



**İZMİR'DE SİSMİK AKTİVİTELER İLE RADON
KONSANTRASYONLARI ARASINDAKİ KORELASYONUN
İNCELENMESİ**

**(INVESTIGATION OF CORRELATION BETWEEN THE SEISMIC
ACTIVITIES AND RADON CONCENTRATIONS IN İZMİR)**

M. Murat SAÇ*, Berkay CAMGÖZ*

ÖZET / ABSTRACT

Bu çalışmada İzmir ve çevresinde meydana gelen deprem büyüklükleri ile radon konsantrasyonları arasındaki korelasyonlar değerlendirilmiştir. Balçova ve Çeşmealtı arasındaki bölge aktif yer kabuğu hareketleri sergilediğinden dolayı çalışma alanı olarak seçilmiştir. İzmir bölgesi aktif fay hatlarındaki radon düzeyleri dyck ve statik metodlar kullanılarak RD-200 sintilasyon detektörü ile ölçüldü. Radon ölçüm sonuçları İzmir ve çevresinde meydana gelen depremler ile karşılaştırıldı. Bazı istasyonlarda deprem büyüklükleri ile radon konsantrasyonları arasında değişimler gözlemlendi. Sonuçların değerlendirilmesinde, Eylül 1999 ile Mayıs 2000 tarihleri arasında Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından verilen sismik verilerden yararlanıldı.

In this study, the correlation between magnitudes of earthquakes and radon concentrations in İzmir city and its vicinity was investigated. The region among Balçova and Çeşmealtı was chosen as research area because it exhibited active crustal movements. The radon levels in activity fault lines of İzmir region were measured by RD-200 scintillation detector using dyck and static methods. The results of radon measurements were compared with magnitudes of earthquakes in İzmir city and its surroundings. It was observed variations in radon concentrations related to earthquakes in a few stations. In the evaluation of the results the magnitudes of earthquakes were taken from seismic data reported by Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Seismological Laboratory, during the period of September 1999-May 2000.

ANAHTAR KELİMELELER / KEYWORDS

Radon, Deprem büyüklüğü
Radon, Magnitude

1. GİRİŞ

Dünyamızın bir çok bölgesinde görülen yer kabuğu hareketleri bir çok araştırmacıyı depremi önceden tahmin etme metodlarını ortaya çıkarmaya ve geliştirmeye yönlendirmiştir (Seidel et al., 1998, Virk et al., 2001, Zmazek et al., 2002, Zmazek et al., 2003, Negarestani et al., 2002, Negarestani et al., 2003). Bu konuda yapılan çalışmalarda, bir çok yöntem birlikte değerlendirilerek tahminler elde edilmiştir. Bu yöntemlerden bir tanesi de topraktaki radon gazı değişimi ile deprem şiddeti arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesidir. Slovenya’da yapılan bir çalışmada, $M_L = 3.8$ büyüklüğündeki depremden önce fark edilebilir radon değişimleri gözlenmiştir (Zmazek et al., 2002). Hindistan’da 1999 yılında Chamoli depremi öncesinde topraktaki radon gazı değişiminde farklılıklar görülmüştür (Virk et al., 2001). Kuzey Hindistan’da yapılan başka bir çalışmada ise 1997 yılında meydana gelen 5.4 büyüklüğündeki deprem öncesi yer altı su kaynaklarındaki radon gazı ölçümlerinde değişimler gözlenmiştir (Singh et al., 1999).

Ülkemiz bu güne kadar pek çok yoğun deprem aktivitesine sahne olmuştur. Özellikle 1999 Marmara depreminden sonra bir çok araştırmacı bu konudaki araştırmalarına hız vermişlerdir (Akıncı vd., 2000; Emre ve Barka, 2000; Saç ve Camgöz, 2000; Ereeş vd., 2001). Yapılan çalışmaların en önemlilerinden biri TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezinin yürüttüğü bir çalışmadır. Çalışma, topraktaki radon gazı ölçümünün doğrudan merkezi bir veri kaydedici içinde saklanması ve bu verilerin deprem şiddeti ile arasındaki ilişkiye dayanmaktadır.

Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası’nda Ege bölgesinin bir çok yöresinin I. derece deprem bölgesi olduğu görülmektedir. Büyük şehirler açısından, Türkiye’de deprem riski ile iç içe yaşayan en riskli yerleşim birimlerinden birisi de İzmir’dir. İzmir ili, batısında Gediz grabeni, kuzeyinde Tuzla fayı, doğusunda Karaburun aktif fayları ile sınırlanmış, hızla büyüyen Türkiye’nin üçüncü büyük şehridir. Ege bölgesindeki deprem tehlikesinin tanımlanmasına temel teşkil eden aktif fay sistemlerinin kinematik özelliklerinin, bölgedeki stres dağılımının daha detaylı incelenmesi ve ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu nedenle, İzmir ve çevresinde mevcut deprem istasyonlarına ek olarak, kalıcı deprem istasyonlarının bir an önce kurulması kaçınılmazdır (Akıncı vd., 2000). Olası deprem tahminlerine veri teşkil edecek istasyonlardan biri de radon ölçüm istasyonlarıdır. Düzenli olarak radon gazı seviyesini aktarabilecek sistemlere ihtiyaç vardır. Bu sistemler kurulmadan önce bu çalışmada olduğu gibi radon konsantrasyonları ile yer hareketleri arasındaki korelasyonun incelenmesi ve istasyon yerlerinin saptanması gerekir.

1.1.Radon ve Ölçüm Sistemleri

Radon ender bir gazdır ve dünyada yalnız 100 ton civarında bulunmaktadır. Radyoaktivitesi yüksek olan bu gazın ^{222}Rn (emanon), ^{220}Rn (toron) ve ^{219}Rn (aktinon) olmak üzere üç izotopu bilinmektedir. Bunlar, sırasıyla ^{238}U , ^{232}Th ve ^{235}U ’in radyoaktif parçalanma ürünleridir. ^{222}Rn ’nin toprak, su ve çeşitli jeolojik formasyonlardaki dağılımı ^{226}Ra ’nın bulunmasına bağlıdır (Nakoman, 1979).

Radon ölçüm yöntemleri genellikle yer altı sularında ve toprakta uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları aşağıdaki gibidir.

- Statik yöntem ile radon gazı ölçülmesi: Topraktaki radon gazının doğrudan detektörden geçirilerek alınan ölçümdür.
- Dyck yöntemi ile radon gazı ölçülmesi: Topraktaki veya su numunesindeki radon gazı bir hücreye (Lucas hücresi) aktarılır ve bu hücre bir radon detektörü içine yerleştirilerek ölçüm yapılır.

- İz kazıma detektörleri ile radon gazı ölçüm yöntemi: Yerin belli derinliğine gömülen iz kazıma detektörleri (selüloz nitrat filimleri) üzerinde oluşan radon ve ürünlerince yayınlanmış olan alfa izlerinin mikroskop altında sayılması sonucu yapılan radon ölçüm yöntemi (Nakoman, 1979). Yapılan bir çalışmada CR-39 iz kazıma dedektörleri ile radon gazı ölçümlerinde, radon gazı değişimleri ile deprem büyüklükleri arasında pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir (Kolbaşı, 1997).
- Kollektör yöntemi ile radon gazı ölçümü: Radon gazının vakumlanmış kollektör odasına aktarılması sonucu radon ve ürünlerinin, kap içindeki bakır bir plânşette belli bir süre elektriki potansiyel uygulanarak toplanmasından sonra, alfa sintilasyon sayacında sayılması ile yapılan ölçüm yöntemidir (Kumru, 1992).

