarından temin edilmektedir. İçme sularının büyük çoğunluğunu toprak ve kaya derinliklerinden çıkan yeraltı kaynakları oluşturmaktadır. Bu yeraltı suları yüzeye çıkarken, kayalarla temas ettiklerinde çözdükleri bazı maddeleri de kendileri ile birlikte taşırlar. Toprak ve kayalarda yüksek konsantrasyonlarda <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K gibi radyonüklidler bulunması suların radyoaktif olmasına neden olmaktadır. Geçtikleri yerlerdeki radyoaktif elementlerin konsantrasyonlarına bağlı olarak suların radyoaktiviteleri değişmektedir.

Genellikle volkanik kayalardan geçen sular, tortul kayalardan geçen sulara nazaran daha aktif olmaktadır (Damla, 2005; Taşkın, 2006).

Sularda bulunan özellikle alfa ve beta parçacıkları iç radyasyon tehlikesi oluşturmaları açısından çok önemlidir. ICRP (1977) tarafından radyasyonun stokastik etkileri için bir eşik dozu bulunmadığı ve büyük halk kitlelerinin küçük de olsa sürekli olarak radyasyona maruz kalmasının toplum sağlığını olumsuz yönde etkileyebileceği görüşü kabul edilmiştir. Dolayısıyla insanların maruz kalabileceği küçük dozların bilinmesi amacıyla yönelik olarak içme sularındaki radyoaktivite ölçümü çalışmaları yıllardır yapılmaktadır (Asikainen ve Kahlos, 1980; Malanca ve diğ., 1998; Taşkın, 2006).

Nevşehirde yaşayan insanların sulardan kaynaklanan maruziyetlerini tespit edebilmek için, 267 noktadan su numunesi alınmış, toplam alfa ve beta aktivite konsantrasyonları tespit edilmiştir. Bu numuneler arasında, çoğunlukla sulama amaçlı kullanılan Kızılırmak, Karaburna Gölü,

<sup>126</sup> [http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/nevsehir\\_icdr2011.pdf](http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/nevsehir_icdr2011.pdf)

Ayhanlar Barajı ve Uçhisar kuyu suyu ile ayrıca ilin kuzeyinde bulunan, kaplıca bölgesi olarak bilinen ve sağlık sektörüne hizmet eden, Kozaklı ilçesinin birkaç tesisinden alınan kaplıca suyu bulunmaktadır.

Bu çalışmada, su numunelerinde, toplam alfa aktivitesi için 0.5 Bq/L, toplam beta aktivitesi için ise 1.0 Bq/L değerleri izleme sınır değeri olarak kullanılmıştır. Bu değerler, Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 17/02/2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”te ve 2006 yılında yayımlanan “Guidelines for Drinking-water Quality, First Addendum, Volume 1, Recommendations, Third Edition” adlı içme suyu kalitesi ile ilgili kılavuzun 9. Bölümünde (Radiological aspects) verilmektedir. 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 edilmekte, bu aktivite değerleri üzerindeki sular için ileri inceleme yapılarak toplam gösterge dozunun hesaplanması tavsiye edilmektedir<sup>127</sup>.

Sularda tespit edilen toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyon aralıkları 0.03-3.800 Bq/L ve 0.04-1.486 Bq/L olup il ortalamaları da 0.179 ve 0.216 Bq/L’dir. İl ve ilçe ortalama değerleri olarak hem toplam alfa hem de toplam beta aktivite konsantrasyonları limit değerlerin altında elde edilmiştir.

Ancak su numunelerinin analizleri tek tek incelendiğinde, 17 su numunesinde toplam alfa, 5 su numunesinde de toplam beta aktivite konsantrasyonları limit değerlerin çok üzerinde elde edilmiştir (Tablo 5.6). Toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonlarındaki bu anomali bölgenin volkanik yapısının doğal bir sonucudur.

Yüksek sıcaklık ve iyon içeriği ile volkanik özellikleri Kozaklı suyunu Türkiye ve dünyada en önemli termal sulardan biri konumuna getirmiştir. Su sıcaklığı 27°C ve 93°C arasında değişmekte olup Alman Kaplıcaları Birliği sınıflamasına göre A ve C grubu şifalı sular grubuna girmektedir. Kozaklı’nın termal suları romatizmadan eklem bozukluklarına, çocuk felcinden anemiye, kadın hastalıklarından obeziteye, solunum yolu hastalıklarından kalp hastalıklarına kadar geniş tedavi portföyüne sahiptir<sup>128</sup>.

<sup>127</sup> <http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/184-radyasyonla-birlikte-yasiyoruz/501-dogal-radyasyon-kaynaklari.html>.

<sup>128</sup> <http://www.ntso.org.tr/nevsehir/nevsehirinsosyoekonomikyapisi>

**Tablo 5.6:** Toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonlarının limit değerlerin üzerinde elde edildiği ilçe ve köylere ait değerler.

İlçe	Alındığı yer	Ortalama Aktivite Konsantrasyonu (Bq/L)	
		Alfa	Beta
Acıgöl	Ağıllı2	0.590	-
Avanos	Büyük Ayhan2	0.586	-
Avanos	Kuyulukışla2	0.506	-
Gülşehir	Ovaören2	0.604	-
Gülşehir	Yalıntaş2	0.536	-
Gülşehir	Emmiler	-	1.010
Hacıbektaş	Avuçköy3	0.550	-
Hacıbektaş	Çiğdem3	0.530	-
Hacıbektaş	Hırkatepesidelik1	0.534	-
Hacıbektaş	İlicecekler1	1.041	-
Hacıbektaş	İlicecekler2	0.650	-
Hacıbektaş	Karaburna3	0.610	-
Hacıbektaş	Mikail2	1.303	-
Kozaklı	Karahasanlı2	0.753	-
Kozaklı	Konak Otel-kaplıca	0.790	-
Kozaklı	Belediye-kaplıca1	2.494	1.486
Kozaklı	Belediye-kaplıca2	3.800	1.240
Merkez	Alacaşar3	0.500	-
Merkez	Uçhisar-kuyu suyu	-	1.310
Ürgüp	Sarıhıdır4	-	1.029

TAEK tarafından Türkiye'deki kaplıçalarda yapılan çalışmalarda, Nevşehir Kozaklı ilçesi Yapı-Sel Kaplıca Kür Oteli'nde de radyolojik ölçümler yapılmıştır. Toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonu  $2.27 \pm 0.18$  ve  $1.26 \pm 0.10$  Bq/L elde edilmiş olup toplam alfa ve toplam beta aktivite değer aralıkları da sırasıyla 0.018-54.2 Bq/L ve 0.024-37.7 Bq/L'dir. Bu raporda, ayrıca kaplıca sularının kürler halinde tedavi amaçlı içme suyu olarak da kullanıldığından bahsedilmektedir (TAEK Teknik Rapor, 2014).

Türkiye'nin diğer illerinde ve farklı ülkelerde de sular için yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Literatürde yapılan bu çalışmalardan bazıları Tablo 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.7 incelendiğinde, bu çalışmada ve diğer çalışmalarda belirlenmiş olan toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları sınır değerlerin altında kalmaktadır.

Nevşehir il ortalamasını diğer çalışmalarla karşılaştırdığımızda, toplam alfa aktivite konsantrasyonunun Çankırı ili ve Kanada'da belirlenen konsantrasyonların altında, diğer illerin ise üzerinde olduğu görülmektedir.

Toplam beta aktivite konsantrasyonu ise Kastamonu, Kırıkkale, Çankırı, Gana Adentan ile Abokobi, Ürdün-Amman ve Marmara Denizinde elde edilen konsantrasyonlardan daha düşüktür.

**Tablo 5.7:** Nevşehir, Türkiye'nin ve diğer ülkelerin çeşitli bölgelerinin sularında toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonları.

Referans	Bölge	Numune sayısı	Sularda Ortalama Konsantrasyonlar	
			Alfa (Bq/L)	Beta (Bq/L)
Şimdiki çalışma	Nevşehir	267	0.179	0.216
Karahan, 1997	İstanbul	23	0.0228	0.0664
Kam, 2004	Tekirdağ	32	0.040	0.050
Taşkın, 2006	Kırklareli	220	0.0405	0.1010
Bozkurt ve diğ., 2007	Urfa	53	0.0380	0.1324
Damla, 2005	Doğu Karadeniz	27	0.00717	0.09390
Damla ve diğ., 2006	Giresun	7	0.0714	0.0971
Damla ve diğ., 2006	Rize	7	0.0083	0.0828
Damla ve diğ., 2006	Trabzon	11	0.0065	0.1008
Değerlier, 2007	Adana	30	0.0096	0.086
Kam ve Bozkurt, 2007	Kastamonu	10	0.0089	0.2710
Osmanlıoğlu, 2007	Gaziantep	72	0.0493	0.1284
Küçükömeroğlu ve diğ., 2009	Bayburt	4	0.063	0.039
Kam ve diğ., 2010	Çanakkale	8	0.0599	0.0841
Albayrak, 2011	Kırıkkale	85	0.170	0.230
Otansev ve diğ., 2016	Marmara denizi	18	0.042	13.402
Kapdan ve diğ., 2011	Çankırı	23	0.250	0.260
Yalçın ve diğ., 2012	Erzincan	47	0.0477	0.1040
Sajo-Bohus ve diğ., 1997	Venezuela	25	0.120	-
Zikovsky, 2006	Kanada-Quabec	236	0.211	-
Marbaniang, 2011	Hindistan-Domiasiat Alanı	171	0.090	max 0.56
Al-Amir ve diğ., 2012	Ürdün-Amman	8	0.096	0.251
Nguelem ve diğ., 2013	Gana-Adentan	10	0.034	0.501
Nguelem ve diğ., 2013	Gana-Abokobi	16	0.066	0.470
Darco ve diğ., 2015	Gana-Kuzey Tano	40	0.021	0.094
Faanu ve diğ., 2016	Gana-Merkez	16	0.0032	0.0338

Sonuçta; Nevşehir ilinin bazı içme suyu ve kaplıca sularında belirlenen yüksek konsantrasyon değerleri ve şehir şebeke suyunun yanında kaplıca sularının da tedavi amaçlı içilmesi, kullanım miktarına bağlı olarak insanların sağlığında olumsuz etkilere neden olabilir. Dolayısıyla bu numunelerin ileri analizleri yapılarak toplam gösterge dozlarının hesaplanması ve elde edilen sonuçlara göre de önlemlerin alınması için yetkililerin bu konuda bilgilendirilmesi gerekmektedir.

## 5.5. NEVŞEHİR İLİ SU NUMUNELERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Nevşehir ili, jeolojik yapısı nedeniyle akarsu bakımından fakirdir. İlin en büyük akarsuyu Kızılırmak, Avanos ilçesinden Gülşehir ilçesine doğru şehri ikiye bölen, bir tarafında volkanik diğer tarafında strüktürel yaylalar olan geniş bir vadi içinden akmaktadır. Arazi yapısı nedeniyle çok su kaybetmektedir. Dolayısıyla, Nevşehir'in içme suyu belediyelerce açılan yeraltı kuyularından ve birkaç göletten (yüzey suyu) temin edilmektedir. Bu yeraltı sularının içerdiği mineraller, içerisinde hareket ettiği ya da depolandığı kayaların kimyası ile yakından ilgilidir. Nevşehir bölgesi genel olarak volkanik kayalardan oluşmaktadır. Kayaları oluşturan mineral ve elementler hatta ağır metaller erime ve çözünme ile suların bünyesine geçmektedirler (Atabey, 2015).

İnsanlar, hayati önemi olan suları tüketerek bu mineral ve ağır metalleri bünyesine alırlar. En tehlikeli olarak bilinen ağır metallerin başında As, Fe, Hg, Cr, Pb, Cu, Ni, Cd, Zn, Mn, Se ve Co gelir. Bu metallere Cd, Cr<sup>+6</sup>, Hg ve Pb canlılar için mutlak gerekli olmayıp, eser miktarları bile toksik etki gösterirken, Cu, Cr<sup>+3</sup>, Fe, Mn, Mo, Ni ve Zn ise canlılar için belli bir doza kadar gereklidir. Ağır metallerin büyük bir bölümü, biyolojik organizmalarda birikir ve etkili miktarlara ulaştıklarında ciddi hastalıklara hatta ölümlere neden olabilirler (Yaşar, 2009).

Bu çalışmada Nevşehir ilini temsil edecek şekilde alınan su numunelerinin 139'unda çoğu ağır metal olmak üzere 23 adet eser elementin (Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Th, U ve Zn) kantitatif (nicel) analizleri gerçekleştirilmiştir.

Nevşehir ili ile Türkiye'nin bazı illeri ve farklı ülkelerin sularında tespit edilen eser element/ağır metal konsantrasyonları, içme sularında müsaade edilen standartlar ile birlikte Tablo 5.8'de verilmektedir.

As ağır metal elementi, 139 su numunesinin 69'unda sınır değerinin üzerinde elde edilmiştir. As ve inorganik As bileşenleri, WHO'nun yan kuruluşu IARC tarafından "Grup 1- insanlarda kanserojen" olarak sınıflandırılırlar. Dolayısıyla sınır değerinin üzerinde elde edilen bu numunelerin içme suyu olarak kullanılması sakıncalıdır. Atabey (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, Nevşehir bölgesindeki volkanik kayaların inorganik arsenik içerdiği ve bunların yeraltı sularında zenginleştiğinden bahsedilmektedir. Nevşehir bölgesinde içme ve kullanma

suları genellikle kuyulardan temin edildiği için sulardaki As konsantrasyonu da yüksek elde edilmektedir.

WHO'nun yan kuruluşu IARC tarafından Ni bileşenleri “Grup 1 - insanlarda kanserojen” ve Ni'in metalik ve alaşımları da “Grup 2B - insanlarda olasılıkla kanserojen” olarak sınıflandırılırlar.

Nevşehir ilinin genelinden elde edilen sonuçlara bakıldığında; Acıgöl ilçesi Merkez (3) olarak alınan su numunesinin As, Ni ve Mn ağır metalleri açısından içme suyu olarak kullanılması sakıncalıdır. Pb elementi de IARC tarafından “Grup 2B - insanlarda olasılıkla kanserojen” olarak sınıflandırılmaktadır. Nevşehir ili Kozaklı ilçesi Abdi (2) köyünden alınan su numunesinde Pb konsantrasyonu sınır değerinin üzerinde elde edilmiş olup içme suyu olarak kullanılması sakıncalıdır.

Su numuneleri arasında sadece bir element değil birkaç element açısından da içilmesi sakıncalı olan numuneler çoğunluktadır. Örneğin; Gülşehir ilçesi Gümüşyazı (1) köyünden alınan su numunesinde As, Ag, Al, Fe, Hg, Hacıbektaş ilçesi Kütükçü (1) köyünden alınan su numunesinde Al, Fe, Hg konsantrasyonları sınır değerlerin üzerinde elde edilmiş olup içilmesi sakıncalı olan su numuneleridir.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın “Nevşehir İli 2013 Yılı Çevre Durum Raporu” başlıklı 2014 yılında yayınladığı raporda; içme ve kullanma suyunun yeraltı su kaynaklarından karşılandığı ifade edilmiştir<sup>129</sup>. Dolayısıyla evlerde içme suyu olarak kullanılan şehir şebeke suyu da aslında yeraltı su kaynaklarından sağlanmaktadır.

Sonuçta; volkanik kayaların üzerine kurulu olan ve içme suyu olarak yeraltı su kaynaklarının kullanıldığı Nevşehir ilinde genel olarak içme sularında element konsantrasyonlarının yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle, As konsantrasyonunun çok yüksek olduğu uzun zamandır bilinmektedir. Bu nedenle, pek çok köyde arıtma cihazı kullanılmaktadır. Ancak arıtma cihazlarının As konsantrasyonunu sınır değerinin altına düşürmede yeterli olmadığı da görülmektedir. Belki de birden fazla arıtma cihazlarının kullanıldığı, zircirleme sistemlerle As konsantrasyonu müsaade edilen sınır değerlerinin altına indirilebilir.

<sup>129</sup> [http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Nevşehir\\_icdr.2013.pdf](http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Nevşehir_icdr.2013.pdf)

**Tablo 5.8:** Türkiye' nin ve diğer ülkelerin çeşitli bölgelerinin sularında element konsantrasyonları ve içme suyu standartları.

Analit	Sularda Ağır Metal ve Eser Element Konsantrasyonları (µg/L)										İçme Suyunda Eser Element/Ağır Metal Standartları (µg/L)					
	Neveşehir	Kocaeli Dilovası	Batı Anadolü Bakırçay	Mersin	Karabük	Bartın	Antalya	Yunanistan Perdikas	İtalya	Hindistan Bhongiri	TS 266 (2005)	WHO (2011)	EPA (2012)	Canada (2012)	EC (2014)	BIS (1993)
Ag	11.45	-	-	1.53	58.35	-	7.69	-	0.026	-	-	100 (1993)	100	-	-	-
Al	34.23	-	-	90.10	46.03	7.55	9.80	-	16.6	-	200	200	200	200	200	-
As	37.05	6.01	-	-	29.42	-	7.06	0.62	0.9	1.93	10	10	10	10	10	50
Ba	86.61	-	-	26.26	36.67	74.11	33.06	103	75.6	-	-	700	2000	1000	-	-
Be	0.62	-	-	0.61	-	0.12	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-
Cd	0.71	0.19	1.7	0.61	-	-	-	-	0.04	1.02	5	5	5	5	5	10
Co	1.84	177.60	-	1.73	-	-	-	0.82	0.04	0.96	102	-	-	-	-	-
Cr	1.85	0.06	1.3	1.96	1.17	-	5.96	14.5	0.47	39.90	50	50	100	50	50	50
Cs	29.58	-	-	-	-	-	-	-	0.14	-	-	-	-	-	-	-
Cu	7.05	5.85	3.00	11.30	18.45	8.92	4.85	-	10.8	19.68	2000	2000	1300	1000	2000	50
Fe	32.45	-	2.87	96.58	63.34	32.57	3.99	1255	8.5	439.72	200	300 (2004)	300	300	200	300
Hg	9.67	0.30	-	-	3.86	10.52	4.36	-	<5	-	1	6	2	1	1	1
K	6073.75	-	-	528.36	-	-	-	3061	2600	6471.46	12000	10000 (2004)	-	-	-	-
Mg	19222.5	-	-	8622.86	-	-	-	-	14100	40569.43	50000	30000 (2004)	-	-	-	30000
Mn	5.30	305.10	1.453	2.83	1.95	2.18	2.36	-	2300	147.52	50	100 (2004)	50	50	50	100
Ni	3.41	8.58	8.62	4.65	14.85	4.08	2.33	-	0.69	13.44	20	70	-	-	20	3000
Pb	6.77	4.41	-	7.01	-	-	-	-	0.48	14.44	10	10	15	10	10	100
Sb	17.01	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-	5	20	6	6	5	-
Se	12.42	-	-	-	-	-	-	-	0.34	-	10	40	50	10	10	10
Sr	810.00	-	-	286.60	-	-	275.34	471	450	-	-	-	-	-	-	-
Th	19.06	-	-	-	-	-	-	-	0.002	-	-	-	-	-	-	-
U	14.94	-	-	-	-	-	-	5.8	1.1	-	-	-	-	-	-	-
Zn	135.66	8.19	1.173	54.86	114.01	113.91	95.53	51.4	89.7	1286.06	3000	3000	5000	5000	5000	5000

Kocaeli - Dilovası (Bingöl ve diğ., 2013)

Batı Anadolü Bakırçay (Şaç ve diğ., 2012)

Mersin, Karabük, Bartın (TAEK Teknik Rapor, 2015)

Antalya (TAEK Teknik Rapor, 2017)

Yunanistan- Perdikas (Noli and Tsanos, 2016)

İtalya (Dinelli ve diğ., 2012)

Hindistan -Bhongiri (Chammaiah ve diğ., 2014)

## 5.6. NEVŞEHİR İLİ SU NUMUNELERİNDE BELİRLENEN ANYON KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Nevşehir ilini temsil edecek şekilde alınan 267 adet su numunesinin 139 tanesinde anyon (Florür ( $F^{-1}$ ), Klorür ( $Cl^{-1}$ ), Nitrit ( $NO_2^{-1}$ ), Bromür ( $Br^{-1}$ ), Nitrat ( $NO_3^{-1}$ ), Sülfat ( $SO_4^{-2}$ ) ve Fosfat ( $PO_4^{-3}$ ) konsantrasyonları belirlenmiş ve standart değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu iyonların sulara karışmasında kayaların yapısından kaynaklanan doğal oluşumların yanısıra en genel sebepler olarak sanayileşme ve kentleşme, dolayısıyla endüstriyel atıklar, zirai gübre atıkları v.b. sayılabilir. Standart değerler arasında bulunan iyonlar, insanlar için olumsuzluk oluşturmazken, altında veya üstünde bulunması durumunda zararlı olabilmekte ve önlemler alınmasını gerektirmektedir.

Florür seviyesi müsaade edilen değerler arasında kemik ve diş yapısı için yararlı olup hatta diş çürüklerini önleyici etkisi vardır. Standardın üstünde ise diş florosisi (diş minesinin lekelenmesi veya harelî yapı kazanması) denilen flor zehirlenmesine sebep olur.

Vücut belirtilen seviyelere kadar klorürü tolere edebilirken belli bir seviye üstünde suyun tadına etki eder ve sürekli içimi halinde böbrek rahatsızlıklarına, yüksek tansiyona neden olabilir.

Nitrat, belli bir seviye üzerinde boğaz hastalıklarına ve kan hastalıklarına sebep olur, özellikle bebeklerin midelerinde nitratlar nitritlere indirgenerek “mavi hastalık” denilen kan zehirlenmesine yol açar. Nitrit ise nitratdan daha tehlikelidir ve kanda oksijen taşınmasını engelleyerek oksijensizlikten boğulmalara sebep olabilir.

Sülfat miktarı belli bir değeri aştığı zaman yüksek sertlik verir ve suyun asitliğini artırır. Bu da suyun içilebilme özelliğine etki eder ve suyun kalitesini düşürür.

Bromürün sağlık üzerinde direkt zararı ispatlanmamış olsa da bromür ihtiva eden sular, ozon ile dezenfekte edildiğinde kanserojen etki yapan bromatlara dönüşür.

Nevşehir ilinin ortalama anyon konsantrasyonları ile Türkiye'nin bazı illeri ve İtalya'nın su numunelerinde yapılan analiz sonuçları, içme sularında müsaade edilen ulusal ve uluslararası anyon standartları Tablo 5.9'da verilmektedir.

**Tablo 5.9:** Nevşehir, Türkiye'nin farklı illeri ve İtalya'nın su numunelerinde ortalama anyon konsantrasyonları ve içme sularında müsaade edilen anyon standartları.

Referans	Bölge	Sularda Ortalama Anyon Konsantrasyonu (µg/L)						
		Florür [F] <sup>-</sup>	Klorür [Cl] <sup>-</sup>	Nitrat [NO <sub>3</sub> ] <sup>-</sup>	Nitrit [NO <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>	Bromür [Br] <sup>-</sup>	Sülfat [SO <sub>4</sub> ] <sup>-2</sup>	Fosfat [PO <sub>4</sub> ] <sup>-3</sup>
Şimdiki çalışma	Nevşehir	368.30	37596.8	24657.88	124.11	54.68	64181.8	< 6.97
TAEK Teknik Rapor, 2015	Mersin	89.99	8910.30	5702.12	13.15	< 2.5	15075.42	204.87
TAEK Teknik Rapor, 2015	Bartın	120.49	6065.06	1280.31	40.43	51.13	20934.62	99.40
TAEK Teknik Rapor, 2015	Karabük	171.94	6633.96	3434.5	< 3.66	13.20	18592.21	161.56
TAEK Teknik Rapor, 2015	İğdır	258.94	32219.27	6291.97	< 3.66	19.77	31718.34	143.07
TAEK Teknik Rapor, 2017	Antalya	52.01	11285.2	6038.65	< 3.66	20.25	8578.66	41.70
Dinelli ve diğ., 2012	İtalya	190	28400	10100	4	68	34800	170
<b>İçme Suyu Standartları</b>								
TS 266 (2005)		1 500	250 000	50 000	500	-	250 000	-
WHO (2011)		1 500	250 000	50 000	3 000	-	250 000	-
EPA (2012)		4 000	250 000	10 000	1 000	-	250 000	-
Canada (2012)		1 500	250 000	10 000	1 000	-	500 000	-
EHL* (1998)		200	2 000	200	100	20	5 000	-
EC (2014)		1 500	250 000	50 000	500	-	250 000	-

EHL\*: Environmental Health Laboratories-Broad Spectrum Test (EHL-BST)

Tablo 5.9 incelendiğinde, Nevşehir ilinin tüm ortalama anyon konsantrasyonları EHL (1998)<sup>130</sup> içme suyu standart değerlerinin üzerinde elde edilmiştir. Ayrıca Nitrat ortalama konsantrasyonu EPA ve Canada standartlarının üzerinde, Nitrit ortalama konsantrasyonu ise sadece EHL (1998) standartlarının üzerinde elde edilmiştir.

Nevşehir'in Florür, Klorür, Nitrat, Nitrit ve Sülfat konsantrasyonları diğer bölgelerde belirlenen değerlerin üzerindedir. Sadece Fosfat konsantrasyonları tüm su numunelerinde minimum dedekte edilebilir limit değeri olan 6.97 µg/L'nin altında elde edilmiştir.

Atabey (2015)'in, "Türkiye'de İllere Göre Su Kaynakları-Potansiyeli ve Su Kalitesi" adlı eserinde, Nevşehir ilinin su kaynaklarının, granitoidik ve kıltaşı kayalarında bulunan flor iyonunun yeraltı suyu ile kimyasal tepkimeye girmesi ve dolayısıyla içme sularında flor konsantrasyonunu artırmasından bahsedilmektedir. Özellikle Nevşehir ili su numunelerinin 106 tanesinde Flor konsantrasyonu 200 µg/L'nin üzerinde elde edilmiş olup bu ise Nevşehir ili su numunelerinin %76'sını oluşturmaktadır.

<sup>130</sup> [http://fcc.a.es/documentos/05\\_documentos\\_por\\_temas/Estandares%20de%20calidad%20de%20las%20aguas%20Tablas%20de%20estandares\(3\)/TGDW-May1998.pdf](http://fcc.a.es/documentos/05_documentos_por_temas/Estandares%20de%20calidad%20de%20las%20aguas%20Tablas%20de%20estandares(3)/TGDW-May1998.pdf)

### 5.7. NEVŞEHİR İLİ TARIM ÜRÜNLERİNDE BELİRLenen $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ VE $^{137}\text{Cs}$ AKTİVİTE KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tüm canlılar hem yer kabuğu ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$ ) hem de uzay kökenli olmak üzere dış radyasyon kaynaklarına sürekli olarak maruz kalmaktadırlar. Aynı zamanda solunum ve sindirim yoluyla hava, su ve gıdalarla vücuda aldıkları doğal radyonüklidlerle de iç radyasyon kaynaklarına maruz kalmaktadırlar. Bundan dolayı doğal yollarla oluşan radyoaktivitenin etkilerini canlı ve cansız bütün varlıklarda gözlemlemek mümkündür (Karahan, 1997).

Canlılar, yaşamını sürdürmek için ihtiyacı olan besinlerin çoğunu karadan bitkilerle temin ederler. Radyonüklidler topraktan bitki metabolizmasına genellikle kökler aracılığıyla, nüklidin kimyasal yapısına, bitkideki gereksinimine ve topraktaki fizikokimyasal faktörlere bağlı olarak geçerler. Ayrıca atmosferdeki radyonüklidler de yağışlarla yere düştüklerinde yapraklar tarafından tutunurlar. Bitkilerin, hayvanlar tarafından tüketilmesiyle de bu radyoaktif maddeler insan vücuduna girerler. Zamanla çeşitli organlarda birikme özelliği göstererek sağlık riski oluşturabilirler. Bu nedenle, insanların gıdalar aracılığıyla maruz kaldıkları radyoaktif madde miktarlarını belirlemek önemlidir (Karahan, 1997; Yaşar, 1999).

Nevşehir halkının çoğunlukla tükettiği tarım ürünlerinden buğday, arpa, yulaf, nohut, kuru fasulye, şeker pancarı, patates, kabak çekirdeği, elma, üzüm ve kayısı gibi toplam 36 adet numunede  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları belirlenmiştir. Bu ürünlerden pancar, patates, nohut, kuru kayısı ve elma numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonları diğer numunelere nazaran daha yüksek elde edilmiştir. Özellikle kök ve yumruları yenen, gelişimini toprak içinde tamamlayan pancar ve patates ürünlerinin  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları çok daha yüksek tespit edilmiştir.

Nevşehir, Türkiye'nin bazı illeri ve farklı ülkelerin tarım ürünlerinde tespit edilen aktivite konsantrasyonları Tablo 5.10'da verilmektedir. Tabloda,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{137}\text{Cs}$  aktivite konsantrasyonlarının çoğunlukla tüm tarım ürünlerinde düşük olduğu görülmektedir. Sadece Rize'de üzüm numunesinde  $^{238}\text{U}$ , Nevşehir Gülşehir ilçesinde de pancar numunesinde  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonu diğerlerinden daha yüksektir.

**Tablo 5.10:** Nevşehir ile Türkiye'nin ve farklı ülkelerin çeşitli bölgelerinin tarım ürünlerinde <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K ve <sup>137</sup>Cs aktivite konsantrasyonları.

Tarım Ürünü	Referans	Bölge	Aktivite Konsantrasyonu (Bq/kg)				
			<sup>238</sup> U	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>137</sup> Cs	<sup>40</sup> K
Buğday	Şimdiki çalışma	Nevşehir	-	<0.50	<0.30	<0.20	94.1 – 130.3
	Karahan, 1997	İstanbul	0.68±0.11	1.02±0.52	-	-	67.0±8.9
	Lalit and Shukla, 1982	Hindistan	-	>0.50	-	-	-
Nohut	Rassow, 1986	Almanya	-	-	-	-	97 - 130
	Akhtar and Tufail, 2007	Pakistan	-	0.98	-	-	109.27
	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Merkez	-	<0.21	0.19±0.15	<0.12	269.9±32.8
Kuru Fasulye	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Ürgüp/Başdere	-	<0.24	<0.20	<0.13	252±30
	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Avanos/Özkonak	-	<0.57	<0.41	<0.25	304±19
	Karahan, 1997	İstanbul	0.58±0.12	-	-	-	177.8±17.7
Kuru Üzüm	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Derinkuyu	-	<0.12	<0.12	<0.08	218.7±26.4
	Karahan, 1997	İstanbul	-	-	-	-	374.30±12.56
	Görür ve diğ., 2011	Rize	0.28±0.03	-	0.78±0.09	2.81±0.55	736.79±19.26
Kuru Kayısı	Şimdiki çalışma	Nevşehir	-	<0.52	<0.38	<0.21	179.2 – 218.0
	Karahan, 1997	İstanbul	-	-	-	-	58.50±3.33
	Görür ve diğ., 2011	Rize	8.04±0.99	-	3.22±0.29	1.78±0.25	369.71±8.54
Kuru Elma	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Ürgüp	-	<0.21	<0.24	<0.14	471±51
	Karahan, 1997	İstanbul	-	-	-	-	59.25±8.56
	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Gülşehir	-	0.77±0.16	<0.45	<0.22	215±25
Patates	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Ürgüp	-	<1.80	<1.20	<1.00	273.0±24.9
	Karahan, 1997	İstanbul	-	-	-	-	19.23±3.60
	Görür ve diğ., 2011	Rize	0.50±0.07	-	0.38±0.08	0.34±0.04	49.15±1.17
Şeker Pancarı	Canbazoğlu ve Doğru, 2012	Elazığ	0.73±0.45	-	1.04±0.26	-	4.04±1.25
	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Derinkuyu	-	0.57±0.12	0.78±0.14	0.31±0.10	906.00±1.02
	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Derinkuyu/Suvermez	-	0.57±0.11	0.78±0.14	0.32±0.01	825±93
Şeker Pancarı	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Ürgüp	-	<1.50	<1.50	<1.10	806.2±58.9
	Karahan, 1997	İstanbul	-	0.94±0.45	-	-	61.30±12.42
	Rassow, 1986	Almanya	-	-	-	-	130 - 180
Şeker Pancarı	Badran ve diğ., 2003	Mısır	-	-	-	-	76 - 124
	Asaduzzaman ve diğ., 2015	Malezya	-	1.10±0.40	-	-	102±24
	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Gülşehir	-	6.34±1.09	9.95±1.20	1.47±0.42	1176±139
Şimdiki çalışma	Nevşehir/Hacıbektaş/Kozaklı/Avanos	-	<1.60	<1.60	<1.10	243.0 – 581.9	

UNSCEAR 2000 raporunda, bazı ülkelerin besinlerde  $^{238}\text{U}$  ve  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonları gruplar halinde verilmektedir. Tablo 4.18’de de bu besin gruplarından tahıl ürünleri (arpa, buğday, yulaf ve baklagiller-nohut ve kuru fasulye) ile köklü sebze ve meyveler (pancar, patates, elma, kayısı, üzüm ve kabak çekirdeği) verilmiştir. Tablo 4.18 ve Tablo 5.10 incelendiğinde,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonlarının farklılıklar gösterdiği ancak birbirine yakın değerler aldığı söylenebilir. Her iki tabloda da genel olarak köklü sebze ve meyvelerdeki aktivite konsantrasyonları tahıl ürünlerinden daha yüksektir.

Tablo 5.10’da tahıl ürünleri (baklagiller) kendi içerisinde karşılaştırıldığında,  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları bakımından kuru fasulye > nohut > buğday gibi bir sıralama görülmektedir. Köklü sebze ve meyveler de ise  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları açısından köklü sebzelerden meyvelere doğru, pancar > patates > kayısı > üzüm > elma olarak bir sıralama yapılabilir.

UNSCEAR 2000 raporunda, Almanya her iki grupta da diğer ülkelerin çok üzerinde  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonlarına sahiptir. Tablo 5.10’da buğday numunelerinde  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları açısından Nevşehir ile Almanya hemen hemen aynı iken, patates numunelerinde ise Nevşehir ilinde, İstanbul, Mısır, Malezya ve hatta Almanya’nın da çok üzerinde elde edilmiştir. Yine  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu Nevşehir’in nohut numunelerinde İstanbul’dan daha fazla elde edilirken, Nevşehir’in kuru fasulyesinde Rize ve İstanbul’a nazaran daha düşüktür.

Nevşehir elma numunelerindeki  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu İstanbul, Rize ve Elazığ’ın çok üzerinde elde edilmiştir. Nevşehir kayısı ve üzüm numunelerindeki  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu da İstanbul’un çok üzerinde değer alırken, Rize’den alınan üzüm numunesinde elde edilen  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonunun çok altında değer aldığı görülmektedir.

Sonuçta; toprakla daha çok bütünleşen köklü numunelerin (pancar ve patates v.b.) aktivite konsantrasyonlarının diğerlerine nazaran daha yüksek elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçlar toprak yapısındaki aktivitelerin miktarına da bağlı olarak bölgeden bölgeye farklılıklar göstermektedir. Dolayısıyla volkanik kayalar üzerine kurulu olan Nevşehir’in köklü ürünlerinin konsantrasyonlarında belirgin bir fark gözlenmiştir.

## 5.8. NEVŞEHİR İLİ TARIM ÜRÜNLERİNDE ESER ELEMENT VE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tarım ürünlerinin, yani genel olarak bitkilerin, başlıca besin kaynağı topraktır. Toprakta sadece uzun yarı ömürlü radyonüklidler ve bitki besin maddeleri değil aynı zamanda canlılar için tehlikeli olan ağır elementler, mineraller ve ağır metaller de bulunur. Bitkiler kökleriyle topraktan radyonüklidlerle birlikte tüm bu element, mineral ve metalleri de bünyesine katarlar. Dolayısıyla bu bitkileri tüketen canlılar da bu elementlere maruz kalırlar. İnsan vücudu sağlıklı bir yaşam sürdürebilmek için bu mineral ve elementlerin bir kısmına gereksinim duyarlar. Ancak maruz kalınan doz, genetik, kişinin bağışıklık direnci, genel sağlık durumu, yaş, beslenme düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak en başta kanser olmak üzere çeşitli hastalıklara sebep olur (Çağlarırnak ve Hepçimen, 2010).

Bitki gelişimi için bu elementlerin çok az bir kısmı mutlaka gereklidir. Ayrıca her besin elementinin rolü farklıdır, bunların dengeli bir şekilde bitkiye uygulanması gerekmektedir. Bitki dokularının analizinde doğada bulunan tüm elementleri hemen hemen bulmak mümkündür. Her ne kadar bitkilerin besin alımı seçici ise de, pasif yollarla bünyesine kattıkları ağır metaller canlı bünyesinde toksik etki yapabilmektedir (Yıldız, 2003).

Aslında ağır metal terimi, literatüre çevre kirliliği ile girmiştir. Atom numarası 20'den fazla olan ve geçiş elementleri olarak bilinen 60'dan fazla element ağır metal grubu içine girmektedir. Bunlardan ekolojik olarak 20 element (Fe, Mn, Zn, Cu, V, Mo, Co, Ni, Cr, Pb, Be, Cd, Tl, Sb, Se, Sn, Ag, As, Hg, Al) dikkati çekmektedir. Yerkabuğunda bu ağır metaller doğal olarak bulunurlar. Bozulmaz ve yokedilemezler. Biyobirikme eğilimli olduğu için tehlikelidir. Son zamanlarda sanayileşme, kentleşme, tarımsal faaliyetler ve nüfus artışı ağır metal kirliliğini de artırmıştır (Yıldız, 2003; Yıldız, 2004; Özyürek, 2016).

Doğada bulunan As, Cd, Cr<sup>+6</sup>, Hg ve Pb gibi ağır metaller, canlılar için mutlak gerekli olmayıp eser miktarları bile toksik etki gösterirler. Cu, Co, Cr<sup>+3</sup>, Fe, Mn, Mo, Zn, V ve Ni gibi ağır metaller ise canlılar için belli bir miktara kadar gerekli olup normalin altında veya üzerindeki miktarlarda olduklarında önemli sağlık sorunlarına neden olabilirler (Yaşar, 2009).

Kabata-Pendias ve Mukherjee (2007) tarafından yayınlanan kitapta, literatürde yaygın olarak kullanılan pekçok çalışmanın derlenmesi ile, çeşitli gıda türlerinde (olgunlaşmış gıda) genelleştirilmiş eser element ve ağır metal konsantrasyon limitleri, yeterli veya normal, aşırı

veya toksik, tarla bitkilerinde tolere edilebilen şekilde sınıflandırılmış olarak Tablo 5.11’de verilmektedir.

**Tablo 5.11:** Çeşitli gıda türleri için genelleştirilmiş, yaygın olarak kullanılan eser element konsantrasyon limitleri (mg/kg) (Kabata-Pendias and Mukherjee, 2007).

Element	Yeterli veya Normal	Aşırı veya Toksik*	Tarla bitkilerinde tolere edilebilen
<b>Ag</b>	0.5	5.0 - 10	-
<b>As</b>	1.0 - 1.5	5.0 - 20	0.2
<b>Be</b>	<1.0 - 7.0	10 - 50	-
<b>Cd</b>	0.01 - 0.2	5.0 - 30	0.05 - 0.5
<b>Co</b>	0.02 - 1.0	15 - 50	5
<b>Cr</b>	0.1 - 0.5	5.0 - 30	2
<b>Cu</b>	5.0 - 30	20 - 100	5.0 - 20
<b>Hg</b>	-	1.0 - 3.0	0.2
<b>Mn</b>	30 - 300	400 - 1000	300
<b>Ni</b>	0.1 - 5.0	10 - 100	1.0 - 10
<b>Pb</b>	5.0 - 10	30 - 300	0.5 - 10
<b>Se</b>	0.01 - 2.0	5.0 - 30	-
<b>Sb</b>	7.0 - 50	150	-
<b>V</b>	0.2 - 1.5	5.0 - 10	-
<b>Zn</b>	25 - 150	100 - 400	50 - 100

\*Bu değerler, çok hassas veya yüksek toleranslı bitki türleri için verilemez.

Bu çalışmada, Nevşehir’in tarım ürünlerinde de eser element ve ağır metal konsantrasyonları tespit edilmiştir. Tarım ürünleri arasından aktivite değerleri diğer numunelere nazaran daha yüksek olan nohut, elma, kayısı, patates ve pancar türlerinden oluşan 12 numunede belirlenen eser element ve ağır metal konsantrasyonlarına bakıldığında, pancar ve patates gibi yumru kökleri olan ve toprağın içinde gelişimini tamamlayan sebzelerde tüm element konsantrasyonları daha yüksek elde edilmiştir.

Pancar ve patates, İç Anadolu Bölgesinde oldukça fazla tüketilmektedir. Uzmanlar tarafından, özellikle antioksidan özellik taşıyan kırmızı pancarın, fosfor, bakır, demir, magnezyum, potasyum, kalsiyum, çinko, brom ve manganez bakımından zengin olduğu yapılan incelemeler sonucu ortaya koyulmuştur. Ayrıca beta karoten bakımından zengin yapısıyla bağışıklık sistemini güçlendirdiği ve kan yapımına destek olduğu kanıtlanmıştır<sup>131</sup>.

Nevşehir’in tarım ürünlerinde tespit ettiğimiz As, Cd, Ni bileşenleri, Th gibi ağır metaller ve Be elementinin, WHO yan kuruluşu IARC tarafından “Grup 1 - insanlarda kanserojen” ve Co, Pb, Ni’in metalik ve alaşımlarının da “Grup 2B - insanlarda olasılıkla kanserojen” olarak

<sup>131</sup> <http://www.pancar.org/pancar-cesitleri.html>

sınıflandırıldığından daha önce bahsedilmişti. Bu elementlerle birlikte Hg ağır metali de bitkiye ve dolayısıyla canlıya direkt toksik etki yapmaktadır.

Nevşehir ili tarım ürünlerinin analizinde Ag, Be, Hg ve Se elementlerinin konsantrasyonları ölçüm limitinin (sırasıyla 2.31 µg/L, 0.12 µg/L, 0.51 µg/L ve 13.4 µg/L) altında kalmaktadır. Ayrıca As elementi 1.56 µg/g değeri ile sadece Hacıbektaş ilçesi Pancar numunesinde, Cs elementi sadece Gülşehir ilçesi Pancar numunesi (3.89 µg/g) ve Merkez ilçe Nohut numunesinde (2.13 µg/g), Th elementi de Gülşehir (7.08 µg/g), Hacıbektaş (1.92 µg/g) ve Kozaklı (1.76 µg/g) ilçelerinden alınan pancar numunelerinde tespit edilmiştir.

Nevşehir ile Türkiye'nin bazı iller ve çeşitli ülkelerinde benzer tarım ürünlerinde tespit edilen eser element ve ağır metal konsantrasyonları Tablo 5.12'de verilmektedir.

Tablo 5.11 ve Tablo 5.12 incelendiğinde; Nevşehir ili tarım ürünlerinde elde edilen Al konsantrasyonu, Kayseri, Malezya ve dünya ortalamasının çok üzerindedir. Nevşehir ili patates ve pancar numunelerinde Cd konsantrasyonu nispeten diğer tür numunelerin ve normal seviyenin üzerinde olsa da Hindistan pancar numunesi (2.68 µg/g) ve toksik değer aralığının altında elde edilmiştir. Gülşehir ve Kozaklı ilçesi pancar numunelerinde Co konsantrasyonu normal değer aralığının, diğer numunelerin ve dünya ortalamasının çok üzerinde iken tolere edilebilen değer aralığının ise biraz üzerinde elde edilmiştir. Aynı zamanda Merkez ilçe nohut numunesi ile Derinkuyu ilçesi patates numunesinde Co konsantrasyonu normal değer aralığına çok yakındır.

Cr konsantrasyonu, Kayseri ili ve çeşitli ülkelerde normal seviyede iken, Nevşehir ili (pancar numuneleri hariç), Pakistan ve Bangladeş numunelerinde tolere edilebilen seviyenin altındadır. Ancak Nevşehir ili Gülşehir ilçesi pancar numunesi Cr konsantrasyonu toksik değer aralığındadır.

Tablo 5.11 ve Tablo 5.12'ye bakıldığında Cu konsantrasyonu, Nevşehir ili Ürgüp ilçesi Başdere köyü ve Malatya ili nohut numunelerinde, Nevşehir ili Derinkuyu ilçesi Suvermez köyü, Nevşehir ili Ürgüp ilçesi ve Pakistan patates numunelerinde, Nevşehir ili (Gülşehir, Hacıbektaş, Kozaklı ilçeleri) ve Pakistan pancar numunelerinde, dünya ortalaması normal değer aralığında (5-30 mg/kg) yer alırken, Hindistan pancar numunesinde ise 38.29 mg/kg ile toksik sınır aralığında yer almıştır. Diğer tüm numuneler de ise Cu konsantrasyonu 5 mg/kg'ın altında elde edilmiştir.

Tablo 5.12: Nevşehir, Türkiye illeri ve diğer ülkelerin tarım ürünlerinde eser element ve ağır metal konsantrasyonları.

Tarım Ürünü	Referans	Bölge	Element Konsantrasyonları (mg/kg)																	
			Al	As	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Sb	Sr	V	Zn
Nohut	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Avanos/Özkonak	39	<O.L.	683	<O.L.	0.22	0.56	4.21	45	8759	1527	15.21	398	1.02	1.60	<O.L.	8.33	<O.L.	14.06
	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Merkez	43	<O.L.	722	<O.L.	1.68	1.14	4.59	96	8258	1251	25.11	368	4.04	2.90	<O.L.	4.37	<O.L.	19.03
	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Ürgüp/Başdere	62	<O.L.	718	<O.L.	0.78	0.74	6.30	79	7732	1145	19.98	352	2.71	1.00	<O.L.	3.66	<O.L.	25.88
	Erdoğan ve diğ., 2006	Türkiye/Malatya	-	-	-	-	-	-	5.80	60	-	-	16.00	-	-	-	-	-	22.10	
Kayıt	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Ürgüp	231	<O.L.	1312	<O.L.	0.57	0.70	3.29	175	20510	765	9.07	433	1.22	1.00	<O.L.	6.69	0.35	9.21
	Saracoglu ve diğ., 2009	Kayseri	0.14	-	0.17	-	0.01	3.09	51.83	-	4.68	-	3.82	1.91	-	-	-	-	7.33	
Elma	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Gülşehir	461	<O.L.	1096	<O.L.	0.36	1.52	2.57	306	9121	469	7.52	376	1.03	1.70	<O.L.	3.34	0.86	7.53
	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Ürgüp	40	<O.L.	648	<O.L.	0.25	0.58	2.07	51	7982	496	3.68	402	0.46	302.3	4.34	2.47	<O.L.	9.38
	Görür ve diğ., 2011	Rize	-	1.39	-	-	-	2.73	30.72	-	3.56	-	<O.L.	-	-	-	-	-	1.15	
	Cindric ve diğ., 2012	Hrvatistan	-	4410	<O.L.	-	-	-	38600	3140	0.671	9920	-	-	-	-	-	-	3.08	
	Bednarek ve diğ., 2007	Polonya/Lublin	-	0.001	-	0.006	-	0.32	-	-	-	-	0.199	0.03	-	-	-	-	0.45	
	Kabana-P. and Mukherjee, 2007	Dünya ortalaması	7.20	0.20	-	-	0.02	0.10	1.10	6	-	-	1.50	-	0.10	0.20	-	1.70	0.30	1.20
Patates	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Derinkuyu	726	<O.L.	665	0.88	1.14	1.39	3.92	539	23610	2085	18.02	901	2.62	296.9	5.19	4.12	1.28	42.47
	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Derinkuyu/Suvarmez	697	<O.L.	1050	0.27	0.91	1.28	5.40	436	21660	1813	16.75	699	2.39	322.3	5.52	3.51	0.79	10.96
	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Ürgüp	245	<O.L.	1100	0.13	0.41	1.77	5.00	162	23160	1470	8.25	444	1.57	9.70	<O.L.	2.44	0.40	13.58
	Erdoğan ve diğ., 2005	Kahramanmaraş	-	-	-	0.02	-	-	0.02	1.26	-	-	0.37	-	-	-	-	-	-	
	Albering ve diğ., 1999	Batı Avrupa/Meuse Irmağı	-	-	-	0.04	-	-	1.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.50	
	Bordajandi ve diğ., 2004	İspanya/Huelva	-	0.015	-	0.02	-	1.22	-	-	-	-	-	-	-	0.004	-	-	3.35	
	Asadzaman ve diğ., 2015	Malezya	0.06	-	-	-	<O.L.	0.03	-	1.80	0.012	-	<O.L.	<O.L.	0.08	0.01	-	-	0.03	
	Shaheen ve diğ., 2016	Bangladeş	-	0.006	-	0.01	-	0.33	4.30	-	-	-	6.93	-	0.64	0.01	-	-	3.02	
	Rehman ve diğ., 2017	Pakistan	-	-	-	-	-	2.01	15.10	-	-	-	126.00	-	4.15	-	-	-	23.70	
	Kabana-P. and Mukherjee, 2007	Dünya ortalaması	76	0.62	-	0.30	0.16	0.05	4.40	58	-	-	15	-	1.00	3	<20	2.60	0.60	17
Pancar	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Gülşehir	4242	<O.L.	9700	0.59	5.26	21.27	16.27	6147	26800	7998	159.30	9440	20.18	1967	24.78	104.40	16.86	54.07
	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Hacıbektaş	1110	1.56	8352	0.19	0.73	4.51	5.55	907	13840	3650	77.92	2783	1.81	10.70	<O.L.	69.40	2.31	14.92
	Şimdiki çalışma	Nevşehir/Kozaklı	936	<O.L.	6739	0.11	6.01	3.98	9.74	887	9535	2505	51.44	1461	7.50	1128	17.14	39.45	2.11	25.98
	Sharma ve diğ., 2008	Hindistan	-	-	-	2.68	-	-	38.29	-	-	-	-	-	2	-	-	-	75.23	
	Rehman ve diğ., 2017	Pakistan	-	-	-	-	-	1.74	9.15	-	-	-	141	-	4.29	-	-	-	35.70	
	Kabana-P. and Mukherjee, 2007	Dünya ortalaması	-	-	-	-	-	8.10	82	-	-	-	113	-	2	-	-	-	46	

Tablolardan Mn konsantrasyonunun pancar numunelerinde ve Pakistan patates numunesinde normal değer aralığında (30-300 mg/kg), diğer numunelerde ise 30 mg/kg'ın altında olduğu görülmektedir.

Gülşehir ilçesi pancar numunesi Ni konsantrasyonu toksik değer aralığında, Kozaklı ilçesi pancar numunesi tolere edilebilen aralığta ve diğer tüm numuneler ise normal değer aralığında elde edilmiştir.

Gülşehir ve Kozaklı ilçesi pancar numuneleri Pb konsantrasyonu tüm numunelerin hatta 30-300 mg/kg olan toksik değer aralığının da çok üzerinde elde edilmiştir. rgp ilçesi elma numunesi ile Derinkuyu ilçesi ve Derinkuyu Suvermez köyü patates numuneleri toksik sınır aralığının üst değerine yakındır. 10 mg/kg değerine hemen hemen eşit olan Hacibektaş ilçesi pancar ve Ürgüp ilçesi patates numuneleri hariç diğer tüm numuneler 5 mg/kg'ın altındadır.

Gülşehir ve Kozaklı ilçesi pancar numunelerinin Sb konsantrasyonu normal değer aralığında (7-50 mg/kg) olup diğer tüm numunelerde ise normal değer aralığının altındadır.

Numunelerdeki V konsantrasyonu, Nevşehir ilinin 3 pancar numunesi hariç diğer numunelerde normal değer aralığındadır. Gülşehir ilçesi pancar numunesi (16.86 mg/kg) ise toksik değer aralığının üst limit değeri olan 10 mg/kg'ın da üzerinde elde edilmiştir.

Zn konsantrasyonu; pancar numuneleri olarak Nevşehir ili Gülşehir ve Kozaklı ilçeleri, Hindistan, Pakistan'da ve dünya ortalaması, ayrıca Nevşehir ili Ürgüp Başdere köyü nohut ve Nevşehir ili Derinkuyu ilçesi patates numunelerinde de normal değer aralığında elde edilirken, diğer tüm Nevşehir ili numunelerinde normal değer aralığının altında elde edilmiştir. Nevşehir ili toprak numunelerinin pH değeri (>7.5) yüksek olduğu için, bitkiye faydalı olan Zn oranı, çözünürlüğü azalttığı için düşmektedir. Fosforlu gübre uygulamaları da bitkilerde Zn noksanlığına sebep olmaktadır (zyrek, 2016).

Sonuçta; besin elementi olsun ya da olmasın ağır metallerin, atmosferde, suda ve topraktaki konsantrasyonunun belli bir seviyenin üzerinde çıkması, tüm canlılar için ciddi problemlere neden olmakta ve ileri incelemeler gerektirmektedir.

## 5.9. NEVŞEHİR İLİNİN BELİRLENEN EVLERİNDE RADON AKTİVİTE KONSANTRASYONLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ),  $^{238}\text{U}$  bozunma serisinde bulunan  $^{226}\text{Ra}$ 'nın bozunması ile oluşan, 3.82 gün yarı ömre sahip, serideki tek asal gaz olan bir alfa yayınlayıcısıdır. Asal gaz olması nedeniyle hava bileşenleri ile önemli bir etkileşme yapmadan havaya konveksiyon ve difüzyon yoluyla kolayca yayılır. Dış radyasyon tehlikesi oluşturmayan radonun katı olan alfa aktif bozunma ürünlerinden  $^{218}\text{Po}$  ve  $^{214}\text{Pb}$ , havadaki toz parçacıklarına yapışma eğilimindedir. Havada asılı kalan bu parçacıklar, solunum yoluyla hava ile birlikte bronşlara ve akciğer mukozalarına yerleşerek sürekli ışınım yaparlar ve sigaradan sonra ikinci kanserojen madde olarak önem arzederler (UNSCEAR 1988a).

İnsanlar, yaşam standartları, yaşadıkları ortamların fiziksel özellikleri ve coğrafi şartlara bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte yaklaşık 2.4 mSv yıllık doza maruz kalmaktadır. İnsanların doğal radyasyon kaynaklarından aldığı eşdeğer doza en büyük katkıyı (% 55) evlerin yapı malzemelerinden ve bulunduğu yerin toprak yapısından kaynaklanan radon gazı ve onun kısa yarı ömürlü bozunma ürünleri oluşturmaktadır. Bu yolla maruz kalınan radyasyonun ortalama yıllık dozu 1.3 mSv'dir (TAEK Teknik Rapor, 2011).

Dış ortamlarda radon oldukça düşük konsantrasyonlara kadar seyrelir. Ancak insan, hayatının % 90'lık büyük bir bölümünü kapalı ortamlarda geçirmektedir. Özellikle evler insan sağlığı açısından özel öneme sahiptir. İnsanların yaşadığı ev ile sağlıkları arasındaki ilişki en az 150 yıldır bilinmektedir (Teodere ve Edwards, 1993).

Binanın temelindeki toprak ve kayalar, kapalı ortamlardaki radon kaynağının önemli bir kısmını oluşturur. Toprak boyunca yükselen radon, binanın altında hapsolarak basınç oluşturur. Bina altındaki bu yüksek basınç, gazların yerden ve duvarlardan, özellikle çatlak ve boşluklardan iç kısımlara sızmasına neden olur. Zemin katların radon aktivite konsantrasyonu, toprağa yakın olmasından dolayı yüksek olup üst katlara çıkıldıkça düşük olması beklenir. Ayrıca iklim koşulları, havalandırma sistemleri, ev içi ve ev dışı sıcaklık ve basınç farkı, binada kullanılan yapı malzemesi, ev halkının yaşam alışkanlıkları radon aktivite konsantrasyonunu etkileyen diğer nedenlerdir. Kış mevsiminde evlerin ısıtılması, evdeki basıncın dışarıdaki basınca nazaran daha azalmasına, üstelik yeterince havalandırılmamasından dolayı da ev içi radon aktivite konsantrasyonunun yükselmesine neden olur. Yaz aylarında ise evlerde ısıtma

olmayacağı ve havalandırma olacağı için basınç farkı olmayacaktır. Dolayısıyla yaz aylarında radon aktivite konsantrasyonu daha düşük olacaktır (Durrani ve Ilic, 1997).

İnsanların doğal radyasyon kaynaklarına sürekli olarak maruz kalmasının toplum sağlığını olumsuz yönde etkileyeceği görüşü, Birleşmiş Milletler Atomik Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi tarafından yayınlanan UNSCEAR raporları ile desteklenmiştir (UNSCEAR, 1988, 1993, 2000).

Uluslararası Radyasyon Korunması Komitesi (ICRP), radona maruz kalmayı sınırlandırarak “Evde ve işte Radon-222’ye karşı korunma” konusunda 65 nolu bir rapor yayınlamıştır (ICRP 65, 1994). Bu raporda, limit değerler tavsiye ederek yıllık doz için bir eylem seviyesi tespit etmiştir. Eylem seviyesinin, 3-10 mSv arasında sınırlandırılmasını tavsiye etmiştir. Bu doz değerlerine karşılık gelen radon aktivite konsantrasyonu; evler için 200-600 Bq/m<sup>3</sup>, iş yerlerinde ise 500-1500 Bq/m<sup>3</sup> arasında olacak şekilde bir değer tespit edilmesini önermiştir (Taşkın, 2006).

Radonun asıl kaynağı olan uranyumun yer kabuğunda çok farklı miktarlarda bulunması radon aktivite konsantrasyonunun da bölgeden bölgeye değişiklikler göstermesine neden olur. Bu nedenle radon aktivite konsantrasyonu için izin verilen limit değerlerde ülkeler arasında değişiklikler göstermektedir.

Kapalı ortamlarda radon gazı konsantrasyonunun kontrolü amacıyla gerek ülkeler gerekse uluslararası kuruluşlar tarafından limit değerler belirlenmiştir. Söz konusu limit değerlerin aşılması halinde, radon aktivite konsantrasyonunu düşürücü tedbirlerin alınması tavsiye edilmektedir. Çeşitli ülkeler ve uluslararası kuruluşlar tarafından benimsenen müsaade edilebilir radon aktivite konsantrasyonları Tablo 5.13’de verilmektedir.

**Tablo 5.13:** Radon aktivite konsantrasyon limitleri (Bq/m<sup>3</sup>) (EPA, 1992).

Ülkeler	Sınır	Ülkeler	Sınır	Ülkeler	Sınır
A.B.D.	150	Hindistan	150	Norveç	200
Almanya	250	İngiltere	200	Rusya	200
Avustralya	200	İrlanda	200	<b>Türkiye</b>	<b>400</b>
Çin	200	İsveç	200	AB*	400
Danimarka	400	Kanada	800	ICRP**	400
Fransa	400	Lüksemburg	250	WHO***	100

\*Avrupa Birliği (AB)

\*\*Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP)

\*\*\*Dünya Sağlık Örgütü (WHO)

Türkiye’de ev-içi müsaade edilebilir radon aktivite konsantrasyonu, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği’nde  $400 \text{ Bq/m}^3$  olarak belirlenmiştir (TAEK, 2000).

WHO, sağlık risklerinin azaltılması için  $100 \text{ Bq/m}^3$ ’ü üst limit değer olarak belirlemiş ve eğer bu değer oluşturulamıyorsa radon yoğunluğunun  $300 \text{ Bq/m}^3$  değerini aşmamasını tavsiye etmiştir. Ayrıca Radyum, Radon ve onun bozunma ürünleri, WHO’nun yan kuruluşu ve Türkiye’nin de üyesi olduğu IARC tarafından “Grup 1 - insanlarda kanserojen” olarak sınıflandırılmıştır.

