



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 02.01.2020
Kabul Tarihi : 29.01.2020

Received Date : 02.01.2020
Accepted Date : 29.01.2020

ZEOLİT MİNERALLİ FİLTRELİN DERİN KUYU SULARINDAKİ RADYOAKTİVİTE SEVİYESİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION ON THE EFFECT OF ZEOLITE MINERALS FILTERS ON THE LEVEL OF RADIOACTIVITY IN DEEP WELLS

Erdal KÜÇÜKÖNDER¹ (ORCID: 0000-0001-9661-1583)

Nergiz BAŞA ÇETİN^{2} (ORCID: 0000-0002-4120-4005)*

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

² Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Nergiz BAŞA ÇETİN, nergisbasa@gmail.com

ÖZET

Radon; Uranyum serisinden olan Radyum elementinin bozunmasıyla meydana gelen renksiz, kokusuz, tatsız radyoaktif bir gaz olup yer kabuğunu oluşturan çeşitli jeolojik yapı taşlarından difüzyon yoluyla yer altı sularına geçer. Sudaki radon aktivitesi, halk sağlığı açısından problem teşkil etmektedir.

Bu çalışmada, Kahramanmaraş ili Onikişubat ilçesinde 12 farklı lokasyondan temin edilen 12 adet kuyu suyu örneği üzerinde karbon, bor ve zeolit minerali filtre kullanılarak sulardaki radyoaktivite seviyesinin azaltılması amaçlandı. Ayrıca zeolit mineralinin derin kuyu sularındaki radon gazı yayılımına olan etkisi araştırıldı ve bu etki ile yeni bir filtre önerisine yönelik çalışmalar yapıldı.

Yapılan çalışmada, su örnekleri filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyonları Durrige Rad 7 aktif ölçer ile ölçüldü, ölçüm sonucunda kullanılan zeolit katkılı filtrelerin radyoaktivite seviyesine etkisi gözlemlendi. Analizler sonucunda zeolit minerali filtrelerin ortalama Radon konsantrasyon değerleri $0,00 \pm 1,8$ pCi/L ile $49,9 \pm 33$ pCi/L olarak tespit edildi. Zeolit mineralinin absorpsiyon ve radyoaktif tutuculuğu özelliğinden dolayı zeolit katkılı filtrelerin radyoaktivite seviyesi genel olarak azaldığı gözlemlendi. Bu çalışmada bildirilen değerler, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından açıklanan güvenlik limiti olan 100Bq/L ($100 \text{ Bq/L} = 2702,70 \text{ pCi/L}$)'nin oldukça altındadır.

Anahtar Kelimeler: durridge rad7, filtre, radon, radyoaktivite, zeolit.

ABSTRACT

Radon; It is a colorless, odorless, tasteless radioactive gas formed by the decomposition of the element Radium from the uranium series and diffuses from the various geological building stones that form the earth's crust into the groundwater. Radon activity in water is a problem for public health.

In this study, it was aimed to reduce the radioactivity level in the waters by using carbon, boron and zeolite mineral filters on 12 well water samples obtained from 12 different locations in Onikişubat district of Kahramanmaraş province. In addition, the effect of zeolite mineral on radon gas emission in deep well water was investigated and studies were made to propose a new filter with this effect.

In this study, the radon gas concentrations of water samples before and after filtration were measured with Durrige Rad 7 active meter, and the effect of zeolite doped filters on the radioactivity level was observed. As a result of the analyzes, the mean Radon concentration values of zeolite mineral filters were found to be 0.00 ± 1.8 pCi / L and 49.9 ± 33 pCi / L. Due to the absorption and radioactive properties of the zeolite mineral, the radioactivity level of zeolite doped filters was generally decreased. The values reported in this study are well below the 100Bq L⁻¹ ($100 \text{ Bq/L} = 2702,70 \text{ pCi/L}$) safety limit set by the World Health Organization (WHO).

Keywords: durridge rad7, filter, radon, radioactivity, zeolite.

GİRİŞ

İnsanoğlu varoluşundan bugüne dek yerkürede bulunan doğal radyoaktif maddelerden yayılan radyasyonun etkisine maruz kalmaktadır. Radyoaktif çekirdeklerin kararlı hale dönerken yaydıkları enerji olarak tanımlanır ve yaptığı etki bakımından iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan radyasyon olarak ikiye ayrılır (Akkurt, 2006; Uludağ, 2018) Doğal kaynaklardan ortaya çıkan iyonlaştırıcı radyasyonun hücrelere nüfuz etme özelliğinden dolayı sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir (Özger, 2005).

Radyasyon adeta hayatımızın bir parçası, uzay ve/veya güneşten gelen kozmik ışınlar ile yer kabuğunda bulunan radyoizotoplar gibi doğal kaynaklardan ışınlanmaktadır. Doğal kaynaklardan alınan radyasyon dozunun en önemli bileşeni, radon gazı ve onun kısa yarı ömürlü bozunma ürünleridir. Radon gazından dolayı maruz kalınan doz %50 gibi bir paya sahip olup yaklaşık yıllık doz 1,3 mSv'dir. İnsanlar, yaşam standartları, yaşadıkları ortamların fiziksel özellikleri ve coğrafi şartlara bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, yılda yaklaşık 2,4 mSv radyasyon dozuna maruz kalmaktadır (Unsear, 1988; Demirel, 2013)

Radon; Uranyum serisinden olan Radyum elementinin bozunmasıyla meydana gelen renksiz, kokusuz, tatsız radyoaktif bir gaz olup yer kabuğunu oluşturan çeşitli jeolojik yapı taşlarından difüzyon yoluyla yer altı sularına geçer. Su, canlılar için yaşam kaynağıdır. Bu sebeptendir ki suyun kaliteli olması ve insanlar için tehdit oluşturmaması istenir. Doğal su kaynakları, radyasyon açısından sağlığa zararlı doğal radyoaktif elementler içerir, dolayısıyla da bu durum, halk sağlığı bakımından oldukça önemli ve dikkat edilmesi gereken bir husustur (Harvath, 2000). Bu doğal radyoaktif çekirdeklerden ²²²Rn, insanların içme sularını kullanmasıyla maruz kaldıkları radyasyon dozunun en büyük sebebidir (Oliveira, 2001). ²²²Rn ve onun kısa yarı ömürlü ürünlerinden kaynaklanan radyasyon maruziyetinin kanser riskini artırdığı düşünülmektedir (Bonavigo and Zucchetti, 2008; Demirel, 2013, Kılıç, 2015, Gündoğan,2016).

Bu çalışmanın amacı, Kahramanmaraş şehrinde farklı lokasyonlardan temin edilen 12 adet kuyu suyu örneği üzerinde karbon, bor ve zeolit minerali filtre kullanılarak sulardaki radyoaktivite seviyesinin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapıldı. Ayrıca zeolit mineralinin derin kuyu sularındaki radon gazı yayılımına olan etkisi araştırıldı ve bu etki ile yeni bir filtre önerisine yönelik çalışmalar yapıldı.

