

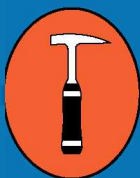


Mavi Gezegem

Popüler Yerbilim Dergisi

Yıl 2012 • Sayı 17

**Deniz içi hidrotermal çıkışların
tesbitinde canlıların önemi**



**TMMOB
JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YAYINIDIR.**

TMMOB
JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

YÖNETİM KURULU / EXECUTIVE BOARD

Hüseyin ALAN	Başkan / <i>President</i>
Yüksel METİN	İkinci Başkan / <i>Vice President</i>
Faruk İLGÜN	Yazman / <i>Secretary</i>
D. Malik BAKIR	Sayman / <i>Treasurer</i>
Canan DEMİRAL	Mesleki Uygulamalar Üyesi / <i>Member of Professional Activities</i>
Düzcün ESİNA	Sosyal İlişkiler Üyesi / <i>Member of Social Affairs</i>
Murat AKGÖZ	Yayın Üyesi / <i>Member of Publication</i>

Editör / Editor

Prof. Dr. Halil GÜRSOY
gursoy@cumhuriyet.edu.tr

Yazarlar / Writers

Murat GÜL
Şükrü ERSOY
Murat NURLU
Oktay GÖKÇE
Bülent ÖZMEN
Özgür KARAOĞLU

Tasarım/Mizanpaj

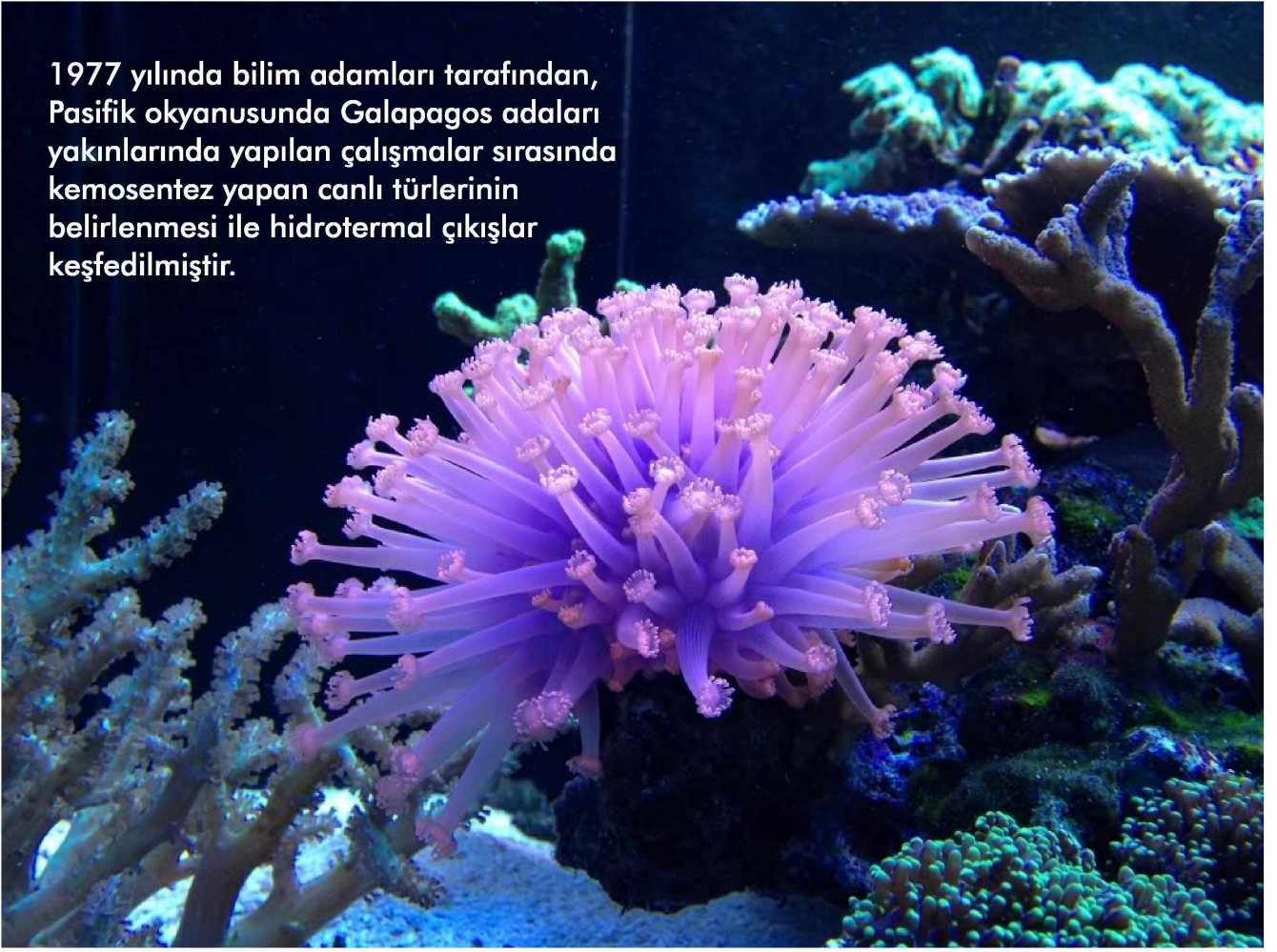
İlhan ULUSOY

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: jmo@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Yayın Türü	: Yaygın Süreli Yayın
Yayının Şekli	: 4 Aylık Türkçe - İngilizce
Yayın Sahibi	: TMMOB JMO Adına Hüseyin ALAN
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü	: Hüseyin ALAN
Yayının İdari Adresi	: Hatay 2 Sokak No: 21 Kocatepe / Ankara Tel: 0 312 432 30 86 Faks: 0 312 434 23 88
Baskı (Printed by)	: ERS Matbaacılık Kazım Karabekir Cad. Altıntop İşhanı No: 87/7 İskitler / Ankara Tel: 0 312 384 64 88
Baskı Tarihi	: Mayıs 2017
Baskı Adedi	: 500

1977 yılında bilim adamları tarafından, Pasifik okyanusunda Galapagos adaları yakınlarında yapılan çalışmalar sırasında kemosentez yapan canlı türlerinin belirlenmesi ile hidrotermal çıkışlar keşfedilmiştir.



Deniz içi hidrotermal çıkışların tesbitinde canlıların önemi



Özde BAKAK

Dokuz Eylül Üniversitesi
Jeotermal Enerji Anabilim Dalı
ozde.badur@deu.edu.tr

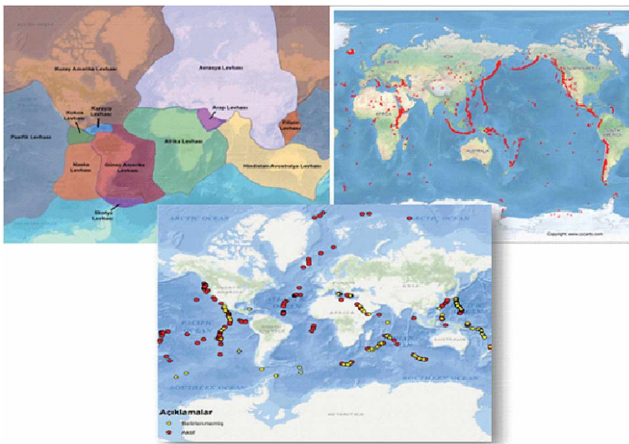
Hidrotermal çıkışların oluşum sistemi okyanustan yerkabuğuna kütle ve ısı transferinde önemli rol oynarken aynı zamanda bu ağzlar birçok biyolojik canlıya ev sahipliği yapmaktadır. 1977 yılında bilim adamları tarafından, Pasifik okyanusunda Galapagos adaları yakınlarında yapılan çalışmalar sırasında kemosentez yapan canlı türlerinin belirlenmesi ile hidrotermal çıkışlar keşfedilmiştir. Benzer canlılar, okyanus tabanında meydana gelen diğer hidrotermal çıkış alanlarında da görülmüştür. Ülkemizde ise, 1986 yılından bu yana Ege Denizi kıyılarında kümelenen canlı türlerinin incelenmesi ile sıcak su çıkışlarının olabileceği alanlar belirlenmiştir.