Evlerde radon konsantrasyonu gün boyunca değiştiği gibi mevsimlere bağlı olarak da değişim gösterir. Nevşehir ilinde belirlenmiş 275 eve yaz ve kış, mevsimsel değişiklikleri de görmek amacıyla yerleştirilen toplam 550 dedektörden geri dönüşümü sağlanabilen 537 dedektörün radon aktivite konsantrasyonları değerlendirilmiş olup yaz ve kış dönemi ortalaması  $155.05 \text{ Bq/m}^3$  olarak elde edilmiştir. Yaz döneminde 269 dedektörün radon aktivite konsantrasyonu  $27.50\text{-}313.29 \text{ Bq/m}^3$  aralığında olup ortalama değeri  $70.75 \text{ Bq/m}^3$  ve kış döneminde 268 dedektörün radon aktivite konsantrasyonu  $88.96\text{-}1046.67 \text{ Bq/m}^3$  aralığında olup ortalama değeri  $239.35 \text{ Bq/m}^3$ ’tür. Beklenildiği gibi kış dönemi radon aktivite konsantrasyonu yaz dönemine nazaran çok daha yüksektir. Ancak 2 evde bunun tam tersi görülmüştür. Nedeni araştırıldığında, ev sahiplerinin yaz döneminde uzun bir süre evde kalmadıkları, evin kapalı ve kilitli kaldığı anlaşılmıştır.

Tablo 5.14’de Nevşehir evlerinde elde edilen ortalama radon aktivite konsantrasyonu ile Türkiye ve çeşitli ülkelerde yapılmış çalışmaların sonuçları verilmektedir.

Tablo 5.14 incelendiğinde, Nevşehir ilinin ortalama radon aktivite konsantrasyonunun Çanakkale, Çanakkale Körüktaş köyü ve Romanya-Ştei’den daha düşük olduğu, diğer il ve ülke ortalamalarının ise üzerinde olduğu görülmektedir.

Nevşehir evlerinde yaz ve kış dönemlerinde belirlenen radon aktivite konsantrasyonu ortalamasının ( $155.05 \text{ Bq/m}^3$ ) TAEK tarafından belirlenen limit değerinin altında, UNSCEAR 2000 raporunda verilen dünya ortalama değerinin ( $46 \text{ Bq/m}^3$ ) ve 30 yıllık bir çalışma sonucunda belirlenen Türkiye ortalama değerinin ( $81 \text{ Bq/m}^3$ ) üzerinde olduğu görülmektedir.

**Tablo 5.14:** Nevşehir, Türkiye illeri ve diğer ülkelerin evlerinde belirlenen ortalama radon aktivite konsantrasyonları.

Referans	Bölge	Dedektör Sayısı	Kapalı Ortamlarda Ortalama RAC (Bq/m <sup>3</sup> )
Şimdiki çalışma	Nevşehir	537	155.05
Köksal ve diğ., 1993	Istanbul	400	50
Özçınar ve diğ., 1996	Urfa	24	74
Özçınar ve diğ., 1996	Erzurum	25	65
Çelebi ve Alkan,1997	Çanakkale Kestanbol Spa	50	65
Çelebi ve Alkan,1997	Çanakkale Körüktaş köyü	94	158.70
Uluğ ve diğ., 2002	Antalya	251	33
Kam, 2004	Tekirdağ	76	87
Günaydı, 2004	İzmir-Dikili	121	113.60
Uluğ ve diğ., 2005	Burdur	160	85.89
Ereeş ve diğ., 2006	Manisa	22	97
Taşkın, 2006	Kırklareli	315	71.01
Değerlier, 2007	Adana	109	38.06
Kam ve Bozkurt, 2007	Kastamonu	30	98.40
Celik ve diğ., 2008	Kars	81	114
Celik ve diğ., 2008	Giresun	71	125
Kapdan, 2009	Sakarya-Adapazarı	55	59.14
Kapdan, 2009	Sakarya-Adapazarı-okul	45	65.48
Küçükömeroğlu ve diğ., 2009	Bayburt	44	56
Kam ve diğ., 2010	Çanakkale	40	167
Öztürk ve diğ., 2010	Erzincan	74	53
Albayrak, 2011	Kırıkkale	300	74.25
Baldık ve diğ., 2011	Karabük	20	131.60
Kapdan ve diğ., 2011	Çankırı	80	44
Can ve diğ., 2011	Kilis	62	50
Can ve diğ., 2011	Osmaniye	70	51
Can ve diğ., 2011	Antakya	72	40
Abumurad, 2001	Ürdün-Al Mazar, Al Shamali	50	75
Faheem ve Matiullah, 2008	Pakistan-Punjab	30	85
Sainz ve diğ., 2009	Romanya-Ştei	280	229
Sainz ve diğ., 2009	Ispanya-Torrelodones	91	98
Obed ve diğ., 2011	Nijerya-okul	35	45
Stojanovska ve diğ., 2012	Makedonya	437	105
Leghrouz ve diğ., 2012	Filistin	259	111
Çelebi ve diğ., 2014	Türkiye Ortalaması	7293	81
UNSCEAR 2000	Dünya Ortalaması	-	46

Nevşehir evlerinde yaz dönemi ortalama radon aktivite konsantrasyonu hem Türkiye ortalamasının hem de WHO'nun limit değerinin altında, kış dönemi ortalama radon aktivite konsantrasyonu ise bu değerlerin üzerinde elde edilmiştir. Üstelik 20 evde belirlenen radon aktivite konsantrasyonu 400 Bq/m<sup>3</sup>'ün de üzerinde, 400-1100 Bq/m<sup>3</sup> aralığında bulunmaktadır. Bu evlerle ilgili doldurulan anket formları incelendiğinde çoğunun müstakil bodrumsuz yani toprakla birebir temasta olduğu, en az 50-60 yaşında eski ve yıpranmış olduğu, ev içi tabanların

toprak ve duvarların taş olduğu, kömür sobası ile ısıldığı ve evlerde sigara kullanıldığı tespit edilmiştir.

Sonuçta; görünmez bir tehlike olarak görülen radonun, alınacak bazı önlemlerle ev içlerine girişi azaltılabilir. Radon aktivite konsantrasyonunu azaltmada özellikle havalandırmanın önemi, tüm ICRP ve UNSCEAR raporlarında vurgulanmaktadır. Ayrıca yapı malzemelerinde aktivite ve doz değerlendirmeleri yapıldıktan sonra, tavsiye edilen limit değerlerin üzerinde olanların bina yapımında kullanılmasına izin verilmemelidir. Binaların bodrum katlarının toprakla temas eden yüzeylerinin sızdırmazlığı sağlanmalı, eski evlerdeki çatlaklar onarılmalı ve izole edilmelidir. Kapalı ortamlarda sigara içilmemesine özen gösterilmelidir.

### 5.10. DOZ VE RİSK DEĞERLENDİRMELERİ

Yerkabuğunda bulunan çok uzun yarı ömürlü doğal radyoaktif kaynakların ve bunların bozunma ürünlerinin toprak, kayalar, yapı malzemeleri, gıda maddeleri, su ve hava gibi çevresel ortamlardaki varlığı, insanların içten ve dıştan maruz kaldığı radyasyon ışınlanmalarının temelini oluşturur. Bu radyoaktif kaynakların çevresel ortamlardaki varlığı düzgün bir dağılım göstermediği gibi, iç ve dış ışınlanmalar sonucu alınan dozlar da yaşam alışkanlıklarına bağlı olarak büyük değişiklikler göstermektedir (Eisenbud, 1987).

Volkanik kayalardan oluşan Nevşehir ilinde yapılan bu çalışmada, bölgede yaşayan halkın yaşamı boyunca ne kadar iç ve dış radyasyona maruz kaldığı ve radyasyonun insanlar üzerine olası etkileri araştırılmış, halkın toplam yıllık etkin doz eşdeğerleri ve bireysel ölüm riski UNSCEAR 2000 raporunda önerilen model kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre, Nevşehir halkının dış ve iç ışınlanmalardan dolayı alacağı ortalama yıllık etkin doz eşdeğeri sırasıyla 0.186 mSv ve 4.098 mSv'dir.

Nevşehir'de yaşayan birinin, radon ve bozunma ürünlerinden kaynaklanan iç ışınlanmalardan alacağı yıllık etkin doz eşdeğeri (4.098 mSv), ICRP 65 tarafından önerilen 200-600 Bq/m<sup>3</sup> radon aktivite konsantrasyonlarına karşılık gelen 3-10 mSv/yıl eylem seviyelerinin arasında elde edilmiştir. Ayrıca doğal radyasyon kaynakları ile alınan dünya ortalama yıllık etkin doz eşdeğeri 2.4 mSv olarak verilmektedir. Bununla birlikte, bazı ülkelerde bu miktar yıllık 10 mSv'in üzerindedir. Nevşehir ilinin ortalama yıllık etkin doz eşdeğeri toplam olarak 4.284 mSv olup dünya ortalamasının çok üzerindedir.

Ayrıca ortalama insan ömrü 70 yıl olarak kabul edilirse Nevşehir halkı yaşam boyu bina dışı ortamlardan toplam 13.5 mSv doza maruz kalır. Buna ek olarak, yaşam süresi içinde radondan maruz kaldığı dozun kendisine yükleyeceği bireysel ölüm riski  $1.43 \times 10^{-2}$  ve tahmini akciğer kanseri olma riski de  $2.98 \times 10^{-4}$  olarak hesaplanmıştır. Tablo 5.15’de Nevşehir’de ve farklı illerde yaşayan halkın aldığı yıllık etkin doz eşdeğerleri ve kanser riskleri görülmektedir.

**Tablo 5.15:** Nevşehir ve farklı illerde yaşayan halkın YEDE ve kanser riskleri.

Referans	Bölge	Kapalı Ortamlarda Ortalama RAC (Bq/m <sup>3</sup> )	YEDE (mSv)	Kanser riski
Şimdiki çalışma	Nevşehir	155.05	4.10	$2.98 \times 10^{-4}$
Köksal ve diğ., 1993	İstanbul	50.00	1.37	$9.96 \times 10^{-5}$
Çelebi ve Alkan, 1997	Çanakkale Kestanbol Spa	65.00	2.08	$1.18 \times 10^{-4}$
Çelebi ve Alkan, 1997	Çanakkale Körüktaş köyü	158.70	4.02	$2.92 \times 10^{-4}$
Kam, 2004	Tekirdağ	87.00	2.01	$1.46 \times 10^{-4}$
Günaydı, 2004	İzmir-Dikili	113.60	2.67	$1.94 \times 10^{-4}$
Albayrak, 2011	Kırıkkale	74.25	1.73	$1.26 \times 10^{-4}$

Tablo 5.15’te de görüldüğü gibi, volkanik kayalar üzerine kurulu Nevşehir’de yaşayan halkın, diğer bölgelerde yaşayan halka nazaran radon maruziyetinden dolayı kansere yakalanma riski daha fazladır. Ayrıca Barış (2005) ve Atabey (2013) tarafından yapılan araştırmalarda, gölsel ortamda oluşan çökeller ve bu çökellerin altında yer alan eriyonitli tüf açısından zengin volkanik kökenli kayaların üzerine kurulu yerleşim yerlerinden Nevşehir’de bulunan Tuzköy, Kızılköy, Karain, Karacaören ve Sarıhıdır köylerinin kanser riski altında olduğu vurgulanmıştır. Hatta dünyada milyonda bir olan “mezotelyoma, akciğer zarı kanseri” hastalığının özellikle Tuzköy’de 1000 kat fazla olduğu ifade edilmektedir. Bu nedenle Tuzköy ve Karain köyleri için yeni yerler tespit edilmiş ve taşınmaları sağlanmıştır.

### 5.11. KARASAL (SOĞURULAN) GAMA DOZU VE RADYASYON TEHLİKE İNDEKSLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Nevşehir ilini temsil edecek şekilde aldığımız 323 toprak numunesinde belirlenen <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K ve <sup>137</sup>Cs aktivite konsantrasyonlarından ve dönüşüm faktörlerinden yararlanılarak, yer seviyesinden 1 m yukarıda havada, gama radyasyonundan maruz kalınan karasal gama doz hızları ve insanların bu dozlardan aldıkları yıllık etkin doz eşdeğerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Nevşehir ilçe ortalamalarına göre sırasıyla 61.2-104.5 nGy/saat ve 74.88-128.16 µSv aralığında hesaplanmış olup il ortalama değerleri 85.35 nGy/saat ve 104.67 µSv’dir. Tablo

5.16’da Türkiye’nin çeşitli illerinde ve diğer ülkelerde yapılan benzer çalışmalara ait karasal gama doz hızları ve yıllık etkin doz eşdeğerleri verilmektedir.

Nevşehir ili ortalama karasal gama doz hızı ve yıllık etkin doz eşdeğeri, Çanakkale-Kestanbol, Bursa, Mısır-Sinai ve Gana-Merkez’in topraklarından elde edilen karasal gama doz hızının ve yıllık etkin doz eşdeğerinin altında, dünya ortalamasının ve diğer bölgelerin ortalamalarının daha üzerinde elde edilmiştir.

**Tablo 5.16:** Nevşehir, Türkiye illeri ve diğer ülkelerin topraklarında ortalama aktivite konsantrasyonları ve hesaplanan karasal gama doz hızı ile yıllık etkin doz eşdeğerleri.

Referans	Bölge	Ortalama Konsantrasyonlar (Bq/kg)				Gama Doz Hızı (nGy/h)	YEDE (µSv)
		<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K	<sup>137</sup> Cs		
Şimdiki çalışma	Nevşehir	49.89	54.58	697.91	7.49	85.35	104.67
Merdanoğlu ve Altınsoy, 2006	Çanakkale-Kestanbol	115	192	1207	0.37-36	219	269
Celik ve diğ., 2009	Ordu	58.64	46.11	580.91	136.12	84.60	103.80
Karahan, 2010	Bursa	55.90	32.10	430	5.40	90	110.40
El-Taher, 2011	Suudi Arabistan	23.30	32.69	157	-	35.90	-
Albayrak, 2011	Kırıkkale	20.90	38.10	577.30	3.60	56.85	69.72
Kapdan ve diğ., 2011	Çankırı	17.70	22.30	357	4.10	36.24	44.40
Agbalagba ve Onoja, 2011	Nijer Deltası	20	20	180	-	30	37
Kapdan ve diğ., 2012	Balıkesir	37.60	54.70	674.50	3.40	78.50	99.20
Otansev ve diğ., 2011	Kayseri	35.51	37.27	429.66	11.53	59.75	73.28
Atlas, 2015	Edirne	39.74	55.84	407.12	-	69.80	85.64
Baz, 2015	Mısır-Sinai	1104.14	74.21	455.80	-	537.30	658.90
Faanu ve diğ., 2016	Gana-Merkez	65.61	71.80	1168.30	-	741.60	910
Senthilkumar ve Narayanaswamy, 2016	Hindistan-Sethiyathope	22.80	39.90	253.16	-	45.19	55.42
Assie ve diğ., 2016	Irak-Balad	0.49	1.90	390.07	0.25	17.56	21.50
Gören ve diğ., 2017	Sivas-Kangal	37	17	222	-	39	48
UNSCEAR, 2000	Dünya ortalaması	35	30	400	-	57	70

<sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K ve <sup>137</sup>Cs radyoizotoplarının çevrede dağılım miktarları farklı farklıdır. Farklı miktarlardaki bu spesifik aktivitelerden radyasyona maruz kalmayı standartlaştırmak için tanımlanan radyum eşdeğer aktiviteleri, ayrıca dış tehlike indeksleri ve bölgede yaşayan insanların kanser olma riskleri hesaplanmış olup ortalama değerler Tablo 5.17’de verilmektedir. Aynı tabloda Türkiye’nin farklı illerinde ve çeşitli ülkelerde elde edilen sonuçlar da bulunmaktadır.

Tablo 5.17’de görüldüğü gibi Nevşehir ili Ra<sub>eq</sub> ortalama değeri Çanakkale-Kestanbol, Mısır-Sinai, Gana-Merkez ve dünya ortalamasının altında, diğer bölgelerin üzerinde elde edilmiştir. Nevşehir’in ortalama dış tehlike indeksi H<sub>ex</sub> <1 olup sadece Çanakkale-Kestanbol ve Mısır-Sinai hariç diğerlerinin üzerinde tespit edilmiştir.

Nevşehir de yaşayan halkın yaşam boyu (70 yıl) kanser olma riski, Çanakkale-Kestanbol, Bursa, Mısır-Sinai ve Gana-Merkez hariç, diğer bölgelerden ve dünya ortalamasından yüksektir.

**Tablo 5.17:** Nevşehir, Türkiye illeri ve diğer ülkelerin radyum eşdeğer aktivitesi, dış tehlike indeksi ve karasal dozlardan yaşam boyu kanser riskleri.

Referans	Bölge	YEDE ( $\mu\text{Sv}$ )	$R_{\text{eq}}$ ( $\text{Bq/kg}$ )	$H_{\text{ex}}$	Kanser riskleri ( $10^{-4}$ )
Şimdiki çalışma	Nevşehir	104.67	181.68	0.49	3.66
Merdanoğlu ve Altınsoy, 2006	Çanakkale-Kestanbol	269	498	1.40	<b>9.42</b>
Celik ve diğ., 2009	Ordu	103.80	169.30	0.46	3.63
Karahan, 2010	Bursa	110.40	136	0.37	<b>3.91</b>
Albayrak, 2011	Kırıkkale	69.72	119.84	0.32	2.44
Kapdan ve diğ., 2011	Çankırı	44.40	77.08	0.21	1.55
Kapdan ve diğ., 2012	Balıkesir	99.20	167.76	0.45	3.47
Otansev ve diğ., 2011	Kayseri	73.28	121.89	0.33	2.57
Atlas, 2015	Edirne	85.64	147.51	0.41	3.07
Gören ve diğ., 2017	Sivas-Kangal	48	78.404	0.212	1.68
El-Taher, 2011	Suudi Arabistan	-	77.39	0.18	-
Agbalagba ve Onoja, 2011	Nijer Deltası	37	76	0.17	1.30
Baz, 2015	Mısır-Sinai	658.90	1245.37	3.37	<b>23.06</b>
Faanu ve diğ., 2016	Gana-Merkez	910	257.80	0.70	<b>31.85</b>
Senthilkumar ve Narayanaswamy, 2016	Hindistan-Sethiyathope	55.42	99.35	0.27	1.94
Assie ve diğ., 2016	Irak-Balad	21.50	33.24	0.09	0.75
UNSCEAR, 2000	Dünya ortalaması	70	370	<1	2.90

## KAYNAKLAR

- Abumurad, K.M., 2001, Chances of Lung Cancer due to Radon Exposure in Al-Mazar Al-Shamali, Jordan, *Radiation Measurements*, 34, 537-540.
- Agbalagba, E.O. and Onoja, R.A., 2011, Evaluation of Natural Radioactivity in Soil, Sediment and Water Samples of Niger Delta (Biseni) Flood Plain Lakes, Nigeria, *Journal of Environmental Radioactivity*, 102, 667-671.
- Akdeniz, V., Kınık, Ö., Yerlikaya, O. ve Akan, E., 2016, İnsan Sağlığı ve Beslenme Fizyolojisi Açısından Çinkonun Önemi, *Akademik Gıda*, 14 (3), 307-314.
- Akhtar, N., Tufail, M., Ashraf, M. and Iqbal, M.M., 2005, Measurement of Environmental Radioactivity for Estimation of Radiation Exposure from Saline Soil of Lahore, Pakistan, *Radiation Measurements*, 39, 11-14.
- Akhtar, N. and Tufail, M., 2007, Natural Radioactivity Intake into Wheat Grown on Fertilized Farms in two Districts of Pakistan, *Radiation Protection Dosimetry*, 123(1), 103-112.
- Akkurt, N., 2014, *Eskişehir İlçelerinde Radon Konsantrasyonlarının Mevsimsel Değişimi*, Yüksek Lisans, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik ABD, Eskişehir.
- Aksoy, T., 2006, *Silisyumun Bitki ve Toprakta Bulunuşu, Dağılımı ve İnsan Sağlığı İçin Önemi*, Yüksek Lisans, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak ABD, Adana.
- Al-Amir, S.M., Al-Hamarneh, I.F., Al-Abed, T. and Awadallah, M., 2012, Natural Radioactivity in Tap Water and Associated Age-Dependent Dose and Lifetime Risk Assessment in Amman, Jordan, *Applied Radiation and Isotopes*, 70, 692-698.
- Al-Jundi, J., 2002, Population Doses from Terrestrial Gamma Exposure in Areas Near to Old Phosphate mine, Russaifa, Jordan, *Radiation Measurement*, 35, 23-28.
- Alazemi, N., Bajoga, A.D., Bradley, D.A., Regan, P.H. and Shams, H., 2016, Soil Radioactivity Levels, Radiological Maps and Risk Assessment for the State of Kuwait, *Chemosphere*, 154, 55-62.
- Albering, H.J., van Leusen, S.M., Moonen, E.J.C, Hoogewerff, J.A. and Kleinjans, J.C.S., 1999, Human Health Risk Assessment: A Case Study Involving Heavy Metal Soil Contamination After the Flooding of the River Meuse During the Winter of 1993-1994, *Environmental Health Perspectives*, 107(1), 37-43.
- Alkış, İ.M., 2011, *Türk Şaraplarında Ağır Metallerin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği ABD.
- Alloway, B.J., 2013, *Heavy Metals in Soil: Trace Metals and Metalloids in Soils and Their Bioavailability*, 3rd ed., Springer, London.

- Altay, T., 1998, *Suların Radyoaktif Kirlenmesini Kontrol Laboratuvarı El Kitabı*, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı, Yayın No:İZ-922, Ankara.
- American Public Health Association and American Water Works Association and Water Environment Federation, 1995, *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.
- Arajua, G.C., Gonzales, M.H., Ferreira, A.G., Nogueira, A.R.A., Nobrega, J.A., 2002, Effect of Acid Comcentration on Closed - Vessel Microwave - Assisted Digestion of Plant Materials, *Spectrochimica Acta Part B*, 57, 2121-2132.
- Arcasoy, A., 2002, Çinko ve Çinko Eksikliği, *Ankara Talasemi Derneği Yayınları*, 2. Baskı, 1-23.
- Asikainen, M. and Kahlos, H., 1980, International Radiation Doses from Radioactivity of Drinking Water in Finland, *Health Physics*, 39, 77-83.
- Asri, F.Ö. ve Sönmez, S., 2006, Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri, (<http://www.batem.gov.tr/yayinlar/derim/2006/36-45.pdf>).
- Assie, A., Oudah, A-J.A., Jassim, A.S. and Al-Mashhadani, A.H., 2016, Determination of Natural Radioactivity by Gamma Spectroscopy in Balad Soil, Iraq, *Advances in Applied Science Research*, 7(1), 35-41.
- ASTM E 181-98, 2003, Standard Test Methods for, Detector Calibration and Analysis of Radionuclides, *ASTM International*, Reapproved 2003.
- Atabey, E., 2002a, Tüm Kapadokya Risk Altında mı?, *TÜBİTAK Bilim ve Teknik*, Sayı: 412, 64-67.
- Atabey, E., 2002b, Tüm Kapadokya Yöresi Volkanik Tüf Nedeniyle Kanser Riski Altında mı?, Uluslararası Katılımlı Beslenme, *Çevre ve Kanser Sempozyumu Bildiri Özleri*, 31 Mart-1 Nisan 2002, Ankara.
- Atabey, E., 2002c, Eriyonitli Tüfler ile Göl Çökellerinin İlişkisi, 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri.
- Atabey, E., 2005, Türkiye’de Doğal Jeolojik Genel Unsurlar ve Halk Sağlığı (Tıbbi Jeoloji), 1. Tıbbi Jeoloji Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı, In: Atabey, E. (ed), TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 95, 27-52, Ankara.
- Atabey, E., 2009, Arsenik ve Etkileri, MTA Yerbilimleri ve Kültür Serisi, 3, 91 sayfa, ISBN: 978-605-4075-28-7.
- Atabey, E., 2011, Jeolojik Unsurlar ve Halk Sağlığı (Tıbbi Jeoloji), *Popüler Bilim Dergisi*, 207, 56-61.

- Atabey, E., 2013, *Nevşehir İli Tıbbi Jeolojik Unsurları ve Halk Sağlığı*, Nevşehir Belediyesi basımı, ISBN:978-9944-5633-7-6, p400. <http://docplayer.biz.tr/4162333-Nevsehir-ili-tibbi-jeolojik-unsurlari-ve-halksagligi.html>, [Ziyaret Tarihi:2 Ekim 2016].
- Atabey, E., 2015, Türkiye’de İllere Göre Su Kaynakları-Potansiyeli ve Su Kalitesi, [http://www.esrefatabey.com.tr/upload/tibbi\\_jeoloji\\_dosya325.pdf](http://www.esrefatabey.com.tr/upload/tibbi_jeoloji_dosya325.pdf)
- Ataksor, B., 2002, *Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Tayini ile Havza Yüzey Suları Kirliliğine İlişkin Yeni Bir İnceleme ve Reseptör Model ile Karşılaştırmalı Değerlendirmesi*, Doktora, İ.T.Ü., Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Atlas, H., 2015, *Edirne İli ve İlçelerindeki Topraklarda Doğal Radyoaktivite Düzeylerinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik ABD, Edirne.
- Ayçık, G., 2000, Çevre Radyoaktivitesinin İzlenmesinde Örneklem, Ölçüm ve Analiz Yöntemleri, 94 sayfa, *Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları*, TAEK-TR-2000-1.
- Badran, H.M., Sharshar, T. and Elnimer, T., 2003, Levels of <sup>137</sup>Cs and <sup>40</sup>K in Edible Parts of Some Vegetables Consumed in Egypt, *Journal of Environmental Radioactivity*, 67, 181-190.
- Bakar, C. ve Baba, A., 2009, Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne ve Geleceğe Miras Kalan Çevre Sağlığı Sorunu, *1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı*, 30 Ekim-1 Kasım 2009, Ürgüp Belediyesi, Kültür Merkezi, Nevşehir.
- Bakırcıoğlu, D., 2009, *Toprakta Makro ve Mikro Element Tayini*, Doktora, Trakya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Edirne.
- Bakkal, S., 2012, *Kilis İli Toprak Örneklerinde <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K ve <sup>137</sup>Cs Radyoaktivite Konsantrasyonlarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis.
- Baldık, R., Erer, A.M. and Aytekin, H., 2011, Radioactivity Measurements and Radiation Dose Assessments due to Natural Radiation in Karabük (Turkey), *Journal Radioanalytical Nuclear and Chemistry*, 289, 297-302.
- Barış, İ.Y., 2003, “Anne Bana Kerpeteni Getir” Anadolu’nun Bitmeyen Akciğer ve Karın Zarı Kanseri Çilesi, *Bilimsel Tıp Yayınevi*, Ankara.
- Barış, İ.Y., 2005, *Türkiye’de Asbest ve Eriyonit Sorunu ve İnsan Sağlığına Etkileri (Mezotelyoma)*, 1. Tıbbi Jeoloji Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı, In: Atabey, E. (ed), TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 95, 53-64, Ankara.
- Baz, S.S., 2015, A Comparison Study of Soil Province in Egypt by Using X-Ray Diffraction and Gamma-Ray Analysis, *World Journal of Nuclear Science and Technology*, 5, 120-128.
- Beck, H.L., 1982, The Natural Radiation Environment II, USERDA Conf.-720805-2, *The Physics of Environmental Gamma Radiation Fields*, 101-104.

- Bednarek, W., Tkaczyk, P. and Dresler, S, 2007, Contents of Heavy Metals as a Criterion for Apple Quality Assessment and Soil Properties, *Polish Journal of Soil Science*, 40(1), PL ISSN 0079-2985.
- BEIR V, 1990, *Committee on Health Risks of Exposure to Radon, Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation*, National Academy Press, Washington, D.C.
- BEIR VI, 1999, *Committee on Health Risks of Exposure to Radon, Health Effects of Exposure to Radon*, National Academy Press, Washington, D.C.
- BEIR VII Phase 2, 2006, *Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council, Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation*, National Academy Press, Washington, D.C.
- Belivermis, M., Kılıç, Ö., Çotuk, Y., Topçuoğlu, S., Coşkun, M., Çayır, A. and Küçer, R., 2008, Radioactivity Concentrations in Topsoil Samples from the Thrace Region of Turkey and Assessment of Radiological Hazard, *Radiation Effects and Defects in Solids*, 163(11),903-913.
- Bergmann, W., 1992, Nutritional Disorders of Plants, Development, Visual and Analytical Diagnosis, *Gustav Fischer Verlag Jena*, Stuttgart, New York, 741p.
- Beiser, A., 1988-1989, *Fundamentals of Modern Physics, Çağdaş Fiziğin Kavramları*, Çeviri yapanlar: Çetin, M., Yıldırım, H., Gülsün, Z., 2. Baskı,1988-1989.
- Belgemen, T. ve Akar, N., 2004, Çinkonun Yaşamsal Fonksiyonları ve Çinko Metabolizması ile İlişkin Genler, *Ankara Üniveristesi Tıp Fakültesi Dergisi* (57), 3.
- Beretka, J. and Matthew, P.J., 1985, Natural Radioactivity of Australian Building Materials, Industrial Wastes and By-products, *Health Physics*, 48(1), 87-95.
- Berthold, 2003, LB 770 10 – Channel  $\alpha$ - $\beta$  Low-Level Counter User Manual, *Berthold Technologies, GmbH & Co.*
- Bertin, E.P., 2012, *Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis*, Springer Science & Business Media, Science, 1080 pages.
- BIS, 1993, *Bureau of Indians Standards, Indian Standard Specifications for Drinking Water*, IS:10500, 1993.
- Bingöl, D., Ay, Ü., Bozbaş S.K. and Uzgören, N., 2013, Chemometric Evaluation of the Heavy Metals Distribution in Waters from the Dilovası Region in Kocaeli, Turkey, *Marine Pollution Bulletin*, 68, 134-139.
- Bozkurt, A., Yorulmaz, N., Kam, E., Karahan, G. and Osmanlioglu A.E., 2007, Assessment of Environmental Radioactivity for Sanliurfa Region of Southeastern Turkey, *Radiation Measurements*, 42, 1387-1391.

- Boss, C.B. and Fredeen, K.J., 1997, *Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*, 2nd ed., the Perkin-Elmer Corporation, U.S.A., 1997.
- Burguera, M. and Burguera, J.L., 1998, Microwave – Assisted Sample Decomposition in Flow Analysis, *Analytica Chimica Acta*, 366, 63-80.
- Burt, R., Wilson M.A., Mays, M.D. and Lee, C.W., 2003, Major and Trace Elements of Selected Pedons in the U.S.A., *Journal of Environmental Quality*, 32, 2109-2121.
- Can, B., Canbazoğlu, C., Albayrak, N., Çelebi, N. and Doğru, M., 2011, Measurements of Indoor Radon Concentration Levels in Kilis, Osmaniye and Antakya, Turkey Durings Spring Season, *Journal Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 292(3), 1059-1063.
- Canada, 2012, *Guidelines for Canadian Drinking Water Quality – Summary Table*, August 2012.
- Canbazoğlu, C. and Doğru M., 2012, A Preliminary Study on <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K and <sup>137</sup>Cs Activity Concentrations in Vegetables and Fruits Frequently Consumed by Inhabitants of Elazığ Region, Turkey, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 295(2), 1245-1249.
- Capaccioni, B., Cinelli, G., Mostacci, D. and Tositti, L., 2012, Long-term Risk in a Recently Active Volcanic System: Evaluation of Doses and Indoor Radiological Risk in the Quaternary Vulsini Volcanic District (Central Italy), *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 247-248, 26-36.
- Celik, N., Cevik, N., Celik, A. and Kucukomeroglu, B., 2008, Determination of Indoor Radon and Soil Radioactivity Levels in Giresun, Turkey, *Journal of Environmental Radioactivity*, 99, 1349-1354.
- Celik, N., Poffijn, A., Cevik, U. and Schepens L., 2008, Indoor Radon Survey in Dwellings of the Kars Province, Turkey, *Radiation Protection Dosimetry*, 128(4), 432-436.
- Celik, N., Damla, N. and Cevik, U., 2010, Gamma Ray Concentrations in Soil and Bulding Materials in Ordu, Turkey, *Radiation Effects and Defects in Solids*, 165(1), 1-10.
- CEM MARS5, 2001, *Microwave Accelerated Reaction System Operation Manual*, CEM Corporation, USA, April 2001.
- Cetiner, M.A., Gündüz, H. and Ilgar, A., 2011, High Background Radiation Areas at Çanakkale in Turkey, *Radiation Physics and Chemistry*, 80, 704-709.
- Chen, Z.-S., 1999, *Selecting Indicators to Evaluate Soil Quality*, ([www.fftc.agnet.org](http://www.fftc.agnet.org)).
- Chennaiah, J.B., Rasheed, M.A. and Patil, D.J., 2014, Concentration of Heavy Metals in Drinking Water with Emphasis on Human Health, *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 4(2), 205-214.

- Choppin, R.G. and Liljenzin, J., 2002, *Radiochemistry and Nuclear Chemistry*, Butterworth-Heinemann, USA.
- Cindric, I.J., Krizman, I., Zeiner, M., Kampic, S., Medunic, G. and Stinger, G., 2012, ICP-AES Determination of Minor- and Major Elements in Apples After Microwave Assisted Digestion, *Food Chemistry*, 135, 2675-2680.
- CLS, 1999, Commission on Life Sciences, *Evaluation of Guidelines for Exposures to Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials*, National Academies Press, Washington, D.C.
- Cothorn, C. R. and Lappenbusch, W. L., 1983, Compliance Data for the Occurrence of Radium and Gross Alpha Particle Activity in Drinking Water Supplies in the U. S., *Environmental Protection Agency*, Washington, D.C., 20460.
- Curie, L.A., 1968, Limits for Qualitative Detection and Quantification Determination, *Analytical Chemistry* 40 (3), 587-593.
- Çağlarırnak, N. ve Hepçimen, A.Z., 2010, Ağır Metal Kirliliğinin Gıda Zinciri ve İnsan Sağlığına Etkisi, *Akademik Gıda*, 8 (2), 31-35.
- Çakır, C. ve Gürol, A., 2007, WDXRF Spektrometresi ile Fasulye Tohum Böceği [*Acanthoscelides obtectus* (Say.) (Coleoptera:Bruchidae)]'ndeki Eser Elementlerin Yarı-Nicel Analizleri, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(1), 41-47.
- Çelebi, N., 1995, *Çevresel Örneklerde Uranyum, Radyum ve Radon Ölçüm Tekniklerinin Geliştirilmesi*, Doktora, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çelebi, N. ve Alkan, H., 1997, Evaluation of Natural Radiation in the Kestanbol Spa Region, *Radiation Protection Dosimetry*, 69 (3), 227-230.
- Çelebi, N., 2008, *Türkiye'de Radon Ölçümleri*, Uluslararası Katılımlı Tıbbi Jeoloji Kitabı, YMGV Yayını, ISBN:978-975-7946-33-5, 69-78, Ankara.
- Çelebi, N., Ataksor, B., Taşkın, H., Albayrak Bingöldağ, N., 2014, Indoor Radon Measurements in Turkey Dwellings, *Radiation Protection Dosimetry* (2015), Vol.167, No.4, 626-632.
- Çevik, C.Y., 2015, *Zeytin ve Zeytin Ürünlerinin Bazı Makro ve Mikro İnorganik Bileşenlerinin Analizi*, Yüksek Lisans, Adnan Menderes Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya ABD, Aydın.
- Damla, N., 2005, *Doğu Karadeniz Bölgesi İçme Sularında Toplam Alfa, Toplam Beta ve Gama Aktivitesi*, Yüksek Lisans, Karadeniz Teknik Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Damla, N., Çevik, U., Karahan, G. and Kobyay, A. I., 2006, Gross Alpha and Beta Activities in Tap Waters in Eastern Black Sea Region of Turkey, *Chemosphere*, 62, 957-960.
- Damla, N., Çevik, U., Karahan, G., Kobyay, A. I., Koçak, M. and Işık, U., 2009, Determination of Gross  $\alpha$  and  $\beta$  Activities in Waters from Batman, Turkey, *Desalination*, 244, 208-214.

- Değerlier, M., 2007, *Adana İli ve Çevresinin Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Saptanması ve Doğal Radyasyonların Yıllık Etkin Doz Eşdeğerinin Bulunması*, Doktora, Çukurova Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Değerlier, M. and Çelebi, N., 2008, Indoor Radon Comcentration in Adana, Turkey, *Radiation Protection Dosimetry*, 131(2), 259-264.
- Değerlier, M. and Karahan, G., 2008, Natural Radioactivity in Various Surface Waters in Ankara, Turkey, *Desalination*, 261, 126-130.
- Degerlier, M., Karahan, G. and Ozger, G., 2008, Radioactivity Concentrations and Dose Assessment for Soil Samples Around Adana, Turkey, *Journal of Environmental Radioactivity*, 99, 1018-1025.
- Demirezen, D. ve Aksoy, A., 2006, Heavy Metal Levels in Vegetables in Turkey is Within Safe Limits for Cu, Zn, Ni and Exceeded for Cd and Pb, *Journal of Food Quality, Erciyes Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü*, Kayseri Turkey, 1-4.
- Deveci, T., 2012, *Gaziantep'te Atık Sulardan Etkilenen Toprak ve Bitkilerde Eser Element (Cu, Co, Mn ve Zn) ve Fe Konsantrasyonlarının ICP-MS İle Tayini*, Yüksek Lisans, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis.
- Dinelli, E., Lima, A., Albanese, S., Birke, M., Cicchella, D., Giaccio, L., Valera, P. and De Vivo, B., 2012, Major and Trace Elements in Tap Water from Italy, *Journal of Geochemical Exploration*, 112, 54-75.
- Dirik, K., 2009, 1. Tıbbi Jeoloji Çalışmayı Teknik Gezi Rehberi, *1. Tıbbi Jeoloji Çalışmayı*, 30 Ekim-1 Kasım 2009, Ürgüp Bld., Kültür Merkezi, Ürgüp, Nevşehir.
- Doğan, S., 2009, *Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi ile Saçta Eser Element Tayininde Farklı Örnek Hazırlama Yöntemlerinin Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans, Mersin Ü., Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya ABD, Mersin.
- Dönmez, B., 2012, *N,N'-BIS (5-Bromo-Salisiliden)-1,3 Propandiamin Ligandı Kullanılarak Yenilebilen Sıvı Yağlardan Bazı Metallerin Ekstraksiyonu ve Tayini*, Yüksek Lisans, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya ABD, Balıkesir.
- Durrani, S.A. and Ilic, R., 1997, Radon Measurements by Etched Track Detectors: Applications in Radiation Protection, *Earth Sciences and the Environment, World Scientific*, New Jersey, U.S.A., 387.
- EC, 2014, *European Community (Drinking Water) Regulations 2014*.
- Eisenbud, M., 1987, Environmental Radioactivity: from Natural, Industrial, and Military Sources, *Academic Pres*, San Diego.
- El-Taher, A., 2012, Assessment of Natural Radioactivity Levels and Radiation Hazards for Building Materials Used in Qassim Area, Saudi Arabia, *Romanian Journal of Physics*, 57(3-4), 726-735.

- El-Zaher, M.A., 2010, Seasonal Variation of Indoor Radon Concentration in Dwellings of Alexandria City, Egypt, *Radiation Protection Dosimetry*, 143(1), 56-62.
- EPA, 1980, United States Environmental Protection Agency, *Gross Alpha and Gross Beta Radioactivity in Drinking Water Method 900.0*.
- EPA, 1983, *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes*, EPA 600 4-79-020, March 1983.
- EPA, 1991, U.S. Environmental Protection Agency, *Method 200.7; Determination of Metals of and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry*, revision 3.3, EPA 600 4-91/010 June, 1991.
- EPA, 1992, A Citizen's Guide to Radon, *EPA Document 402-K92-001*.
- EPA, 2012, *Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories*, EPA 822-S-12-001 Office of Water U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, Spring 2012, Date of update: April, 2012.
- Erdoğan, S., Erdemoğlu, S.B. and Kaya, S., 2006, Optimisation of Microwave Digestion for Determination of Fe, Zn, Mn and Cu in Various Legumes by Flame Atomic Absorption Spectrometry, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 226-232.
- Erdoğan, Ö., Tosyalı, C. ve Erbilir, F., 2005, Kahramanmaraş'ta Yetişen Bazı Sebzelerde Demir, Bakır, Mangan, Kadmiyum ve Nikel Düzeyleri, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(2), 27-29.
- Erees, F., Akozcan, S., Parlak, Y. And Cam, S., 2006, Assessment of Dose Rates Around Manisa (Turkey), *Radiation Measurements*, 41, 598-601.
- Ergül, H.A., Belivermiş, M., Kılıç, Ö. and Topcuoğlu, S., 2013, Natural and Artificial Radionuclide Activity Concentrations in Surface Sediments of Izmit Bay, Turkey, *Journal of Environmental Radioactivity*, 126, 125-132.
- Eriksson, J.E., 2001a, Concentrations of 61 Trace Elements in Sewage Sludge, Farmyard Manure, Mineral Fertilizers, Precipitation and in Oil and Crops, *Swedish EPA Rep 5159*, Stockholm.
- Eroğlu, A. ve Aksoy, N., 2003, *Jeotermal Suların Kimyasal Analizi, Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri: Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı*, Ekim 2003 İzmir, İzmir Altındağ Matbaacılık, ISBN 975-395-625-8, 149-183.
- Faanu, A., Adukpo, O.K., Tettey-Larbi, L., Lawluvi, H., Kpeglo, D.O., Darko, E.O., Emi-Reynolds, G., Awudu, R.A., Kansaana, C., Amoah, P.A., Efa, A.O., Ibrahim, A.D., Agyeman, B., Kpodzro, R. and Agyeman, L., 2016, Natural Radioactivity Levels in Soils, Rocks and Water at a Mining Concession of Perseus Gold Mine and Surrounding Towns in Central Region of Ghana, *Springer Plus*, 5(98), 1-16.
- Faheem, M. and Matiullah, 2008, Indoor Radon Concentration Levels in Several Districts of the Punjab Province-Pakistan, *Radiation Measurements*, 43, S380-S384.

- Faheem, M., Mujahid, S.A. and Matiullah, 2008, Assessment of Radiological Hazards due to the Natural Radioactivity in Soil and Building Material Samples Collected From Six Districts of the Punjab Province-Pakistan, *Radiation Measurements*, 43, 1443-1447.
- Farai, I.P. and Ademola, J.A., 2004, Radium Equivalent Activity Concentrations in Concrete Building Blocks in Eight Cities in Southwestern Nigeria, *Journal of Environmental Radioactivity*, 79, 119-125.
- Farooq, M., Anwar, F. and Rashid, U., 2008, Appraisal of Heavy Metal Contents in Different Vegetables Grown in the Vicinity of an Industrial Area, *Pakistan Journal of Botany*, 40(2), 2099-2106.
- Flores, O.B., Estrada, A.M., Suarez, R.R., Zerguera, J.T. and Perez, A.H., 2008, Natural Radionuclide Content in Building Materials and Gamma Dose Rate in Dwellings in Cuba, *Journal of Environmental Radioactivity*, 99, 1834-1837.
- Fraga, C.G., 2005, Relevance, Essentiality and Toxicity of Trace Elements in Human Health, *Molecular Aspects of Medicine*, 26, 235-244.
- GENIE 2000, 2006, *Genie 2000 Spectroscopy Software Customization Tools Manual*, Canberra Industries, Inc.
- Geotechnical Test Method GTM-24, New York State of Opportunity, 2015, *Test Method for the Determination of pH Value of Water or Soil by pH Meter*.
- Gören, E., 2011, *Adana İçme Sularında Trityum Radyoaktivitesinin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans, Çukurova Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Gören, E., Turhan, Ş., Kurnaz, A., Garad, A.M.K., Duran, C., Uğur, F.A. and Yeğingil, Z., 2017, Environmental Evaluation of Natural Radioactivity in Soil Near a Linite-Burning Power Plant in Turkey, *Applied Radiation and Isotopes*, 129, 13-18.
- Görür, F.K., Keser, R., Akçay, N., As, N. and Okumuşoğlu N.T., 2012, Radioactivity and Heavy Metal Concentrations in Food Samples from Rize, Turkey, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(2), 307-312.
- Gövercin, İ., 2010, *İzmir İlinde Sütlerde Bazı Ağır Metal (Kurşun, Kadmiyum, Arsenik, Civa, Bakır, Çinko) Düzeylerinin Belirlenmesi*, Doktora, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997, Kimyasallar ve Çevre, *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, No:50, 9-24, Ankara.
- Günaydı, T., 2004, *İzmir-Dikili Jeotermal Sahalarına Yakın Yerleşim Alanlarında Radon Konsantrasyonlarının Belirlenmesi*, Yüksek Lisans, Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Güner, U., 1994, Toksikoloji, Trakya Üniversitesi Fen fakültesi Biyoloji Bölümü, Versiyon 2.0.0 2014.

- He, Z.L., Yang, X.E. and Stoffella, P.J., 2005, Trace Elements in Agroecosystems and Impact on the Environment, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 19, 125-140.
- Herrick, G. and Friedland, T., 1990, Patterns of Trace Metal Concentrations and Acidity in Mountain Forest Soils of Northeastern US, *Water-Air-Soil Pollution*, 53, 151-157.
- Hodson, M.H. and Sangster, A.G., 1989, Subcellular Localization of Mineral Deposits in the Roots of Wheat (*Triticum aestivum*, L.), *Protoplasm*, 151, 19-32.
- Iakovleva, V.S. and Ryzhakova, N.K., 2003, Spatial and Temporal Variations of Radon Concentration in Soil Air, *Radiation Measurements*, 36, 385-388.
- IARC, 2004, International Agency for Research on Cancer, Tobacco Smoke and Involuntary Smoking, *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Human*, Vol.83, Lyon.
- ICRP, 1975, International Commission on Radiological Protection, Report of the Task Group on Reference Man, *ICRP Publication*, No.23, Pergamon Press.
- ICRP, 1977, International Commission on Radiological Protection, Recommendations of the International Commission of Radiological Protection, *ICRP Publication*, No.26, Pergamon, Oxford.
- ICRP, 1991, International Commission on Radiological Protection, Recommendations of the Commission, *ICRP Publication*, No.60, Pergamon, Oxford.
- ICRP, 1994, International Commission on Radiological Protection, Protection Against Radon-222 at Home and at Work, Annals of the ICRP, *ICRP Publication*, No.65, Pergamon Press, Oxford.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H., 1999, *Biogeochemistry of Trace Elements*, Second Ed., Wyd Nauk PWN, Warszawa (in Polish).
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H., 2001, *Trace Elements in Soils and Plants*, CRC Pres., LLC (Third Ed.) Boca Raton, Florida, 1-403.
- Kabata-Pendias, A. and Sadurski, W., 2004, *Trace Elements and Compounds in Soil*, In: Merian E., Anke M., Ihnat M., Stoepppler M. (eds), *Elements and Their Compounds in the Environment*, Wiley-VCH, Weinheim, 2nd ed., 79-99.
- Kabata-Pendias, A. and Mukherjee, A.B., 2007, *Trace Elements From Soil to Human*, Springer Berlin Heidelberg New York, 1-519.
- Kafadar, F. ve Saygıdeğer, S., 2010, Gaziantep İlinde Organize Sanayi Bölgesi Atık Suları ile Sulanan Bazı Tarım Bitkilerinde Kurşun (Pb) Miktarlarının Belirlenmesi, Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, *Ekoloji*, 19(75), 41-48.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S., 2003, Metallerin Çevresel Etkileri-I, *Metallurji Dergisi*, 136, 47-53.

- Kaim, W. and Schwederski, B., 2004, *Bioanorganische Chemie*, 4. Auflage, Teubner, p.7.
- Kalra, Yash P., 1995, Determination of pH of Soils by Different Methods: Collaborative Study, *Journal of AOAC International*, Vol.78, No.2, 310-320.
- Kam, E., 2004, *Tekirdağ'ın Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Tayini*, Yüksek Lisans, Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kam, E. and Bozkurt, A., 2007, Environmental Radioactivity Measurements in the Kastamonu Region of Northern Turkey, *Applied Radiation and Isotopes*, 65, 440-444.
- Kam, E., Bozkurt, A. and Ilgar, R., 2010, A Study of Background Radioactivity Level for Canakkale, Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 168, 685-690.
- Kam, E., Karahan, G., Aslıyüksek, H. and Bozkurt, A., 2016, Natural Radioactivity in Foods Consumed in Turkey, *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 10(6), 389-394.
- Kankılıç, G.B., Tüzün, I. and Kadioğlu, Y.K., 2013, Assessment of Heavy Metal Levels in Sediment Samples of Kapulukaya Dam Lake (Kirikkale) and Lower Catchment Area, *Environmental Monitoring and Assessment*, 185, 6739-6750.
- Kapdan, E., 2009, *Adapazarı Merkezi Kış Dönemi Radon Ölçüm ve Analizleri*, Yüksek Lisans, İ.T.Ü. Enerji Enstitüsü, Enerji Bilim ve Teknoloji ABD, İstanbul.
- Kapdan, E., Taşkın, H., Kam, E. Osmanlioğlu A.E., Karahan, G. and Bozkurt, A., 2011, A Study of Environmental Radioactivity Measurements for Cankiri, Turkey, *Radiation Protection Dosimetry*, pp, 1-7.
- Kapdan, E., Varinlioğlu, A. and Karahan, G., 2012, Outdoor Radioactivity and Health Risks in Balıkesir, Northwestern Turkey, *Radiation Protection Dosimetry*, 148(3), Issue 301-309.
- Karademir, M. ve Toker, M.C., 1995, Ankara'nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim ve Bitkilerde Egsoz Gazlarından Gelen Kurşun Birikimi, *II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi*, 699-711, Ankara.
- Karahan, G., 1997, *İstanbul'un Çevresel Doğal Radyoaktivitesinin Tayini ve Doğal Radyasyonların Yıllık Etkin Doz Eşdeğerleri*, Doktora, İ.T.Ü., Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Karahan, G. and Bayulken, A., 2000, Assessment of Gamma Dose Rates Around Istanbul (Turkey), *Journal of Environmental Radioactivity*, 47, 213-221.
- Karahan, G., Ozturk, N. and Bayulken, A., 2000, Natural Radioactivity in Various Surface Waters in Istanbul, Turkey, *Water Res*, 34(18), 4367-4370.
- Karahan, G., 2010, Risk Assessment of Baseline Outdoor Gamma Dose Rate Levels Study of Natural Radiation Sources in Bursa, Turkey, *Radiation Protection Dosimetry Advance Access Published*, 10, 1-8.

- Kartal, G., Güven, A., Kahvecioğlu, Ö. ve Timur, S., 2004, Metallerin Çevresel Etkileri-II, İ.T.Ü., Metalurji ve Malzeme Müh. Böl., *Metalurji Dergisi*, 137, İstanbul.
- Knoll, G.F., 1979, *Radiation Detection and Measurement*, John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Kobyay, Y., Taskin, H., Yesilkanat, C.M. and Cevik, U., 2015, Evaluation of Outdoor Gamma Dose Rate and Cancer Risk in Artvin Province, Turkey, *Human and Ecological Risk Assessment: in International Journal*, 21(8), 2077-2085.
- Köksal, M.E., Çelebi, N. and Özçinar, B., 1993, Indoor 222Rn Concentration in İstanbul Houses, *Health Physics*, 65(1), 87-88.
- Köksal, M.E. ve Çelebi, N., 2003, Radon ve Türkiye Evlerinde Radon Ölçümleri, *Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Yayını*.
- Krane, K.S., 1988, *Introductory Nuclear Physics*, Chapter 7, John Wiley & Sons, Inc., New York 10158, USA.
- Kucukomeroglu B., Kurnaz, A., Damla, N., Cevik, U., Celebi, N., Ataksor, B., Taskin, H., 2009, Environmental Radioactivity Assessment for Bayburt, Turkey, *Journal of Radiological Protection*, 29(3), 417-428.
- Kurnaz, A., Kucukomeroglu, B., Keser, R., Okumusoglu, N.T., Korkmaz, F., Karahan, G. and Cevik, U., 2007, Determination of Radioactivity Levels and Hazards of Soil and Sediment Samples in Firtina Valley (Rize, Turkey), *Applied Radiation and Isotopes*, (65), 1281-1289.
- Kurnaz, A., Kucukomeroglu, B., Damla, N. and Cevik, U., 2011, Radiological Maps for Trabzon, Turkey, *Journal of Environmental Radioactivity*, 102, 393-399.
- Lalit, B.Y. and Shukla, V.K., 1982, Natural Radioactivity in Foodstuffs from High Natural Radioactivity Areas of Southern India; Vohra, K.G., Mishra, U.C., Pillai, K.C., Sadasivan, S. (eds.), 44-49; John Wiley and Sons, Inc, New York, NY (USA), 2. *Special Symposium on Natural Radiation Environment*, Bombay (India), 19-23 Jan 1981.
- Leghrouz, A.A., Abu-Samreh M.M. and Shehadeh, A.K., 2012, Seasonal Variation of Indoor Radon-222 Levels in Dwellings in Ramallah Province and East Jerusalem Suburbs, Palestine, *Radiation Protection Dosimetry*, 148(2), 268-273.
- Licht, O.A.B., (ed), 2005, *Geoquimica de Solo do Estado do Parana*, Vol ½, Mineropar, Curitiba, Parana (in Spanish).
- Lucas, H. F., 1991, Radium-226 Whole-Body Gamma Counting and Radon-222 Breath Analysis, *Health Physics*, 60, 163-167.
- Ma, J.F., Goto, S., Tamai, K. and Ichi, M., 2001, Role of Root Hairs and Lateral Roots in Silicon Uptake by Rice, *Plant Physiology*, Vol.127, 1773-1780.

- Malanca, A., Repetti, M. and Macedo, R.H., 1998, Gross Alpha and Beta-Activities in Surface and Ground Water of Rio Grande do Norte, Brazil, *Applied Radiation and Isotopes*, 49, 893-898.
- Marbaniang, D.G., 2011, Radioactivity (Gross-A and Gross-B) Studies of Surface Water Collected from Domiasiat Area, West Khasi Hills District, Meghalaya, India, *International Journal of Environmental Protection*, 1(4), 17-21.
- Martinelli, G., 1991, Radon Geochemistry and Geophysics in Deep Fluids, *Second Workshop on Radon Monitoring in Radioprotection Environmental and/or Earth Sciences*, SMR/598-11, ICTP, Italy.
- Martin, A. and Harbison, S., 2006, *An Introduction to Radiation Protection*, Hodder Arnold an Hachette UK Company, Fifth Edition.
- Martin, A.P., Turnbull, R.E., Rissmann, C.W. and Rieger, P., 2017, Heavy Metal and Metalloid Concentrations in Soils Under Pasture of Southern New Zealand, *Geoderma Regional*, 11, 18-25.
- Merdanoğlu, B., 2004, *Kestanbol (Çanakkale) Civarındaki Su, Toprak ve Granit Örneklerinde Doğal Radyoaktivitenin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans, İ.T.Ü., Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Merdanoğlu, B. and Altınsoy, N., 2006, Radioactivity Concentrations and Dose Assessment for Soil Samples from Kestanbol Granite Area, Turkey, *Radiation Protection Dosimetry*, Vol.121 (4), 399-405.
- Ministry of the Environmental, Finland, 2007, *Government Decree on the Assessment of Soil Contamination and Remediation Needs* (214/2007, March 1, 2007).
- Mülayim, S., 1996, Nevşehir, *Nevşehir, T.C. Kültür Bakanlığı Yayınları /1827, Tanıtma Eserleri Dizisi*, Ankara, ISBN: 975-17-1681-0, 32-33.
- NCRP 50, 1977, National Council on Radiation Protection and Measurements: *Environmental Radiation Measurements*, NCRP Report No:50, Bethesda, Maryland.
- NCRP 97, 1988, National Council on Radiation Protection and Measurements: *Measurements of Radon and Radon Daughters in Air*, NCRP Report No:97.
- Nguelem, E.J.M., Darko, E.O., Ndontchueng, M.M., Schandorf, C., Akiti, T.T., Muhulo, A.P. and Bam, E.K.P., 2013, The Natural Radioactivity in Groundwater from Selected Areas in Greater Accra Region of Ghana by Gross Alpha and Gross Beta Measurements, *Radiation Protection and Environment*, 36(1), 14-19.
- Nielsen, F.H., 1988a, Trace Elements in Human and Animal Nutrition, *Academic Press*, Vol.2, 245, New York.
- Noli F. and Tsamos, P., 2016, Concentration of Heavy Metals and Trace elements in Soils, Waters and Vegetables and Assessment of Health Risk in the Vicinity of a Lignite-Fired Power Plants, *Science of the Total Environment*, 563-564, 377-385.

- Noz, M.E., and Maguire, Jr.G.Q., 2007, Radiation Protection in The Health Sciences, 2nd, Edition, *World Scientific Publishing Co, Pte. Ltd.*, Singapore 596224.
- Obed, R.I., Ademola, A.K., Vascotto, M. and Giannini, G., 2011, Radon Measurements by Nuclear Track Detectors in Secondary Schools in Oke-Ogun Region, Nigeria, *Journal of Environmental Radioactivity*, 102, 1012-1017.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M. ve Pehlivan, M., 2009, Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri, *Alinteri*, 17 (B), 14-26, ISSN:1307-3311.
- Osmanlioğlu, A. E., Kam, E. and Bozkurt, A., 2007, Assessment of Background Radioactivity Level for Gaziantep Region of Southeastern Turkey, *Radiation Protection Dosimetry*, 124(4), 407-410.
- Otansev, P., Karahan, G., Kam, E., Barut, İ. ve Taşkın, H., 2012, Assessment of Natural Radioactivity Concentrations and Gamma Dose Rate Levels in Kayseri, Turkey, *Radiation Protection Dosimetry*, 148(2), 227-236.
- Otansev, P., Taşkın, H., Başsarı, A. and Varinlioğlu, A., 2016, Distribution and Environmental Impacts of Heavy Metals and Radioactivity in Sediment and Seawater Samples of the Marmara Sea, *Chemosphere*, 154, 266-275.
- Otton, J.K., Gundersen, L.C.S. and Schumann, R.R., 1995, *U.S. Department of The Interior/U.S. Geological Survey*.
- Ozturk, E., Kucukomeroglu, B., Yesilbag, Y.O., Kurnaz, A., Albayrak, N. and Taskin, H., 2010, Indoor Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) Concentration Measurements in Dwellings of the Erzincan Province, Turkey, *Azerbaijan Journal of Physics*, 16(2), 527-529.
- Örgün, Y. ve Demir, B.M., 2010, Kanser ve Jeoloji, *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları*, Raporlar, 24 sayfa.
- Özcan, T., 2007, *Kahramanmaraş Bölgesindeki Akarsu ve Kaynak Sularındaki Demir, Nikel, Kobalt ve Kromun Birlikte Çöktürme/Özenginleştirme ve Alev Atomik Absorpsiyon Spektrometresiyle Tayini*, Yüksek Lisans, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya ABD, 52s.
- Özkorucuklu, S., Akyıldırım, H. ve Çapalı, V., 2006, Isparta İli'nde Radon Yoğunluk Ölçümleri, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10-3, 323-327.
- Özmert, E.N., 2005, Erken Çocukluk Gelişiminin Desteklenmesi-II, *Çevre, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 48, 337-354.
- Özyürek, F., 2016, *Nevşehir'de Farklı su Kaynaklarıyla Sulanan Sebzelerde Ağır Metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) Birikimi*, Yüksek Lisans, Nevşehir Hacıbektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Polat, S., 2016, Tekirdağ İlindeki Fabrikaların Yakınındaki Tarım Alanlarında Oluşturduğu Toprak Kirliliği ve Bu Kirliliğin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi, *TC Namık Kemal Ü. Bilimsel Araştırma Projesi*, NKU.BAP.00.24.AR.11.02, Tekirdağ.
- Rangel, J.I.D., Lopez del Rio, H., Garcia, F.M., Torres, L.L.Q., Villalba, M.L., Sujo, L.C. and Cabrera, M.E.M., 2002, Radioactivity in Bottled Waters Sold in Mexico, *Applied Radiation and Isotopes*, 56(6), 931-936.
- Rassow, J.N.N., 1986, Kernreaktorunfall in Tschernobyl, Risiken der Kernenergie, *VCH Publishers*, 21-38.
- Rehman, Z.U., Khan, S., Shah, M.T., Brusseau, M.L., Khan, S.A. and Mainhagu, J., 2017, Transfer of Heavy Metals from Soils to Vegetables and Associated Human Health Risk in Selected Sites in Pakistan, *Pedosphere*, [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60440-5](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60440-5).
- Saç, M.M., Ortabuk, F., Kumru, M.N., İçhedef, M. and Sert, Ş., 2012, Determination of Radioactivity and Heavy Metals of Bakırçay River in Western Turkey, *Applied Radiation and Isotopes*, 70, 2494-2499.
- Sahin, L. and Cavas, M., 2008, Natural Radioactivity Measurements in Soil Samples of Central Kutahya (Turkey), *Radiation Protection Dosimetry*, 131, 526-530.
- Sainz, C., Dinu, A., Dicu, T., Szacsvai, K., Cosma, C. and Quindos, L.S., 2009, Comparative Risk Assessment of Residential Radon Exposures in Two Radon-Prone Areas, Ştei (Romanya) and Torrelodones (Spain), *Science of the Total Environment*, 407, 4452-4460.
- Sajo-Bohus, L., Gomez, J., Capote, T., Graves, E.D., Herrera, O., Salazar, V. and Smith, A., 1997, Gross Alpha Radioactivity of Drinking Water in Venezuela, *Journal of Environmental Radioactivity*, 35(3), 305-312.
- Sayadi, M.H. and Sayyed, M.R.G., 2011, Comparative Assessment of Baseline Concentration of the Heavy Metals in the Soils of Tehran (Iran) with the Comprisable Reference Data, *Environmental Earth Sciences*, 63, 1179-1188.
- Samuel, L.D., 1964, A Study of Environmental Exposure to Radium in Drinking Water, *The Natural Radiation Environment*, 239.
- Seğmenoğlu, M.S., 2012, *Türkiye’de Tüketime Sunulan Organik ve Geleneksel Süt ve Süt Ürünlerinin Bazı Metal Düzeyleri Yönünden Karşılaştırılması*, Doktora, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakoloji ve Toksikoloji ABD, Ankara.
- Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J.A., Finkelman, R.B., Fuge, R., Lindh, U. and Smedley, P. (Editors), 2005, Essentials of Medical Geology, Impact of Natural Environmental on Public Health, *Elsevier Academic Press*, 812 p, ISBN: 0-1263-6341-2.
- Senthilkumar, R.D. and Narayanaswamy, R., 2016, Assessment of Radiological Hazards in the Industrial Effluent Disposed Soil with Statistical Analyses, *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 9, 449-456.

