

# KAŞ DOLAYI KIYI KUŞAĞINDA KARSTLAŞMANIN GELİŞİMİ: MİVİNİ VE ALTUĞ DENİZALTI MAĞARALARI

Mehmet Öztan<sup>(1)</sup>, Serdar Hamarat<sup>(2)</sup>, Serdar Bayarı<sup>(1)</sup>, Haldun Ülkenli<sup>(2)</sup>, Nur Özyurt<sup>(1)</sup>,  
Yalın Baştanlar<sup>(2)</sup>, Güzden Varinlioğlu<sup>(2)</sup>

(1) Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Hidrojeoloji Müh. ABD, 06532 Beytepe, Ankara  
(2) Sualtı Araştırmaları Derneği - Mağara Dalışı ve Araştırmaları Grubu

**Özet:** Mivini ve Altuğ mağaralarının oluşum mekanizması ve mevcut tatlısu boşalım hidrodinamiği mağara geometrisinin belirlenmesine dönük ölçümler ve hidrokimyasal gözlemler ile belirlenmiştir. Mivini mağarası tatlısu-tuzlu temas yüzeyi boyunca gelişmiş, Türkiye’de bilinen en derin deniz mağarasıdır. Altuğ mağarasının gelişimine karasal koşullar altında başladığı, olasılıkla deniz seviyesindeki yükselme sonucu bugünkü konumuna ulaştığı anlaşılmaktadır. Dönemsel hidrokimyasal gözlemler tatlısu boşalım dinamiğinin mevsimlik değişim gösterdiğine, tatlısu katkısının sonbahar aylarına doğru azaldığına işaret etmektedir.

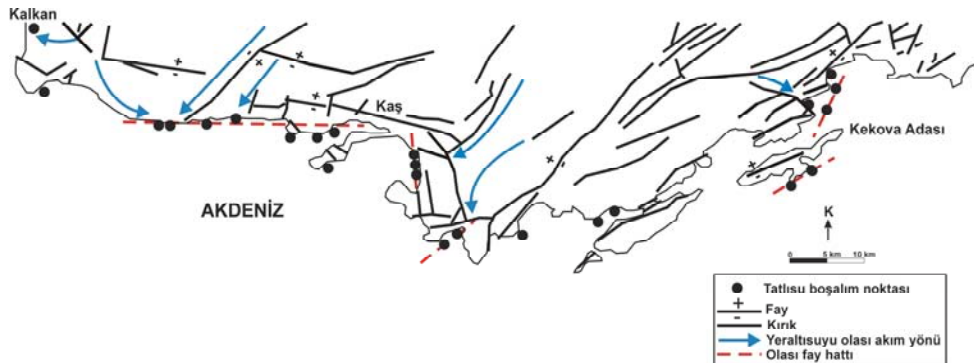
## GİRİŞ

Batıda Datça Yarımadasından doğuda Cilo Dağlarına uzanan Toroslar başta olmak üzere Türkiye’nin %40’ı “karstik” olarak adlandırılan kaya türleri ile kaplıdır. Karst, su ile temas ederek eriyen kayaların oluşturduğu yüzey ve yeraltı morfolojik yapılarının genel bir ifadesi olup, karstlaşma bu yapıların oluşmasında etkili jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik vd süreçlerin tamamını kapsayan bir terim olarak kullanılmaktadır. Karstik erime yeraltında içine girilemeyen büyüklükteki yeraltısuyu akım kanalları ile insanların girebileceği büyüklükteki daha geniş boşlukların (mağaralar) oluşmasına neden olur. Karstik akım kanalları ve mağaralar yeraltısuyunun iletilmesi açısından tercihli akım yolları oluştururlar. Yüksek debileri ile dikkat çeken karstik kaynaklar her zaman akım kanalları ve mağaralar ile bağlantılı olarak gelişirler ve buldukları yörelerde önemli su kaynaklarını oluştururlar.