Çalışma, derin denizlerde ve özellikle Ülkemizde Ege Denizi kıyılarında sığ denizlerde yapılan araştırmalardan derlenerek hazırlanmış olup, bu alanlarda yaşayan canlı faunalarının sıcak su aramalarında yol gösterici nitelik taşıdığı sonucuna varılmıştır.

HİDROTERMAL ÇIKIŞLARIN OLUŞUMU

Konveksiyon akımlarının etkisi ile iki okyanusal levha yukarı ve yanlara doğru zıt yönlerde itilerek birbirinden uzaklaşmaya başlar ve burada meydana gelen boşluğu doldurmak için aşağıdan genç litosfer soğuyarak sırtın her iki yanında büyümeye devam eder. Bu olay okyanus ortası sırtlarının oluşmasına neden olur. Levha sınırlarının bulunduğu alanlar; hidrotermal aktivitenin ve depremselliğin yoğun olduğu alanlardır (Şekil 1). Okyanus ortası sırtlarında diğer bir deyişle derin denizlerde meydana gelen bu hareketlilik tabanda yüksek sıcaklıklara sahip hidrotermal çıkışların oluşumunu sağlamaktadır. Denizlerdeki hidrotermal çıkışlar, 1977 yılında Woods Halls Enstitüsü tarafından Pasifik Okyanusunda ALVIN denizaltısı ile yapılan çalışmalar sırasında keşfedilmiştir (1). Deniz kıyısında sığ deniz tabanında oluşan sıcak su çıkışları ise, fay/faylarla ilişkili olarak bu alanın aktif tektonizmasına bağlı olarak oluşmaktadır.

Denizlerdeki sıcak su çıkışlarının oluşum sistemi karadaki sistemlerin oluşumundan farklı değildir. Sıcak suyun kaynağı, yer kabuğunun 2-3 km altındaki magmaya doğru kabuk boyunca kırık ve çatlaklar sayesinde süzülen deniz suyudur. Deniz suyu magmaya yakın olan bu tabakalarda ısınarak yoğunluğunun azalması nedeni ile tekrar yüze çıkarak sıcak su/hidrotermal alanları oluşturmaktadır.



Şekil 1. Levha sınırları, volkanların konumları ve hidrotermal çıkış lokasyonları.

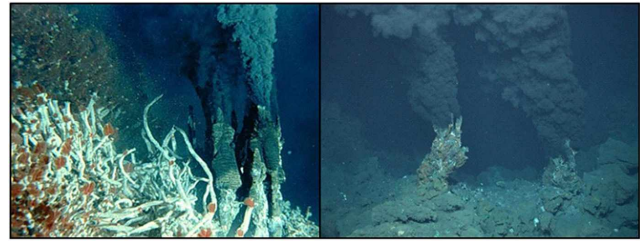
DERİN DENİZLERDEKİ HİDROTERMAL ÇIKIŞLAR

Derin denizlerdeki (okyanus tabanları) hidrotermal çıkışlar, levhaların hareketleri sonucunda okyanus

ortası ve çevresinde veya levha sınırlarında oluşmaktadır. Hidrotermal bacalardaki 100-350°C arasında değişen yüksek sıcaklığa sahip hidrotermal akışkan, 0-2°C sıcaklığa sahip soğuk deniz suyu ile karşılaştığı zaman akışkan içerisinde bulunan siyah metal ve sülfür parçacıkları soğuma ile birlikte çöker.

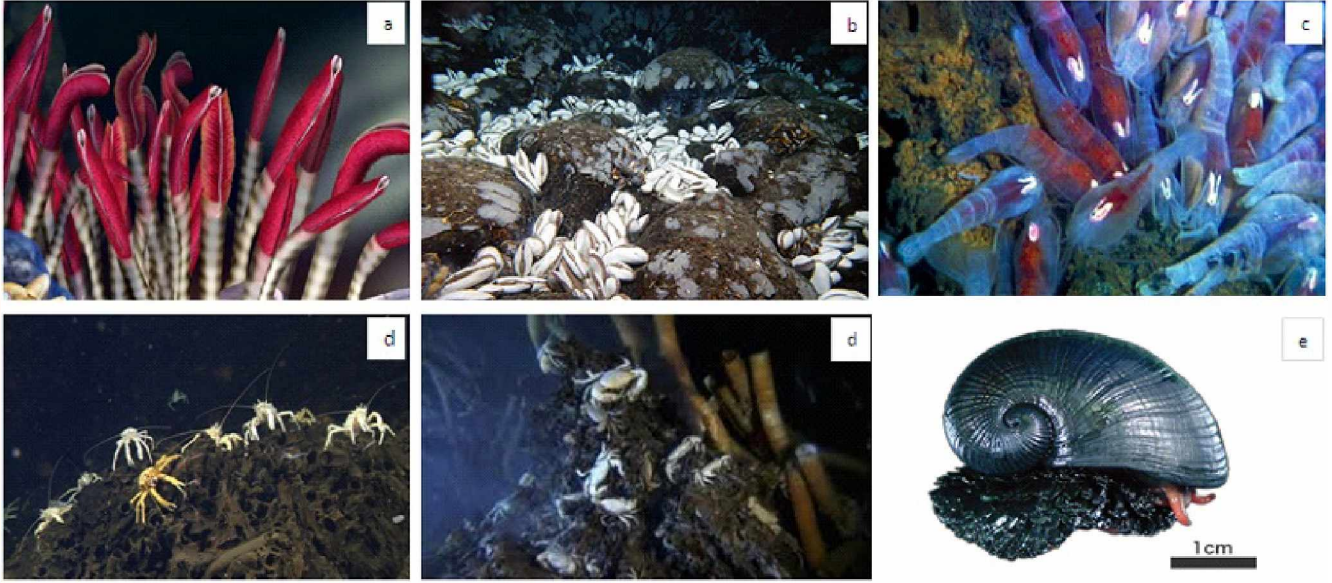
Ani soğuma ile birlikte deniz tabanındaki bu hidrotermal çıkışlar siyah duman şeklinde bir görünüme sahip olup, bu yapılar "kara-siyah duman bacaları" olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2).

Derin denizlerde yer kabuğu hareketleri sonucunda oluşan hidrotermal çıkışlar, tektonik konumlarına bakıldığında; okyanus ortası sırtlarında, yay-volkan ve yayardı volkanların (back-arc volcano spreading center) yayılım merkezlerinde bulunmaktadır. 1000-3000m arasında değişen derinliğe sahip bu alanlar genellikle güneş ışığının bile ulaşmadığı bölgelerdir. Ağzının içerisindeki yüksek sıcaklığa sahip hidrotermal akışkan yüksek hidrostatik basınç (3000 metre derinlikte deniz suyunun hidrostatik basıncı 300 atm'den fazladır) nedeniyle sıvı fazına veya süper-kritik faza geçememektedir (2,3). Aynı zamanda bu oldukça basit görünse de bir o kadar karmaşık ve muazzam bir ortamın varlığını da göstermektedir.



Şekil 2. Derin denizlerdeki hidrotermal ağzılar/kara-siyah duman bacaları.

Hidrotermal akışkan ile deniz suyunun kimyasal özellikleri birbirinden oldukça farklıdır. Akışkandaki, Alkali (baz) ve Amonyum (NH₄) metalleri, Li (Lityum), K (Potasyum), Rb (Rubidyum) ve Cs (Sezyum) (1), Be (Berilyum), Ca (Kalsiyum), As (Arsenik), Se (Selenyum), B (Bor) (4,5) ve Pb (Kurşun) elementleri ile Sr (Stronsiyum) ve Rd-226 (radyum-226) (6,7,8) radyoaktif maddeler bakımından zengindir. Ca ve Sr elementleri yüksek değerlere sahip olması, alandaki kaynağın bazaltik olduğunu göstermektedir (1). Hidrotermal akışkanlardaki belirli zenginleşmeleri ifade eden



Şekil 3. Hidrotermal ağızlarında yaşayan canlılara örnek; a) dev tüp solucanı, b) midye, c) karides, d) yengeçler e) salyangoz.

yerde gözlenemeyen nadir olarak bulunan iz elementlerden bazıları; Cu (Bakır), Mg (Magnezyum), Fe (Demir), Mn (Manganez), Zn (Çinko), Cd (Kadmiyum), Co (Kobalt) ve Ag (Gümüş) hidrotermal akışkanda görülmektedir. Co (Kobalt) ve Ag (Gümüş) elementler hidrotermal çıkışlardaki zenginleşme açısından en çok görülen diğer elementlerdendir (9). Hidrotermal çıkışlarda zenginleşme gösteren gazlara örnek olarak; CO₂, CH₄ ve H₂S, ³He, ⁴He ve H₂ (10,11,12,13,14) verilebilir.

