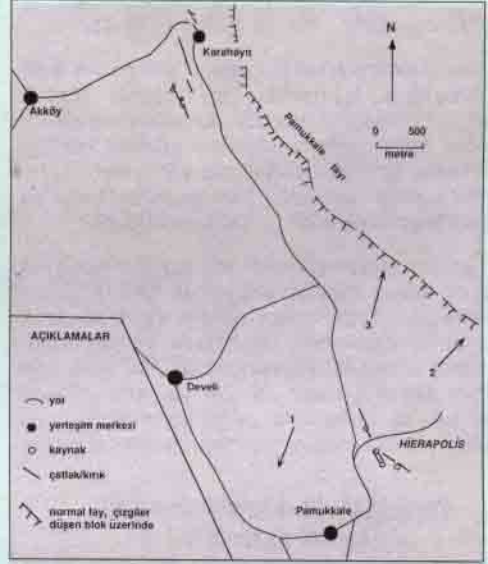


# PAMUKKALE TRAVERTENLERİ KAÇ YAŞINDA?

Erhan Altunel ve Paul L. Hancock\*

**T**ürkiye'nin en önemli turizm merkezlerinden biri olan Pamukkale, her yıl yerli ve yabancı binlerce turist tarafından ziyaret edilir. Pamukkale'ye bu çekiciliği kazandıran, antik şehir "Hierapolis" in yanında bölgede oluşan aktif traverten oluşumdur. Kırıklar ve çatlaklar boyunca yüzeye çıkan kalsiyum karbonatça zengin sıcak ve/veya soğuk sulardan kalsiyum karbonatın çökmesi sonucu oluşan kayaçlar "traverten" diye adlandırılırlar. Pamukkale çevresinde birçok değişik yerde, aktif olmayan travertenler de yer almaktadır. Bu travertenlerin bulunduğu yerler, binlerce yıl önce bugün Pamukkale'de olduğu gibi aktif travertenlerin oluştuğu yerlerdir. Bölgenin tektonik olarak aktif olması nedeniyle eski kaynakların birçoğu, tektonik hareketler sonucu yer değiştirmiştir. Günümüzdeki aktif traverten oluşumu, Pamukkale platosunu kuzeydoğuda sınırlayan kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı Pamukkale normal fayının düşen bloğu üzerinde yer alan ve sıcaklıkları 35-56 °C arasında değişen kaynaklardan çıkan sulardan oluşmaktadır. Pamukkale'de oluşum şekillerine göre iki tür aktif traverten oluşumu gözlenir. Bunlardan birincisi tarihi şehir "Hierapolis" in bulunduğu bölgede kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı (Şekil 1) çatlak ve kırık sistemleri üzerinde bulunan kaynaklardan çıkan suların yamaç aşağı akması sonucu oluşan "teras tipi travertenler"

dir. (Şekil 2a). Bölgeye çekiciliği kazandıran, bu tür travertenlerdir. İkinci çeşit travertenler, "sırt tipi travertenler" diye adlandırılırlar ve bu tür traverten oluşumu Karahayit Köyü yakınlarında görülmektedir (Şekil 1). Çatlaklar boyunca yüzeye



\* Bristol Üniversitesi, Jeoloji Bölümü, İNGİLTERE.

Pamukkale kaynaklarının, Karahayit kaynaklarına göre daha düşük sıcaklıkta oluşu, kırıklar boyunca yükselen sıcak suların, olasılıkla, yüzeye yakın derinliklerde, aynı kırık ve çatlaklara sızan soğuk yüzey sularıyla karışmasının bir sonucudur. Yöredeki termal suların yüksek oranda kalsiyum bikarbonat içermesi, sıcak suların sirkülasyon yaptığı derinde-

ki rezervuarların genellikle suda iyi çözünebilen kristalize kireç taşları içerisinde geliştiğini ortaya koymaktadır.