2. MATERYAL VE METOD

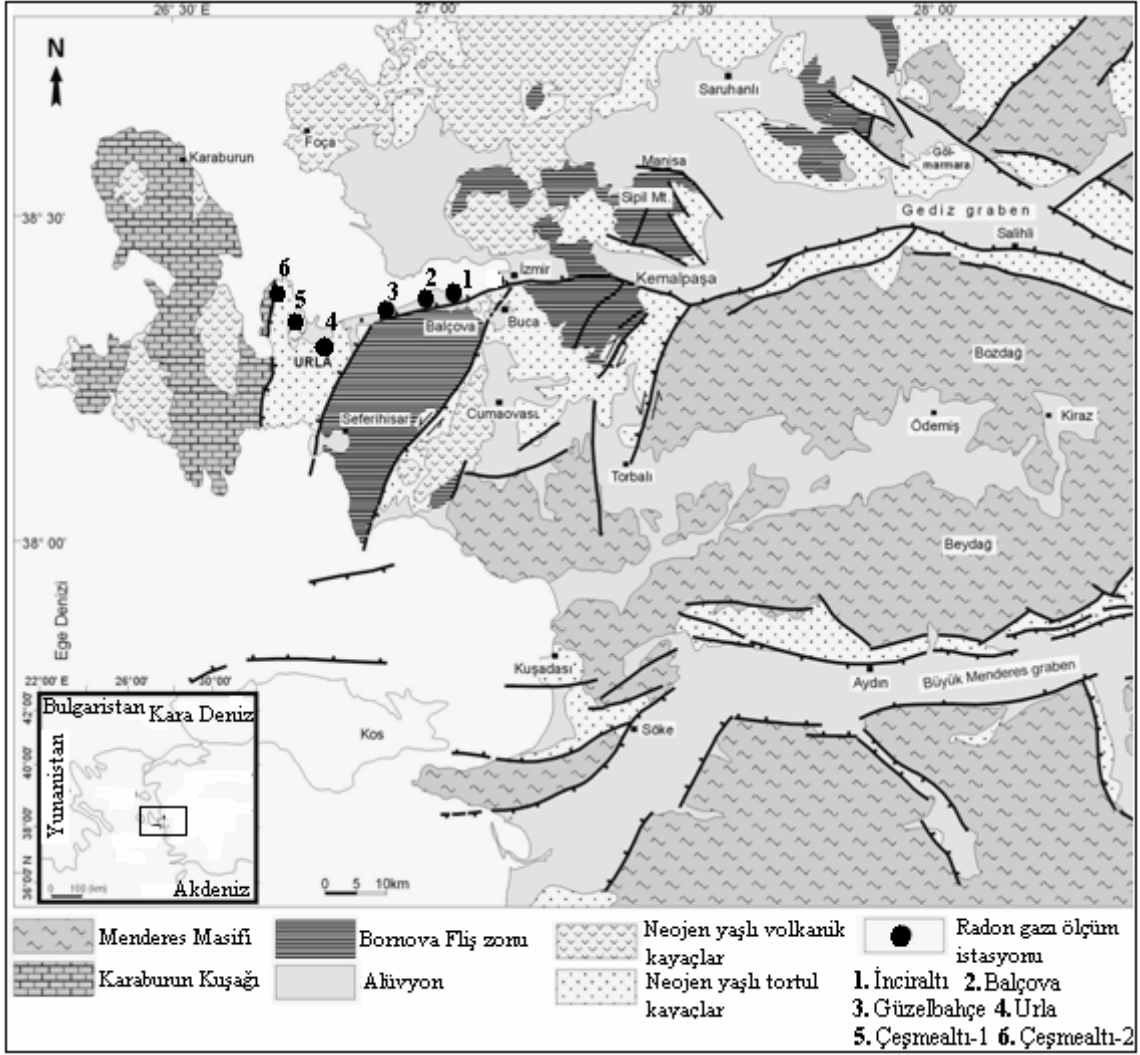
2.1. Çalışma Alanı

Çalışmada Çeşmealtı ile Balçova arasında yer alan İnciraltı, Balçova, Güzelbahçe ve Çeşmealtı bölgelerindeki bazı noktalar radon ölçüm istasyonu olarak seçilmiştir. Şekil 1 İzmir fayı üzerindeki ve bu faya yakın yerlerdeki radon ölçüm istasyonlarını ve bölgenin jeolojik yapısını göstermektedir.