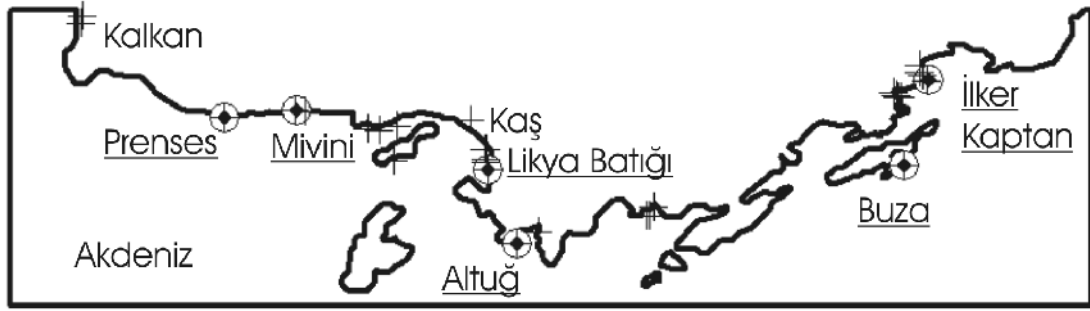
Araştırma alanının yer aldığı güneybatı Toroslar yoğun turistik kitle hareketlerinden dolayı kullanılabilir su kaynaklarına gereksinimin sürekli arttığı bir yöredir. Bu alanda, denizle doğrudan temasta bulunan karstik birimlerden önemli miktarlarda yeraltısuyu kullanılmaksızın denize karışmaktadır. Anılan alanda denize tatlısu boşalımı sağlayan kıyı ve denizaltı mağaralarının belirlenmesi amacıyla başlatılan çalışmalar 2003 ve 2004 yıllarında sürdürülmüştür. Bu tebliğde, Kaş dolayında denize olan tatlısu boşalımı açısından önem taşıyan Mivini ve Altuğ mağaralarından elde edilen morfolojik ve hidrojeolojik özellikler değerlendirilmektedir. Araştırma alanının diğer kesimlerine ait veriler ise Varinlioğlu vd. (2003), Öztan vd. (2004) ve Öztan (2004)’te verilmiştir.

## Konum, Jeoloji ve Hidrojeoloji

Mivini ve Altuğ denizaltı mağaraları sırasıyla Kaş’ın 15km batısında ve güneydoğusunda yer almaktadırlar. Mağaralar Patara-Kekova kıyı kesiminde geniş yayılım gösteren Üst Kretase yaşlı kireçtaşları içinde gelişmiş olup, yeraltısuyu boşalımı içermektedirler. Söz konusu kıyı kesiminde denize olan yeraltısuyu boşalımı kıyıya paralel ve dik uzanan kırık hatları boyunca ya da bunlarla ilişkili olarak gerçekleşmektedir (Şekil 1). Yörenin karasal bölümünde dikkate değer büyüklükte yeraltısuyu kaynağı bulunmamaktadır. İncelenen alanın Kalkan ve Demre arasında yer alan bölümünde dikkate değer büyüklüğe sahip 6 adet kıyı-denizaltı mağarası belirlenmiştir. Batıdan doğuya doğru Prenses, Mivini, Likya Batığı, Altuğ, Buza ve İker Kaptan şeklinde adlandırılan bu mağaralardan Mivini ve Altuğ belirgin tatlısu boşalımı içermektedirler (Şekil 2).



Şekil 1. Kalkan-Kekova arasında yer alan kırık hatları ve tatlısu boşalımları.