- Shacklette H.A.T. and Boerngen, J.G., 1984, Element concentration sin soils and other surficial materials of the conterminous United States, *U.S. Geol Survey Prof Papers*, 1270:1-105.
- Shaheen, N., Irfan, N.M., Khan, I.N., Islam, S., Islam, M.S. and Ahmed M.K., 2016, Presence of Heavy Metals in Fruits and Vegetables: Health Risk Implications in Bangladesh, *Chemosphere*, 152, 431-438.
- Sharma, R.K., Agrawal, M. and Marshall, F.M., 2008, Heavy Metal (Cu, Zn, Cd and Pb) Contamination of Vegetables in Urban India: A Case Study in Varanasi, *Environmental Pollution*, 154, 254-263.
- Sienko, R.A., 1983, *Chemistry: Principles and Properties (Temel Kimya)*, (Çevirenler: Gündüz N., Gündüz T., Tüzün C., Pulat E., Ünesi S., Zeren A., Özgüner S.), Savaş Yayınları, Fen Bilimleri Dizisi.
- Smith, J.L., 1976, Trace Elements in Human Health and Disease, *Academic Pres*, New York.
- Sossé, B.A., Genet, P., Dunand-Vinit, F., Toussaint, L.M., Epron, D. and Badot, P.M., 2004, Effect of Copper on Growth in Cucumber Plants (*Cucumis Sativus*) and its Relationships with Carbonhydrate Accumulation and Changes in Ion Contents, *Plant Science*, 166, 1213-1218.
- Spiro, T.G. and Stigliani, W.M., 1996, Chemistry of the Environment, *Prentice Hall*, 311-329.
- STANDARD METHODS, SM 7110 C, 2005, Coprecipitation Method for Gross Alpha Radioactivity in Drinking Water, Standart Methods for Examination of Water and Wastewater, 21th Edition, Available from American Public Health Association, 1015 Fifteenth Street N.W., Washington, D.C.
- STANDARD METHODS COMMİTTEE, 2000, *4110 Determination of Anions by Ion Chromatography, Ion Chromatography with Chemical Suppression of Eluent Conductivity*.
- Stojanovska, Z., Januseski, J., Boev, B. and Ristova, M., 2012, Indoor Exposure of Population to Radon in the Fyr of Macedonia, *Radiation Protection Dosimetry*, 148(2), 162-167.
- Sutcu, E.C. and Karayığit, A.I., 2015, Mineral matter, Major and Trace Element Content of the Afşin-Elbistan Coals, Kahramanmaraş, Turkey, *International Journal of Coal Geology*, 144-145, 111-129.
- TAEK, 2000, *Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği*, 24.03.2000, Sayı: 23999, Madde 37.
- TAEK Teknik Rapor 2011, Kapalı Ortamlarda Radon ve Olası Sağlık Riskleri, *Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları, Teknik Rapor*.
- TAEK Teknik Rapor 2014, Türkiye'deki Kaplıca Tesislerinde Radyoaktivite Düzeyinin Araştırılması ve Toplam Etkin Doz Değerlendirilmesi, *Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları, TAEK TR-2014-4*.

- TAEK Teknik Rapor 2015, Mersin-Kars-Iğdır-Bartın-Karabük İllerinin Doğal Fon Radyasyonu Haritasının Çıkartılması ve Eser Element Analizleri, *Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları, TAEK TR-2015-2*.
- TAEK Teknik Rapor 2017, Antalya-Nevşehir-Karaman-Hatay-Artvin İllerinin Doğal Fon Radyasyonu Haritasının Çıkartılması ve Eser Element Analizleri, *Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Yayınları, TAEK TR-2017-3*.
- Takeda, A., Kimura, K. and Yamasaki, S-I, 2004, Analysis of 57 Elements in Jananese Soils, with Special Reference to Soil Group and Agricultural Use, *Geoderma*, 119: 291-307.
- Tapan, İ., 2011, Parçacık Dedektörleri II: Sintilasyon Dedektörleri, *VII. Uluslararası Katılımcı Parçacık Hızlandırıcıları ve Dedektörleri Yaz Okulu*, 21-26 Ağustos 2011, Bodrum, İzmir.
- Taşkın, H., 2006, *İnsan Sağlığı ve Çevre Kirliliği Açısından Kırklareli İlinin Fon Radyasyonunun Belirlenmesi ve Haritalandırılması*, Yüksek Lisans, Marmara Ü., Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Taskin, H., Karavus, M., Ay, P., Topuzoglu, A., Hidiroglu, S. and Karahan, G., 2009, Radionuclide Concentrations in Soil and Lifetime Cancer Risk due to Gamma Radioactivity in Kırklareli, Turkey, *Journal of Environmental Radioactivity*, 100, 49-53.
- Taskin, H., Kam, E. and Bozkurt, A., 2012, Determination of Gross Alpha and Beta Activity Concentrations in Drinking Waters in Bursa Region of North-Western Turkey, *Journal Desalination and Water Treatment*, 45(1-3), 21-25.
- Teodere, D.F. and Edwards, J.N., 1993, Housing, Stres and Well-Being, Evidence from Tailand, *Social Science and Medicine*, 36, 1417-28.
- Thomas, DC., Mcneill, K.G. and Dougherty, C., 1985, Estimates of Life-time Lung Cancer Risks Resulting from Rn Progeny Exposure, *Health Physics*, 49, 825-846.
- Tosun, E., 2009, *Hastalık Tedavisinde Kullanılan Bazı Sebze ve Meyvelerin Dokularında Eser Element ve Mineral Tayini*, Yüksek Lisans, İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- TS 266, 2005, TSE Türk Standardı, TS 266, Nisan 2005, JCS 13.060.20, *Sular -İnsani Tüketim Amaçlı Sular*, Türk Standardları Enstitüsü, Necatibey Cad. No.112, Bakanlıklar/Ankara, 2005.
- Tuncel, M., 1996, Nevşehir Yöresi, *Nevşehir, T.C. Kültür Bakanlığı Yayınları /1827, Tanıtma Eserleri Dizisi*, Ankara, ISBN: 975-17-1681-0, 34-47.
- Turgay, M.E., Yazıcı, A.N., Taşkın, H., Kam, E. and Karahan, G., 2015, Assessment of Gross  $\alpha$  and  $\beta$  Radioactivity for Drinking Water in Hatay Province, Turkey, *Journal Desalination and Water Treatment*, 57(11), 4960-4965.
- Türkdoğan, M.K., Kilicel, F., Kara, K., Tuncer, I. and Uygan, I., 2002, Heavy Metals in Soil, Vegetables and Fruits in the Endemic Upper Gastrointestinal Cancer Region of Turkey, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13, 175-179.

- Tüysüz, M.Z., 2004, *Co-60 Teleterapi Kaynağı İçin Monte Carlo Yöntemiyle Uygun Zırh Tasarımı*, Bitirme Tezi, Harran Ü., Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Şanlıurfa.
- Uluğ, A., Kılıç, D. ve Çelebi, N., 2005, Batı Anadolu Fay Hattında Yer Alan Burdur İlinin Ev İçi Radon Ölçümleri, *Türk Fizik Derneği 22. Fizik Kongresi*, 14-17 Eylül 2004, Bodrum, Türkiye.
- UNSCEAR 1982, *Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects*, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1982, *Report to the General Assembly, with Annexes*, United Nations, New York.
- UNSCEAR 1988a, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources, Effects, and Risks of Ionizing Radiation, *United Nations sales publication No.E.88, IX.7*, New York.
- UNSCEAR 1988b, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, *Annex A, Exposure from Natural Sources of Radiation*, 94.
- UNSCEAR 1993, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources, Effects, and Risks of Ionizing Radiation, *United Nations sales publication No.E, 94, IX.2*, New York.
- UNSCEAR 1993, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Annex A, Terrestrial Sources of Radiation, 63, *Annex A Exposures from Natural Sources of Radiation, UNSCEAR Report 1993*.
- UNSCEAR 2000, United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation, *Annex B Exposures from Natural Radiation Sources*.
- Ur-Rahman, S., Rafique, M. and Anwar, J., 2009, Indoor Radon Concentrations and Assessment of Doses in Four Districts of the Punjab Province-Pakistan, *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 50(6), 529-535.
- Vural, H., 1993, Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler, *Çevre Dergisi*, 8, 3-8.
- Walter, M., 1987, *Trace Elements in Human and Animal Nutrition-15th Edition*, Volume 1, *Academic Pres*.
- Warming, M., Hansen, M.G., Holm, P.E., Magid, J., Hansen, T.H. and Trapp S., 2015, Does Intake of Trace Elements Through Urban Gardening in Copenhagen Pose a Risk to Human Health?, *Environmental Pollution*, 202, 17-23.
- WHO, 2003, *Guidelines for Drinking Water Quality*, 3rd Edition, Radiological Quality of Drinking-Water, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO, 2004, Risk Assessment of Listeria Monocytogenes in Ready-to-Eat Foods, *Technical Report, Microbiological Risk Assessment Series 5*, ISSN 1726-5274.

- WHO, 2011, *Guidelines for Drinking Water Quality*, Fourth Edition, ISBN 978924 1548151, World Health Organization 2011.
- Yalcin, P., Taskin, H., Kam, E., Terzi, M., Varinlioglu, A., Bozkurt, A., Bastug, A. and Tasdelen, B., 2012, Investigation of Radioactivity Level in Soil and Drinking Water Samples Collected from the City of Erzincan, Turkey, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 292, 999-1006.
- Yalcin, M.G., Tumuklu, A., Sonmez, M. and Erdag, D.S., 2010, Application of Multivariate Statistical Approach to Identify Heavy Metal Sources in Bottom Soil of the Seyhan River (Adana), Turkey, *Environmental Monitoring and Assessment*, 164(1-4), 311-322.
- Yalçın, M., 2002, *Malatya Şehir Merkezi ile İlçe Merkezlerinin İçme Sularının Toplam Alfa ve Toplam Beta Radyoaktivite Seviyelerinin Tayini*, Yüksek Lisans, Fırat Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Yaldız, G. ve Şekeroğlu, N., 2013, Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Bazı Ağır Metallere Tepkisi, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(1), 80-84.
- Yaşar, S., 1987, Alfa ve Beta Radyoaktivite Tayininde Kullanılan Laboratuvar Sayım Sistemleri, *Enstrümantal Analiz Yöntemleri Kursu, Teknik Rapor*, 41.
- Yaşar, S., 1999, Radyasyon ve Radyasyondan Korunmak, *Türkiye Atom Enerjisi Kurumu-Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Yayınları*, İstanbul, 1999.
- Yaşar, Ü., 2009, *Cercis Siliquastrum L. Subsp. Siliquastrum (Fabaceae)'un Ağır Metal Kirliliğinde Biomonitor Olarak Kullanımı*, Doktora, TC Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yaylalı-Abanuz, G., Heavy Metal Contamination of Surface Soil Around Gebze Industrial Area, Turkey, *Microchemical Journal*, 99, 82-92.
- Yıldız, A. ve Genç, Ö., 1993, *Enstrümantal Analiz*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları A-64, Ankara, ISBN: 975-491-028-6, Ağustos 1993.
- Yıldız, N., 2001, Toprak Kirletici Bazı Ağır Metallerin (Zn, Cu, Cd, Cr, Pb, Co ve Ni) Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler, *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fak. Dergisi*, 32(2), 207-213.
- Yıldız, N., 2003, Toprak Kirletici Ağır Metaller ve Toprak Bitki İlişkileri, *I. Ulusal Çevre Sempozyumu*, Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü, Erzurum.
- Yıldız, N., 2004, Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller, ZT-531, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yüksek Lisans Ders Notları*, Erzurum.
- Yülek, G.G., 1992, *Radyasyon Fiziği (İyonlayıcı ve İyonlayıcı Olmayan) ve Radyasyondan Korunma*, SEK Yayınları:14, Ankara.

- Zengin, F.K. ve Munzuroğlu, Ö., 2004, Effects of Leads (Pb+2) and Copper (Cu+2) on the Growth of Root, Shoot and Leaf of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seedlings, *Gazi University, Journal of Science*, 17(3), 1-10.
- Zheng, Y., Li, X.K., Wang, Y. and Cai, L., 2008, The Role of Zinc, Copper and Iron in the Pathogenesis of Diabetes and Diabetic Complications: Therapeutic Effects by Chelators, *Hemoglobin*, 32(1-2), 135-145.
- Zikovsky, L., 2006, Alpha Radioactivity in Drinking Water in Quebec, Canada, *Journal of Environmental Radioactivity*, 88 (3), 306-309.



## EKLER

## EK 1. Nevşehir ili çevresel gama doz hızı ölçüm değerleri.

Sıra	Ölçüm Alınan Yer		Koordinatlar		Gama Doz Hızı	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	µSv/h	nGy/h
1	Acıgöl	Ağıllı1	38,47377	34,50778	0.18	180
2	Acıgöl	Ağıllı2	38,47404	34,50796	0.17	170
3	Acıgöl	Bağlıca	38,63575	34,4238	0.18	180
4	Acıgöl	Çullar	38,66906	34,39381	0.11	110
5	Acıgöl	İnallı1	38,58143	34,50085	0.16	160
6	Acıgöl	İnallı2	38,58162	34,49996	0.16	160
7	Acıgöl	Karacaören1	38,53738	34,59448	0.23	230
8	Acıgöl	Karacaören2	38,55543	34,5863	0.21	210
9	Acıgöl	Karapınar1	38,51503	34,54703	0.18	180
10	Acıgöl	Karapınar2	38,5303	34,55257	0.18	180
11	Acıgöl	Karapınar3	38,52731	34,54386	0.18	180
12	Acıgöl	Kozluca1	38,60841	34,40384	0.09	90
13	Acıgöl	Kozluca2	38,6091	34,40447	0.12	120
14	Acıgöl	Kurugöl1	38,43776	34,51467	0.15	150
15	Acıgöl	Kurugöl2	38,43984	34,51535	0.12	120
16	Acıgöl	Merkez1	38,54868	34,5037	0.21	210
17	Acıgöl	Merkez2	38,55108	34,52155	0.25	250
18	Acıgöl	Merkez3	38,54997	34,51227	0.20	200
19	Acıgöl	Merkez4	38,54906	34,50383	0.16	160
20	Acıgöl	Tatların Beldesi1	38,63825	34,47336	0.17	170
21	Acıgöl	Tatların Beldesi2	38,63822	34,47344	0.15	150
22	Acıgöl	Tatların Beldesi Yeraltı Şehri	38,63658	34,4823	0.26	260
23	Acıgöl	Tepeköy	38,56648	34,56923	0.27	270
24	Acıgöl	Topaç	38,47452	34,55952	0.21	210
25	Acıgöl	Yuvaköyü1	38,57542	34,41566	0.22	220
26	Acıgöl	Yuvaköyü2	38,5738	34,41488	0.13	130
27	Acıgöl	Yuvaköyü3	38,57346	34,41547	0.18	180
28	Avanos	Aktepe1	38,69067	34,87127	0.16	160
29	Avanos	Aktepe2	38,68942	34,87074	0.17	170
30	Avanos	Altıpınar	38,93132	34,84602	0.09	90
31	Avanos	Ayhanlar	38,81332	34,72365	0.11	110
32	Avanos	Büyük Ayhan1	38,82605	34,73013	0.12	120
33	Avanos	Büyük Ayhan2	38,82508	34,7283	0.17	170
34	Avanos	Büyük Ayhan yolu üzeri	38,80248	34,72581	0.30	300
35	Avanos	Benzin istasyonu	38,70417	34,84227	0.10	100
36	Avanos	Bozca1	38,76241	35,00763	0.12	120
37	Avanos	Bozca2	38,76088	35,00555	0.12	120
38	Avanos	Bozca3	38,7614	35,01019	0.11	110
39	Avanos	Çalış1	38,99238	34,86083	0.08	80
40	Avanos	Çalış2	38,98632	34,86705	0.10	100
41	Avanos	Çavuşin1	38,67318	34,83872	0.21	210
42	Avanos	Çavuşin2	38,67053	34,83736	0.14	140
43	Avanos	Evranos Restaurant - Giriş	38,71097	34,84805	0.21	210

## EK 1. Nevşehir ili çevresel gama doz hızı ölçüm değerleri (devam).

Sıra	Ölçüm Alınan Yer		Koordinatlar		Gama Doz Hızı	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	µSv/h	nGy/h
44	Avanos	Göynük	38,79342	34,88318	0.13	130
45	Avanos	Küçük Ayhan	38,83055	34,72647	0.13	130
46	Avanos	Kalaba1	38,96751	35,00054	0.13	130
47	Avanos	Kalaba2	38,96247	35,00875	0.08	80
48	Avanos	Kalaba3	38,95625	35,00318	0.10	100
49	Avanos	Kalaba4	38,9648	35,00259	0.13	130
50	Avanos	Karacauşağı	38,90935	34,92442	0.12	120
51	Avanos	Kuyulukışla1	38,87797	34,72582	0.18	180
52	Avanos	Kuyulukışla2	38,87793	34,72574	0.14	140
53	Avanos	Mahmatlar1	38,88303	34,96562	0.26	260
54	Avanos	Mahmatlar2	38,88296	34,9656	0.22	220
55	Avanos	Merkez1	38,69732	34,82887	0.14	140
56	Avanos	Merkez2	38,7096	34,84647	0.16	160
57	Avanos	Merkez3	38,71425	34,84363	0.14	140
58	Avanos	Merkez4-2 nolu Sağlık ocağı	38,71877	34,84948	0.14	140
59	Avanos	Merkez5	38,70573	34,8541	0.15	150
60	Avanos	Özkonak Kasabası1	38,80738	34,86223	0.19	190
61	Avanos	Özkonak Kasabası2	38,81323	34,8396	0.16	160
62	Avanos	Paşalı1	39,00893	34,98304	0.07	70
63	Avanos	Paşalı2	39,01013	34,98125	0.11	110
64	Avanos	Paşalı3	39,00757	34,9854	0.08	80
65	Avanos	Sarılar1	38,91559	34,78898	0.11	110
66	Avanos	Sarılar2	38,92293	34,79025	0.10	100
67	Avanos	Topaklı sağlık ocağı	39,0053	34,82338	0.09	90
68	Avanos	Topaklı1	39,00794	34,83182	0.10	100
69	Avanos	Topaklı2	39,01008	34,83058	0.07	70
70	Avanos	Üçkuyu1	39,04196	34,98162	0.08	80
71	Avanos	Üçkuyu2	39,04191	34,98173	0.09	90
72	Avanos	Zelve1	38,66963	34,86322	0.17	170
73	Avanos	Zelve2	38,67048	34,86372	0.18	180
74	Derinkuyu	Çakıllı	38,42473	34,65865	0.21	210
75	Derinkuyu	Derinkuyu Yeraltı Şehri girişi	38,37358	34,73535	0.40	400
76	Derinkuyu	Doğalla1	38,43118	34,58952	0.14	140
77	Derinkuyu	Doğalla2	38,43066	34,58913	0.10	100
78	Derinkuyu	Kuyulutatlar1	38,3689	34,56172	0.16	160
79	Derinkuyu	Kuyulutatlar2	38,36861	34,56186	0.14	140
80	Derinkuyu	Kuyulutatlar girişi	38,38111	34,56648	0.05	50
81	Derinkuyu	Merkez1	38,37685	34,7352	0.21	210
82	Derinkuyu	Merkez2	38,37197	34,7251	0.14	140
83	Derinkuyu	Merkez3	38,37744	34,73382	0.18	180
84	Derinkuyu	Özlüce1	38,45594	34,68131	0.16	160
85	Derinkuyu	Özlüce2	38,63297	34,48568	0.18	180
86	Derinkuyu	Suvermez	38,37317	34,64824	0.15	150
87	Derinkuyu	Tilköy	38,41811	34,81729	0.19	190
88	Derinkuyu	Yazıhöyük1	38,34335	34,64035	0.19	190
89	Derinkuyu	Yazıhöyük2	38,34479	34,63758	0.14	140
90	Gülşehir	Abuşağı1	38,84665	34,32543	0.11	110

## EK 1. Nevşehir ili çevresel gama doz hızı ölçüm değerleri (devam).

Sıra	Ölçüm Alınan Yer		Koordinatlar		Gama Doz Hızı	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	µSv/h	nGy/h
91	Gülşehir	Abuşağı2	38,85235	34,31885	0.22	220
92	Gülşehir	Abuşağı3	38,84727	34,32443	0.09	90
93	Gülşehir	Alemli	38,85801	34,6416	0.13	130
94	Gülşehir	Alkan1	38,79163	34,6363	0.11	110
95	Gülşehir	Alkan2	38,79194	34,63598	0.11	110
96	Gülşehir	Bölükören	38,64453	34,41021	0.13	130
97	Gülşehir	Civelek	38,78542	34,64875	0.13	130
98	Gülşehir	Çullar	38,67148	34,39412	0.14	140
99	Gülşehir	Dadağı1	38,83954	34,65006	0.12	120
100	Gülşehir	Dadağı2	38,84193	34,6494	0.14	140
101	Gülşehir	Dadağı 3	38,83991	34,65132	0.13	130
102	Gülşehir	Eğrikuyu1	38,73572	34,537	0.12	120
103	Gülşehir	Eğrikuyu2	38,73766	34,53679	0.13	130
104	Gülşehir	Emmiler1	38,7747	34,37687	0.14	140
105	Gülşehir	Emmiler2	38,77375	34,37678	0.13	130
106	Gülşehir	Eskiyaylacık	38,79727	34,59602	0.14	140
107	Gülşehir	Fakuşağı1	38,78819	34,31679	0.15	150
108	Gülşehir	Fakuşağı2	38,78829	34,31695	0.17	170
109	Gülşehir	Gökçetoprak1	38,65785	34,30229	0.20	200
110	Gülşehir	Gökçetoprak2	38,65788	34,30231	0.15	150
111	Gülşehir	Gülpınar (Kızılköy)	38,7065	34,49093	0.17	170
112	Gülşehir	Gülşehir çıkışı (Hacıbektaş yönü)	38,80023	34,67761	0.18	180
113	Gülşehir	Gümüşkent1	38,82471	34,54253	0.10	100
114	Gülşehir	Gümüşkent2	38,8215	34,5358	0.13	130
115	Gülşehir	Gümüşyazı1	38,83825	34,69301	0.16	160
116	Gülşehir	Gümüşyazı2	38,8875	34,42325	0.13	130
117	Gülşehir	Gümüşyazı3	38,83903	34,69197	0.14	140
118	Gülşehir	Hacıhalilli1	38,78573	34,35124	0.15	150
119	Gülşehir	Hacıhalilli2	38,76813	34,3545	0.16	160
120	Gülşehir	Hacıhalilli3	38,78461	34,34787	0.12	120
121	Gülşehir	Hacılar1	38,83174	34,43867	0.15	150
122	Gülşehir	Hacılar2	38,83419	34,43754	0.11	110
123	Gülşehir	Hamzalı1	38,76138	34,39099	0.13	130
124	Gülşehir	Hamzalı2	38,76135	34,39131	0.11	110
125	Gülşehir	Kapadokya Havaalanı	38,77167	34,52443	0.12	120
126	Gülşehir	Karacaşar1	38,69929	34,5747	0.20	200
127	Gülşehir	Karacaşar2	38,6964	34,58232	0.23	230
128	Gülşehir	Karahöyük	38,85922	34,41368	0.12	120
129	Gülşehir	Kavaklıdere Şarap Tesisi	38,81005	34,47568	0.10	100
130	Gülşehir	Kızılırmak (Kırşehir akış yeri)	38,86477	34,33742	0.10	100
131	Gülşehir	Kızılkaya1	38,6977	34,42207	0.17	170
132	Gülşehir	Kızılkaya2	38,69715	34,4196	0.16	160
133	Gülşehir	Merkez1 (Toplum Sağlığı)	38,75126	34,61838	0.14	140
134	Gülşehir	Merkez2	38,80477	34,40655	0.17	170
135	Gülşehir	Merkez3	38,74208	34,65572	0.21	210
136	Gülşehir	Merkez4	38,7541	34,61475	0.15	150
137	Gülşehir	Merkez5	38,75313	34,61847	0.10	100

## EK 1. Nevşehir ili çevresel gama doz hızı ölçüm değerleri (devam).

Sıra	Ölçüm Alınan Yer		Koordinatlar		Gama Doz Hızı	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	µSv/h	nGy/h
138	Gülşehir	Merkez6	38,74427	34,62713	0.21	210
139	Gülşehir	Merkez7	38,7548	34,61603	0.11	110
140	Gülşehir	Oğulkaya	38,75472	34,37693	0.15	150
141	Gülşehir	Ovaören1	38,63373	34,2938	0.15	150
142	Gülşehir	Ovaören2	38,6377	34,29445	0.15	150
143	Gülşehir	Şahinler1	38,85297	34,38294	0.14	140
144	Gülşehir	Şahinler2	38,85135	34,3774	0.13	130
145	Gülşehir	Şahinler3	38,85148	34,37989	0.09	90
146	Gülşehir	Terlemez1	38,7318	34,3039	0.30	300
147	Gülşehir	Terlemez2	38,73132	34,30346	0.21	210
148	Gülşehir	Tuzköy (Eski Yerleşim Yeri)	38,7672	34,4926	0.15	150
149	Gülşehir	Tuzköy (Yeni Yerleşim Yeri)	38,76361	34,51213	0.13	130
150	Gülşehir	Tuzköy1	38,76824	34,50767	0.15	150
151	Gülşehir	Tuzköy2	38,81427	34,50002	0.17	170
152	Gülşehir	Tuzköy3	38,76502	34,49768	0.15	150
153	Gülşehir	Tuzköy4	38,77025	34,51872	0.11	110
154	Gülşehir	Tuzköy5	38,76968	34,52902	0.13	130
155	Gülşehir	Tuzköy6	38,76775	34,50305	0.16	160
156	Gülşehir	Yakatarla1	38,72841	34,36426	0.13	130
157	Gülşehir	Yakatarla2	38,72969	34,35958	0.15	150
158	Gülşehir	Yalıntaş1	38,69651	34,34866	0.30	300
159	Gülşehir	Yalıntaş2	38,69909	34,33986	0.14	140
160	Gülşehir	Yalıntaş köyü girişi yol üzeri	39,69496	34,34975	0.40	400
161	Gülşehir	Yamalı	38,89057	34,27363	0.12	120
162	Gülşehir	Yeniaylacık	38,7826	34,6201	0.11	110
163	Gülşehir	Yeşilli1	38,84614	34,41671	0.12	120
164	Gülşehir	Yeşilli2	38,8474	34,41327	0.21	210
165	Gülşehir	Yeşilli3	38,84584	34,41457	0.12	120
166	Gülşehir	Yeşilöz1	38,77798	34,68497	0.16	160
167	Gülşehir	Yeşilöz2	38,78138	34,6847	0.15	150
168	Gülşehir	Yeşilöz tepelik	38,78177	34,68315	0.21	210
169	Gülşehir	Yeşilyurt (Sığırlı)1	38,8129	34,44824	0.12	120
170	Gülşehir	Yeşilyurt (Sığırlı)2	38,8129	34,44773	0.11	110
171	Gülşehir	Yüksekli1	38,80737	34,51254	0.16	160
172	Gülşehir	Yüksekli2	38,80702	34,51214	0.13	130
173	Hacıbektaş	Akçataş1	38,90295	34,51157	0.19	190
174	Hacıbektaş	Akçataş2	38,89897	34,50935	0.17	170
175	Hacıbektaş	Anapınar1	38,90632	34,54202	0.10	100
176	Hacıbektaş	Anapınar2	38,90731	34,54414	0.09	90
177	Hacıbektaş	Aşağıbarak1	38,92426	34,68562	0.13	130
178	Hacıbektaş	Aşağıbarak2	38,92739	34,68651	0.12	120
179	Hacıbektaş	Aşıklar1	38,92563	34,52877	0.13	130
180	Hacıbektaş	Aşıklar2	38,92581	34,52788	0.10	100
181	Hacıbektaş	Avuçköy1	38,99782	34,66254	0.13	130
182	Hacıbektaş	Avuçköy2	39,00067	34,66088	0.10	100
183	Hacıbektaş	Avuçköy3	38,99652	34,66137	0.12	120
184	Hacıbektaş	Başköy1	39,12312	34,606	0.08	80

## EK 1. Nevşehir ili çevresel gama doz hızı ölçüm değerleri (devam).

Sıra	Ölçüm Alınan Yer		Koordinatlar		Gama Doz Hızı	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	µSv/h	nGy/h
185	Hacıbektaş	Başköy2	39,12717	34,60802	0.09	90
186	Hacıbektaş	Başköy3	39,12672	34,60755	0.10	100
187	Hacıbektaş	Belbarak1	38,973	34,69988	0.12	120
188	Hacıbektaş	Belbarak2	38,97298	34,70275	0.10	100
189	Hacıbektaş	Belbarak3	38,97107	34,70144	0.12	120
190	Hacıbektaş	Büyük Burunağıl yol üzeri	39,07718	34,59349	0.08	80
191	Hacıbektaş	Büyük Burunağıl1	39,07903	34,57697	0.08	80
192	Hacıbektaş	Büyük Burunağıl2	39,07917	34,57647	0.07	70
193	Hacıbektaş	Büyükkişla	38,8839	34,70807	0.18	180
194	Hacıbektaş	Çayır Mah,	38,95244	34,60035	0.14	140
195	Hacıbektaş	Çiğdem1	38,99963	34,5212	0.10	100
196	Hacıbektaş	Çiğdem2	39,00173	34,52275	0.12	120
197	Hacıbektaş	Çiğdem3	39,00442	34,52448	0.09	90
198	Hacıbektaş	Çilehane	38,93763	34,57893	0.13	130
199	Hacıbektaş	Çivril	38,96445	34,50928	0.13	130
200	Hacıbektaş	Hasanlar1	39,12806	34,65846	0.09	90
201	Hacıbektaş	Hasanlar2	39,1271	34,65318	0.08	80
202	Hacıbektaş	Hasanlar3	39,12647	34,65571	0.06	60
203	Hacıbektaş	Hdırlar	38,93958	34,64644	0.14	140
204	Hacıbektaş	Hırka Tepesidelik1	38,87027	34,60668	0.17	170
205	Hacıbektaş	Hırka Tepesidelik2	38,87103	34,60504	0.10	100
206	Hacıbektaş	İliceler1	39,01117	34,63727	0.12	120
207	Hacıbektaş	İliceler2	39,01366	34,63914	0.10	100
208	Hacıbektaş	Karaburç	38,88671	34,42306	0.10	100
209	Hacıbektaş	Karaburna göleti	38,87891	34,46739	0.23	230
210	Hacıbektaş	Karaburna Sağlık ocağı	38,88397	34,46357	0.19	190
211	Hacıbektaş	Karaburna1	38,86877	34,45783	0.20	200
212	Hacıbektaş	Karaburna2	38,87285	34,45768	0.20	200
213	Hacıbektaş	Karaburna3	38,87627	34,45889	0.16	160
214	Hacıbektaş	Kayaaltı1	39,05234	34,77326	0.11	110
215	Hacıbektaş	Kayaaltı2	39,04585	34,77389	0.09	90
216	Hacıbektaş	Kızılağıl1	39,00848	34,76755	0.12	120
217	Hacıbektaş	Kızılağıl2	39,00133	34,77121	0.10	100
218	Hacıbektaş	Killik1	38,90797	34,66983	0.16	160
219	Hacıbektaş	Killik2	38,90633	34,66785	0.18	180
220	Hacıbektaş	Kisecik1	38,93506	34,48008	0.18	180
221	Hacıbektaş	Kisecik2	38,93476	34,48038	0.13	130
222	Hacıbektaş	Köşektaş1	38,98175	34,74467	0.09	90
223	Hacıbektaş	Köşektaş2	38,98029	34,75252	0.10	100
224	Hacıbektaş	Kütükçü1	38,89771	34,56714	0.14	140
225	Hacıbektaş	Kütükçü2	38,89973	34,57914	0.17	170
226	Hacıbektaş	Merkez1	38,94368	34,5615	0.13	130
227	Hacıbektaş	Merkez2	38,92988	34,54908	0.13	130
228	Hacıbektaş	Merkez3	38,93848	34,55583	0.11	110
229	Hacıbektaş	Merkez4	38,94722	34,57442	0.11	110
230	Hacıbektaş	Merkez5	38,9421	34,5601	0.12	120
231	Hacıbektaş	Merkez6	38,94024	34,57056	0.08	80

## EK 1. Nevşehir ili çevresel gama doz hızı ölçüm değerleri (devam).

Sıra	Ölçüm Alınan Yer		Koordinatlar		Gama Doz Hızı	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	µSv/h	nGy/h
232	Hacıbektaş	Mikail1	38,96618	34,45212	0.18	180
233	Hacıbektaş	Mikail2	38,96625	34,45094	0.12	120
234	Hacıbektaş	Sadık	39,03812	34,65964	0.12	120
235	Hacıbektaş	Yalnızzağa mevki	39,02263	34,54427	0.12	120
236	Hacıbektaş	Yenice1	38,87052	34,58593	0.10	100
237	Hacıbektaş	Yenice2	38,87069	34,58654	0.08	80
238	Hacıbektaş	Yeniyapan1	39,03851	34,55192	0.09	90
239	Hacıbektaş	Yeniyapan2	39,03783	34,55167	0.09	90
240	Hacıbektaş	Yeniyapan3	39,03908	34,55351	0.09	90
241	Hacıbektaş	Yurtyeri1	39,09995	34,69875	0.08	80
242	Hacıbektaş	Yurtyeri2	39,10022	34,69793	0.08	80
243	Hacıbektaş	Yurtyeri3	39,09977	34,69783	0.08	80
244	Kozaklı	Abdi1	39,07886	34,82233	0.09	90
245	Kozaklı	Abdi2	39,08107	34,8226	0.11	110
246	Kozaklı	Abdi3	39,07899	34,823	0.09	90
247	Kozaklı	Akpınar1	39,11562	34,92794	0.08	80
248	Kozaklı	Akpınar2	39,1148	34,9282	0.08	80
249	Kozaklı	Belekli	39,20591	34,70933	0.10	100
250	Kozaklı	Boğaziçi (K,Yanalak)1	39,10816	34,75627	0.09	90
251	Kozaklı	Boğaziçi (K,Yanalak)2	39,11147	34,75777	0.08	80
252	Kozaklı	Buruncuk Mah,	39,22365	34,85682	0.13	130
253	Kozaklı	Büyükyağlı	39,22765	34,92538	0.13	130
254	Kozaklı	Çağşak1	39,08168	34,75398	0.07	70
255	Kozaklı	Çağşak2	39,07363	34,75208	0.06	60
256	Kozaklı	Çayıçi	39,20348	34,6858	0.08	80
257	Kozaklı	Dereköy1	39,30367	34,70183	0.16	160
258	Kozaklı	Dereköy2	39,30124	34,69929	0.12	120
259	Kozaklı	Divaibis termal otel	39,21208	34,86413	0.10	100
260	Kozaklı	Doyduk1	39,18902	34,75413	0.09	90
261	Kozaklı	Doyduk2	39,18923	34,75285	0.08	80
262	Kozaklı	Dört Yol1	39,16475	34,8541	0.09	90
263	Kozaklı	Dört Yol2	39,16047	34,85063	0.09	90
264	Kozaklı	Dört Yol3	39,16611	34,85243	0.06	60
265	Kozaklı	Gerçe	39,11305	34,78763	0.09	90
266	Kozaklı	Grand termal otel	39,21015	34,85777	0.10	100
267	Kozaklı	İmran1	39,16177	34,81955	0.09	90
268	Kozaklı	İmran2	39,16139	34,82031	0.06	60
269	Kozaklı	Kalecik sağlık evi	39,14958	34,7411	0.08	80
270	Kozaklı	Kalecik1	39,14796	34,73738	0.08	80
271	Kozaklı	Kalecik2	39,14898	34,7406	0.09	90
272	Kozaklı	Kalecik3	39,14629	34,73864	0.09	90
273	Kozaklı	Kanlıca1	39,286	34,89214	0.08	80
274	Kozaklı	Kanlıca2	39,2851	34,88367	0.08	80
275	Kozaklı	Kanlıca3	39,28768	34,89594	0.10	100
276	Kozaklı	Kapaklı	39,08757	34,99722	0.08	80
277	Kozaklı	Karahasanlı1	39,29267	34,72045	0.13	130
278	Kozaklı	Karahasanlı2	39,29283	34,72043	0.12	120

## EK 1. Nevşehir ili çevresel gama doz hızı ölçüm değerleri (devam).

Sıra	Ölçüm Alınan Yer		Koordinatlar		Gama Doz Hızı	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	µSv/h	nGy/h
279	Kozaklı	Karasenir1	39,28909	34,84655	0.10	100
280	Kozaklı	Karasenir2	39,28918	34,85492	0.12	120
281	Kozaklı	Kaşkışla1	38,87723	34,7265	0.12	120
282	Kozaklı	Kaşkışla2	39,2485	34,87643	0.08	80
283	Kozaklı	Kaymakamlık önü-Meydan	39,21683	34,8515	0.09	90
284	Kozaklı	Konak termal otel	39,21422	34,86592	0.12	120
285	Kozaklı	Küçükyazlı	39,22878	34,91991	0.13	130
286	Kozaklı	Küllüce1	39,22835	34,69073	0.13	130
287	Kozaklı	Küllüce2	39,22699	34,68577	0.12	120
288	Kozaklı	Medetsiz	39,25427	34,64568	0.07	70
289	Kozaklı	Merdaneli	39,1209	34,98138	0.06	60
290	Kozaklı	Merkez1	39,20618	34,86	0.05	50
291	Kozaklı	Merkez2-Sağlık ocağı	39,21252	34,85533	0.10	100
292	Kozaklı	Merkez3	39,21735	34,85152	0.10	100
293	Kozaklı	Merkez4	39,20372	34,84752	0.11	110
294	Kozaklı	Merkez5	39,20635	34,86084	0.07	70
295	Kozaklı	Özce-Hızırüşağı1	39,33676	34,63712	0.12	120
296	Kozaklı	Özce-Hızırüşağı2	39,33008	34,63458	0.13	130
297	Kozaklı	Taşlıhöyük	39,15197	34,91155	0.10	100
298	Kozaklı	Taşlıhöyük girişi yol üzeri	39,15716	34,90982	0.06	60
299	Kozaklı	Yassıca1	39,22472	34,65925	0.11	110
300	Kozaklı	Yassıca2	39,2244	34,6613	0.13	130
301	Merkez	1 nolu sağlık ocağı	38,61683	34,70632	0.22	220
302	Merkez	Alacaşar1	38,61775	34,59276	0.25	250
303	Merkez	Alacaşar2	38,61052	34,59805	0.48	480
304	Merkez	Alacaşar3	38,61493	34,59302	0.36	360
305	Merkez	Alacaşar4	38,61255	34,59428	0.21	210
306	Merkez	Balcın1	38,61222	34,79388	0.30	300
307	Merkez	Balcın2	38,61083	34,6249	0.24	240
308	Merkez	Basansarnıç	38,6769	34,52881	0.20	200
309	Merkez	Benzin istasyonu	38,62222	34,7065	0.12	120
310	Merkez	Boğazköy1	38,54573	34,6328	0.19	190
311	Merkez	Boğazköy2	38,54592	34,63302	0.22	220
312	Merkez	Burgazbaşı Mevkii	38,65638	34,70527	0.18	180
313	Merkez	Çardak1	38,5496	34,76475	0.18	180
314	Merkez	Çardak2	38,55035	34,76508	0.15	150
315	Merkez	Çardak3	38,55012	34,76375	0.13	130
316	Merkez	Çat1	38,6772	34,65566	0.18	180
317	Merkez	Çat2	38,6788	34,65757	0.16	160
318	Merkez	Çiftlikköy1	38,67783	34,49186	0.22	220
319	Merkez	Çiftlikköy2	38,6765	34,48757	0.17	170
320	Merkez	Çiftlikköy3	38,67555	34,48881	0.15	150
321	Merkez	Devlet Hastanesi	38,65552	34,72993	0.16	160
322	Merkez	Göre1	38,58068	34,77572	0.14	140
323	Merkez	Göre2	38,58759	34,72171	0.14	140
324	Merkez	Göreme1	38,64409	34,82435	0.21	210
325	Merkez	Göreme2	38,64292	34,8311	0.14	140

## EK 1. Nevşehir ili çevresel gama doz hızı ölçüm değerleri (devam).

Sıra	Ölçüm Alınan Yer		Koordinatlar		Gama Doz Hızı	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	µSv/h	nGy/h
326	Merkez	Göreme3	38,64527	34,82802	0.16	160
327	Merkez	Göreme4	38,64995	34,83521	0.15	150
328	Merkez	Göreme-Avcılar vadisi	38,63538	34,82525	0.20	200
329	Merkez	Göreme-Elmalı kilise	38,63863	34,84477	0.37	370
330	Merkez	Göreme Müze girişi	38,63973	34,84527	0.25	250
331	Merkez	Göreme-Müze bölgesi	38,6393	34,8449	0.38	380
332	Merkez	Güvercinlik1	38,55532	34,75614	0.17	170
333	Merkez	Güvercinlik2	38,58292	34,72952	0.20	200
334	Merkez	İcik	38,50044	34,60696	0.20	200
335	Merkez	İcik Muhtar Evi girişi	38,50033	34,60372	0.30	300
336	Merkez	İcik Okul	38,50292	34,60318	0.18	180
337	Merkez	İcik Sağlık evi	38,50298	34,60402	0.22	220
338	Merkez	Jandarma komutanlığı	38,637	34,73083	0.11	110
339	Merkez	Kavak yakını	38,56364	34,80549	0.26	260
340	Merkez	Kavak1	38,56997	34,8184	0.18	180
341	Merkez	Kavak2	38,58073	34,81368	0.11	110
342	Merkez	Kavak3	38,5749	34,82122	0.17	170
343	Merkez	Kavak4	38,57573	34,8236	0.16	160
344	Merkez	Kaymaklı Yeraltı Şehri girişi	38,4599	34,7526	0.20	200
345	Merkez	Kaymaklı1	38,45455	34,74977	0.17	170
346	Merkez	Kaymaklı2	38,46383	34,75142	0.17	170
347	Merkez	Merkez (Turizm Otel)	38,62443	34,71901	0.13	130
348	Merkez	Merkez(Kapalı Pazar Yeri)	38,62141	34,7056	0.17	170
349	Merkez	Merkez1	38,60917	34,69047	0.20	200
350	Merkez	Merkez2	38,66572	34,737	0.15	150
351	Merkez	Merkez3	38,6258	34,72012	0.13	130
352	Merkez	Merkez4	38,6146	34,71583	0.21	210
353	Merkez	Merkez5	38,57143	34,74083	0.17	170
354	Merkez	Merkez6	38,50847	34,7506	0.17	170
355	Merkez	Merkez7	38,46383	34,75142	0.16	160
356	Merkez	Merkez8	38,66265	34,73847	0.12	120
357	Merkez	Merkez9	38,67235	34,74232	0.12	120
358	Merkez	Merkez10	38,63155	34,71172	0.13	130
359	Merkez	Merkez11	38,62905	34,73798	0.13	130
360	Merkez	Merkez12-350 evler	38,62635	34,72547	0.15	150
361	Merkez	Merkez13	38,53383	34,75432	0.15	150
362	Merkez	Merkez14	38,59018	34,7218	0.15	150
363	Merkez	Merkez15	38,54682	34,75482	0.17	170
364	Merkez	Merkez16	38,63263	34,73238	0.18	180
365	Merkez	Merkez17	38,63023	34,72852	0.18	180
366	Merkez	Merkez18	38,61972	34,71227	0.22	220
367	Merkez	Nar Beldesi1	38,64018	34,71591	0.17	170
368	Merkez	Nar Beldesi2	38,64126	34,71407	0.18	180
369	Merkez	Nevkur	38,631	34,73993	0.22	220
370	Merkez	Nevşehir Alacaşar girişi	38,62543	34,69643	0.21	210
371	Merkez	Nevşehir girişi	38,62527	34,69527	0.20	200
372	Merkez	Otogar	38,63517	34,70858	0.15	150

## EK 1. Nevşehir ili çevresel gama doz hızı ölçüm değerleri (devam).

Sıra	Ölçüm Alınan Yer		Koordinatlar		Gama Doz Hızı	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	µSv/h	nGy/h
373	Merkez	Özyayla1	38,49442	34,63197	0.18	180
374	Merkez	Özyayla2	38,50087	34,63317	0.16	160
375	Merkez	Sulusaray1	38,70125	34,71337	0.18	180
376	Merkez	Sulusaray2	38,6938	34,72697	0.14	140
377	Merkez	Sulusaray3	38,7013	34,71349	0.17	170
378	Merkez	Sümer mah,	38,62007	34,69855	0.16	160
379	Merkez	Tepeköy	38,57352	34,56692	0.17	170
380	Merkez	Turizm otel (Valilik)	38,62474	34,71986	0.14	140
381	Merkez	Uçhisar 3	38,66967	34,79569	0.13	130
382	Merkez	Uçhisar Kale	38,63004	34,80526	0.22	220
383	Merkez	Uçhisar1	38,62755	34,8038	0.18	180
384	Merkez	Uçhisar2	38,63288	34,80763	0.24	240
385	Ürgüp	Akçaören	38,54164	35,02832	0.18	180
386	Ürgüp	Akköy1	38,5875	35,0466	0.14	140
387	Ürgüp	Akköy2	38,58755	35,0471	0.12	120
388	Ürgüp	Aksalur1	38,66198	34,9903	0.16	160
389	Ürgüp	Aksalur2	38,66579	34,98662	0.16	160
390	Ürgüp	Aksalur tepe	38,64947	34,96988	0.16	160
391	Ürgüp	Ayvalı1	38,54713	34,8696	0.25	250
392	Ürgüp	Ayvalı2	38,54898	34,86815	0.13	130
393	Ürgüp	Bahçeli	38,54683	34,84547	0.19	190
394	Ürgüp	Başdere	38,55649	35,07906	0.13	130
395	Ürgüp	Boyalı1	38,59785	35,00765	0.19	190
396	Ürgüp	Boyalı2	38,59784	35,00825	0.12	120
397	Ürgüp	Cemil	38,52436	34,93332	0.19	190
398	Ürgüp	Çökek1	38,68092	34,9455	0.19	190
399	Ürgüp	Çökek2	38,68091	34,94505	0.14	140
400	Ürgüp	Demirtaş	38,56993	35,06433	0.22	220
401	Ürgüp	Gemildere	38,60792	34,81052	0.21	210
402	Ürgüp	Güneyce1	38,48943	34,85025	0.18	180
403	Ürgüp	Güneyce2	38,48813	34,84855	0.25	250
404	Ürgüp	Güneyce3	38,4865	34,84791	0.18	180
405	Ürgüp	İltaş	38,58368	35,04047	0.21	210
406	Ürgüp	Karacaören1	38,61457	34,97586	0.17	170
407	Ürgüp	Karacaören2	38,61647	34,97225	0.12	120
408	Ürgüp	Karacaören3	38,61493	34,97522	0.18	180
409	Ürgüp	Karacaören4	38,61437	34,97642	0.13	130
410	Ürgüp	Karain1	38,5886	34,99147	0.20	200
411	Ürgüp	Karain2	38,5953	34,99143	0.19	190
412	Ürgüp	Karain3	38,58583	34,99363	0.27	270
413	Ürgüp	Karain4	38,59177	34,9891	0.21	210
414	Ürgüp	Karain5	38,58821	34,99152	0.15	150
415	Ürgüp	Karakaya1	38,71885	35,03262	0.13	130
416	Ürgüp	Karakaya2	38,71905	35,03259	0.14	140
417	Ürgüp	Karlık1	38,56025	34,98655	0.21	210
418	Ürgüp	Karlık2	38,55991	34,98639	0.12	120
419	Ürgüp	Mazı1	38,46969	34,83891	0.21	210

## EK 1. Nevşehir ili çevresel gama doz hızı ölçüm değerleri (devam).

Sıra	Ölçüm Alınan Yer		Koordinatlar		Gama Doz Hızı	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	µSv/h	nGy/h
420	Ürgüp	Mazı2	38,4833	34,8113	0.19	190
421	Ürgüp	Mazı3	38,4816	34,82046	0.17	170
422	Ürgüp	Merkez çıkışı(Ortahisar yönü)	38,63379	34,89796	0.18	180
423	Ürgüp	Merkez1	38,63282	34,90789	0.18	180
424	Ürgüp	Merkez2	38,62948	34,91305	0.12	120
425	Ürgüp	Merkez3	38,63543	34,89042	0.27	270
426	Ürgüp	Merkez4	38,6325	34,91888	0.14	140
427	Ürgüp	Merkez5	38,62309	34,9145	0.11	110
428	Ürgüp	Mustafapaşa1	38,58662	34,90008	0.21	210
429	Ürgüp	Mustafapaşa2	38,58214	34,89653	0.18	180
430	Ürgüp	Ortahisar	38,62747	34,85333	0.21	210
431	Ürgüp	Ortahisar (Panoramik bakış yeri)1	38,65322	34,86258	0.28	280
432	Ürgüp	Ortahisar (Panoramik bakış yeri)2	38,65333	34,86285	0.32	320
433	Ürgüp	Ortahisar girişi	38,6309	34,86302	0.19	190
434	Ürgüp	Sarıhıdır1	38,73534	34,92902	0.12	120
435	Ürgüp	Sarıhıdır2	38,73572	34,92863	0.18	180
436	Ürgüp	Sarıhıdır3	38,73559	34,92933	0.09	90
437	Ürgüp	Sofular	38,71172	34,99057	0.15	150
438	Ürgüp	Şahinefendi	38,46919	34,9573	0.15	150
439	Ürgüp	Taşkınpaşa	38,496	34,94977	0.19	190
440	Ürgüp	Ulaşlı1	38,667	34,95185	0.20	200
441	Ürgüp	Ulaşlı2	38,66792	34,95194	0.11	110
442	Ürgüp	Ürgüp girişi (Karain köyü yeni yerleşim yeri)	38,62999	34,34673	0.25	250
443	Ürgüp	Ürgüp Nevşehir merkez girişi	38,62363	34,90363	0.18	180
444	Ürgüp	Yeşilöz1	38,54356	34,99351	0.12	120
445	Ürgüp	Yeşilöz2	38,54235	34,99441	0.13	130

**EK 2. Nevşehir ili toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu.**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		(Aktivite $\pm 2\sigma$ ) (Bq/kg)			
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	Ra-226	Th-232	Cs-137	K-40
1	Acıgöl	Ağıllı1	38,47664	34,50844	66.05 $\pm$ 5.28	67.89 $\pm$ 5.43	15.04 $\pm$ 1.20	815.88 $\pm$ 65.27
2	Acıgöl	Ağıllı2	38,47404	34,50796	51.11 $\pm$ 3.63	60.59 $\pm$ 4.34	9.38 $\pm$ 1.06	697.20 $\pm$ 58.64
3	Acıgöl	Çullar	38,66906	34,39381	24.50 $\pm$ 2.20	33.90 $\pm$ 2.80	13.70 $\pm$ 1.80	616.70 $\pm$ 53.90
4	Acıgöl	İnallı1	38,58704	34,50475	77.07 $\pm$ 6.17	75.96 $\pm$ 6.09	11.38 $\pm$ 0.91	767.09 $\pm$ 61.37
5	Acıgöl	İnallı2	38,58162	34,49996	61.23 $\pm$ 6.14	67.68 $\pm$ 6.82	11.47 $\pm$ 1.90	716.57 $\pm$ 84.98
6	Acıgöl	Karacaören	38,53661	34,5946	85.76 $\pm$ 6.86	90.34 $\pm$ 7.23	6.18 $\pm$ 0.49	1030.39 $\pm$ 82.43
7	Acıgöl	Karapınar1	38,51503	34,54703	76.00 $\pm$ 3.70	87.70 $\pm$ 4.20	4.64 $\pm$ 0.48	850.00 $\pm$ 53.00
8	Acıgöl	Karapınar2	38,52731	34,54386	64.56 $\pm$ 4.44	71.85 $\pm$ 5.01	6.54 $\pm$ 0.82	789.78 $\pm$ 65.08
9	Acıgöl	Kozluca	38,60841	34,40384	24.10 $\pm$ 1.40	29.60 $\pm$ 1.60	3.30 $\pm$ 0.38	436.00 $\pm$ 28.00
10	Acıgöl	Kurugöl1	38,43605	34,51572	70.20 $\pm$ 5.62	70.76 $\pm$ 5.66	8.56 $\pm$ 0.69	922.18 $\pm$ 73.77
11	Acıgöl	Kurugöl2	38,43776	34,51467	48.00 $\pm$ 3.30	54.30 $\pm$ 3.60	<b>52.60<math>\pm</math>3.90</b>	617.80 $\pm$ 49.30
12	Acıgöl	Kurugöl3	38,43984	34,51535	31.80 $\pm$ 2.98	39.70 $\pm$ 3.61	20.29 $\pm$ 2.47	472.10 $\pm$ 51.48
13	Acıgöl	Merkez1	38,54541	34,49096	85.68 $\pm$ 6.85	81.85 $\pm$ 6.55	3.54 $\pm$ 0.28	889.68 $\pm$ 71.17
14	Acıgöl	Merkez2	38,54162	34,51254	72.42 $\pm$ 5.79	72.67 $\pm$ 5.82	2.37 $\pm$ 0.19	807.45 $\pm$ 64.60
15	Acıgöl	Merkez3	38,54868	34,5037	67.40 $\pm$ 4.60	76.10 $\pm$ 5.10	21.80 $\pm$ 2.50	818.50 $\pm$ 67.10
16	Acıgöl	Merkez4	38,54906	34,50383	63.97 $\pm$ 4.72	75.44 $\pm$ 5.62	3.69 $\pm$ 0.76	832.45 $\pm$ 72.94
17	Acıgöl	Tatların Beldesi1	38,63825	34,47336	68.20 $\pm$ 3.30	91.30 $\pm$ 4.30	20.40 $\pm$ 1.20	1110.10 $\pm$ 68.40
18	Acıgöl	Tatların Beldesi2	38,63822	34,47344	24.05 $\pm$ 2.38	36.05 $\pm$ 3.54	1.52 $\pm$ 0.36	384.81 $\pm$ 43.05
19	Acıgöl	Tepeköy	38,56648	34,56923	78.50 $\pm$ 4.50	90.10 $\pm$ 5.20	6.00 $\pm$ 0.80	938.30 $\pm$ 66.30
20	Acıgöl	Topaç	38,47452	34,55952	111.4 $\pm$ 7.2	122.50 $\pm$ 8.00	<1.7	1106.30 $\pm$ 86.80
21	Acıgöl	Yuvaköyü1	38,5738	34,41488	63.05 $\pm$ 5.04	72.97 $\pm$ 5.84	1.78 $\pm$ 0.14	843.38 $\pm$ 67.47
22	Acıgöl	Yuvaköyü2	38,57623	34,41523	48.70 $\pm$ 3.20	81.50 $\pm$ 4.80	1.40 $\pm$ 0.70	939.20 $\pm$ 66.60
23	Acıgöl	Yuvaköyü3	38,57346	34,41547	58.12 $\pm$ 4.19	71.63 $\pm$ 5.20	<1.6	819.65 $\pm$ 69.80
24	Avanos	Aktepe1	38,69067	34,87127	56.40 $\pm$ 2.80	49.90 $\pm$ 2.50	19.90 $\pm$ 1.20	706.00 $\pm$ 44.00
25	Avanos	Aktepe2	38,68942	34,87074	61.83 $\pm$ 3.81	64.83 $\pm$ 3.96	<0.3	816.55 $\pm$ 61.41
26	Avanos	Bozca	38,76241	35,00763	24.50 $\pm$ 1.70	21.20 $\pm$ 1.50	4.60 $\pm$ 0.70	498.80 $\pm$ 36.90
27	Avanos	Büyük Ayhan yol üzeri	38,80248	34,72581	131.5 $\pm$ 6.8	110.90 $\pm$ 5.90	<1.7	1370.20 $\pm$ 90.10
28	Avanos	Büyük Ayhan1	38,82088	34,72838	56.86 $\pm$ 4.55	43.84 $\pm$ 3.52	0.68 $\pm$ 0.05	434.83 $\pm$ 34.79
29	Avanos	Büyük Ayhan2	38,82508	34,7283	75.61 $\pm$ 7.08	53.69 $\pm$ 5.33	21.22 $\pm$ 2.65	867.27 $\pm$ 95.63
30	Avanos	Çalış	38,99238	34,86083	22.60 $\pm$ 2.00	39.00 $\pm$ 3.10	<0.9	395.50 $\pm$ 36.90
31	Avanos	Çavuşin	38,67318	34,83872	68.42 $\pm$ 5.47	71.83 $\pm$ 5.46	4.64 $\pm$ 0.37	969.38 $\pm$ 77.55
32	Avanos	Göynük	38,79342	34,88318	55.32 $\pm$ 4.03	65.22 $\pm$ 5.22	9.45 $\pm$ 0.76	807.47 $\pm$ 64.60
33	Avanos	Kalaba1	38,96043	35,00148	32.37 $\pm$ 2.59	32.62 $\pm$ 2.61	6.87 $\pm$ 0.55	364.83 $\pm$ 29.19
34	Avanos	Kalaba2	38,96751	35,00054	25.90 $\pm$ 2.40	36.80 $\pm$ 3.20	3.30 $\pm$ 0.90	483.20 $\pm$ 47.40
35	Avanos	Karacauşağı1	38,90935	34,92442	36.02 $\pm$ 2.88	39.48 $\pm$ 3.16	10.63 $\pm$ 0.85	500.92 $\pm$ 40.07
36	Avanos	Karacauşağı2	38,87797	34,72582	27.60 $\pm$ 2.40	44.00 $\pm$ 3.60	9.50 $\pm$ 1.30	489.20 $\pm$ 46.90
37	Avanos	Kuyulukışla1	38,8813	34,72669	55.98 $\pm$ 4.48	64.87 $\pm$ 5.19	1.20 $\pm$ 0.10	889.85 $\pm$ 71.19
38	Avanos	Kuyulukışla2	38,87797	34,72582	43.10 $\pm$ 2.90	56.30 $\pm$ 3.60	2.50 $\pm$ 0.50	751.00 $\pm$ 55.50
39	Avanos	Küçük Ayhan	38,82147	34,7351	59.80 $\pm$ 4.78	79.98 $\pm$ 6.40	3.26 $\pm$ 0.26	1171.80 $\pm$ 93.74
40	Avanos	Mahmatlar1	38,88808	34,97119	66.85 $\pm$ 5.35	73.17 $\pm$ 5.86	2.15 $\pm$ 0.17	867.01 $\pm$ 69.36
41	Avanos	Mahmatlar2	38,88303	34,96562	99.30 $\pm$ 5.60	80.80 $\pm$ 4.90	5.80 $\pm$ 0.90	910.30 $\pm$ 66.20
42	Avanos	Mahmatlar3	38,88097	34,9696	66.50 $\pm$ 4.86	80.45 $\pm$ 5.91	<1.3	901.23 $\pm$ 78.03
43	Avanos	Merkez1-Sağlık Ocağı	38,7176	34,84313	40.73 $\pm$ 3.26	48.51 $\pm$ 3.88	0.63 $\pm$ 0.05	554.94 $\pm$ 44.40
44	Avanos	Merkez2-Meydan	38,71942	34,84762	25.00 $\pm$ 2.00	25.68 $\pm$ 3.10	4.62 $\pm$ 0.37	439.93 $\pm$ 35.19