Hidrotermal çıkışların oluşum sistemi okyanustan yerkabuğuna kütle ve ısı transferinde önemli rol oynarken, fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı bu ağızlar olağandışı biyolojik canlılara ev sahipliği yapmaktadır. Burada yaşayan canlılar akışkanın özelliğinden dolayı zengin besin kaynağına sahiptirler. Derin denizlerde keşfedilen hidrotermal çıkış alanlarında genellikle, boru kurtçuğu, karides, yengeç, midye, anemon, denizyıldızı, örümcek, ahtapot, salyangoz, balık vb. canlılar bulunmaktadır. Bu canlılar ışığın olmadığı yerde (1000-3000m derinlik) kemosentez yapan bakteriler tarafından yaşamlarını sürdürürler. Kemosentez yaparak bu bölgede yaşayan canlılara besin kaynağı, bu zincirin temelini oluşturan kemosentetik bakteriler tarafından sağlanmaktadır.

Dev tüp solucanı (tubeworms); 28 gramlık dokusunda 285 milyar bakteri içermektedir (Şekil 3 a). Bu dev tüp solucanlarının kırmızı kısmında bulunan tüyleri ile deniz suyunu havalandırarak

içerisindeki oksijeni ve sülfürü süzmektedir. Yapısında hemoglobin bulunması nedeni ile kırmızı renklidir. En derindeki midyenin uzunluğu birkaç mm olmasına rağmen bu alandaki midyelerin uzunluğu 20 cm' i bulmaktadır (Şekil 3 b). Karidesler hidrotermal aktivitenin olduğu alanlarda radyasyona maruz kalması nedeni ile göz yerine, iki çift kaynaşmış göz pigmenti konsantrasyonuna sahiptir. Hidrotermal akışkanın hareketi ile meydana gelen ışığın, fotoreseptörleri ile görebildikleri ve böylece hidrotermal ağızları keşfettikleri düşünülmektedir. 1 m²'lik alanda yaklaşık 2000-2500 adet bulunmaktadır (Şekil 3 c). Bu alanda yaşayan diğer bir canlı olan salyangoz, deri dokusu için kalsiyum karbonat yerine sülfür kullanmaktadır (Şekil 3 e).

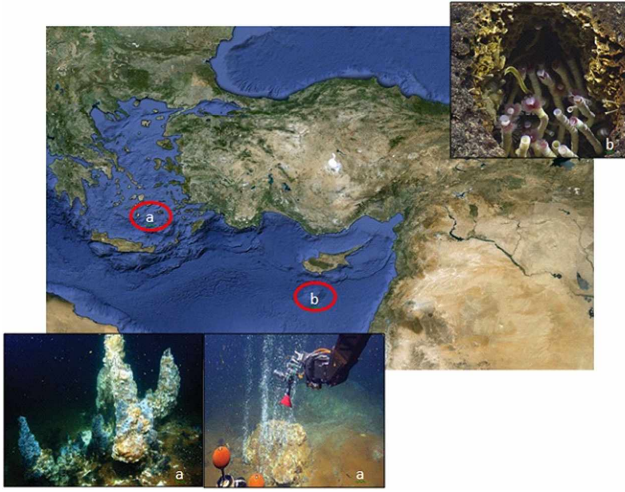
Derin denizlerde yapılan çalışmalar ışığında; bu alanlarda yaşayan ve ortama uyum sağlayan sıra dışı canlıların keşfedilmesi ile hidrotermal çıkışların bulunmasında yol gösterici olabileceği sonucuna varılmıştır.

SIĞ DENİZLERDEKİ SICAK SU ÇIKIŞLARI (EGE BÖLGESİ)

Siğ denizlerde belirli noktalarda fay veya faylara bağlı olarak çıkan sıcak veya ılık su kaynakları sahip oldukları kimyasal özellikler ve çevrelerinde oluşturdukları fitoplankton toplulukları nedeni ile farklı bir foraminifer topluluğunun oluşmasına neden olmaktadır (15). Bu gibi noktalarda, sıcak bölgedeki aynı cins ve türlerdeki canlılar



Derin denizlerde keşfedilen hidrotermal çıkış alanlarında genellikle, boru kurtçuğu, karides, yengeç, midye, anemon, denizyıldızı, örümcek, ahtapot, salyangoz, balık vb. canlılar bulunmaktadır. Derin denizlerde yapılan çalışmalar ışığında; bu alanlarda yaşayan ve ortama uyum sağlayan sıra dışı canlıların keşfedilmesi ile hidrotermal çıkışların bulunmasında yol gösterici olabileceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 4. Santorini volkanik grubu ve alan görüntüleri (20) ve b) Eratosthenes dağı ve hidrotermal çıkışlarla ilişkili solucanlar (20).

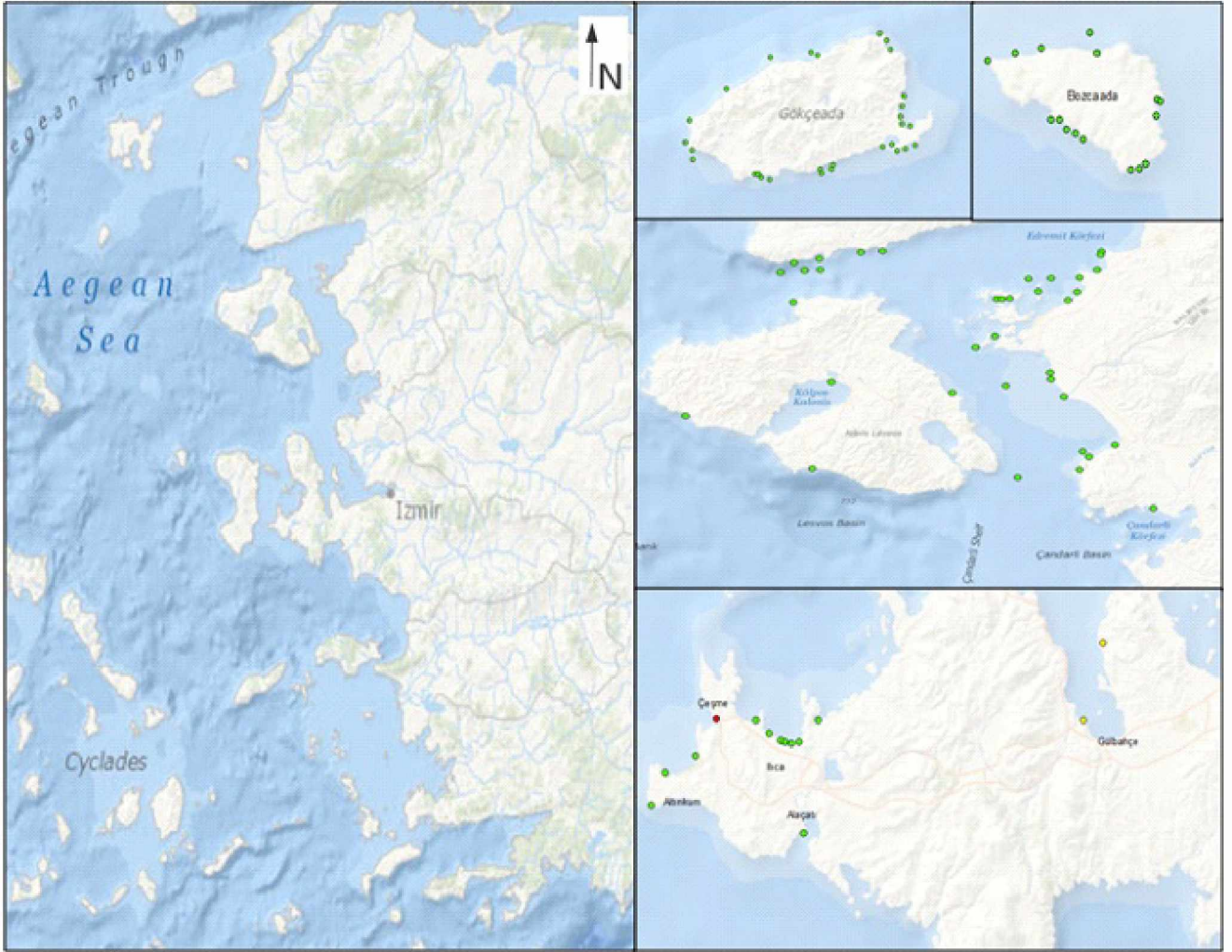
çoğalmaktadır (15,16,17,18,19).