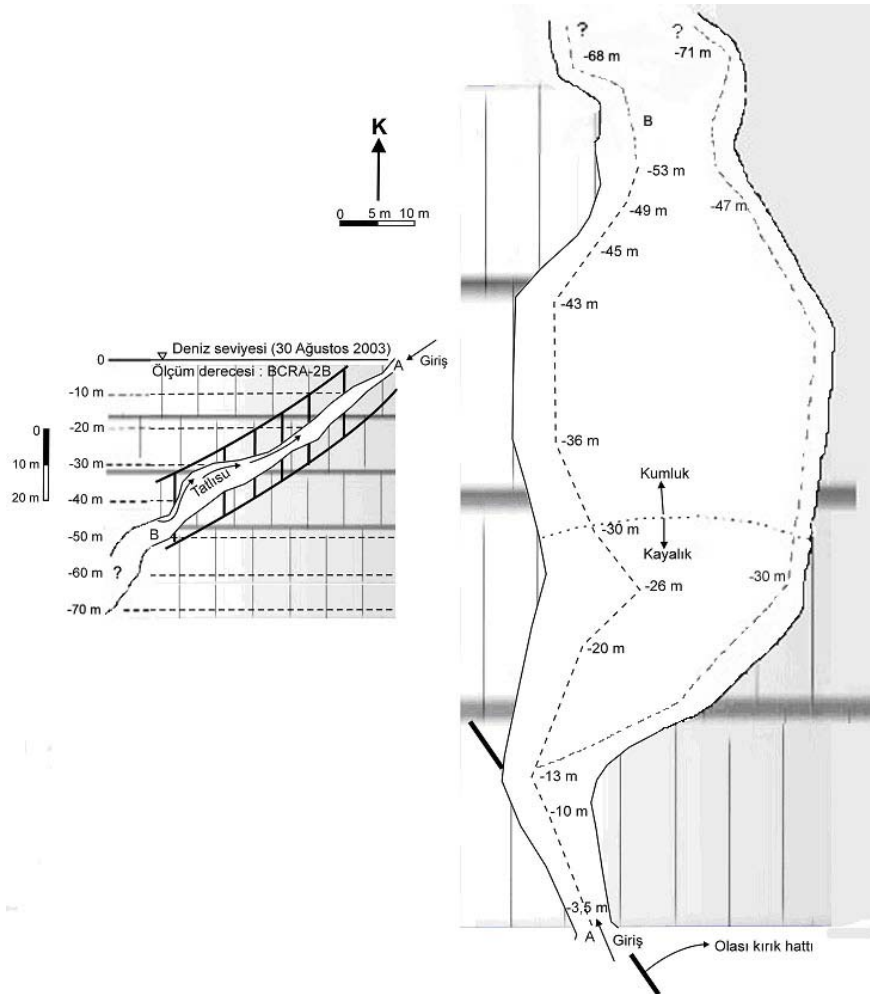


Şekil 2. Kalkan-Demre bölgesinde yer alan tatlı su boşalmaları (+ işaretleri) ve kıyı-denizaltı mağaraları (daireler).

## MAĞARALARIN MORFOLOJİK VE HİDROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

### 1. Mivini Mağarası

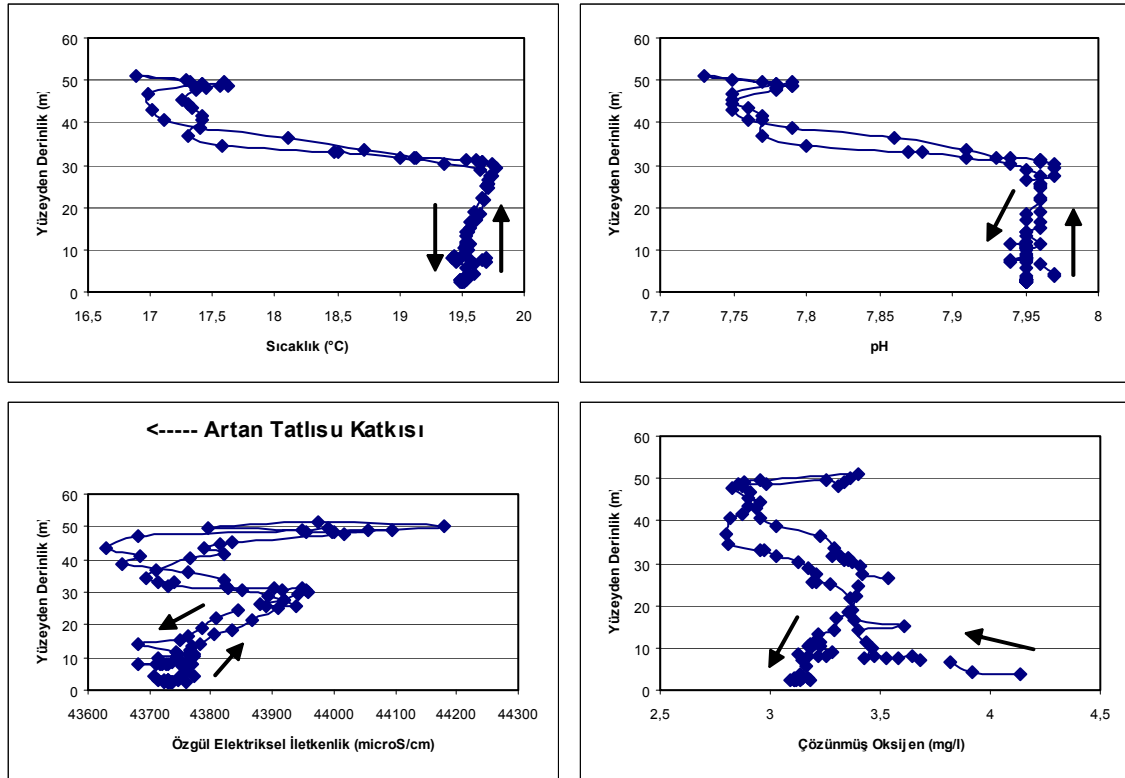
İlk dalış çalışmasının 30 Ağustos 2003 tarihinde gerçekleştirildiği Mivini Mağarası'nın girişi 2.5 m derinlikte başlamakta ve yaklaşık 45°'lik eğimle derinlere doğru uzanmaktadır (Şekil 3). Ağustos 2003'te hava solunarak 53 m derinliğe kadar uzanan dalışta tatlısu-tuzlusu karışımından kaynaklanan halokline 25m'nin altındaki derinliklerde karşılaşılmıştır. Eylül 2003'te gerçekleştirilen ikinci dalışta ise haloklinin mağara yüzeyine ulaştığı ve yaklaşık 3-5 m devam eden bulanık katmanın daha derinlerde yok olduğu gözlenmiştir.