**EK 2. Nevşehir ili toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		(Aktivite $\pm 2\sigma$ ) (Bq/kg)			
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	Ra-226	Th-232	Cs-137	K-40
45	Avanos	Merkez3	38,69732	34,82887	53.80 $\pm$ 3.60	50.80 $\pm$ 3.50	21.20 $\pm$ 2.00	691.90 $\pm$ 54.90
46	Avanos	Merkez4	38,70573	34,8541	51.99 $\pm$ 3.93	51.02 $\pm$ 3.98	2.08 $\pm$ 0.54	676.96 $\pm$ 60.89
47	Avanos	Özkonak Kasabası1	38,81323	34,8396	60.81 $\pm$ 4.87	69.55 $\pm$ 5.57	7.42 $\pm$ 0.59	926.06 $\pm$ 74.09
48	Avanos	Özkonak Kasabası2	38,80738	34,86223	53.60 $\pm$ 4.30	71.40 $\pm$ 5.60	8.80 $\pm$ 1.80	815.60 $\pm$ 73.50
49	Avanos	Paşalı	39,00861	34,98351	23.73 $\pm$ 1.90	26.73 $\pm$ 2.14	2.28 $\pm$ 0.18	401.01 $\pm$ 32.08
50	Avanos	Sarılar1	38,90874	34,79052	42.46 $\pm$ 3.40	65.52 $\pm$ 5.24	5.22 $\pm$ 0.42	727.08 $\pm$ 58.17
51	Avanos	Sarılar2	38,91559	34,78898	28.80 $\pm$ 2.40	40.70 $\pm$ 3.20	8.50 $\pm$ 1.30	531.70 $\pm$ 47.10
52	Avanos	Topaklı1	38,99847	34,83058	35.47 $\pm$ 2.84	31.39 $\pm$ 2.51	10.02 $\pm$ 0.80	460.13 $\pm$ 36.81
53	Avanos	Topaklı2	39,00794	34,83182	28.40 $\pm$ 2.30	36.40 $\pm$ 3.00	4.70 $\pm$ 1.10	606.70 $\pm$ 52.40
54	Avanos	Üçkuyu	39,043	34,9799	37.04 $\pm$ 2.96	31.94 $\pm$ 2.56	14.19 $\pm$ 1.14	418.55 $\pm$ 33.48
55	Avanos	Zelve1	38,66963	34,86322	60.31 $\pm$ 4.83	59.59 $\pm$ 4.77	24.97 $\pm$ 2.01	805.22 $\pm$ 64.42
56	Avanos	Zelve2	38,68057	34,84111	69.00 $\pm$ 4.40	69.80 $\pm$ 4.50	24.10 $\pm$ 2.20	932.70 $\pm$ 69.90
57	Avanos	Zelve3	38,67048	34,86372	55.90 $\pm$ 4.28	54.08 $\pm$ 4.29	16.64 $\pm$ 1.88	745.69 $\pm$ 67.60
58	Derinkuyu	Çakıllı	38,42473	34,65865	51.29 $\pm$ 4.10	53.93 $\pm$ 4.32	12.68 $\pm$ 1.01	741.54 $\pm$ 59.32
59	Derinkuyu	Doğalla1	38,43066	34,58913	14.81 $\pm$ 1.69	20.01 $\pm$ 2.41	<1.3	165.49 $\pm$ 25.36
60	Derinkuyu	Doğalla2	38,43435	34,58868	29.86 $\pm$ 2.39	35.21 $\pm$ 2.82	0.97 $\pm$ 0.08	412.18 $\pm$ 32.97
61	Derinkuyu	Kuyulutlar	38,3689	34,56172	53.70 $\pm$ 4.00	69.70 $\pm$ 5.20	7.80 $\pm$ 1.20	767.60 $\pm$ 54.30
62	Derinkuyu	Kuyulutlar girişi (Siyah kaya)	38,38111	34,56648	12.89 $\pm$ 1.43	18.58 $\pm$ 1.96	<0.8	252.62 $\pm$ 30.52
63	Derinkuyu	Merkez1	38,36903	34,7284	48.40 $\pm$ 3.87	49.85 $\pm$ 3.99	7.12 $\pm$ 0.57	613.87 $\pm$ 49.11
64	Derinkuyu	Merkez2	38,37685	34,7352	53.00 $\pm$ 3.20	60.30 $\pm$ 3.60	4.20 $\pm$ 0.60	750.90 $\pm$ 53.50
65	Derinkuyu	Özlüce1	38,45993	34,68192	50.54 $\pm$ 4.04	51.92 $\pm$ 4.16	1.95 $\pm$ 0.16	721.34 $\pm$ 57.71
66	Derinkuyu	Özlüce2	38,45594	34,68131	46.20 $\pm$ 3.30	58.40 $\pm$ 4.20	2.00 $\pm$ 0.70	725.60 $\pm$ 59.00
67	Derinkuyu	Suvermez1	38,36141	34,65857	55.75 $\pm$ 4.46	57.22 $\pm$ 4.58	5.71 $\pm$ 0.46	816.69 $\pm$ 65.34
68	Derinkuyu	Suvermez2	38,37317	34,64824	42.60 $\pm$ 3.10	53.70 $\pm$ 3.90	1.20 $\pm$ 0.40	650.70 $\pm$ 54.50
69	Derinkuyu	Tilköy1	38,41246	34,8181	55.45 $\pm$ 4.44	57.19 $\pm$ 4.58	11.80 $\pm$ 0.94	741.97 $\pm$ 59.36
70	Derinkuyu	Tilköy2	38,41811	34,81729	45.00 $\pm$ 2.90	58.30 $\pm$ 3.60	5.80 $\pm$ 0.80	726.20 $\pm$ 52.70
71	Derinkuyu	Yazıhöyük1	38,3489	34,64035	70.86 $\pm$ 5.67	81.92 $\pm$ 6.56	3.75 $\pm$ 0.30	883.87 $\pm$ 70.71
72	Derinkuyu	Yazıhöyük2	38,34479	34,63758	46.59 $\pm$ 3.65	65.99 $\pm$ 4.93	4.36 $\pm$ 0.86	810.53 $\pm$ 73.47
73	Gülşehir	Abuşağı1	38,85255	34,31885	59.96 $\pm$ 4.80	68.14 $\pm$ 5.45	1.79 $\pm$ 0.14	632.96 $\pm$ 50.64
74	Gülşehir	Abuşağı2	38,84665	34,32543	22.90 $\pm$ 1.40	30.40 $\pm$ 1.80	2.40 $\pm$ 0.30	557.30 $\pm$ 38.10
75	Gülşehir	Abuşağı3	38,84727	34,32443	29.32 $\pm$ 2.46	26.60 $\pm$ 2.35	1.02 $\pm$ 0.37	473.21 $\pm$ 45.63
76	Gülşehir	Alemlı	38,85613	34,64326	58.46 $\pm$ 4.68	58.16 $\pm$ 4.65	21.11 $\pm$ 1.69	734.30 $\pm$ 58.74
77	Gülşehir	Alkan1	38,79983	34,63587	31.57 $\pm$ 2.53	32.18 $\pm$ 2.58	20.58 $\pm$ 1.65	427.57 $\pm$ 34.21
78	Gülşehir	Alkan2	38,79194	34,63598	33.85 $\pm$ 2.41	45.48 $\pm$ 3.22	3.76 $\pm$ 0.52	425.42 $\pm$ 36.22
79	Gülşehir	Bölükören	38,64453	34,41021	55.30 $\pm$ 3.70	75.70 $\pm$ 4.70	4.90 $\pm$ 1.10	861.50 $\pm$ 64.70
80	Gülşehir	Civelek	38,78542	34,64875	45.99 $\pm$ 3.68	49.45 $\pm$ 3.95	6.21 $\pm$ 0.50	681.75 $\pm$ 54.54
81	Gülşehir	Dadağı1	38,84193	34,6494	65.17 $\pm$ 5.21	57.91 $\pm$ 4.64	16.20 $\pm$ 1.30	713.81 $\pm$ 57.11
82	Gülşehir	Dadağı2	38,83954	34,65006	34.40 $\pm$ 2.50	50.70 $\pm$ 3.30	7.30 $\pm$ 1.10	571.90 $\pm$ 45.10
83	Gülşehir	Dadağı3	38,83991	34,65132	44.46 $\pm$ 4.68	46.84 $\pm$ 4.96	<1.1	481.58 $\pm$ 61.30
84	Gülşehir	Eğrikuyu1	38,73572	34,537	50.81 $\pm$ 4.07	55.95 $\pm$ 4.48	27.00 $\pm$ 2.16	665.10 $\pm$ 53.21
85	Gülşehir	Eğrikuyu2	38,73766	34,53679	50.21 $\pm$ 4.27	57.99 $\pm$ 4.96	4.78 $\pm$ 0.56	649.92 $\pm$ 64.95
86	Gülşehir	Emmiler1	38,77583	34,3817	77.28 $\pm$ 6.18	36.81 $\pm$ 2.95	26.51 $\pm$ 2.12	551.97 $\pm$ 44.16
87	Gülşehir	Emmiler2	38,77375	34,37678	89.88 $\pm$ 6.17	38.56 $\pm$ 3.07	5.46 $\pm$ 0.82	608.36 $\pm$ 53.87
88	Gülşehir	Eskiyaylacık1	38,79727	34,59602	30.34 $\pm$ 2.43	25.10 $\pm$ 2.01	1.26 $\pm$ 0.10	365.36 $\pm$ 29.23
89	Gülşehir	Eskiyaylacık2	38,79501	34,6022	29.30 $\pm$ 2.40	27.80 $\pm$ 2.40	1.30 $\pm$ 0.60	397.40 $\pm$ 37.40

**EK 2. Nevşehir ili toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		Aktivite ( $\text{Bq.kg}^{-1}\pm 2\sigma$ )			
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	Ra-226	Th-232	Cs-137	K-40
90	Gülşehir	Fakuşağı1	38,78965	34,31355	43.30±3.46	61.16±4.89	0.64±0.05	708.58±56.69
91	Gülşehir	Fakuşağı2	38,78829	34,31679	46.70±2.30	49.50±2.50	7.60±0.50	744.00±46.40
92	Gülşehir	Gökçetoprak1	38,65765	34,29643	37.08±2.97	48.99±3.92	5.22±0.42	926.09±74.09
93	Gülşehir	Gökçetoprak2	38,65788	34,30231	36.00±1.90	52.20±2.60	4.84±0.44	954.00±59.00
94	Gülşehir	Gülpınar (Kızılköy)	38,7065	34,49093	48.20±3.10	55.50±3.50	3.60±0.90	858.70±62.20
95	Gülşehir	Gümüşkent1	38,82108	34,54277	36.68±2.93	33.90±2.71	3.82±0.31	428.83±34.31
96	Gülşehir	Gümüşkent2	38,82471	34,54253	33.70±2.60	31.30±2.60	10.40±1.20	360.20±34.20
97	Gülşehir	Gümüşyazı	38,83825	34,69301	63.60±4.10	67.80±4.30	20.00±1.90	1045.00±75.80
98	Gülşehir	Hacıhalilli	38,7841	34,3545	62.73±5.02	51.27±4.11	17.05±1.36	766.76±61.34
99	Gülşehir	Hacılar	38,82932	34,43985	52.01±4.16	64.71±5.18	10.56±0.85	923.07±73.85
100	Gülşehir	Hamzalı1	38,76213	34,38746	41.84±3.35	33.55±2.69	8.76±0.70	808.28±64.66
101	Gülşehir	Hamzalı2	38,76138	34,39099	25.00±2.20	35.10±2.90	48.60±3.60	794.20±64.10
102	Gülşehir	Hamzalı3	38,76135	34,39131	17.82±1.57	25.22±2.21	7.23±0.74	690.61±68.37
103	Gülşehir	Karacaşar1	38,69554	34,56972	62.63±5.01	61.93±4.95	8.14±0.65	796.12±63.69
104	Gülşehir	Karacaşar2	38,69929	34,5747	68.10±3.90	83.40±4.50	1.80±0.30	978.10±65.80
105	Gülşehir	Karacaşar3	38,6964	34,58232	74.22±5.16	84.98±5.98	4.44±0.73	995.21±82.17
106	Gülşehir	Karahöyük1	38,86056	34,41524	76.29±6.10	87.17±6.99	1.91±0.15	963.30±77.06
107	Gülşehir	Karahöyük2	38,85922	34,41368	79.30±4.80	99.70±5.90	1.80±0.50	1083.50±77.30
108	Gülşehir	Kızılkaya1	38,70052	34,42043	58.08±4.65	57.71±4.62	2.18±0.17	928.73±74.30
109	Gülşehir	Kızılkaya2	38,6977	34,42207	35.70±3.00	46.10±3.80	9.40±1.50	781.30±67.20
110	Gülşehir	Merkez1	38,74208	34,65572	59.28±4.74	66.48±5.32	0.93±0.07	817.79±65.42
111	Gülşehir	Merkez2	38,7541	34,61475	26.43±2.11	27.54±2.20	1.60±0.13	421.73±33.74
112	Gülşehir	Merkez3	38,75126	34,61838	45.20±2.90	55.50±3.50	3.90±0.60	688.20±51.60
113	Gülşehir	Oğulkaya	38,75472	34,37693	65.96±5.28	65.28±5.23	2.30±0.18	1054.31±84.35
114	Gülşehir	Ovaören	38,63373	34,2938	30.70±1.70	45.90±2.40	6.98±0.62	987.00±61.00
115	Gülşehir	Şahinler1	38,85135	34,3774	39.26±3.14	40.44±3.24	12.85±1.03	566.60±45.33
116	Gülşehir	Şahinler2	38,85297	34,38294	45.00±3.30	54.80±4.10	2.40±0.60	775.30±63.30
117	Gülşehir	Terlemez1	38,7318	34,3039	55.18±4.41	77.60±6.21	3.05±0.24	1027.27±82.18
118	Gülşehir	Terlemez2	38,73132	34,30346	46.07±2.85	83.22±4.96	5.91±0.48	953.50±71.24
119	Gülşehir	Tuzköy (Eski Yerleşim)	38,7672	34,4926	48.99±5.48	61.01±6.59	<3.1	637.75±84.35
120	Gülşehir	Tuzköy (Kaya parçası)	38,7672	34,4926	51.04±4.96	54.58±5.37	<1.8	576.64±66.38
121	Gülşehir	Tuzköy (Sarı kum)	38,7672	34,4926	72.18±6.68	56.74±5.50	<1.7	305.64±38.02
122	Gülşehir	Tuzköy(Yeni Yerleşim)	38,76361	34,51213	72.75±4.91	54.41±3.90	5.38±0.71	520.43±44.57
123	Gülşehir	Tuzköy Cumh.Mah.	38,76797	34,49768	70.39±5.63	49.83±3.99	8.18±0.65	681.29±54.50
124	Gülşehir	Tuzköy Hürr. Mah.	38,76777	34,50213	60.86±4.87	44.44±3.56	1.67±0.13	694.53±55.56
125	Gülşehir	Tuzköy1	38,77042	34,51868	48.60±3.89	35.38±2.84	4.81±0.39	444.84±35.59
126	Gülşehir	Tuzköy2	38,76775	34,50305	31.37±2.51	32.45±2.60	6.60±0.53	486.87±38.95
127	Gülşehir	Tuzköy3	38,76824	34,50767	87.70±5.20	49.70±3.50	1.90±0.80	405.90±36.60
128	Gülşehir	Yakatarla	38,72977	34,35472	39.11±3.13	43.26±3.46	5.89±0.47	951.27±76.10
129	Gülşehir	Yalıntaş köyü girişi – Taş numunesi	38,69496	34,34975	82.10±5.20	119.30±7.30	<2.4	1138.60±83.80
130	Gülşehir	Yalıntaş1	38,6965	34,3485	77.98±6.24	112.50±9.00	0.92±0.07	909.87±72.79
131	Gülşehir	Yalıntaş2	38,69502	34,34787	63.00±3.20	117.00±5.00	0.77±0.16	935.00±58.00
132	Gülşehir	Yalıntaş3	38,69651	34,34866	62.80±3.80	114.70±6.40	10.10±1.40	913.40±64.50
133	Gülşehir	Yalıntaş4	38,69909	34,33986	39.51±4.13	51.50±5.26	17.90±2.45	532.14±64.33
134	Gülşehir	Yamalı	38,89037	34,27363	32.26±2.58	30.49±2.44	13.13±1.05	685.91±54.87

**EK 2. Nevşehir ili toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		Aktivite ( $\text{Bq.kg}^{-1}\pm 2\sigma$ )			
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	Ra-226	Th-232	Cs-137	K-40
135	Gülşehir	Yeniyaylacık	38,7826	34,6201	40.17±3.21	45.04±3.61	10.24±0.82	560.82±44.87
136	Gülşehir	Yeşilli1	38,85143	34,41327	66.34±5.31	72.26±5.78	3.04±0.24	1098.88±87.91
137	Gülşehir	Yeşilli2	38,84584	34,41457	36.57±3.71	41.80±4.24	7.98±1.28	558.67±64.47
138	Gülşehir	Yeşilöz1	38,78332	34,68417	68.30±5.46	81.55±6.53	3.82±0.31	904.90±72.39
139	Gülşehir	Yeşilöz2	38,77798	34,68497	46.30±2.70	63.90±3.60	9.00±0.70	820.80±55.70
140	Gülşehir	Yeşilyurt (Sığırlı)1	38,8183	34,4456	43.81±3.51	43.58±3.49	14.01±1.12	670.27±53.62
141	Gülşehir	Yeşilyurt (Sığırlı)2	38,8129	34,44824	35.40±2.70	27.90±2.30	25.00±2.40	428.20±38.70
142	Gülşehir	Yüksekli1	38,80144	34,5089	79.13±6.33	84.12±6.73	9.28±0.74	1159.51±92.76
143	Gülşehir	Yüksekli2	38,80702	34,51214	41.89±2.60	52.43±3.20	4.82±0.40	638.39±48.05
144	Hacıbektaş	Akçataş1	38,90295	34,51157	36.40±2.21	81.80±4.30	9.12±0.90	1055.00±68.00
145	Hacıbektaş	Akçataş2	38,89897	34,50935	30.07±2.26	39.74±2.96	2.76±0.49	538.30±46.00
146	Hacıbektaş	Anapınar1	38,91008	34,54473	33.63±2.69	36.42±2.92	22.76±1.82	471.40±37.71
147	Hacıbektaş	Anapınar2	38,90632	34,54202	27.10±2.30	40.00±3.10	19.30±2.20	511.30±46.50
148	Hacıbektaş	Anapınar3	38,90731	34,54414	27.51±3.24	41.59±4.55	3.77±0.98	464.41±60.98
149	Hacıbektaş	Aşağıbarak1	38,92613	34,68602	41.24±3.30	49.16±3.94	12.05±0.96	878.13±70.25
150	Hacıbektaş	Aşağıbarak2	38,92739	34,68651	24.52±2.64	29.82±3.15	8.91±1.36	493.72±58.00
151	Hacıbektaş	Aşıklar	38,92555	34,52818	32.77±2.62	40.21±3.22	5.27±0.42	514.07±41.13
152	Hacıbektaş	Avuçköy1	38,99912	34,66412	31.76±2.54	35.41±2.85	4.13±0.33	554.24±44.34
153	Hacıbektaş	Avuçköy2	38,99782	34,66254	25.70±2.10	42.10±2.90	36.30±2.80	698.20±53.40
154	Hacıbektaş	Avuçköy3	38,99652	34,66137	34.14±2.68	44.07±3.43	20.31±2.01	625.83±55.41
155	Hacıbektaş	Başköy1	39,12717	34,60802	43.76±3.50	30.62±2.45	13.49±1.08	516.11±41.29
156	Hacıbektaş	Başköy2	39,12312	34,606	37.50±3.00	31.70±2.80	11.70±1.60	527.10±49.00
157	Hacıbektaş	Belbarak	38,97298	34,70275	36.16±2.89	41.06±3.33	2.60±0.21	786.66±62.93
158	Hacıbektaş	Büyük Burunağıl	39,07903	34,57697	22.60±1.80	23.90±1.80	9.30±1.20	415.50±34.20
159	Hacıbektaş	Çiğdem1	38,99963	34,5212	28.70±1.80	44.20±2.50	15.50±1.20	788.00±51.00
160	Hacıbektaş	Çiğdem2	39,00442	34,52448	33.04±2.61	33.94±2.77	29.20±2.65	549.11±49.53
161	Hacıbektaş	Çilehane	38,93763	34,57893	38.51±3.08	53.64±4.29	7.64±0.61	695.85±55.67
162	Hacıbektaş	Çivril	38,96445	34,50928	32.20±1.50	48.50±2.30	3.28±0.26	624.00±38.00
163	Hacıbektaş	Hasanlar	39,12806	34,65846	28.90±1.80	49.00±2.80	8.79±0.82	677.00±45.00
164	Hacıbektaş	Hıdırlar	38,93958	34,64644	46.60±3.20	78.50±4.80	13.00±1.70	888.50±66.00
165	Hacıbektaş	Hırkatepesidelik1	38,87027	34,60668	54.63±4.37	63.96±5.12	6.11±0.49	668.02±53.44
166	Hacıbektaş	Hırkatepesidelik2	38,87103	34,60504	51.50±2.90	69.70±3.70	6.29±0.78	696.00±46.00
167	Hacıbektaş	İlicecekler	39,01293	34,63785	35.63±2.85	38.41±3.07	6.61±0.53	519.86±41.59
168	Hacıbektaş	Karaburç	38,88873	34,42325	34.22±2.74	38.05±3.05	6.03±0.48	465.44±37.24
169	Hacıbektaş	Karaburna1	38,87285	34,45768	56.66±4.53	96.75±7.74	3.93±0.31	958.07±76.65
170	Hacıbektaş	Karaburna2	38,86877	34,45783	36.20±2.40	68.30±4.00	9.70±1.20	721.00±51.80
171	Hacıbektaş	Kayaaltı1	39,05234	34,77326	29.47±2.36	29.72±2.38	17.56±1.41	482.24±38.58
172	Hacıbektaş	Kayaaltı2	39,04585	34,77389	26.49±2.93	17.45±2.11	3.44±0.76	247.20±34.52
173	Hacıbektaş	Kızılağıl	39,00848	34,76755	40.85±3.27	41.94±3.36	7.00±0.56	649.22±51.94
174	Hacıbektaş	Killik	38,90797	34,66983	39.70±2.00	63.80±3.20	3.94±0.43	971.00±60.00
175	Hacıbektaş	Kisecik	38,93506	34,48008	45.80±3.20	66.10±4.20	6.30±1.20	949.10±69.50
176	Hacıbektaş	Köşektaş	38,98175	34,74467	35.17±2.81	37.26±2.98	3.93±0.31	518.14±41.45
177	Hacıbektaş	Kütükçü	38,89771	34,56714	27.20±1.90	37.70±2.50	8.40±0.90	757.40±53.90
178	Hacıbektaş	Merkez1	38,94722	34,57442	75.23±6.02	75.27±6.03	0.67±0.05	775.06±62.01
179	Hacıbektaş	Merkez2	38,93848	34,55583	40.06±3.21	54.32±4.35	1.52±0.12	742.66±59.41

**EK 2. Nevşehir ili toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		Aktivite ( $\text{Bq.kg}^{-1}\pm 2\sigma$ )			
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	Ra-226	Th-232	Cs-137	K-40
180	Hacıbektaş	Merkez3	38,9421	34,5601	32.20±2.58	45.10±3.60	2.50±0.20	590.07±47.21
181	Hacıbektaş	Merkez4	38,94368	34,5615	33.50±2.40	47.60±3.10	10.50±1.20	709.80±53.00
182	Hacıbektaş	Merkez5	38,94024	34,57056	27.50±2.38	33.10±2.88	11.51±1.14	380.66±38.36
183	Hacıbektaş	Mikail1	38,96618	34,45212	38.60±3.40	60.40±5.00	6.10±1.50	825.90±75.40
184	Hacıbektaş	Mikail2	38,96625	34,45094	46.97±3.38	59.19±4.27	34.27±2.88	919.06±75.29
185	Hacıbektaş	Sadık	39,03798	34,65947	40.37±3.23	43.96±3.52	5.54±0.44	632.26±50.58
186	Hacıbektaş	Yenice	38,87069	34,58654	30.70±1.70	39.40±2.10	6.15±0.45	414.00±26.00
187	Hacıbektaş	Yeniyapan1	39,03851	34,55192	29.20±1.90	45.90±2.70	17.70±1.40	618.00±43.00
188	Hacıbektaş	Yeniyapan2	39,03908	34,55351	35.85±2.99	42.48±3.54	29.83±2.93	465.21±46.47
189	Hacıbektaş	Yurtyeri1	39,10218	34,69868	48.06±3.85	38.35±3.07	23.29±1.86	734.65±58.77
190	Hacıbektaş	Yurtyeri2	39,09995	34,69875	27.50±2.50	27.60±2.50	12.50±1.80	494.50±47.60
191	Hacıbektaş	Yurtyeri3	39,09977	34,69783	33.27±4.13	31.69±3.96	20.63±3.36	432.23±63.84
192	Kozaklı	Abdi1	39,08107	34,8226	42.68±3.41	30.85±2.47	25.20±20.02	610.71±48.86
193	Kozaklı	Abdi2	39,07886	34,82233	24.10±1.80	27.10±2.00	21.70±1.90	404.10±32.80
194	Kozaklı	Abdi3	39,07899	34,823	19.43±1.89	17.84±1.80	<1.1	299.58±33.73
195	Kozaklı	Akpınar	39,11458	34,9281	37.22±2.98	40.94±3.28	10.67±0.85	558.47±44.68
196	Kozaklı	Belekli	39,20418	34,70805	62.48±4.50	54.86±4.39	9.49±0.76	784.94±62.80
197	Kozaklı	Boğaziçi(K.Yanalak)	39,11147	34,75777	26.88±2.15	30.01±2.41	3.58±0.29	440.74±35.26
198	Kozaklı	Buruncuk Mah.	39,22365	34,85682	106.9±7.0	22.20±2.10	5.00±0.90	467.60±44.50
199	Kozaklı	Büyükyağlı	39,22765	34,92538	23.90±1.30	45.30±2.30	<0.40	1205.00±74.00
200	Kozaklı	Çayıçi	39,20348	34,6858	23.72±1.90	18.96±1.52	3.16±0.25	338.22±27.06
201	Kozaklı	Dereköy1	39,30367	34,70183	23.80±1.90	30.87±2.47	3.55±0.28	1045.14±83.61
202	Kozaklı	Dereköy2	39,30124	34,69929	28.19±2.41	39.51±3.23	6.69±1.01	805.03±71.40
203	Kozaklı	Doyduk	39,18902	34,75413	28.50±1.60	33.40±1.90	9.06±0.67	548.00±35.00
204	Kozaklı	Dört Yol1	39,16475	34,8541	23.10±1.85	24.55±1.97	23.29±1.86	353.51±28.28
205	Kozaklı	Dört Yol2	39,16611	34,85243	7.39±1.07	11.74±1.49	<1.1	196.76±27.89
206	Kozaklı	Gerce	39,11305	34,78763	42.46±3.40	36.56±2.93	13.23±1.06	609.25±48.74
207	Kozaklı	İmran	39,16177	34,81955	27.73±2.22	32.20±2.58	6.89±0.55	696.85±55.75
208	Kozaklı	Kalecik1	39,15174	34,7406	31.88±2.55	32.04±2.57	11.85±0.95	580.09±46.41
209	Kozaklı	Kalecik2	39,14796	34,73738	23.10±2.20	28.30±2.50	16.20±2.00	422.90±41.70
210	Kozaklı	Kalecik3	39,14629	34,73864	20.24±1.89	17.81±1.75	2.83±0.63	277.76±30.87
211	Kozaklı	Kanlıca1	39,2851	34,88367	34.12±2.73	34.94±2.80	9.31±0.75	858.52±68.68
212	Kozaklı	Kanlıca2	39,28768	34,89594	32.30±2.70	38.70±3.20	8.30±1.40	838.70±70.70
213	Kozaklı	Kapaklı	39,08757	34,99722	30.80±2.40	36.80±2.70	14.60±1.70	512.80±43.10
214	Kozaklı	Karahasanlı1	39,29175	34,71918	38.08±3.05	34.35±2.75	1.92±0.15	813.74±65.10
215	Kozaklı	Karahasanlı2	39,29267	34,72045	19.20±1.80	34.50±2.80	1.80±0.50	853.00±68.00
216	Kozaklı	Karasenir	39,28909	34,84655	33.00±2.50	38.00±2.80	2.70±0.90	746.20±58.30
217	Kozaklı	Kaşkişla	39,24801	34,87765	31.00±2.40	29.30±2.40	2.40±0.70	461.60±41.40
218	Kozaklı	Konak Otel	39,21422	34,86592	130.1±10.4	6.23±0.49	2.12±0.17	37.67±3.01
219	Kozaklı	Konak Termal Tesisleri	39,21272	34,86491	193.9±9.9	<2.8	<1.7	41.30±10.90
220	Kozaklı	Küçükyağlı	39,22878	34,91991	25.69±2.85	38.19±4.01	3.79±0.84	746.68±85.30
221	Kozaklı	Küllüce1	39,22835	34,69073	91.02±7.28	45.30±3.65	3.20±0.26	639.39±51.15
222	Kozaklı	Küllüce2	39,22699	34,68577	78.47±5.10	54.58±3.80	10.92±1.17	718.22±59.77
223	Kozaklı	Medetsiz	39,25427	34,64568	31.65±2.53	36.39±2.92	2.52±0.20	526.48±42.12
224	Kozaklı	Merdanali	39,1209	34,98138	26.60±2.50	28.60±2.70	2.80±0.90	392.40±41.60

**EK 2. Nevşehir ili toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		Aktivite ( $\text{Bq.kg}^{-1}\pm 2\sigma$ )			
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	Ra-226	Th-232	Cs-137	K-40
225	Kozaklı	Merkez1	39,20372	34,84752	28.35±2.27	27.84±2.23	7.94±0.64	477.71±38.22
226	Kozaklı	Merkez2	39,20618	34,86	18.50±1.60	10.90±1.10	18.60±1.80	155.10±17.60
227	Kozaklı	Merkez3	39,20635	34,86084	12.36±1.31	6.42±0.79	14.67±1.66	87.64±12.10
228	Kozaklı	Özce-Hızırüşağı	39,33676	34,63712	43.80±2.80	62.30±3.70	3.90±0.60	1020.90±70.50
229	Kozaklı	Taşlıhöyük	39,15197	34,91155	27.54±2.20	31.42±2.52	3.09±0.25	451.03±36.08
230	Kozaklı	Yassıca1	39,22397	34,66277	37.60±3.01	30.51±2.44	31.50±2.52	477.21±38.18
231	Kozaklı	Yassıca2	39,22472	34,65925	43.30±2.90	46.60±3.10	13.30±1.50	650.40±50.00
232	Merkez	2000 Evler	38,67463	34,737	49.27±3.94	59.02±4.72	1.49±0.12	789.39±63.15
233	Merkez	Alacaşar girişi	38,62455	34,59643	76.95±6.16	86.42±6.92	MDA	1001.54±80.12
234	Merkez	Alacaşar1	38,61052	34,59805	78.86±6.31	84.60±6.77	2.58±0.21	1074.64±85.97
235	Merkez	Alacaşar2	38,61493	34,59302	102.73±8.22	102.42±8.19	2.19±0.18	1058.51±84.68
236	Merkez	Alacaşar3	38,61775	34,59276	88.80±5.90	101.40±6.80	1.70±0.60	1061.40±83.70
237	Merkez	Alacaşar4	38,61255	34,59428	74.45±7.33	85.16±8.39	<2.3	913.07±105.39
238	Merkez	Balcın	38,6104	34,62814	71.04±5.68	76.43±6.12	5.13±0.41	885.80±70.86
239	Merkez	Basansarnıç1	38,67718	34,53022	47.41±3.79	50.67±4.06	10.21±0.82	681.24±54.50
240	Merkez	Basansarnıç2	38,6769	34,52881	59.10±4.10	77.10±5.30	<1.6	907.50±71.70
241	Merkez	Boğazköy1	38,54573	34,6328	94.32±7.55	93.82±7.51	9.30±0.74	494.87±39.59
242	Merkez	Boğazköy2	38,54592	34,63302	69.43±4.61	77.14±5.17	4.21±0.58	884.49±70.27
243	Merkez	Çardak	38,55032	34,76463	54.21±4.34	53.57±4.29	4.69±0.38	751.10±60.09
244	Merkez	Çat1	38,67833	34,65632	52.15±4.17	54.26±4.35	2.54±0.20	680.41±54.43
245	Merkez	Çat2	38,6772	34,65566	52.50±3.80	65.40±4.80	<1.2	734.10±60.40
246	Merkez	Çiftlikköy	38,6765	34,48757	65.04±5.20	60.06±4.81	2.09±0.17	811.96±64.96
247	Merkez	Göre1	38,58068	34,72572	73.69±5.90	71.54±5.73	4.51±0.36	867.89±69.43
248	Merkez	Göre2	38,58759	34,72171	40.59±3.09	43.66±3.40	9.53±1.17	535.63±48.46
249	Merkez	Göreme Merkez1	38,64292	34,8311	48.05±3.88	53.58±4.29	0.52±0.04	596.58±47.73
250	Merkez	Göreme Merkez2	38,64409	34,82435	52.30±4.20	64.70±5.20	7.20±1.60	778.60±71.00
251	Merkez	Göreme - Müze	38,6393	34,8449	44.95±3.60	46.06±3.69	3.46±0.28	635.15±50.81
252	Merkez	Güvercinlik1	38,55532	34,75614	62.30±3.10	80.00±3.90	1.06±0.28	890.00±55.00
253	Merkez	Güvercinlik2	38,54747	34,72952	52.00±3.60	63.50±4.50	4.50±1.00	790.40±62.60
254	Merkez	İcik1	38,50292	34,60318	74.35±5.95	73.20±5.87	5.17±0.41	833.31±66.66
255	Merkez	İcik2	38,50044	34,60696	79.60±7.59	89.52±8.61	<1.4	1067.15±117.99
256	Merkez	Kavak yakını1 (Ponza)	38,56364	34,80549	63.70±3.10	72.70±3.50	<0.6	866.60±53.90
257	Merkez	Kavak yakını2 (Ponza)	38,56209	34,82937	55.50±4.10	62.90±4.80	<1.6	746.80±64.40
258	Merkez	Kavak1	38,5749	34,82122	54.69±4.40	52.10±4.17	1.47±0.12	618.85±49.51
259	Merkez	Kavak2	38,56997	34,8184	59.90±4.40	72.70±5.40	34.20±3.10	763.00±65.40
260	Merkez	Kavak3	38,57573	34,8236	50.26±4.69	58.98±5.53	2.03±0.49	689.10±74.33
261	Merkez	Kaymaklı1	38,45988	34,74898	48.01±3.84	52.61±4.21	1.43±0.11	698.12±55.85
262	Merkez	Kaymaklı2	38,45455	34,74977	48.60±3.10	65.30±3.90	<1.5	786.50±57.00
263	Merkez	Nar Beldesi1	38,64177	34,71118	56.88±4.55	53.40±4.28	0.17±0.01	659.32±52.75
264	Merkez	Nar Beldesi2	38,64018	34,71591	54.90±3.40	61.40±3.60	1.80±0.50	795.90±58.50
265	Merkez	Özyayla	38,49442	34,63197	62.34±4.99	66.97±5.36	5.05±0.40	836.86±66.95
266	Merkez	Sulusaray1	38,70143	34,71222	58.39±4.67	63.39±5.07	3.77±0.30	755.04±60.40
267	Merkez	Sulusaray2	38,70125	34,71337	56.70±3.50	66.70±4.00	4.10±0.60	855.20±60.90
268	Merkez	Turizm otel (Valilik)	38,62474	34,71986	41.00±2.30	52.40±2.80	3.20±0.30	653.30±43.40
269	Merkez	Uçhisar	38,66967	34,79569	41.13±3.13	60.21±4.46	6.30±0.91	553.65±49.70

**EK 2. Nevşehir ili toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		Aktivite ( $\text{Bq.kg}^{-1}\pm 2\sigma$ )			
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	Ra-226	Th-232	Cs-137	K-40
270	Merkez	Uçhisar Merkez	38,62755	34,8038	51.96±4.16	55.08±4.41	3.43±0.27	685.29±54.82
271	Ürgüp	Akçaören	38,54182	35,02968	50.33±4.03	51.15±4.09	2.89±0.23	718.12±57.45
272	Ürgüp	Akköy1	38,58768	35,04768	45.70±3.66	36.91±2.96	27.52±2.20	521.62±41.73
273	Ürgüp	Akköy2	38,5875	35,0466	20.60±1.60	29.70±2.00	6.80±0.90	467.20±36.40
274	Ürgüp	Akköy3	38,58755	35,0471	26.72±2.13	36.36±2.76	4.53±0.72	427.25±39.70
275	Ürgüp	Aksalur1	38,66017	34,99022	54.06±4.34	67.62±5.41	1.16±0.09	787.03±62.96
276	Ürgüp	Aksalur2	38,66198	34,9903	60.50±4.20	80.90±5.30	<2.0	871.30±69.6
277	Ürgüp	Aksalur3	38,66579	34,98662	30.47±3.14	39.66±3.80	3.49±0.73	404.17±48.54
278	Ürgüp	Ayvalı	38,54713	34,8696	57.69±4.62	60.44±4.84	4.09±0.33	760.74±60.86
279	Ürgüp	Bahçeli	38,54683	34,84547	52.70±2.60	67.10±3.30	1.74±0.35	752.00±47.00
280	Ürgüp	Başdere1	38,55442	35,0758	38.30±3.06	42.34±3.39	13.26±1.06	489.14±39.13
281	Ürgüp	Başdere2	38,55649	35,07906	40.50±2.70	62.80±3.80	<1.4	666.00±49.20
282	Ürgüp	Boyalı	38,59342	35,00765	39.18±3.13	40.77±3.26	7.56±0.61	475.66±38.05
283	Ürgüp	Cemil	38,52436	34,93332	75.16±6.01	72.51±5.81	0.10±0.01	881.68±70.53
284	Ürgüp	Çökek1	38,68413	34,94262	62.50±3.10	70.50±3.60	5.67±0.54	888.00±56.00
285	Ürgüp	Çökek2	38,68091	34,94505	63.77±5.89	60.39±5.58	4.76±0.87	744.72±80.74
286	Ürgüp	Demirtaş	38,56993	35,06433	46.42±3.71	52.75±4.22	6.86±0.55	612.09±48.97
287	Ürgüp	Gemildere	38,60792	34,81052	47.79±3.82	64.39±5.16	0.21±0.02	703.79±56.30
288	Ürgüp	Güneyce (Mağara içi)	38,48813	34,84855	69.30±5.10	91.50±6.80	<2.0	1151.10±95.20
289	Ürgüp	Güneyce1	38,49001	34,85052	52.31±4.19	64.85±1.19	5.93±0.47	904.05±72.32
290	Ürgüp	Güneyce2	38,4865	34,84791	47.26±5.20	56.52±6.07	<1.9	661.95±85.10
291	Ürgüp	İltaş	38,58368	35,04047	59.49±4.76	71.67±5.74	2.14±0.17	615.65±49.25
292	Ürgüp	Karacaören	38,61493	34,97522	60.53±4.84	64.36±5.15	0.44±0.04	839.90±67.19
293	Ürgüp	Karain tüflü toprak	38,58897	34,9907	62.50±4.40	74.20±5.40	2.00±0.60	1112.40±87.60
294	Ürgüp	Karain1	38,59679	34,99123	79.49±6.36	74.85±5.99	7.86±0.63	1039.27±83.14
295	Ürgüp	Karain2	38,5886	34,99147	60.20±3.50	64.40±3.80	9.90±1.00	886.30±61.20
296	Ürgüp	Karain3	38,58615	34,99351	47.80±4.66	51.46±5.07	1.36±0.45	642.82±72.56
297	Ürgüp	Karakaya	38,71885	35,03262	33.40±2.80	42.80±3.40	22.10±2.40	602.40±53.80
298	Ürgüp	Karlık	38,56025	34,98655	42.27±3.38	44.63±3.57	2.70±0.22	642.67±51.41
299	Ürgüp	Mazı1	38,47056	34,83286	65.56±5.25	74.60±5.97	4.41±0.35	885.97±70.88
300	Ürgüp	Mazı2	38,46969	34,83891	50.40±3.80	67.00±5.00	13.90±1.60	806.40±67.40
301	Ürgüp	Merkez çıkışı (Ortahisar yönü)	38,63379	34,89796	65.90±4.00	75.00±4.50	26.80±2.40	957.40±68.80
302	Ürgüp	Merkez-Çıkışı	38,64964	34,91888	66.04±5.28	71.92±5.76	1.14±0.09	812.15±64.97
303	Ürgüp	Merkez-Dev.Hast.	38,63249	34,91307	61.35±4.91	58.33±4.67	1.70±0.14	790.66±63.25
304	Ürgüp	Merkez-Ürgüp girişi	38,63243	34,89042	73.07±5.85	73.67±5.90	2.61±0.21	993.77±79.50
305	Ürgüp	Mustafapaşa1	38,584	34,89902	59.92±4.79	62.78±5.02	19.96±1.60	773.43±61.87
306	Ürgüp	Mustafapaşa2	38,58662	34,90008	71.60±5.00	88.70±6.20	<2.9	1062.30±85.30
307	Ürgüp	Mustafapaşa3	38,58214	34,89653	64.92±3.78	71.11±4.20	2.53±0.27	820.48±61.33
308	Ürgüp	Ortahisar	38,62747	34,85333	71.56±5.73	73.53±5.88	2.32±0.19	957.48±76.60
309	Ürgüp	Ortahisar (Seyir yeri)	38,63135	34,86338	34.74±2.78	45.53±3.64	6.18±0.49	461.62±36.93
310	Ürgüp	Ortahisar girişi	38,6309	34,86302	62.20±6.07	71.24±6.99	2.50±0.74	862.29±97.26
311	Ürgüp	Sarıhıdır1	38,73725	34,92268	41.35±3.31	33.51±2.68	9.04±0.72	601.14±48.09
312	Ürgüp	Sarıhıdır2	38,74016	34,92863	65.87±5.27	66.47±5.32	3.21±0.26	830.00±66.40
313	Ürgüp	Sarıhıdır3	38,73534	34,92902	26.10±2.10	31.40±2.60	5.60±1.00	486.30±42.50
314	Ürgüp	Sarıhıdır4	38,73572	34,92863	47.50±3.70	49.20±4.00	4.60±0.90	711.70±62.00

**EK 2. Nevşehir ili toprak numunelerinde  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ve  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		Aktivite ( $\text{Bq.kg}^{-1} \pm 2\sigma$ )			
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	Ra-226	Th-232	Cs-137	K-40
315	Ürgüp	Sarıhıdır5	38,73559	34,92933	31.03±3.39	32.85±3.58	2.10±0.58	455.19±56.93
316	Ürgüp	Sofular	38,71172	34,99057	36.50±2.20	39.70±2.30	1.61±0.36	576.00±39.00
317	Ürgüp	Şahinefendi1	38,4698	34,9506	64.22±5.14	63.84±5.11	9.41±0.75	936.86±74.95
318	Ürgüp	Şahinefendi2	38,46919	34,9573	36.90±2.80	51.70±3.80	7.10±1.20	677.10±56.00
319	Ürgüp	Taşkınpaşa	38,49477	34,94942	61.50±4.92	60.74±4.81	2.19±0.18	840.35±67.23
320	Ürgüp	Ulaşlı	38,667	34,95185	93.50±5.50	71.30±4.60	4.90±1.10	863.40±65.10
321	Ürgüp	Yeşilöz1	38,54182	34,99467	33.45±2.68	34.60±2.77	21.73±1.74	498.98±39.92
322	Ürgüp	Yeşilöz2	38,54356	34,99351	30.80±2.30	36.60±2.60	10.50±1.10	519.50±41.30
323	Ürgüp	Yeşilöz3	38,54235	34,99441	31.71±2.75	35.45±3.11	6.33±0.70	476.30±48.08

EK 3. Neveşhir ili toprak numunelerinde WDXRF Spektrometresi ile eser element ve ağır metal analizi.

Sıra	Numune Alın Yeri		Element Konsantrasyonları ( $\mu\text{g.g}^{-1} \pm 2\sigma$ )																							
	İlçe	Köy/Mahalle	CaO	TiO <sub>2</sub>	V	Cr	Mn	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pb	Th	U	
1	Acıgöl	Ağılı2	49057 ±245	8662 ±43	53.3 ±0.5	66.9 ±0.7	787 ±4	42666 ±213	14.4 ±0.4	36.4 ±0.4	35.6 ±0.4	95.8 ±1.0	13.3 ±0.1	8.0 ±0.1	124.2 ±1.2	298 ±3	21.5 ±0.2	118.1 ±1.2	14.9 ±0.2	338 ±2	32.0 ±0.3	46.3 ±0.5	25.4 ±0.3	17.8 ±0.2	7.4 ±0.1	
2	Acıgöl	Çullar	82672 ±413	8702 ±44	59.1 ±0.6	66.2 ±0.7	703 ±4	45389 ±227	13.3 ±0.1	26.8 ±0.3	19.9 ±0.2	53.9 ±0.5	11.3 ±0.1	15.1 ±0.2	81.6 ±0.8	206.4 ±2.1	22.2 ±0.2	143.0 ±1.4	6.9 ±0.1	336.6 ±3.4	27.8 ±0.3	41.0 ±0.4	24.2 ±0.2	10.0 ±0.1	4.8 ±0.1	
3	Acıgöl	İnalı2	26606 ±133	10647 ±33	64.2 ±0.6	122.1 ±1.2	840 ±4	48639 ±243	16.2 ±0.2	41.9 ±0.4	28.8 ±0.3	63.3 ±0.6	15.1 ±0.2	8.1 ±0.1	130.9 ±1.3	198.3 ±2.0	25.1 ±0.3	160.8 ±1.6	16.4 ±0.2	263 ±1	38.3 ±0.4	56.4 ±0.6	30.4 ±0.3	20.4 ±0.2	8.7 ±0.1	
4	Acıgöl	Karapınar1	14008 ±70	5820 ±29	42.2 ±0.4	35.0 ±0.4	744 ±4	35138 ±176	13.8 ±0.1	21.2 ±0.2	19.3 ±0.2	55.9 ±0.6	15.7 ±0.2	10.3 ±0.1	189.4 ±1.9	123.5 ±1.2	30.6 ±0.3	118.1 ±1.2	22.8 ±0.2	155.6 ±1.6	23.2 ±0.2	41.1 ±0.4	28.4 ±0.3	26.5 ±0.3	9.9 ±0.1	
5	Acıgöl	Karapınar2	21530 ±108	7876 ±39	54.3 ±0.5	48.6 ±0.5	883 ±4	40223 ±201	15.4 ±0.2	26.4 ±0.3	22.2 ±0.2	68.2 ±0.7	15.2 ±0.2	8.8 ±0.1	169.6 ±1.7	178.2 ±1.8	27.6 ±0.3	117.6 ±1.2	19.9 ±0.2	249 ±1	28.2 ±0.3	44.6 ±0.5	29.4 ±0.3	23.0 ±0.2	9.5 ±0.1	
6	Acıgöl	Kozluca	96737 ±484	9503 ±48	55.5 ±0.6	97.7 ±1.0	621 ±3	41855 ±209	18.2 ±0.2	34.5 ±0.4	21.4 ±0.2	61.7 ±0.6	10.5 ±0.1	15.6 ±0.2	63.2 ±0.6	290.1 ±2.9	22.1 ±0.2	137.8 ±1.4	7.0 ±0.1	264.5 ±2.6	27.9 ±0.3	37.9 ±0.4	19.5 ±0.2	8.6 ±0.1	3.4 ±0.0	
7	Acıgöl	Kurugöl2	37480 ±187	11392 ±57	59.8 ±0.3	87.2 ±0.4	795 ±4	50353 ±252	15.5 ±0.1	41.1 ±0.2	44.2 ±0.4	155.6 ±0.8	14.5 ±0.1	4.7 ±0.0	100 ±2	260 ±1	22.1 ±0.1	131 ±1	14.1 ±0.1	269 ±1	28.8 ±0.1	38.3 ±0.2	60.4 ±0.3	15.3 ±0.1	6.1 ±0.1	
8	Acıgöl	Kurugöl3	41383 ±207	17948 ±90	93.8 ±0.9	79.3 ±0.8	996 ±5	70762 ±354	23.2 ±0.2	40.9 ±0.4	36.2 ±0.4	76.1 ±0.8	15.4 ±0.2	8.4 ±0.1	88.8 ±0.9	291.4 ±2.9	24.7 ±0.3	142.5 ±1.4	14.3 ±0.1	272 ±1	40.8 ±0.4	58.9 ±0.6	22.2 ±0.2	12.9 ±0.1	5.7 ±0.1	
9	Acıgöl	Merkez3	31124 ±156	7305 ±37	48.8 ±0.2	75.7 ±0.4	758 ±4	39169 ±196	10.7 ±0.1	40.9 ±0.2	11.5 ±0.1	83.8 ±0.4	14.9 ±0.1	6.9 ±0.0	150 ±2	147 ±1	25.0 ±0.1	120 ±0.1	17.5 ±0.1	203 ±1	22.7 ±0.1	36.8 ±0.2	27.7 ±0.1	20.5 ±0.1	7.1 ±0.1	
10	Acıgöl	Merkez4	23938 ±120	9233 ±46	55.3 ±0.6	82.9 ±0.8	888 ±4	46422 ±232	13.8 ±0.1	41.6 ±0.4	32.6 ±0.3	82.7 ±0.8	15.4 ±0.2	8.9 ±0.1	159.7 ±1.6	127.0 ±1.3	28.2 ±0.3	137.4 ±1.4	19.0 ±0.2	232 ±1	27.7 ±0.3	50.1 ±0.5	30.8 ±0.3	22.9 ±0.2	8.2 ±0.1	
11	Acıgöl	Tatların Beldesi1	17465 ±87	5577 ±28	33.3 ±0.2	10.8 ±0.1	534 ±3	27030 ±135	7.2 ±0.0	8.9 ±0.1	-	44.1 ±0.2	13.6 ±0.1	1.4 ±0.0	155 ±3	270 ±1	14.1 ±0.1	138 ±1	15.4 ±0.1	783 ±4	47.2 ±0.2	63.4 ±0.3	21.4 ±0.1	24.8 ±0.1	9.0 ±0.1	
12	Acıgöl	Tatların Beldesi2	19661 ±98	6375 ±32	36.5 ±0.4	14.8 ±0.2	515 ±3	30323 ±152	9.7 ±0.1	8.9 ±0.1	9.3 ±0.1	43.6 ±0.4	12.8 ±0.1	3.3 ±0.0	145.8 ±1.5	309.9 ±3.1	14.8 ±0.2	137.7 ±1.4	14.1 ±0.1	706 ±4	41.3 ±0.4	66.9 ±0.7	23.3 ±0.2	22.2 ±0.2	7.5 ±0.1	
13	Acıgöl	Tepeköy	15008 ±75	5700 ±28	44.7 ±0.5	46.0 ±0.5	700 ±4	35757 ±179	10.5 ±0.1	23.1 ±0.2	15.6 ±0.2	51.1 ±0.5	15.4 ±0.2	10.1 ±0.1	182.3 ±1.8	77.6 ±0.8	29.2 ±0.3	121.7 ±1.2	21.3 ±0.2	154.2 ±1.5	21.8 ±0.2	48.7 ±0.5	30.3 ±0.3	25.2 ±0.3	10.7 ±0.1	
14	Acıgöl	Topaç	9375 ±47	2995 ±15	20.3 ±0.2	15.7 ±0.2	599 ±3	19985 ±100	7.5 ±0.1	8.8 ±0.1	7.1 ±0.1	36.7 ±0.4	15.2 ±0.2	11.5 ±0.1	216.5 ±2.2	92.9 ±0.9	31.6 ±0.3	102.6 ±1.0	25.6 ±0.2	102.3 ±1.0	20.5 ±0.2	31.5 ±0.3	31.4 ±0.3	29.7 ±0.3	12.8 ±0.1	
15	Acıgöl	Yuvaköy3	31305 ±157	7507 ±38	38.8 ±0.4	63.0 ±0.6	725 ±4	36075 ±180	11.4 ±0.1	44.5 ±0.4	17.5 ±0.2	72.4 ±0.7	13.3 ±0.1	7.1 ±0.1	117.4 ±1.2	193.8 ±1.9	18.4 ±0.2	143.7 ±1.4	13.8 ±0.1	577 ±3	42.6 ±0.4	66.3 ±0.7	24.7 ±0.3	20.8 ±0.2	7.4 ±0.1	
16	Acıgöl	Yuvaköyü2	19809 ±99	12319 ±62	58.9 ±0.6	145.7 ±1.5	871 ±9	55722 ±279	17.6 ±0.2	63.1 ±0.6	23.8 ±0.2	59.4 ±0.6	13.5 ±0.1	7.3 ±0.1	118.2 ±0.6	198 ±2	23.5 ±0.2	200 ±1	-	511.3 ±5.1	47.2 ±0.5	75.3 ±0.8	23.2 ±0.2	17.5 ±0.2	4.4 ±0.0	
17	Avanos	Aktepe1	53787 ±269	7848 ±39	60.5 ±0.6	20.1 ±0.2	822 ±4	37654 ±188	15.7 ±0.2	12.4 ±0.1	13.4 ±0.1	51.5 ±0.5	12.7 ±0.1	16.5 ±0.2	87.4 ±0.9	430.8 ±4.3	15.0 ±1.5	147.5 ±1.5	9.0 ±0.1	562.2 ±5.6	31.0 ±0.3	55.3 ±0.6	19.0 ±0.1	13.8 ±0.1	7.3 ±0.1	
18	Avanos	Aktepe2	13102 ±66	5588 ±28	37.9 ±0.8	15.5 ±0.2	524 ±3	23431 ±117	8.7 ±0.1	7.2 ±0.1	16.0 ±0.2	37.9 ±0.4	11.7 ±0.1	5.5 ±0.1	115.7 ±1.2	232.7 ±2.3	12.8 ±0.1	109.7 ±1.1	11.3 ±0.1	652 ±3	31.5 ±0.3	54.3 ±0.5	20.1 ±0.2	20.4 ±0.2	7.1 ±0.1	
19	Avanos	B.Ayhan yolu	114770 ±574	7351 ±37	87.1 ±0.4	33.5 ±0.2	1658 ±8	67981 ±340	26.4 ±0.1	14.3 ±0.1	14.8 ±0.2	121.9 ±0.6	20.1 ±0.1	3.70 ±0.1	164 ±1	696 ±3	25.7 ±0.1	133 ±1	14.4 ±0.1	483 ±2	56.4 ±0.3	123.3 ±0.6	80.5 ±0.4	31.8 ±0.2	18.7 ±0.2	
20	Avanos	B.Ayhan2	107115 ±536	9302 ±47	74.3 ±0.7	59.8 ±0.6	878 ±4	55688 ±278	16.4 ±0.2	30.6 ±0.3	29.8 ±0.3	82.6 ±0.8	12.5 ±0.1	80.5 ±0.8	131.8 ±1.3	733.1 ±7.3	19.7 ±0.2	149.7 ±1.5	9.4 ±0.1	380 ±2	35.4 ±0.4	60.9 ±0.6	47.2 ±0.5	14.8 ±0.2	9.8 ±0.1	

EK 3. Nevşehir ili toprak numunelerinde WDXRF Spektrometresi ile eser element ve ağır metal analizi (devam).