Ülkemize komşu olan bölgelerden Santorini volkanik grubu ve Eratosthenes dağında (Şekil 4) (20), aynı zamanda, Ege denizinde bulunan Yunanistan adalarının çevresinde (21,22) deniz içerisinde yapılan çalışmalar sonucunda sıcak su çıkışlarının varlığı belirlenmiştir. Milos Adası güneyinde (21), Helenik Yayı üzerinde Methana yarımadasındaki birçok körfezde, Sisam Adası ve

Yali Adası açıklarında (22) önemli genç hidrotermal kaynaklar araştırılmıştır.

Türkiye'nin Ege Denizi kıyılarının farklı lokasyonlarında deniz içinde ve kıyıya yakın kesimlerde birçok sıcak ve soğuk su çıkışları bulunmaktadır (23,24). 1986 yılından bu yana, yapılan çalışmalar sonucunda özellikle, Ege Denizi Türkiye kıyılarından Biga Yarımadası'nın güney kesimlerinden itibaren Marmaris Körfezi'ne kadar ulaşan kıyı şeridi boyunca çok sayıda termal mineralli su kaynakları belirlenmiştir.

Çalışma alanları kuzeyden güneye doğru; Gökçeada, Bozcaada, Edremit Körfezi, Midilli, Alibey Adası (Ayvalık), Dikili, Çandarlı, Gülbahçe Körfezi, Çeşme-Şifne-Yıldızburnu-Ilıca-Çiflikköy-Pırlanta-Altinkum, Kuşadası, Marmaris, Datça, Güllük Körfezi ve Gökova Körfezleri olup bu alanlarda termal çıkışlarla ilişkili olabilecek canlılar araştırılmıştır (15). Gökçeada (25), Bozcaada (26), Edremit Körfezi'nin kuzeybatısı (18), Alibey Adası çevresi (15), Midilli Adası'nın doğusu (17), Dikili kıyıya yakın alanlarda (27) ve Dikili-Çandarlı sahil yolu üzerinde Bademli mevki ile Aliğa Ilıcaburun'da karada ve denizde (28, 29), Gülbahçe Körfezinde (30), Çeşme-Şifne



Şekil 5. Ege Denizi kıyılarında yapılan çalışmalar sırasındaki örnekleme noktaları (yeşil nokta) (15), Gülbahçe (İzmir) Körfezi'nde belirlenen sıcak su çıkış alanları (sarı nokta) (30).

Yarımadası'ndaki İlica Koyu ile kuzeydoğusunda (31, 32), İlica'nın kuzey batısındaki Yıldız burnu dalgakırının güneyinde (32) ve Aydın iline bağlı Kuşadası'nın KB'sında, Pamucak Koyu'nda (15) deniz içerisinde mineralli su kaynakları belirlenmiştir.

Örnek olarak, Ege Denizi kıyılarında yapılan tüm çalışmalara bakıldığında sıcak su çıkışlarının bulunduğu alanlarda kümelenen ve aynı zamanda, sıcak ve mineralli sular sayesinde hızla çoğalan canlı faunalarının varlığı bu alanlarda sıcak suların tespiti için yol gösterici bir unsur olmuştur.

SONUÇLAR

Derin ve sığ denizlerde levha hareketleri, fay veya faylara bağlı olarak çıkan sıcak veya ılık su kaynakları, sahip oldukları kimyasal özellikleri nedeni ile çevrelerinde canlı topluluğunun oluşmasına ve kümelenmelerine neden olmaktadır. Yapılan araştırmalara bakıldığında derin veya sığ

denizlerde sıcak su çıkışlarının bulunduğu bütün alanlarda farklı canlı toplulukları tespit edilmiştir. Böylece, deniz tabanında meydana gelen sıcak su çıkış alanlarında yaşayan canlıların bu alanların belirlenmesi için büyük önem taşıdığı ve aynı zamanda, bu canlıların incelenmesi veya takibi ile bu alanların tespitinin mümkün olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- (1) Damm Von, K.L., 1990. Seafloor Hydrothermal Activity: Black Smoker Chemistry and Chimneys. Annual Review Earth Planet, SCI, 18: 173-204.
- (2) Haase, K.M. et al., 2007. Young volcanism and related hydrothermal activity at 5°S on the slow-spreading southern Mid-Atlantic Ridge. Geochemistry Geophysics Geosystems.
- (3) Haase, K.M., et al. 2009. Fluid compositions and mineralogy of precipitates from Mid Atlantic Ridge hydrothermal vents at 4°48'S. PANGAEA.
- (4) Spivack, A.J., Edmond, J.M., 1987. Boron isotope