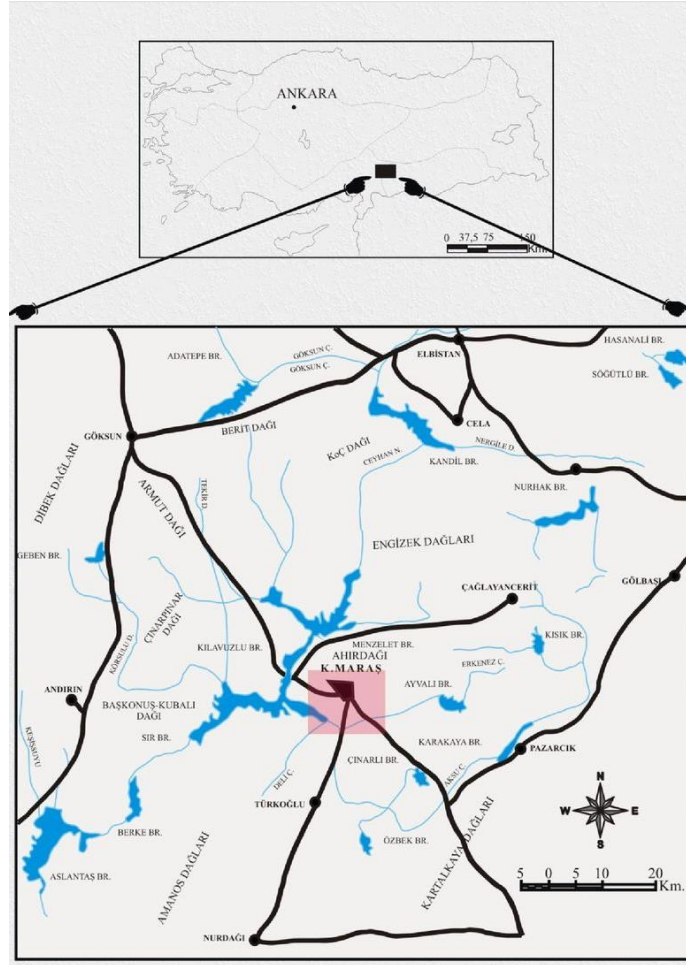
MATERYAL VE METOT

Çalışma Alanının Tanıtılması

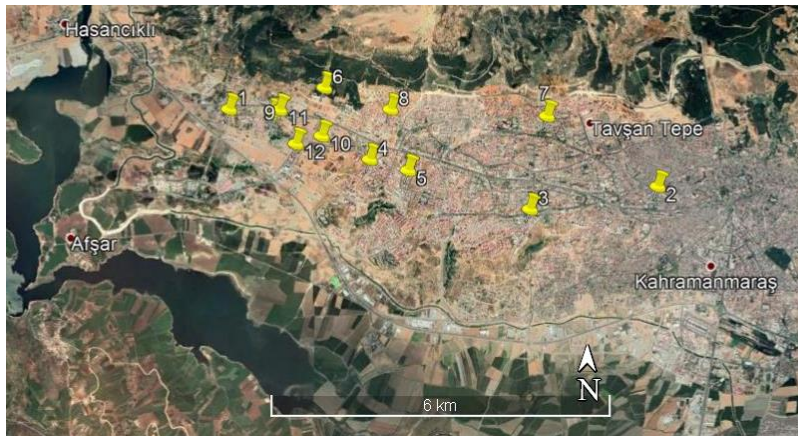
Kahramanmaraş, Akdeniz Bölgesi ile Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri' nin birleştiği yerde bulunmaktadır. Güneybatısını Nur Dağları' nın uzantılarının kapladığı ilde diğer önemli yükseltiler Berit, Engizek, Binboğa, Delihöbek ve Ahır Dağları' dır. Kahramanmaraş, Elbistan ve Göksun Ovaları ilin önemli ovaları olup, Ceyhan nehri ile Aksu çayı önemli akarsularıdır (Kahramanmaraş Belediyesi, 2020).

Arabistan ve Anadolu levhalarının birbirleri ile kenetlendiği bir alanda yer alan Kahramanmaraş ili ve civarı, kıta kıta çarpışmasına bağlı olarak meydana gelen çeşitli olaylar nedeniyle jeolojik açıdan da oldukça karmaşık bir konuma sahiptir (Kop, 2010) . Bölgenin jeolojisi şist, serpantin, kireç taşı, kumtaşı, marn, konglomera, alüvyal ve kolüvyal depozitler içeren metamorfik ve sendiment kayalardan oluşmuştur. Toprakların tekstür yapıları killi, siltli-killi ve kumlu-siltli arasında değişir.

Kahramanmaraş'ın arazisi kireç taşı, kumtaşı ve metamorfik taşlar üzerine oluşmuştur. Toprakları kırmızı kahverengi, kırmızı Akdeniz, kahverengi orman toprakları, alüvyat, kolüvyat ve organik toprak gruplarından meydana gelmektedir (Kahramanmaraş Belediyesi, 2020). Kahramanmaraş'ın yer bulduru ve çalışma alanının haritası Şekil 1 ve 2' de gösterilmiştir.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

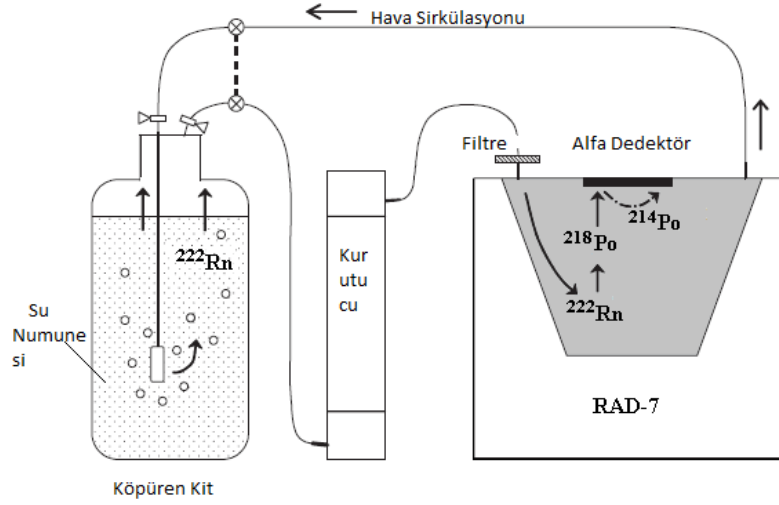


Şekil 2. Çalışma alanının uydu görüntüsü (Google Earth)

Durridge RAD 7 Elektronik Radon Detektörü Algılayıcısı Ve Yapısı

Rad7 cihazı, radon ve yan ürünlerine ait radyasyonu ölçmekte kullanılan taşınabilir bir radyasyon detektörüdür. Bu cihazla sulardaki radon ölçümleri yapılabilir.

Yapılan ölçüm sonuçlarında Bq/m³ ve pCi/L cinsinden veren cihaz, aynı anda ölçüm yapılan ortamın sıcaklığını °C, atmosfer basıncını (mbar) ve nem oranını (% RH) da belirler. RAD7'nin Rad H₂O aksesuarı şematik diyagramı Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Rad H₂O aksesuarı şematik diyagramı

Radon gazının yüzeye çıkması için önce RAD7 pompası çalıştırılır, yaklaşık 5 dakikalık zaman içerisinde su köpürmeye başlar ve suda çözülmüş olan radon gazı yüzeye ulaşır. Böylece radonun % 94 den fazlası sudan ayrılmış olur. Sistem 5 dakika bekledikten sonra önce ara rapor verir ve sayıma başlar. Dört periyotla sayım her 5 dakikada bir devam eder ve her ölçümde ara rapor verir. Ölçüm tamamlandıktan sonra bütün sayımların ortalama radon konsantrasyonu bir spektrum grafiğinde verilir. Böylece ölçtüğümüz su numunesindeki radon miktarını öğrenmiş oluruz (www.durridge.com).

