

**GÖKSU NEHRİ VE LAMAS KANYONU
(MERSİN) ARASINDA KALAN BÖLGENİN
KARST EVRİMİ**

MURAT AKGÖZ

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**MERSİN
ARALIK – 2012**

**GÖKSU NEHRİ VE LAMAS KANYONU
(MERSİN) ARASINDA KALAN BÖLGENİN
KARST EVRİMİ**

MURAT AKGÖZ

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**Danışman
Doç. Dr. Muhsin EREN**

**MERSİN
ARALIK – 2012**

Murat AKGÖZ tarafından Doç. Dr. Muhsin EREN danışmanlığında hazırlanan “Göksu Nehri ve Lamas Kanyonu (Mersin) Arasında Kalan Bölgenin Karst Evrimi” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fevzi ÖNER

İmza


Prof. Dr. Kemal GÜRBÜZ



Prof. Dr. Selahattin KADİR



Doç. Dr. Cüneyt GÜLER



Doç. Dr. Muhsin EREN (Danışman)



Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 15./02./2013 tarih ve 2013.3...../..158..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Prof. Dr. Murat GİZİR
Enstitü Müdürü


Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

GÖKSU NEHRİ VE LAMAS KANYONU (MERSİN) ARASINDA KALAN BÖLGENİN KARST EVRİMİ

Murat AKGÖZ

ÖZ

Doktora tezi olarak hazırlanan çalışma yaklaşık olarak 2300 km²'lik bir alanda gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında yer alan toplam 52 mağara değerlendirilmeye alınmış, bu mağaralardan 44 adedi yeni keşfedilmiş ve ilk olarak bu tez kapsamında plan ve kesitleri hazırlanarak detaylı araştırmaları yapılmıştır.

Araştırması tamamlanan mağaralar ile yüzey karst yapıları birlikte değerlendirilmiş ve bölgede karstlaşmanın, bölgenin yükselmesine karşın Pleistosen'de görülen Akdeniz su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak geliştiği belirlenmiştir. Bu yapılar, oluşturulan sayısal yükseklik modeli ve çizgisellik analizi ile birlikte değerlendirilmiş ve bölgede genç karstlaşmanın gelişiminde, büyük oranda KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı fay ve bu hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizlik düzlemlerinin etkili olduğu saptanmıştır.

Çalışma alanındaki en genç yarılmalardan olan Lamas Kanyonu ile ilgili kavramsal oluşum modeli ve şematik oluşum modeli hazırlanmıştır. Mağaralar ve yüzey karst yapıları, bölgenin morfolojik gelişimi ile birlikte değerlendirilerek, karstlaşmanın bölgede çok dönemli ve çok aşamalı geliştiği belirlenmiştir.

Karstlaşmanın yoğun geliştiği alanlarda, akiferlerin hidrojeokimyasal özellikleri ve kaynak-beslenme havzaları arasındaki ilişkilerin saptanması amacıyla alınan su örneklerinde yapılan kimyasal analizler suların yoğunlukla CaHCO₃ (kalsiyum karbonat) fasiyesinde olduğunu göstermiştir. Analizler sonucunda sularda bulunan anyon ve katyonların kökenleri ile antropojenik kirlenmeye maruz kalan kaynaklar ve kirlenme nedenleri açıklanmıştır.

Suların izotopik içerikleri değerlendirilmiş ve kaynakların aynı yağışlardan beslendiği ve yağışların yeraltına süzülme esnasında izotopik süreçlerden etkilenmediği belirlenmiştir. Çalışma alanındaki kaynakların beslenme yükseklikleri ve kaynakların karbonatlı kayaçlarla temas süreleri belirlenmiştir.

Mağaralardan alınan dicitlerin gelişim eksenleri belirlenerek, dönemsel gelişim farklılıkları belirlenmiş ve mağaraların bulunduğu alanların paleoortam yorumu yapılmıştır. Dicitlerin gelişimlerindeki kesintiler ve U/Th yaşlandırma verilerine bağlı olarak mağaraların bulunduğu alanlardaki paleosismik veriler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mağara, Dolin, Su Kimyası, İzotop Analizleri, Paleosismoloji, Paleoiklim.

Danışman: Doç. Dr. Muhsin EREN, Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı

THE EVOLUTION OF THE KARST IN THE REGION BETWEEN GÖKSU RIVER AND LAMAS CANYON (MERSİN)

Murat AKGÖZ

ABSTRACT

This study prepared as a doctoral thesis was carried out in an area of approximately 2300 km². A total of 52 caves have been evaluated in the study area, 44 new pieces of these caves were discovered and the first time in the thesis, their detailed plans and sections were prepared.