- between sea water and the oceanic crust. *Geochimistry Cosmochimney Acta*. 51: 1933-1943.
- (5) Spivack, A.J., Palmer, M.R., Edmond, J.M., 1987. The sedimentary cycle of the boron isotopes. *Geochimistry Cosmochimney Acta*. 51: 1939-1949.
- (6) Krishnaswami, S., Turekian, K.K., 1982. ^{238}U , ^{226}Ra and ^{210}Pb in some vent waters of the Galapagos spreading center. *Geophys. Res. Lett.* 9: 827-830.
- (7) Dymond, J., Cobler, R., Gordon L., Biscayer, P., Mathieu, G., 1983. ^{226}Ra and ^{222}Rn contents of Galapagos Rift hydrothermal waters-the importance of low temperature interactions with crustal rocks. *Earth Planet ScienceLett.* 64: 417-29.
- (8) Kadko, D., 1988. Radiochemistry of vent fluids from Axial volcano and the southern Cleft segment of the Juan de Fuca Ridge. *Eos, Trans. Am. Geophys. Union* 69: 1497.
- (9) Chen, J.H., Wasserburg, G.J., VonDamm K.L., Edmond, J.M., 1986. The U-Th-Pb Systematic in hot springs on the East Pacific Rise at 21°N and Guaymass Basin. *Geochemistry Cosmochimney Acta* 50: 2467-2479.
- (10) Craig, H., Welhan, J.A., Kim, K., Poreda, R., Lupton, J.E. 1980. Geochemical studies of the 21° N EPR hydrothermal fluids. *Eos. Trans. Am. Geophysics Union* 61: 992 (Abstract).
- (11) Welhan, J.A. 1981. Carbon and hydrogen gases in hydrothermal systems: the search for a mantle source. PhD thesis. Univ. California, San Diego. Pp 194.
- (12) Merlivat, L., Pineau, F., Javoy, M., 1987. Hydrothermal vents waters at 13°N on the East Pacific Rise: isotopic composition and gas concentration. *Earth Planet. Sci. Lett.* 84: 100-108.
- (13) Evans, W.C., White, L.D., Rapp, J.B., 1988. Geochemistry of some gases in hydrothermal fluids from the southern Jaun de Fuca Ridge. *Journal Geophysics Res.* 93:15, 305-313.
- (14) Keneddy, B.M. 1988. Noble gases in vent water from the Juan de Fuca Ridge. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 52: 1929-1935.
- (15) Meriç, E., Avşar, N., Barut, F., Yokeş, M.B., Taş, S., Eryılmaz, M., Dinçer, F., ve Bircan, C., 2009. Opinions of the benthic foraminiferal assemblages observed around the mineral submarine springs in Kuşadası (Aydın). *Earth System Evolution and the Mediterranean Area From 23 MA To The Present*, Abstract Book, pp. 222-223, Vol 45 n. 1/4, International Union of Geological Sciences Subcommittee on Neogene Stratigraphy, Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy (RCMNS) 13th Congress RCMNS- (2nd-6th September 2009), Naples, Italy.
- (16) Meriç, E., 1986. Deniz dibi termal kaynakların canlı yaşamına etkisi hakkında güncel bir örnek (Ilica-Çeşme, İzmir). *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 29 (2), 17-21, Ankara.
- (17) Meriç, E., Avşar, N. Bergin F., 2002. Midilli Adası (Yunanistan-Kuzeydoğu Ege Denizi) bentik foraminifer faunası ve bu toplulukta gözlenen yerel değişimler. *Ç.Ü. Yerbilimleri (Geosound)*, 40-41; 177-193, Ankara.
- (18) Meriç E., Avşar N., Bergin, F., Barut, İ.F., 2003. Edremit Körfezinin (Kuzey Ege Denizi, Türkiye) bentik foraminifer topluluğu ile ekolojik koşulların incelenmesi. *Ç.Ü. Yerbilimleri (Geosound)*, 43; 196-182, Ankara.
- (19) Meriç, E., Avşar N., Yokeş, B., 2008. Some alien foraminifers the Aegean and southwestern coasts of Turkey. *Micropaleontology*, in: *Recent benthic foraminifera along the southwest coasts of Antalya (SW Turkey) and the impact of alien species on autochthonous fauna* (eds. E. Meriç and M.B. Yokeş), 54 (3-4), 307-349.
- (20) Katherine, L.C., Brennan, M.L., 2012. *New Frontiers in Ocean Exploration The E/V Nautilus 2012, Field Season and Summary of Mediterranean Exploration.*
- (21) Thierman, F., Akoumianaki, L., Hughes, J.A., Giere, O., 1947. Benthic fauna of a shallow-water gaseohydrothermal vent area in the Aegean Sea (Milos, Greece). *Marine Biology*, 128 (1), 149-159.
- (22) Varvanas, S.P., Halbach, P., Halpack, M., Panagiotaras, D., Rahders, E., Hubner, A., 1999. Characterization of hydrothermal fields and hydrothermal evolution in the Hellenic Volcanic Arc. *International Conference Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea. 23 to 26 February 1999, Athens, Greece, Abstracts*, 343.
- (23) Çağlar, K.Ö., 1946. Türkiye Maden suları ve kaplıcaları. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, Seri B, No.11, 791s., Ankara.
- (24) Başkan, E., Canik, B., 1983. Türkiye sıcak ve mineralli sular haritası Ege Bölgesi. MTA Enstitüsü Yayınları, 189, 80s., Ankara.
- (25) Meriç, E., Avşar, N., 2001. Benthic foraminiferal fauna of Gökçeada Island (Northern Aegean Sea) and its local variations. *Acta Adriatica*, 42 (1), 125-150.
- (26) Meriç, E., Avşar, N., Nazik, A., 2002. Bozcaada (Kuzey Ege Denizi) bentik ferominifer ve ostrakod faunası ile bu toplulukta gözlenen yerel değişimler. *Ç.Ü. Yerbilimleri (Geosound)*, 40-41; 97-119, Adana.
- (27) Meriç, E., Avşar, N., Bergin, F., Barut, İ.F., 2003. Dikili Körfezi'nde (Kuzey-Doğu Ege Denizi) bulunan üç anormal bentik foraminifer örneği: *Peneroplis planatus* (Fichtel ve Moll), *Rosalina* sp. ve *Elphidium crispum* (Linne) hakkında. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 127, 67-81, Ankara.
- (28) Türkiye Maden Suları (3), Ege Bölgesi, 1974, İ.Ü. Tıp Fakültesi Hidroklimatoloji Kürsüsü 335s., İstanbul.
- (29) Türkiye Mineralli su Kaynakları (Ege Bölgesi), 1999. İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi Tıbbi Ekoloji ve Hidro-Klimatoloji Anabilim dalı, İ.Ü. Araştırma Fonu Projesi Sonuç Raporu (yayınlanmamış), 874/090896, 119s. İstanbul.
- (30) Pekçetinöz, B., 2010. İzmir ve Civar Körfezlerindeki Jeotermal Alanların Araştırılması (Gülbahçe Körfezi Örneğinde), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- (31) Çağlar, K.Ö., 1947. Türkiye Maden suları ve kaplıcaları. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, Seri B, No.11, 94s., Ankara.
- (32) Avşar, N., Meriç, E., 2001. Çeşme-Ilica Koyu (İzmir) bölgesi güncel bentik foraminiferlerinin sistematik dağılımı. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri*, 24, 13-22, Ankara.

Bazı Jeojenik Kirleticilerin Canlı Sağlığına Etkisi



Yrd. Doç. Dr. Rüstem PEHLİVAN
Yrd. Doç. Dr. Hasan EMRE

İÜ Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
pehlivan@istanbul.edu.tr

Jeolojik malzeme ve süreçlerle insan, hayvan ve bitki sağlığı arasındaki ilişkiyi yeni bir bilim dalı olan Tıbbi Jeoloji araştırıyor. Tıbbi jeolojik sorunları çözmek ve/veya önlemek için farklı disiplinlerdeki bilim alanlarından oluşan uzmanların bir araya gelerek çözüm üretmesi gerekiyor.

Yerkabuğunda bulunan kayaç ve minerallerin bir kısmı insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Kil ve toprak yenmesi cilt veya mide hastalıklarına, kuvars (Şekil 1) tozuna maruz kalınması silikozis hastalığına, eriyonit (Şekil 2a) ve krizotil (Şekil 2b) mineral tozlarının solunması telafisi mümkün olmayan mezotelyoma türü akciğer kanserine, arsenik ve florür içeren suların tüketilmesi de değişik türden hastalıklara yakalanılmasına imkan hazırlıyor.

Son yıllarda medyada yer alan haberler de bilimsel dergilerde yapılan yayınların pek çoğunda, potansiyel kirleticilerin insan sağlığına olan etkisinden bahsedilmektedir. Örneğin et ve süt üretimi için beslenen hayvanların sütünden üretilen tereyağlarının insan sağlığını koruyucu etkisi olan Omega-3 yağ asidi içerdiğini ve Dünya'nın en sağlıklı yağı olarak kabul edildiğini pek çoğumuz bilmiyoruz.

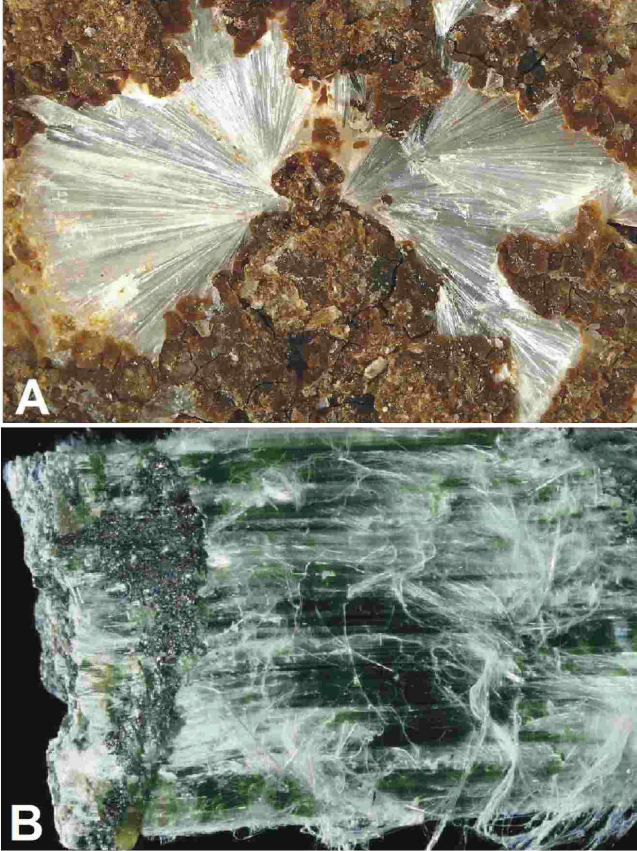
Şekil 1. Kuvars mineralinin makroskobik görünümü



Giriş

İnsan vücudu hücre, doku, hareket, sinir, solunum, dolaşım ve sindirim sistemlerinden oluşuyor. Bu sistemler insanın duyu, hareket ve beslenme gereksinimini yerine getiriyor.

İnsan vücudunun büyüme ve gelişmesi, bu sistemlerin ve organların görevini yerine getirmesiyle oluşuyor. O yüzden, canlılar (insan, hayvan ve bitkiler) sağlıklı olmak için beslenmeye ihtiyaç duyarlar.