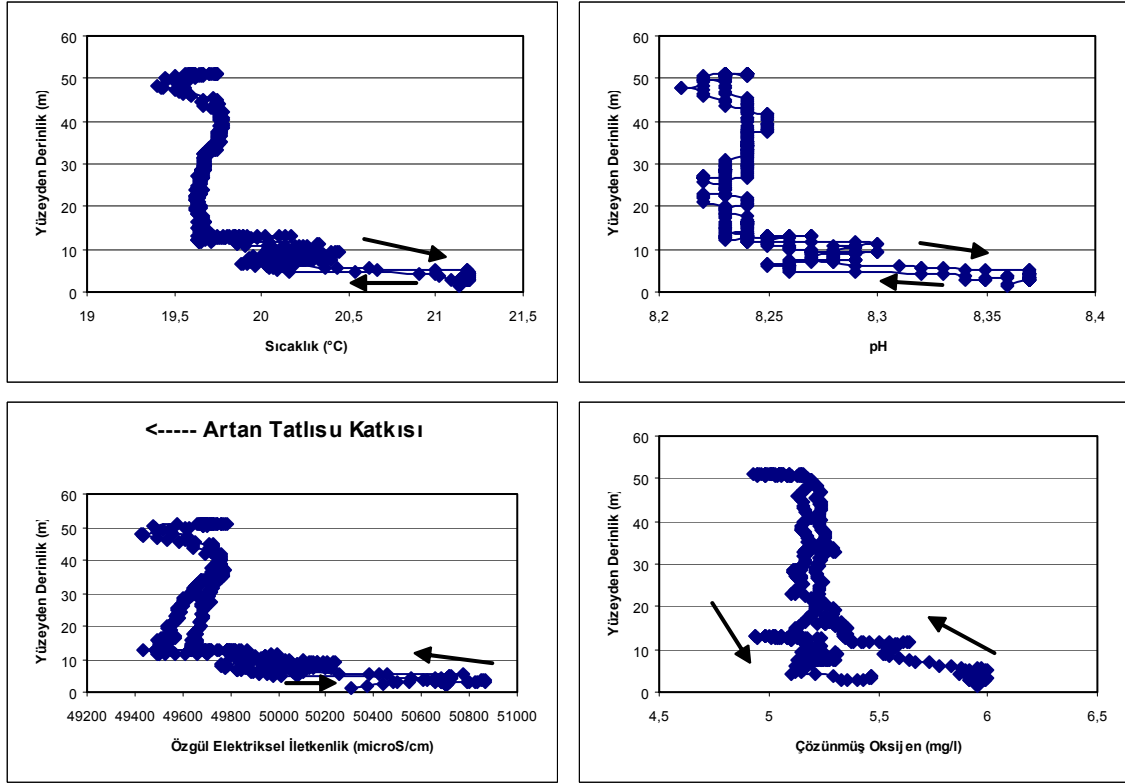
Şekil 3. Mivini Mağarası plan görünümü (sağda) ve ölçüm hattı boyunca alınmış profili (solda)

Görüş mesafesinin arttığı derin noktalarda yapılan gözlemlerde mağara yüzeyinde tatlı-tuzlusu karışımınca tetiklenen karstik çözünme izlerinin belirginleştiği saptanmıştır. Kasım 2003 dalışında ise, az miktardaki tatlusunun mağaranın tavanını takip ederek yüze ulaştığı görülmüştür. Ağustos 2004'te karışım gazı kullanılarak yapılan dalışta ise mağaranın üst kesimlerdeki eğimi takip ederek 74m derinliğe kadar uzandığı saptanmıştır. Mivini mağarasının kesit profilinden tatlusu-tuzlusu karışımının yüzeyi boyunca gelişim gösterdiği anlaşılmaktadır. Tatlı ve tuzlu suyunun belirli oranlarda karışması karışım suyunun karbonatlı kaya çözme kapasitesini arttırmaktadır. Bu nedenle, Mivini mağarasının oluşmasında etkili olan karstik çözünme süreçlerinin günümüzde de devam etmekte olduğu düşünülmektedir.