Radon ölçümlerinin yapıldığı İzmir Fayı, Batı Anadolu genişleme bölgesinin batı ucunda yer alan İzmir Körfezi'ni güneyden sınırlar. İzmir Fayı yaklaşık 40 km uzunlukta, 500 m genişlikte, baskın olarak D-B uzanımlı, az miktarda doğrultu atım bileşeni olan normal bir faydır. Balçova jeotermal sistemi bu fay zonu üzerinde yer almaktadır. Fay zonu içerisinde yer alan en güneydeki segment, ana fayı oluşturmaktadır. Yapılan bir çalışmada fayın yükselen bloğunda Üst Kretase – Paleosen yaşlı Bornova Karmaşığı, düşen bloğunda ise Kuvaterner yaşlı alüvyonel, flüviyal ve denizel girdilerin gözlendiği çökeller ile Bornova Karmaşığı'na ait kumtaşı-şeyl yüzlekleri gözlenmiştir. Bornova Karmaşığı'nın, fayın tavan bloğunda yüzeylenmesi İzmir Fayı'nın tavan bloğundaki antitetik ve sintetik faylardan kaynaklanmaktadır. KD-GB ve KB-GD gidişli faylar gözlenmiştir. Bu fay takımlarından KD doğrultulu olanlar, yüksek eğimlere ve düşük rake açılara sahiptir. KB uzanımlı hatlar ise, 20-30⁰'lik rake açıları ile verrev atımlı fay karakterindedir. Taban bloğunda kalan yapısal süreksizliklerin hepsi İzmir Fayı tarafından kesilir. Aynı çalışma sonuçlarına göre bu alanda gözlenen jeomorfolojik indisler; dağ önü çizgisellikleri, alüvyal yelpazeler, ütü altı yapıları ve karakteristik drenaj ağları gözlenmiştir. Sözkonusu jeomorfolojik parametreler fayın türünün saptanmasında kullanılmıştır. Ayrıca ütü altı yapıları üzerinde, İzmir Fayı'na ait korunmuş fay yüzeylerinde kinematik analiz çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen tüm verilerden, İzmir Fayının kimliği ortaya çıkarılmış ve bu veriler yardımıyla, fayın deprem üretme potansiyeli tartışılmıştır (Sözbilir vd., 2004).

2.2. Çalışmada Kullanılan Radon Gazı Ölçüm Yöntemleri

Çalışmada topraktaki radon gazı statik ve dyck yöntem ile ölçülmüştür. Statik yöntemde, (Şekil 2a) çapı 2-3 cm, derinliği ise 0.60-1 m olan bir delik açılarak radon ölçüm cihazının probu bu delikten sokulur. Delikteki gaz ile detektör odasındaki gaz homojen oluncaya kadar pompalamaya devam edilir ve pompaj durdurularak sayım yapılır.

