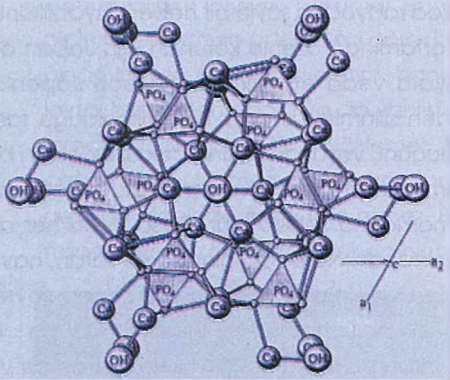


# Tıbbi Jeoloji



Hidroksilapatit'in kristal yapısı

*Tüm dünyada yerbilimciler, biyotedaviciler ve halk sağlığı uzmanları arasında tıbbi jeoloji konusunda ortak çalışmalar yapılmaktadır. Böyle ortaklıklar binlerce yıldır insanları rahatsız eden birçok sağlık problemini azaltmak ve hatta yok etmek için birer fırsattır.*

Çeviri: Ali Rıza Çolakoğlu  
MTA Genel Müdürlüğü  
alic@mta.gov.tr

Vücudumuza çevremizden nelerin girdiğini hiç düşünmeden yer, içer ve nefes alırsınız. Doğal maddelerle olan bu etkileşim çoğumuz için tehlikesiz gibi görünür ve yaşamak için de bunları yapma zorunluluğumuz vardır. Ancak eser element ve minerallerle olan bazı etkileşimler zarar verici, hatta öldürücü olabilmektedir. Bu etkileşimler hızlı gelişen yeni bir alana, yani tıbbi jeolojinin alanına girmektedir. Bu alanın içine yerbilimleri dışında tıp, veterinerlik, halk sağlığı, çevre, tarım ve biyoloji bilimleri girmektedir. Tıbbi jeoloji, jeolojik maddelerin ve süreçlerin insan, hayvan ve bitki sağlığı üzerinde hem iyi, hem de kötü olabilecek sonuçlarını inceler.

Daha geniş anlamda tıbbi jeoloji, minerallerin ve eser elementlerin eksikliği veya fazlalığı, çevrenin teneffüs edilmesi, volkanik püskürmelerdeki mineral tozları, organik bileşenlerin taşınması, şekil değiştirmesi ve miktarı; mikrop ve virüslerin araştırılması konularıyla ilgilidir.

Bu bilgi dalının adı yeni olabilir, fakat jeolojik maddelerin insan sağlığı üzerinde etkileri binlerce yıldır bilinmektedir. Kodiak'da (Alaska) Karluk Arkeoloji sahasında korunmuş olarak bulunan 7000 yıllık bir insan saçında, analiz değerlerinin sağlık belirtileri muhtemelen zaman içerisinde artmış veya eksilmiş olma ihtimaline rağmen civa, kadmiyum ve selenyum miktarları ölçülmüştür. Teneffüs edilmiş kurum-toz taneleri en az 5000 yaşındaki Tyrelean buz adamının korunmuş akciğer dokusunda tespit edilmiştir. Bu kişi, kuvars taneleri içeren ince mineral kristalleri teneffüs ettikten sonra solunumla ilgili hastalıktan rahatsızlanmıştır.

2400 yıl önce Hipokratlar ve Helen yazarları insan hastalıklarının coğrafik dağılımlarını çevresel faktörlere bağlı olarak tanımlamışlardır. İ.Ö. 300 yılında Aristote madencilerde kurşun zehirlenmelerinden söz etmektedir. Buna karşın kayaçlar ve mineraller binlerce yıl veba, çiçek hastalığı ve humma gibi hastalıkların tedavilerinde kullanılmıştır.

Bilim adamları 300 yıl önce jeolojik maddeler, süreçler ve tedavi koşulları arasındaki bağlantıları incelemeye başladılar. Bununla birlikte birkaç on yıl önce tıbbi jeoloji Amerika Birleşik Devletlerinde bu konuda bazı uzman kişilerin, jeologların haddini aşar bir şekilde tehlikeli olarak hastalık bilimi ile ilgilendiklerini farketmesiyle bazı

açılardan gözden düşmüştür. Şu anda Birleşik Devletler Jeoloji Araştırma Kurumu (USGS) ve Çevresel Sağlık Bilimleri Ulusal Enstitüsü arasında kurulan işbirliği, ayrıca yardım kuruluşlarının birkaç bilim dalı arasında yapılacak araştırmaların önemini anlatan açıklamalara başlamasıyla tıbbi jeoloji bilim dalı tekrar gelişmektedir. Şu anda tüm dünyada yer bilimciler, biyotedaviciler ve halk sağlığı araştırmacıları arasında tıbbi jeoloji konularını çok geniş bir biçimde ele alan bir çok ortak inceleme yapılmaktadır.