## Travertenler Nasıl Oluştur?

Travertenler, kireçtaşı ve mermer gibi, suda kolay çözünebilen karbonatlı kayaçların kırıklı çatlaklı zayıf zonlarında çözme-aşındırma (korozyon) yapan yer altı sularının, yer yüzüne çıktığı kaynak ağzı ve çevresinde çöktüğü tortul kayaçlardır. Genellikle Kuvaterner yaşlı olan bu genç çökellerin oluşumu günümüzde de sürmektedir.

CO<sub>2</sub> gazının çözülmüş halde bulunduğu karbonik asit (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) yer altı suları, kalsiyum karbonatın (CaCO<sub>3</sub>) kalsiyum bikarbonata (Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) dönüşmesini, dolayısıyla suda çözülmüş duruma gelmesini sağlar.

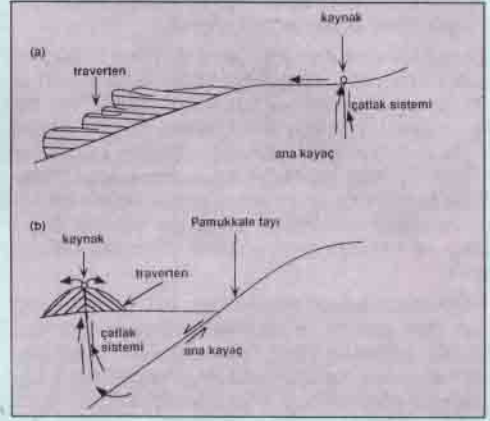
Kalsiyum bikarbonatla yüklü kaynak sularının basıncını yitirerek buharlaşması ve karbondioksit gaz haline dönüşerek uçması sonucu, kaynak çevresinde traverten formunda kalsiyum karbonat çökelişi gerçekleşir.



çıkan sular, çattağın her iki kenarında akarlar ve zamanla çatlak boyunca sırt oluştururlar (Şekil 2b). Aktif travertene oluşumunun dünyada en iyi bilinen örnekleri, İtalya ve Amerika'dadır.

Pamukkale'yi ziyaret eden birçok insanın aklına gelebilecek ilk sorulardan biri, şu olabilir: Pamukkale travertenleri kaç yaşında?

Pamukkale'de değişik lokasyonlardan (Şekil 1) alınan traverten örneklerinde U/Th (U uranyum, Th toryum) metodu ile yapılan yaş tayinleri bölgedeki traverten oluşumunun en az 400 000 yıldan beri devam ettiğini göstermiştir. Pamukkale Köyü'nün batısından alınan 1 numaralı örneğin yaşı ortalama 418 000 yıl, tiyatronun üst kısmından alınan 2 numaralı örneğin yaşı ortalama 203 000 yıl, Karahayıt Köyü'ne doğru olan giriş-çıkış kapısının yakınından alınan 3 numaralı örneğin yaşı ise, ortalama 59 800 yıl olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi, Pamukkale binlerce yıllık bir işlem sonucu günümüze gelmiş, dünyada eşine az rastlanan doğal bir güzelliştir. Pamukkale'nin bu doğal güzelliğini kısa sürede kaybetmesi, açık olan fakat istenmeyen bir gerçektir. Kültür Bakanlığı'nca başlatılan Pamukkale'yi kurtarma çalışmalarının sonuçları merakla beklenmektedir. Günümüzde önlem olarak görülen travertenler üzerinde çıplak ayakla yürümenin, ayakkabı ile yürümekten hiçbir farkı yoktur. Çıplak ayakla da olsa ayakkabı ile de olsa sonuçta travertenler üzerine basılıyor. Bu da travertenlere güzel görüntüyü veren ve oluşumları çok uzun zaman alan yüzeydeki küçük gölcüklerin bir ayak basması sonucu yok olmasına neden oluyor. En az 400 000 yıllık bir



geçmiş olan bu doğa güzelliğinin daha uzun süre aynı güzelliğini koruyabilmesi için gerekli önlemler planlanan zamandan daha kısa sürede alınmalıdır.