Şekil 2. Şekil 2. Lifsi ve iğnemsiz biçimdeki eriyonit (A) ve krizotil (B) minerallerinin makroskopik görünümleri

Canlı sağlığına hava, su, bitki, kayaç, mineral ve toprağın etkisi olmaktadır. Örneğin Marco Polo'nun 1275 yılında, Çin'e yaptığı seyahat esnasında, selenyumca (Se) zengin toprakta yetişen otlardan beslenen atların zehirlenmesine dikkat çekilmiş olması (1), jeoloji ile hayvan sağlığı arasındaki ilişkiye tarihten çok güzel bir örnektir.

Jeojenik Kirleticiler

Canlı sağlığını etkileyen jeojenik kirleticiler arsenik, berilyum, kadmiyum, civa, kurşun, bakır, çinko, radon ve uranyum gibi elementler, volkanik kül ve mineral tozlar, karbondioksit (CO₂), kükürtdioksit (SO₂) ve hidroklorik asit (HCl) gibi gazlardır.

Jeojenik kirleticiler hidrolojik döngü ve jeokimyasal süreçler etkisiyle hava, su, kayaç ve bitkilerin içerisinde gelişmektedir.

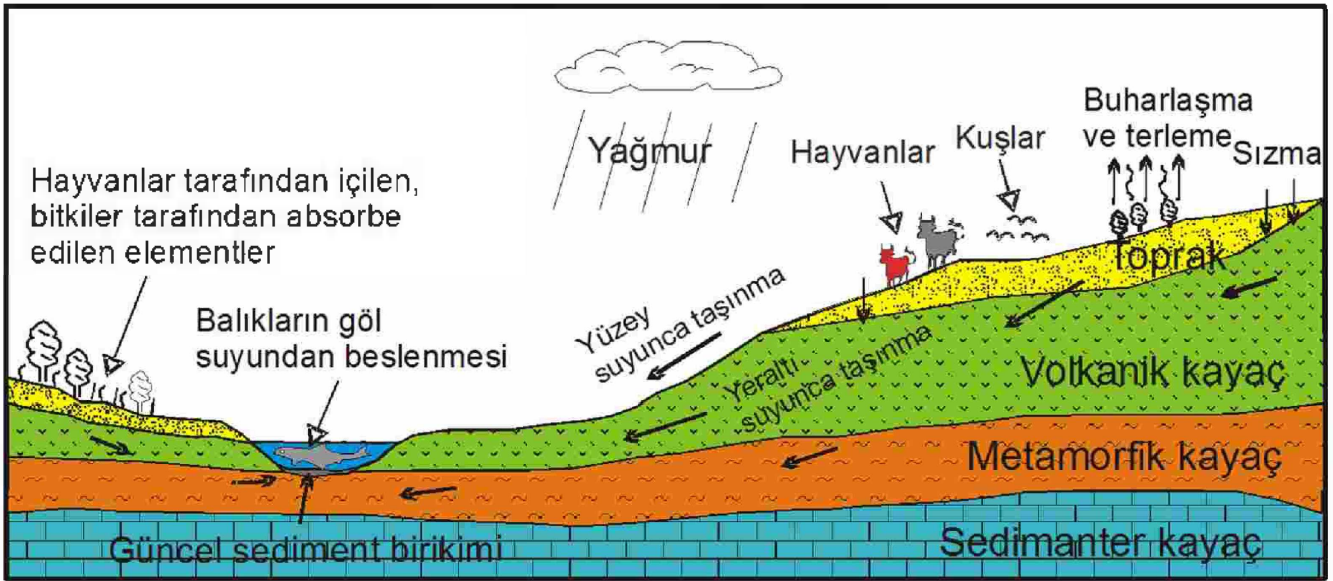
İnsan vücudunda ana ve iz element şeklinde oksijen, karbon, hidrojen, azot, kalsiyum, magnezyum, potasyum, kükürt, sodyum ve klor gibi elementler bulunmaktadır. Sağlık için az da olsa gerekli olan arsenik, kobalt, krom, bakır, silisyum, demir, mangan, lityum, selenyum, flor, iyot, çinko, brom, molibden, nikel, vanadyum ve wolfram vb. gibi elementlerin insan vücudunda bulunduğu tespit edilmiş durumdadır (Tablo 1).

Tablo 1. İnsan vücudunda bulunan ana ve iz elementlerin miktarları (2)

Element	%
O	65
C	18
H	10
N	3.00
Ca	1.40
Mg	0.50
K	0.34
S	0.26
Na	0.14
Cl	0.14
	ppm
Si	260
Fe	60
F	37
Zn	33
Br	2.9
Cu	1.0
As	0.26
Mn	0.17
Ni	0.14
Se	0.11
V	0.11
Cr	0.094
Mo	0.080
Co	0.021
I	0.019
Li	0.009
W	0.008

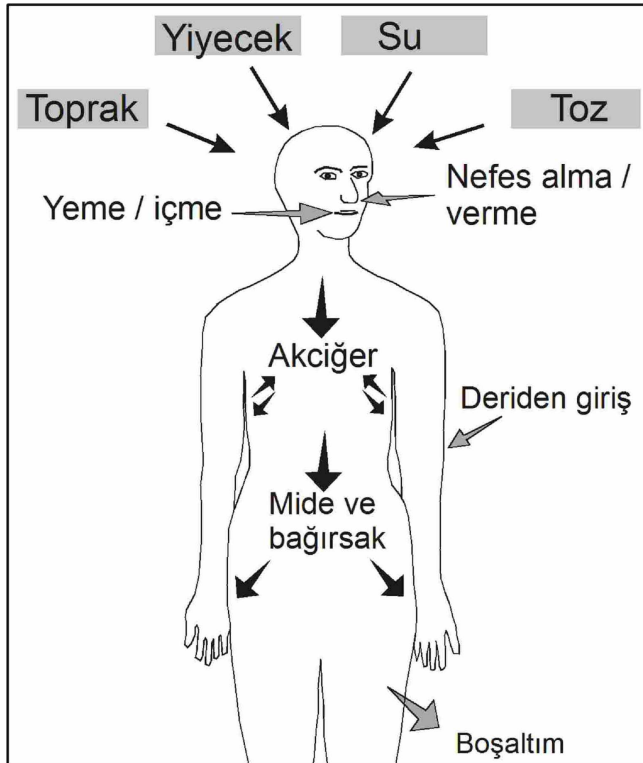
Jeojenik Kirleticilerin İnsan Vücuduna Girişi

Element ve iyonlar, insanların yemek yemesi, bitkilerin toprak ve sulardan beslenmesi, büyükbaş ve küçükbaş hayvanların yeşilliklerden otlaması, kuşların tarımsal alanlardan, balıkların nehir, göl, deniz suyu ve planktonlardan beslenmesi sonrasında canlı vücuduna besin zinciri yoluyla



Şekil 3. Elementlerin besin zincirine katıldığı yollar (6)

girmektedir (Plankton: Suda bulunan, hareket yeteneği akıntıya bağımlı olan canlı). Havadaki tozlar, tozlarda bulunan iz elementler ile endüstriyel atıklar da element ve iyon geçişine katkı sağlamaktadır (Şekil 3). Jeojenik kirleticiler, yeme (3), içme ve nefes alıp verme esnasında insan vücuduna girerek, boşaltım yoluyla da dışarı atılmaktadır (Şekil 4) (4). İnsan vücudunu saran deri, su ve inorganik maddelerin vücuda girmesini engellerken (5), çinko, civa veya arsenik içeren organik bileşikler ve sıvı gübrelerin vücuda girişini engelleyememektedir.