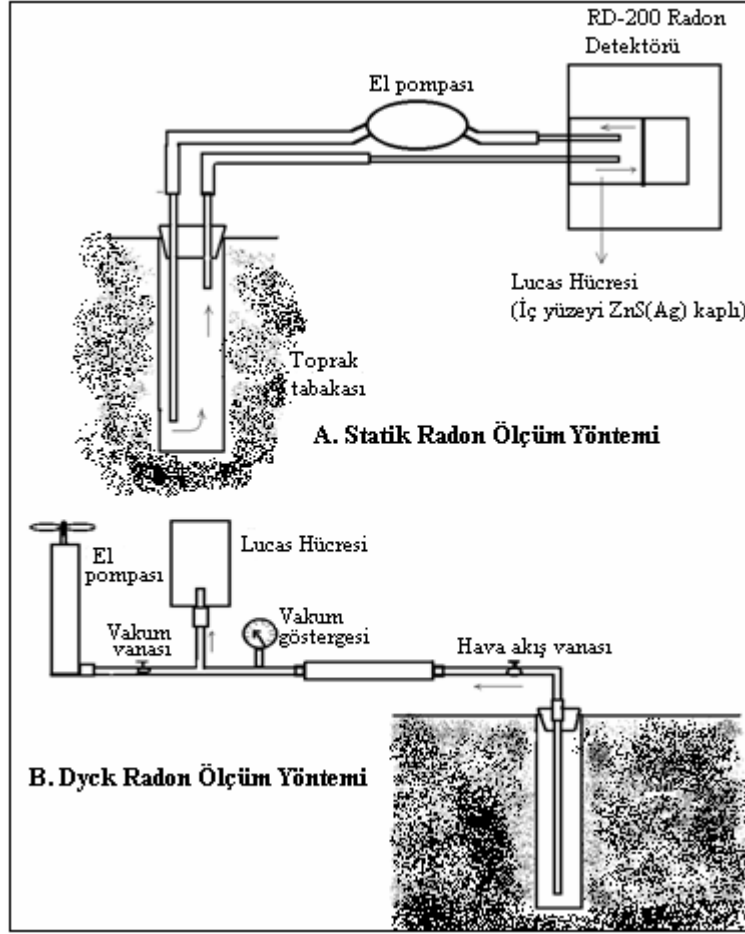


Şekil 1. Ege bölgesi jeoloji haritası ve radon gazı ölçüm istasyonları (Genç vd., 2001).

Dyck yönteminde ise lucas hücresi ile birlikte hücrenin takıldığı sistem vakum yapılır (Şekil 2b). Topraktaki hava ve diğer gazlar vakum yapılmış lucas hücresine çekilir. Yaklaşık 4 dakika süren bu işlem sonunda topraktaki radonun bir kısmı lucas hücresini doldurduktan sonra hücre içinde radon gazı ürünleri ile dengeye gelinceye kadar bekletilir (yaklaşık 4 saat). Lucas hücresi radon dedektörüne yerleştirilerek radon ve ürünleri ölçülür ve her iki yöntem ile elde edilen radon sonuçları cpm (dakikadaki sayım) olarak verilir.

3. RADON ÖLÇÜM SONUÇLARI

İzmir ve çevresindeki radon ölçüm istasyonlarında yapılan ölçümlerin statik yöntemle göre 1 cpm ile 37 cpm arasında, Dyck yöntemine göre ise radon ölçümlerinin 1 cpm ile 40 cpm arasında değiştiği belirlendi (Çizelge 1). Doğrudan radon ölçüm yöntemi olan statik yöntem ile bulunan radon sonuçları diğer yöntemle göre daha düşüktür. Bu yöntemde radon ve ürünleri sistem içinde sürekli sirkülasyon halindedir. Radon ve ürünlerinin bir kısmı detektöre çarpmadan hava sirkülasyonu ile toprağa geri dönmekte yada kaçmaktadır. Oysa dyck yönteminde topraktaki hava bir lucas hücresine aktarılmakta ve her hangi bir kaçış söz konusu olmamaktadır.



Şekil 2. Radon ölçümlerinde kullanılan ölçüm yöntemleri (Nakoman, 1979).

Çizelge 2 ölçüm yapılan tarihlere İzmir ve çevresinde meydana gelen depremleri vermektedir. Şekil 3 ise Statik yöntem ile ölçüm yapılan istasyonlardaki radon konsantrasyonlarının değişimini göstermektedir. Tablo 2 ile Şekil 3 karşılaştırıldığında bazı istasyonlarda sismik aktiviteye bağlı olarak radon konsantrasyonlarının değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 1. Statik (A) ve Dyck (B) yöntem ile ölçülen radon sayımları (cpm).