Zeolit

Deney çalışmalarında kullanılan su filtrelerinin hazırlanması amacıyla zeolit olarak Manisa Gördes yöresine ait doğal zeolit kullanılmıştır. Kullanılan zeolitın en büyük tane boyutu 4 mm seçilmiştir. Zeolitlerin başlıca fiziksel ve kimyasal özellikleri olan; iyon değişikliği yapabilme adsorpsiyon ve buna bağlı moleküler elek yapısı, silis içeriği, ayrıca tortul zeolitlerde açık renkli olma, hafiflik, küçük kristallerin gözenek yapısı zeolitlerin çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmalarına neden olmuştur.(www. mta.gov.tr)

Bilinen 40'tan fazla doğal minerali vardır. Bunlardan en önemlileri klinoptilolit, höylandit şabazit, analsim, eriyonit, natrolit, fillipsit, mordenit'dir. Ayrıca 150'den fazla sentetik minerali de mevcuttur (Bilgin,2009).

Zeolitler, yüksek katyon değişirme kapasiteleri ve bazı iyonları daha seçici olarak değiştirebilme özellikleri sebebiyle su arıtma uygulamalarında kullanılmaktadır. Aktive edilmiş zeolitlerin uygun koşullarda kullanımı ile sulardan ve atık sulardan uzaklaştırılabilecek katyonlar Tablo 1'de gösterilmektedir (Bilgin, 2009).

Tablo 1. Doğal zeolitler ile sulardan ve atık sulardan uzaklaştırılabilecek katyonlar (Bilgin, 2009)

Rb ⁺	Li ⁺	K ⁺	Cs ⁺	NH ₄ ⁺
Na ⁺	Ag ⁺	Cd ⁺²	Pb ⁺²	Zn ⁺²
Ba ⁺²	Sr ⁺²	Cu ⁺²	Ca ⁺²	Hg ⁺²

Mg⁺²Fe⁺³Co⁺³Al⁺³Cr⁺³

Çevre sağlığı açısından tehlike oluşturan bazı ağır metal katyonları içeren, madencilik ve metalurjik faaliyetlerden oluşan atık sular, doğal zeolitlerin katyon değiştirme özelliklerinden faydalanılarak arıtılabilmektedir. Ayrıca, pirometalurji sanayinde CaCO₃ ve doğal zeolit karışımı, Cu-Pb alaşımlarının eritilmesinde ortaya çıkan zararlı dumanlan % 90 oranında yok edilmektedir (www.dpt.gov.tr).

Nükleer santral atıklarında bulunan ve çevre sağlığı açısından tehlikeli olan Sr⁹⁰, Cs¹³⁷, Co⁶⁰, Ca⁴⁵, Cr⁵¹ gibi izotoplar zeolitlerle tutulabilmektedir. Örneğin; klinoptilolit, mordenit ve şabazit birçok ülkede radyoaktif atıkların tutulmasında kullanılmaktadır. Bu şekilde atık sudan alınan radyoaktif atıklar, zeolit ile birlikte gömülerek zararsız hale getirilmektedir. Bu işlemlerde özellikle asitlere karşı dirançlı olmaları nedeniyle klinoptilolit ve mordenit kullanılmaktadır.

Suda sertlik meydana getiren Ca ve Mg iyonlarının uzaklaştırılması ile içme suyunun kalitesi yükseltilmektedir(Mumpton, 1978). Yer altı sularının özgül (spesifik) elektriksel iletkenliği bir cm³ suyun 25° C’de iletkenliği olarak tanımlanır ve sıcaklıkta her 1°C’lik artış elektriksel iletkenliği yaklaşık %2 artırır. Elektriksel iletkenlik suyun çözülmüş tuz içeriğine bağlı olarak artar(Samsunlu, A, 1999; Bilgin, 2009). Doğal kaynak sularında önemli parametrelerden biri olan sertlik, sulara büyük oranda su içinde çözülmüş (+2) değerlikli katyonların, yani Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Sr⁺⁺, Fe⁺⁺, Mn⁺⁺ içeriğinin bir sonucudur. Bu katyonlara karşı sertlikle ilgili HCO₃⁻, SO₄⁼, Cl⁻, SiO₃⁼ gibi anyonların bulunması da mümkündür. 0-75 mg/l CaCO₃ bulunan sular “yumuşak” ; 75-150 mg/l CaCO₃ bulunan sular orta derecede sert ve 150-300 mg/l CaCO₃ içeren sular sert, 300 mg/l CaCO₃’ in üzerinde ise “çok sert sular” olarak kabul edilmektedir. Ayrıca Ülkemizde en çok kullanılan sertlik derecelerinin mg CaCO₃/L cinsinden değerleri: Fransız sertlik derecesi (Fr SD): 10mg/L; Alman sertlik 29 derecesi:17.8 mg/L; İngiliz sertlik derecesi: 14.3 mg/L’dir. Sertlik parametresi, suyun evsel ve endüstriyel kullanım için uygunluğunun belirlenmesinde kullanılır. Sert sular sabunun köpürmesini engelleyen ve temizlik için çok sabun kullanımını gerektiren sular olarak tanımlanır. Bu sular sıcak halde nakledildikleri boruların iç çeperlerinde veya kazanların içinde çökelti teşkil ederek ısı transferini güçleştirir ve boru içi akımın hidrolik koşullarını kötüleştirir. Hidrosferde suların sertliği yerel olarak değişim gösterir. Kural olarak yüzeysel sular, yer altı sularından daha yumuşaktır. Genel olarak, suyun sertliği, yağmur suyundan başlayarak izlediği yol boyunca temasta bulunduğu jeolojik yapıyla yakından ilgilidir(Samsunlu, A., 1999). pH bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin şiddetini gösteren bir parametredir. pH su temininde kimyasal koagülasyon, su yumuşatma ve korozyonun önlenmesinde çok büyük önem taşımaktadır. pH ile asidite ve alkalinite arasında büyük bir ilişki bulunmaktadır. Doğal kaynak suyunda zeolit filtre kullanılarak, proses öncesi pH değeri 7.93’ten, 7.09’a düşürülerek, pH değerinde % 10.59 düşüş tespit edilmiştir. İletkenlikte %2.40 , sıcaklıkta % 3.70 düşüş belirlenmiştir. Zeolit filtreden geçirilmeden önce sertliği 6.2 Fr SD iken; on kez süzülmesinde son süzütünün sertliği ise 2.5 Fr SD olarak belirlenmiş yani sertlik değerinde % 59.67 düşüş sağlanmıştır. Zeolit filtre kullanılarak, suyun sertliği çok büyük oranda düşürülmektedir(Örgen, C., ve İnanç, İ., 2004; Bilgin, 2009).

Tablo 2. Klipnotilolite ait bazı özellikler (Kocakuşak ve ark. 2001)

Kimyası	[(Na ₂ , K ₂ , Ca) ₃ Al ₆ Si ₃₀ O ₇₂ 24 H ₂ O] Hidrate, sodyum, potasyum, kalsiyum aluminosilikat
Sınıfı	Silikatlar
Alt-sınıfı	Tekno silikat
Grubu	Zeolit
Renk	Renksiz, beyaz, pembe, sarı, kırmızımsı ve açık kahverengi
Parlaklığı	Camsı, inci gibi

Işık geçirgenliği	Saydam, yarısaydam
Kristal sistemi	Monoklinik 2/m
Sertliği	3.5-4 (yüzeyde daha yumuşak)
Özgül ağırlığı	2.2 (çok hafif)
Kullanımı	Kimyasal filtre, moleküler elek, kimyasal adsorban, su arıtma, tarım- hayvancılık

Deneylerde kullanmış olduğumuz zeolit grubu klipnotilolit'dir. Zeolit grubunun içerisinde en yararlı ve sağlıklı olarak tercih edilenler arasındadır. Tıp sektöründe de oldukça geniş bir yelpazeye sahiptir.