Sıra	Numune Alın Yeri		Element Konsantrasyonları ( $\mu\text{g.g}^{-1} \pm 2\sigma$ )																											
	İlçe	Köy/Mahalle	CaO	TiO <sub>2</sub>	V	Cr	Mn	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pb	Th	U					
21	Avanos	Bozca	315370 ±1577	4601 ±23	104.5 ±1.0	28.7 ±0.3	442 ±2	28884 ±144	9.4 ±0.1	24.3 ±0.2	15.9 ±0.2	35.4 ±0.4	5.4 ±0.1	29.3 ±0.6	56.6 ±7.7	767.7 ±7.6	55.5 ±0.6	3.9 ±0.1	3.9 ±0.1	136.6 ±1.4	12.1 ±0.1	31.2 ±0.3	11.0 ±0.1	5.1 ±0.1	6.2 ±0.1					
22	Avanos	Çalış	331503 ±1758	8262 ±41	62.0 ±0.6	109.8 ±1.1	523 ±3	40672 ±203	14.9 ±0.2	54.4 ±0.5	20.1 ±0.2	44.2 ±0.4	7.7 ±0.1	14.4 ±0.5	52.4 ±3.5	333.7 ±3.2	13.4 ±1.2	7.9 ±0.1	7.9 ±0.1	322.6 ±3.2	34.3 ±0.3	49.3 ±0.5	17.2 ±0.2	9.8 ±0.1	4.4 ±0.0					
23	Avanos	Kalaba2	146294 ±731	7500 ±37	73.1 ±0.4	110.4 ±0.6	724 ±4	51882 ±259	7.0 ±0.3	63.3 ±0.3	17.9 ±0.2	73.1 ±0.4	12.2 ±0.1	27.0 ±0.1	71 ±1	289 ±1	16.4 ±0.1	12.3 ±0.1	9.6 ±0.1	314 ±2	16.7 ±0.1	45.7 ±0.2	20.8 ±0.1	10.0 ±0.1	1.2 ±0.0					
24	Avanos	Karacaşağı1	250172 ±1251	8222 ±41	64.5 ±0.6	103.0 ±1.0	787 ±4	41833 ±209	17.0 ±0.2	46.8 ±0.5	27.1 ±0.3	62.6 ±0.6	8.5 ±0.1	20.4 ±0.2	63.0 ±0.6	282.2 ±2.8	14.8 ±1.3	131.4 ±1.3	7.8 ±0.1	243.9 ±2.4	25.8 ±0.3	47.6 ±0.5	27.7 ±0.3	11.2 ±0.1	5.1 ±0.1					
25	Avanos	Kuyuluksız2	61401 ±307	4188 ±21	35.4 ±0.2	46.5 ±0.2	517 ±3	23583 ±127	1.3 ±0.0	13.3 ±0.1	9.3 ±0.1	55.1 ±0.3	11.4 ±0.1	15.6 ±0.1	108 ±1	282 ±1	12.2 ±0.1	142 ±1.1	9.9 ±0.1	638 ±3	22.5 ±0.1	32.9 ±0.2	23.3 ±0.1	15.7 ±0.1	4.7 ±0.1					
26	Avanos	Mahmatlar2	82602 ±413	4763 ±24	84.2 ±0.4	50.0 ±0.3	496 ±2	28618 ±143	9.2 ±0.1	70.2 ±0.4	16.6 ±0.2	188.4 ±0.9	11.5 ±0.1	17.4 ±0.1	123 ±1	179 ±1	14.1 ±0.1	138 ±1.1	10.7 ±0.1	495 ±2	24.8 ±0.1	41.0 ±0.2	29.2 ±0.1	23.3 ±0.1	8.3 ±0.1					
27	Avanos	Mahmatlar3	25172 ±126	3875 ±19	11.9 ±0.1	13.2 ±0.1	433 ±2	14659 ±73	9.2 ±0.1	8.4 ±0.1	6.1 ±0.1	34.1 ±0.3	9.7 ±0.1	12.1 ±0.1	159.7 ±1.6	97.4 ±1.0	11.3 ±1.2	118.3 ±1.2	11.5 ±0.1	560 ±3	30.7 ±0.3	45.5 ±0.5	27.5 ±0.3	30.7 ±0.3	10.0 ±0.1					
28	Avanos	Merkez3	71142 ±356	4953 ±25	54.2 ±0.3	70.7 ±0.4	587 ±3	36565 ±183	2.9 ±0.0	25.4 ±0.1	7.3 ±0.1	85.3 ±0.4	12.3 ±0.1	15.2 ±0.1	100 ±1	370 ±2	12.7 ±0.1	117 ±1.1	9.7 ±0.1	516 ±3	20.5 ±0.1	29.6 ±0.1	22.0 ±0.1	14.2 ±0.1	4.6 ±0.1					
29	Avanos	Merkez4	62338 ±312	7100 ±36	55.2 ±0.6	34.2 ±0.2	659 ±3	34561 ±173	10.9 ±0.1	21.6 ±0.2	12.4 ±0.1	47.2 ±0.5	11.3 ±0.1	16.9 ±0.2	102.9 ±1.0	357.4 ±3.6	14.2 ±1.1	110.8 ±1.1	10.2 ±0.1	561 ±3	36.6 ±0.4	51.3 ±0.5	20.5 ±0.2	16.7 ±0.1	7.6 ±0.1					
30	Avanos	Ozkonak2	41175 ±206	4311 ±22	38.6 ±0.2	35.9 ±0.2	494 ±2	28082 ±140	1.7 ±0.0	11.5 ±0.1	16.5 ±0.2	61.1 ±0.3	12.7 ±0.1	9.8 ±0.1	103 ±1	248 ±1	13.3 ±0.1	117 ±1.1	11.3 ±0.1	678 ±3	24.6 ±0.1	41.1 ±0.2	24.4 ±0.1	17.5 ±0.1	4.7 ±0.1					
31	Avanos	Sarılar2	159820 ±799	7162 ±36	82.5 ±0.4	89.7 ±0.4	740 ±4	51431 ±257	4.2 ±0.0	40.1 ±0.2	11.5 ±0.1	88.3 ±0.4	12.1 ±0.1	20.0 ±0.1	89 ±1	166 ±1	16.5 ±0.1	131 ±1.1	9.0 ±0.1	302 ±2	18.1 ±0.1	42.7 ±0.2	75.2 ±0.4	11.0 ±0.1	1.6 ±0.0					
32	Avanos	Topaklı2	134637 ±673	7250 ±36	74.5 ±0.4	132.0 ±0.7	718 ±4	45651 ±228	6.4 ±0.0	47.4 ±0.2	21.4 ±0.2	67.2 ±0.3	10.7 ±0.1	13.11 ±0.1	74 ±1	269 ±1	15.2 ±0.1	140 ±1.1	8.7 ±0.1	415 ±2	21.7 ±0.1	42.9 ±0.2	20.9 ±0.1	10.5 ±0.1	2.3 ±0.0					
33	Avanos	Zelve2	33014 ±165	5187 ±26	37.5 ±0.4	20.4 ±0.2	571 ±3	26569 ±133	7.7 ±0.1	9.6 ±0.1	9.5 ±0.1	38.6 ±0.4	10.9 ±0.1	7.0 ±0.1	117.1 ±1.2	282.8 ±2.8	12.7 ±1.0	100.1 ±1.0	10.8 ±0.1	648.5 ±6.5	35.9 ±0.4	48.4 ±0.5	22.5 ±0.2	18.3 ±0.2	7.9 ±0.1					
34	Avanos	Zelve3	49003 ±245	6013 ±30	45.1 ±0.5	27.3 ±0.3	596 ±3	31571 ±157	9.7 ±0.1	14.3 ±0.1	12.2 ±0.1	40.9 ±0.4	10.4 ±0.1	8.6 ±0.1	109.3 ±1.1	317.2 ±3.2	13.6 ±0.1	113.6 ±1.1	10.2 ±0.1	576 ±3	33.1 ±0.3	52.3 ±0.5	20.5 ±0.2	17.1 ±0.1	7.6 ±0.1					
35	Derinkuyu	Doğalla1	62503 ±313	22093 ±110	90.7 ±0.9	58.9 ±0.6	836 ±4	76774 ±384	28.6 ±0.3	44.8 ±0.5	38.0 ±0.4	52.8 ±0.5	15.3 ±0.2	9.7 ±0.1	40.4 ±0.4	387.6 ±3.9	18.7 ±0.2	164.7 ±1.7	10.0 ±0.1	385 ±2	43.3 ±0.4	57.8 ±0.6	18.9 ±0.2	11.3 ±0.1	4.8 ±0.1					
36	Derinkuyu	Kuyulutatar	22391 ±112	11455 ±57	56.4 ±0.6	69.8 ±0.7	808 ±4	51580 ±258	15.9 ±0.2	47.2 ±0.5	22.0 ±0.2	67.9 ±0.7	15.5 ±0.1	7.6 ±0.1	122.1 ±1.2	196.4 ±2.0	23.4 ±0.2	138.9 ±1.4	16.3 ±0.2	308.3 ±3.1	43.3 ±0.4	62.1 ±0.6	25.4 ±0.3	18.5 ±0.2	6.6 ±0.1					
37	Derinkuyu	Kuyulutatar (Siyah kaya)	57074 ±285	21084 ±105	127.0 ±1.3	54.6 ±0.6	1107 ±6	89791 ±449	31.3 ±0.3	45.2 ±0.5	28.8 ±0.3	71.0 ±0.7	16.4 ±0.2	5.8 ±0.1	59.9 ±0.6	364.6 ±3.7	23.8 ±0.2	147.5 ±1.5	12.8 ±0.1	279 ±1	46.6 ±0.5	65.9 ±0.7	15.6 ±0.1	9.7 ±0.1	4.8 ±0.1					
38	Derinkuyu	Merkez2	32849 ±164	9030 ±45	60.3 ±0.3	55.4 ±0.3	656 ±3	40829 ±204	10.5 ±0.1	40.5 ±0.2	3.0 ±0.0	74.9 ±0.4	15.2 ±0.1	5.7 ±0.0	111 ±2	236 ±1	18.6 ±0.1	144 ±1.5	12.4 ±0.1	386 ±1	31.8 ±0.2	44.5 ±0.2	28.1 ±0.1	17.8 ±0.1	7.6 ±0.1					
39	Derinkuyu	Ozlüce2	75962 ±380	9598 ±48	55.0 ±0.3	68.7 ±0.3	714 ±4	46354 ±232	13.4 ±0.1	33.5 ±0.2	5.5 ±0.1	68.7 ±0.3	15.0 ±0.1	8.5 ±0.0	108 ±2	281 ±1	21.8 ±0.1	147 ±1.1	14.0 ±0.1	335 ±2	42.0 ±0.3	50.9 ±0.3	24.8 ±0.1	17.7 ±0.1	6.5 ±0.1					
40	Derinkuyu	Suvermez2	43762 ±219	12250 ±61	56.7 ±0.3	99.5 ±0.5	776 ±4	53689 ±268	15.9 ±0.1	45.5 ±0.2	6.7 ±0.1	58.9 ±0.3	16.1 ±0.1	9.0 ±0.1	110 ±2	266 ±1	21.9 ±0.1	156 ±1.1	15.4 ±0.1	335 ±2	41.5 ±0.2	55.6 ±0.2	21.8 ±0.1	16.7 ±0.1	5.4 ±0.1					



EK 3. Nevşehir ili toprak numunelerinde WDXRF Spektrometresi ile eser element ve ağır metal analizi (devam).

Sıra	Numune Alım Yeri	Element Konsantrasyonları ( $\mu\text{g.g}^{-1} \pm 2\sigma$ )																									
		KaO	TiO <sub>2</sub>	V	Cr	Mn	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pb	Th	U			
61	Gülşehir Köy/Mahalle Karahöyük2	55566 ±278	5626 ±28	273 ±0.3	96.7 ±1.0	457 ±2	23779 ±119	8.9 ±0.1	31.3 ±0.3	11.8 ±0.1	36.1 ±0.4	10.1 ±0.1	13.0 ±0.1	131.1 ±1.3	178.2 ±1.8	12.2 ±0.1	134.9 ±1.4	11.2 ±0.1	445.7 ±4.5	30.3 ±0.3	49.0 ±0.5	28.2 ±0.3	26.5 ±0.3	8.1 ±0.1			
62	Gülşehir Kızılkaya2	37088 ±185	6815 ±34	50.3 ±0.3	57.9 ±0.3	659 ±3	33019 ±165	10.8 ±0.1	20.3 ±0.1	3.8 ±0.0	53.7 ±0.3	12.1 ±0.1	9.6 ±0.1	107 ±2	226 ±1	15.2 ±0.1	137 ±1	9.2 ±0.1	469 ±2	38.7 ±0.2	48.2 ±0.2	21.8 ±0.1	15.3 ±0.1	5.5 ±0.1			
63	Gülşehir Merkez3	58353 ±292	5440 ±27	46.0 ±0.2	223.3 ±1.1	513 ±3	33536 ±168	4.2 ±0.1	28.4 ±0.1	9.5 ±0.1	57.3 ±0.3	12.9 ±0.1	9.9 ±0.1	102 ±1	271 ±1	15.3 ±0.1	141 ±1	11.6 ±0.1	490 ±2	18.7 ±0.1	42.5 ±0.2	19.1 ±0.1	15.8 ±0.1	4.6 ±0.1			
64	Gülşehir Ovaören	105576 ±528	7219 ±36	56.1 ±0.6	80.7 ±0.8	724 ±4	39772 ±199	21.5 ±0.2	53.4 ±0.5	33.0 ±0.3	93.0 ±0.9	10.1 ±0.1	10.9 ±0.1	103.5 ±1.0	304.8 ±5.1	17.1 ±0.2	112.3 ±1.1	8.0 ±0.1	307.1 ±3.1	23.5 ±0.2	43.7 ±0.4	27.8 ±0.3	12.2 ±0.1	6.2 ±0.1			
65	Gülşehir Şahimler2	43007 ±215	5770 ±29	51.8 ±0.3	140.4 ±0.7	567 ±3	31426 ±157	8.7 ±0.2	37.2 ±0.2	3.6 ±0.0	49.9 ±0.2	11.7 ±0.1	6.6 ±0.0	115 ±1	196 ±1	15.7 ±0.1	117 ±1	10.2 ±0.1	474 ±2	28.0 ±0.1	44.7 ±0.2	20.3 ±0.1	17.8 ±0.1	6.2 ±0.1			
66	Gülşehir Terlemez2	84661 ±423	9729 ±49	73.6 ±0.7	110.8 ±1.1	854 ±4	55219 ±276	17.5 ±0.2	41.5 ±0.4	18.8 ±0.2	67.6 ±0.7	14.0 ±0.1	12.8 ±0.1	105.0 ±1.1	408.0 ±4.1	19.6 ±0.2	215.0 ±2.2	15.5 ±0.2	379 ±2	46.0 ±0.5	69.5 ±0.7	37.7 ±0.4	24.6 ±0.3	7.3 ±0.1			
67	Gülşehir Tuzköy (Sarı kum)	28221 ±141	4691 ±23	26.5 ±0.3	11.6 ±0.1	116 ±1	15869 ±79	6.2 ±0.1	4.0 ±0.0	6.9 ±0.1	18.9 ±0.2	9.8 ±0.1	26.1 ±0.3	54.0 ±0.5	356.3 ±5.6	9.6 ±0.1	95.3 ±1.0	11.1 ±0.1	241 ±1	29.5 ±0.3	49.2 ±0.5	17.1 ±0.2	18.6 ±0.2	20.0 ±0.2			
68	Gülşehir Tuzköy (Kaya parçası)	37562 ±188	3227 ±16	19.1 ±0.2	8.3 ±0.1	503 ±3	18974 ±95	12.6 ±0.1	5.8 ±0.1	5.8 ±0.1	28.5 ±0.3	9.0 ±0.1	26.4 ±0.3	90.3 ±0.9	474.5 ±4.7	10.1 ±0.1	82.3 ±0.8	9.1 ±0.1	470 ±2	23.6 ±0.2	39.3 ±0.4	17.7 ±0.2	16.8 ±0.2	10.7 ±0.1			
69	Gülşehir Tuzköy (Eski yerleşim yeri)	20345 ±102	3615 ±18	27.7 ±0.3	11.7 ±0.1	445 ±2	28489 ±142	9.5 ±0.1	5.2 ±0.1	7.4 ±0.1	32.0 ±0.3	10.2 ±0.1	21.3 ±0.2	94.3 ±0.9	207.6 ±2.1	10.4 ±0.1	93.3 ±0.9	10.3 ±0.1	32.7 ±0.3	46.7 ±0.5	20.2 ±0.2	18.9 ±0.2	7.2 ±0.1				
70	Gülşehir Tuzköy (Yeni yerleşim yeri)	114404 ±572	7145 ±36	65.2 ±0.7	56.6 ±0.6	778 ±4	40536 ±203	13.5 ±0.1	25.0 ±0.3	13.3 ±0.1	43.1 ±0.4	10.7 ±0.1	21.1 ±0.2	81.5 ±0.8	585.2 ±5.9	17.4 ±0.2	105.3 ±1.1	8.4 ±0.1	488 ±2	35.5 ±0.4	57.9 ±0.6	25.1 ±0.3	15.0 ±0.2	9.4 ±0.1			
71	Gülşehir Tuzköy3	242860 ±1214	5895 ±29	81.5 ±0.4	34.4 ±0.2	609 ±3	32989 ±165	8.5 ±0.0	17.8 ±0.1	2.2 ±0.0	41.1 ±0.2	9.8 ±0.1	49.7 ±0.3	66 ±1	982 ±5	14.7 ±0.1	93 ±1	7.1 ±0.1	545 ±3	25.1 ±0.1	49.5 ±0.2	17.3 ±0.1	13.3 ±0.1	13.4 ±0.1			
72	Gülşehir Yalıntaş (Taş örneği)	48915 ±245	10452 ±52	80.4 ±0.4	13.2 ±0.1	935 ±5	69886 ±349	16.2 ±0.1	8.0 ±0.1	8.8 ±0.1	68.4 ±0.3	20.8 ±0.1	28.1 ±0.1	199 ±3	857 ±4	23.1 ±0.1	285 ±1	21.6 ±0.1	879 ±4	66.2 ±0.3	94.0 ±0.5	39.4 ±0.2	38.7 ±0.2	14.2 ±0.1			
73	Gülşehir Yalıntaş2	121604 ±608	9956 ±50	79.0 ±0.8	124.4 ±1.2	1162 ±6	61559 ±308	26.6 ±0.4	38.2 ±0.4	25.5 ±0.3	95.2 ±1.0	13.2 ±0.1	46.3 ±0.5	102.1 ±1.0	532.5 ±5.3	24.2 ±0.2	332.6 ±3.3	20.2 ±0.2	410.8 ±4.1	45.0 ±0.5	74.6 ±0.8	72.0 ±0.7	28.3 ±0.3	8.2 ±0.1			
74	Gülşehir Yalıntaş3	93312 ±467	10365 ±52	83.8 ±0.4	84.6 ±0.4	1280 ±6	70649 ±353	17.0 ±0.1	37.6 ±0.2	9.3 ±0.1	124.0 ±0.6	16.4 ±0.1	55.3 ±0.3	111 ±2.0	622 ±3	25.6 ±0.1	279 ±1	20.1 ±0.1	359 ±2	42.1 ±0.2	61.3 ±0.3	86.7 ±0.4	31.5 ±0.2	9.0 ±0.1			
75	Gülşehir Yalıntaş4	225556 ±1128	8966 ±45	63.3 ±0.6	152.0 ±1.5	742 ±4	46622 ±233	17.8 ±0.2	43.7 ±0.4	15.3 ±0.2	56.0 ±0.6	9.4 ±0.1	12.2 ±0.1	69.0 ±0.7	382.8 ±3.8	15.8 ±0.2	167.1 ±1.7	10.3 ±0.1	347 ±2	31.5 ±0.3	48.1 ±0.5	37.6 ±0.4	13.9 ±0.1	4.7 ±0.1			
76	Gülşehir Yeşilli2	59719 ±299	8077 ±40	59.7 ±0.6	305.0 ±3.1	850 ±4	42001 ±210	18.4 ±0.2	84.9 ±0.9	17.4 ±0.2	47.8 ±0.5	10.9 ±0.1	11.2 ±0.1	105.6 ±1.1	208.5 ±2.1	16.3 ±0.2	115.3 ±1.2	10.3 ±0.1	536 ±3	34.8 ±0.4	42.2 ±0.4	22.4 ±0.2	16.2 ±0.2	6.7 ±0.1			
77	Gülşehir Yeşilöz2	58770 ±294	5111 ±25	40.8 ±0.4	79.8 ±2.6	472 ±3	30750 ±227	1.8 ±0.0	20.0 ±0.4	11.8 ±0.1	61.0 ±0.3	12.1 ±0.1	17.7 ±0.1	109 ±1.0	296 ±1	13.9 ±0.1	149 ±1	11.4 ±0.1	563 ±3	25.5 ±0.1	50.3 ±0.3	26.7 ±0.1	16.8 ±0.1	4.9 ±0.1			
78	Gülşehir Yeşilyurt2	254956 ±1275	5022 ±25	78.1 ±0.4	521.6 ±2.6	508 ±3	45424 ±227	15.5 ±0.1	83.0 ±0.4	25.6 ±0.3	51.7 ±0.3	8.4 ±0.1	20.2 ±0.1	56 ±1.0	428 ±2	13.5 ±0.1	124 ±1	8.0 ±0.1	391 ±2	7.4 ±0.1	20.9 ±0.3	14.0 ±0.1	8.4 ±0.1	4.6 ±0.1			
79	Gülşehir Yüksekliz	80925 ±405	5533 ±28	39.8 ±0.4	128.7 ±1.3	696 ±3	29175 ±146	14.9 ±0.2	53.9 ±0.5	14.3 ±0.1	52.2 ±0.5	10.5 ±0.1	10.0 ±0.1	100.5 ±1.0	282.5 ±2.8	15.1 ±0.2	114.2 ±1.1	11.0 ±0.1	523 ±3	27.3 ±0.3	51.5 ±0.5	23.8 ±0.2	19.0 ±0.2	7.5 ±0.1			
80	Hacıbektaş Akçataş1	77903 ±390	13032 ±65	97.5 ±1.0	121.8 ±1.2	788 ±4	69075 ±345	19.4 ±0.2	28.3 ±0.3	15.6 ±0.2	60.4 ±0.6	16.1 ±0.2	93.8 ±0.9	119.8 ±1.2	435.5 ±4.4	22.5 ±0.2	319.5 ±3.2	16.4 ±0.2	582.1 ±5.8	58.6 ±1.0	101.7 ±1.0	37.3 ±0.4	26.4 ±0.3	6.9 ±0.1			

EK 3. Nevşehir ili toprak numunelerinde WDXRF Spektrometresi ile eser element ve ağır metal analizi (devam).

Sıra	Numune Alım Yeri	Element Konsantrasyonları ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1} \pm 2\sigma$ )																									
		CaO	TiO <sub>2</sub>	V	Cr	Mn	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pb	Th	U			
81	Hacıbektas Köy/Mahalle Akçatas2	102061 ±510	11142 ±56	93.4 ±0.9	268.9 ±2.7	1001 ±5	57423 ±287	18.8 ±0.2	56.7 ±0.6	18.0 ±0.2	52.6 ±0.5	12.9 ±0.1	115.5 ±1.2	92.6 ±0.9	363.4 ±3.6	17.9 ±0.2	210.3 ±2.1	11.1 ±0.1	660 ±3	43.2 ±0.4	61.8 ±0.6	30.1 ±0.3	14.8 ±0.2	6.5 ±0.1			
82	Hacıbektas Anapınar2	161315 ±807	9511 ±48	58.6 ±0.6	153.5 ±1.5	638 ±3	45666 ±228	15.5 ±0.2	57.3 ±0.6	26.3 ±0.3	63.5 ±0.6	9.9 ±0.1	22.3 ±0.2	73.9 ±0.7	354.9 ±3.6	16.1 ±0.2	175.1 ±1.8	10.5 ±0.1	467.4 ±4.7	29.8 ±0.3	52.3 ±0.5	32.7 ±0.3	10.8 ±0.1	4.7 ±0.1			
83	Hacıbektas Anapınar3	152924 ±765	10336 ±53	63.9 ±0.6	136.7 ±1.4	699 ±3	49730 ±249	15.8 ±0.2	59.4 ±0.6	23.8 ±0.2	51.8 ±0.5	10.9 ±0.1	17.9 ±0.2	78.6 ±0.8	239.8 ±2.4	18.5 ±0.2	187.4 ±1.9	11.9 ±0.1	409 ±2	34.6 ±0.4	61.6 ±0.6	37.9 ±0.4	11.6 ±0.1	4.1 ±0.0			
84	Hacıbektas Aşağıbarak2	242955 ±1215	6561 ±33	46.2 ±0.5	47.2 ±0.5	726 ±4	31231 ±136	10.4 ±0.1	23.8 ±0.2	15.1 ±0.2	57.1 ±0.6	6.4 ±0.1	34.3 ±0.3	74.7 ±0.8	229.7 ±2.3	13.8 ±0.1	138.9 ±1.4	6.7 ±0.1	509 ±3	29.0 ±0.3	36.5 ±0.4	31.0 ±0.3	9.6 ±0.1	3.7 ±0.0			
85	Hacıbektas Avuçköy2	104784 ±524	6976 ±35	66.5 ±0.3	77.3 ±0.4	589 ±3	39414 ±197	3.3 ±0.0	31.3 ±0.2	15.9 ±0.2	70.4 ±0.4	10.2 ±0.1	26.8 ±0.1	94 ±1	240 ±1	15.0 ±0.1	176 ±1	9.7 ±0.1	422 ±2	17.7 ±0.1	41.9 ±0.2	27.3 ±0.1	10.7 ±0.1	1.6 ±0.0			
86	Hacıbektas Avuçköy3	124633 ±623	10101 ±51	73.8 ±0.7	116.7 ±1.2	864 ±4	51690 ±258	16.2 ±0.2	65.9 ±0.7	29.9 ±0.3	83.5 ±0.8	10.4 ±0.1	21.3 ±0.2	88.8 ±0.9	245.2 ±2.5	18.4 ±0.2	148.3 ±1.5	10.6 ±0.1	391 ±2	36.9 ±0.4	56.8 ±0.6	29.6 ±0.3	12.3 ±0.1	4.8 ±0.1			
87	Hacıbektas Başköy2	178101 ±891	7948 ±40	50.6 ±0.5	158.2 ±1.6	564 ±3	35339 ±178	15.0 ±0.2	50.0 ±0.5	22.9 ±0.2	55.8 ±0.6	7.3 ±0.1	12.8 ±0.1	72.3 ±0.7	643.6 ±6.4	13.1 ±0.1	156.3 ±1.6	7.9 ±0.1	345.1 ±3.5	26.5 ±0.3	37.1 ±0.4	19.9 ±0.2	7.8 ±0.1	6.0 ±0.1			
88	Hacıbektas Büyükburnağıl	246724 ±1234	7780 ±39	57.6 ±0.6	131.0 ±1.3	634 ±3	33556 ±167	14.2 ±0.1	46.2 ±0.5	28.2 ±0.3	55.8 ±0.6	6.3 ±0.1	17.5 ±0.2	59.8 ±0.6	491.5 ±4.9	12.9 ±0.1	119.1 ±1.2	7.4 ±0.1	313.6 ±3.1	24.7 ±0.3	49.6 ±0.5	19.2 ±0.2	7.2 ±0.1	5.1 ±0.1			
89	Hacıbektas Çiğdem1	119656 ±598	9183 ±46	57.5 ±0.6	134.0 ±2.0	596 ±3	39844 ±199	20.0 ±0.2	47.2 ±0.5	20.4 ±0.2	54.5 ±0.1	9.1 ±0.1	14.2 ±0.1	97.4 ±1.0	287.4 ±2.9	15.0 ±0.2	197.9 ±2.0	9.3 ±0.1	402.1 ±4.0	31.8 ±0.3	55.3 ±0.6	27.9 ±0.3	11.5 ±0.1	4.3 ±0.0			
90	Hacıbektas Çiğdem2	165188 ±826	10318 ±52	57.7 ±0.6	198.5 ±2.0	575 ±3	42571 ±213	13.6 ±0.1	53.7 ±0.5	15.2 ±0.2	43.0 ±0.4	9.1 ±0.1	13.3 ±0.1	82.2 ±0.8	316.9 ±3.2	16.4 ±0.2	196.4 ±2.0	9.8 ±0.1	424 ±2	33.2 ±0.3	50.5 ±0.5	24.1 ±0.2	10.8 ±0.1	3.4 ±0.0			
91	Hacıbektas Çivril	151247 ±756	8945 ±45	70.2 ±0.7	120.3 ±1.2	604 ±3	44036 ±220	18.0 ±0.2	45.1 ±0.5	17.4 ±0.2	47.7 ±0.5	10.3 ±0.1	24.9 ±0.3	87.3 ±0.9	370.9 ±3.7	16.3 ±0.2	166.2 ±1.7	9.9 ±0.1	480.0 ±4.8	33.5 ±0.3	65.2 ±0.7	30.5 ±0.3	13.4 ±0.1	6.0 ±0.1			
92	Hacıbektas Hasanlar	99925 ±500	10241 ±51	63.1 ±0.6	146.2 ±1.5	775 ±4	50789 ±254	22.8 ±0.2	65.6 ±0.7	23.4 ±0.2	58.8 ±0.6	11.5 ±0.1	16.9 ±0.2	95.7 ±1.0	554.8 ±5.6	18.9 ±0.2	160.2 ±1.6	11.4 ±0.1	363.3 ±3.6	39.3 ±0.4	63.6 ±0.6	26.4 ±0.3	12.2 ±0.1	6.0 ±0.1			
93	Hacıbektas Hıdırlar	72791 ±364	7498 ±37	49.4 ±0.5	43.7 ±0.4	684 ±3	37403 ±187	10.3 ±0.1	19.6 ±0.2	16.3 ±0.2	60.3 ±0.6	11.5 ±0.1	46.6 ±0.5	113.6 ±1.1	211.1 ±2.1	16.4 ±0.2	169.8 ±1.7	11.3 ±0.1	487.7 ±4.9	37.8 ±0.4	66.1 ±0.7	37.9 ±0.4	18.3 ±0.2	6.2 ±0.1			
94	Hacıbektas Karaburna2	181012 ±905	5458 ±27	84.8 ±0.4	137.3 ±0.7	570 ±3	54864 ±274	14.3 ±0.2	39.6 ±0.2	40.4 ±0.4	76.9 ±0.4	12.8 ±0.1	20.6 ±0.1	88 ±1	321 ±2	18.9 ±0.1	169 ±1	12.1 ±0.1	419 ±2	32.4 ±0.2	61.8 ±0.3	55.3 ±0.3	18.2 ±0.1	3.7 ±0.0			
95	Hacıbektas Kayaaltı2	426370 ±2132	6672 ±33	57.8 ±0.6	94.7 ±1.0	507 ±3	32028 ±160	13.9 ±0.1	45.5 ±0.5	15.6 ±0.2	40.2 ±0.4	5.7 ±0.1	8.1 ±0.1	47.7 ±0.5	324.5 ±3.3	11.0 ±0.1	94.9 ±1.0	6.0 ±0.1	376 ±2	21.5 ±0.2	40.5 ±0.4	13.5 ±0.1	7.0 ±0.1	5.0 ±0.1			
96	Hacıbektas Killik	100941 ±505	8749 ±44	50.3 ±0.5	80.3 ±0.8	561 ±3	36829 ±184	12.6 ±0.1	22.1 ±0.2	13.3 ±0.1	42.0 ±0.4	10.0 ±0.1	31.8 ±0.3	110.8 ±1.1	290.9 ±2.9	16.4 ±0.2	248.3 ±2.5	10.9 ±0.1	551.7 ±5.5	42.1 ±0.4	56.9 ±0.6	33.9 ±0.3	14.8 ±0.2	5.7 ±0.1			
97	Hacıbektas Küçük	63068 ±315	7817 ±39	52.7 ±0.5	56.3 ±0.6	769 ±4	40280 ±201	13.7 ±0.1	30.6 ±0.3	17.0 ±0.2	50.6 ±0.5	11.7 ±0.1	21.9 ±0.2	114.4 ±1.1	267.7 ±2.7	17.7 ±0.1	171.1 ±1.7	12.0 ±0.1	575.1 ±5.8	39.1 ±0.4	66.6 ±0.7	34.4 ±0.3	17.1 ±0.2	5.2 ±0.1			
98	Hacıbektas Küçük	97567 ±488	5561 ±28	71.7 ±0.4	121.1 ±0.6	763 ±4	48588 ±234	12.0 ±0.1	33.4 ±0.2	25.9 ±0.3	55.2 ±0.3	11.5 ±0.1	22.4 ±0.1	117 ±1	216 ±1	18.1 ±0.1	249 ±1.0	12.3 ±0.1	605 ±5.0	35.9 ±0.3	50.6 ±0.3	60.6 ±0.3	13.8 ±0.1	3.0 ±0.0			
99	Hacıbektas Merkez4	181847 ±909	5204 ±26	78.3 ±0.4	81.7 ±0.4	584 ±3	50423 ±252	8.9 ±0.1	25.2 ±0.2	23.0 ±0.1	96.7 ±0.5	11.7 ±0.1	43.3 ±0.2	104 ±1	337 ±2	16.5 ±0.1	201 ±1.1	11.0 ±0.1	503 ±3	26.1 ±0.1	53.2 ±0.3	99.4 ±0.5	14.0 ±0.1	3.6 ±0.0			
100	Hacıbektas Merkez5	251294 ±1256	9384 ±47	53.9 ±0.5	123.7 ±1.2	597 ±3	42781 ±214	13.9 ±0.1	46.5 ±0.5	16.1 ±0.2	48.1 ±0.5	9.1 ±0.1	25.6 ±0.3	84.6 ±0.9	296.1 ±3.0	16.0 ±0.2	172.7 ±1.7	9.8 ±0.1	367 ±2	40.6 ±0.4	62.3 ±0.6	31.5 ±0.3	11.7 ±0.1	5.1 ±0.1			

EK 3. Nevşehir ili toprak numunelerinde WDXRF Spektrometresi ile eser element ve ağır metal analizi (devam).

Sıra	İlçe	Numune Alınm Yeri	Element Konsantrasyonları ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1} \pm 2\sigma$ )																									
			CaO	TiO <sub>2</sub>	V	Cr	Mn	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pb	Th	U			
101	Hacıbektas	Köy/Mahalle	72458 ±362	8405 ±42	57.0 ±0.6	48.4 ±0.5	703 ±4	41945 ±210	13.1 ±0.1	34.1 ±0.3	18.3 ±0.2	49.0 ±0.5	11.7 ±0.1	21.4 ±0.2	113.0 ±1.1	242.1 ±2.4	16.0 ±0.2	182.2 ±1.8	12.0 ±0.1	485.8 ±4.9	38.1 ±0.4	55.6 ±0.6	31.6 ±0.3	15.8 ±0.2	5.3 ±0.1			
102	Hacıbektas	Mikail2	56506 ±283	5950 ±30	31.9 ±0.3	24.9 ±0.3	590 ±3	27921 ±140	8.2 ±0.1	14.4 ±0.1	12.2 ±0.1	42.2 ±0.4	10.1 ±0.1	12.5 ±0.1	128.6 ±1.3	159.9 ±1.6	14.9 ±0.2	151.9 ±1.5	10.7 ±0.1	546 ±3	34.2 ±0.3	48.5 ±0.5	31.8 ±0.3	17.5 ±0.2	7.1 ±0.1			
103	Hacıbektas	Tepesidelik2	53161 ±266	6128 ±31	41.5 ±0.4	52.4 ±0.5	681 ±3	32221 ±161	15.3 ±0.2	47.5 ±0.5	15.8 ±0.2	66.0 ±0.7	11.1 ±0.1	16.9 ±0.2	99.9 ±1.0	199.8 ±2.0	15.8 ±0.2	162.2 ±1.6	13.3 ±0.1	592.0 ±5.9	32.1 ±0.3	53.4 ±0.5	36.1 ±0.4	20.1 ±0.2	7.2 ±0.1			
104	Hacıbektas	Yenice	171039 ±855	10375 ±53	92.7 ±0.9	188.6 ±1.9	675 ±3	51129 ±236	22.0 ±0.2	77.7 ±0.8	20.2 ±0.2	61.5 ±0.6	10.4 ±0.1	21.9 ±0.2	70.2 ±0.7	337.0 ±3.4	20.6 ±0.2	187.2 ±1.9	13.8 ±0.1	394.8 ±4.0	31.4 ±0.3	55.8 ±0.6	29.1 ±0.3	11.9 ±0.1	7.1 ±0.1			
105	Hacıbektas	Yeniapan1	122854 ±614	11302 ±57	67.7 ±0.7	174.5 ±1.8	849 ±8	53819 ±269	27.6 ±0.3	84.0 ±0.8	29.9 ±0.3	94.6 ±1.0	11.1 ±0.1	13.5 ±0.1	83.5 ±0.4	360 ±4	19.6 ±0.2	151.1 ±0.8	-	387.7 ±1.9	41.8 ±0.4	65.4 ±0.7	25.7 ±0.3	12.2 ±0.1	5.7 ±0.1			
106	Hacıbektas	Yeniapan2	149768 ±749	11092 ±55	65.4 ±0.7	191.1 ±1.9	818 ±4	52733 ±264	18.0 ±0.2	78.9 ±0.8	21.0 ±0.2	60.2 ±0.6	11.1 ±0.1	11.6 ±0.1	73.0 ±0.7	278.6 ±2.8	19.2 ±0.2	151.6 ±1.5	11.9 ±0.1	385 ±2	42.5 ±0.4	72.2 ±0.7	23.3 ±0.2	11.5 ±0.1	3.9 ±0.0			
107	Hacıbektas	Yurtveri2	139686 ±698	6895 ±34	57.1 ±0.3	150.1 ±0.8	699 ±3	39711 ±199	5.4 ±0.0	51.6 ±0.3	19.4 ±0.2	108.8 ±0.5	9.3 ±0.1	12.1 ±0.1	67 ±1	379 ±2	14.3 ±0.1	155 ±1	8.4 ±0.1	400 ±2	19.7 ±0.1	47.8 ±0.2	19.0 ±0.1	8.2 ±0.1	2.4 ±0.0			
108	Hacıbektas	Yurtveri3	108973 ±545	11374 ±57	63.5 ±0.6	197.2 ±2.0	800 ±4	50863 ±254	17.9 ±0.2	73.8 ±0.7	24.2 ±0.2	64.5 ±0.6	10.6 ±0.1	11.2 ±0.1	78.6 ±0.8	324.8 ±3.3	18.6 ±0.2	187.9 ±1.9	11.1 ±0.1	378 ±2	37.8 ±0.4	60.2 ±0.6	30.4 ±0.3	10.9 ±0.1	4.2 ±0.0			
109	Kozaklı	Abdi2	236237 ±1181	6370 ±32	60.8 ±0.3	113.1 ±0.6	588 ±3	40148 ±201	6.5 ±0.0	52.4 ±0.3	17.6 ±0.2	80.8 ±0.4	9.3 ±0.1	10.9 ±0.1	61 ±1	339 ±2	13.7 ±0.1	108 ±1	7.7 ±0.1	347 ±2	9.5 ±0.1	32.7 ±0.2	28.0 ±0.1	8.6 ±0.1	2.9 ±0.0			
110	Kozaklı	Abdi3	460273 ±2301	6065 ±30	40.0 ±0.4	107.9 ±1.1	476 ±2	28524 ±143	12.0 ±0.1	49.8 ±0.5	10.7 ±0.1	28.8 ±0.3	5.2 ±0.1	9.6 ±0.1	39.5 ±0.4	437.2 ±4.4	10.0 ±0.1	99.4 ±1.0	5.1 ±0.1	286 ±1	13.7 ±0.1	36.7 ±0.4	12.6 ±0.1	5.4 ±0.1	5.1 ±0.1			
111	Kozaklı	B. Yağlı	93158 ±466	8425 ±42	57.8 ±0.6	63.4 ±0.6	518 ±3	34238 ±171	16.9 ±0.2	25.2 ±0.3	13.9 ±0.1	36.0 ±0.4	9.9 ±0.1	17.6 ±0.2	134.5 ±1.3	326.8 ±3.3	15.6 ±0.2	216.6 ±2.2	10.5 ±0.1	473.4 ±4.7	39.2 ±0.4	57.5 ±0.6	33.1 ±0.3	12.7 ±0.1	4.5 ±0.1			
112	Kozaklı	Buruncuk Mah.	326846 ±1634	8015 ±40	67.1 ±0.7	149.9 ±1.5	599 ±3	39734 ±199	16.2 ±0.2	88.4 ±0.9	23.9 ±0.2	56.2 ±0.6	6.6 ±0.1	72.9 ±0.7	68.3 ±0.7	586.3 ±5.9	11.3 ±0.1	88.5 ±0.2	6.2 ±0.1	288.6 ±2.9	21.6 ±0.2	38.3 ±0.4	14.8 ±0.2	7.0 ±0.1	4.7 ±0.1			
113	Kozaklı	Dereköy2	83374 ±417	9576 ±48	69.9 ±0.7	185.2 ±1.9	1029 ±5	48092 ±240	18.3 ±0.2	73.2 ±0.7	44.4 ±0.4	86.8 ±0.9	9.8 ±0.1	23.2 ±0.2	95.2 ±1.0	349.8 ±3.5	16.6 ±0.2	168.5 ±1.7	10.1 ±0.1	371 ±2	37.7 ±0.4	53.0 ±0.5	39.7 ±0.4	11.8 ±0.1	6.3 ±0.1			
114	Kozaklı	Doyduk	171557 ±858	10055 ±50	76.4 ±0.8	160.5 ±1.6	842 ±4	54026 ±270	25.6 ±0.3	116.9 ±1.2	29.4 ±0.3	84.5 ±0.9	9.4 ±0.1	20.5 ±0.2	71.6 ±0.7	603.5 ±6.0	15.6 ±0.2	127.7 ±1.3	8.6 ±0.1	300 ±3	30.8 ±0.3	59.5 ±0.6	22.2 ±0.2	8.6 ±0.1	5.9 ±0.1			
115	Kozaklı	Dörtöl2	528969 ±2645	6546 ±33	44.6 ±0.5	168.2 ±1.7	348 ±2	40592 ±203	15.7 ±0.2	106.2 ±1.1	18.4 ±0.2	35.8 ±0.4	5.0 ±0.1	15.1 ±0.2	41.2 ±0.4	213.2 ±2.1	8.4 ±0.1	53.6 ±0.5	4.7 ±0.1	117 ±1	11.0 ±0.1	25.6 ±0.3	9.5 ±0.1	4.3 ±0.1	3.7 ±0.0			
116	Kozaklı	Kalecik2	305520 ±1528	5507 ±28	43.6 ±0.2	113.8 ±0.6	477 ±2	30984 ±155	5.5 ±0.0	43.5 ±0.2	15.0 ±0.2	70.6 ±0.4	7.7 ±0.1	8.2 ±0.0	61 ±1	422 ±2	11.1 ±0.1	104 ±1	7.0 ±0.1	347 ±2	10.9 ±0.1	34.3 ±0.2	15.3 ±0.1	7.4 ±0.1	2.5 ±0.0			
117	Kozaklı	Kalecik3	423700 ±2119	6782 ±34	75.0 ±0.8	80.1 ±0.8	520 ±3	29449 ±147	14.0 ±0.1	58.9 ±0.6	17.0 ±0.2	57.3 ±0.6	5.3 ±0.1	7.9 ±0.1	49.9 ±0.5	335.3 ±3.4	11.2 ±0.1	90.4 ±0.9	5.5 ±0.1	428 ±2	25.4 ±0.3	49.6 ±0.5	19.1 ±0.2	6.6 ±0.1	4.4 ±0.0			
118	Kozaklı	Kanlıca2	104989 ±525	9775 ±49	63.5 ±0.6	161.1 ±1.6	1021 ±5	41618 ±208	16.3 ±0.2	63.5 ±0.6	25.2 ±0.3	101.7 ±1.0	9.3 ±0.1	21.7 ±0.2	91.9 ±0.9	306.3 ±3.1	20.4 ±0.2	212.3 ±2.1	10.6 ±0.1	534.3 ±5.3	33.1 ±0.4	42.9 ±0.6	63.6 ±0.1	9.8 ±0.1	6.3 ±0.1			
119	Kozaklı	Kapaklı	208035 ±1040	10411 ±52	60.1 ±0.6	223.5 ±2.2	696 ±3	48524 ±243	17.9 ±0.2	63.9 ±0.6	14.5 ±0.2	55.5 ±0.6	9.3 ±0.1	11.3 ±0.1	65.6 ±0.7	378.4 ±3.8	16.5 ±0.2	130.2 ±1.3	9.3 ±0.1	323.5 ±3.2	27.8 ±0.3	56.6 ±0.6	17.2 ±0.2	9.3 ±0.1	4.8 ±0.1			
120	Kozaklı	Karahasanlı2	109179 ±546	8335 ±42	69.9 ±0.3	255.0 ±1.3	937 ±5	47444 ±237	8.8 ±0.0	73.6 ±0.4	14.7 ±0.2	55.6 ±0.3	11.5 ±0.1	15.3 ±0.1	83 ±1	263 ±1	16.7 ±0.1	186 ±1	11.4 ±0.1	380 ±2	27.6 ±0.1	49.9 ±0.2	38.0 ±0.2	11.8 ±0.1	1.6 ±0.0			

EK 3. Nevşehir ili toprak numunelerinde WDXRF Spektrometresi ile eser element ve ağır metal analizi (devam).

Sıra	Numune Alın Yeri		Element Konsantrasyonları ( $\mu\text{g.g}^{-1} \pm 2\sigma$ )																							
	İlçe	Köy/Mahalle	CaO	TiO <sub>2</sub>	V	Cr	Mn	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pb	Th	U	
121	Kozaklı	Karasenir	141219 ±706	10040	72.3 ±0.7	166.3 ±1.7	855 ±4	48675 ±243	17.5 ±0.6	55.7 ±0.6	26.8 ±0.3	71.9 ±0.7	10.6 ±0.1	23.8 ±0.2	91.5 ±0.9	524.2 ±5.2	18.7 ±0.2	161.2 ±1.6	10.3 ±0.1	408.1 ±4.1	38.8 ±0.4	56.1 ±0.6	25.6 ±0.3	10.8 ±0.1	5.9 ±0.1	
122	Kozaklı	Kaşkaşla	226232 ±1131	8951	63.4 ±0.6	276.9 ±2.8	681 ±3	42965 ±215	18.9 ±0.2	103.6 ±1.0	19.8 ±0.2	42.3 ±0.4	7.7 ±0.1	12.3 ±0.1	68.6 ±0.7	471.7 ±4.7	13.5 ±0.1	114.3 ±1.1	8.1 ±0.1	390.0 ±3.9	26.8 ±0.3	41.3 ±0.4	15.9 ±0.2	8.6 ±0.1	5.6 ±0.1	
123	Kozaklı	Konak Termal	523065 ±2615	897 ±4.0	27.8 ±0.3	24.1 ±0.2	332 ±3	9971 ±50	5.1 ±0.1	9.1 ±0.1	15.2 ±0.2	230.4 ±2.3	0.8 ±0.0	124.7 ±1.3	5.4 ±0.0	163 ±2	4.6 ±0.1	6.7 ±0.0	-	28.7 ±0.1	3.8 ±0.0	11.1 ±0.1	31.4 ±0.3	1.8 ±0.0	4.8 ±0.1	
124	Kozaklı	Küçükyağlı	202882 ±1014	7710	52.8 ±0.5	87.2 ±0.9	653 ±3	37743 ±189	13.9 ±0.1	43.1 ±0.4	15.2 ±0.2	44.2 ±0.4	8.8 ±0.1	17.5 ±0.2	94.3 ±0.9	334.1 ±3.3	16.2 ±0.2	172.8 ±1.7	10.4 ±0.1	394 ±2	30.6 ±0.3	58.7 ±0.6	26.4 ±0.3	13.0 ±0.1	5.0 ±0.1	
125	Kozaklı	Küllüce2	139901 ±700	7799	51.9 ±0.5	91.9 ±0.9	630 ±3	39496 ±197	13.2 ±0.1	49.3 ±0.5	17.3 ±0.2	49.6 ±0.5	9.6 ±0.1	14.6 ±0.2	93.1 ±0.9	448.2 ±4.5	16.2 ±0.2	126.1 ±1.3	10.1 ±0.1	420 ±2	30.2 ±0.3	42.2 ±0.4	22.4 ±0.2	13.0 ±0.1	9.9 ±0.1	
126	Kozaklı	Merdanali	260081 ±1300	9799	89.1 ±0.9	241.2 ±2.4	590 ±3	50305 ±252	19.8 ±0.2	139.4 ±1.4	27.0 ±0.3	49.3 ±0.5	8.3 ±0.1	20.1 ±0.2	53.5 ±0.5	492.1 ±4.9	14.0 ±0.1	106.6 ±1.1	8.0 ±0.1	299.8 ±3.0	30.3 ±0.3	43.5 ±0.4	14.0 ±0.1	7.4 ±0.1	5.8 ±0.1	
127	Kozaklı	Merkez2	673954 ±3370	3934	29.8 ±0.1	75.7 ±0.4	370 ±2	24720 ±124	1.8 ±0.0	27.8 ±0.1	8.5 ±0.1	32.7 ±0.2	4.8 ±0.1	54.1 ±0.3	29 ±1	236 ±1	6.0 ±0.1	49 ±1	3.6 ±0.1	274 ±1	4.5 ±0.1	24.7 ±0.1	6.8 ±0.1	4.4 ±0.1	1.2 ±0.1	
128	Kozaklı	Merkez3	591948 ±2960	5582	32.9 ±0.3	96.8 ±1.0	472 ±2	27355 ±137	8.8 ±0.1	38.9 ±0.4	8.7 ±0.1	29.9 ±0.3	3.0 ±0.0	57.5 ±0.6	27.9 ±0.3	230.5 ±2.3	6.1 ±0.1	46.9 ±0.5	3.1 ±0.0	265 ±1	14.7 ±0.2	26.1 ±0.3	10.9 ±0.1	4.0 ±0.0	3.9 ±0.0	
129	Kozaklı	Ozee (Hızruşağı)	171190 ±856	9064	77.0 ±0.8	95.0 ±1.0	701 ±4	47249 ±236	16.0 ±0.2	47.6 ±0.5	20.1 ±0.2	63.0 ±0.6	10.4 ±0.1	22.9 ±0.2	84.7 ±0.9	378.8 ±3.8	16.9 ±0.2	166.5 ±1.7	10.2 ±0.1	442.0 ±4.4	43.2 ±0.4	70.1 ±0.7	31.3 ±0.3	14.1 ±0.1	6.5 ±0.1	
130	Kozaklı	Yasıca2	109015 ±545	4981	47.8 ±0.2	63.1 ±0.3	521 ±3	34648 ±173	5.4 ±0.0	31.3 ±0.2	19.1 ±0.2	67.0 ±0.3	10.8 ±0.1	14.3 ±0.1	97 ±1	408 ±2	13.8 ±0.1	108 ±1	9.4 ±0.1	423 ±1	17.4 ±0.1	31.3 ±0.2	20.0 ±0.1	13.4 ±0.0	4.3 ±0.0	
131	Merkez	Alacaşar3	9395 ±47	3525	20.0 ±0.1	19.3 ±0.1	587 ±3	23872 ±119	4.4 ±0.0	10.3 ±0.1	-	42.6 ±0.2	15.7 ±0.1	8.1 ±0.0	176 ±3	74 ±1	25.5 ±0.1	130 ±1	19.7 ±0.1	249 ±1	29.3 ±0.1	44.1 ±0.2	27.5 ±0.1	26.8 ±0.1	8.8 ±0.1	
132	Merkez	Alacaşar4	20532 ±103	3849	22.7 ±0.2	23.6 ±0.2	613 ±3	24975 ±125	7.5 ±0.1	16.0 ±0.2	8.5 ±0.1	50.1 ±0.5	14.3 ±0.1	8.6 ±0.1	166.1 ±1.7	91.3 ±0.9	24.6 ±0.3	130.6 ±1.3	18.9 ±0.2	280 ±1	26.1 ±0.3	49.0 ±0.5	28.4 ±0.3	26.2 ±0.3	9.1 ±0.1	
133	Merkez	Basansarmıç2	33340 ±167	6572	34.9 ±0.4	36.9 ±0.4	751 ±4	31875 ±159	10.4 ±0.1	22.1 ±0.2	20.9 ±0.2	52.0 ±0.5	12.6 ±0.1	7.2 ±0.1	124.8 ±1.3	206.9 ±2.1	18.9 ±0.2	134.0 ±1.3	13.6 ±0.1	503 ±5	33.8 ±0.3	50.8 ±0.5	23.6 ±0.2	20.6 ±0.2	8.1 ±0.1	
134	Merkez	Boğazköy2	23062 ±115	6620	38.9 ±0.4	75.0 ±0.8	746 ±4	36884 ±184	10.3 ±0.1	35.6 ±0.4	19.6 ±0.2	78.8 ±0.8	14.6 ±0.2	9.4 ±0.1	133.7 ±1.5	138.7 ±1.4	25.0 ±0.3	155.2 ±1.6	18.4 ±0.2	322 ±2	32.1 ±0.3	51.2 ±0.5	34.9 ±0.4	23.0 ±0.2	8.8 ±0.1	
135	Merkez	Çat2	24191 ±121	5737	29.4 ±0.1	13.5 ±0.1	620 ±3	27797 ±139	6.2 ±0.0	9.8 ±0.1	-	42.4 ±0.2	12.9 ±0.1	3.9 ±0.0	134 ±2	256 ±1	14.3 ±0.1	145 ±1	12.4 ±0.1	651 ±3	39.6 ±0.2	49.1 ±0.2	19.9 ±0.1	22.3 ±0.1	8.7 ±0.1	
136	Merkez	Göre2	67107 ±336	9889	56.8 ±0.6	74.3 ±0.7	675 ±3	49024 ±245	12.7 ±0.1	34.2 ±0.3	14.8 ±0.2	55.9 ±0.6	14.5 ±0.1	9.7 ±0.1	98.4 ±1	236.8 ±2.4	20.9 ±0.2	165.7 ±1.7	13.0 ±0.1	369 ±2	33.8 ±0.3	64.7 ±0.7	22.3 ±0.4	15.4 ±0.2	6.7 ±0.1	
137	Merkez	Göreme2	14582 ±73	5571	28.5 ±0.1	10.0 ±0.1	550 ±3	24854 ±124	4.3 ±0.0	6.0 ±0.0	-	-	40.8 ±0.2	13.6 ±0.1	4.6 ±0.1	139 ±1	273 ±1	12.6 ±0.1	139 ±2	11.9 ±0.1	64.5 ±0.1	31.4 ±0.2	40.9 ±0.2	19.9 ±0.1	7.5 ±0.1	
138	Merkez	Güvercinlik1	38785 ±194	8103	45.4 ±0.2	74.8 ±0.4	662 ±3	36596 ±183	10.6 ±0.1	38.5 ±0.2	16.8 ±0.2	68.8 ±0.1	14.0 ±0.4	14.0 ±0.1	5.7 ±1	129 ±1	187 ±2	19.5 ±0.1	146 ±2	14.0 ±0.1	41.8 ±0.2	34.2 ±0.3	50.3 ±0.3	18.5 ±0.1	5.8 ±0.1	
139	Merkez	Güvercinlik1	23904 ±120	7241	42.7 ±0.4	66.7 ±0.7	648 ±3	37576 ±188	10.6 ±0.1	24.8 ±0.3	10.1 ±0.1	51.7 ±0.5	15.2 ±0.2	7.4 ±0.1	133.8 ±1.3	171.0 ±1.7	22.6 ±0.2	150.4 ±1.5	15.7 ±0.2	341.3 ±3.4	31.3 ±0.3	60.5 ±0.6	25.2 ±0.3	20.9 ±0.2	7.7 ±0.1	
140	Merkez	İcilk2	8123 ±41	2344	4.7 ±0.1	3.4 ±0.0	504 ±3	18728 ±94	6.4 ±0.1	4.0 ±0.0	1.7 ±0.0	38.3 ±0.4	14.1 ±0.1	8.3 ±0.1	163.6 ±1.6	89.3 ±0.9	22.8 ±0.2	150.7 ±1.5	17.9 ±0.2	342 ±2	28.6 ±0.3	56.6 ±0.6	27.8 ±0.3	26.4 ±0.3	8.9 ±0.1	

EK 3. Nevşehir ili toprak numunelerinde WDXRF Spektrometresi ile eser element ve ağır metal analizi (devam).

Sıra	Numune Alın Yeri		Element Konsantrasyonları ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1} \pm 2\sigma$ )																							
	İlçe	Köy/Mahalle	CaO	TiO <sub>2</sub>	V	Cr	Mn	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pb	Th	U	
141	Merkez	Kavak (Ponza taşı 1)	11541 ±58	3458 ±17	20.9 ±0.1	4.6 ±0.0	568 ±3	24350 ±122	8.3 ±0.0	5.8 ±0.0	-	40.2 ±0.2	15.9 ±0.1	8.5 ±1	151 ±1	89 ±1	23.4 ±1	118 ±2	118 ±2	15.6 ±0.1	271 ±1	31.8 ±0.2	47.8 ±0.2	24.8 ±0.1	7.5 ±0.1	
142	Merkez	Kavak (Ponza taşı 2)	12587 ±63	3958 ±20	26.1 ±0.1	6.60 ±0.03	618 ±3	26829 ±134	14.7 ±0.1	6.8 ±0.0	-	42.4 ±0.2	15.8 ±0.1	12.5 ±1	146 ±1	94 ±1	24.1 ±0.1	119 ±2	119 ±2	15.1 ±0.1	270 ±1	33.0 ±0.2	34.4 ±0.2	23.9 ±0.1	6.9 ±0.1	
143	Merkez	Kavak2	21595 ±108	5848 ±29	30.8 ±0.2	25.6 ±0.1	629 ±3	31412 ±157	6.9 ±0.0	17.0 ±0.1	-	50.8 ±0.3	14.3 ±0.1	2.9 ±1	130 ±1	217 ±1	17.1 ±1	141 ±2	141 ±2	13.1 ±0.1	441 ±0.1	39.4 ±0.2	49.0 ±0.2	21.1 ±0.1	6.7 ±0.1	
144	Merkez	Kavak3	19190 ±96	5703 ±29	20.9 ±0.2	24.4 ±0.2	570 ±3	27902 ±140	8.5 ±0.1	12.7 ±0.1	8.2 ±0.1	37.5 ±0.4	12.6 ±0.1	6.7 ±0.1	125.3 ±2.6	13.9 ±0.1	120.7 ±1.2	12.1 ±0.1	12.1 ±0.1	668 ±3	33.6 ±0.3	52.4 ±0.5	22.3 ±0.2	21.7 ±0.2	7.5 ±0.1	
145	Merkez	Kaymaklı2	28720 ±144	9851 ±49	49.9 ±0.2	54.5 ±0.3	735 ±4	44698 ±223	14.3 ±0.1	28.2 ±0.1	1.2 ±0.0	59.6 ±0.3	15.6 ±0.1	7.1 ±0.0	118 ±2	240 ±1	21.7 ±0.1	148 ±1	14.6 ±0.1	361 ±2	32.1 ±0.2	53.1 ±0.3	22.6 ±0.1	18.6 ±0.1	6.4 ±0.1	
146	Merkez	Nar Beldesi2	45122 ±226	5804 ±29	51.4 ±0.3	18.9 ±0.1	616 ±3	31356 ±157	6.9 ±0.0	12.1 ±0.1	-	2.3 ±0.0	56.6 ±0.3	12.8 ±0.1	6.4 ±1	118 ±1	300 ±2	14.5 ±1	131 ±2	11.1 ±0.1	491 ±0.1	37.5 ±0.2	46.0 ±0.2	17.1 ±0.1	-	
147	Merkez	Sulusaray2	20615 ±103	5546 ±28	28.9 ±0.1	19.0 ±0.1	615 ±3	27601 ±138	5.9 ±0.0	12.0 ±0.1	-	74.0 ±0.4	14.2 ±0.1	4.8 ±0.0	128 ±2	288 ±1	15.1 ±0.1	174 ±1	12.8 ±0.1	639 ±3	44.7 ±0.2	54.1 ±0.3	31.1 ±0.2	20.7 ±0.1	7.1 ±0.1	
148	Merkez	Turizm oteli	77285 ±386	7406 ±37	68.6 ±0.3	83.9 ±0.4	736 ±4	43085 ±215	10.2 ±0.1	31.7 ±0.2	7.5 ±0.1	65.2 ±0.3	13.7 ±0.1	10.3 ±0.1	101 ±2	223 ±1	19.2 ±0.1	141 ±1	11.1 ±0.1	337 ±2	29.8 ±0.1	39.9 ±0.2	24.2 ±0.1	15.5 ±0.1	5.2 ±0.1	
149	Merkez	Uçhisar	51657 ±258	7925 ±40	45.8 ±0.5	65.6 ±0.7	712 ±4	40146 ±201	10.9 ±0.3	27.4 ±0.3	13.5 ±0.1	49.4 ±0.5	12.8 ±0.1	9.1 ±0.1	117.9 ±1.2	344.8 ±3.5	16.2 ±0.2	169.5 ±1.7	12.1 ±0.1	565 ±3	42.9 ±0.4	59.4 ±0.6	21.8 ±0.2	18.1 ±0.2	5.8 ±0.1	
150	Urgüp	Akköy2	76166 ±381	8587 ±43	86.8 ±0.4	713.2 ±3.6	474 ±2	57088 ±285	7.3 ±0.0	41.3 ±0.2	13.6 ±0.1	65.5 ±0.3	12.9 ±0.1	11.3 ±0.1	60 ±1	258 ±1	13.8 ±0.1	141 ±1	6.9 ±0.1	328 ±2	14.4 ±0.1	29.7 ±0.1	12.9 ±0.1	8.1 ±0.1	1.2 ±0.0	
151	Urgüp	Akköy3	61444 ±307	7568 ±38	45.2 ±0.5	24.4 ±0.2	367 ±2	43366 ±212	9.2 ±0.1	15.0 ±0.2	13.3 ±0.1	52.6 ±0.5	13.3 ±0.1	6.3 ±0.1	63.2 ±0.6	237.1 ±2.4	13.9 ±0.1	139.3 ±1.4	6.6 ±0.1	305 ±2	25.4 ±0.3	38.2 ±0.4	18.4 ±0.2	10.9 ±0.1	4.7 ±0.1	
152	Urgüp	Aksalur2	37742 ±189	9328 ±47	55.2 ±0.6	41.9 ±0.4	638 ±3	43959 ±220	13.4 ±0.1	24.4 ±0.2	22.7 ±0.2	64.8 ±0.1	13.4 ±0.1	22.3 ±0.2	117.0 ±1.2	212.9 ±2.1	21.7 ±0.2	183.3 ±1.8	11.9 ±0.1	488.6 ±4.9	36.1 ±0.4	58.4 ±0.6	22.6 ±0.2	19.8 ±0.2	7.7 ±0.1	
153	Urgüp	Aksalur3	181384 ±907	9536 ±48	52.8 ±0.5	39.1 ±0.4	495 ±2	46171 ±231	13.9 ±0.1	20.8 ±0.2	16.9 ±0.2	39.6 ±0.4	12.1 ±0.1	29.9 ±0.3	63.6 ±3.5	352.1 ±3.5	15.7 ±0.2	129.8 ±1.3	7.9 ±0.1	373 ±2	30.0 ±0.5	50.9 ±0.5	13.2 ±0.1	10.7 ±0.1	4.7 ±0.1	
154	Urgüp	Bahçeli	24687 ±123	5560 ±28	22.7 ±0.2	13.1 ±0.1	562 ±3	28433 ±142	12.0 ±0.1	10.6 ±0.1	11.5 ±0.1	53.3 ±0.5	12.5 ±0.1	7.2 ±0.1	126.2 ±1.3	290.5 ±2.9	14.0 ±0.1	136.4 ±1.4	12.1 ±0.1	612.8 ±6.1	34.1 ±0.3	50.0 ±0.5	23.4 ±0.2	21.2 ±0.2	8.6 ±0.1	
155	Urgüp	Başdere2	18752 ±94	7411 ±24	50.4 ±0.3	96.8 ±0.5	425 ±2	43256 ±216	3.9 ±0.2	30.6 ±0.2	9.8 ±0.1	53.3 ±0.3	16.6 ±0.1	6.8 ±0.0	107 ±1	238 ±1	19.7 ±0.1	165 ±0.1	12.6 ±0.1	383 ±2	25.8 ±0.1	42.3 ±0.2	20.2 ±0.1	16.4 ±0.1	3.6 ±0.0	
156	Urgüp	Çökek1	42802 ±214	4561 ±23	29.4 ±0.3	13.0 ±0.1	410 ±2	20632 ±103	10.7 ±0.1	8.4 ±0.1	9.0 ±0.1	31.6 ±0.3	10.6 ±0.1	8.7 ±0.1	130.0 ±1.3	286.4 ±2.9	12.2 ±0.1	109.9 ±1.1	10.9 ±0.1	683.5 ±6.8	36.5 ±0.4	54.9 ±0.6	21.8 ±0.2	18.8 ±0.2	8.7 ±0.1	
157	Urgüp	Çökek2	28438 ±142	5572 ±28	36.5 ±0.4	12.5 ±0.1	526 ±5	22083 ±110	6.3 ±0.1	8.5 ±0.1	6.9 ±0.1	36.2 ±0.4	11.0 ±0.1	44.8 ±0.5	127.6 ±0.6	270 ±3	12.3 ±0.1	117.8 ±0.6	-	752.5 ±3.8	41.2 ±0.4	55.5 ±0.6	22.3 ±0.2	19.5 ±0.2	9.1 ±0.1	
158	Urgüp	Güneyce (Mağara)	12276 ±61	4739 ±24	15.7 ±0.2	3.6 ±0.0	512 ±3	21620 ±108	7.3 ±0.1	4.6 ±0.1	15.1 ±0.2	35.4 ±0.4	12.1 ±0.1	11.6 ±0.1	164.3 ±1.6	131.2 ±1.3	21.0 ±0.2	189.8 ±1.9	14.9 ±0.1	496.8 ±5.0	43.3 ±0.4	65.0 ±0.6	30.1 ±0.3	27.7 ±0.3	8.4 ±0.1	
159	Urgüp	Güneyce2	24638 ±123	5843 ±29	29.9 ±0.3	22.9 ±0.2	606 ±3	29392 ±147	10.9 ±0.1	13.8 ±0.1	11.4 ±0.1	57.8 ±0.6	13.1 ±0.1	7.0 ±0.1	126.1 ±1.3	162.6 ±1.6	19.4 ±0.2	135.9 ±1.4	12.9 ±0.1	357 ±2	31.0 ±0.3	57.7 ±0.6	26.1 ±0.3	20.0 ±0.2	7.4 ±0.1	
160	Urgüp	Karain (Tuflı toprak)	23007 ±115	2806 ±14	24.1 ±0.1	20.2 ±0.1	389 ±2	20439 ±102	1.0 ±0.0	7.0 ±0.1	7.0 ±0.1	44.7 ±0.2	11.6 ±0.1	6.3 ±0.0	151 ±1	147 ±1	13.7 ±0.1	93 ±1	10.8 ±0.1	494 ±2	18.7 ±0.1	35.5 ±0.2	20.8 ±0.1	20.4 ±0.1	5.3 ±0.1	

EK 3. Nevşehir ili toprak numunelerinde WDXRF Spektrometresi ile eser element ve ağır metal analizi (devam).