Ağustos ve Kasım 2003'te dalışla eşzamanlı olarak yapılan sıcaklık, pH, özgül elektriksel iletkenlik (Eİ) ve çözülmüş oksijen ölçümleri Şekil 4a ve 4b'de gösterilmiştir. Her iki dönemde de mağaranın tüm derinliklerinde gözlenen sıcaklık değeri denizsuyu sıcaklığından daha düşüktür. En düşük sıcaklıklar Ağustos 2003'te 17.0 °C, Kasım 2003'te ise 19.5 °C olarak en derin kesimlerde ölçülmüştür. En düşük pH değerleri ise yine en derin kesimlerde Ağustos 2003'te 7.75, Kasım 2003'te ise 8.25 olarak belirlenmiştir. Eİ ve çözülmüş oksijen değerleri her iki dönemde de yüzeyden derinlere inildikçe azalmaktadır. Eİ değerlerindeki azalmadan tatlusu boşalımının Ağustos 2003 ayında daha güçlü olduğu anlaşılmaktadır. Her iki dönemde de düşük Eİ değerleri ile tipik tatlusu katkısının mağaranın 40-50m derinlik aralığında etkili olduğu gözlenmiştir. Diğer yandan, farklı dönemlerde aynı derinliklerde farklı hidrokimyasal değerlerin gözlenmesi tatlusu boşalımının zamanda değişken bir karaktere sahip olduğuna işaret etmektedir.



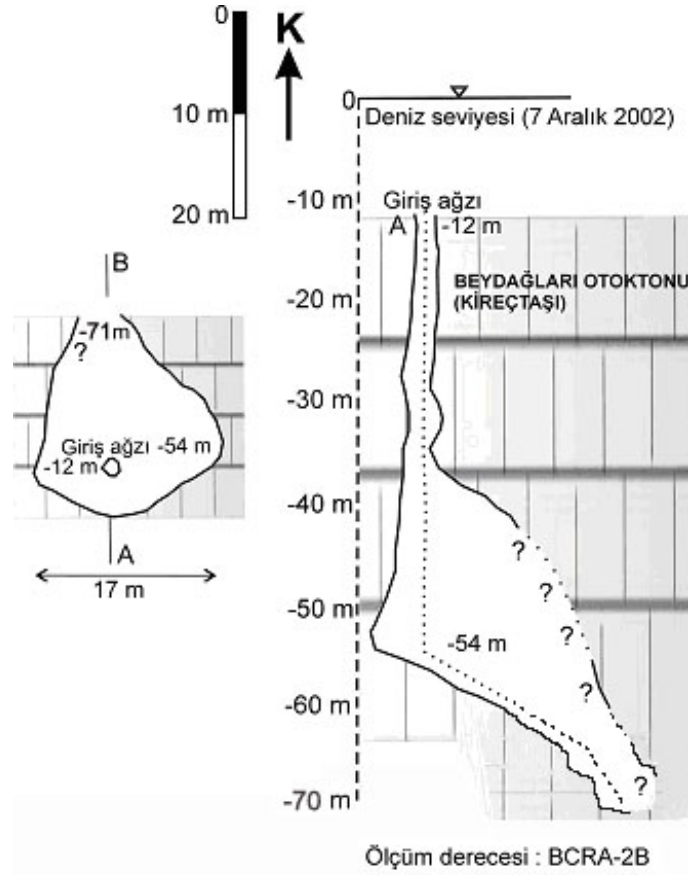
Şekil 4a. Mivini Mağarasında hidrokimyasal özelliklerin derinlikle değişimi ( Ağustos 2003).



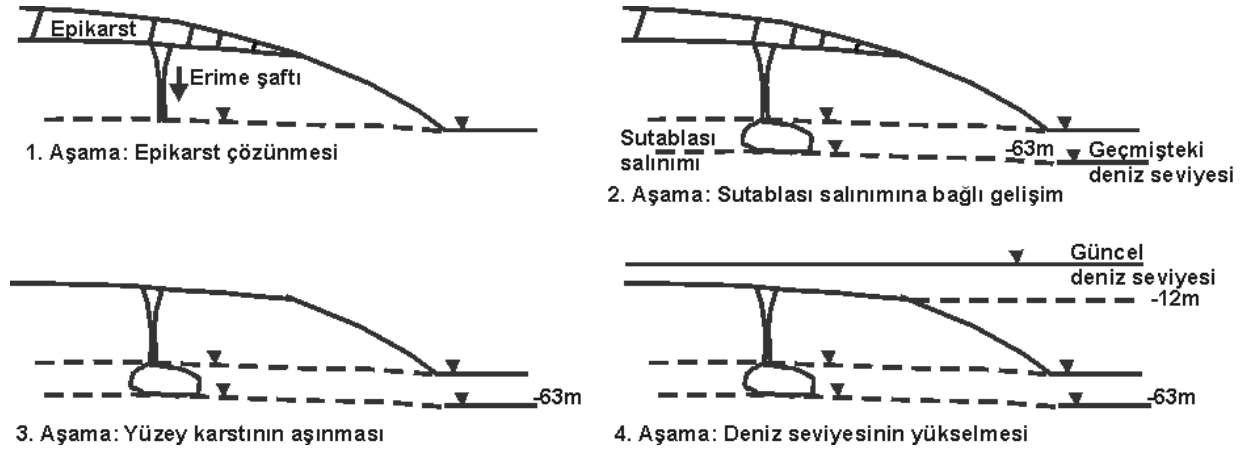
Şekil 4b. Mivini Mağarasında hidrokimyasal özelliklerin derinlikle değişimi (Kasım 2003, oklar dalışın başlangıç ve bitişini göstermektedir).