Investigated caves and surface karstic features were evaluated together, and karstification in the region is due to changes in sea level in the Mediterranean Sea during Pleistocene time in spite of regional uplift. These structures and lineament analysis of digital elevation model generated in the region were evaluated together and young karstification in region was found to be controlled mostly by NE left-lateral strike-slip faults extending at SW direction and NW-SE trending lineaments.

Conceptual occurrence and schematic development models related with Lamas Canyon, which is the youngest cleavage in the region, have been prepared. The caves and surface karstic structures were evaluated together with morphological development of the region. Karstification in the region was determined to have developed in multi stage and multi period in time.

Chemical analyzes of water samples at intensive karstification areas have showed that the waters have intense CaHCO₃ facies, taken to determine the relation between hydrogeochemical characteristic of the aquifers and resource and feeding basins. As a result of the analysis; anion and cation origins in water by and springs exposed to anthropogenic pollution and causes of pollution have been determined.

Isotopic content of water resources was evaluated and showed that springs were fed by the same rainfall and rainfall during the isotopic processes was not influenced by underground leaching. In the field of study catchment heights and contact time of these springs with carbonate rocks were described.

Developments of stalagmites axis taken from the caves and periodic development differences in the stalagmites were determined additionally the cave areas were interpreted paleoenvironmentally.

Key Words: Cave, Sinkhole, Water chemistry, Isotopic analysis, Paleoseismology, Paleoclimate.

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Muhsin EREN, Department of Geological Engineering, University of Mersin.

TEŞEKKÜR

Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında Doktora Tezi olarak hazırlanan bu çalışma Doç. Dr. Muhsin EREN danışmanlığında yürütülmüştür. Doktora Tezimin hazırlanması esnasında olumlu eleştirileri ve değerli önerileri ile beni yönlendiren saygıdeğer hocam Doç. Dr. Muhsin EREN'e,

Tez çalışması boyunca olumlu eleştirileri ve değerli önerileri ile destek veren sayın Prof. Dr. Kemal GÜRBÜZ'e, sayın Prof. Dr. Selahattin KADİR'e, sayın Prof. Dr. Fevzi ÖNER'e, hidrojeoloji çalışmalarımda değerli bilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen sayın Doç. Dr. Cüneyt GÜLER'e, su kimyası ve ağır metal içerik analizlerini yapan Arş. Gör. Can AKBULUT'a ve Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi (MEİTAM) laboratuvar sorumlularından Dr. Mehmet Ali KURT'a, çalışma alanının sayısal yükseklik modelini ve çizgisellik analizini yapan Jeoloji Yük. Mühendisi Özgür KALELİOĞLU'na, dikit örneklerinin U/Th yaş tayinlerini yapan National Taiwan University öğretim üyelerinden Prof. Dr. Chuan-Chou (River) SHEN'e, su izotop sonuçlarının değerlendirilmesinde bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Dr. Noyan GÜNER'e,

Ayrıca mağaracılığı sevdiğim, bu konudaki engin bilgilerini paylaşan ve mağaralar ve mağaracılık ile ilgili beni yetiştiren saygıdeğer hocam Yrd. Doç. Dr. Lütfi NAZİK'e, çalışma alanında bulunan mağaraların araştırılmasında yardımlarını esirgemeyen MTA Karst ve Mağara Araştırma Birimi çalışanlarına, özellikle mağaralardan dikit örneklerinin alınması esnasında büyük yardımları olan İsmail KAHRAMAN ve Mehmet KESKİN'e, doktora tez çalışmamı Proje no: BAP-FBE JM (MA) 2011-5 DR olarak maddi açıdan destekleyen Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu'na,

Ve tez çalışmam esnasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve sevgili eşim Nazlı AKGÖZ'e çok teşekkür ederim.

Murat AKGÖZ

İÇİNDEKİLER

ÖZ	İ
ABSTRACT	İİ
TEŞEKKÜR	İİİ
İÇİNDEKİLER	İV
ÇİZELGELER DİZİNİ	Vİİİ
ŞEKİLLER DİZİNİ	İX
EKLER DİZİNİ	XVII
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. KARST VE MAĞARA ARAŞTIRMALARI	4
2.1.1. Mağara Bilimi (Speleoloji).....	4
2.1.1.1.Mağaralarda paleosismoloji ve paleoiklim araştırmaları	5
2.2. PALEOSİSMOLOJİ VE PALEOİKLİM ARAŞTIRMALARI İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
2.3. BÖLGE JEOLJİSİ İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	8
3. MATERYAL VE METOT	10
3.1. MATERYAL	10
3.2. METOT	11
3.2.1. Saha Öncesi Çalışmalar	12
3.2.2. Saha Çalışmaları.....	12
3.2.3. Laboratuar Çalışmaları	12
3.2.4. Büro Çalışmaları ve Tez Yazımı	13
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	14
4.1. BÖLGESEL JEOLJİ	14
4.1.1. Çaltepe Formasyonu (ayEç; Orta-Üst Kambriyen)	14