Sıra	Numune Alım Yeri		Element Konsantrasyonları ( $\mu\text{g.g}^{-1} \pm 2\sigma$ )																							
	İlçe	Köy/Mahalle	CaO	TiO <sub>2</sub>	V	Cr	Mn	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Pb	Th	U	
161	Urgüp	Karain2	27632 ±138	3566 ±18	43.4 ±0.2	27.7 ±0.1	527 ±3	25555 ±128	2.9 ±0.0	23.5 ±0.1	10.1 ±0.1	74.3 ±0.4	12.5 ±0.1	8.7 ±0.0	136 ±1	173 ±1	14.2 ±0.1	107 ±1	10.4 ±0.1	494 ±2	20.1 ±0.1	30.4 ±0.1	21.8 ±0.1	18.1 ±0.1	5.2 ±0.1	
162	Urgüp	Karain3	41457 ±207	8379 ±42	74.6 ±0.8	47.4 ±0.5	734 ±4	43999 ±220	12.3 ±0.1	32.1 ±0.3	16.6 ±0.2	63.3 ±0.6	12.2 ±0.1	10.8 ±0.1	105.9 ±1.1	243.3 ±2.4	16.3 ±0.2	131.9 ±1.3	9.2 ±0.1	400 ±2	30.6 ±0.3	46.9 ±0.5	22.4 ±0.2	14.4 ±0.1	6.0 ±0.1	
163	Urgüp	Karakaya	58341 ±292	8987 ±45	61.7 ±0.6	61.8 ±0.6	700 ±3	44114 ±221	16.3 ±0.2	28.7 ±0.3	21.3 ±0.2	76.3 ±0.8	13.9 ±0.1	12.0 ±0.1	76.1 ±0.8	324.5 ±3.2	13.5 ±0.1	157.1 ±1.6	9.3 ±0.1	320.5 ±3.2	29.5 ±0.3	42.0 ±0.4	17.6 ±0.2	11.3 ±0.1	4.5 ±0.1	
164	Urgüp	Mazı2	21968 ±110	7888 ±59	46.4 ±0.2	47.3 ±0.2	731 ±4	38577 ±193	9.6 ±0.1	26.9 ±0.1	7.8 ±0.1	86.1 ±0.4	14.9 ±0.1	6.5 ±0.0	126 ±2	192 ±1	21.4 ±0.1	207 ±1	12.8 ±0.1	410 ±2	39.0 ±0.2	56.2 ±0.3	27.4 ±0.1	20.1 ±0.1	5.3 ±0.1	
165	Urgüp	Merkez çıkışı	13056 ±65	3623 ±18	27.1 ±0.1	15.0 ±0.1	379 ±2	24641 ±123	3.1 ±0.0	5.7 ±0.1	6.5 ±0.1	42.8 ±0.2	13.2 ±0.1	8.8 ±0.0	129 ±1	222 ±1	12.4 ±0.1	115 ±1	12.2 ±0.1	666 ±3	30.6 ±0.2	40.5 ±0.2	21.7 ±0.1	20.5 ±0.1	5.4 ±0.1	
166	Urgüp	Mustafapaşa2	7719 ±39	5112 ±26	22.8 ±0.1	-	585 ±3	25573 ±128	3.5 ±0.0	2.9 ±0.0	-	35.0 ±0.1	12.4 ±0.1	1.5 ±0.0	158 ±2	89 ±1	21.1 ±0.1	208 ±1	13.8 ±0.1	644 ±3	40.1 ±0.2	62.8 ±0.3	15.2 ±0.1	26.4 ±0.1	8.1 ±0.1	
167	Urgüp	Mustafapaşa3	15171 ±76	4280 ±21	41.0 ±0.4	10.0 ±0.1	674 ±3	24589 ±123	8.4 ±0.1	8.7 ±0.1	9.4 ±0.1	45.9 ±0.5	11.2 ±0.1	9.6 ±0.1	139.8 ±1.4	192.4 ±1.9	13.1 ±0.1	116.0 ±1.2	12.5 ±0.1	690 ±3	37.7 ±0.4	55.4 ±0.6	31.3 ±0.2	21.8 ±0.2	8.8 ±0.1	
168	Urgüp	Ortahisar girişi	19201 ±96	4611 ±23	21.9 ±0.2	14.3 ±0.1	539 ±3	22233 ±111	7.2 ±0.1	7.2 ±0.1	5.0 ±0.1	35.3 ±0.4	11.6 ±0.1	5.0 ±0.1	137.2 ±1.4	210.8 ±2.1	13.2 ±0.1	117.1 ±1.2	12.9 ±0.1	769 ±4	36.1 ±0.4	57.5 ±0.6	22.5 ±0.2	22.0 ±0.2	8.6 ±0.1	
169	Urgüp	Sarıhıdır3	159950 ±800	8217 ±41	83.2 ±0.4	455.8 ±2.3	711 ±4	51275 ±256	14.0 ±0.1	106.4 ±0.5	16.9 ±0.2	68.4 ±0.3	9.9 ±0.1	17.6 ±0.1	63 ±1	409 ±2	14.5 ±0.1	123 ±1	7.8 ±0.1	355 ±2	17.6 ±0.1	38.1 ±0.2	14.0 ±0.1	8.0 ±0.1	3.0 ±0.0	
170	Urgüp	Sarıhıdır4	131025 ±655	7836 ±39	64.5 ±0.6	294.6 ±3.0	1029 ±5	39843 ±199	17.4 ±0.2	76.3 ±0.8	18.9 ±0.2	67.4 ±0.7	8.0 ±0.1	18.4 ±0.2	86.1 ±0.9	569.0 ±5.7	16.9 ±0.2	112.1 ±1.1	7.9 ±0.1	430.7 ±4.3	34.4 ±0.3	53.1 ±0.5	18.9 ±0.2	11.6 ±0.1	7.7 ±0.1	
171	Urgüp	Sarıhıdır5	174314 ±872	9428 ±47	74.6 ±0.8	364.4 ±3.6	783 ±4	44355 ±222	17.6 ±0.2	103.6 ±1.0	22.2 ±0.2	53.9 ±0.5	8.0 ±0.1	18.4 ±0.2	67.8 ±0.7	439.9 ±4.4	14.5 ±0.1	124.1 ±1.2	7.8 ±0.1	462 ±2	28.6 ±0.3	46.4 ±0.5	18.0 ±0.2	9.4 ±0.1	5.2 ±0.1	
172	Urgüp	Sofular	108817 ±544	8536 ±43	66.3 ±0.7	61.4 ±0.6	680 ±3	42091 ±210	16.5 ±0.2	24.7 ±0.3	17.9 ±0.2	55.2 ±0.6	10.8 ±0.1	11.3 ±0.1	85.9 ±0.9	515.3 ±5.2	15.4 ±0.2	129.1 ±1.3	8.0 ±0.1	267.5 ±2.7	28.3 ±0.3	43.0 ±0.4	18.7 ±0.2	11.6 ±0.1	6.3 ±0.1	
173	Urgüp	Şahinefendi2	60220 ±301	8293 ±41	51.0 ±0.3	44.7 ±0.2	697 ±3	41401 ±207	13.1 ±0.1	27.8 ±0.1	5.4 ±0.1	53.0 ±0.3	12.9 ±0.1	4.7 ±0.0	113 ±2	213 ±1	16.4 ±0.1	155 ±1	10.5 ±0.1	443 ±2	36.6 ±0.2	44.5 ±0.2	20.9 ±0.1	16.3 ±0.1	6.0 ±0.1	
174	Urgüp	Ulaşlı	47914 ±240	4970 ±25	40.0 ±0.4	26.2 ±0.3	439 ±2	24940 ±125	6.5 ±0.1	11.3 ±0.1	7.7 ±0.1	35.5 ±0.4	10.9 ±0.1	25.6 ±0.3	114.8 ±1.2	271.6 ±2.7	11.6 ±0.1	110.3 ±1.1	10.6 ±0.1	568.3 ±5.7	33.4 ±0.3	47.6 ±0.5	21.5 ±0.2	17.1 ±0.2	9.0 ±0.1	
175	Urgüp	Yeşilöz2	42774 ±214	4955 ±25	48.2 ±0.2	25.5 ±0.1	635 ±3	38602 ±193	18.0 ±0.1	13.4 ±0.1	11.6 ±0.1	60.4 ±0.3	13.8 ±0.1	5.0 ±0.0	81 ±1	262 ±1	13.6 ±0.1	126 ±1	7.0 ±0.1	344 ±2	15.0 ±0.1	26.9 ±0.1	19.4 ±0.1	10.6 ±0.1	2.7 ±0.0	
176	Urgüp	Yeşilöz3	59411 ±297	7295 ±36	61.8 ±0.6	33.5 ±0.3	627 ±3	39275 ±196	10.1 ±0.1	27.4 ±0.3	23.0 ±0.2	79.8 ±0.8	11.5 ±0.1	8.8 ±0.1	72.2 ±0.7	239.8 ±2.4	12.9 ±0.1	117.4 ±1.2	6.7 ±0.1	324 ±2	22.6 ±0.2	34.8 ±0.4	23.0 ±0.2	11.3 ±0.1	5.1 ±0.1	

**EK 4. Nevşehir ili su numunelerinde toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonu.**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		Aktivite Konsantrasyonu (Bq/L)	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	ALFA	BETA
1	Acıgöl	Ağıllı2	38,47404	34,50796	<b>0.590±0.100</b>	0.440±0.040
2	Acıgöl	Bağlıca	38,63575	34,4238	<0.03	<0.04
3	Acıgöl	Çullar	38,66985	34,39217	0.039±0.006	<0.04
4	Acıgöl	İnallı	38,58143	34,50085	<0.03	0.122±0.006
5	Acıgöl	Karacaören	38,53738	34,59448	0.072±0.004	0.113±0.003
6	Acıgöl	Karapınar1	38,5303	34,55257	<0.03	0.103±0.003
7	Acıgöl	Karapınar2	38,51503	34,54703	<0.03	0.173±0.036
8	Acıgöl	Kozluca	38,6091	34,40447	<0.03	<0.04
9	Acıgöl	Kurugöl2	38,43776	34,51467	0.054±0.032	0.436±0.042
10	Acıgöl	Kurugöl3	38,43984	34,51535	<0.03	0.450±0.030
11	Acıgöl	Merkez1	38,54997	34,51227	<0.03	0.081±0.005
12	Acıgöl	Merkez2	38,54868	34,5037	0.073±0.031	0.205±0.037
13	Acıgöl	Merkez3	38,54906	34,50383	0.250±0.050	0.270±0.030
14	Acıgöl	Tatların Beldesi2	38,63825	34,47336	0.120±0.037	0.255±0.034
15	Acıgöl	Tatların Beldesi3	38,63822	34,47344	0.030±0.012	0.250±0.020
16	Acıgöl	Tepeköy	38,56648	34,56923	<0.03	0.127±0.008
17	Acıgöl	Topaç	38,47452	34,55952	<0.03	0.125±0.004
18	Acıgöl	Yuvaköyü1	38,5738	34,41488	0.047±0.004	0.061±0.003
19	Acıgöl	Yuvaköyü2	38,57542	34,41566	0.068±0.022	0.174±0.036
20	Avanos	Aktepe	38,69067	34,87127	0.047±0.003	0.168±0.004
21	Avanos	Altıpınar	38,93132	34,84602	<0.03	0.106±0.024
22	Avanos	Ayhanlar Baraj suyu	38,81332	34,72365	0.100±0.010	0.620±0.050
23	Avanos	Bozca2	38,76241	35,00763	0.048±0.015	0.147±0.017
24	Avanos	Bozca3	38,7614	35,01019	<0.03	0.190±0.020
25	Avanos	Büyük Ayhan2	38,82605	34,73013	<b>0.586±0.103</b>	0.538±0.068
26	Avanos	Büyük Ayhan3	38,82508	34,7283	0.120±0.017	0.410±0.030
27	Avanos	Çalış	38,99238	34,86083	<0.03	<0.04
28	Avanos	Çavuşin	38,67318	34,83872	0.069±0.004	0.297±0.005
29	Avanos	Göynük	38,79342	34,88318	<0.03	0.090±0.003
30	Avanos	Kalaba1	38,96247	35,00875	<0.03	0.097±0.003
31	Avanos	Kalaba2	38,96751	35,00054	0.208±0.054	0.046±0.027
32	Avanos	Kalaba3	38,9648	35,00259	0.037±0.012	0.160±0.020
33	Avanos	Karacauşağı	38,90935	34,92442	<0.03	<0.04
34	Avanos	Kızılırmak suyu	38,7356	34,92863	<0.03	0.046±0.004
35	Avanos	Kuyulukışla2	38,87797	34,72582	<b>0.506±0.073</b>	0.436±0.066
36	Avanos	Kuyulukışla3	38,87793	34,72574	0.130±0.020	0.330±0.030
37	Avanos	Mahmatlar2	38,88303	34,96562	0.280±0.154	0.108±0.003
38	Avanos	Mahmatlar3	38,88296	34,9656	0.070±0.030	0.064±0.033
39	Avanos	Merkez1	38,71425	34,84363	<0.03	0.103±0.003
40	Avanos	Merkez2	38,71036	34,8687	<0.03	0.158±0.031
41	Avanos	Merkez3	38,70573	34,8541	<0.03	0.200±0.020
42	Avanos	Özkonak1	38,81323	34,8396	<0.03	<0.04
43	Avanos	Özkonak2	38,80738	34,86223	0.044±0.015	0.055±0.022
44	Avanos	Paşalı	39,01013	34,98125	<0.03	0.049±0.003

**EK 4. Nevşehir ili su numunelerinde toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		Aktivite Konsantrasyonu (Bq/L)	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	ALFA	BETA
45	Avanos	Sarılar	38,91559	34,78898	0.034±0.015	<0.04
46	Avanos	Topaklı1	39,01008	34,83058	<0.03	0.055±0.003
47	Avanos	Topaklı2	39,00794	34,83182	0.037±0.014	0.076±0.023
48	Avanos	Üçkuyu1	39,043	34,9799	<0.03	0.105±0.005
49	Avanos	Üçkuyu2	39,04191	34,98173	0.031±0.009	<0.04
50	Avanos	Zelve	38,66963	34,86322	0.078±0.007	0.079±0.007
51	Derinkuyu	Çakıllı	38,42473	34,65865	<0.03	0.087±0.005
52	Derinkuyu	Doğala1	38,43118	34,58952	<0.03	0.09±0.004
53	Derinkuyu	Doğala2	38,43066	34,58913	0.110±0.030	<0.04
54	Derinkuyu	Kuyulutatlar2	38,3689	34,56172	0.038±0.023	0.445±0.045
55	Derinkuyu	Kuyulutatlar3	38,36861	34,56186	0.060±0.006	0.460±0.040
56	Derinkuyu	Merkez1	38,37197	34,7251	<0.03	0.133±0.004
57	Derinkuyu	Merkez2	38,37685	34,7352	0.133±0.030	0.233±0.025
58	Derinkuyu	Özlüce1	38,45993	34,68192	<0.03	0.078±0.005
59	Derinkuyu	Özlüce2	38,45594	34,68131	0.043±0.018	0.152±0.018
60	Derinkuyu	Suvermez1	38,37025	34,64857	<0.03	0.086±0.004
61	Derinkuyu	Suvermez2	38,37317	34,64824	0.042±0.021	0.190±0.035
62	Derinkuyu	Tilköy	38,41246	34,8181	0.035±0.003	0.096±0.003
63	Derinkuyu	Yazıhöyük	38,3489	34,64035	0.083±0.005	0.136±0.004
64	Gülşehir	Abuşağı1	38,85235	34,31885	<0.03	0.117±0.010
65	Gülşehir	Abuşağı2	38,84665	34,32543	<0.03	0.308±0.063
66	Gülşehir	Abuşağı3	38,84727	34,32443	<0.03	<0.04
67	Gülşehir	Alemli	38,8586	34,64133	0.034±0.005	0.095±0.005
68	Gülşehir	Alkan	38,79163	34,6363	<0.03	<0.04
69	Gülşehir	Bölükören1	38,64438	34,41022	0.046±0.005	0.076±0.005
70	Gülşehir	Bölükören2	38,64453	34,41021	0.045±0.021	0.163±0.029
71	Gülşehir	Civelek	38,78542	34,64875	0.032±0.005	<0.04
72	Gülşehir	Dadağı1	38,84193	34,6494	0.202±0.040	0.211±0.007
73	Gülşehir	Dadağı2	38,83991	34,65132	0.270±0.003	0.390±0.050
74	Gülşehir	Eğrikuyu	38,73572	34,537	<0.03	0.108±0.003
75	Gülşehir	Emmiler	38,77375	34,37678	0.310±0.030	<b>1.010±0.070</b>
76	Gülşehir	Eskiyaylacık	38,79727	34,59602	<0.03	0.055±0.005
77	Gülşehir	Fakuşağı2	38,78819	34,31679	0.138±0.031	0.122±0.020
78	Gülşehir	Fakuşağı3	38,78829	34,31695	0.120±0.020	0.090±0.010
79	Gülşehir	Gökçetoprak1	38,65765	34,29643	0.052±0.006	0.186±0.006
80	Gülşehir	Gökçetoprak2	38,65785	34,30229	0.192±0.070	0.370±0.074
81	Gülşehir	Gökçetoprak3	38,65788	34,30231	0.070±0.020	0.100±0.020
82	Gülşehir	Gülpınar (Kızılköy)	38,7065	34,49093	0.067±0.006	0.285±0.009
83	Gülşehir	Gümüşkent1	38,82108	34,54277	<0.03	<0.04
84	Gülşehir	Gümüşkent2	38,82471	34,54253	<0.03	0.042±0.036
85	Gülşehir	Gümüşyazı2	38,83825	34,69301	0.140±0.028	0.106±0.023
86	Gülşehir	Gümüşyazı3	38,83903	34,69197	0.130±0.020	0.120±0.030
87	Gülşehir	Hacıhalilli	38,7841	34,3545	<0.03	0.132±0.008
88	Gülşehir	Hacılar	38,82932	34,43985	0.062±0.004	0.149±0.004
89	Gülşehir	Hamzalı2	38,76138	34,39099	0.229±0.038	0.471±0.048

**EK 4. Nevşehir ili su numunelerinde toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		Aktivite Konsantrasyonu (Bq/L)	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	ALFA	BETA
90	Gülşehir	Hamzalı3	38,76135	34,39131	0.430±0.080	0.550±0.040
91	Gülşehir	Karacaşar2	38,69929	34,5747	<0.03	0.169±0.035
92	Gülşehir	Karacaşar3	38,6964	34,58232	<0.03	0.160±0.040
93	Gülşehir	Karahöyük	38,85922	34,41368	<0.03	0.147±0.003
94	Gülşehir	Kızılırmak suyu (Kırşehir akış yeri)	38,86477	34,33742	<0.03	0.260±0.130
95	Gülşehir	Kızılkaya2	38,6977	34,42207	0.191±0.070	0.530±0.113
96	Gülşehir	Kızılkaya3	38,69715	34,4196	0.130±0.020	0.410±0.030
97	Gülşehir	Merkez1	38,74208	34,65572	<0.03	0.075±0.005
98	Gülşehir	Merkez2	38,75126	34,61838	0.053±0.034	0.291±0.040
99	Gülşehir	Merkez3	38,7548	34,61603	<0.03	0.300±0.030
100	Gülşehir	Oğulkaya	38,75472	34,37693	0.033±0.003	0.132±0.003
101	Gülşehir	Ovaören2	38,63373	34,2938	<b>0.604±0.078</b>	0.515±0.068
102	Gülşehir	Ovaören3	38,6377	34,29445	0.200±0.030	0.320±0.030
103	Gülşehir	Şahinler2	38,85297	34,38294	0.452±0.086	0.453±0.072
104	Gülşehir	Terlemez	38,7318	34,3039	<0.03	<0.04
105	Gülşehir	Tuzköy (Yeni yerleşim yeri)	38,76361	34,51213	<0.03	0.320±0.030
106	Gülşehir	Tuzköy1	38,77042	34,51868	<0.03	0.108±0.005
107	Gülşehir	Tuzköy2	38,76824	34,50767	0.119±0.059	0.679±0.085
108	Gülşehir	Yakatarla	38,72977	34,35472	0.033±0.003	0.227±0.004
109	Gülşehir	Yalıntaş2	38,69651	34,34866	<b>0.536±0.078</b>	0.160±0.030
110	Gülşehir	Yalıntaş3	38,69909	34,33986	0.400±0.040	0.210±0.040
111	Gülşehir	Yamalı	38,89057	34,27363	0.177±0.009	0.272±0.007
112	Gülşehir	Yeniayılacak	38,7826	34,6201	<0.03	0.094±0.005
113	Gülşehir	Yeşilli	38,85143	34,41327	<0.03	0.098±0.005
114	Gülşehir	Yeşilöz1	38,78332	34,68417	0.043±0.004	0.071±0.003
115	Gülşehir	Yeşilöz2	38,77798	34,68497	0.055±0.015	0.091±0.017
116	Gülşehir	Yeşilyurt (Sığırlı)1	38,8183	34,4456	<0.03	0.360±0.009
117	Gülşehir	Yeşilyurt (Sığırlı)2	38,8129	34,44824	0.045±0.018	0.212±0.026
118	Gülşehir	Yeşilyurt (Sığırlı)3	38,8129	34,44773	<0.03	<0.04
119	Gülşehir	Yüksekli	38,80144	34,5089	<0.03	0.086±0.004
120	Hacıbektaş	Akçataş1	38,90005	34,51	0.054±0.004	0.061±0.003
121	Hacıbektaş	Akçataş2	38,90295	34,51157	0.035±0.014	0.122±0.021
122	Hacıbektaş	Akçataş3	38,89897	34,50935	0.210±0.060	<0.04
123	Hacıbektaş	Anapınar	38,90632	34,54202	<0.03	<0.04
124	Hacıbektaş	Aşağıbarak	38,92613	34,68602	0.040±0.004	<0.04
125	Hacıbektaş	Aşıklar	38,92555	34,52818	0.035±0.003	0.051±0.003
126	Hacıbektaş	Avuçköy2	38,99782	34,66254	0.132±0.038	0.070±0.020
127	Hacıbektaş	Avuçköy3	38,99652	34,66137	<b>0.550±0.170</b>	0.060±0.010
128	Hacıbektaş	Başköy2	39,12312	34,606	0.083±0.022	0.171±0.032
129	Hacıbektaş	Başköy3	39,12672	34,60755	0.120±0.030	0.180±0.030
130	Hacıbektaş	Belbarak	38,97298	34,70275	0.031±0.003	0.042±0.004
131	Hacıbektaş	Büyük Burunağıl	39,07917	34,57647	<0.03	0.054±0.004
132	Hacıbektaş	Çiğdem2	38,99963	34,5212	0.404±0.062	0.179±0.034
133	Hacıbektaş	Çiğdem3	39,00442	34,52448	<b>0.530±0.060</b>	0.200±0.017
134	Hacıbektaş	Çivril	38,96488	34,50863	0.051±0.006	<0.04

**EK 4. Nevşehir ili su numunelerinde toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		Aktivite Konsantrasyonu (Bq/L)	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	ALFA	BETA
135	Hacıbektaş	Hasanlar	39,1271	34,65318	0.036±0.003	0.041±0.004
136	Hacıbektaş	Hıdırlar	38,93997	34,64638	0.042±0.004	0.043±0.003
137	Hacıbektaş	Hırkatepesidelik1	38,87027	34,60668	<b>0.534±0.011</b>	0.213±0.006
138	Hacıbektaş	Hırkatepesidelik2	38,87103	34,60504	<0.03	<0.04
139	Hacıbektaş	İlicecekler1	39,01293	34,63785	<b>1.041±0.017</b>	0.393±0.007
140	Hacıbektaş	İlicecekler2	39,01366	34,63914	<b>0.650±0.130</b>	0.070±0.020
141	Hacıbektaş	Karaburç	38,88873	34,42325	0.116±0.011	0.111±0.011
142	Hacıbektaş	Karaburna göl suyu	38,87891	34,46739	0.240±0.030	0.540±0.040
143	Hacıbektaş	Karaburna2	38,86877	34,45783	0.067±0.017	0.092±0.024
144	Hacıbektaş	Karaburna3	38,87627	34,45889	<b>0.610±0.110</b>	0.200±0.030
145	Hacıbektaş	Kayaaltı	39,04952	34,77522	0.037±0.003	0.054±0.003
146	Hacıbektaş	Kızılağıl	39,0011	34,76833	<0.03	0.040±0.003
147	Hacıbektaş	Killik2	38,90797	34,66983	0.410±0.051	0.370±0.040
148	Hacıbektaş	Killik3	38,90633	34,66785	0.210±0.030	0.290±0.020
149	Hacıbektaş	Kisecik	38,93422	34,48083	0.090±0.005	0.081±0.003
150	Hacıbektaş	Köşektaş1	38,98175	34,74467	0.032±0.003	<0.04
151	Hacıbektaş	Köşektaş2	38,98029	34,75252	<0.03	0.290±0.020
152	Hacıbektaş	Kütükçü1	38,89771	34,56714	<0.03	0.045±0.017
153	Hacıbektaş	Kütükçü2	38,89973	34,57914	0.140±0.080	<0.04
154	Hacıbektaş	Merkez1	38,9421	34,5601	0.062±0.004	0.046±0.004
155	Hacıbektaş	Merkez2	38,94368	34,5615	0.407±0.066	0.214±0.040
156	Hacıbektaş	Merkez3	38,94024	34,57056	0.180±0.020	0.190±0.030
157	Hacıbektaş	Mikail2	38,96618	34,45212	<b>1.303±0.205</b>	0.743±0.080
158	Hacıbektaş	Mikail3	38,96625	34,45094	0.250±0.030	0.740±0.050
159	Hacıbektaş	Sadık	39,03798	34,65947	0.048±0.004	<0.04
160	Hacıbektaş	Yenice	38,87052	34,58593	<0.03	0.040±0.003
161	Hacıbektaş	Yeniyapan2	39,03851	34,55192	0.094±0.027	0.191±0.027
162	Hacıbektaş	Yeniyapan3	39,03908	34,55351	<0.03	0.070±0.020
163	Hacıbektaş	Yurtyeri2	39,09995	34,69875	<0.03	0.102±0.024
164	Hacıbektaş	Yurtyeri3	39,09977	34,69783	0.480±0.230	<0.04
165	Kozaklı	Abdi2	39,07886	34,82233	0.075±0.026	0.118±0.021
166	Kozaklı	Abdi3	39,07899	34,823	<0.03	0.340±0.030
167	Kozaklı	Akpınar2	39,11562	34,92794	<0.03	0.215±0.027
168	Kozaklı	Akpınar3	39,1148	34,9282	0.042±0.016	0.200±0.020
169	Kozaklı	Belekli	39,20418	34,70805	<0.03	<0.04
170	Kozaklı	Buruncuk Mah.	39,22365	34,85682	<0.03	0.073±0.005
171	Kozaklı	Büyükyağlı	39,22765	34,92538	0.061±0.006	0.174±0.006
172	Kozaklı	Çayıçi	39,20348	34,6858	<0.03	<0.04
173	Kozaklı	Dereköy	39,30124	34,69929	0.190±0.020	0.340±0.030
174	Kozaklı	Doyduk	39,18923	34,75285	0.041±0.006	0.046±0.004
175	Kozaklı	Dört Yol1	39,16047	34,85063	<0.03	0.054±0.003
176	Kozaklı	Dört Yol2	39,16611	34,85243	<0.03	<0.04
177	Kozaklı	Gerce	39,11305	34,78763	<0.03	0.112±0.004
178	Kozaklı	İmran	39,16177	34,81955	0.033±0.005	0.059±0.005
179	Kozaklı	Kalecik2	39,14796	34,73738	0.037±0.029	0.160±0.030

**EK 4. Nevşehir ili su numunelerinde toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		Aktivite Konsantrasyonu (Bq/L)	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	ALFA	BETA
180	Kozaklı	Kalecik3	39,14629	34,73864	0.045±0.033	<0.04
181	Kozaklı	Kanlıca2	39,286	34,89214	0.136±0.067	0.365±0.073
182	Kozaklı	Kanlıca3	39,28768	34,89594	0.140±0.020	0.510±0.080
183	Kozaklı	Kapaklı	39,08757	34,99722	0.059±0.010	0.226±0.014
184	Kozaklı	Karahasanlı2	39,29267	34,72045	<b>0.753±0.198</b>	0.315±0.066
185	Kozaklı	Karahasanlı3	39,29283	34,72043	0.160±0.020	0.400±0.110
186	Kozaklı	Karasenir	39,28918	34,85492	<0.03	<0.04
187	Kozaklı	Kaşkışla	39,2485	34,87643	<0.03	<0.04
188	Kozaklı	Konak Otel-Kaplıca suyu	39,21422	34,86592	<b>0.790±0.026</b>	0.718±0.016
189	Kozaklı	Küllüce	39,22835	34,69073	0.031±0.005	0.138±0.006
190	Kozaklı	Medetsiz	39,25427	34,64568	0.042±0.003	0.094±0.003
191	Kozaklı	Merdanali	39,1209	34,98138	<0.03	<0.04
192	Kozaklı	Merkez (Belediye Kaplıca suyu)1	39,20635	34,86084	<b>2.494±0.275</b>	<b>1.486±0.116</b>
193	Kozaklı	Merkez (Belediye Kaplıca suyu)2	39,20635	34,86084	<b>3.800±0.020</b>	<b>1.240±0.110</b>
194	Kozaklı	Merkez1	39,21735	34,85152	<0.03	0.070±0.003
195	Kozaklı	Merkez2	39,20618	34,86	0.117±0.060	0.187±0.068
196	Kozaklı	Özce-Hızırüşağı1	39,33008	34,63458	0.046±0.006	0.057±0.005
197	Kozaklı	Özce-Hızırüşağı2	39,33676	34,63712	0.114±0.047	0.299±0.117
198	Kozaklı	Taşlıhöyük	39,15197	34,91155	<0.03	<0.04
199	Kozaklı	Yassıca2	39,22472	34,65925	0.123±0.037	0.732±0.079
200	Kozaklı	Yassıca3	39,2244	34,6613	0.140±0.017	0.570±0.080
201	Merkez	Alacaşar2	38,61775	34,59276	0.037±0.030	0.223±0.037
202	Merkez	Alacaşar3	38,61255	34,59428	<b>0.500±0.090</b>	0.230±0.040
203	Merkez	Balcın	38,61222	34,62388	<0.03	0.148±0.003
204	Merkez	Basansarnıç	38,67718	34,53022	0.064±0.004	0.133±0.004
205	Merkez	Boğazköy2	38,54592	34,63302	0.420±0.180	0.260±0.020
206	Merkez	Çardak	38,55147	34,77108	0.066±0.004	0.142±0.004
207	Merkez	Çat2	38,6772	34,65566	0.084±0.028	<0.04
208	Merkez	Çat3	38,6788	34,65757	<0.03	0.240±0.030
209	Merkez	Çiftlikköy	38,6765	34,48757	0.038±0.005	0.215±0.006
210	Merkez	Göre	38,58343	34,71669	0.058±0.004	0.119±0.003
211	Merkez	Göreme Merkez1	38,64292	34,8311	0.034±0.004	0.135±0.003
212	Merkez	Göreme2	38,64409	34,82435	0.048±0.011	0.213±0.020
213	Merkez	Güvercinlik1	38,54747	34,72952	<0.03	0.073±0.003
214	Merkez	Güvercinlik2	38,55532	34,75614	<0.03	0.219±0.022
215	Merkez	İcik	38,50292	34,60318	0.031±0.003	0.077±0.003
216	Merkez	Kavak Beldesi1	38,5749	34,82122	<0.03	0.110±0.003
217	Merkez	Kavak Beldesi2	38,56997	34,8184	0.032±0.008	0.261±0.017
218	Merkez	Kaymaklı1	38,46383	34,75142	<0.03	0.095±0.003
219	Merkez	Kaymaklı2	38,45455	34,74977	0.190±0.033	0.295±0.033
220	Merkez	Merkez1	38,61675	34,7167	<0.03	0.108±0.004
221	Merkez	Merkez2	38,63002	34,71522	<0.03	0.090±0.003
222	Merkez	Merkez3 (Turizm Otel)	38,62474	34,71986	0.047±0.022	0.319±0.040
223	Merkez	Nar Beldesi2	38,64018	34,71591	0.109±0.023	0.367±0.039
224	Merkez	Nar Beldesi3	38,64126	34,71407	0.090±0.020	0.410±0.030

**EK 4. Nevşehir ili su numunelerinde toplam alfa ve toplam beta aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Numune Alım Yeri		Koordinatlar		Aktivite Konsantrasyonu (Bq/L)	
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Kuzey	Doğu	ALFA	BETA
225	Merkez	Özyayla	38,49442	34,63197	<0.03	0.115±0.005
226	Merkez	Sulusaray2	38,70125	34,71337	0.176±0.033	0.202±0.034
227	Merkez	Sulusaray3	38,7013	34,71349	0.080±0.010	0.250±0.020
228	Merkez	Uçhisar	38,62755	34,8038	0.051±0.004	0.127±0.004
229	Merkez	Uçhisar (Kuyu suyu)	38,66967	34,79569	0.440±0.040	<b>1.310±0.070</b>
230	Ürgüp	Akçaören (Agcaviran)	38,54182	35,02968	<0.03	0.051±0.005
231	Ürgüp	Akköy1	38,58768	35,04768	<0.03	0.100±0.005
232	Ürgüp	Akköy2	38,5875	35,0466	0.061±0.023	0.177±0.015
233	Ürgüp	Aksalur2	38,66198	34,9903	0.143±0.033	0.194±0.016
234	Ürgüp	Aksalur3	38,66579	34,98662	<0.03	0.200±0.020
235	Ürgüp	Ayvalı	38,54713	34,8696	<0.03	<0.04
236	Ürgüp	Bahçeli	38,54683	34,84547	<0.03	0.111±0.004
237	Ürgüp	Başdere1	38,55442	35,0758	<0.03	0.075±0.005
238	Ürgüp	Başdere2	38,55649	35,07906	0.044±0.018	0.141±0.013
239	Ürgüp	Boyalı	38,59342	35,00765	<0.03	0.084±0.003
240	Ürgüp	Cemil	38,52436	34,93332	<0.03	0.094±0.003
241	Ürgüp	Çökek1	38,68092	34,9455	<0.03	0.121±0.003
242	Ürgüp	Çökek2	38,68091	34,94505	<0.03	0.240±0.020
243	Ürgüp	Demirtaş	38,56993	35,06433	0.030±0.005	0.060±0.005
244	Ürgüp	Güneyce	38,48813	34,84855	<0.03	0.102±0.003
245	Ürgüp	İltaş	38,58368	35,04047	<0.03	0.113±0.005
246	Ürgüp	Karain1	38,59177	34,9891	0.036±0.003	0.066±0.003
247	Ürgüp	Karain2	38,5886	34,99147	0.087±0.018	0.178±0.014
248	Ürgüp	Karain3	38,58821	34,99152	0.070±0.020	0.180±0.020
249	Ürgüp	Karakaya2	38,71885	35,03262	<0.03	0.204±0.020
250	Ürgüp	Karakaya3	38,71905	35,03259	<0.03	0.260±0.020
251	Ürgüp	Karlık	38,56025	34,98655	<0.03	0.057±0.004
252	Ürgüp	Mazı1	38,4833	34,8113	0.072±0.006	0.122±0.005
253	Ürgüp	Mazı2	38,46969	34,83891	0.155±0.003	0.206±0.054
254	Ürgüp	Merkez1	38,62948	34,91305	<0.03	0.061±0.003
255	Ürgüp	Merkez2	38,63282	34,90789	0.180±0.035	0.253±0.016
256	Ürgüp	Mustafapaşa	38,584	34,89902	<0.03	0.056±0.006
257	Ürgüp	Ortahisar	38,62747	34,85333	0.097±0.005	0.125±0.004
258	Ürgüp	Sarıhıdır2	38,7356	34,92868	0.067±0.011	0.338±0.014
259	Ürgüp	Sarıhıdır3	38,73559	34,92933	0.390±0.050	0.540±0.040
260	Ürgüp	Sarıhıdır4	38,73534	34,92902	0.327±0.070	<b>1.029±0.099</b>
261	Ürgüp	Sofular	38,71172	34,99057	0.040±0.003	0.151±0.004
262	Ürgüp	Şahinefendi1	38,4698	34,9506	<0.03	0.076±0.003
263	Ürgüp	Şahinefendi2	38,46919	34,9573	<0.03	0.147±0.013
264	Ürgüp	Taşkınpaşa	38,49477	34,94942	<0.03	0.062±0.003
265	Ürgüp	Ulaşlı	38,667	34,95185	0.037±0.004	0.150±0.003
266	Ürgüp	Yeşilöz1	38,54182	34,99467	<0.03	0.061±0.006
267	Ürgüp	Yeşilöz2	38,54356	34,99351	0.038±0.010	0.131±0.012

EK 5. Neveşehir ili su numunelerinde eser element ve ağır metal konsantrasyonu.

Numune Alma Yeri		Analiz Sonuçları: $\mu = \text{Kort} \pm 2 \text{ Std Sap}$																									
İlçe	Mahalle/Köy	Ag	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Cs	Fe	Hg	K	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Se	Sr	Th	U	Zn			
( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )			
Acıgöl	Ağnılı	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	140.00 ±0.50	<Ö.L.	1.41 ±0.02	<Ö.L.	<Ö.L.	11.31 ±0.47	28.00 ±2.00	72.91 ±0.51	<Ö.L.	9.32 ±0.02	34.78 ±0.65	127.2 ±1.3	2.86 ±0.16	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	12.73 ±0.12		
Acıgöl	Karapınar2	<Ö.L.	3.44 ±0.24	<Ö.L.	24.93 ±0.09	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	14.91 ±0.00	<Ö.L.	1.12 ±0.00	<Ö.L.	5.27 ±0.11	13.48 ±0.24	0.20 ±0.00	3.83 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.18 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	12.79 ±0.28		
Acıgöl	Kurugöl1	<Ö.L.	10.22 ±1.75	<Ö.L.	13.06 ±0.04	<Ö.L.	0.68 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	33.80 ±0.00	20.30 ±0.87	2.63 ±0.00	<Ö.L.	12.34 ±0.22	25.25 ±0.03	0.36 ±0.00	3.18 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.26 ±0.00	28.85 ±2.74	<Ö.L.	<Ö.L.	29.53 ±0.17		
Acıgöl	Kurugöl2	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	15.77 ±0.15	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	20.21 ±0.21	<Ö.L.	4.64 ±0.01	<Ö.L.	11.20 ±0.10	24.64 ±0.07	<Ö.L.	2.02 ±0.52	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	99.26 ±0.95		
Acıgöl	Merkez2	1.31 ±0.15	3.55 ±0.36	6.33 ±0.81	10.33 ±0.10	<Ö.L.	0.75 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	7.74 ±0.00	16.43 ±3.03	2.22 ±0.00	<Ö.L.	4.03 ±0.04	23.41 ±0.07	3.99 ±0.02	4.31 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.14 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	13.14 ±0.00		
Acıgöl	Merkez3	<Ö.L.	<Ö.L.	18.08 ±7.01	16.79 ±0.04	<Ö.L.	<Ö.L.	2.27 ±0.12	<Ö.L.	10.60 ±0.02	<Ö.L.	3.04 ±0.09	<Ö.L.	4.04 ±0.01	31.23 ±0.10	58.50 ±0.50	21.87 ±0.27	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	8.96 ±1.94		
Acıgöl	Tatlıarn1	1.58 ±0.02	5.40 ±0.41	15.42 ±2.97	41.87 ±0.27	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	19.10 ±0.69	5.50 ±0.07	<Ö.L.	6.67 ±0.00	33.87 ±0.09	0.24 ±0.00	3.32 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.28 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	9.81 ±0.08		
Acıgöl	Tatlıarn2	<Ö.L.	<Ö.L.	34.9 ±10.0	48.17 ±0.06	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	1.98 ±0.03	23.67 ±4.62	2.39 ±0.07	<Ö.L.	5.84 ±0.16	35.16 ±0.06	0.96 ±0.01	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	51.33 ±0.49		
Acıgöl	Yuvaköyü2	1.67 ±0.02	32.88 ±0.78	<Ö.L.	135.30 ±0.60	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	14.77 ±1.85	21.07 ±0.09	<Ö.L.	5.18 ±0.11	8.00 ±0.21	1.15 ±0.00	3.08 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.29 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	14.00 ±0.20		
Avanos	Alıpınar	2.96 ±0.07	<Ö.L.	<Ö.L.	39.98 ±0.09	<Ö.L.	0.61 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	2.26 ±0.00	36.87 ±1.01	3.29 ±0.00	<Ö.L.	1.25 ±0.04	11.81 ±0.17	<Ö.L.	1.89 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.59 ±0.01	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	4.59 ±0.00		
Avanos	Ayhanlar Barajı suyu	<Ö.L.	68.51 ±0.11	112.6 ±2.3	180.70 ±2.96	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	3.18 ±0.22	36.67 ±1.15	52.55 ±0.01	2.14 ±0.18	10.90 ±0.10	35.40 ±0.17	11.67 ±0.08	3.93 ±0.47	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	1.94 ±0.01	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	16.56 ±0.55		
Avanos	Bozca1	0.863 ±0.043	71.95 ±3.80	39.24 ±0.95	8.41 ±0.13	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	12.73 ±3.51	140.1 ±0.2	23.66 ±0.05	5.95 ±0.06	7.08 ±0.15	5.20 ±0.05	2.75 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.22 ±0.01	11.17 ±0.44	<Ö.L.	<Ö.L.	0.90 ±0.00		
Avanos	Bozca2	<Ö.L.	15.94 ±1.41	32.71 ±2.47	6.43 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	21.33 ±2.31	15.76 ±0.82	<Ö.L.	5.34 ±0.06	7.59 ±0.15	4.21 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	1.34 ±0.38		
Avanos	Büyük Ayhan1	<Ö.L.	<Ö.L.	35.28 ±0.84	66.89 ±0.25	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	4.25 ±0.00	23.30 ±5.52	3.28 ±0.00	<Ö.L.	7.75 ±0.18	30.18 ±0.06	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	1.58 ±0.01	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	15.10 ±1.85		
Avanos	Büyük Ayhan2	<Ö.L.	51.33 ±2.06	26.3 ±2.75	66.87 ±0.23	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	3.85 ±0.03	32.33 ±3.06	126.0 ±0.7	<Ö.L.	7.41 ±0.21	28.99 ±0.10	4.77 ±0.08	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	1.52 ±0.04	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	15.71 ±1.90		
Avanos	Kalaba2	0.88 ±0.09	<Ö.L.	16.11 ±0.24	128.20 ±0.70	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	34.33 ±1.33	6.68 ±0.38	<Ö.L.	7.50 ±0.18	12.97 ±0.25	0.50 ±0.00	2.03 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.78 ±0.02	22.43 ±3.33	<Ö.L.	<Ö.L.	580.90 ±5.00		
Avanos	Kalaba3	<Ö.L.	<Ö.L.	8.38 ±1.18	186.40 ±0.90	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	2.65 ±0.18	<Ö.L.	1.84 ±0.00	<Ö.L.	5.68 ±0.09	10.39 ±0.03	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.65 ±0.01	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	5.62 ±0.00		
Avanos	Kuyulukışla1	1.96 ±0.01	<Ö.L.	34.28 ±1.41	39.25 ±0.12	<Ö.L.	0.70 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	3.55 ±0.00	27.03 ±1.90	32.86 ±0.36	<Ö.L.	4.44 ±0.04	43.71 ±0.43	0.64 ±0.00	2.24 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	5.95 ±1.76	2.87 ±0.03	<Ö.L.	<Ö.L.	53.11 ±0.10		
Avanos	Kuyulukışla2	<Ö.L.	<Ö.L.	247.9 ±7.90	46.94 ±0.23	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	5.13 ±0.09	28.33 ±2.31	4.52 ±0.06	<Ö.L.	3.22 ±0.00	34.96 ±0.11	<Ö.L.	12.89 ±0.38	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	3.11 ±0.01	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	17.73 ±2.92		
Avanos	Mahmatlar1	0.94 ±0.05	156.40 ±11.70	<Ö.L.	117.90 ±0.70	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	2.55 ±0.00	24.90 ±3.70	130.2 ±0.70	<Ö.L.	2.36 ±0.01	10.11 ±0.13	3.56 ±0.03	3.44 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.46 ±0.01	10.51 ±1.84	<Ö.L.	<Ö.L.	6.41 ±0.04		
Avanos	Mahmatlar2	<Ö.L.	<Ö.L.	8.85 ±3.90	118.50 ±1.30	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	1.45 ±0.09	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	6.35 ±0.08	7.61 ±0.06	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	9.11 ±0.09		
Avanos	Merkez2	0.89 ±0.15	<Ö.L.	39.83 ±0.39	11.05 ±0.13	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	8.81 ±0.00	14.17 ±2.10	3.16 ±0.00	<Ö.L.	5.39 ±0.05	12.30 ±0.11	0.91 ±0.00	2.63 ±0.00	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.28 ±0.01	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	201.00 ±2.30		
Avanos	Merkez3	<Ö.L.	<Ö.L.	12.64 ±0.55	11.22 ±0.11	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	4.82 ±0.15	34.67 ±3.06	87.50 ±0.75	<Ö.L.	4.95 ±0.18	11.34 ±0.07	0.74 ±0.00	3.46 ±0.08	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	1611.00 ±5.00		

EK 5. Nevşehir ili su numunelerinde eser element ve ağır metal konsantrasyonu (devam).

Numune Alın Yeri		Analiz Sonuçları: $\mu = \text{Yort} \pm 2 \text{ Std Sap}$																									
İlçe	Mahalle/Köy	Ag ( $\mu\text{g/L}$ )	Al ( $\mu\text{g/L}$ )	As ( $\mu\text{g/L}$ )	Ba ( $\mu\text{g/L}$ )	Be ( $\mu\text{g/L}$ )	Cd ( $\mu\text{g/L}$ )	Co ( $\mu\text{g/L}$ )	Cr ( $\mu\text{g/L}$ )	Cu ( $\mu\text{g/L}$ )	Cs ( $\mu\text{g/L}$ )	Fe ( $\mu\text{g/L}$ )	Hg ( $\mu\text{g/L}$ )	K ( $\mu\text{g/L}$ )	Mg ( $\mu\text{g/L}$ )	Mn ( $\mu\text{g/L}$ )	Ni ( $\mu\text{g/L}$ )	Pb ( $\mu\text{g/L}$ )	Sb ( $\mu\text{g/L}$ )	Se ( $\mu\text{g/L}$ )	Sr ( $\mu\text{g/L}$ )	Th ( $\mu\text{g/L}$ )	U ( $\mu\text{g/L}$ )	Zn ( $\mu\text{g/L}$ )			
Avanos	Özkonak2	2.42 $\pm 0.13$	<ÖL.	<ÖL.	181.00 $\pm 0.60$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	3.03 $\pm 0.00$	18.87 $\pm 0.76$	2.14 $\pm 0.00$	<ÖL.	1.51 $\pm 0.03$	9.24 $\pm 0.15$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.32 $\pm 0.01$	15.43 $\pm 2.98$	<ÖL.	2.92 $\pm 0.00$			
Avanos	Sarılar	3.12 $\pm 0.04$	7.86 $\pm 0.35$	<ÖL.	183.40 $\pm 0.60$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	39.07 $\pm 3.45$	8.91 $\pm 0.50$	<ÖL.	0.84 $\pm 0.03$	7.48 $\pm 0.01$	0.51 $\pm 0.00$	2.49 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.37 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	21.92 $\pm 0.32$			
Avanos	Topaklı2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	107.50 $\pm 0.02$	<ÖL.	0.60 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	6.09 $\pm 0.00$	33.93 $\pm 1.70$	11.23 $\pm 0.10$	<ÖL.	2.09 $\pm 0.00$	12.74 $\pm 0.31$	10.02 $\pm 0.06$	2.13 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.74 $\pm 0.02$	25.41 $\pm 3.60$	<ÖL.	4.82 $\pm 0.00$			
Avanos	Üçkuyu2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	32.31 $\pm 0.07$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.16 $\pm 0.14$	2.30 $\pm 0.02$	26.33 $\pm 3.06$	19.33 $\pm 0.23$	<ÖL.	8.40 $\pm 0.11$	33.10 $\pm 0.31$	0.74 $\pm 0.03$	1.99 $\pm 0.03$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.40 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	16.24 $\pm 0.12$			
Derinkuyu	Doğala	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	34.24 $\pm 0.36$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.52 $\pm 0.00$	7.70 $\pm 0.10$	0.87 $\pm 0.01$	<ÖL.	4.09 $\pm 0.01$	11.62 $\pm 0.03$	0.87 $\pm 0.01$	2.21 $\pm 0.65$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	11.37 $\pm 0.22$			
Derinkuyu	Kuyulutlar1	<ÖL.	5.40 $\pm 0.30$	<ÖL.	41.58 $\pm 0.14$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.65 $\pm 0.00$	8.54 $\pm 0.00$	19.30 $\pm 1.97$	4.73 $\pm 1.06$	<ÖL.	11.99 $\pm 0.12$	25.95 $\pm 0.46$	0.73 $\pm 0.00$	4.38 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.29 $\pm 0.00$	30.34 $\pm 3.68$	<ÖL.	14.87 $\pm 0.17$			
Derinkuyu	Kuyulutlar2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	13.85 $\pm 0.92$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.35 $\pm 0.19$	21.67 $\pm 0.12$	27.00 $\pm 0.35$	30.37 $\pm 0.35$	<ÖL.	10.70 $\pm 0.10$	25.78 $\pm 0.60$	<ÖL.	3.30 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	10.46 $\pm 0.22$			
Derinkuyu	Merkez2	1.29 $\pm 0.07$	3.96 $\pm 0.35$	<ÖL.	79.69 $\pm 0.36$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	16.83 $\pm 2.72$	3.75 $\pm 0.00$	<ÖL.	5.68 $\pm 0.09$	4.26 $\pm 0.01$	<ÖL.	2.59 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.19 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	2.68 $\pm 0.00$			
Derinkuyu	Özlice2	1.59 $\pm 0.08$	<ÖL.	<ÖL.	14.01 $\pm 0.08$	<ÖL.	0.62 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	2.60 $\pm 0.00$	15.10 $\pm 1.20$	1.28 $\pm 0.00$	<ÖL.	4.63 $\pm 0.02$	10.82 $\pm 0.02$	0.47 $\pm 0.00$	1.91 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.13 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	99.70 $\pm 0.60$			
Derinkuyu	Suvarmez2	1.59 $\pm 0.01$	6.35 $\pm 0.49$	8.66 $\pm 0.14$	16.64 $\pm 0.13$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.40 $\pm 0.00$	28.47 $\pm 5.70$	45.55 $\pm 0.22$	<ÖL.	5.43 $\pm 0.30$	7.52 $\pm 0.19$	5.26 $\pm 0.02$	3.30 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.16 $\pm 0.00$	20.04 $\pm 2.73$	<ÖL.	61.95 $\pm 0.59$			
Gülşehir	Abuşağı2	<ÖL.	7.84 $\pm 2.37$	14.38 $\pm 1.75$	54.00 $\pm 0.27$	<ÖL.	0.78 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	25.00 $\pm 1.20$	3.56 $\pm 0.00$	<ÖL.	7.93 $\pm 0.21$	28.71 $\pm 0.43$	0.62 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.99 $\pm 0.04$	<ÖL.	<ÖL.	11.92 $\pm 0.27$			
Gülşehir	Abuşağı3	<ÖL.	<ÖL.	29.03 $\pm 3.64$	53.04 $\pm 1.44$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.81 $\pm 0.00$	36.33 $\pm 4.62$	6.18 $\pm 0.03$	<ÖL.	6.71 $\pm 0.13$	28.64 $\pm 0.23$	0.64 $\pm 0.03$	2.26 $\pm 0.44$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.05 $\pm 0.03$	<ÖL.	<ÖL.	14.46 $\pm 0.16$			
Gülşehir	Böhlükören2	<ÖL.	4.61 $\pm 0.35$	<ÖL.	71.75 $\pm 0.10$	<ÖL.	0.71 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	3.72 $\pm 0.00$	<ÖL.	2.82 $\pm 0.03$	13.19 $\pm 0.17$	0.17 $\pm 0.00$	2.36 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.45 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	561.50 $\pm 3.15$			
Gülşehir	Dadağlı2	<ÖL.	<ÖL.	251.6 $\pm 1.40$	2351.0 $\pm 5.2$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	4.10 $\pm 0.05$	35.00 $\pm 0.00$	15.34 $\pm 0.06$	<ÖL.	5.59 $\pm 0.23$	36.29 $\pm 0.20$	1.39 $\pm 0.02$	3.51 $\pm 0.02$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	3.47 $\pm 0.02$	<ÖL.	<ÖL.	37.76 $\pm 1.04$			
Gülşehir	Emmiler	<ÖL.	71.09 $\pm 0.16$	134.6 $\pm 10.8$	104.50 $\pm 1.90$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	34.67 $\pm 1.15$	58.47 $\pm 0.40$	<ÖL.	17.1 $\pm 0.34$	38.29 $\pm 0.25$	2.44 $\pm 0.02$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.22 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	3.26 $\pm 0.38$			
Gülşehir	Fakuşağı1	<ÖL.	9.51 $\pm 0.78$	<ÖL.	14.86 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	15.87 $\pm 1.27$	7.18 $\pm 0.67$	<ÖL.	1.07 $\pm 0.02$	10.71 $\pm 0.19$	<ÖL.	1.94 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.45 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	2.06 $\pm 0.00$			
Gülşehir	Fakuşağı2	<ÖL.	53.04 $\pm 0.32$	34.21 $\pm 3.18$	27.75 $\pm 0.49$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.24 $\pm 0.43$	25.33 $\pm 3.06$	33.02 $\pm 0.08$	<ÖL.	0.72 $\pm 0.00$	12.06 $\pm 0.09$	1.36 $\pm 0.02$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.54 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	26.75 $\pm 0.21$			
Gülşehir	Gökçetoprak2	<ÖL.	4.46 $\pm 0.34$	<ÖL.	66.43 $\pm 0.59$	<ÖL.	0.62 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	2.07 $\pm 0.00$	12.63 $\pm 2.32$	3.75 $\pm 0.00$	<ÖL.	8.46 $\pm 0.00$	20.46 $\pm 0.42$	<ÖL.	2.61 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.82 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	41.99 $\pm 0.40$			
Gülşehir	Gökçetoprak3	<ÖL.	<ÖL.	52.45 $\pm 2.46$	43.87 $\pm 0.07$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.88 $\pm 0.06$	28.67 $\pm 1.15$	9.31 $\pm 0.18$	<ÖL.	1.33 $\pm 0.04$	12.11 $\pm 0.29$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.60 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	11.77 $\pm 0.04$			
Gülşehir	Gümüşkent2	5.58 $\pm 0.04$	11.68 $\pm 1.09$	<ÖL.	14.81 $\pm 0.09$	<ÖL.	0.55 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	14.13 $\pm 1.81$	3.86 $\pm 0.00$	<ÖL.	1.03 $\pm 0.00$	7.24 $\pm 0.00$	0.22 $\pm 0.00$	1.86 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.59 $\pm 0.01$	8.57 $\pm 0.94$	<ÖL.	98.40 $\pm 0.84$			
Gülşehir	Gümüşyazı1	497.70 $\pm 17.30$	478.80 $\pm 5.20$	53.93 $\pm 0.10$	74.69 $\pm 0.26$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	19.80 $\pm 4.68$	381.4 $\pm 3.92$	2.62 $\pm 0.16$	1.96 $\pm 0.02$	37.56 $\pm 0.72$	12.72 $\pm 0.09$	1.69 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.53 $\pm 0.03$	<ÖL.	<ÖL.	8.16 $\pm 0.21$			
Gülşehir	Gümüşyazı2	<ÖL.	6.29 $\pm 2.67$	115.3 $\pm 17.0$	63.64 $\pm 0.29$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	18.24 $\pm 0.24$	24.00 $\pm 3.46$	3.92 $\pm 0.01$	<ÖL.	1.69 $\pm 0.04$	33.70 $\pm 0.54$	<ÖL.	2.62 $\pm 0.40$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.42 $\pm 0.03$	<ÖL.	<ÖL.	10.06 $\pm 1.59$			
Gülşehir	Hamzah1	<ÖL.	9.80 $\pm 0.17$	<ÖL.	86.82 $\pm 0.20$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	18.76 $\pm 0.48$	8.62 $\pm 0.17$	18.76 $\pm 0.48$	9.80 $\pm 0.17$	23.57 $\pm 0.58$	0.68 $\pm 0.00$	2.62 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.85 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	10.34 $\pm 0.19$			

EK 5. Nevşehir ili su numunelerinde eser element ve ağır metal konsantrasyonu (devam).