#### KAYNAKLAR:

- Altunel, E. ve Hancock, P.L., Active fissuring and faulting in Quaternary travertines at Pamukkale, western Turkey (basımda) Quaternary Proceedings.
- Altunel, E. ve Hancock, P.L., Quaternary travertines at Pamukkale, western Turkey (basımda). Geol. J.
- Chafetz, H.S. and Folk, R.L., Travertines: Depositional morphology and the bacterially constructed constituents. J. Sedimentary Petrology, vol. 54, no. 1, 289-316, 1984.
- Jones, J.C., A report on the travertine company near Brideport, California. University of Nevada Reno, Special Coll, 88-29, Nevada, U.S.A., 1925.

Travertenler, genellikle bir örtü şeklinde kapladıkları alanın jeomorfolojisi, çevre sıcaklığı, basınç koşulları, yer altı suyunun bileşimi, doygunluk oranı, akma-yayımla hızı, buharlaşma-tortulanma hızı gibi faktörlere bağlı olarak şekillenir. Bu özellik, farklı ortam koşullarında traverten formlarının değişebildiğini ortaya koyar. Örneğin, Pamukkale travertenlerinin yurdumuzda bulunan çok sayıdaki diğer traverten alanlarındaki örneklerine hiç benzemeyişi ve onlarla kıyaslanamayacak güzellikte oluşu da, suyun bileşimi ve traverten çökeliminde etkili olan diğer ortam koşullarının farklı oluşu ile açıklanabilir.

Pamukkale'de, Hierapolis kalıntılarının bulunduğu alandaki termal kaynaklar çevresinde, traverten çökeli mi gözlenmez. Traverten çökeli mi, kaynak sularının dağıtım kanalları aracılığıyla sıcaklığını kaybederek (yaklaşık 30 °Ca) ulaştığı dik yamacın gerisinde başlar. Burada sular, yamaç yüzeyinde akışın sürekliliğine bağlı olarak güncel traverten çökeli mi ni sağlarlar. Pamukkale'de travertenin, birbiri üstüne gelen çok ince kabuklar şeklinde çökmesi oldukça hızlı gelişmektedir. Öyle ki, yamaçta su akı-

şının sürekli olduğu kesimlerde bırakılan biblio türü toprak eşyaların birkaç günlük sürede pamuk beyazı traverten kabuğuyla kaplandığı görülmektedir.

Pamukkale travertenleri, yurdumuzda bilinen diğer traverten alanlarından farklı olarak, yarım daire şeklinde su dolu balkonları andıran traverten havuzlarıyla dikkati çeker. Dik yamaç üzerindeki su dağıtım kanalları çevresinde, değişik boyutlarda, yan yana ve alt alta basamaklı bir dizilim gösteren bu ilginç traverten havuzlarında suyun tabanı çamur kıvamında beyaz kireç çökeltisiyle kaplıdır. Üstü saydam su ile kaplı olan havuzlardan dışa taşan su, havuzun dış duvarında gözle görülemeyecek incelikte kristalli kabuklar şeklindeki traverten katmanlarını sürekli olarak çökeltmektedir. Traverten çökeli minin en fazla olduğu bölüm, havuz dış duvarının üst kesimidir. Bu nedenle havuz dış duvarı, sürekli üst kesimde genişlemeye uğradığından, duvarın alt kesimi zamanla ters yönde eğim kazanır. Traverten havuzundan dışa taşan sular, zamanla gelişen bu ters eğimin arttığı kesimde, duvar yüzeyinden ayrılıp saçaklanarak alttaki havuza düşer. Bu



akış biçimine bağlı olarak, balkon şekilli havuzların dış duvarı üzerinde sarkıt-dikit ve çubuk sütun şekilli duvar süsü travertenleri oluşur.