Şekil 4. Yiyecek, içecek (su), toprak ve toz etkisiyle, element ve minerallerin insan vücuduna giriş ve çıkış yolları (4)

Elementlerin İnsan Sağlığına Etkisi

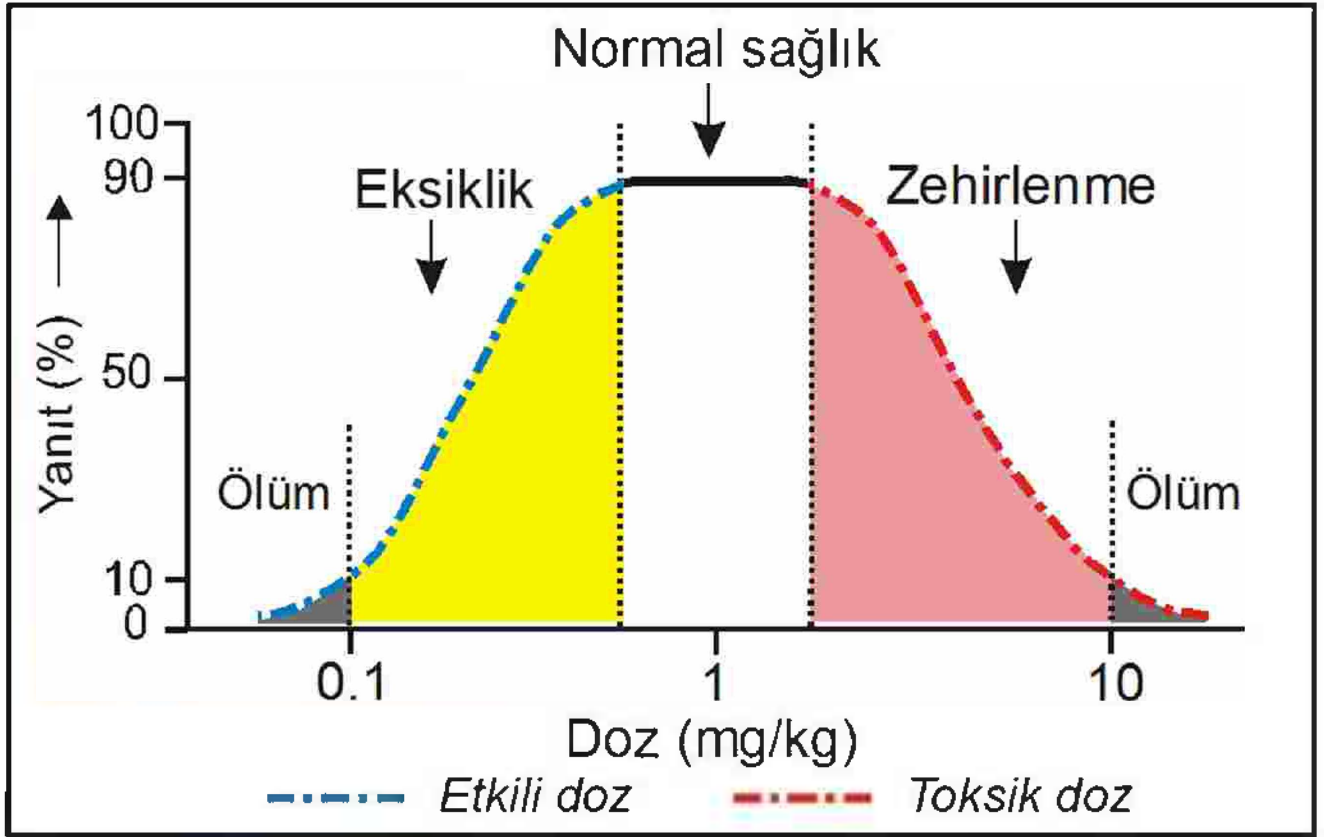
Canlılar (insan, hayvan ve bitki) sağlıklı yaşam sürdürebilmek için bazı elementlere ihtiyaç duyar. Elementlerin insan vücudunda eksik veya fazla miktarda bulunması sağlık sorunlarına, hatta ölümlere bile neden olabilir. Elementlerin insan vücudunda yeterli miktarda bulunması sağlıklı olmak anlamına gelir.

Sağlık için gerekli olan element(ler)in canlı bünyesinde yeteri kadar bulunmaması "eksiklik", aşırı derecede bulunması da "zehirlenme" olarak tanımlanır (Şekil 5) (7). Hasta bir bireyin sağlığına kavuşması için zamana bağlı olarak aldığı ilacın (dozun) etkisiyle vücuduna giren elementin miktarı istatistiksel olarak logaritmik ölçekte değerlendirilir (8).

Şekil 5'te verilen doz -yanıt diyagramında, istatistiksel olarak % 95 güvenilirlik ve % 5'lik yanılğı (her iki taraftan % 2.5) ile ölüm olayının gerçekleştiği (8), doz değerlerinin (logaritmik ölçeğe göre ortalama değer 1 alındığında) 0.1mg/kg ile 10 mg/kg'a karşılık geldiği görülmektedir. ± 1 standart sapma doz değerleri arası ise normal sağlığı ifade etmektedir.

Şekil 5'deki kesikli mavi çizgi etkili dozu, kesikli kırmızı çizgi ise toksik dozu gösterir. Etkili doz yanıt eğrisinin (Effective Dose ED10 ve ED90 doz değerleri) %10 ile % 90 aralığı eksikliği, fazlalığı ise zehirlenmeyi gösterir (9).

İnsan vücudunda tutulan elementlerin insan sağlığına olumsuz yöndeki eksiklik ve zehirlenme şeklindeki etkisinin bireyin çocuk veya yetişkin olma durumuna ve doz miktarına bağlı olarak değişmektedir. Olayı, flor elementi özelinde



Şekil 5. İnsan vücudunda eksik veya fazla bulunabilen elementlerin olası etkisini gösterir doz - yanıt diyagramı (7)

değerlendirelim: Flor (F) elementinin çocuk ve erişkinlerde diş çürüğünü önleyici etkisi olduğunu ve diş çürümelerini önlemek için günlük flor alımı 0.1 ppm düzeyinde olması gerektiğini hemen hemen bilmeyen yoktur.

Ülkemizde, içme suyunda müsaade edilen florür miktarı 1.5 ppm olarak kabul edilmiştir (10). Bu miktar günlük olarak aşıldığında, vücuttaki yan etkileri ortaya çıkmaya başlar. İlk yan etki, çocukların dişlerinde dental florozis denilen

lekelenme ve çukurlaşma şeklinde olur. Bu lezyonlar, diş minesinde koyu kahverengimsi renklenmeye yol açar (11). Vücutta flor birikiminin devam etmesi halinde iskelet florozisi (kemiklerin kırılğan hale dönüşmesi) denilen hastalık gelişmektedir. Günlük olarak alınan flor elementi miktarının 1.5 ppm'in altında kalması eksiklik, 5 ppm'e kadar çıkması zehirlenme, 32-64 ppm arasında olması halinde ise ölüme sebebiyet verebiliyor (12).



Şekil 6. Türkiye'de, iyot, florür ve arsenik elementlerine bağlı sağlık sorunlarının yaşandığı şehirleri gösterir harita (6)

Türkiye’de İyot, Flor ve Arsenik Elementleri ile ilgili Hastalıkların Görüldüğü Şehirler

İyot (I), insanların normal büyüme ve gelişmesi için gerekli olan elementlerdendir. İyot eksikliği çocuklarda zeka geriliğine neden olmaktadır. Ülkemizde iyot eksikliği, nüfusun yoğun olduğu İstanbul, Ankara ve İzmir gibi illerde belirlenmiş durumdadır. Hava, su ve toprağında iyot yetersizliği olan bölgelerde de guatr hastalığı görülebilmektedir (13).

Eskişehir, Uşak, Isparta ve Ağrı illerinin kırsal bölgelerinde tüketilen bazı kaynak sularının flor’ca zengin olması sağlık sorunlarının yaşanmasına neden olabiliyor. İzmir, Bursa, Kütahya ve Tunceli’nin bazı bölgelerinde uzun süre arsenikçe zengin yeraltı sularını tüketenler ise kanser riski ile karşı karşıyadır (Şekil 6).