Numune Alın Yeri		Analiz Sonuçları: $\mu = \text{Xort} \pm 2 \text{ Std Sap}$																									
İlçe	Mahalle/Köy	Ag ( $\mu\text{g/L}$ )	Al ( $\mu\text{g/L}$ )	As ( $\mu\text{g/L}$ )	Ba ( $\mu\text{g/L}$ )	Be ( $\mu\text{g/L}$ )	Cd ( $\mu\text{g/L}$ )	Co ( $\mu\text{g/L}$ )	Cr ( $\mu\text{g/L}$ )	Cu ( $\mu\text{g/L}$ )	Cs ( $\mu\text{g/L}$ )	Fe ( $\mu\text{g/L}$ )	Hg ( $\mu\text{g/L}$ )	K ( $\mu\text{g/L}$ )	Mg ( $\mu\text{g/L}$ )	Mn ( $\mu\text{g/L}$ )	Ni ( $\mu\text{g/L}$ )	Pb ( $\mu\text{g/L}$ )	Sb ( $\mu\text{g/L}$ )	Se ( $\mu\text{g/L}$ )	Sr ( $\text{mg/L}$ )	Th ( $\mu\text{g/L}$ )	U ( $\mu\text{g/L}$ )	Zn ( $\mu\text{g/L}$ )			
Gülşehir	Hamzalı2	<ÖL.	<ÖL.	$\pm 3.70$	92.50 $\pm 0.65$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	4.58 $\pm 0.10$	30.67 $\pm 1.15$	1.95 $\pm 0.04$	<ÖL.	9.82 $\pm 0.10$	17.95 $\pm 0.42$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.77 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	13.06 $\pm 0.66$	2.42 $\pm 0.16$		
Gülşehir	Karacaşar2	<ÖL.	16.02 $\pm 1.91$	41.46 $\pm 0.45$	75.05 $\pm 0.42$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.33 $\pm 0.09$	11.26 $\pm 0.00$	20.33 $\pm 1.15$	85.68 $\pm 0.95$	<ÖL.	4.53 $\pm 0.07$	16.62 $\pm 0.28$	1.58 $\pm 0.04$	4.26 $\pm 0.15$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	15.06 $\pm 0.30$		
Gülşehir	Kızılrınmak suyu	<ÖL.	<ÖL.	23.61 $\pm 1.33$	63.44 $\pm 0.45$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.61 $\pm 0.06$	44.33 $\pm 1.16$	36.01 $\pm 0.14$	<ÖL.	9.81 $\pm 0.40$	36.01 $\pm 0.42$	1.70 $\pm 0.01$	4.35 $\pm 0.69$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.11 $\pm 0.02$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	5.93 $\pm 0.09$		
Gülşehir	Kızılkaya1	$\pm 0.07$	8.51 $\pm 0.51$	<ÖL.	185.90 $\pm 0.40$	<ÖL.	0.57 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	11.77 $\pm 1.12$	2.97 $\pm 0.00$	<ÖL.	9.15 $\pm 0.05$	21.00 $\pm 0.17$	2.33 $\pm 0.00$	2.33 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.84 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	7.07 $\pm 0.23$		
Gülşehir	Kızılkaya2	<ÖL.	<ÖL.	46.64 $\pm 1.92$	193.90 $\pm 4.20$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.23 $\pm 0.34$	24.00 $\pm 0.09$	5.71 $\pm 0.09$	<ÖL.	7.94 $\pm 0.06$	18.44 $\pm 0.17$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.84 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	3.89 $\pm 0.20$		
Gülşehir	Merkez2	<ÖL.	<ÖL.	15.20 $\pm 1.26$	185.90 $\pm 0.20$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	4.70 $\pm 0.00$	21.67 $\pm 2.84$	109.5 $\pm 0.60$	29.13 $\pm 0.15$	9.20 $\pm 0.19$	20.47 $\pm 0.46$	2.49 $\pm 0.00$	3.19 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.47 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	64.90 $\pm 0.28$		
Gülşehir	Merkez3	<ÖL.	11.51 $\pm 0.78$	44.45 $\pm 6.72$	107.60 $\pm 0.80$	<ÖL.	0.859 $\pm 0.01$	<ÖL.	1.63 $\pm 0.20$	2.67 $\pm 0.08$	27.00 $\pm 0.00$	44.85 $\pm 0.70$	<ÖL.	6.21 $\pm 0.15$	15.18 $\pm 0.03$	5.24 $\pm 0.49$	5.00 $\pm 0.03$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	263.80 $\pm 1.20$		
Gülşehir	Ovaören1	$\pm 0.09$	1.06 $\pm 0.62$	6.35 $\pm 0.62$	85.71 $\pm 0.61$	<ÖL.	0.83 $\pm 0.00$	<ÖL.	0.88 $\pm 0.00$	<ÖL.	12.83 $\pm 3.93$	1.30 $\pm 0.00$	<ÖL.	1.74 $\pm 0.02$	16.87 $\pm 0.29$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.58 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.16 $\pm 0.00$		
Gülşehir	Ovaören2	<ÖL.	116.8 $\pm 3.76$	19.51 $\pm 2.47$	130.80 $\pm 1.40$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.78 $\pm 0.04$	4.45 $\pm 0.46$	26.67 $\pm 1.15$	68.72 $\pm 0.30$	<ÖL.	4.70 $\pm 0.04$	14.42 $\pm 0.04$	1.47 $\pm 0.02$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.64 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	11.94 $\pm 0.50$	394.70 $\pm 0.08$		
Gülşehir	Şahimler	<ÖL.	6.58 $\pm 0.92$	<ÖL.	74.49 $\pm 1.01$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.92 $\pm 0.00$	<ÖL.	23.07 $\pm 1.10$	2.31 $\pm 0.00$	<ÖL.	6.47 $\pm 0.11$	20.76 $\pm 0.39$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.11 $\pm 0.03$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	4.67 $\pm 0.00$		
Gülşehir	Tuzköy (Yeni yerleşim)	1.90 $\pm 0.03$	9.58 $\pm 0.57$	<ÖL.	85.80 $\pm 0.68$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	11.82 $\pm 0.00$	17.67 $\pm 0.42$	12.89 $\pm 0.00$	<ÖL.	8.37 $\pm 0.02$	32.87 $\pm 0.06$	0.27 $\pm 0.00$	2.53 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.38 $\pm 0.02$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	27.53 $\pm 0.16$		
Gülşehir	Tuzköy2	<ÖL.	<ÖL.	88.62 $\pm 2.54$	83.45 $\pm 0.97$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	21.33 $\pm 4.16$	2.98 $\pm 0.12$	<ÖL.	7.21 $\pm 0.23$	33.38 $\pm 0.30$	<ÖL.	1.51 $\pm 0.36$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.87 $\pm 0.02$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	56.94 $\pm 0.80$		
Gülşehir	Yalıntaş1	<ÖL.	5.69 $\pm 0.52$	<ÖL.	33.26 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	5.72 $\pm 2.07$	<ÖL.	0.32 $\pm 0.01$	18.53 $\pm 0.32$	2.71 $\pm 0.01$	1.82 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.87 $\pm 0.02$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	656.40 $\pm 3.70$		
Gülşehir	Yalıntaş2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	16.05 $\pm 0.06$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	3.76 $\pm 0.06$	21.33 $\pm 1.15$	9.08 $\pm 0.06$	<ÖL.	2.05 $\pm 0.04$	12.33 $\pm 0.08$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.59 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	15.58 $\pm 0.42$		
Gülşehir	Yeşilöz2	1.35 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	34.69 $\pm 0.27$	<ÖL.	0.71 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	15.27 $\pm 1.33$	3.59 $\pm 0.00$	<ÖL.	1.67 $\pm 0.02$	9.51 $\pm 0.11$	<ÖL.	1.78 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.90 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.89 $\pm 0.00$		
Gülşehir	Yeşilyurt (Sığırli)2	<ÖL.	<ÖL.	7.63 $\pm 4.64$	61.93 $\pm 0.42$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.86 $\pm 0.10$	<ÖL.	5.13 $\pm 0.01$	<ÖL.	1.01 $\pm 0.00$	7.01 $\pm 0.20$	0.60 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.69 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	6.91 $\pm 0.00$		
Gülşehir	Yeşilyurt (Sığırli)3	<ÖL.	4.10 $\pm 0.84$	52.70 $\pm 1.37$	52.70 $\pm 0.73$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.33 $\pm 0.00$	<ÖL.	14.57 $\pm 2.73$	4.57 $\pm 0.00$	<ÖL.	5.10 $\pm 0.09$	14.05 $\pm 0.25$	0.21 $\pm 0.00$	2.19 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.10 $\pm 0.02$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	27.48 $\pm 0.08$		
Hacıbektaş	Akçatış2	1.07 $\pm 0.07$	182.90 $\pm 0.60$	35.80 $\pm 0.73$	58.79 $\pm 0.68$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.87 $\pm 0.00$	11.50 $\pm 3.65$	140.1 $\pm 1.70$	140.1 $\pm 1.70$	2.48 $\pm 0.03$	6.33 $\pm 0.17$	3.00 $\pm 0.03$	2.01 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.35 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	233.10 $\pm 1.20$		
Hacıbektaş	Akçatış3	<ÖL.	8.68 $\pm 1.70$	22.33 $\pm 1.07$	69.02 $\pm 0.75$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.35 $\pm 0.48$	22.67 $\pm 3.06$	6.68 $\pm 0.24$	<ÖL.	0.86 $\pm 0.01$	8.34 $\pm 0.03$	<ÖL.	<ÖL.	5.49 $\pm 0.69$	<ÖL.	<ÖL.	0.52 $\pm 0.02$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	715.20 $\pm 0.50$		
Hacıbektaş	Arıpçköy1	<ÖL.	<ÖL.	8.10 $\pm 2.89$	219.10 $\pm 0.10$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	4.71 $\pm 0.00$	39.90 $\pm 0.80$	3.86 $\pm 0.00$	<ÖL.	1.03 $\pm 0.04$	10.27 $\pm 0.13$	0.32 $\pm 0.00$	2.37 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.60 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	11.98 $\pm 0.07$		
Hacıbektaş	Arıpçköy2	<ÖL.	6.91 $\pm 0.66$	<ÖL.	195.20 $\pm 3.46$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	5.76 $\pm 0.18$	21.67 $\pm 5.03$	24.77 $\pm 0.15$	<ÖL.	0.80 $\pm 0.01$	10.99 $\pm 0.11$	16.14 $\pm 0.02$	2.63 $\pm 0.30$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.66 $\pm 0.02$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	96.80 $\pm 0.77$		
Hacıbektaş	Başköy1	<ÖL.	<ÖL.	34.75 $\pm 1.87$	68.52 $\pm 0.15$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	34.83 $\pm 1.75$	4.96 $\pm 0.00$	<ÖL.	3.92 $\pm 0.05$	28.08 $\pm 0.16$	0.43 $\pm 0.00$	2.83 $\pm 0.00$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.34 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	83.66 $\pm 0.06$		
Hacıbektaş	Başköy2	<ÖL.	<ÖL.	27.43 $\pm 3.89$	72.91 $\pm 0.42$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.07 $\pm 0.02$	1.55 $\pm 0.05$	21.00 $\pm 2.00$	5.99 $\pm 0.14$	<ÖL.	4.40 $\pm 0.06$	28.84 $\pm 0.26$	0.65 $\pm 0.01$	5.01 $\pm 0.56$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.36 $\pm 0.01$	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	12.36 $\pm 0.20$		

EK 5. Nevşehir ili su numunelerinde eser element ve ağır metal konsantrasyonu (devam).

Numune Adı		Analiz Sonuçları: $\mu = \text{Kort} \pm 2 \text{ Std Sap}$																										
İlçe	Mahalle/Köy	Ag	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Cs	Fe	Hg	K	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Se	Sr	Th	U	Zn				
Hacıbektaş	Çiğdem1	22.45 ±0.16	11.40 ±0.80	6.60 ±0.53	69.32 ±0.04	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	4.91 ±0.00	20.17 ±1.72	3.85 ±0.00	<ÖL.	2.33 ±0.06	11.72 ±0.24	0.21 ±0.00	2.47 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.02 ±0.03	13.70 ±1.80	<ÖL.	10.18 ±0.20				
Hacıbektaş	Çiğdem2	<ÖL.	13.79 ±0.29	<ÖL.	72.57 ±0.42	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	3.06 ±0.39	<ÖL.	74.68 ±0.26	<ÖL.	1.82 ±0.02	11.53 ±0.24	1.20 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.03 ±0.01	<ÖL.	10.23 ±1.50	4.63 ±0.21				
Hacıbektaş	H tepesinde1lik2	<ÖL.	5.94 ±2.58	<ÖL.	42.61 ±0.29	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	13.01 ±0.09	<ÖL.	8.78 ±0.03	<ÖL.	0.87 ±0.00	4.53 ±0.04	<ÖL.	4.99 ±0.55	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.49 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	21.21 ±0.00				
Hacıbektaş	İlçeciler2	<ÖL.	<ÖL.	24.19 ±3.41	259.20 ±2.20	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	5.98 ±0.31	<ÖL.	1.65 ±0.06	<ÖL.	10.75 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.98 ±0.03	<ÖL.	<ÖL.	7.30 ±0.16				
Hacıbektaş	Karaburna	<ÖL.	296.60 ±3.10	7.99 ±1.76	135.60 ±0.82	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.98 ±0.06	21.00 ±2.00	230.3 ±0.90	<ÖL.	6.98 ±0.21	27.12 ±0.24	12.55 ±0.10	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.29 ±0.00	<ÖL.	20.99 ±0.71	2.40 ±0.06				
Hacıbektaş	Karaburnal	<ÖL.	5.33 ±1.24	<ÖL.	45.66 ±0.38	<ÖL.	0.57 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	11.73 ±1.36	108.4 ±0.20	<ÖL.	1.89 ±0.02	16.57 ±0.24	0.43 ±0.00	1.99 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.83 ±0.02	<ÖL.	<ÖL.	61.30 ±0.18				
Hacıbektaş	Karaburna2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	69.51 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.69 ±0.41	25.33 ±1.15	174.7 ±0.90	<ÖL.	2.04 ±0.04	30.48 ±0.19	3.30 ±0.02	2.46 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.33 ±0.01	<ÖL.	10.15 ±1.31	242.90 ±0.60				
Hacıbektaş	Kılık1	<ÖL.	<ÖL.	12.70 ±2.27	94.91 ±0.26	<ÖL.	0.72 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	19.57 ±0.81	2.86 ±0.00	<ÖL.	4.40 ±0.05	16.10 ±0.40	1.53 ±0.00	2.01 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.38 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	9.35 ±0.15				
Hacıbektaş	Kılık2	<ÖL.	<ÖL.	36.23 ±5.48	94.18 ±0.29	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.63 ±0.09	31.67 ±1.15	6.03 ±0.18	<ÖL.	4.41 ±0.03	16.60 ±0.18	0.57 ±0.03	2.45 ±0.16	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.31 ±0.01	<ÖL.	11.72 ±0.68	22.92 ±0.48				
Hacıbektaş	Köşektaş2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	212.30 ±1.26	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	5.15 ±0.11	<ÖL.	3.20 ±0.00	<ÖL.	0.34 ±0.00	9.12 ±0.01	<ÖL.	3.26 ±0.15	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.48 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	19.14 ±0.44				
Hacıbektaş	Kütülcül	<ÖL.	246.90 ±2.20	7.20 ±2.53	355.40 ±1.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	7.15 ±0.00	12.00 ±4.60	263.9 ±3.10	2.85 ±0.15	0.60 ±0.02	8.98 ±0.18	31.80 ±0.25	3.10 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.48 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	5.32 ±0.15				
Hacıbektaş	Kütülcü2	<ÖL.	6.45 ±1.27	14.75 ±2.37	358.20 ±5.90	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	15.32 ±0.06	<ÖL.	3.84 ±0.17	<ÖL.	0.61 ±0.01	8.99 ±0.11	1.11 ±0.01	3.51 ±0.08	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.53 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	132.50 ±1.70				
Hacıbektaş	Merkez2	<ÖL.	3.08 ±0.66	<ÖL.	139.70 ±0.90	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	17.20 ±0.40	71.88 ±0.92	<ÖL.	2.15 ±0.02	12.52 ±0.11	3.01 ±0.04	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.91 ±0.00	<ÖL.	8.19 ±2.99	82.55 ±0.03				
Hacıbektaş	Merkez3	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	145.20 ±1.48	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.66 ±0.13	25.33 ±1.15	3.24 ±0.17	<ÖL.	1.77 ±0.01	12.18 ±0.08	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.93 ±0.04	<ÖL.	8.47 ±0.79	3.87 ±0.09				
Hacıbektaş	Mikaill	1.47 ±0.09	6.45 ±0.97	53.70 ±1.90	126.40 ±0.70	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	24.57 ±2.90	32.42 ±0.66	<ÖL.	10.16 ±0.08	26.61 ±0.18	2.26 ±0.00	4.36 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.53 ±0.01	<ÖL.	20.46 ±1.27	959.30 ±8.50				
Hacıbektaş	Mikaill2	<ÖL.	<ÖL.	46.78 ±2.64	124.60 ±1.66	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	12.55 ±0.09	31.67 ±4.16	3.08 ±0.21	<ÖL.	8.92 ±0.05	25.11 ±0.09	1.33 ±0.01	3.81 ±0.11	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.49 ±0.02	<ÖL.	21.98 ±1.44	158.10 ±0.50				
Hacıbektaş	Yenişapan1	3.90 ±0.12	<ÖL.	11.09 ±1.78	233.70 ±2.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.85 ±0.00	<ÖL.	29.40 ±2.62	1.86 ±0.00	<ÖL.	2.05 ±0.02	18.89 ±0.27	0.20 ±0.00	2.83 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.53 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	76.39 ±0.00				
Hacıbektaş	Yenişapan2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	232.00 ±1.06	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.76 ±0.03	2.68 ±0.11	<ÖL.	8.02 ±0.11	<ÖL.	1.70 ±0.00	16.64 ±0.07	0.77 ±0.00	3.32 ±0.49	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.54 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	25.59 ±0.71				
Hacıbektaş	Yurtveren1	1.88 ±0.10	<ÖL.	8.98 ±0.90	174.10 ±0.10	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	4.31 ±0.00	42.83 ±0.70	21.36 ±0.14	<ÖL.	2.07 ±0.04	13.56 ±0.27	0.31 ±0.00	2.58 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.27 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	10.56 ±0.34				
Hacıbektaş	Yurtveren2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	211.00 ±3.58	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	10.20 ±0.13	<ÖL.	5.13 ±0.12	<ÖL.	2.21 ±0.01	15.69 ±0.44	0.55 ±0.10	4.35 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.50 ±0.02	<ÖL.	<ÖL.	10.56 ±0.10				
Kozaklı	Abdi1	<ÖL.	<ÖL.	7.80 ±1.74	222.80 ±0.50	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	4.818 ±0.00	39.63 ±1.68	79.94 ±0.82	<ÖL.	3.18 ±0.16	13.85 ±0.01	0.29 ±0.00	2.65 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.70 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	53.34 ±0.08				
Kozaklı	Abdi2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	217.80 ±3.50	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	5.49 ±0.16	<ÖL.	2.25 ±0.08	<ÖL.	3.44 ±0.05	13.44 ±0.25	1.30 ±0.03	3.77 ±0.50	10.05 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	0.73 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	33.34 ±0.17				
Kozaklı	Akpınar1	1.12 ±0.12	<ÖL.	16.73 ±1.28	70.25 ±0.43	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	28.63 ±3.83	21.52 ±0.39	<ÖL.	6.89 ±0.04	18.63 ±0.40	0.35 ±0.00	1.80 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.02 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	67.92 ±0.04				

EK 5. Nevşehir ili su numunelerinde eser element ve ağır metal konsantrasyonu (devam).

Numune Adını Yeri		Analiz Sonuçları: $\mu = \text{Xort} \pm 2 \text{Std.Sap.}$																									
İlçe	Mahalle/Köy	Ag (ug/L)	Al (ug/L)	As (ug/L)	Ba (ug/L)	Be (ug/L)	Cd (ug/L)	Co (ug/L)	Cr (ug/L)	Cu (ug/L)	Cs (ug/L)	Fe (ug/L)	Hg (ug/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (ug/L)	Ni (ug/L)	Pb (ug/L)	Sb (ug/L)	Se (ug/L)	Sr (mg/L)	Th (ug/L)	U (ug/L)	Zn (ug/L)			
Kozaklı	Akpınar2	<ÖL.	<ÖL.	10.28 ±2.14	73.73 ±0.50	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	31.08 ±0.13	<ÖL.	7.56 ±0.13	<ÖL.	6.31 ±0.03	15.57 ±0.36	0.75 ±0.02	3.18 ±0.67	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.07 ±0.03	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	133.90 ±0.90		
Kozaklı	Dereköy	<ÖL.	<ÖL.	36.37 ±2.50	117.90 ±1.18	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	22.00 ±4.00	<ÖL.	<ÖL.	1.59 ±0.04	8.13 ±0.03	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.75 ±0.03	<ÖL.	<ÖL.	22.86 ±1.97	1.58 ±0.02		
Kozaklı	Dörtöyl2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	211.50 ±2.86	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.20 ±0.06	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.80 ±0.03	11.96 ±0.06	<ÖL.	2.01 ±0.92	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.71 ±0.02	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	231.00 ±1.40		
Kozaklı	Kalecik1	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	195.10 ±1.70	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	22.33 ±1.15	<ÖL.	<ÖL.	0.67 ±0.01	9.58 ±0.08	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.72 ±0.02	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	85.20 ±0.17		
Kozaklı	Kalecik2	4.49 ±0.10	<ÖL.	<ÖL.	198.40 ±2.40	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	3.93 ±0.00	31.07 ±1.03	8.20 ±0.07	<ÖL.	0.89 ±0.00	10.22 ±0.13	0.20 ±0.00	3.52 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.75 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	39.06 ±0.32		
Kozaklı	Kamhca1	<ÖL.	<ÖL.	17.08 ±0.77	40.43 ±0.20	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	6.83 ±0.00	44.30 ±2.25	580.6 ±7.00	<ÖL.	9.63 ±0.11	55.50 ±0.14	1.34 ±0.00	5.32 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	3.25 ±0.05	11.02 ±1.23	<ÖL.	<ÖL.	23.65 ±0.29		
Kozaklı	Kamhca2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	40.76 ±0.12	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.07 ±0.06	50.00 ±4.00	7.17 ±0.12	2.30 ±0.65	9.80 ±0.13	54.38 ±0.28	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	3.33 ±0.07	<ÖL.	<ÖL.	13.67 ±1.44	191.90 ±0.60		
Kozaklı	Karahasanlı1	<ÖL.	<ÖL.	53.02 ±2.09	21.90 ±0.22	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	45.37 ±2.73	5.69 ±0.11	<ÖL.	8.54 ±0.09	65.28 ±0.14	1.22 ±0.00	3.00 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	4.54 ±0.05	18.57 ±1.60	<ÖL.	<ÖL.	691.60 ±4.20		
Kozaklı	Karahasanlı2	<ÖL.	<ÖL.	48.50 ±9.90	24.15 ±0.23	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	44.67 ±3.06	149.5 ±1.10	2.45 ±0.34	8.82 ±0.02	65.68 ±1.34	4.89 ±0.03	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	4.76 ±0.09	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	72.75 ±0.21		
Kozaklı	Merkez2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	98.37 ±0.20	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.29 ±0.00	37.57 ±3.18	4.92 ±0.55	<ÖL.	5.95 ±0.26	35.87 ±0.47	0.53 ±0.00	3.19 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.15 ±0.03	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	4.20 ±0.00		
Kozaklı	Merkez Bld. Kaplıca suyu1	<ÖL.	<ÖL.	138.1 ±1.20	75.70 ±0.28	0.64 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	7.14 ±0.00	66.80 ±1.74	41.86 ±0.86	<ÖL.	23.27 ±0.17	29.62 ±0.07	17.63 ±0.19	3.43 ±0.00	<ÖL.	16.26 ±0.93	<ÖL.	2.94 ±0.09	8.94 ±0.86	<ÖL.	<ÖL.	21.09 ±0.23		
Kozaklı	Merkez Bld. Kaplıca suyu2	<ÖL.	<ÖL.	277.3 ±7.10	80.44 ±0.55	0.59 ±0.05	0.95 ±0.08	<ÖL.	<ÖL.	14.83 ±0.17	57.67 ±4.16	52.81 ±0.15	<ÖL.	20.60 ±0.00	31.35 ±0.35	15.32 ±0.03	3.24 ±0.15	<ÖL.	17.75 ±0.84	<ÖL.	2.61 ±0.02	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	35.94 ±0.44		
Kozaklı	Özce (Hızruşağı)2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	66.89 ±0.08	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.69 ±0.00	34.87 ±3.40	3.90 ±0.00	<ÖL.	3.15 ±0.14	16.65 ±0.32	0.19 ±0.00	2.34 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	0.45 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	15.10 ±0.16			
Kozaklı	Yassıca1	1.20 ±0.04	<ÖL.	28.73 ±1.73	28.79 ±0.03	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	39.10 ±0.53	36.40 ±0.18	<ÖL.	12.40 ±0.28	42.61 ±0.27	0.36 ±0.00	3.19 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	4.19 ±0.03	12.20 ±0.80	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	420.80 ±2.70		
Kozaklı	Yassıca2	<ÖL.	<ÖL.	20.28 ±0.18	41.10 ±0.16	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.24 ±0.13	49.67 ±3.06	42.95 ±0.28	<ÖL.	13.10 ±0.40	79.90 ±0.36	2.34 ±0.01	2.60 ±0.11	<ÖL.	<ÖL.	5.51 ±0.07	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	11.08 ±1.30	35.60 ±0.30		
Merkez	Alacaşar1	<ÖL.	<ÖL.	27.79 ±4.18	50.59 ±0.19	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	14.79 ±0.00	19.23 ±1.85	5.53 ±0.04	<ÖL.	6.31 ±0.05	22.53 ±0.28	0.81 ±0.00	3.26 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	0.23 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	9.32 ±0.19		
Merkez	Alacaşar2	<ÖL.	<ÖL.	42.21 ±8.28	52.21 ±0.15	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	16.05 ±0.39	27.67 ±2.00	8.45 ±0.09	<ÖL.	5.67 ±0.08	21.92 ±0.13	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.41 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	12.73 ±0.12		
Merkez	Boğazköy	<ÖL.	<ÖL.	45.98 ±6.01	1.08 ±0.06	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	16.05 ±0.13	27.67 ±3.06	8.45 ±0.04	<ÖL.	6.15 ±0.04	26.29 ±0.40	1.29 ±0.24	5.43 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	0.17 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	16.23 ±0.56		
Merkez	Çatl	1.87 ±0.15	<ÖL.	11.53 ±2.28	37.92 ±0.08	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	6.04 ±0.00	12.23 ±0.92	19.09 ±0.24	<ÖL.	4.14 ±0.21	13.59 ±0.09	0.19 ±0.00	2.50 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	0.17 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	15.52 ±0.02		
Merkez	Çat2	<ÖL.	<ÖL.	32.33 ±3.35	77.59 ±0.39	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	8.45 ±0.20	72.00 ±1.15	3.17 ±0.21	<ÖL.	5.89 ±0.07	12.50 ±0.07	0.55 ±0.01	5.08 ±0.08	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	21.33 ±0.21		
Merkez	Göreme2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	100.70 ±1.20	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	3.37 ±0.00	13.13 ±5.56	6.73 ±0.07	<ÖL.	4.63 ±0.02	2.88 ±0.03	0.18 ±0.00	2.97 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	0.19 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	14.85 ±0.43		
Merkez	Güvercinlik2	0.95 ±0.04	<ÖL.	9.59 ±1.25	45.50 ±0.13	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	3.97 ±0.00	14.10 ±3.30	30.69 ±0.24	2.64 ±0.68	7.61 ±0.06	6.38 ±0.00	2.66 ±0.03	3.90 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	0.16 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	32.37 ±0.43		
Merkez	Kavak2	3.88 ±0.07	<ÖL.	<ÖL.	68.49 ±0.41	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	14.70 ±2.03	1.13 ±0.00	<ÖL.	7.77 ±0.14	2.51 ±0.03	<ÖL.	3.04 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	0.14 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	239.90 ±1.70		

EK 5. Nevşehir ili su numunelerinde eser element ve ağır metal konsantrasyonu (devam).

Numune Alm Yeri		Analiz Sonucu: $\mu = \text{Yort} \pm 2 \text{ Std Sap.}$																									
İlçe	Mahalle/Köy	Ag	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Cs	Fe	Hg	K	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Se	Sr	Th	U	Zn			
		( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )	( $\mu\text{g/L}$ )			
Merkez	Kaymaklı2	2.01 ±0.10	3.07 ±0.38	<ÖL.	98.21 ±1.20	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	13.13 ±3.45	3.78 ±0.00	<ÖL.	6.35 ±0.08	3.62 ±0.09	<ÖL.	2.18 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.17 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	215.80 ±0.60			
Merkez	Merkez (Turizm One1)	<ÖL.	15.59 ±1.00	<ÖL.	49.26 ±0.50	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	5.29 ±0.00	16.63 ±1.68	109.6 ±0.40	<ÖL.	7.46 ±0.12	15.41 ±0.29	2.72 ±0.01	3.78 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.35 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	2946.00 ±6.00			
Merkez	Merkez (Turizm One)2	<ÖL.	4.98 ±1.87	44.90 ±0.34	30.56 ±0.38	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	8.02 ±0.29	27.67 ±2.31	136.1 ±0.80	<ÖL.	6.66 ±0.04	13.04 ±0.12	1.38 ±0.01	3.03 ±0.10	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	77.74 ±0.87			
Merkez	Nar Baldesi1	<ÖL.	<ÖL.	25.62 ±0.46	81.43 ±0.44	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.74 ±0.00	18.37 ±0.90	4.09 ±0.00	2.31 ±0.09	9.63 ±0.22	9.38 ±0.00	3.06 ±0.00	3.06 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.29 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	10.48 ±0.07			
Merkez	Nar Baldesi2	<ÖL.	<ÖL.	50.61 ±3.25	83.99 ±0.28	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.56 ±0.12	<ÖL.	3.03 ±0.10	<ÖL.	8.04 ±0.00	9.50 ±0.21	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.15 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	1.87 ±0.01			
Merkez	Suhusaray1	2.61 ±0.05	7.30 ±0.42	<ÖL.	65.60 ±0.34	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	22.67 ±1.15	6.58 ±0.07	<ÖL.	2.89 ±0.03	1.84 ±0.02	<ÖL.	1.83 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.15 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	92.59 ±0.29			
Merkez	Suhusaray2	<ÖL.	<ÖL.	41.55 ±7.16	67.15 ±0.90	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	13.55 ±0.05	22.67 ±1.15	6.58 ±0.07	<ÖL.	4.00 ±0.00	1.97 ±0.02	<ÖL.	4.32 ±0.32	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	8.52 ±1.80			
Merkez	Uçhisar Kuyru suyu	<ÖL.	123.60 ±6.06	<ÖL.	31.17 ±0.25	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	46.00 ±5.29	51.83 ±1.33	<ÖL.	24.60 ±0.90	2.85 ±0.08	12.45 ±0.03	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	27.04 ±2.77			
Ürgüp	Akköy2	<ÖL.	4.25 ±0.96	<ÖL.	38.71 ±0.36	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	6.57 ±0.00	23.10 ±0.87	12.29 ±2.82	<ÖL.	5.55 ±0.22	11.68 ±0.20	2.10 ±0.00	2.13 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.28 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	2528.00 ±33.00			
Ürgüp	Aksahur1	4.86 ±0.04	<ÖL.	16.09 ±0.36	25.75 ±0.07	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	23.40 ±2.42	134.6 ±1.00	<ÖL.	4.81 ±0.17	7.91 ±0.05	0.38 ±0.00	2.19 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.28 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	36.20 ±0.20			
Ürgüp	Aksahur2	<ÖL.	<ÖL.	17.88 ±2.18	31.30 ±0.14	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	3.77 ±0.10	22.33 ±4.09	40.92 ±0.00	<ÖL.	4.45 ±0.01	8.27 ±0.12	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	9.53 ±0.09			
Ürgüp	Beğdere2	<ÖL.	16.51 ±0.91	<ÖL.	60.39 ±0.39	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	19.07 ±1.22	13.42 ±0.14	<ÖL.	4.18 ±0.05	8.23 ±0.05	0.16 ±0.00	2.57 ±0.00	4.77 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	0.25 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	5.23 ±0.07			
Ürgüp	Çökerek2	<ÖL.	<ÖL.	17.27 ±3.67	36.32 ±0.43	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	23.67 ±1.15	25.94 ±0.06	<ÖL.	5.17 ±0.18	12.55 ±0.02	6.13 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	135.30 ±1.00			
Ürgüp	Karain2	<ÖL.	<ÖL.	21.80 ±1.20	49.47 ±0.31	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	30.03 ±1.33	4.05 ±0.00	<ÖL.	4.60 ±0.08	9.68 ±0.14	<ÖL.	1.18 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.34 ±0.01	<ÖL.	<ÖL.	5.77 ±0.03			
Ürgüp	Karain3	<ÖL.	<ÖL.	13.62 ±1.15	52.28 ±0.05	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.55 ±0.20	27.33 ±2.31	4.78 ±0.20	<ÖL.	4.18 ±0.05	10.35 ±0.20	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	9.09 ±0.23			
Ürgüp	Karakaya1	<ÖL.	<ÖL.	30.16 ±0.24	2.19 ±0.06	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	18.53 ±8.94	1.28 ±0.00	<ÖL.	6.70 ±0.32	6.38 ±0.04	0.33 ±0.00	2.20 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.21 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	671.50 ±7.90			
Ürgüp	Karakaya2	<ÖL.	<ÖL.	26.32 ±5.66	2.27 ±0.06	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.11 ±0.15	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	5.93 ±0.08	6.22 ±0.07	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	137.5 ±1.2			
Ürgüp	Man2	<ÖL.	3.20 ±0.02	<ÖL.	78.27 ±0.65	<ÖL.	0.54 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	13.67 ±2.34	5.43 ±0.00	<ÖL.	5.83 ±0.03	3.03 ±0.09	<ÖL.	2.68 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.14 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	12.05 ±0.02			
Ürgüp	Merkez2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	96.94 ±0.56	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	27.97 ±6.05	12.00 ±1.76	<ÖL.	6.93 ±0.23	2.61 ±0.03	0.22 ±0.00	6.65 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.14 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	5.59 ±0.27			
Ürgüp	Sarıhıdır2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	163.50 ±2.50	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	3.20 ±0.10	24.33 ±1.15	2.92 ±0.09	<ÖL.	3.39 ±0.09	16.94 ±0.16	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	1.50 ±0.02	<ÖL.	<ÖL.	16.42 ±1.82			
Ürgüp	Sarıhıdır3	<ÖL.	<ÖL.	131.6 ±2.00	61.14 ±0.43	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	5.99 ±0.00	32.60 ±3.82	6.68 ±2.29	<ÖL.	21.95 ±0.26	133.5 ±0.10	0.18 ±0.00	2.38 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	12.42 ±1.85	1.75 ±0.09	12.70 ±2.89	<ÖL.	37.16 ±0.37			
Ürgüp	Şahinefendi2	0.88 ±0.12	<ÖL.	<ÖL.	99.82 ±0.48	<ÖL.	0.86 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	14.33 ±1.10	1.06 ±0.00	<ÖL.	3.79 ±0.01	5.51 ±0.08	0.16 ±0.00	2.80 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.19 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	4.18 ±0.05			
Ürgüp	Yeşilöz2	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	53.44 ±0.44	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	2.20 ±0.00	26.07 ±1.22	<ÖL.	<ÖL.	3.35 ±0.06	8.81 ±0.09	<ÖL.	2.46 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	<ÖL.	0.23 ±0.00	<ÖL.	<ÖL.	60.23 ±1.33			
	Ölçüm limiti	0.87	3.14	5.9	0.41	0.2	0.57	0.56	0.83	1.37	25.8	0.95	4.69	83.1	19.9	0.52	1.62	4.67	10.5	11.5	0.48	7.15	8.16	0.69			

EK 6. Nevşehir ili su numunelerinde anyon konsantrasyonu.

Sıra	Numune Alınm Yeri		ANYON KONSANTRASYONU (µg/L), (ppb)										Fosfat [PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ]
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Florür [F]	Klorür [Cl]	Bromür [Br]	Nitrat [NO <sub>3</sub> ]	Nitrit [NO <sub>2</sub> ]	Sülfat [SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ]			Fosfat		
1	Avanos	Merkez	262.3±2.1	9227.8±4.4	33.4±0.3	21181.4±4.9	<MDL	10669.7±12.4	<MDL			<MDL	
2	Avanos	B.Ayhan	670.8±9.0	51838.2±9.6	83.3±0.5	21531.5±7.2	<MDL	164114.6±30.2	<MDL			<MDL	
3	Avanos	Özkonak Kasabası	192.3±2.5	4123.9±8.2	<MDL	30100.4±5.2	<MDL	9776.3±26.9	<MDL			<MDL	
4	Avanos	Sarıhıdır	286.3±9.5	170270.6±25.0	97.4±0.8	37028.0±4.4	<MDL	676916.3±17.0	<MDL			<MDL	
5	Avanos	Bozca	249.8±0.7	4624.2±2.1	15.6±0.4	13896.7±15.0	<MDL	4732.7±7.0	<MDL			<MDL	
6	Ürgüp	Karakaya	264.7±0.7	7067.2±4.0	16.3±0.3	17751.4±19.0	<MDL	7030.3±21.4	<MDL			<MDL	
7	Ürgüp	Aksalur	280.0±0.4	4554.1±7.2	<MDL	11642±20	<MDL	3365.4±6.7	<MDL			<MDL	
8	Ürgüp	Akköy	147.7±0.9	5297.2±7.5	12.2±0.1	13046.6±2.2	<MDL	4929.8±21.7	<MDL			<MDL	
9	Ürgüp	Başdere	155.9±0.3	2692.3±2.9	<MDL	14592.6±2.0	<MDL	6095.2±7.7	<MDL			<MDL	
10	Ürgüp	Yeşilöz	173.6±0.5	4971.6±5.1	10.4±0.4	23925±28	<MDL	4635.4±6.8	<MDL			<MDL	
11	Ürgüp	Karain	350.8±1.1	6385.8±12.5	16.7±0.2	11394.8±24.0	<MDL	12696.6±27.5	<MDL			<MDL	
12	Ürgüp	Merkez	102.0±0.3	3091.1±2.8	8.6±0.1	8286.3±5.9	<MDL	3227.2±2.1	<MDL			<MDL	
13	Avanos	Mahmatlar	134.8±1.0	18036.0±5.6	20.6±8.0	54154.1±2.2	19.1±0.4	24355.9±13.5	<MDL			<MDL	
14	Avanos	Kalaba	138.9±1.1	18033.4±7.0	11.5±0.1	53993.3±15.0	16.5±0.1	22962.2±49.2	<MDL			<MDL	
15	Kozaklı	Akpınar	154.6±1.2	24901.6±8.6	63.5±0.3	51198.3±86.0	<MDL	27770.7±70.1	<MDL			<MDL	
16	Kozaklı	Merkez	1274.1±5.7	77645.3±4.8	19.5±0.2	23861.6±20.0	<MDL	55515.0±37.9	<MDL			<MDL	
17	Kozaklı	Kanlıca	347.4±1.0	<MDL	137.4±1.0	13268.8±25.0	<MDL	396199.8±14.7	<MDL			<MDL	
18	Kozaklı	Karahasanlı	525.2±4.1	<MDL	16.6±0.1	58363.3±48.0	<MDL	611963.9±12.3	<MDL			<MDL	
19	Kozaklı	Özce-Hızıruşağı	503.0±1.7	97796.8±10.0	13.7±0.1	31330.7±34.0	<MDL	19053.3±14.7	<MDL			<MDL	
20	Kozaklı	Belediye Kaplıca suyu	1667.5±7.7	<MDL	211.7±0.5	6358.6±4.9	<MDL	413266.9±28.7	<MDL			<MDL	
21	Kozaklı	Yassıca	930.6±3.5	158567.4±32.0	31.2±0.1	59130.9±10.0	<MDL	260848.7±47.7	<MDL			<MDL	
22	Kozaklı	Kalecik	295.3±1.0	4246.7±41.1	15.2±0.2	95874±14	<MDL	7933.2±44.0	<MDL			<MDL	
23	Hacıbektaş	Başköy	775.6±5.2	85787.6±10.0	70.9±0.4	42030±42	<MDL	72068.5±82.5	<MDL			<MDL	
24	Hacıbektaş	Yeniapan	294.3±2.9	10464.0±8.5	18.6±0.1	28016.7±2.8	<MDL	6165.8±7.3	<MDL			<MDL	
25	Avanos	Topaklı	248.9±0.5	13173.3±8.8	21.0±0.4	49936.6±1.4	<MDL	25479.7±19.3	<MDL			<MDL	
26	Kozaklı	Abdi	279.2±0.2	11892.2±10.0	17.5±0.3	90754.6±12.0	<MDL	21923.7±27.2	<MDL			<MDL	
27	Hacıbektaş	Yurtveri	275.9±1.5	5195.8±5.6	15.4±0.3	94965.8±6.7	<MDL	15626.7±10.1	<MDL			<MDL	
28	Hacıbektaş	Avuçköy	348.3±0.2	16517.8±12.0	14.1±0.0	55548.7±72.0	19.1±0.1	27004.1±31.0	<MDL			<MDL	
29	Avanos	Altıpınar	222.5±2.1	2335.1±0.1	<MDL	31873.8±9.6	<MDL	14133.3±6.5	<MDL			<MDL	
30	Avanos	Sarılar	292.3±1.2	4043.9±4.1	21.3±0.4	49936.6±1.4	<MDL	7392.8±6.8	<MDL			<MDL	
31	Avanos	Kuyulukışla	550.5±1.5	65809.5±6.8	182.1±0.8	28016.7±2.8	<MDL	220211.3±276.0	<MDL			<MDL	

EK 6. Nevşehir ili su numunelerinde anyon konsantrasyonu (devam).

Sıra	Numune Alınm Yeri		ANYON KONSANTRASYONU (µg/L), (ppb)										Fosfat [PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ]
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Florür [F]	Klorür [Cl]	Bromür [Br]	Nitrat [NO <sub>3</sub> ]	Nitrit [NO <sub>2</sub> ]	Sülfat [SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ]					
32	Gülşehir	Gümüşyazı	351.1±0.9	3472.6±9.3	11.4±0.3	23234.3±25.0	<MDL	46615.4±48.5	<MDL				
33	Gülşehir	Yeşilöz	168.4±0.9	3648.6±2.0	14.4±0.3	11745.1±6.3	<MDL	28927.7±26.8	<MDL				
34	Gülşehir	Merkez	706.8±4.3	51824.2±3.0	16.6±0.1	20195±11	<MDL	57904.2±25.3	<MDL				
35	Hacıbektaş	Kılık	321.9±3.5	25678.6±15.0	21.5±0.4	31017.2±12.0	<MDL	55761.4±19.2	<MDL				
36	Hacıbektaş	Çiğdem	493.7±1.1	22672.6±24.0	12.6±0.2	53282.2±55.0	<MDL	61100.9±62.6	<MDL				
37	Hacıbektaş	Mikail	795.0±2.7	67330.7±79.0	187.0±0.5	20129.5±27.0	<MDL	99075.8±10.9	<MDL				
38	Hacıbektaş	Merkez	453.8±1.5	23007.0±8.5	26.4±0.7	60006.1±37.0	17.7±0.1	20414.0±63.1	<MDL				
39	Hacıbektaş	Akçataş	393.6±0.2	3875.4±12.3	<MDL	40987.4±72.0	<MDL	15712.3±26.5	<MDL				
40	Hacıbektaş	Kürükcü	243.0±0.7	13098.3±18.0	11.5±0.1	30559.6±41.0	<MDL	14088.6±20.3	<MDL				
41	Gülşehir	Gümüşkent	223.6±1.3	3554.3±8.1	<MDL	9930.4±4.7	<MDL	20466.9±48.9	<MDL				
42	Gülşehir	Yeşilyurt (Sığırh)	232.1±0.4	23007.8±47.0	58.8±0.4	27884.8±56.0	24.0±0.2	98753.7±22.1	<MDL				
43	Hacıbektaş	Karaburna	509.2±1.2	17532.8±24.0	77.6±0.4	46729.4±20.0	<MDL	33764.9±36.3	<MDL				
44	Gülşehir	Şahimler	756.6±0.6	33733.0±72.8	75.9±0.4	64902.7±15.0	<MDL	92326.0±104.9	<MDL				
45	Gülşehir	Abuşağı	160.4±6.0	209511.0±41.2	17.4±0.1	10276.3±16.0	<MDL	320925.8±8.0	<MDL				
46	Gülşehir	Fakuşağı	502.3±1.6	8652.7±10.7	23.2±0.5	42838.7±31.0	52.5±0.0	22081.7±7.7	<MDL				
47	Gülşehir	Hamzalı	436.0±2.9	44552.0±17.7	68.1±0.8	50523.5±19.0	29.5±0.3	67963.4±16.4	<MDL				
48	Gülşehir	Yalıntaş	1065.6±5.6	6466.2±13.1	20.6±0.2	54698.2±16.0	<MDL	57732.7±14.0	<MDL				
49	Gülşehir	Gökçetoprak	419.0±5.3	62160.3±12.2	23.8±0.1	133240.7±31.0	<MDL	88805.3±20.0	<MDL				
50	Gülşehir	Ovaören	408.6±1.5	19515.4±40.0	17.4±0.3	22692.8±12.0	<MDL	35372.2±6.4	<MDL				
51	Gülşehir	Bölükören	228.6±1.4	5325.4±4.2	6.6±0.2	34971.8±18.0	<MDL	11807.2±8.3	<MDL				
52	Gülşehir	Kızılkaya	546.4±2.8	21765.7±4.8	72.9±0.4	87873.6±67.0	<MDL	87141.7±9.3	<MDL				
53	Gülşehir	Tuzköy	524.1±3.3	62680.3±11.2	33.6±0.0	21755.6±14.0	611.4±0.6	72733.1±12.7	<MDL				
54	Merkez	Turizm otel (Valilik)	651.4±3.1	20185.4±17.0	27.8±0.2	23457.3±18.0	26.2±0.1	29496.2±23.1	<MDL				
55	Merkez	Subsaray	209.0±1.2	7168.1±12.5	21.6±0.2	10133.2±18.0	<MDL	9276.3±15.3	<MDL				
56	Merkez	Çat	861.2±0.6	9069.5±7.8	<MDL	16849.5±14.0	<MDL	5379.5±5.0	<MDL				
57	Gülşehir	Karacaşar	1244.4±6.6	15624.2±29.0	17.6±0.1	14261.7±64.0	39.2±0.1	6781.7±9.2	<MDL				
58	Acıgöl	Tatların Beldesi	239.4±5.2	18675.7±24	20.9±0.5	41478.3±11.0	<MDL	39183.5±6.0	<MDL				
59	Acıgöl	Yuvaköyü	227.2±0.4	5933.1±16.1	<MDL	20229.2±61.0	13.7±0.1	10927.9±36.9	<MDL				
60	Acıgöl	Merkez	226.8±0.3	8549.3±11.8	27.5±0.4	10927.9±37.0	<MDL	121263.2±16.2	<MDL				
61	Acıgöl	Karapınar	201.7±0.6	3118.1±4.6	<MDL	30055.3±30.0	93.3±0.2	35392.9±57.4	<MDL				
62	Acıgöl	Kurugöl	382.2±1.6	6162.6±4.1	31.0±0.5	7410.6±3.5	13.9±0.0	5668.4±1.8	<MDL				

EK 6. Nevşehir ili su numunelerinde anyon konsantrasyonu (devam).

Sıra	Numune Ahım Yeri		ANYON KONSANTRASYONU ( $\mu\text{g/L}$ ), (ppb)										Fosfat [ $\text{PO}_4^{3-}$ ]
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Florür [F]	Klorür [Cl]	Bromür [Br]	Nitrat [ $\text{NO}_3$ ]	Nitrit [ $\text{NO}_2$ ]	Sülfat [ $\text{SO}_4^{2-}$ ]					
63	Derinkuyu	Kuyulutlar	131.9±2.5	40858.2±32.0	43.4±0.5	6154.0±2.9	263.2±2.1	13892.4±12.5	<MDL				
64	Derinkuyu	Suvermez	259.4±0.1	11937.3±7.9	18.7±0.3	12517.3±15.0	415.3±0.8	6304.9±1.0	<MDL				
65	Derinkuyu	Özlüce	304.7±0.7	2808.9±5.9	<MDL	4561.3±0.8	<MDL	2431.3±8.2	<MDL				
66	Merkez	Kaymaklı	90.2±0.1	5045.3±3.4	<MDL	14021.1±3.1	<MDL	4069.1±4.0	<MDL				
67	Derinkuyu	Merkez	153.2±0.1	7142.5±2.4	<MDL	19641.9±8.2	71.7±0.1	5250.1±1.4	<MDL				
68	Ürgüp	Mazı	83.9±0.1	3177.1±3.0	16.2±0.2	6993.6± 6.2	297.1±0.6	3923.9±6.1	<MDL				
69	Ürgüp	Şahinefendi	128.8±0.3	4121.2±4.3	<MDL	12550.9±12.0	<MDL	3700.4±3.4	<MDL				
70	Merkez	Alaçaşar	827.7±11.5	15056.8±28.0	30.3±0.3	11788.4±1.4	47.4±0.3	6760.2±12.4	<MDL				
71	Merkez	Nar Beldesi	384.4±2.2	10673.8±4.9	17.9±0.2	15928.4±9.2	77.5±0.0	38143.7±17.6	<MDL				
72	Merkez	Güvercinlik	247.1±0.4	5626.1±10.5	<MDL	20916.9±36.0	<MDL	16973.5±34.3	<MDL				
73	Merkez	Kavak Beldesi	150.4±0.3	2793.0±4.3	<MDL	5461.5±8.7	37.8±0.1	2861.4±4.5	<MDL				
74	Merkez	Göreme	128.0±0.3	4869.4±2.8	<MDL	6357.5±4.8	709.8±0.5	6276.9±2.9	<MDL				
75	Avanos	Mahmatlar	105.9±0.2	5875.7±5.4	28.7±0.3	29296.8±3.4	<MDL	5779.9±4.8	<MDL				
76	Avanos	Kalaba	135.6±0.7	11174.2±11.5	30.8±0.1	31246.2±2.7	<MDL	13358.2±12.6	<MDL				
77	Avanos	Üçkuyu	343.9±3.6	84441.4±16.6	363.3±1.8	48757.2±3.9	<MDL	147181.0±25.3	<MDL				
78	Kozaklı	Akpınar	657.9±1.5	10642.7±14.6	42.0±0.1	8031.1±7.4	<MDL	35794.1±32.9	<MDL				
79	Kozaklı	Merkez(Beld. kaplıca)	1259.3±8.4	418066.0±20.6	278.5±0.2	4550.3±6.7	<MDL	341241.7±28.7	<MDL				
80	Kozaklı	Kanlıca	297.6±3.1	385952.6±14.4	333.8±0.7	7924.0±1.1	<MDL	369573.3±22.7	<MDL				
81	Kozaklı	Karahasanlı	471.4±3.8	259991.2±15.1	106.1±0.1	35534.7±10.6	<MDL	632935.4±76.9	<MDL				
82	Kozaklı	Dereköy	896.8±4.2	27741.1±8.6	60.4±0.4	21065.8±9.1	<MDL	97071.5±21.5	<MDL				
83	Kozaklı	Yassıca	341.2±1.2	594998.7±7.9	377.7±1.2	40246.9±4.5	<MDL	383507.9±2.4	<MDL				
84	Kozaklı	Kalecik	205.8±1.0	4025.0±1.3	18.3±0.2	73984.6±32.1	<MDL	7353.7±4.5	<MDL				
85	Kozaklı	Dörtöl	164.1±0.6	6299.0±9.5	20.5±0.3	67993.1±104.5	34.0±0.1	17502±35	<MDL				
86	Kozaklı	Abdi	223.3±2.3	11907.9±9.0	33.9±3.4	67461.6±109.2	<MDL	20155.5±13.5	<MDL				
87	Hacıbektaş	Kösebaşı	281.8±0.1	2803.7±2.0	28.4±0.3	29967.6±40.0	<MDL	7314.3±5.4	<MDL				
88	Hacıbektaş	Kılıç	468.3±2.1	24227.6±25.5	113.5±0.8	30652.2±57.7	<MDL	55893.3±65.0	<MDL				
89	Avanos	Kuyuluğuşa	574.7±2.0	31112.2±23.5	172.8±0.8	42541.1±54.5	<MDL	137813.6±136.0	<MDL				
90	Avanos	Ayhanlar (Baraj suyu)	397.5±2.1	112974.5±62.6	114.8±0.2	2142.6±8.07	11.6±0.6	202719.4±81.3	<MDL				
91	Avanos	B.Ayhan	516.2±1.7	39946.7±31.2	78.1±0.6	13413.3±1.2	<MDL	147756.5±52.6	<MDL				
92	Hacıbektaş	Merkez	342.4±2.7	22893.2±16.1	41.5±0.2	42723.0±15.5	<MDL	19801.5±43.6	<MDL				
93	Hacıbektaş	Avuçköy	237.7±0.2	18138.9±10.7	34.5±0.1	40268.1±28.0	50.20±0.07	22578.3±17.5	<MDL				

EK 6. Nevşehir ili su numunelerinde anyon konsantrasyonu (devam).

Sıra	Numune Alınm Yeri		ANYON KONSANTRASYONU ( $\mu\text{g/L}$ ), (ppb)										Fosfat [ $\text{PO}_4^{3-}$ ]
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Florür [F]	Klorür [Cl]	Bromür [Br]	Nitrat [ $\text{NO}_3$ ]	Nitrit [ $\text{NO}_2$ ]	Sülfat [ $\text{SO}_4^{2-}$ ]			Fosfat [ $\text{PO}_4^{3-}$ ]		
94	Hacıbektaş	İlicelekler	200.4±1.6	9069.1±7.8	19.6±0.06	34881.5±13.1	<MDL	19186.2±8.9	<MDL		<MDL		
95	Hacıbektaş	Yurtyeri	193.7±1.6	6169.1±6.4	44.7±0.1	65044.4±96.5	<MDL	19786.0±25.6	<MDL		<MDL		
96	Hacıbektaş	Başköy	578.5±3.0	85108.2±95.4	104.6±0.1	32145.3±21.3	<MDL	67821.9±58.8	<MDL		<MDL		
97	Hacıbektaş	Yeniyapan	240.8±2.5	9434.7±15.9	23.3±0.2	12889.7±5.7	<MDL	5989.5±10.9	<MDL		<MDL		
98	Hacıbektaş	Çiğdem	378.9±1.9	20565.6±15.4	28.7±0.6	38068.8±32.1	<MDL	58742.8±39.8	<MDL		<MDL		
99	Hacıbektaş	Mikail	591.4±4.1	53968.2±40.7	151.8±0.7	86505.0±77.4	<MDL	<MDL	<MDL		<MDL		
100	Hacıbektaş	Karaburna	833.7±4.9	53346.0±41.5	241.2±0.7	31870.0±22.6	<MDL	51028.6±22.6	<MDL		<MDL		
101	Hacıbektaş	Karaburna göl suyu	920.1±2.8	21921.4±4.2	84.2±0.4	4347.6±1.0	54.4±0.1	70346.5±37.6	<MDL		<MDL		
102	Hacıbektaş	Akçataş	325.4±1.1	4620.7±7.7	13.3±0.1	40957.2±26.9	<MDL	13966.6±25.2	<MDL		<MDL		
103	Hacıbektaş	Kütükcü	193.8±2.8	15663.4±17.2	15.2±0.1	20806.8±21.2	<MDL	15866.6±17.7	<MDL		<MDL		
104	Hacıbektaş	H.Tepesidelik	105.6±1.0	2522.9±1.3	<MDL	5705.3±5.5	<MDL	13077.3±13.2	<MDL		<MDL		
105	Gülşehir	Gümüşyazı	282.0±1.3	3199.9±4.0	20.6±0.1	18846.8±13.9	<MDL	21063.7±3.5	<MDL		<MDL		
106	Gülşehir	Dadağı	216.8±1.1	98616.4±12.1	228.6±0.3	<MDL	<MDL	114759.9±44.1	<MDL		<MDL		
107	Gülşehir	Merkez	438.8±1.5	36386.1±5.0	<MDL	12967.0±14.3	<MDL	26878.8±12.4	<MDL		<MDL		
108	Merkez	Subsaray	195.2±1.4	7623.2±4.3	<MDL	9129.9±5.7	<MDL	9338.7±5.2	<MDL		<MDL		
109	Merkez	Nar	298.2±0.7	11476.3±14.1	<MDL	13398.6±15.7	<MDL	36981.9±1.9	<MDL		<MDL		
110	Merkez	Merkez (Turizm Otel)	495.1±0.6	18201.3±10.9	<MDL	18242.8±12.3	<MDL	23962.2±21.1	<MDL		<MDL		
111	Merkez	Çat	616.2±1.1	12052.2±5.0	<MDL	11714.4±6.7	<MDL	5962.8±5.3	<MDL		<MDL		
112	Gülşehir	Karacaşar	929.2±5.4	14151.7±12.2	44.3±0.1	10876.5±12.4	<MDL	6458.1±7.1	<MDL		<MDL		
113	Gülşehir	Tuzköy	384.7±3.3	65857.1±32.6	102.9±0.2	19245.9±15.2	<MDL	71925.1±1.7	<MDL		<MDL		
114	Gülşehir	Yeşilyurt(Sığırılı)	141.1±0.7	2975.4±0.9	<MDL	1093.6±3.0	<MDL	24899.3±8.2	<MDL		<MDL		
115	Gülşehir	Kızılırmak suyu	78.4±2.1	344285.0±2.5	106.8±0.5	3121.2±5.2	<MDL	349130.2±16.8	<MDL		<MDL		
116	Gülşehir	Abuşağı	69.0±0.1	202171.6±0.4	48.8±0.3	13179.6±3.8	<MDL	300739.3±24.4	<MDL		<MDL		
117	Gülşehir	Fakuşağı	406.9±3.9	8923.9±3.2	45.3±0.1	26974.6±29.1	<MDL	33675.1±3.3	<MDL		<MDL		
118	Gülşehir	Emmiler	110.2±0.8	162464.4±15.4	212.7±1.6	5979.1±6.3	<MDL	212360.2±22.5	<MDL		<MDL		
119	Gülşehir	Hamzalı	298.5±1.6	45133.0±12.6	65.4±0.1	31388.7±5.3	<MDL	54265.3±12.0	<MDL		<MDL		
120	Gülşehir	Yalıntaş	324.5±1.3	10945.3±5.6	47.7±0.1	5194.6±5.1	<MDL	107082.3±5.8	<MDL		<MDL		
121	Gülşehir	Gökçetoprak	346.6±0.4	15025.3±12.5	58.1±0.1	58866.8±31.3	<MDL	43453.6±3.3	<MDL		<MDL		
122	Gülşehir	Ovaören	315.0±1.0	14843.6±5.9	46.5±0.5	27527.9±18.0	<MDL	37108.6±14.6	<MDL		<MDL		
123	Gülşehir	Kızılkaya	4085.0±2.7	21293.7±26.7	67.3±0.3	56087.9±131.1	<MDL	76733.5±87.2	<MDL		<MDL		
124	Acıgöl	Tatların	295.2±3.4	18229.2±4.0	36.4±0.4	33055.0±2.8	<MDL	36823.6±8.9	<MDL		<MDL		

EK 6. Nevşehir ili su numunelerinde anyon konsantrasyonu (devam).