4.1.2. Seydişehir Formasyonu (ayEOs; Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen)	15
4.1.3. Gümüşali Formasyonu (Dg; Üst Devoniyen).....	15
4.1.4. Belededik Formasyonu (Cb; Karbonifer).....	15
4.1.5. Yellice Formasyonu (Py; Üst Permiyen)	16
4.1.6. Karagedik Formasyonu (Trk; Triyas)	17
4.1.7. Çamlık Formasyonu (Jkç; Jura-Kretase).....	17
4.1.8. Pozantı-Karsantı Ofiyolit Napı (Kpko; Üst Kretase)	18
4.1.9. Gildirli Formasyonu (Tgi; Oligosen-Alt Miyosen)	18
4.1.10. Kaplankaya Formasyonu (Tmkp; Alt – Orta Miyosen)	19
4.1.11. Karaisalı Formasyonu (Tmk; Alt – Orta Miyosen)	20
4.1.12. Yamaç Molozu (Qym)	20
4.1.13. Alüvyon (Qal)	21
4.2. BÖLGENİN KARSTİK ÖZELLİKLERİ	21
4.2.1. Yüzey Karstı.....	21
4.2.2. Mağaralar	39
4.2.2.1.Aşağıdünya obruğu	42
4.2.2.2.Celebobruğu	45
4.2.2.3.Ceल्ली I Mağarası	48
4.2.2.4.Ceल्ली II Mağarası	50
4.2.2.5.Cibikli Obruk	52
4.2.2.6.Civitliboğaz Obruğu.....	55
4.2.2.7.Çocuklu Mağarası	57
4.2.2.8.Dingil Mağarası.....	60
4.2.2.9.Ekizin Düdeni.....	62
4.2.2.10.Göyükdelik Mağarası	64
4.2.2.11.Göztaş Mağarası.....	68
4.2.2.12.Güvercinlik Mağarası.....	72
4.2.2.13.Hacıali Çukuru	75
4.2.2.14.Hankale Mağarası	80
4.2.2.15.Hasanaliler Mağarası.....	84
4.2.2.16.Hüseyinler Dipsizi.....	88
4.2.2.17.Kale Mağarası	90
4.2.2.18.Karahmetler Dipsizi	92
4.2.2.19.Karadağ Obruğu	93
4.2.2.20.Karaobruk.....	99
4.2.2.21.Karyağdı Mağarası	103
4.2.2.22.Kayaiçi Obruğu	105
4.2.2.23.Kepez Dipsizi	107
4.2.2.24.Küpelі Mağarası	112
4.2.2.25.Medifon Mağarası	118

4.2.2.26.Obruklu Mağarası	120
4.2.2.27.Örmedelik Mağarası.....	123
4.2.2.28.Ovacıkalanı Düdeni.....	125
4.2.2.29.Sakarlık Düdeni	127
4.2.2.30.Sancıöreni Düdeni	133
4.2.2.31.Sayvan Mağarası	135
4.2.2.32.Dönebağ Dipsizi.....	141
4.2.2.33.Seydilli Mağarası	144
4.2.2.34.Sumaklı Düdeni.....	147
4.2.2.35.Sumaklı II Mağarası	150
4.2.2.36.Uyuzini I Mağarası.....	152
4.2.2.37.Uyuzini II Mağarası	156
4.2.2.38.Uyuzini III Mağarası	158
4.2.2.39.Yağobruk.....	160
4.2.2.40.Yarımcaören Mağarası	163
4.2.2.41.Tübükciini Mağarası	167
4.2.2.42.Yoldibi Mağarası.....	170
4.2.2.43.Zindan Mağarası	173
4.2.2.44.Zindan Dipsizi	175
4.2.2.45.Karain Mağarası	178
4.2.2.46.Karain II Mağarası	180
4.2.2.47.Sarıbeyin Alanı Düdeni.....	181
4.2.2.48.Kızılyar Düdeni	184
4.2.2.49.Kepez Mağarası.....	185
4.2.2.50.Kovaini (Kırpili) Mağarası.....	192
4.2.2.51.Cennet ve Cehennem Obrukları	196
4.2.2.52.Astım/Dilek Mağarası	197
4.2.3. Paleosismoloji ve Paleoiklim Verileri.....	201
4.2.3.1.Değerlendirme.....	204
4.2.4. Karstlaşmayı Denetleyen Parametreler	222
4.2.4.1.Jeolojik Faktörler	222
4.2.4.2.Jeomorfolojik Faktörler.....	226
4.2.4.3.Hidroloji	227
4.2.4.4.Hidrojeoloji	229
4.2.4.5.Su Kimyası	242
4.2.4.6.İzotop Analizleri.....	254
5. ÇALIŞMA ALANININ KARST GELİŞİM SÜRECİ.....	264
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	270
6.1. SONUÇLAR	270