Burada tıbbi jeoloji çalışmalarının, minerallerin ve eser elementlerin insan sağlığı üzerindeki etkilerini gösteren üç yeni örneğini sunuyoruz ve bu alanda yer bilimcilerin toplumumuza ilave bir katkı yapması için aynı zamanda bir fırsat yaratıldığının altını çiziyoruz.

## Asbest, Toz ve Mantarlar

Tozlar insan sağlığı problemleriyle uzun bir zamandır bağlantılı olmuştur. Hastalık ile asbest içeren tozlar arasındaki bağlantı buna bir örnektir. Diğer bir örnek ekolojik ve insan sağlığı problemlerine neden olabilecek boyutta, bir okyanusu geçebilecek şekilde tozların taşınabildiğinin anlaşılmasıdır. Örneğin toprak mantarı sporları ve insan tarafından üretilmiş böcek zehiri veya arsenik ve civa ağır metalleri gibi doğal toksinlerin mikrop veya virüs taşıyabileceği USGS'den Gene Shene ve diğerleri tarafından yapılan araştırmalarda ortaya konmuştur.

Analitik tekniklerdeki gelişmeler, aynı zamanda yer bilimcileri, ekolojik bilimleri ve tıbbi bilimler gibi farklı birimler arasında yapılan araştırmalar, tozların yerel ve global ölçekte insan hastalıklarındaki rolü üzerinde yeni bakış açıları sağlamaktadır.

Asbest konusunda yalnız mesafe katedilmemiş, aynı zamanda açıklanamayan bazı soruların yanıtlanmasına katkı sağlanmıştır. Asbesti teneffüs etmek akciğer kanserine ve kötü huylu habise olduğu gibi akciğerde asbestli bir dokuya neden olur. Asbestin bu ve olabilecek potansiyel zararları onlarca yıldır çalışılmakta ve tanımlanmaktadır. 1970 ve 1980'li yıllarda tedavi ve düzenleyici sonuçların çoğu, endüstri ve ticari uygulamalarda yaygın olarak bulunan asbestli maddelerin boyutu ve şekli üzerine olmuştur. Bunlar serpanfin minerali olan ve çok yaygın olarak kullanılmış kriyotil ve asbest formundaki çok çeşitli amfibol minerallerinden grunerit, ticari olarak mavimsi asbest olarak bilinen ribekit, antofilit, tremolit ve aktinolitir.

1980'lerde yer bilimciler, tıbbi bilimcilere asbest olarak adlandırılan birden fazla maddenin tanımlanmasında ve farklı asbest maddelerinin aynı düzeyde kanserojen olmadığı konusunda yardımcı oldular. Örneğin, kriyotil asbestlerin amfibol asbestlerden daha az kanserojen olduğunu belirtmişlerdir.

Son bir kaç yılda mineral yataklarında ve kayaçlarda eser olarak bulunan asbestli minerallerin potansiyel sağlık üzerindeki etkileri halkın dikkatine sunulurken



Çin'in Guizhou bölgesinde bir kadın, kömürle yanan sobanın üzerinde biberlerini kurutuyor. Yakın çevreden toplanan kömürler arsenik içermekte; arsenik zehiri biberler vasıtasıyla insanlara geçmektedir.

bilgilendirilmiştir. Örneğin 1999'da The Seattle Post Intelligencer Libby'de (Montana-ABD) oturan halkın sağlık problemleriyle ilişkili olan asbestin bilimsel önemini geniş ulusal medya aracılığıyla dikkat çekerek duyurmuştur. Bölgede, birçok insan amfibollü asbest minerallerine maruz kalarak hastalanmıştır. Bu mineraller Libby'de işletilmiş vermikülit madeninde doğal olarak bulunmaktadır. Daha sonra bu maden işletmesi kapatılmıştır.