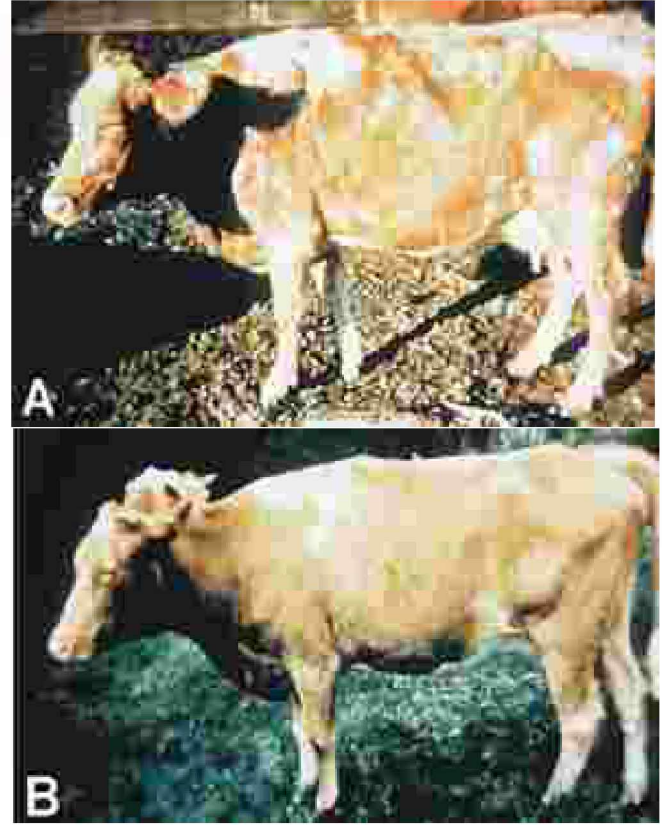
Elementlerin Hayvan Sağlığına Etkisi

Canlı bünyesindeki bir elementin fazlalığı başka bir elementin eksikliğine neden olabilmektedir. Bu durumun en iyi gözleendiği yer, Kenya’daki Nokura bölgesidir. Bölgedeki alkali tortul ve volkanik kayaların ayrışmasıyla oluşan toprak molibden (Mo)’ce zengindir. Yöre toprağındaki molibden, önce bitkilere, sonra da bu bitkilerle beslenen hayvanlara geçerek birikmektedir. Bu durum, bakır emilimini engellediği için mera hayvanlarının büyüme ve gelişmesinde olumsuzluk yaratmaktadır (Şekil 7) (14).

Mera Hayvancılığının Beslenmeye Etkisi

Bilindiği gibi, insan vücudunun üretmediği doymamış yağ asidi Omega-3 olarak adlandırılmaktadır. Bu yağ asidi vücuda dışarıdan besin(ler) yardımıyla alınmaktadır. Omega-3 yağ asidince zengin (15) başlıca besinlere balık, ceviz, badem, fasulye ve sebzeleri örnek olarak verilebilir.

Bu örneklere pek çoğumuzun bilmediği tereyağı artık ilave edilmelidir. Jeojenik elementlerin bulunmadığı arazide yetişen taze yeşilliklerden beslenen hayvanların sütünden üretilen tereyağlarının Omega-3 yağ asidince zengin olduğunu biliyor muyuz? Omega-3 yağ asidi içeren besinlerin yeterli düzeyde tüketilmesi, okul çağındaki çocukların öğrenmesini kolaylaştırırken, hafıza ve dikkat yeteneğini de geliştiriyor. Yetişkinlerde ise kalp ve damar hastalıklarına yakalanma riskini azaltmaktadır (16).



Şekil 7. Cu eksikliği gözlenen hayvan (A) ile Cu eksikliğini gidermek için tedavisi yapılmış hayvanın (B) görünümü

Neler Yapılabilir?

Ülkemizin bazı bölgelerinde toprak yeme, florozis, silikozis, mezotelyoma, guatr, mide ve cilt kanseri vb. gibi hastalıklar yaygın olarak görülüyor. İnsan ve hayvan yaşamını olumsuz yönde etkileyen bu hastalıklara flor, iyot, arsenik, kurşun, selenyum ve molibden gibi jeojenik elementler ile bazı mineral tozlarının sebep olduğunu unutmayalım!

Söz konusu hastalıklar konusunda, kamu kurumlarınca tıbbi jeolojik araştırma yaptırılabilirdiği an soruna çözüm üretmek mümkün olabiliyor. Olayın tipik örneği, Nevşehir’deki Kapadokya bölgesinde yer alan Tuzköy’de mostra veren toprakta bulunan ve mezotelyoma (akciğer kanseri) hastalığına neden olan eriyonit minerali (17), nüfusu 3000 olan Tuzköy’ün güvenli bir bölgeye taşınması kararında olduğu gibi (18).

Sanayileşme etkisiyle atmosferde sürekli artan Pb, çocukların sağlığını tehdit etmektedir (19). Türkiye’de bu konuda yapılmış çalışmalar bölgesel ölçekte ve sınırlı sayıdadır. Ülkemizin geleceği olan çocuklarımızın kurşunun (Pb) olumsuz etkisinden korunup önlem alınabilmesi için kan/kurşun seviyesinin belirlenmesi ve risk etkenlerinin araştırılması gerekiyor.

Deđinilen Belgeler

- (1) Selinus, O. (2002): Medical Geology: Method, theory and practice, in P.T. Bobrowsky, eds, Geoenvironmental Mapping: Methods, theory and practice: A.A. Balkema, pp. 473-496.
- (2) Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J.A., Finkelman, R.B., Fuge, R., Lindh, U., Smedley, P., 2005. Medical Geology. Elsevier, p. 115-594.
- (3) Abrahams, P.W., 1997. Geophagy (soil consumption) and iron supplementation in Uganda. Tropical Medicine and International Health, 2: 617-623.
- (4) Fergusson, J.E., 1990. The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects: Pergamon Press, 614 p.
- (5) Sterner, O., 1999. Chemistry, Health and Environment: Wiley-VCH, 345 p.
- (6) Pehlivan, R., Yılmaz, O., 2012. Tıbbi Jeoloji, İ.Ü. Yayın No : 5089, ISBN 978-975-404-918-3, İ.Ü. Basım ve Yayınevi Müdürlüğü, İstanbul, 273s.
- (7) Bowman, C.A., Bobrowsky, P.T., Selinus, O., 2003. Medical geology: new relevance in the earth sciences. Episodes, Journal of International Geosciences 26 (4) : 270-278.
- (8) Brown, C.C., 1978. The statistical analysis of dose-effect relationships, p.115-148, In : Principles of ecotoxicology, Scope 12, Butler, G.C. (Ed), John Wiley and Sons, New York, U.S.A., 350p.
- (9) <http://aquaticpath.umd.edu/appliedtox/module1-dose.html>
- (10) Yönetmelik, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Sağlık Bakanlığı, RG 25730, Ankara, 27s.
- (11) Küçükeşmen, Ç., Sönmez, H., 2008. Diş Hekimliğinde Florun, İnsan Vücudu ve Dişler Üzerindeki Etkilerinin Deđerlendirilmesi, S.D.Ü. Tıp Fakültesi Dergisi 15 (3) : 43-53.
- (12) WHO (2002). World Health Organisation, Environmental Health Criteria No. 227, Fluorides, Geneva, 290p.
- (13) Ayaz, A., 2008. Tuz tüketimi ve sağlık, T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Beslenme ve Fiziksel Aktiviteler Daire Başkanlığı, ISBN: 978-975-590-243-2, Ankara, 24 s.
- (14) Maskall, J., Thornton, I., 1996. The distribution of trace and major elements in Kenyan soil profiles and implications for wildlife nutrition, in J.D. Appleton, R. Fuge and G.J.H. McCall, eds, Environmental Geochemistry and Health: Geological Society Special Publication no.113, pp. 47-62.
- (15) http://www.kenandemirkol.net/hem_en_degerli_hem_en_zararli_tereyag.html
- (16) <http://www.xprodoksit.com/yazi/omega-3-faydolari-ve-onemi>
- (17) Atabey, E., 2002. Tüm Kapadokya Risk Altında mı? Eriyonit Minerali ve Kanseri, Tübitak Bilim Teknik Dergisi, Ankara, 412 : 64-67s.
- (18) <http://www.haberturk.com/saglik/haber/744632-taki-kanserli-bolgeye-el-atti>
- (19) Yüksel, L., 1996. Kurşun ve çocuk, İst Çocuk Klin. Derg. 31: 218-227.

Mavi Gezegem



**TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**

Meşrutiyet Cad. Hatay Sokak No. 21 Kocatepe/ANKARA
Tel: (+90) 312 432 30 85 Faks:(+90) 312 434 23 88
www.jmo.org.tr e-posta: jmo@jmo.org.tr