## 2. Altuğ Mağarası

Altuğ Mağarası, bu çalışmadan önce Aralık 2002'de yerel dalgıçlar tarafından bulunmuştur. Mağaranın kuyu görünümlü sualtı girişi deniz yüzeyinden 11 m derinlikte yer almaktadır. Eylül 2003'de gerçekleştirilen dalışta, mağara girişinden itibaren içe doğru yoğun su çıkışı ve tatlısu-tuzlusu karışımından kaynaklanan haloklin gözlenmiştir. Aynı dönemde gerçekleştirilen bir başka dalışta soğuk su tabakasının 30 m derinliğe kadar indiği anlaşılmıştır. Altuğ Mağarası'nın plan görünümü ve ölçüm yapılan hat boyunca alınmış profili Şekil 5'te gösterilmiştir. Mağara 25 m'lik dikey, baca şekilli bir inişten sonra genişlemektedir. Ulaşılabilen dip derinliği yüzeyden itibaren 63 m olarak belirlenmiştir. Mağara profilinden gelişimin büyük oranda kara ortamında gerçekleştiği, baca kısmının doygun olmayan zonda gelişmiş bir erime şaftı olduğu, alt kesimdeki genişlemenin şaftın su tablasına ulaştığı noktada, su tablasında meydana gelen salınıma bağlı kimyasal çözünme ile meydana geldiği anlaşılmaktadır. Daha sonra yüzey karstının erozyonla silindiği ve giriş ağzının deniz seviyesindeki yükselme ve/veya kara kesiminin tektonik kökenli alçalması ile günümüzdeki denizaltı konumunu almış olduğu düşünülmektedir. Altuğ Mağarasının öngörülen gelişim modeli Şekil 6'da gösterilmiştir.

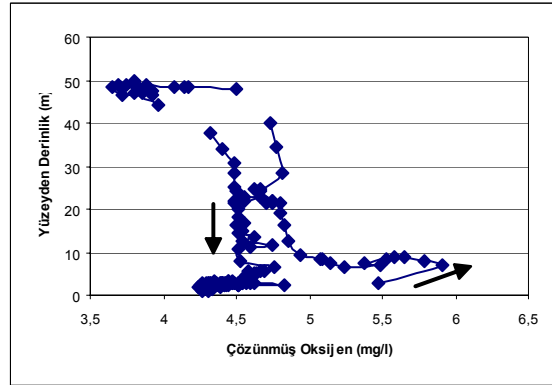
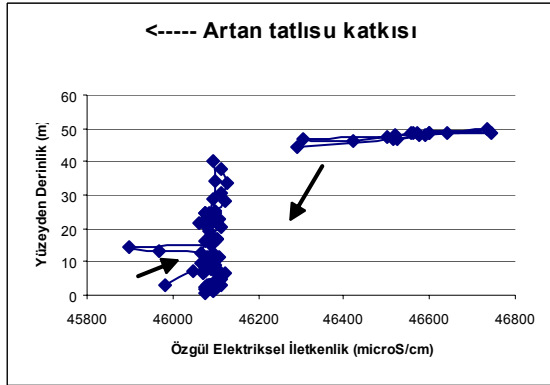
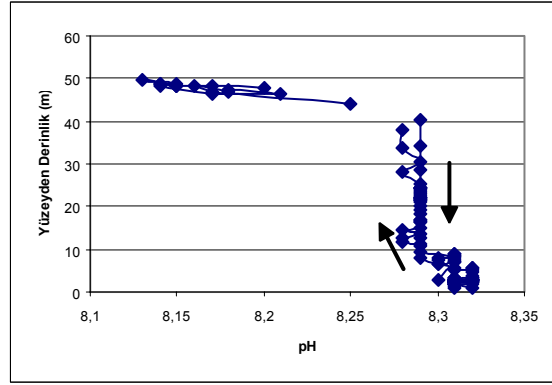
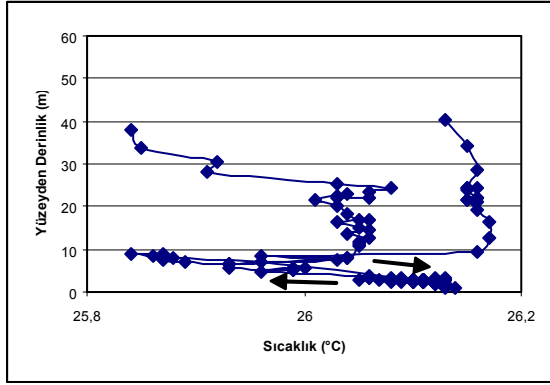