Sıra	Numune Alın Yeri		ANYON KONSANTRASYONU ( $\mu\text{g/L}$ ), (ppb)									
	İlçe Adı	Köy/Mahalle Adı	Florür [F]	Klorür [Cl]	Bromür [Br]	Nitrat [NO <sub>3</sub> ]	Nitrit [NO <sub>2</sub> ]	Sülfat [SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ]	Fosfat [PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ]			
125	Acıgöl Merkez	Merkez	198.3±0.9	9438.4±6.4	30.6±0.5	2347.8±7.0	<MDL	120885.9±66.4	<MDL			
126	Merkez	Boğazköy	407.9±2.8	17212.9±12.9	50.6±0.1	19315.6±10.1	<MDL	9815.5±3.5	<MDL			
127	Merkez	Alaçaşar	608.6±2.8	14788.6±5.5	47.3±0.4	12112.0±7.5	<MDL	6376.5±4.1	<MDL			
128	Acıgöl	Ağılı	211.6±9.8	8866.0±5.6	44.9±0.1	4860.6±2.5	<MDL	4343.6±2.1	<MDL			
129	Acıgöl	Kurugöl	271.4±0.3	6107.0±0.6	<MDL	9579.5±2.6	<MDL	5219.9±2.7	<MDL			
130	Derinkuyu	Doğala	195.2±0.6	5191.7±3.4	20.3±0.1	7950.8±3.6	<MDL	10819.8±4.7	<MDL			
131	Derinkuyu	Kuyulutlar	139.7±1.6	39564.7±16.9	114.2±0.4	8875.1±2.9	<MDL	13092.6±6.7	<MDL			
132	Ürgüp	Karain	273.2±0.4	6667.4±0.4	32.8±0.2	7803.8±10.9	<MDL	13028.8±19.4	<MDL			
133	Ürgüp	Aksalur	217.3±0.2	3772.1±2.1	<MDL	8971.4±5.5	<MDL	3404.0±1.3	<MDL			
134	Ürgüp	Karakaya	224.3±1.3	7000.0±2.0	23.6±0.2	12987.7±5.1	<MDL	6738.5±3.2	<MDL			
135	Avanos	Bozca	222.5±1.4	6032.9±5.6	20.6±0.7	12900.1±9.1	<MDL	5915.2±5.7	<MDL			
136	Ürgüp	Sarıhdır	485.1±5.7	15834.5±3.5	<MDL	4707.7±3.6	<MDL	83326.9±12.5	<MDL			
137	Ürgüp	Çökek	263.2±3.0	7772.5±5.8	30.7±0.7	7796.3±2.3	<MDL	12008.7±23.0	<MDL			
138	Avanos	Merkez	170.4±0.7	14216.6±15.1	33.8±0.1	14880.1±16.5	<MDL	10264.2±13.0	<MDL			
139	Merkez	Uçhisar	870.7±1.7	35110.4±5.7	74.2±0.2	9829.0±2.1	115.4±0.3	46534.5±18.0	<MDL			
		MDL*	0.37	1.62	2.50	7.83	3.66	2.83	6.97			

\*MDL: Minimum detection limit

EK 7. Nevşehir ili tarım ürünlerinde <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>137</sup>Cs ve <sup>40</sup>K aktivite konsantrasyonu.

Sıra	Numune Alın Yeri		Tarım ürünü türü	Aktivite (Bq/kg)			
	İlçe adı	Köy adı		Ra-226	Th-232	Cs-137	K-40
1	Gülşehir		Kabak çekirdeği	<0.33	<0.28	<0.21	182±21
2	Gülşehir	Abuşağı	Buğday	<0.19	<0.19	<0.09	101.5±12.4
3	Gülşehir		Elma kurusu	0.77±0.16	<0.45	<0.22	215±25
4	Gülşehir		Kuru üzüm	<0.52	<0.38	<0.21	218±14
5	Gülşehir	Abuşağı-Yeşilöz	Arpa	<0.17	<0.17	<0.10	122.7±13.5
6	Gülşehir		Şekerpancarı	6.34±1.09	9.95±1.20	1.47±0.42	1176±139
7	Merkez	Göre Kasabası	Kabak çekirdeği	<0.31	<0.31	<0.34	180±21
8	Merkez	Çat	Kuru üzüm	<0.32	<0.33	<0.14	192.2±21.2
9	Merkez		Buğday	<0.38	<0.30	<0.11	108±7
10	Merkez		Nohut	<0.21	0.19±0.15	<0.12	269.9±32.8
11	Acıgöl	Yuvaköyü	Arpa kırma	<0.41	<0.34	<0.22	121±14
12	Acıgöl	Karacaören	Kabak çekirdeği	<0.43	<0.41	<0.21	196±13
13	Acıgöl	Tatların Beldesi	Kuru üzüm	<0.12	<0.14	<0.08	179.2±21.2
14	Acıgöl	Merkez	Arpa	<0.18	<0.20	<0.10	122.9±15.0
15	Derinkuyu		Kuru fasulye	<0.12	<0.12	<0.08	218.7±26.4
16	Derinkuyu		Patates	0.57±0.12	0.78±0.14	0.31±0.10	906.00±1.02
17	Derinkuyu	Suvermez	Patates	0.57±0.11	0.78±0.14	0.32±0.01	825±93
18	Ürgüp	Mustafapaşa	Kuru üzüm	<0.52	<0.37	<0.11	183±12
19	Ürgüp		Kuru kayısı (2013 mahsulü)	<0.21	<0.24	<0.14	471±51
20	Ürgüp		Kabak çekirdeği	<0.28	<0.30	<0.18	194±22
21	Ürgüp	Başdere	Nohut	<0.24	<0.20	<0.13	252±30
22	Avanos	Özkonak	Buğday	<0.31	<0.21	<0.13	94.1±8.2
23	Avanos	Özkonak	Nohut	<0.57	<0.41	<0.25	304±19
24	Avanos	Özkonak	Yulaf	<0.28	<0.25	<0.18	98.5±11.3
25	Avanos	Özkonak	Arpa kırma	<0.22	<0.20	<0.12	110±12
26	Avanos	Özkonak	Arpa	<0.11	<0.15	<0.08	105.4±12.8
27	Kozaklı		Arpa	<0.19	<0.18	<0.10	116.8±14.2
28	Hacıbektaş	Çiğdem	Saman örneği (Nuh Yılmaz)	<1.10	<1.60	<0.80	250±30
29	Ürgüp		Elma (Yaş)	<1.80	<1.20	<1.00	273.0±24.9
30	Hacıbektaş		Buğday	<0.40	<0.30	<0.20	104.2±7.6
31	Hacıbektaş		Arpa	<0.40	<0.50	<0.10	135.1±11.4
32	Kozaklı		Buğday	<0.50	<0.30	<0.20	130.3±9.6
33	Ürgüp		Patates	<1.50	<1.50	<1.10	806.2±58.9
34	Hacıbektaş		Şekerpancarı	<1.60	<1.60	<1.10	581.9±45.6
35	Kozaklı		Şekerpancarı	<0.60	<0.40	<0.30	277.4±19.1
36	Avanos		Şekerpancarı	<0.60	<0.50	<0.30	243.0±16.7

## EK 8. Nevşehir ili tarım ürünlerinde eser element ve ağır metal konsantrasyonu.

Analitler	Nohut		Patates		Ehina Kuruşu		Kuru Kayısı		Şeker Pancarı			Un Örneği IAEA V-2/1 SRM (1974)
	Avanos Özkonak	Merkez	Ürgüp Bâydere	Derinkuyu Suvermez	Derinkuyu	Ürgüp	Gülşehir	Ürgüp	Ürgüp	Gülşehir	Hacıbektaş	
Ag (µg/g)	<Ö.L.*	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.
Al (µg/g)	39.11±0.26	42.70±0.88	61.89±1.84	726.4±20.9	697.3±14.8	244.8±1.2	460.6±19.3	39.75±1.41	231.3±2.4	424.2±56	1110±73	936.1±40.5
As (µg/g)	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	1.56±0.00	<Ö.L.
Ba (µg/g)	2.08±0.05	1.30±0.01	1.68±0.03	4.38±0.07	4.84±0.07	1.69±0.00	4.77±0.04	3.59±0.05	3.05±0.04	133.7±5.1	37.37±0.76	16.78±0.53
Be (µg/g)	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.
Ca (µg/g)	682.8±7.6	721.8±18.9	718.3±4.9	665.1±5.7	1050±36	1100±16	1096±10	648.4±0.8	1312±13	9700±300	8352±288	6739±282
Cd (µg/g)	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.88±0.128	0.27±0.014	0.126±0.009	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	0.594±0.001	0.194±0.005	0.106±0.002
Co (µg/g)	0.219±0.025	1.68±0.01	0.780±0.022	1.14±0.01	0.908±0.028	0.413±0.015	0.355±0.001	0.247±0.002	0.574±0.015	5.26±0.00	0.734±0.022	6.01±0.02
Cr (µg/g)	0.563±0.011	1.14±0.02	0.735±0.002	1.39±0.00	1.28±0.05	1.77±0.03	1.52±0.01	0.576±0.006	0.703±0.004	21.27±0.08	4.51±0.09	3.98±0.00
Cs (µg/g)	<Ö.L.	2.13±0.38	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	3.89±0.01	<Ö.L.	<Ö.L.
Cu (µg/g)	4.21±0.13	4.59±0.02	6.30±0.15	3.92±0.01	5.40±0.25	5.00±0.17	2.57±0.12	2.07±0.08	3.29±0.09	16.27±0.11	5.55±0.34	9.74±0.46
Fe (µg/g)	45.04±0.35	95.78±0.59	78.97±1.04	539.4±4.4	436.0±7.5	162.3±3.2	306.3±3.2	51.49±1.02	174.7±3.4	6147±282	906.9±5.1	886.6±7.9
Hg (µg/g)	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.
K (µg/g)	8759±350	8258±120	7732±60	23610±600	21660±100	23160±700	9121±150	7982±320	20510±500	26800±100	13840±300	9535±70
Mg (µg/g)	1527±17	1251±20	1145±25	2085±37	1813±35	1470±33	469±19.7	495.6±0.9	765.1±30.8	7998±37	3650±71	2505±35
Mn (µg/g)	15.21±0.53	25.11±0.11	19.98±0.50	18.02±0.82	16.75±0.56	8.25±0.07	7.52±0.17	3.68±0.25	9.07±0.06	159.3±5.8	77.92±0.03	51.44±0.27
Na (µg/g)	398.4±2.0	368.2±9.0	352.2±3.2	901.4±29.6	699.1±0.1	444.3±22.1	376.1±3.8	401.9±0.8	432.6±11.2	9440±81	2785±92	1461±14
Ni (µg/g)	1.02±0.03	4.04±0.02	2.71±0.03	2.62±0.02	2.39±0.01	1.57±0.01	1.03±0.02	0.461±0.013	1.22±0.04	20.18±0.49	1.81±0.00	7.50±0.03
Pb (µg/g)	1.59±0.06	2.94±0.17	0.972±0.052	296.9±10.0	322.3±2.4	9.729±0.190	1.70±0.19	302.3±8.7	1.03±0.07	1967.0±64.6	10.71±0.21	1128±19.6
Sb (µg/g)	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	5.19±0.04	5.52±0.20	<Ö.L.	<Ö.L.	4.34±0.33	<Ö.L.	24.78±3.62	<Ö.L.	17.14±0.61
Se (µg/g)	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.
Si (µg/g)	87.7±2.4	136±31	207.7±4.4	798±28	999.8±23.4	517.6±13.4	810±22	83.4±1.4	517.9±10.8	43000±370	1487±27	501.9±0.6
Sr (µg/g)	8.33±0.11	4.367±0.090	3.66±0.15	4.12±0.32	3.51±0.23	2.44±0.22	3.34±0.19	2.47±0.46	6.69±0.35	104.4±1.4	69.40±0.77	39.45±0.27
Th (µg/g)	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	7.08±0.53	1.918±0.014	1.756±0.032
U (µg/g)	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	5.887±0.040	6.041±0.469	2.46±0.293	4.493±0.979	<Ö.L.	2.98	58.94±3.56	10.99±0.30	8.24±1.22
V (µg/g)	<Ö.L.	<Ö.L.	<Ö.L.	1.28±0.01	0.786±0.114	0.402±0.013	0.858±	<Ö.L.	0.351±0.049	16.86±0.40	2.31±0.02	2.11±0.02
Zn (µg/g)	14.06±0.32	19.03±0.22	25.88±0.27	42.47±0.39	10.96±0.02	13.58±0.02	7.53±0.06	9.38±0.27	9.21±0.25	54.07±0.24	14.92±0.51	25.98±0.00

\*Ö.L.: Ölçüm Limiti

Analitler	Ag (µg/L)	Al (µg/L)	As (µg/L)	Ba (µg/L)	Be (µg/L)	Ca (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cr (µg/L)	Cs (µg/L)	Cu (µg/L)	Fe (µg/L)	Hg (µg/L)	K (µg/L)	Mg (µg/L)	Mn (µg/L)	Na (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Sb (µg/L)	Se (µg/L)	Si (µg/L)	Sr (µg/L)	Th (µg/L)	U (µg/L)	V (µg/L)	Zn (µg/L)
LOQ (Ö.L.)	2.31	8.17	6.18	0.52	0.12	4.10	0.93	0.93	0.81	16	1.34	1.07	0.51	36.9	4.22	0.31	95.20	1.75	4.41	10.14	13.40	0.01	0.84	13.7	24.3	2.07	0.47

**EK 9. Evlerde radon araştırması bilgi formu.****EVLERDE RADON ARAŞTIRMASI BİLGİ FORMU**

Araştırma yapılan detektör no:.....  
 Görüşmenin yapıldığı tarih :.....  
 Görüşme yapılan kişinin adı soyadı:.....  
 Görüşme yapılan kişinin adresi, tel no:.....  
 Radon detektörünün eve konuş tarihi:..... Alınış tarihi:.....

Lütfen bina ve binanın yapısı hakkında uygun olanlarını işaretleyerek yanıtlayınız.

**1. Evin tipi:**

1. Apartman bodrumlu 2. Apartman bodrumsuz  
3. Müstakil bodrumlu 4. Müstakil bodrumsuz

**2. Evin yapıldığı yıl:**

- 1.1900'dan önce 2. 1900 -1945 3. 1950 -1969 4. 1970 -1979  
5.1980 -1989 6. 1990 -2000 7. 2000'den sonra

**3. Evin duvar, tavan ve tabanın yapı malzemesi:**

- Taban** : 1.Toprak 2. Beton 3. Ahşap  
**Tavan** : 1. Beton 2. Ahşap 3. Diğer  
**Duvarlar** : 1. Beton 2. Tuğla 3. Ahşap 4. Taş 5.Diğer .....

**4. Pencerelerin durumu:**

1. Pencereler tek camlı ısı yalıtımı iyi 2. Pencereler tek camlı ısı yalıtımı zayıf  
3. Pencereler çift camlı ısı yalıtımı iyi 4. Pencereler çift camlı ısı yalıtımı zayıf

**5. Havalandırma sistemi:** 1. Doğal havalandırma 2. Cihaz ile havalandırma**6. Havalandırma durumu:** 1. İyi havalanıyor 2. Az havalanıyor 3. Hiç havalanmıyor**7. Kışın ısıtma sistemi:** 1. Kalorifer 2. Kömür sobası 3. Doğal gaz 4. Diğer.....**8. Aşağıdaki boşlukları doldurunuz.**

a. Evin kullanım alanı .....m<sup>2</sup> b. Oda sayısı .....adet. c. Oturma salonunun alanı.....m<sup>2</sup>

**9. Kaç yıldır bu evde yaşıyorsunuz?**

1. 10 yıldan az 2. 10-20 yıl 3. 20-30 yıl  
4. 30-40 yıl 5. 40-50 yıl 6. 50 yıldan fazla

**10. Evde yaşayanların yaşı, cinsiyeti, mesleği ve sigara içme alışkanlıkları:**

Yaş	Cinsiyet	Meslek	Sigara içme alışkanlığı var (+) yok(-)

**11. Bu evde yaşayanlardan hiç akciğer kanseri olan veya bu hastalıktan ölen oldu mu?**

Eğer ölen veya hasta olan varsa yaşı, cinsiyeti ve ölüm yılını belirtiniz.

	Yaşı	Cinsiyeti (K) (E)	Yıl
<input type="checkbox"/> Öldü	(.....)	(.....)	(.....)
<input type="checkbox"/> Hasta	(.....)	(.....)	(.....)

## EK 10. Radon nedir?



### Radon Nedir?

Radon renksiz, gözle görülmeyen, tatsız, kokusuz radyoaktif bir gazdır. Havadan 7.5 kez, hidrojenden ise 100 kez daha ağırdır. Doğal radyoaktif bir madde olan uranyumun bozunma ürünlerinden radyumun bozunması sonucunda oluşur ve alfa parçacığı yayınlar. Radyoaktif radon gazının yarı ömrü 3.82 gündür.

### Radon'un kaynağı

Radonun kaynağı toprak, kayalar, yeraltı suları ve inşaat malzemeleridir.

### Radon gazının sağlığa etkileri

Radon, özellikle inşaat malzemesi olarak kullanılan taş, toprak ve çimentoda doğal olarak bulunmakta, kayaçların ve toprağın içinden yükselerek bina temellerinden ya da boru sistemlerinin içinden kolayca binalara sızmaktadır. Ev içinde bulunan radyoaktif radon gazı, nefes yoluyla akciğerlere ulaşarak akciğerleri ışınlamakta ve akciğer kanseri riskini artırmaktadır. Yüksek miktarda radon gazı içeren havanın solunmasıyla akciğer kanserine yakalanma riski de artmaktadır. Bu risk sigara içilen evlerde daha da artmaktadır. Evlerin havalandırılması radonun evde birikmesini önleyeceği için evler havalandırılmalıdır. Bu, evlerde radondan korunmanın tek yoludur.

USA Çevre Koruma Ajansı (EPA- Environmental Protection Agency) yılda 20.000 akciğer kanseri vakasının radon gazına bağlı olduğunu söylemektedir. Ayrıca her yıl gerçekleşen 10.000 kanser sonucu ölüme radon gazının neden olduğu belirtilmiştir. Radon ev ortamının yanında özellikle maden ocaklarında, tünellerde, mağaralarda ve yeraltı sularında görülmektedir. Akciğer kanserine yakalanma riskinin yüksek olduğu meslek grubunun uranyum madencileri olduğu belirlenmiştir.

### Radon gazının ortamda bulunması gereken maksimum değerleri

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi, "Evlerde ve iş yerlerinde radona karşı korunma" konusunda bir rapor yayınlamış ve radona maruz kalmayı sınırlandırmıştır. Bu değer Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Radyasyon Güvenliği Yönetmeliği'nde 400 Bq/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir.

### Radon dedektörleri

TAEK, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇNAEM), Sağlık Fiziği Bölümünde Türkiye'nin radon haritasının çıkarılması amacıyla "Evlerde Radon Ölçümü" yapılmaktadır. Bu proje kapsamında evlere gönderilen radon dedektörleri (Radondan gelecek alfa ışınlarına duyarlı CR-39 plastik iz dedektörleri), evlerde yaklaşık 2 ay süreyle bekletilip, toplanmakta ve değerlendirilmektedir.

Ev sahipleri dedektörleri alüminyum folyodan çıkararak, televizyon, kalorifer ya da sobadan uzak, çocukların oynamayacağı bir yere, kapaklarını açmadan yerleştirmelidirler. Dedektörlerle birlikte verilen formların da doldurulması gerekmektedir. Dedektör numaralarının forma işlenmesi, dedektörlerin evlere konuş ve alınış tarihlerinin doğru belirtilmesi çok önemlidir. Dedektör alüminyum folyodan çıkarılarak eve yerleştirilmeli, tarih, forma eve konuş tarihi olarak kaydedilmeli, 2 aylık süre sonunda dedektör yeniden alüminyum folyoya sarılmalı ve bu tarih dedektörün alınış tarihi olarak yine forma yazılmalıdır.

"Evlerde Radon Ölçümü" çalışmasına katkıda bulunduğunuz için teşekkür ederiz.

ÇNAEM Sağlık Fiziği Bölümü  
Radyasyon Ölçme ve Kontrol Birimi  
Nesli BİNGÖLDAĞ

**EK 11. Nevşehir ili evlerinde radon aktivite konsantrasyonu.**

Sıra	Dedektörün yerleştirildiği yer		Koordinatlar		RAC (Bq/m <sup>3</sup> )	
	İlçe	Mahalle / Köy adı	Kuzey	Doğu	YAZ	KIŞ
1	Acıgöl	Ağıllı	38,47377	34,50778	70.64±5.10	146.28±2.98
2	Acıgöl	Bağlıca	38,63575	34,4238	66.46±5.50	178.34±4.53
3	Acıgöl	Bahçeli Mah.	38,55220	34,51432	82.53±10.22	173.81±7.95
4	Acıgöl	Bahçeli Mah.	38,55271	34,5161	101.95±12.34	222.68±3.07
5	Acıgöl	Başlık Mah.	38,54704	34,50723	86.82±3.31	-
6	Acıgöl	Çullar	38,66906	34,39381	42.83±3.27	151.85±3.68
7	Acıgöl	İnalı	38,58143	34,50085	-	157.40±3.41
8	Acıgöl	Karacaören	38,53738	34,59448	29.09±3.57	147.89±1.02
9	Acıgöl	Karapınar	38,51503	34,54703	95.33±10.97	223.73±4.41
10	Acıgöl	Kozluca	38,60841	34,40384	58.01±5.17	188.59±2.64
11	Acıgöl	Kurugöl	38,43776	34,51467	47.03±1.00	142.41±2.18
12	Acıgöl	Nevşehir Cad.	38,55041	34,50892	90.25±3.39	216.20±5.19
13	Acıgöl	Tatların	38,63825	34,47336	-	161.39±1.46
14	Acıgöl	Tepeköy	38,56648	34,56923	78.85±4.47	295.07±6.88
15	Acıgöl	Topaç	38,47452	34,55952	52.53±3.11	155.17±1.26
16	Acıgöl	Yukarı Mah.(1)	38,54661	34,51090	47.30±5.35	159.41±5.28
17	Acıgöl	Yukarı Mah.(2)	38,54729	34,51253	-	171.00±3.31
18	Acıgöl	Yuvaköy	38,57542	34,41566	53.41±2.75	246.88±4.39
19	Acıgöl	Yuva Yolu	38,5738	34,41488	95.62±3.12	-
20	Avanos	Akarca	38,9543	34,95141	74.41±5.82	215.68±0.55
21	Avanos	Aktepe	38,69067	34,87127	93.16±4.20	215.27±6.39
22	Avanos	Alaaddin Mah.	38,72110	34,83699	40.49±7.73	129.33±2.50
23	Avanos	Altıpınar	38,93132	34,84602	67.29±5.47	334.38±6.27
24	Avanos	Bahçelievler Mah.(1)	38,71877	34,84948	74.60±10.33	193.62±8.35
25	Avanos	Bahçelievler Mah.(2)	38,70417	34,84227	47.17±3.32	206.16±6.80
26	Avanos	Bahçelievler Mah.(3)	38,71705	34,8441	77.09±3.57	168.00±8.89
27	Avanos	Bozca	38,76241	35,00763	84.55±3.91	237.48±4.48
28	Avanos	Büyük Ayhan	38,82605	34,73013	62.04±2.60	157.05±4.41
29	Avanos	Cumhuriyet Mah.	38,70835	34,84608	27.05±4.97	-
30	Avanos	Çalış	38,99238	34,86083	59.60±2.77	255.44±8.06
31	Avanos	Çavuşin	38,67318	34,83872	63.82±5.40	239.35±4.05
32	Avanos	Göynük	38,79342	34,88318	49.56±0.98	138.83±1.75
33	Avanos	İğdelikişla	38,88646	34,71406	112.42±9.06	114.68±4.05
34	Avanos	Kalaba	38,96751	35,00054	119.29±6.51	210.79±4.87
35	Avanos	Karacauşağı	38,90935	34,92442	-	462.15±10.56
36	Avanos	Karaseki Mah. (1)	38,69637	34,86519	48.66±8.94	212.55±7.04
37	Avanos	Karaseki Mah. (2)	38,69769	34,86583	47.88±2.11	158.63±5.25
38	Avanos	Kuyulukışla	38,87797	34,72582	46.94±5.39	194.79±1.58
39	Avanos	Küçük Ayhan	38,83055	34,72647	85.53±9.05	394.99±10.45
40	Avanos	Mahmatlar	38,88296	34,9656	-	159.96±2.70

## EK 11. Nevşehir ili evlerinde radon aktivite konsantrasyonu (devam).

Sıra	Dedektörün yerleştirildiği yer		Koordinatlar		RAC (Bq/m <sup>3</sup> )	
	İlçe	Mahalle / Köy adı	Kuzey	Doğu	YAZ	KIŞ
41	Avanos	Özkonak	38,80738	34,86223	76.00±5.06	201.26±4.03
42	Avanos	Paşalı	39,01013	34,98125	61.59±3.06	151.95±1.69
43	Avanos	Sarılar	38,91559	34,78898	72.86±5.53	254.91±7.40
44	Avanos	Topaklı	39,01008	34,83058	-	157.41±1.66
45	Avanos	Üçkuyu	39,04196	34,98162	65.12±4.24	301.34±5.02
46	Avanos	Yeni Mah.	38,71510	34,83455	34.06±4.22	-
47	Avanos	Yukarı Mah.	38,72052	34,84946	65.20±4.38	164.47±6.19
48	Derinkuyu	Baş Mah.	38,37508	34,73329	65.21±8.54	174.29±5.64
49	Derinkuyu	Bayramlı Mah.	38,36604	34,74103	51.00±9.16	169.00±2.71
50	Derinkuyu	Cumhuriyet Mah.	38,37461	34,73559	113.66±8.52	208.71±5.02
51	Derinkuyu	Çakıllı	38,42473	34,65865	37.60±1.22	201.96±5.16
52	Derinkuyu	Demirci Mah.	38,37352	34,73354	40.29±11.37	197.00±4.47
53	Derinkuyu	Doğalla	38,43118	34,58952	75.21±7.26	152.25±4.63
54	Derinkuyu	Kuyulutatlar	38,3689	34,56172	67.02±9.16	518.27±4.82
55	Derinkuyu	Sağlık Ocağı Lojmanları	38,37685	34,73552	59.89±1.02	275.01±6.57
56	Derinkuyu	Suvermez	38,37317	34,64824	45.24±5.86	235.77±1.08
57	Derinkuyu	Tilköy	38,41811	34,81729	98.13±6.18	140.43±6.16
58	Derinkuyu	Yazıhöyük	38,3489	34,64035	60.81±3.85	218.78±1.95
59	Gülşehir	400 Evler Mah.	38,73544	34,62478	43.60±7.04	186.00±2.44
60	Gülşehir	Abuşağı	38,85235	34,31885	120.34±10.24	501.26±9.80
61	Gülşehir	Alemli	38,85801	34,6416	65.72±7.62	129.39±8.18
62	Gülşehir	Alkan	38,79163	34,6363	92.94±6.98	228.83±1.04
63	Gülşehir	Bölükören	38,64453	34,41021	65.80±6.52	318.32±5.02
64	Gülşehir	Civelek	38,78542	34,64875	51.23±4.65	228.13±4.23
65	Gülşehir	Çalışanlar Mah.	38,74771	34,61658	40.68±9.81	188.00±2.35
66	Gülşehir	Çayır Mah.	38,74204	34,61870	38.54±8.24	-
67	Gülşehir	Dadağı	38,83954	34,65006	58.99±2.01	254.26±3.18
68	Gülşehir	Eğrikuyu	38,73572	34,537	39.08±1.88	145.14±3.23
69	Gülşehir	Eskiyaylacık	38,79727	34,59602	42.47±3.01	340.16±5.30
70	Gülşehir	Fakuşağı	38,78819	34,31679	60.19±1.05	236.96±4.06
71	Gülşehir	Fatih Mah.(1)	38,74274	34,61859	52.67±5.69	163.22±7.68
72	Gülşehir	Fatih Mah. (2)	38,74208	34,62225	39.51±1.78	-
73	Gülşehir	Gökçetoprak	38,65785	34,30229	76.99±8.19	365.76±4.62
74	Gülşehir	Gülşehir Sağlık Ocağı	38,75093	34,6184	64.35±5.54	218.83±4.66
75	Gülşehir	Gümüşkent (1)	38,82471	34,54253	51.00±5.20	-
76	Gülşehir	Gümüşkent (2)	38,8215	34,5358	99.26±3.26	271.62±9.58
77	Gülşehir	Gümüşyazı	38,83825	34,69301	88.61±5.50	152.56±4.86
78	Gülşehir	Hacıhalilli	38,78573	34,35124	82.73±3.74	205.27±1.55
79	Gülşehir	Hacılar	38,83174	34,43867	53.83±4.65	264.83±2.02
80	Gülşehir	Hamzalı	38,76138	34,39099	56.24±8.11	210.71±3.15

**EK 11. Nevşehir ili evlerinde radon aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Dedektörün yerleştirildiği yer		Koordinatlar		RAC (Bq/m <sup>3</sup> )	
	İlçe	Mahalle / Köy adı	Kuzey	Doğu	YAZ	KIŞ
81	Gülşehir	Karacaşar	38,69929	34,5747	54.28±6.51	214.48±2.17
82	Gülşehir	Karahöyük	38,85922	34,41368	60.11±2.53	311.19±5.41
83	Gülşehir	Kızılkaya	38,6977	34,42207	69.42±5.55	111.44±2.98
84	Gülşehir	Oğulkaya	38,75472	34,37693	74.81±4.84	303.14±3.71
85	Gülşehir	Oruç Reis Mah.	38,73737	34,61943	52.38±5.11	135.20±2.43
86	Gülşehir	Ovaören	38,63373	34,2938	125.94±6.28	789.61±12.70
87	Gülşehir	Şahinler	38,85297	34,38294	57.00±4.59	256.25±3.55
88	Gülşehir	Terlemez (1)	38,7318	34,3039	49.03±2.61	139.43±5.35
89	Gülşehir	Terlemez (2)	38,73132	34,30346	60.16±8.95	-
90	Gülşehir	Tuzköy Belediyesi	38,76744	34,502	68.88±5.00	-
91	Gülşehir	Tuzköy-Cumh. Mah.(1)	38,74192	34,6186	68.33±1.52	148.42±2.97
92	Gülşehir	Tuzköy-Cumh. Mah.(2)	38,74273	34,6183	75.89±8.00	271.58±4.90
93	Gülşehir	Tuzköy-Hürriyet Mah.(1)	38,75744	34,50831	59.11±2.59	325.34±4.65
94	Gülşehir	Tuzköy-Hürriyet Mah.(2)	38,75932	34,50854	79.22±5.87	304.22±5.15
95	Gülşehir	Tuzköy-Hürriyet Mah.(3)	38,76043	34,51179	76.64±7.65	184.86±5.95
96	Gülşehir	Tuzköy-Hürriyet Mah.(4)	38,75879	34,51608	79.27±7.61	166.56±4.67
97	Gülşehir	Tuzköy-Hürriyet Mah.(5)	38,75838	34,51169	157.74±9.09	375.10±0.17
98	Gülşehir	Tuzköy-Yeni Mah.(1)	38,76824	34,50767	87.40±10.91	215.41±7.40
99	Gülşehir	Tuzköy-Yeni Mah.(2)	38,76502	34,49768	99.04±3.54	166.77±8.48
100	Gülşehir	Tuzköy-Yeni Mah.(3)	38,76968	34,52902	49.08±1.12	334.00±5.29
101	Gülşehir	Tuzköy-Yeni Mah.(4)	38,76775	34,50305	79.67±5.12	-
102	Gülşehir	Yakatarla	38,72841	34,36426	117.10±10.12	555.06±7.13
103	Gülşehir	Yalıntaş	38,69651	34,34866	73.00±10.39	175.93±6.96
104	Gülşehir	Yamalı	38,89057	34,27363	49.03±4.31	164.15±1.88
105	Gülşehir	Yeniyaylacık	38,7826	34,6201	74.79±3.54	126.75±3.30
106	Gülşehir	Yeşilli	38,84614	34,41671	45.69±2.05	167.66±4.03
107	Gülşehir	Yeşilyurt (Sığırlı)	38,8129	34,44824	51.30±4.32	175.75±3.63
108	Gülşehir	Yüksekli	38,80737	34,51254	53.12±4.43	283.00±3.85
109	Hacıbektas	Akçataş	38,90295	34,51157	78.27±2.19	620.02±9.16
110	Hacıbektas	Anapınar	38,90632	34,54202	48.67±5.03	192.42±6.98
111	Hacıbektas	Aşağıbarak	38,92426	34,68562	66.21±2.10	408.96±10.20
112	Hacıbektas	Aşıklar	38,92563	34,52877	66.83±2.75	195.60±2.43
113	Hacıbektas	Avuç	38,99782	34,66254	111.58±3.64	296.63±5.00
114	Hacıbektas	Bala Mah.(1)	38,94101	34,56480	58.00±1.78	-
115	Hacıbektas	Bala Mah.(2)	38,93742	34,55473	39.04±1.70	116.51±0.50
116	Hacıbektas	Bala Mah.(3)	38,93937	34,55296	36.81±1.91	368.20±4.95
117	Hacıbektas	Başköy	39,12312	34,606	86.31±2.87	438.54±4.40
118	Hacıbektas	Belbarak	38,973	34,69988	108.46±4.97	262.70±3.45
119	Hacıbektas	Büyük Burunağıl	39,07903	34,57697	83.56±2.37	213.56±2.68
120	Hacıbektas	Çiğdem	38,99963	34,5212	97.00±8.54	510.67±7.57

## EK 11. Nevşehir ili evlerinde radon aktivite konsantrasyonu (devam).

Sıra	Dedektörün yerleştirildiği yer		Koordinatlar		RAC (Bq/m <sup>3</sup> )	
	İlçe	Mahalle / Köy adı	Kuzey	Doğu	YAZ	KIŞ
121	Hacıbektaş	Çivril	38,96445	34,50928	57.25±4.86	182.41±4.88
122	Hacıbektaş	Hasanlar	39,12806	34,65846	102.50±3.05	424.45±3.70
123	Hacıbektaş	Hıdırlar	38,93958	34,64644	-	197.57±3.89
124	Hacıbektaş	İlice	39,01117	34,63727	100.48±2.64	353.54±3.23
125	Hacıbektaş	Karaburç	38,88671	34,42306	86.50±5.27	223.34±5.50
126	Hacıbektaş	Karaburna	38,86877	34,45783	160.95±5.26	574.16±1.04
127	Hacıbektaş	Karaovalar	39,08169	34,63697	98.07±5.21	238.19±2.77
128	Hacıbektaş	Kayaaltı	39,05234	34,77326	90.92±8.85	164.67±9.71
129	Hacıbektaş	Kayı	38,94023	34,50452	54.64±1.56	290.89±6.20
130	Hacıbektaş	Kızılağıl	39,00848	34,76755	119.83±5.84	365.79±2.89
131	Hacıbektaş	Killik	38,90797	34,66983	84.79±8.88	224.79±3.30
132	Hacıbektaş	Kisecik	38,93506	34,48008	45.01±6.54	304.73±5.16
133	Hacıbektaş	Köşektaş	38,98175	34,74467	46.52±3.13	229.51±1.50
134	Hacıbektaş	Kütükçü	38,89771	34,56714	53.98±3.61	149.98±12.74
135	Hacıbektaş	Mikail	38,96618	34,45212	74.31±0.53	180.76±2.81
136	Hacıbektaş	Sadık	39,03812	34,65964	126.83±7.64	748.21±10.80
137	Hacıbektaş	Savat Mah.(1)	38,94919	34,56646	69.48±5.07	181.94±1.01
138	Hacıbektaş	Savat Mah.(2)	38,94213	34,56332	72.21±5.91	-
139	Hacıbektaş	Tepesidelik	38,87027	34,60668	53.23±2.66	199.47±7.50
140	Hacıbektaş	Yenice	38,87052	34,58593	62.42±3.09	200.83±8.26
141	Hacıbektaş	Yeniyapan	39,03851	34,55192	158.99±5.58	363.88±11.68
142	Hacıbektaş	Yurtyeri	39,09995	34,69875	55.14±2.21	314.62±5.42
143	Hacıbektaş	Zir Mah.(1)	38,93897	34,55020	-	326.00±4.76
144	Hacıbektaş	Zir Mah.(2)	38,94518	34,55066	216.56±6.50	893.61±8.18
145	Hacıbektaş	Zir Mah.(3)	38,94943	34,55774	84.28±9.64	206.00±3.76
146	Kozaklı	Abdi (1)	39,07798	34,82343	59.32±4.05	161.12±3.40
147	Kozaklı	Abdi (2)	39,08153	34,82009	65.00±7.81	-
148	Kozaklı	Akpınar	39,11562	34,92794	54.06±10.49	159.40±2.62
149	Kozaklı	Altunsu Mah.	39,21388	34,86357	70.99±6.58	-
150	Kozaklı	Aylı	39,18937	34,77643	78.83±7.41	300.17±1.74
151	Kozaklı	Bahçelievler Mah.	39,21343	34,84550	53.31±0.60	-
152	Kozaklı	Belekli	39,20591	34,70933	73.66±3.23	215.24±7.17
153	Kozaklı	Boğaziçi	39,10816	34,75627	113.31±1.14	389.33±6.51
154	Kozaklı	Buruncuk Mah.	39,22365	34,85682	-	758.54±3.72
155	Kozaklı	Büyükyağlı	39,22765	34,92538	53.14±5.35	164.46±8.58
156	Kozaklı	Çağşak	39,08168	34,75398	115.80±11.82	278.22±6.25
157	Kozaklı	Çayıçi	39,20348	34,6858	68.52±7.33	211.41±5.50
158	Kozaklı	Doyduk	39,18902	34,75413	57.99±6.56	305.79±1.06
159	Kozaklı	Dört Yol	39,16475	34,8541	51.75±6.63	146.39±6.74
160	Kozaklı	Gerçe	39,11305	34,78763	79.06±3.52	276.60±5.11

**EK 11. Nevşehir ili evlerinde radon aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Dedektörün yerleştirildiği yer		Koordinatlar		RAC (Bq/m <sup>3</sup> )	
	İlçe	Mahalle / Köy adı	Kuzey	Doğu	YAZ	KIŞ
161	Kozaklı	Hacıfaklı	39,23608	34,88707	136.95±3.93	-
162	Kozaklı	Hamamorta Mah.(1)	39,22368	34,84628	-	600.33±11.61
163	Kozaklı	Hamamorta Mah.(2)	39,21603	34,85209	68.90±8.24	363.33±7.03
164	Kozaklı	Hızıruşağı	39,33154	34,63515	89.16±1.24	248.88±1.52
165	Kozaklı	İmran	39,16177	34,81955	80.75±5.98	181.98±2.68
166	Kozaklı	Kalecik	39,14796	34,73738	56.76±2.93	307.91±4.51
167	Kozaklı	Kanlıca	39,286	34,89214	86.39±9.99	315.27±6.84
168	Kozaklı	Kapaklı	39,08757	34,99722	55.50±7.47	216.35±7.00
169	Kozaklı	Karahasanlı	39,29267	34,72045	-	161.77±5.02
170	Kozaklı	Karasenir	39,28909	34,84655	88.25±5.91	282.55±8.22
171	Kozaklı	Kaşkişla	39,24553	34,87937	56.94±3.68	332.36±6.78
172	Kozaklı	Kızılkoyunlu Mah.	39,21960	34,81872	61.31±6.42	339.00±6.56
173	Kozaklı	Kuruvağıl	39,1131	34,88137	75.16±0.78	258.48±3.30
174	Kozaklı	Küçükyaglı	39,22878	34,91991	-	130.65±2.10
175	Kozaklı	Küllüce	39,22835	34,69073	78.17±0.29	213.59±2.18
176	Kozaklı	Merkez	39,21735	34,85152	49.05±2.70	-
177	Kozaklı	Özce	39,33676	34,63712	76.69±8.09	315.12±3.45
178	Kozaklı	Taşlıhöyük	39,15197	34,91155	103.58±7.04	227.19±2.44
179	Kozaklı	Yassıca	39,22472	34,65925	56.69±0.53	275.25±3.19
180	Kozaklı	Yeni Mah.(1)	39,22291	34,84936	58.39±8.84	343.33±7.24
181	Kozaklı	Yeni Mah.(2)	39,22227	34,84931	49.24±6.43	228.91±1.01
182	Kozaklı	Yeni Mah.(3)	39,21810	34,84272	-	276.00±4.29
183	Kozaklı	Yıldızevler	39,21369	34,85226	73.93±2.11	191.07±5.11
184	Merkez	2 nolu sağlık ocağı	38,62618	34,72046	-	137.46±3.50
185	Merkez	20 Temmuz Mah.(1)	38,6319	34,70971	67.35±2.06	178.43±2.20
186	Merkez	20 Temmuz Mah.(2)	38,63237	34,70481	-	146.00±2.46
187	Merkez	2000 Evler Mah.	38,67202	34,73675	66.32±3.22	122.27±1.55
188	Merkez	350 Evler Mah.(1)	38,62635	34,72547	63.30±7.10	184.38±2.60
189	Merkez	350 Evler Mah.(2)	38,62472	34,72355	58.20±14.35	-
190	Merkez	Afetevler Mah.	38,61932	34,72244	65.33±10.22	95.73±2.42
191	Merkez	Alacaşar (1)	38,61052	34,59805	-	387.43±4.07
192	Merkez	Alacaşar (2)	38,61775	34,59276	-	186.04±0.07
193	Merkez	Balcın (1)	38,61222	34,62388	-	216.81±5.63
194	Merkez	Balcın (2)	38,61083	34,6249	-	319.54±7.83
195	Merkez	Barış Manço Mah.	38,6243	34,72031	-	141.44±4.43
196	Merkez	Bekdik Mah.	38,62037	34,70819	61.64±0.55	124.89±1.84
197	Merkez	Cami Cedit Mah.	38,62275	34,71256	67.50±1.81	162.84±3.88
198	Merkez	Camiatik Mah.	38,62026	34,71612	62.96±5.07	-
199	Merkez	Cevherdudayev Mah.	38,63254	34,70174	90.27±6.13	88.96±6.15
200	Merkez	Cumhuriyet Mah.	38,62944	34,71003	91.06±8.78	195.14±1.03

**EK 11. Nevşehir ili evlerinde radon aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Dedektörün yerleştirildiği yer		Koordinatlar		RAC (Bq/m <sup>3</sup> )	
	İlçe	Mahalle / Köy adı	Kuzey	Doğu	YAZ	KIŞ
201	Merkez	Çardak	38,55035	34,76508	-	169.72±2.01
202	Merkez	Çat(1)	38,6772	34,65566	62.29±3.86	123.86±0.80
203	Merkez	Çat(2)	38,6788	34,65757	54.86±5.32	153.85±2.02
204	Merkez	Çat(3)	38,67959	34,65849	52.83±5.01	150.68±3.51
205	Merkez	Çiftlikköy	38,67783	34,49186	313.29±7.79	143.44±0.97
206	Merkez	Dere Mah.	38,61767	34,71543	56.54±6.05	206.92±5.42
207	Merkez	Emek Mah.(1)	38,63114	34,71704	60.37±3.51	254.76±3.06
208	Merkez	Emek Mah.(2)	38,63123	34,71736	47.78±3.29	-
209	Merkez	Esertepe Mah	38,62789	34,73466	75.22±3.34	-
210	Merkez	Eski Kahveci Sokak	38,61674	34,70775	-	208.27±7.75
211	Merkez	Eskili Mah.	38,61833	34,71244	100.82±3.91	205.19±2.30
212	Merkez	Göre	38,58068	34,72572	72.43±4.56	168.59±5.79
213	Merkez	Göreme(1)	38,64292	34,8311	49.00±1.73	-
214	Merkez	Göreme(2)	38,64409	34,82435	71.53±5.96	184.65±4.92
215	Merkez	Güzelyurt Mah.(1)	38,63558	34,73701	63.45±8.98	114.99±1.00
216	Merkez	Güzelyurt Mah.(2)	38,63651	34,73815	-	186.89±5.16
217	Merkez	Hacı Rüştü Mah.(1)	38,62726	34,71077	62.79±1.07	180.16±3.42
218	Merkez	Hacı Rüştü Mah.(2)	38,62721	34,71033	-	139.00±2.26
219	Merkez	Herikli Mah.	38,62875	34,71277	45.29±1.54	108.31±4.13
220	Merkez	İbrahimpaşa Mah.	38,62534	34,708	44.14±2.01	117.86±2.58
221	Merkez	İcik (1)	38,50033	34,60372	-	261.55±7.29
222	Merkez	İcik (2)	38,50298	34,60402	-	215.22±4.30
223	Merkez	Kapucubaşı Mah.	38,62223	34,70763	62.00±6.93	100.41±1.43
224	Merkez	Kara Solcu Mah.	38,62522	34,71661	46.85±1.62	-
225	Merkez	Kavak(1)	38,58073	34,81368	53.46±3.50	131.82±3.77
226	Merkez	Kavak(2)	38,56997	34,8184	97.39±5.23	327.00±2.65
227	Merkez	Kayacami Mah.	38,62012	34,71431	75.97±1.76	243.75±5.97
228	Merkez	Kaymaklı(1)	38,45455	34,74977	78.46±11.02	-
229	Merkez	Kaymaklı(2)	38,46383	34,75142	80.98±2.02	107.17±8.04
230	Merkez	Kıratlıoğlu Mah.(1)	38,62827	34,70467	55.69±0.60	133.34±0.57
231	Merkez	Kıratlıoğlu Mah.(2)	38,62472	34,70133	40.49±1.88	-
232	Merkez	M. Akif Ersoy Mah.(1)	38,60979	34,69601	77.27±4.46	139.00±2.56
233	Merkez	M. Akif Ersoy Mah.(2)	38,61358	34,70178	94.98±6.29	-
234	Merkez	Musapaşa Mah.	38,6169	34,7066	51.03±4.07	140.60±3.17
235	Merkez	Nar Yolu Mah.	38,63084	34,71583	55.20±3.71	112.65±2.06
236	Merkez	Nar(1)	38,64018	34,71591	76.41±7.73	212.04±3.54
237	Merkez	Nar(2)	38,64126	34,71407	107.90±6.84	219.36±3.99
238	Merkez	Nar(3)	38,64203	34,71318	70.69±3.77	157.03±8.54
239	Merkez	Nevtur Blokları	38,62785	34,73987	-	146.00±4.00
240	Merkez	Nisa Yapı Kooperatifi	38,634	34,70166	65.51±8.03	120.28±3.42

**EK 11. Nevşehir ili evlerinde radon aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Dedektörün yerleştirildiği yer		Koordinatlar		RAC (Bq/m <sup>3</sup> )	
	İlçe	Mahalle / Köy adı	Kuzey	Doğu	YAZ	KIŞ
241	Merkez	Özlüce	38,45594	34,68131	-	237.33±4.37
242	Merkez	Ragıp Üner Mah.(1)	38,65577	34,73768	67.58±3.50	124.42±3.65
243	Merkez	Ragıp Üner Mah.(2)	38,64874	34,73421	-	148.00±2.69
244	Merkez	Sulusaray(1)	38,70125	34,71337	67.57±5.61	168.77±3.90
245	Merkez	Sulusaray(2)	38,6938	34,72697	65.91±1.58	150.35±2.30
246	Merkez	Sümer Mah.(2)	38,62007	34,69855	59.59±3.08	147.44±4.07
247	Merkez	Sümer Mah. (2)	38,61682	34,69965	66.37±6.24	181.00±3.25
248	Merkez	Tahta Cami Mah.	38,62189	34,71058	91.10±7.26	243.38±1.51
249	Merkez	Uçhisar(1)	38,62755	34,8038	72.41±3.84	-
250	Merkez	Uçhisar(2)	38,63288	34,80763	38.64±1.50	-
251	Merkez	Yeni Mah.	38,62639	34,71696	72.20±5.94	130.02±0.96
252	Ürgüp	370 Evler Mah.	38,63955	34,92163	58.00±9.27	191.00±2.99
253	Ürgüp	Akçaören	38,54164	35,02832	47.41±3.16	214.93±5.14
254	Ürgüp	Akköy	38,5875	35,0466	71.20±5.19	278.72±7.31
255	Ürgüp	Aksalur	38,66198	34,9903	35.23±0.89	292.97±6.55
256	Ürgüp	Ayvalı	38,54713	34,8696	180.24±10.32	262.60±1.22
257	Ürgüp	Bahçeli	38,54683	34,84547	62.72±7.11	-
258	Ürgüp	Bahçelievler Mah.	38,63543	34,89042	47.54±8.20	175.70±6.16
259	Ürgüp	Başdere	38,55649	35,07906	48.18±3.54	396.70±3.46
260	Ürgüp	Boyalı	38,59342	35,00765	61.52±0.83	240.02±6.23
261	Ürgüp	Cemil	38,52436	34,93332	102.01±1.71	522.98±6.06
262	Ürgüp	Çökek	38,68092	34,9455	45.76±8.01	577.02±2.62
263	Ürgüp	Demirtaş	38,56993	35,06433	42.27±1.61	175.02±1.00
264	Ürgüp	Evka Mah.	38,63392	34,95303	65.58±1.94	164.36±13.39
265	Ürgüp	Fatih Mah.(1)	38,63302	34,93352	68.40±1.51	160.63±4.65
266	Ürgüp	Fatih Mah.(2)	38,62913	34,93400	80.39±10.48	-
267	Ürgüp	Güneyce	38,4865	34,84791	74.93±3.70	191.54±5.60
268	Ürgüp	İbrahimpaşa	38,60038	34,8489	81.79±6.32	409.13±11.44
269	Ürgüp	İltaş	38,58368	35,04047	87.34±2.51	1046.67±6.80
270	Ürgüp	Karacaören	38,61457	34,97586	63.35±1.55	188.05±1.08
271	Ürgüp	Karain(1)	38,58901	34,99174	58.54±3.92	260.22±1.95
272	Ürgüp	Karain(2)	38,58821	34,99127	41.64±2.91	296.37±2.92
273	Ürgüp	Karain(3)	38,59232	34,98905	75.19±3.31	314.41±5.11
274	Ürgüp	Karain(4)	38,59095	34,99192	80.95±6.57	335.19±5.53
275	Ürgüp	Karain(5)	38,5935	34,99169	57.41±1.65	254.33±0.57
276	Ürgüp	Karain(6)	38,59117	34,99106	59.95±3.22	341.47±3.01
277	Ürgüp	Karain(7)	38,59177	34,9891	71.17±7.01	200.06±6.04
278	Ürgüp	Karain(8)	38,58723	34,99291	103.44±3.90	310.95±0.93
279	Ürgüp	Karain(9)	38,58634	34,99361	64.08±2.60	-
280	Ürgüp	Karakaya	38,71885	35,03262	43.50±0.50	159.17±1.75

**EK 11. Nevşehir ili evlerinde radon aktivite konsantrasyonu (devam).**

Sıra	Dedektörün yerleştirildiği yer		Koordinatlar		RAC (Bq/m <sup>3</sup> )	
	İlçe	Mahalle / Köy adı	Kuzey	Doğu	YAZ	KIŞ
281	Ürgüp	Karlık	38,56025	34,98655	87.05±6.57	236.87±11.49
282	Ürgüp	Kavaklıönü Mah.(1)	38,6395	34,90952	52.90±4.43	211.96±7.08
283	Ürgüp	Kavaklıönü Mah.(2)	38,63333	34,91207	59.95±8.51	-
284	Ürgüp	Kavaklıönü Mah.(3)	38,64077	34,90717	45.55±8.64	191.00±2.94
285	Ürgüp	Mazı	38,4833	34,8113	63.26±9.35	287.03±5.53
286	Ürgüp	Mustafapaşa	38,58662	34,90008	193.00±4.47	434.79±8.17
287	Ürgüp	Sarıhıdır (1)	38,73559	34,92933	81.36±2.10	250.87±3.68
288	Ürgüp	Sarıhıdır (2)	38,73534	34,92902	93.26±4.05	144.07±5.46
289	Ürgüp	Sarıhıdır (3)	38,73636	34,9303	65.30±7.59	182.63±9.41
290	Ürgüp	Sarıhıdır (4)	38,73811	34,93099	63.57±0.51	178.05±6.17
291	Ürgüp	Sarıhıdır (5)	38,74004	34,93013	61.66±4.18	176.35±3.76
292	Ürgüp	Sarıhıdır (6)	38,73718	34,92683	48.76±5.64	165.15±3.42
293	Ürgüp	Sarıhıdır (7)	38,73572	34,92863	69.27±6.60	194.54±1.87
294	Ürgüp	Sarıhıdır (8)	38,73625	34,92207	62.89±3.75	185.63±4.77
295	Ürgüp	Sivritaş Mah.	38,63075	34,91691	-	245.00±3.45
296	Ürgüp	Sofular	38,71172	34,99057	55.67±3.37	205.32±4.17
297	Ürgüp	Şahinefendi	38,46919	34,9573	60.14±8.82	185.91±2.87
298	Ürgüp	Taşkımpaşa	38,496	34,94977	45.17±5.20	193.95±2.73
299	Ürgüp	Ulaşlı	38,66792	34,95194	-	236.05±1.65
300	Ürgüp	Yeşilöz	38,54356	34,99251	52.85±6.43	192.36±2.51

EK 12. Elementlerin periyodik tablosu.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 <b>H</b> 1,00794																	2 <b>He</b> 4,00260
3 <b>Li</b> 6,941	4 <b>Be</b> 9,01218															9 <b>F</b> 18,9984	10 <b>Ne</b> 20,1797
11 <b>Na</b> 22,98971	12 <b>Mg</b> 24,305															17 <b>Cl</b> 35,453	18 <b>Ar</b> 39,948
19 <b>K</b> 39,0983	20 <b>Ca</b> 40,078	21 <b>Sc</b> 44,9559	22 <b>Ti</b> 47,867	23 <b>V</b> 50,9415	24 <b>Cr</b> 51,9961	25 <b>Mn</b> 54,9380	26 <b>Fe</b> 55,845	27 <b>Co</b> 58,9331	28 <b>Ni</b> 58,6934	29 <b>Cu</b> 63,546	30 <b>Zn</b> 65,38	31 <b>Ga</b> 69,723	32 <b>Ge</b> 72,63	33 <b>As</b> 74,9216	34 <b>Se</b> 78,96	35 <b>Br</b> 79,904	36 <b>Kr</b> 83,798
37 <b>Rb</b> 85,4678	38 <b>Sr</b> 87,62	39 <b>Y</b> 88,90584	40 <b>Zr</b> 91,224	41 <b>Nb</b> 92,90637	42 <b>Mo</b> 95,96	43 <b>Tc</b> (98)	44 <b>Ru</b> 101,07	45 <b>Rh</b> 102,9055	46 <b>Pd</b> 106,42	47 <b>Ag</b> 107,8682	48 <b>Cd</b> 112,411	49 <b>In</b> 114,818	50 <b>Sn</b> 118,71	51 <b>Sb</b> 121,76	52 <b>Te</b> 127,6	53 <b>I</b> 126,9045	54 <b>Xe</b> 131,293
55 <b>Cs</b> 132,9055	56 <b>Ba</b> 137,327	57-71 <b>La</b>	72 <b>Hf</b> 178,49	73 <b>Ta</b> 180,9471	74 <b>W</b> 183,84	75 <b>Re</b> 186,207	76 <b>Os</b> 190,23	77 <b>Ir</b> 192,217	78 <b>Pt</b> 195,084	79 <b>Au</b> 196,9665	80 <b>Hg</b> 200,59	81 <b>Tl</b> 204,3833	82 <b>Pb</b> 207,2	83 <b>Bi</b> 208,9804	84 <b>Po</b> (209)	85 <b>At</b> (210)	86 <b>Rn</b> (222)
87 <b>Fr</b> (223)	88 <b>Ra</b> (226)	89-103 <b>Ac</b>	104 <b>Rf</b> (261)	105 <b>Db</b> (268)	106 <b>Sg</b> (271)	107 <b>Bh</b> (272)	108 <b>Hs</b> (270)	109 <b>Mt</b> (276)	110 <b>Ds</b> (281)	111 <b>Rg</b> (280)	112 <b>Cn</b> (285)	113 <b>Uut</b> (284)	114 <b>Ff</b> (289)	115 <b>Uup</b> (288)	116 <b>Lv</b> (293)	117 <b>Uus</b> (294)	118 <b>Uuo</b> (294)
		57 <b>La</b> 138,9055	58 <b>Ce</b> 140,116	59 <b>Pr</b> 140,9071	60 <b>Nd</b> 144,242	61 <b>Pm</b> (145)	62 <b>Sm</b> 150,36	63 <b>Eu</b> 151,964	64 <b>Gd</b> 157,25	65 <b>Tb</b> 158,9254	66 <b>Dy</b> 162,5	67 <b>Ho</b> 164,9304	68 <b>Er</b> 167,259	69 <b>Tm</b> 168,934	70 <b>Yb</b> 173,054	71 <b>Lu</b> 174,9668	
		89 <b>Ac</b> (227)	90 <b>Th</b> 232,0381	91 <b>Pa</b> 231,0362	92 <b>U</b> 238,0289	93 <b>Np</b> (237)	94 <b>Pu</b> (244)	95 <b>Am</b> (243)	96 <b>Cm</b> (247)	97 <b>Bk</b> (247)	98 <b>Cf</b> (251)	99 <b>Es</b> (252)	100 <b>Fm</b> (257)	101 <b>Md</b> (258)	102 <b>No</b> (259)	103 <b>Lr</b> (262)	

**Ametaller**

- Düğer ametaller
- Halojenler
- Soygaz

**Metaller**

- Yarı metal
- Alkali toprak metalleri
- Alkali metal
- Lantanit
- Aktinid
- Geçiş metalleri
- Ara geçiş metalleri

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı Nesli BİNGÖLDAĞ (ALBAYRAK)  
 Doğum Yeri Pınarbaşı / KAYSERİ  
 Doğum Tarihi 01.06.1969  
 Uyruğu  T.C.  Diğer:  
 Telefon 0212 473 26 00 / 4109  
 E-Posta Adresi nesli.albay@gmail.com  
 Web Adresi

### Eğitim Bilgileri

#### Lisans

Üniversite Hacettepe Üniversitesi  
 Fakülte Mühendislik Fakültesi  
 Bölümü Fizik Mühendisliği Bölümü  
 Mezuniyet Yılı 1994

#### Yüksek Lisans

Üniversite İstanbul Üniversitesi  
 Enstitü Adı Fen Bilimleri Enstitüsü  
 Anabilim Dalı Fizik Anabilim Dalı  
 Programı Nükleer Fizik Programı  
 Mezuniyet Tarihi 23.12.2011

#### Doktora

Üniversite İstanbul Üniversitesi  
 Enstitü Adı Fen Bilimleri Enstitüsü  
 Anabilim Dalı Fizik Anabilim Dalı  
 Programı Nükleer Fizik Programı  
 Mezuniyet Tarihi 08.11.2017

### Makale ve Bildiriler

Çelebi, N., Ataksor, B., Taşkın, H., Albayrak Bingöldağ, N., 2014, Indoor Radon Measurements in Turkey Dwellings, *Radiation Protection Dosimetry* (2015), Vol.167, No.4, 626-632.

Uzbey, S., Tel, E., Aytekin, H., Albayrak, N., 2013, Radon Concentration Measurement in the Underground Coal Mines of Çorum Province, *Karaelmas Science and Engineering Journal*, Vol. 3(1), 1-5, 2013.

Albayrak, N., 2011, *Kırıkkale’de (Türkiye) Doğal Radyasyon Kaynaklarının Belirlenmesi ve Gama Doz Oranlarının Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik ABD, Nükleer Fizik Programı, İstanbul, 2011.

- Bingöldağ, N. ve Otansev, P., accepted 10.2017, Determination of Natural Radiation Levels and Lifetime Cancer Risk in Kırıkkale, Turkey, *Radiochimica Acta*.
- Can, B., Canbazoglu, C., Albayrak, N., Çelebi, N., Dogru, M., 2011, Measurements of Indoor Radon Concentration Levels in Kilis, Osmaniye and Antakya, Turkey During Spring Season, *M. J. Radioanal Nucl Chem.*, 2011.
- Otansev, P. ve Bingöldağ, N., 2017, Gross Alpha and Beta Activities in Drinking Waters of Kırıkkale, *Turkish Physical Society 33rd International Physics Congress TPS33*, 06-10 September 2017, Bodrum/Muğla.
- Ozturk, E., Kucukomeroglu, B., Yesilbag, Y.O., Kurnaz, A., Albayrak, N., Taskın, H., 2010, Indoor Radon Concentration Measurements in Dwellings of the Erzincan Province, Turkey, *Azerbaijan Journal of Physics – Fizika*, Vol.16(2), 527-579, 2010.