Ölçüm Tarihleri	İnciraltı		Balçova		Güzelbahçe		Urla		Çeşmealtı 1		Çeşmealtı 2	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
28.09.1999	3	4	1	2	3	4	11	9	15	17	32	35
01.10.1999	4	6	2	3	4	4	37	40	4	6	4	5
04.10.1999	2	3	3	2	5	6	14	18	4	6	10	13
07.10.1999	3	3	1	2	5	5	13	16	5	5	9	10
14.10.1999	1	2	1	2	4	3	5	6	2	3	7	8
01.11.1999	2	3	1	2	1	2	3	2	3	3	6	7
08.11.1999	2	2	2	2	2	1	3	3	2	1	4	5
15.11.1999	3	5	16	19	5	3	12	14	3	4	8	9
06.12.1999	2	1	1	3	3	3	6	9	4	4	10	12
20.12.1999	1	1	2	1	3	5	19	21	4	4	4	4
28.02.2000	4	3	13	15	2	3	15	16	4	6	15	19
27.03.2000	1	2	24	30	12	14	23	20	14	13	14	16
10.04.2000	5	4	2	3	2	2	14	11	3	2	5	6
06.05.2000	4	5	14	12	4	4	14	15	12	15	16	14

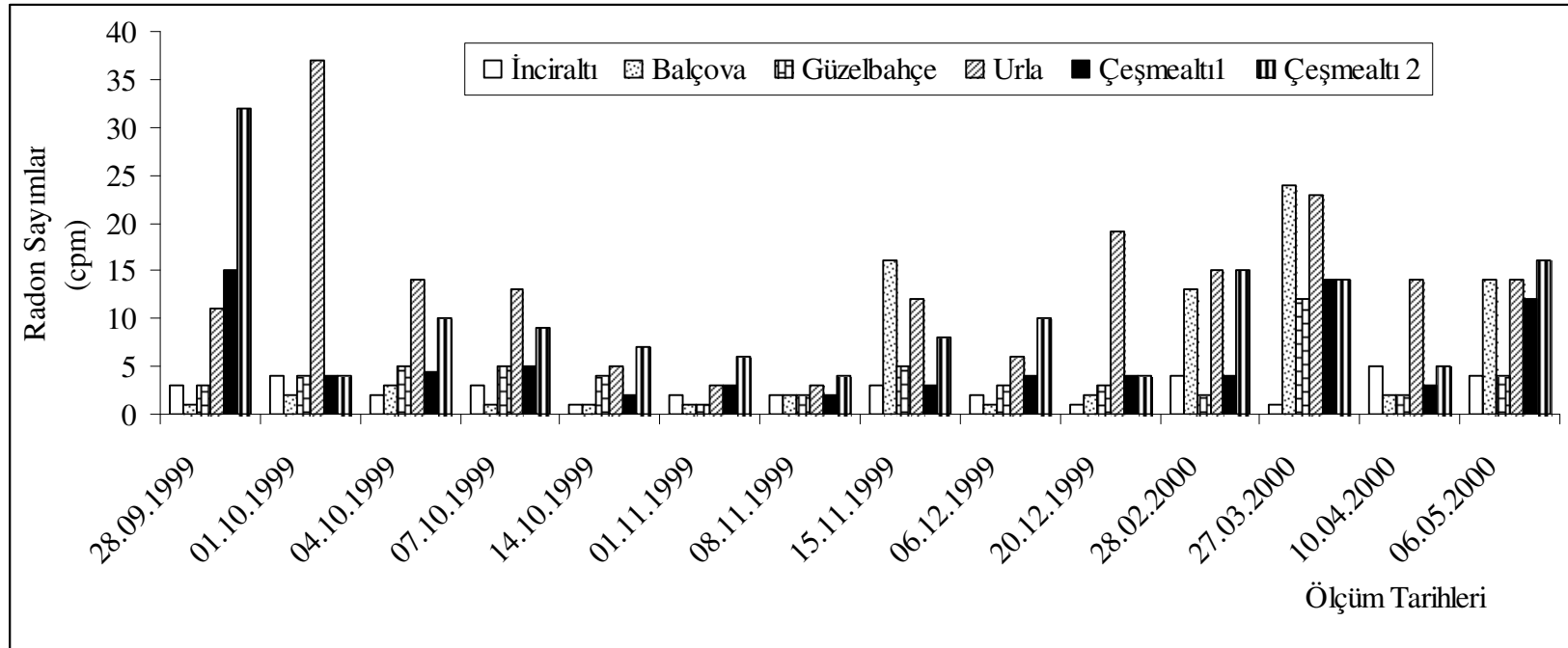
Çizelge 2. 28.09.1999 ve 05.05.2000 tarihleri arasında Ege Bölgesi'nin bazı bölgelerinde radon ölçümü yapılan zamanlarda meydana gelen depremler