Şekil 5. Altuğ Mağarası, plan görünümü (sağda) ve ölçüm yapılan hat boyunca alınmış profil

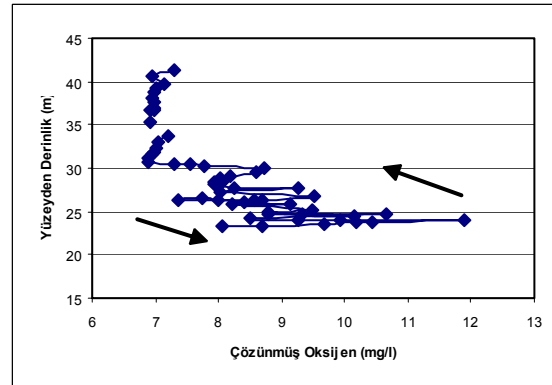
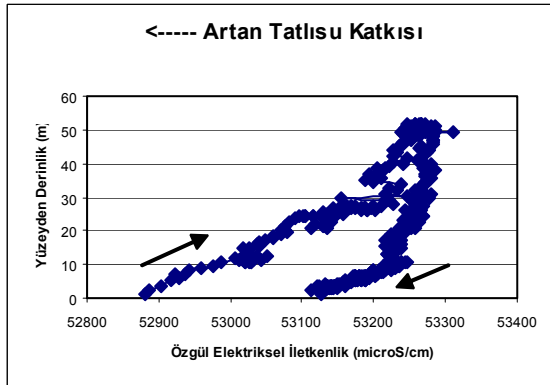
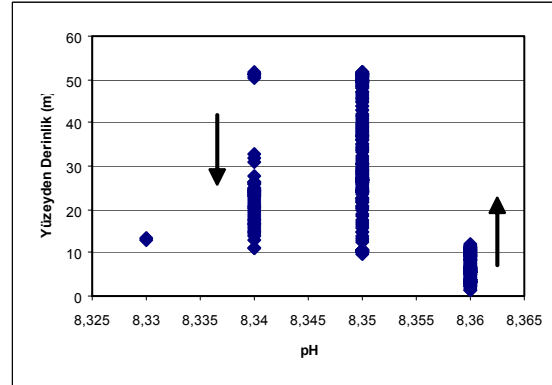
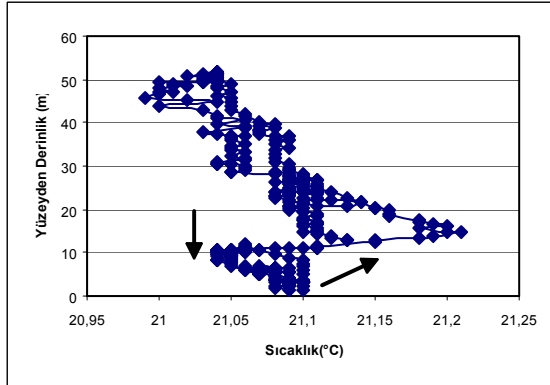


Şekil 6. Altuğ Mağarasının olası gelişim modeli

Mağarada dalışla eşzamanlı olarak yapılan sıcaklık, pH, özgül elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen ölçümleri Eylül ve Kasım 2003 dönemi için Şekil 7a ve 7b'de gösterilmiştir. Eİ ölçümlerinden mağaranın 40 m'nin altındaki bölümünde deniz suyunun baskın olduğu, bu derinlikten yüze doğru ise tatlısu katkısından dolayı seyrelmenin olduğu gözlenmektedir. Ağustos ayında gözlenen Eİ değerlerinin Kasım ayına göre daha düşük düzeyde seyretmesi, bu ayda tatlısu çıkışının daha fazla olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 7a. Altuğ Mağarasında hidrokimyasal özelliklerin derinlikle değişimi (Eylül 2003).



Şekil 7b. Altuğ Mağarasında hidrokimyasal özelliklerin derinlikle değişimi (Kasım 2003).