Pamukkale'de yamacın genç kırıklara bağlı olarak, dik duvar şeklinde gelişmiş olan ilksel morfolojisi, en güzel örnekleri yalnızca burada görülen bu ilginç traverten havuzlarının başlıca oluşum nedenidir. Aşağılara doğru, yamacın dikliğini kaybettiği etek kesimlerinde, traverten havuzlarının yukarıdaki büyük havuzlarla kıyaslanmayacak ölçüde küçüldüğü, havuzlar arasındaki basamak yüksekliğinin azaldığı ve giderek aynı şekillerin minyatürleştiği gözlenir.

Pamukkale travertenlerinin sürekli su akışından yoksun olan (turizm ve tarımsal amaçlı kullanımlar nedeniyle) bölümleri, atmosfer etkilerine bağlı olarak zaman içinde matlaşmakta ve giderek pamuk bezayı rengini yitirmektedir. Bu nedenle dengeli bir su dağıtımı uygulanarak yamaçların uzun süre kuru bırakılmaması gerekmektedir.

Karahayıt'taki termal kaynaklar çevresinde çökelen travertenlerin Pamukkale travertenini ile hiçbir benzerliği yoktur. Burada yüksek sıcaklıkta ve hemen kaynak çevresinde çökelen travertenler, kahveturuncu-sarı renklerdedir. Bu nedenle buradaki büyük kaynak, kırmızı su olarak adlandırılır. Travertenlerin kızıl görünümünü buradaki termal suların, kalsiyum bikarbonatla birlikte suda çözünmüş halde bolca taşıdığı demir iyonlarıyla ilgilidir.

## **Pamukkale ve Antik Hierapolis'te Yaşanan Depremler**

Kutsal kent anlamına gelen Hierapolis, antik çağın Lidya, Karia ve Frigya bölgelerinin sınırında yer alan Lidya, Karia ve Frigya bölgelerinin sınırında yer alan, hastalıkları iyileştirdiği, cildi güzelleştirdiği söylenen termal sularıyla ve tapınaklarıyla tanınmaktaydı.

Hierapolis'in MÖ. II. yüzyılda, Bergama kralı, II. Eumenes tarafından kurulduğu ve adını Bergama'nın kurucusu Telephos'un karısı Hiera'dan aldığı söylenir. Bergama krallığından Romalılara miras kalan kent, bir yandan büyürken diğer yandan süregelen şiddetli depremler sonucu birkaç kez yıkıma uğradığı ve onarıldığı bilinmektedir.

MS. 17 yılında Kral Tiberius ve MS. 60 yılında Kral Neron dönemlerinde yaşanmış olan en büyük depremlerde büyük bölümü yok olan kent, depremlerin ardından kısa sürede yeniden yapılmıştır. Örneğin, kentin gerisindeki büyük fay dikliği üzerindeki yamaçta kurulmuş olan eski tiyatro, 60 yılındaki depremde tümüyle yıkıldığından terk edilmiştir. Onarımlı sürdürülen yirmi bin kişilik antik tiyatro binası, daha sonraki Flavyuslar döneminden kalmaz. MS. II. ve III. yüzyıllar, kentin Roma dönemi mimarisinin en güzel yapılarına kavuştuğu en parlak dönemleridir.

Anadolu'da Hristiyanlığın yayılmasında önemli rol oynayan Hierapolis, Bizans imparatoru Büyük Konstantin döneminde piskoposluk merkezi olmuştur. Kentin terk edilmesine yol açan son yıkımlar da, diri faylardaki depremsel hareketlere bağlı olmuştur. Deprem izleri hemen bütün kalıntılarda görülmektedir.