Libby'de yakın zamanda yapılan bilimsel araştırmalar sonucunda asbestin sağlık etkileri hakkında açıkta kalan bazı belirsizliklerin altı çizilmiştir. Örneğin, dünya'daki farklı asbest maddelerinin jeolojik oluşumları ne kataloglanmış ne de hastalık oluşumlarında ilgili bilimin sonuçlarıyla ilgilenilmiştir. Bu oluşumlar, insanlara yol yapımı, ocak içi çalışmalar ve doğal bozunmayla açığa çıkan tozlardan kaynaklandığından iyi anlaşılabilmiştir. Mineral bileşimi, vücut içindeki mineral çözünürlüğü, ortaya çıkışı, şekli gibi mineralojik karakteristiklerin rolü her bir asbest mineralinin toksininde rol oynar. Libby amfibollerinde ribekit ve vlnhit gibi geniş bir yelpazede olan bileşimlere sahiptir. Ayrıca lifsiden iğnemsî kristallere veya diilim izleri gibi geniş bir çeşitlilik sunan doku türlerine sahiptir.

Tozlar ile insan ve çevre sağlığı arasındaki bağlantıla-



Çocukluk döneminde D vitamini eksikliği nedeniyle belkemiğinin aşırı bükülmesi (iskelet flourisizi) iskeletin bükülmesine neden olabilir.

ra diğer bir örnek de vadi humması ve astım gibi çeşitli hastalıklar ve toprak mantarı arasındaki bağlantıdır. Yine başka bir örnek, 1994'de Northridge depremi ile oluşan heyelanlar ve bunların toz bulutları GD Kaliforniya'da Simi vadisi yakınında oturan halk arasında vadi humması veya toprak mantarının (coccidioidomycosis) oluşmasını başlatmıştır. Heyelan, toprak mantarını (coccidioides immitis) açığa çıkararak vadi hummasına ve toz bulutları içinde insanda mantara sebep olmuştur. Yakın zamanda toprak mantarı (coccidioides immitis) Kaliforniya'nın GB kıyısının dışında deniz samuru topluluğunda bulunmuştur. Bu durum, toprak mantarlarının çevresel etkilere karşı çok geniş etkiye sahip olduğunu gösterir. Devam eden jeolojik araştırmalar, anahtar olabilecek bazı jeolojik belirsizliklerin anlaşılmasına yardım etmektedir. Bunlar; toprak oluşum süreçleri arasındaki etkileşim, iklim ve jeokimyasal karakteristikler ve C. immitis'in zenginleştiği toprağın kaynak kayacının belirlenmesi gibi araştırmalardır.

## Ne Yersen, Onu Yansıtırsın

İnsan iskeleti iki yüzden fazla kemiği ile türümüzü tanımlayan eşsiz bir yapıdır. İskelet kaslar için yapısal bir destektir ve dik durmamızı ve hareket etmemizi sağlar. İkiyüzden fazla değişik şekle sahip kemiğin her

biri besinlerimizi depolar. Vücudumuz yiyecek ve içeceklerimizdeki elementleri kemik dokularında depolar.

Hidroksilapatit ( $(Ca)_2(PO_4)_3(OH)$ ) kemikteki mineraldir. Biyolojik doku için ana sertleştirici ajandır ve özel kristal dokusu sayesinde doğal olarak oluşan elementlerin bulunduğu bir depo olarak görev yapar. İnce taneli apatitik mineralin oluşumu normal bir besinden kolaylıkla sağlanabilen kalsiyum ve fosforun desteğini gerektirir ve iskeletimizin mineralini sürekli kılmak ve kemik dokularını sürekli güçlü tutmak için özel hücreler tarafından parçalanır. Araştırmalar, uygun besin ve egzersizin sağlıklı bir iskelet için gerekli olduğunu göstermiştir.

Bugün daha yaşlı ve daha az aktif kişilerde genellikle kemiklerin bozulması, (osteoporosis) insanların yiyecek ve içeceklerinde kalsiyum ve D vitamini eklemelerinin ve vücudun hormon dengesi için doğru bir şekilde almalarnın gerekliliğini ortaya koymuştur. Gerçekte başka bir çok katyon, hidroksilapatitin kristal yapısında kalsiyumun yerini alır. Bu gerçek, ilginç sağlık karmaşasını beraberinde getirir.