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Mivini ve Altuğ mağaralarında gerçekleştirilen morfolojik ve hidrokimyasal ölçümler Kaş dolayında gerek karstlaşmaya bağlı kıyı-denizaltı mağaralarının oluşum mekanizmaları ve gerekse mevcut tatlısu boşalım hidrodinamiği açısından önemli bulgular sunmuşlardır. Mivini mağarasının tatlı-tuzlusu arayüzeyinde gelişmiş olması buna karşın, Altuğ mağarasının ilksel gelişiminin karasal koşullar altında gerçekleştirmiş olması, bölgesel karstlaşmanın gelişiminde kısa mesafelerde önemli değişiklikler olabileceğine işaret etmektedir. Diğer yandan, durağan iklimsel ve tektonik koşullar altında tatlı-tuzlusu karışımına bağlı çözünme sonucunda gelişen mağara ağızlarının kıyı çizgisi dolayına yer alması beklenen bir durumdur. Buna karşın, Mivini ve Altuğ gibi mağaralarda girişlerin günümüz deniz seviyesinin altında yer alması, bunların karstik gelişiminin büyük oranda deniz seviyesinin daha düşük olduğu dönemlerde gerçekleştiğine işaret etmektedir. Akdeniz çanağında iklim değişimine bağlı deniz seviyesi alçalmasının büyük oranda Pleyistosen (günümüzden 10 bin- 2 milyon yıl önce) ve Geç Miyosen'de (günümüzden 5 milyon yıl önce) gerçekleştiği bilinmektedir. Pleyistosen süresince gerçekleşen buzul dönemlerinde buzullarda toplanan atmosferik Dünya genelinde deniz seviyesinin alçalmasına neden olmuştur. Diğer yandan, Geç Miyosen'de gerek iklimdeki sıcaklık ve gerekse Cebeli Tarık üzerinden Atlantik Okyanusu'na açılan boğazın kapanmış olması tüm Akdeniz'in kurumasıyla sonuçlanan deniz seviyesi alçalmasına neden olmuştur. Bu veriler ve mağara giriş derinlikleri dikkate alındığında, Mivini ve Altuğ mağaralarının karstik gelişiminin büyük oranda Pleyistosen süresince gerçekleşmiş olması olası görünmektedir.

Öte yandan, mağaralarda gözlenen tatlısu çıkış miktarlarının zamansal değişim göstermesi, karadan kaynaklanan tatlısu katkısının mevsim yağış girdilerinden etkilendiğine işaret etmektedir. Diğer bir deyişle, büyük oranda kış ve ilkbahar aylarındaki yağışla artan tatlısu katkısının yaz sonlarına doğru etkisini kaybetmeye başladığı anlaşılmaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma kapsamındaki çalışmalar, TÜBİTAK tarafından "Türkiye Kıyıları Tatlı su Boşalımlarının Geri Kazanılması: Patara-Tekirova Pilot Projesi (103Y025)", Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı tarafından "Isotopic And Chemical Characterisation of Coastal And Submarine Karstic Groundwater Discharges In Southern Turkey (RC TUR-12570)", Hacettepe Üniversitesi Araştırma Fonu, Sayısal Grafik Ltd. Şti., ATLAS Dergisi ve Finike Belediyesi'ne tarafından maddi olarak ve araştırma altyapısı katkıları ile desteklenmiştir.

Ayrıca, çeşitli katkıları için Ekonatura, Begonvil Dalış Merkezi, Marintek, Kaftanoğlu, Mavi Dünya, Abysmal Diving, Jeodijital Bilişim Teknolojileri, Kıyı Alanları Yönetimi - Türkiye Milli Komitesi, ODTÜ Rektörlüğü, Kare Bilgisayar, Hiperok Tedavi Merkezi, MTA - Karst ve Mağara Araştırma Birimi ve Sony-Ericsson firma ve kurumlarına teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Özcan, M., Baştanlar, Y., Varinlioğlu, G., Hamarat, S., Ülkenli, H., Özyurt, N., Bayarı, S., 2004, Patara-Kekova Tatlı Su Boşalımlarının ve Denizaltı Mağaralarının Araştırılması, Türkiye Kıyıları 04, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları V. Ulusal Konferansı, 4-7 Mayıs 2004 Adana, Bildiriler Kitabı (Editörler: E.Özhan, H. Evliya) Cilt 2, 815-824.
- Özcan, M., 2004, Kalkan-Kekova Sahil ve Denizaltı Karstik Boşalımlarının Hidrojeolojik İncelemesi, Jeoloji (Hidrojeoloji) Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 82 s.
- Varinlioğlu, G., Baştanlar, Y., Ülkenli, H., Hamarat, S. Ve Bayarı, S., 2003, Patara-Tekirova tatlısu boşalımları ve denizel mağaralarının keşif ve envanterlenmesi, SBT 2003 Tebliğler Kitabı.