Tıp alanında doğal hücrel savunma (yapılarına iyon değişimi ile Ag yerleştirildiğinde antibakteriyel madde),

-Diyaliz sıvılarının rejenerasyonunda,

-Florid içerikli diş pastasında parlaticı madde,

-Doğal zeolitte kanser riskini azaltma özelliği,

-Güçlü bir antioksidan işlevi,

-Ağır metallerin sistemden çıkarılmasına yardımcı,

-Diyarenin meydana gelmesini azaltıcı(Liu B, Yan F, Kong J, Deng J. Anal., 1999).

-Sindirim yolunda besin maddesinin emilimini geliştirici,

Sindirimsel pH'yi dengeler ve böylece asit geri akışını azaltıcı,

-Geniş spektrumlu anti-viral ajan olarak kullanılırlar.

-Bazı zeolit türleri enzimler ve medyatörleri koimmobilize ederek biyolojik sensör hazırlayabilirler(Dyer A, Morgan S, Wells P, Williams CJ.,2000).

-Klinoptilolit ile muamele edilen değişik tümörlerde bazı iyileşmeler görülmüştür(Keeting PE, Oursler MJ, Wiegand KE, Boude SK, Spelsberg TC, Riggs BL., 1992).

-Silisyumun kemik kalsifikasyonunda fizyolojik etkisi olduğu ileri sürülmektedir. Zeolitlerde bol miktarda bulunan Si kemik sağlığının iyileştirilmesinde kullanılabilir. (Rodriguez-Fuentes G, Barrios MA, Iraizoz A, Perdomo I, Cedre B., 1997).

- Karaciğer hastalıklarının tedavisinde kullanılır (Chuikova R, Vozhakou SV., 2005).

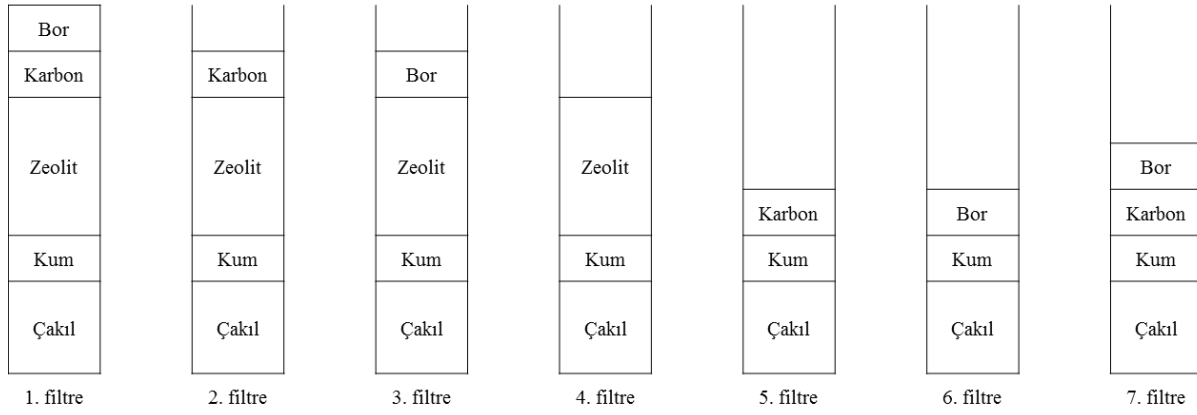
-Ağızdan alındığında mukozadan emilmez. Mide ve oniki parmak bağırsağındaki 1.5 ve 8.1 gibi çok farklı pH değerlerinde bile ağır metalleri absorbe edebilir ve dışkı ile gastrointestinal sistemden uzaklaştırır. pH 1.5' da demir ve civayı absorbe eder, pH 8.1'de ise kurşun, civa, amonyum ve demir absorbe edilir (Karadağ D., vd., 2006).

Deneysel Çalışma

Bu çalışmada, Kahramanmaraş ili Onikişubat ilçesinde 12 farklı lokasyondan temin edilen 12 adet kuyu suyu örnekleri tek kullanımlık steril 5 lt'lik polietilen şişelere alındı ve radon gazı kaçışını önlemek için şişelerin kapağı su akışı altında sıkıca kapatıldı. Alınan su örnekleri etiketlendikten sonra laboratuvar ortamına getirildi ve uygun laboratuvar şartları altında depolandı.

0.5 lt'lik polietilen şişelerin ağız kısımları kesildi ayrıca su akışını sağlamak için iğne yardımıyla taban kısmında belirli aralıklarla delikler açıldı. Taban kısma öncelik olarak malzeme kaçışını önlemek için 0.8 cm kalınlığında sünger çekildi. Üzerine sırasıyla belirli gramajlarda çakıl, kum, zeolit, karbon ve bor minerali koyuldu. Kullanılan malzemelerin gramajları sabit tutulup sıraları değiştirilerek toplamda 7 adet filtre yapıldı (Şekil 4). Kuyulardan almış olduğumuz su örnekleri bu filtrelerden teker teker geçirildi.

Yapılan çalışmada, su örnekleri filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyonları Durrige Rad 7 aktif ölçer ile ölçüldü.



Şekil 4. Filtrelere birer örnek

Tablo 3. Filtre bileşiminde kullanılan malzemelerin miktarları

Kullanılan Malzeme	Ağırlığı (gr)	Tane boyutu (mm)
Çakıl	90±0,1	2-4
Kum	30±0,1	0-5
Zeolit	100±0,1	2-4
Karbon	20±0,1	2-4
Bor	30±0,1	1.00



Şekil 5. Filtrelerden örnek gösterimi

BULGULAR VE TARTIŞMA

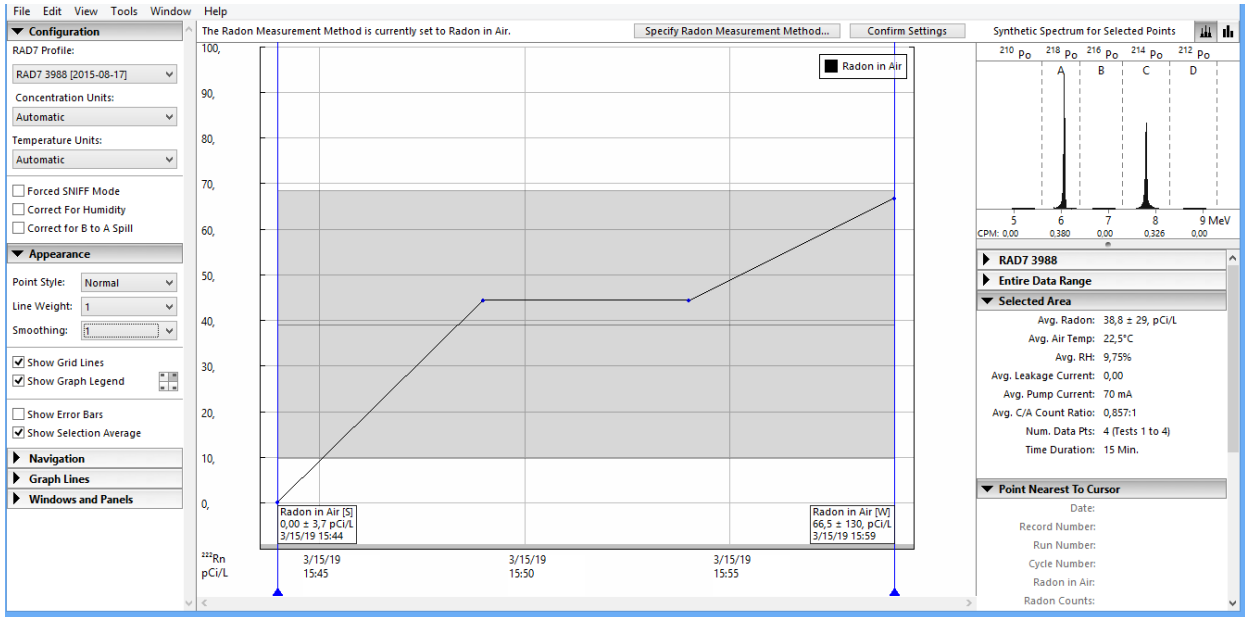
Yapılan çalışmada, su örnekleri filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyon değerleri Tablo 4 ve Şekil 6, 7, 8, 9 ve 10'da verilmiştir.