Magnezyum, kalsiyumun yerini alan elementlerden biridir. Apatitik biyominerallerde magnezyum genellikle % 1'den azdır. Bu değer, diğer kayaç reaksiyonlarında apatitlerde bulunan miktara yakındır. Fakat bizim magnezyum için besin gereksinimimiz daha fazladır. Çünkü bir çok metabolik olayların yanında, kemiklerin gelişimi ve bakımı için yardımcı olabilecek anahtar bir elementtir. Kemik mineralinde magnezyum küçük değerdedir. Ancak sürekli tüketilmesi ve kemik dokusuna yeniden girmesi nedeniyle diğer metabolik olaylarda kullanılması mümkün olabilir. Magnezyum seviyesi yetersiz olduğunda kemik içinde bulunan magnezyum kaynağı önemli hale gelebilir.

Stronsiyum, kalsiyum yerine geçen bir diğer elementtir. Doğada stronsiyum konsantrasyonu yüksek ise stronsiyum-apatit gibi  $(Sr, Ca)_2(PO_4)_3(OH)$  ayrı bir apatit minerali oluşur. İnsan sağlığı için gerekli bir element olmasına rağmen, stronsiyum her zaman çok az miktarlarda bulunur. Kemikteki oranı bir kaç ppm'dir. Biyoapatit'de kalsiyumun bir kısmı içine stronsiyumun girmesi ihtimali 1950'lerde New Meksika'da nükleer bomba testi esnasında ulusal bir tartışma yaratmıştır. Ebeveynler nükleer patlamalardan düşen radyoaktif stronsiyum-90 zerrecilerinin, aynı şekilde kalsiyumun yerini alarak çocukların kemiklerine, süt içerek geçmesi sonucu kemik kanserine sebebiyet verme ihtimalinden endişe duydular. Radyoaktif elementin miktar tüm ülkeden alınan süt örneklerinde çok az olarak tespit edilmiştir (gramda 11 picocuries den az). Stronsiyumun kalsiyumun yerine geçmesinde rol oynayan biyolojik ayırılma faktörü, stronsiyumun bitkiden hayvanlara (inek) olan transferinden sekiz kat ve mineral dokunun sıvı ve çökelmesi arasındaki transferinden de üç kat daha büyüktür. Sütte bulunan çok



İlerlemiş hiperkeratosis. Elleri kaplayan aşırı lezyonlar şiddetli arsenik zehirlenmesinin yaygın bir belirtisidir.

az miktardaki stronsiyum-90 radyoaktif maddesi, biyoapatitte yar alan kalsiyumun bünyesine olan tercihli katılımıyla çocukların kemiklerine çökelmektedir.

Apatit içine katılan iyonlardan biri de florudur. Flor her zaman eser element olarak bulunur. Bazı bölgelerde su da en yüksek değeri 14 ppm kadardır. Bu yüksek konsantrasyon 20. yüzyılın ilk on yılında benekli dişlerin nedeni olarak gösterilmiştir. Buna karşın, jeoloji ve sağlık arasında en önemli bağlantılardan biri olarak, içme suyuna 1 ppm flor ilave edilmesiyle, çocuklarda azalan diş çürümelerini ve diş sağlığı gelişimini gösterebilen çalışmaları kontrol edebilmekteyiz.

"Ne yersen onu yansıtırsın" atasözü çok doğrudur. Eğer sağlıklı kalmak istiyorsak kalsiyum, fosfor, magnezyum ve flor ihtiva eden elementlere ihtiyacımız vardır. Jeologlara göre tüm besinler mineral ve kayalardan elde edilir. Jeologlar ile tıbbi araştırmacıların ortaklaşa geliştirmekte olduğu projeler, jeologlara kişisel ve profesyonel olarak faydalı olacağı gibi, dünya ölçeğinde insan sağlığındaki gelişmelere de katkı sağlayacaktır.

## Kömürden Kırmızı Biberlere

Eser elementlerin zehirleyici etkisine maruz kalmak, çevresel sağlık problemlerinin en yaygın olanlarından biridir. Tüm dünya'da milyonlarca insan arsenik, kurşun, flor, cıva, uranyum ve benzeri elementlere maruz kaldıklarından, sağlık problemlerinden şikayet etmektedir. İçme suyundaki aşırı arseniğin sebep olduğu felaket Bangladeş, Batı Bengal, Hindistan ve başka yerlerde manşet haber olmuştur. Bu bölgede yaklaşık 25-75 milyon insan, arsenik nedeniyle zehirlenme riski altındadır.