Yer	Büyükük	Tarih
Bergama	3.3	28.09.1999
Akhisar	3.5	
Akhisar	3.0	04.10.1999
Kırkağaç	2.9	06.10.1999
Kuzey Ege	3.5	16.11.1999
	3.5	
	3.3	
Kınık	2.8	05.12.1999
Bergama	2.7	21.12.1999
Foça	3.1	28.02.2000
Germencik	3.1	29.02.2000
	2.8	
Manisa	2.9	26.03.2000
Ege Denizi	3.3	26.03.2000
Kuşadası	2.8	09.04.2000
	2.9	09.04.2000
	3.1	11.04.2000
	3.2	11.04.2000

4. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Şekil 3'te verilen grafiğe göre, Eylül sonu-Ekim ortası aylarında radon konsantrasyonlarının arttığı ve bu tarihlerde bazı bölgelerde sismik aktivite gözlemlendiği belirlendi. Radon konsantrasyonlarında Ekim ortası ve Kasım ortalarına kadar düşüşten sonra konsantrasyonda ve sismik aktivitede artış olduğu saptanmıştır. Eylül ayı sonları ve Ekim ayının ilk tarihlerinde Çeşmealtı 2 ve Urla istasyonlarında radon konsantrasyonlarında artış gözlenirken aynı tarihlerde Bergama, Akhisar ve Kırkağaç bölgelerinde sismik aktivite olduğu gözlemlenmiştir. Mart ve Nisan aylarında İnciraltı bölgesi hariç diğer bölgelerde radon konsantrasyonlarında belli bir artışın olduğu ve buna paralel olarak Kuşadası ve Ege Denizinde yer hareketlerinin gözlemlendiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar yer hareketlerinin izlenmesinde yardımcı olabilecek radon ölçümlerinin bölgelerde sürekli olarak yapılması gerektiğini göstermektedir. Bundan dolayı devamlı veri aktarabilecek radon ölçüm istasyonlarının kurulması gerekmektedir. Ayrıca radon ölçüm istasyonlarındaki değişimler ile birlikte sismik veriler yanında toprakta ve yer altı sularında fiziksel ve kimyasal veriler doğrudan bir veri toplama merkezine aktarıldıktan sonra olası deprem tahminleri bu değerlendirmeler sonucu verilmelidir.

Radon gazı ölçüm yöntemi deprem tahmininde %100 garantili bir çözüm olmasa da istasyonların artırılması, standart hale getirilmesi ve daha nitelikli veri toplanması ile daha güvenilir sonuçlara ulaşılabilir. Depremin ağır bedeli unutulmamalı ve bu tür çalışmaların hızla devam ettirilmesine paralel deprem öncesi hazırlıklara da süreklilik kazandırılmalıdır.