Tablo 4. Su Örneklerinin Filtre Edilmeden Ve Filtre Edildikten Sonra İçerdikleri Radon Gazı Konsantrasyon

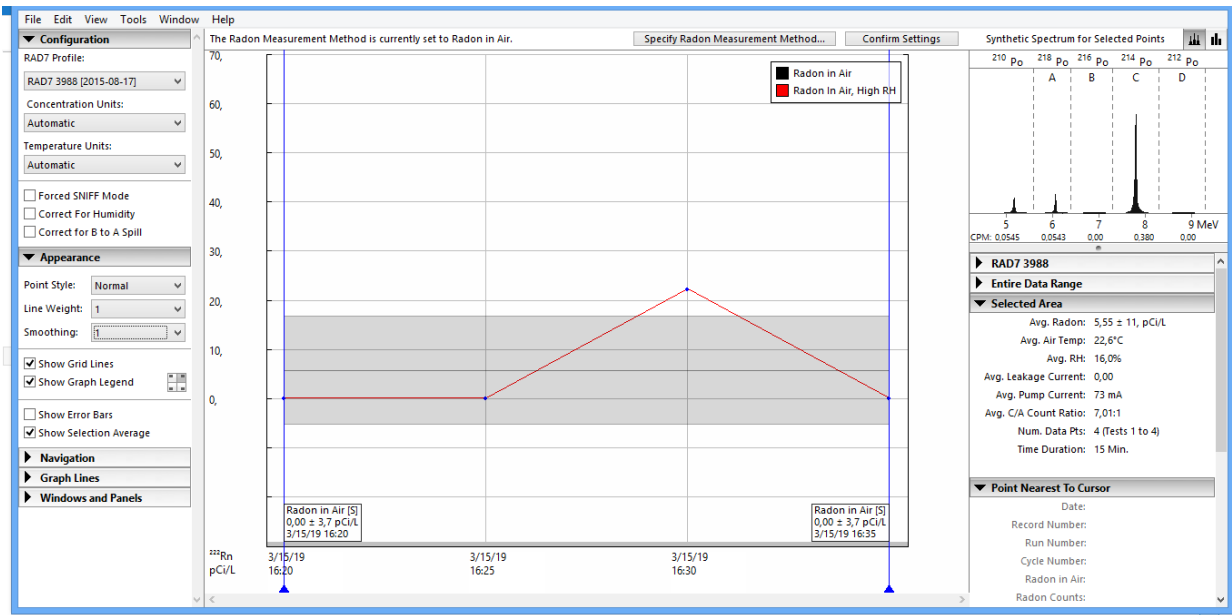
Kuyu No	Bina Adı	Örnek Alınan Mahalle	Kuyu Derinliği (m)	Filtre No	Değerleri				
					1.Değer (pCi/l)	2.Değer (pCi/l)	3.Değer (pCi/l)	4.Değer (pCi/l)	Ort. (pCi/l)
1	Bekir Bey	Üngüt	35	Şahit Numune	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	11,1±16
				1.1.	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	5,55±11
				1.2.	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	16,6±19
				1.3.	22,2±110	22,2±110	66,5±130	66,5±130	44,4±31
				1.4.	0,00±3,8	0,00±3,7	0,00±3,7	110±150	27,4±25
				1.5.	22,2±110	0,00±3,7	22,1±110	0,00±3,8	11,1±16
				1.6.	66,9±130	22,1±110	44,1±120	22,2±110	38,8±29
				1.7.	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	16,6±19
				Şahit Numune	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	5,55±11
				2.1.	22,2±110	0,00±3,7	22,2±110	66,5±130	27,7±25
2	Ahmet Bey	Karamanlı	40	2.2.	22,2±110	44,4±120	0,00±3,7	22,2±110	22,2±22
				2.3.	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	22,2±110	16,6±19
				2.4.	44,4±120	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	22,2±22
				2.5.	0,00±3,7	22,2±110	44,4±120	0,00±3,7	16,6±19
				2.6.	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	11,1±16
				2.7.	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	22,2±110	11,1±16
				Şahit Numune	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	11,1±16
				3.1.	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	11,1±16
3	Hilal Sitesi	Şehit Abdullah Çavuş	197	3.2.	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	22,2±110	16,6±19
				3.3.	111,1±150	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	38,8±29

				3.4.	44,4±120	0,00±3,7	44,4±120	22,2±110	27,7±25
				3.5.	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	5,55±11
				3.6.	0,00±3,7	44,4±120	22,2±110	22,2±110	22,2±22
				3.7.	0,00±3,7	66,5±130	0,00±3,7	22,2±110	22,2±22
				Şahit Numune	22,2±110	0,00±3,7	22,2±110	66,5±130	27,7±25
				4.1.	22,2±110	22,2±110	44,4±120	0,00±3,7	22,2±22
				4.2.	22,2±110	22,2±110	22,2±110	44,4±120	27,7±25
4	Zekeriya Köy-2	Yirmiikigün	170	4.3.	22,2±110	44,4±120	0,00±3,7	0,00±3,7	16,6±19
				4.4.	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	11,1±16
				4.5.	0,00±3,7	44,4±120	0,00±3,7	44,4±120	22,2±22
				4.6.	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	22,2±110	16,6±19
				4.7.	44,4±120	22,2±110	0,00±3,7	44,4±120	27,7±25
				Şahit Numune	22,2±110	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	16,6±19
				5.1.	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	5,55±11
				5.2.	0,00±3,7	22,2±110	44,4±120	0,00±3,7	16,6±19
5	Yeşilvadi Sitesi	Yirmiikigün	100	5.3.	44,4±120	44,4±120	0,00±5,2	22,2±110	27,7±26
				5.4.	0,00±3,8	22,1±110	22,1±110	0,00±3,8	11,0±16
				5.5.	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	11,1±16
				5.6.	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	66,5±130	22,2±22
				5.7.	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	0,00±3,7	11,1±16
				Şahit Numune	22,2±110	0,00±8	22,2±110	22,2±110	16,6±21
				6.1.	22,2±110	0,00±3,7	44,4±120	44,4±120	27,7±25
				6.2.	44,4±120	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	16,6±19
6	Panorama West	Cumhuriyet	230	6.3.	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	11,1±16
				6.4.	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	66,5±130	27,7±25
				6.5.	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	5,55±11
				6.6.	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	11,1±16
				6.7.	0,00±3,7	44,4±120	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16
				Şahit Numune	0,00±3,7	44,4±120	44,4±120	0,00±3,7	22,2±22
				7.1.	0,00±3,6	0,00±3,6	0,00±3,6	0,00±3,6	0,00±1,8
				7.2.	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	5,55±11
7	İpekyolu Evleri	Hürriyet	180	7.3.	0,00±3,7	44,4±120	22,2±110	0,00±3,7	16,6±19
				7.4.	22,2±110	22,2±110	66,5±130	22,2±110	33,3±27
				7.5.	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	44,4±120	16,6±19
				7.6.	22,2±110	44,4±120	0,00±3,7	44,4±120	27,7±25
				7.7.	22,2±110	22,2±110	22,2±110	44,4±120	27,7±25
				Şahit Numune	0,00±3,7	44,4±120	44,4±120	66,5±130	38,8±29
				8.1.	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	5,55±11
				8.2.	0,00±3,7	66,5±130	66,5±130	0,00±3,7	33,3±27
8	Seyirtepe Konutları	Süleymanşah	120	8.3.	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	5,55±11
				8.4.	44,4±120	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16
				8.5.	0,00±3,7	66,5±130	88,7±140	22,2±110	44,4±31
				8.6.	22,2±110	0,00±3,7	22,2±110	44,4±120	22,2±22
				8.7.	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16