Çin'in Guizhou bölgesinde soğuk, rutubetli, sonbahar hava koşulları köylüleri, ekin ve kırmızı biberlerini ev içinde kurutmaya zorlamaktadır. Köylüler kırmızı biberlerini geçen yüzyılın ortalarına kadar, sobada odun yakarak bacasız sobanın üstüne asarak kuruttular. Köylülerin ısınma, yemek pişirme ve yiyeceklerini kurutma amacıyla odun kesmelerinin ormanlara zarar vermesi nedeniyle, bölgede çok bol olan kömüre dönüş oldu. Fakat bu bölgedeki kömürler, yüksek konsantrasyonlarda arsenik (35000 ppm) ve diğer eser elementler içermektedir.

Arsenikçe zengin olan bu kömürler üzerinde kurutulmuş kırmızı biberler köylülerin önemli bir besini olmasına rağmen ne yazık ki arseniğin de ana kaynağıdır. Binlerce köylü şu anda arsenik zehirlenmesinden rahatsızdır. Hastalık kimizi renkli çiller (hyperpigmentation), genellikle el ve kollardaki deri üzerinde pul pul soyulan yaralar (hyperkeratosis), Bowen's hastalığı ve squamous hücre habisi (deride kanser öncesi koyu ve sert yara) içeren tipik belirtiler göstermektedir.

Aynı bölgede ev içerisindeki kömürün kullanımı esnasında uçan florun sebep olduğu sağlık problemleri, arseniğin neden olduğu rahatsızlıktan çok daha yaygındır. Guizhou ve çevresinde on milyondan fazla insan florun değişik oluşumlarından dolayı rahatsızdır. Florosiz'in tipik belirtileri diş flourisizi (dental fluorosis) veya diş minesinin flourisizi ve eklem hareketsizliği (osteosclerosis), çarpık bacaklılık, belkemiğiyle ilgili kamburlaşma gibi dış görünümlere neden olan iskelet flourisizin değişik şekillerini içerir. Çocuklarda beslenme eksikliği ile birleşen flourosiz, kemikte şiddetli bozulmalara neden olabilir.

Guizhou'de fluorosiz ve arsenik zehirlenmesi hastalığının (arsenizm) her ikisi de kömürle yanan soba üzerinde kurutulmuş yiyeceklerden kaynaklanmaktadır. 1989 yılında Baoshan, Zheng ve Ronggui Huang yüksek florlu (>200 ppm) kömür ile yanan bacasız soba üzerinde kurutulmuş ekinler tarafından florun emilmesini kanıtlamışlar ve GB Çin'de aşırı diş ve iskelet fluorosiz'in muhtemel sebebi olduğunu belirtmişlerdir. Problem, biriket yapımı için kullanılan kil kalıplarıyla daha da artmaktadır. Kullanılan kil, karst topografyasına sahip bir arazide kireçtaşı alt tabakasında zenginleşme sonucu oluşmuş bir artık oluşumdur. Bu artık kil oluşumu ortalama 903 ppm flor içermektedir.

Amerika ve Çinli yerbilimciler arsenik ve flora en az derecede maruz kalmaları için cevherleşmiş kömürde elementlerin yanal ve düşey dağılımlarını haritalayarak, mineralleşmiş kömürlerin oluşumlarını gösteren geliştirilmiş modellerle, kömürde flor ve arseniğin farklı oluşumlarının oksitlenme, yanma, tutuşma davranışlarını inceleyerek, çocukların bünyesinde konsantrasyonları belirlemeleri için basit, ucuz arazi test metotları geliştirerek köylülere yardımcı olmaktadır. Guizhou'daki bu durum, yerbilim ve tıp bilim toplulukları arasında bir takım oluşturarak insanları hastalıklardan kurtarmaya yardım edecek bir çok fırsat yaratmaktadır.

Uzun bir zamandır bilinen, ancak gerektiği gibi faydalanılamayan bir bilim dalı olan tıbbi jeoloji, biyoteknoloji ve çevresel araştırma toplulukları ile ortak çalışmalar yapmak için yerbilimcilere büyük fırsatlar sunmaktadır. Böyle ortaklıklar binlerce yıldır insanları rahatsız eden çevresel sağlık problemlerini yok etmek, azaltmak ve anlaşılmasını sağlamak için büyük potansiyele sahiptir.

### Kaynak

Finkelman, R.B., Skinner, H.C.W., Plumlee, G.S. and Bunnell, J.E. 2001. Medical Geology. Geotimes, November, 20-23.