## **Travertenleri Etkileyen Çevre Sorunları ve Koruma Çalışmaları**

Pamukkale'de, turizm amaçlı otel, motel, yüzme havuzu gibi tesislerin kurulmasıyla başlayan (yaklaşık 30 yıl önce) yapılaşma, önce arkeolojik sit alanları ve travertenlerin çevresini kaplamış, daha sonra Karahayıt köyü yönünde ve ova kenarında Pamukkale (Ecirli köyü) çevresinde sürdürülmüştür. Yörede plansız, altyapısız ve kontrolsüz olarak sürdürülen bu hızlı yapılaşma, kısa sürede aşırı nüfus yoğunlaşmasını getirmiştir.

Önceleri termal kaynaklardan çıkararak dağıtım kanallarıyla doğrudan Pamukkale travertenleri üzerine temiz olarak ulaşan termal suların, daha sonra yüzme havuzları ve motel havuzlarından geçirilip kirlenerek travertenler üzerine verilmeye başlanması, traverten oluşumunu olumsuz bir şekilde etkilemiştir. Nüfus yoğunluğuna ve turistik tesislerin çoğalmasına bağlı olarak hızla artan termal su kullanımı, travertenlerin ağartılması için gerekli olan temiz suyun gün geçtikçe azalmasına neden olmaktadır. Turizm mevsimi dışında ise termal suların çoğu tarımda kullanılmaktadır. Bu olumsuz gelişme sonucu, her yıl artan bir şekilde traverten yüzeyleri kararmaya terk edilmektedir.

Bugün, büyük bölümü kararmakta olan Pamukkale'de, yanlış su kullanımı nedeniyle çok dar bir alanda sürdürülebilen güncel traverten oluşumu, Pamukkale'nin eski görkemli görünümünü ancak bir ölçüde yansıtabilmektedir.

Travertenler, yeterli ve temiz termal su sağlanamayışın dışında çok sayıda kirlenici faktörlerin etkisindedir. Bunlardan en önemlisi, travertenleri keserek Hierapolis'e ulaşan karayolundaki yoğun trafiğin verdiği zararlarıdır. Travertenlerin üzerine yapılmış olan moteller ve yüzme havuzlarından suya karışan kozmetik türü (güneş yağı, krem vs.) kimyasal atıklar, kararmanın önemli bir nedenidir.

Pamukkale'nin giderek hızlanan bir şekilde eski doğal güzelliğini yitirmesine karşı ilk tepkiler, yoredeki olumsuz gelişmeyi yakından izleyen Denizli halkından gelmiş, koruma amaçlı planlamaların yapılması yönünde kamuoyu oluşturulmuştur.

Son yıllarda çevre kuruluşları ve bakanlıklar düzeyinde yapılan çalışmalar giderek hız kazanmış; elde edilen bilimsel veriler ışığında Pamukkale'yi kurtaracak yeni bir plan hazırlanmıştır. Bu plan, Pamukkale için zararlı olduğu saptanan tüm kirlenici faktörleri yok etmeyi amaçlamakta, travertenler üzerinde yer alan karayolu, otel, motel gibi sonradan yapılmış yapıların kaldırılması, sit alanlarının ya da bölgesine dönüştürülerek trafik yükünün giderilmesi gibi yenilikler içermektedir. Plan uygulandığında, yurdumuzun gözbebeği sayılacak nitelikte bu eşsiz turizm beldesinin geleceği güvence altına alınmış olacaktır. □

### **KAYNAKÇA**

- ATİKER, M., Termal sular ve kaplıcalarımız, Ankara, 1989. TÜBİTAK, Bilim ve Teknik Dergisi. C: 22, S. 260, S. 20-22.  
GÖKALP, E., Pamukkale (Denizli) bölgesinin jeoloji ve hidrojeoloji etüdü. MTA Rap. 5670 (yayınlanmamış), Ankara 1971.  
KOÇAK, A., denizli-Pumukkale ve Karahayıt kaplıcalarının hidrojeoloji etüdü. MTA Rap. 5670. (yayınlanmamış), Ankara, 1976.  
M.T.A., A., Jeotermal Enerji, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Dairesi tanıtım yayını, 1989.