Şekil 3. Ölçüm yapılan istasyonlarda gözlenen radon konsantrasyonu değişimleri

KAYNAKLAR

- Akıncı A., Eyidoğan H., Göktürkler G., Akyol N., Ankaya O. (2000): “İzmir İli Çevresinin Depremselliği ve Deprem Tehlikesinin İncelenmesi”. Batı Anadolu’nun Depremselliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 231-238.
- Emre Ö., Barka A. (2000): “Gediz Grabeni-Ege Denizi Arasının (İzmir Yöresi) Aktif Fayları”. Batı Anadolu’nun Depremselliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.131.
- Ereeş S., Aytaş Ş., Saç M. M., Yener G., Şalk M. (2001): “Investigation of Correlation between the Earthquake and Radon Concentration in Thermal Water along the Faults at Denizli Basin in Turkey”. IAEA Research Contract No: Tur-11096.
- Genç C.Ş., Altunkaynak Ş., Karacık Z., Yazman M., Yılmaz Y. (2001): “The Çubukludağ Graben, South of Izmir: Its Tectonic Significance in the Neogene Geological Evolution of the Western Anatolia”. *Geodinamica Acta*, 14, 45-55.
- Kolbaşı A., (1997): “Nükleer İz Kazıma Dedektörleri ile İzmir Fay Hattında Deprem Tayinine Yönelik Radon Ölçümleri”. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nükleer Bilimler Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Kumru M.N. (1992): “Determination of Radium-226 in Environmental Samples by the Collector Chamber Method”. *Appl. Radiat. Isot.*, Vol: 43, No: 8, 1031-1034.
- Nakoman E. (1979): “Radyoaktif Hammaddeler Jeolojisi”, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, Eğitim Serisi No. 20, Ankara.
- Negarestani A., Setayeshi S., Ghannadi-Maragheh M., Akashe B. (2002): “Layered Neural Networks based Analysis of Radon Concentration and Environmental Parameters in Earthquake Prediction”. *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol: 62, 225-233.
- Negarestani A., Setayeshi S., Ghannadi-Maragheh M., Akashe B. (2003): “Estimaion of the Radon Concentration in Soil related to the Environmental Parameters by a Modified Adaline Neural Network”. *Applied Radiation and Isotopes*, Vol: 58, 269-273.
- Saç M., Camgöz B. (2000): “Investigations of Correlations Between the Magnitude of the Earthquake and Radon Concentrations in Soil Gas in İzmir Fault Zones”, I. Eurasia Conf. on Nuclear Science and its Application, Eng. Abst. pp 315-316, İzmir.
- Seidel J.L., Monnin M. (1998): “An Automatic Radon Probe for Earth Science Studies”. *Journal of Applied Geophysics*, Vol: 39, 209-220.
- Singh M., Kumar M., Jain R.K., Chatrath R.P. (1999): “Radon in Ground Water Related to Seismic Events”. *Radiation Measurements*, Vol: 30, 465-469.
- Sözbilir H., Sümer Ö., Uzel B., Saygılı S., Ramazanoğlu İ., Çiçek E. (2004): “İzmir Fayı’nın Jeolojik ve Jeomorfolojik Parametreleri”, Batı Anadolu Bildiri Özleri Kitabı, Aktif Tektonik Araştırma Grubu Toplantısı, Elazığ.
- Virk H.S., Walia V. (2001): “Helium/Radon Precursory Signals of Charmoli Earthquake, India”, *Radiation Measurements*, Vol: 34 379-384.
- Zmazek B., Zivcic M., Vaupotic J., Bidovec M., Poljak M., Kobal I. (2002): “Soil Radon Monitoring in the Krsko Basin, Slovenia”. *Applied Radiation and Isotopes*, Vol: 56, 649-657.
- Zmazek B., Todorovski L., Dzeroski S., Vaupotic J., Kobal I. (2003): “Appllication of Decision Trees to the Analysis of Soil Radon Data for Earthquake Prediction”. *Applied Radiation and Isotopes*, Vol: 58, 697-706.