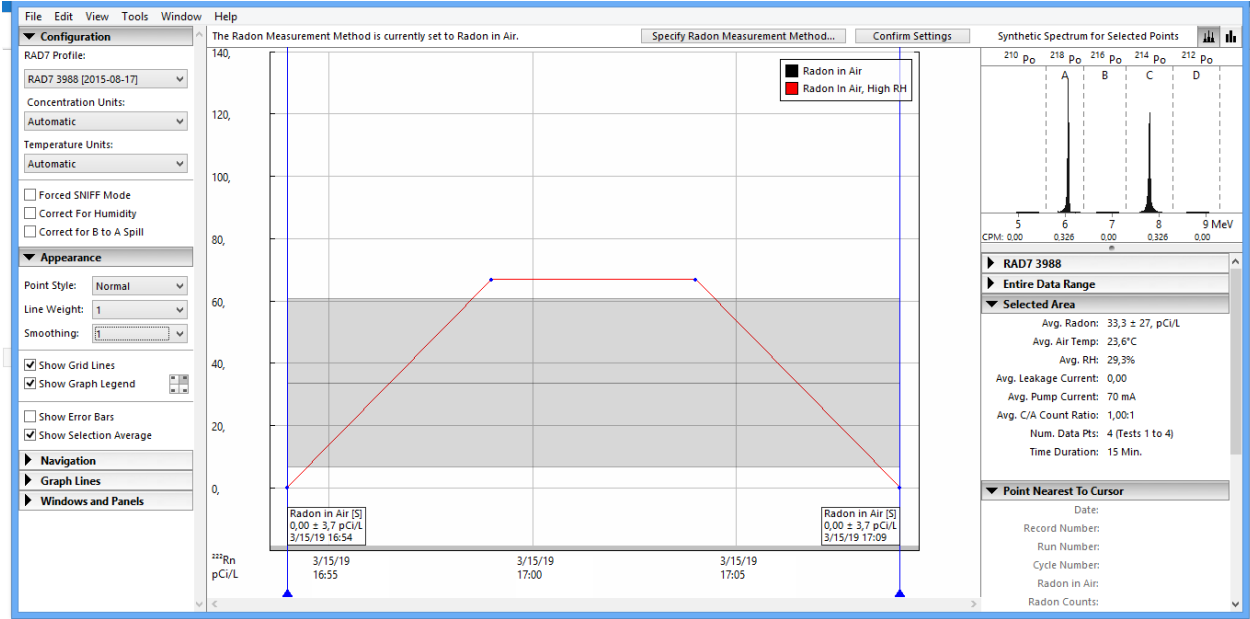
				Şahit Numune	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	0,00±3,7	11,1±16
				9.1.	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16
				9.2.	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	11,1±16
9	Ahmet Kısacık	Üngüt	20	9.3.	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	5,55±11
				9.4.	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	11,1±16
				9.5.	0,00±3,7	22,2±110	66,5±130	22,2±110	27,7±25
				9.6.	0,00±3,7	44,4±120	22,2±110	0,00±3,7	16,6±19
				9.7.	0,00±3,7	22,2±110	44,4±120	44,4±120	27,7±25
				Şahit Numune	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	22,2±110	16,6±19
				10.1.	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	5,55±11
				10.2.	0,00±3,7	66,5±130	66,5±130	0,00±3,7	33,3±27
10	Nevin Hanım	Üngüt	60	10.3.	0,00±3,7	22,2±110	66,5±130	22,2±110	27,7±25
				10.4.	0,00±5,2	22,2±110	44,4±120	44,4±120	27,7±28
				10.5.	0,00±3,6	0,00±3,6	0,00±3,6	0,00±3,6	0,00±1,8
				10.6.	22,2±110	22,2±110	66,5±130	22,2±110	33,3±27
				10.7.	22,2±110	0,00±3,7	44,4±120	44,4±120	27,7±25
				Şahit Numune	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	44,4±120	16,6±19
				11.1.	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	44,4±120	16,6±19
				11.2.	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	22,2±110	16,6±19
11	Kadir Bayırlı	Üngüt	50	11.3.	0,00±3,7	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	11,1±16
				11.4.	22,2±110	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	16,6±19
				11.5.	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	22,2±110	5,55±11
				11.6.	44,4±120	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16
				11.7.	0,00±3,7	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	5,55±11
				Şahit Numune	44,4±120	22,2±110	0,00±3,7	88,7±140	38,8±29
				12.1.	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16
				12.2.	0,00±3,7	44,4±120	22,2±110	22,2±110	22,2±22
12	Zekeriya Köy-3	Yamaçtepe	120	12.3.	22,2±110	22,2±110	0,00±3,7	0,00±3,7	11,1±16
				12.4.	66,5±130	66,5±130	22,2±110	44,4±120	49,9±33
				12.5.	44,4±120	44,4±120	0,00±3,7	22,2±110	27,7±25
				12.6.	0,00±3,7	0,00±3,7	0,00±3,7	44,4±120	11,1±16
				12.7.	0,00±3,7	44,4±120	0,00±3,7	66,5±130	27,7±25



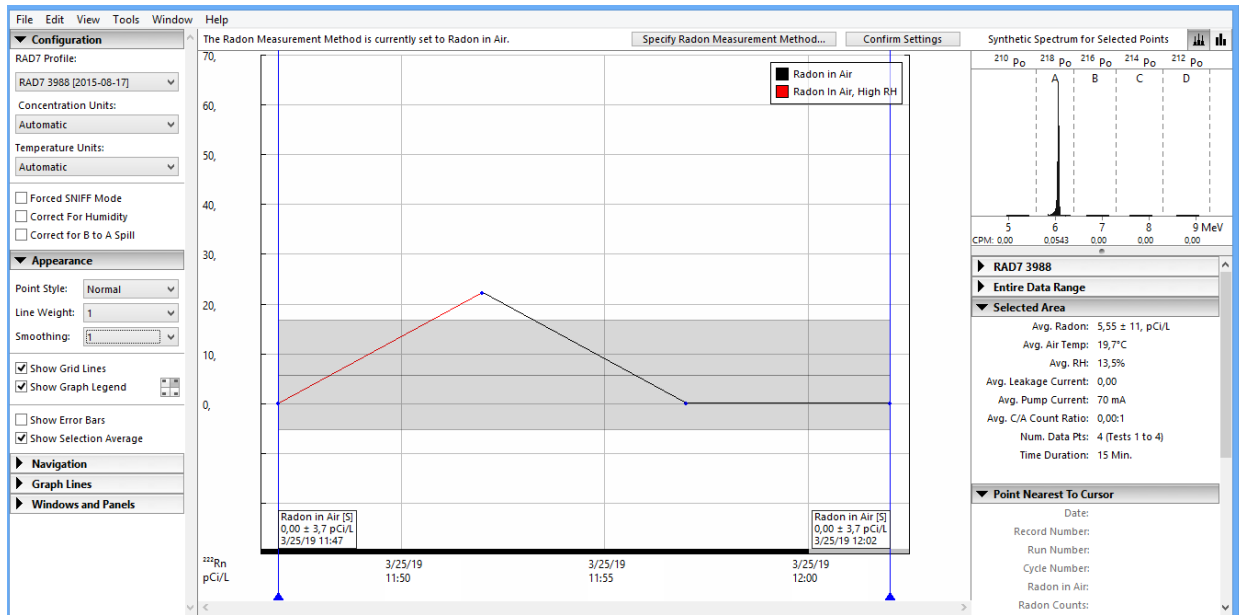
Şekil 6. 8 no'lu şahit numunenin radon konsantrasyon değerleri



Şekil 7. 8.1. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



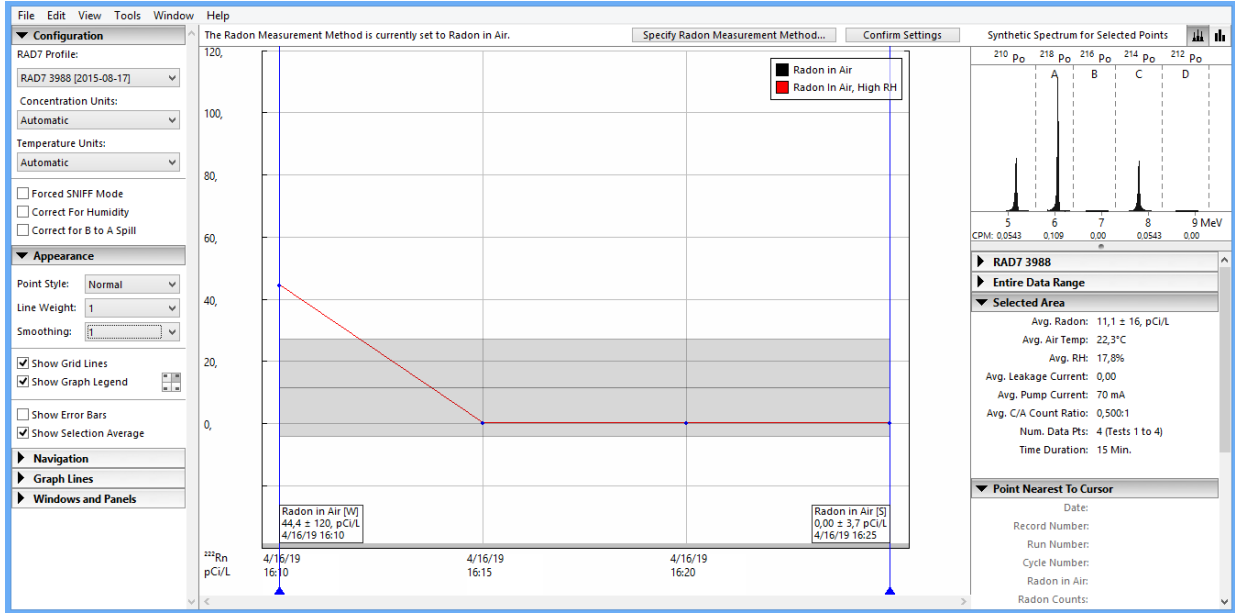
Şekil 8. 8.2. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri



Şekil 9. 8.3. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri

1 numaralı kuyunun derinliği diğer kuyuların derinliğinden daha küçük olmasına rağmen şahit numuneye oranla 6 no'lu filtrede (çakıl-kum-bor) değer $38,8 \pm 29$ pCi/l yüksek çıktığı tespit edilmiştir. 1 no'lu filtrede ise (çakıl-kum-zeolit-karbon-bor) zeolit katkılı olduğundan dolayı $5,55 \pm 11$ pCi/l birinci kuyu için en düşük değer gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda zeolit mineralinin referans numuneye oranla azaldığı gözlemlenmiştir. En düşük radon konsantrasyon değeri 7.1. no'lu numunede $0,00 \pm 1,8$ pCi/l olarak bulunmuştur. En yüksek değer ise 12.4 no'lu kuyuda $49,9 \pm 33$ pCi/l olarak tespit edilmiştir. 7 no'lu kuyunun derinliği 12 no'lu kuyuya nazaran daha yüksektir. Yerin altına doğru inildikçe her 33 metrede 1°C ' de sıcaklık artışı meydana gelmektedir. Sıcaklığın artmasıyla birlikte

ortama salınan radon gazında artış görülmektedir. Fakat 12 no'lu kuyudaki derinliğin fazla olmasına rağmen radon konsantrasyonunun daha düşük çıkmasında zeolit katkısının etkisinden söz etmek mümkündür.



Şekil 10. 8.4. no'lu numunenin radon konsantrasyon değerleri

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kahramanmaraş ili Onikişubat ilçesinde 12 farklı lokasyondan temin edilen 12 adet kuyu suyu örneği üzerinde karbon, bor ve zeolit mineralli filtre kullanılarak sulardaki radyoaktivite seviyesinin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapıldı.

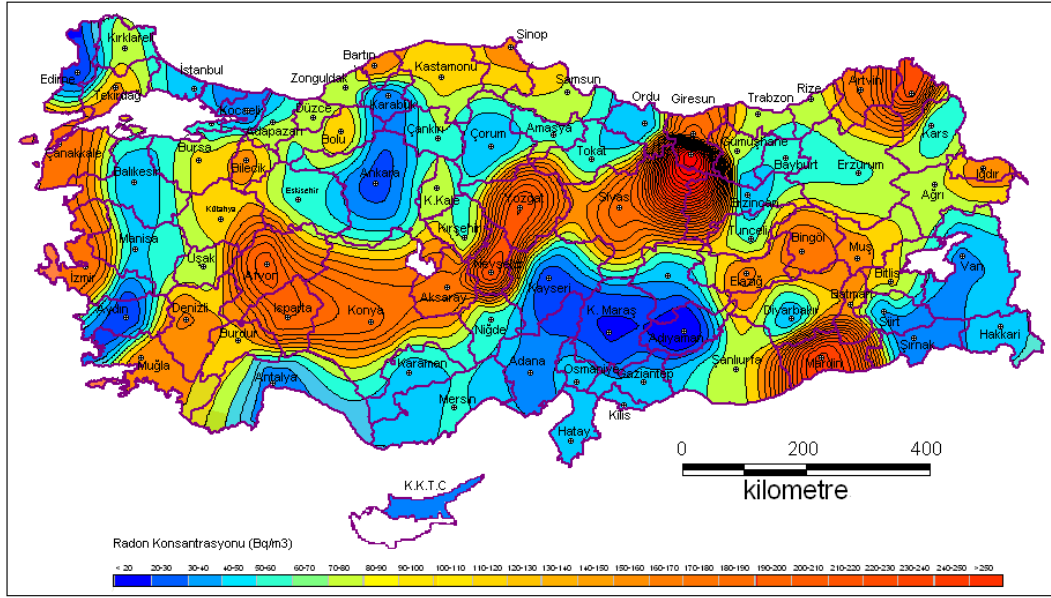
Yapılan çalışmada, su örnekleri filtre edilmeden ve filtre edildikten sonra içerdikleri radon gazı konsantrasyonları Durridge Rad 7 aktif ölçer ile ölçüldü, ölçüm sonucunda kullanılan zeolit katkılı filtrelerin radyoaktivite seviyesine etkisi gözlemlendi.

Analizler sonucunda zeolit mineralli filtrelerin ortalama Radon konsantrasyon değerleri $0,00 \pm 1,8$ pCi/L ile $49,9 \pm 33$ pCi/L olarak tespit edildi.

Zeolit mineralinin iyon değiştirme, absorpsiyon ve radyoaktif tutuculuğu özelliğinden dolayı zeolit katkılı filtrelerin radyoaktivite seviyesi genel olarak azaldığı gözlemlendi. Deneyde kullanmış olduğumuz zeolit çeşidi doğal klinoptolit olup en yararlı zeolit türüdür. İnsan sağlığı açısından problem teşkil etmemektedir. Zeolit'in 40'a aşkın çeşidi mevcuttur. Bunlar içerisinde zararlı, istemediğimiz morfolojik olarak iğnemsiz ve lifli yapıya sahip erionit türü mezotelyomalı hastalardan alınan akciğer dokularında da görülmüştür. Sağlık açısından problem teşkil ettiği için erionit tercih edilmemektedir. Klinoptolit ile erionit birbirleri ile karıştırılmaması önerilir.

Radon gazı coğrafi bölgenin, jeolojik yapısıyla da yakından ilişkili olarak çevreye yayılım göstermektedir. Granit ve volkanik topraklar, tortul şistler önemli radon kaynaklarını oluşturmaktadırlar. Sedimanter topraklarda ise radon konsantrasyonu düşüktür. Bazı tebeşir çökelti bölgelerinde de az miktarda olsa da radona rastlanmaktadır. Ayrıca yeraltı suları, doğal gazlar, kömür ve okyanuslar da sınırlı da olsa radon salınımı yapabilmektedir [30,2]. Kahramanmaraş'ın arazisi kireç taşı, kumtaşı ve metamorfik taşlar üzerine oluşmuştur. Bu sebeptendir ki bulunan

değerlerin düşük çıkmasında bölgenin jeolojik yapısının etkisinden söz etmek mümkündür. Ayrıca Türkiye genelinde de radon konsantrasyon dağılımına baktığımızda Kahramanmaraş ilinin en düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 11. Türkiye radon gazı haritası (URL 6)

Sonuç olarak bu çalışmada bildirilen değerler, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından açıklanan güvenlik limiti olan 100Bq l^{-1} 'nin ($100\text{Bq/L} = 2702,70\text{ pCi/L}$) oldukça altındadır. Halk sağlığı açısından tehdit oluşturmamaktadır.

KAYNAKLAR

Akkurt, A. 2006. Afyon Jeotermal Sularında Radon (Rn-222) Aktivitesi Tayini. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar. 57 s.

Bilgin, Ö. 2009. Gördes Zeolitlerinin Hammaddesel Özelliklerinin İncelenmesi Ve Değişik Sektörlerde Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Dokuz Eylül , Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 173 s.

Bonavigo, L. & Zucchetti, M. 2008. Dose Calculation due to underground exposure: the Tav tunnel in Valle Di Susa. Fresenius Environmental Bulletin, 17: 1476-1479.

Chuikova, K. I., & Vozhakov, S. V. (2005). Assessment of efficacy of the drug litovit as a novel pathogenetic modality in acute virus hepatitis. Terapevticheskii arkhiv, 77(11), 29-31.

Demirel, S. 2013. Konya'nın İçme Suyunun Sağlandığı Bazı Kuyu Sularında ^{222}Rn Konsantrasyonu Değişimlerinin İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya. 83 s.

Dyer, A., Morgan, S., Wells, P., & Williams, C. (2000). The use of zeolites as slow release anthelmintic carriers. Journal of helminthology, 74(2), 137-141.

Gündoğan, A. 2016. Kilis İli Sularında Radon Gazı Ölçümü, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 63 s.

Horvath, A., Bohus, L. O., Urbani, F., Marx, G., Piroth, A., & Greaves, E. D. (2000). Radon concentrations in hot spring waters in northern Venezuela. Journal of environmental radioactivity, 47(2), 127-133.

Keeting, P. E., Oursler, M. J., Wiegand, K. E., Bonde, S. K., Spelsberg, T. C., & Riggs, B. L. (1992). Zeolite a increases proliferation, differentiation, and transforming growth factor β production in normal adult human osteoblast-like cells in vitro. *Journal of Bone and Mineral Research*, 7(11), 1281-1289.

Karadag, D., Koc, Y., Turan, M., & Armagan, B. (2006). Removal of ammonium ion from aqueous solution using natural Turkish clinoptilolite. *Journal of Hazardous Materials*, 136(3), 604-609.

Kılıç, Ö. 2015. Bitlis Kaynak Sularında Radon Seviyelerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Semineri, Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kop, A. 2010. Faylarla İlişkili Jeotermal Alanlarda Radon Gazı Ölçümlerinin Önemine İlişkin Bir Örnek, Hartlap Kaplıcası, Kahramanmaraş, İstanbul Yerbilimleri Dergisi, C. 23, S. 1, SS. 39-52.

Kocakuşak, S., Savaşçı, Ö. T., & Ayok, T. (2001). Doğal zeolitler ve uygulama alanları. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Rapor No: KM, 362.

Liu, B., Yan, F., Kong, J., & Deng, J. (1999). A reagentless amperometric biosensor based on the coimmobilization of horseradish peroxidase and methylene green in a modified zeolite matrix. *Analytica chimica acta*, 386(1-2), 31-39.

de Oliveira, J., Mazzilli, B. P., de Oliveira Sampa, M. H., & Bambalas, E. (2001). Natural radionuclides in drinking water supplies of Sao Paulo State, Brazil and consequent population doses. *Journal of environmental radioactivity*, 53(1), 99-109.

Örgev, C., & İnanç, İ. (2004). Doğal zeolit'in doğal kaynak sularında pH, iletkenlik ve sertlik özelliklerinin düzenleyicisi olarak kullanımı. *Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, BİYOMUT*. İstanbul, TÜRKİYE.

Özger, A.G. (2005). Ceyhan, Yumurtalık ve Pozantı Bölgelerinin Doğal Radyoaktivite Düzeylerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana. 93 s.

Rodriguez-Fuentes G, Barrios MA, Iraizoz A, Perdomo I, Cedre B. Enterex: antidiarrheic drug based on purified natural clinoptilolite. *Zeolites* 1997;19:441-8.

Samsunlu, A. (1999). Çevre Mühendisliği Kimyası. (4. baskı). Sam çevre teknolojileri merkezi yayınları, s: 120, 177, İstanbul.

Unsear, 1988: 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.

Uludağ, N. (2018). Şile-Kandıra-İzmit Bölgesindeki Kaynak Sularında Radon Gazının İncelenmesi Ve Sakarya Üniversitesi Radon Farkındalık Anketi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76 s.

URL 1: <https://durridge.com/products-overview/> Erişim tarihi 19.12.2019.

URL 2: <https://kahramanmaras.tarimorman.gov.tr/Menu/25/Kahramanmaras> Erişim tarihi 01.01.2020.

URL 3: <https://kahramanmaras.bel.tr/kahramanmaras/sehir-tanitimi>. Erişim tarihi 01.01.2020.

URL 4: <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/zeolit>. Erişim tarihi 01.01.2020.

URL 5: <https://www.google.com/search/kahramanmaras+yer+bulduru+haritası> Erişim tarihi 01.01.2020.

URL6: <https://www.haber61.net/turkiye-nin-dogal-radyoaktivite-zonlari-ve-cevre-etkileri-makale,3383.html> Erişim tarihi 19.11.2019.