6.2. ÖNERİLER.....	275
KAYNAKLAR	277
EKLER.....	283
ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ.....	284

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4. 1. Waltham ve Fookes (2003) karst sınıflaması.....	25
Çizelge 4. 2. U ve Th izotopik kompozisyonları ve ^{230}Th yaş değerleri*	203
Çizelge 4. 3. Mersin İli'ne ait uzun yıllar içerisinde gerçekleşen ortalama yağış ve sıcaklık değerleri (1970-2011) kullanılarak Thornthwaite yöntemine göre hesaplanmış su bütçesi.....	228
Çizelge 4. 4. Çalışma alanından alınan su numunelerinin kimyasal bileşimleri	243
Çizelge 4. 5. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik – Kimyasal Parametreler	247
Çizelge 4. 6. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik – Gösterge Parametreleri	248
Çizelge 4. 7. Çalışma alanından alınan su numunelerinin seçilmiş anyon, katyon ve ağır metal analiz sonuçları	249
Çizelge 4. 8. Çalışma alanından alınan su numunelerinin ağır metal analiz sonuçları	250
Çizelge 4. 9. İnceleme alanından alınan suların mineral doyumluk değerlerine bağlı olarak üretilen tematik dağılım haritaları.....	253
Çizelge 4. 10. Çalışma alanından alınan su numunelerine ait oksijen-18 ve döteryum değerleri	256
Çizelge 4. 11. Çalışma alanına ait numunelerin döteryum fazlalıkları	258
Çizelge 4. 12. Çalışma alanına ait kaynaklardan alınan su örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop içeriklerinden belirlenen ortalama beslenme yükseklikleri	262

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Çalışma alanının yer bulduru görüntüsü	2
Şekil 4. 1. Erdemli – Silifke (Mersin) bölgesinin tektono-stratigrafik dikme kesiti	16
Şekil 4. 2. Çalışma alanında Jura-Kretase yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan birim içerisinde görülen karstik yüzey şekilleri a) kamenitza ve b) rillen karen.....	22
Şekil 4. 3. Çalışma alanı KB-GD kesiti yükseklik profili ve dolin yoğunluğu.....	23
Şekil 4. 4. Dolin tipleri.....	24
Şekil 4. 5. Çalışma alanında sık görülen çökme tipi dolin örnekleri a) Aşağıdünya Obruğu, b) Küpeli Mağarası	26
Şekil 4. 6. Çalışma alanında nadir olarak görülen, tabanı toprak örtü ile kaplanmış çökme tipi dolin.	27
Şekil 4. 7. Çalışma alanında sık görülen bir diğer dolin türü olan çözünme dolinleri a) çalışma alanının yüksek kotlarında sıkça görülen çözünme tipi bir dolin, b) çalışma alanında kıyı şeridinde yaklaşıldıkça ender görülen çözünme tipi dolinlere bir diğer örnek; Kovanlı Çukuru.	28
Şekil 4. 8. a) Çalışma alanının yüksek kotlarında yaylacılık faaliyetleri için kullanılan çözünme tipi bir dolin, b) Çalışma alanı içerisinde bulunan Kocaoluk mevkiinde tarım alanı olarak kullanılan çözünme tipi bir dolin.	28
Şekil 4. 9. Yeraltı su seviyesi değişimlerine bağlı şematik dolin gelişim mekanizmaları.....	29
Şekil 4. 10. a) Çalışma alanının yüksek kotlarında görülen, doğal süreçlere bağlı olarak toprak örtü ile örtülmüş dolin b) Çalışma alanında insanlar tarafından çeşitli gerekçelerle bilinçli olarak örtülmüş (kapatılmış) dolin örneği.	31
Şekil 4. 11. Çalışma alanında dolin başlangıç evresi işareti olarak kabul edilebilecek çok sayıda dairesel yapı bulunmaktadır.....	33
Şekil 4. 12. Çalışma alanında, özellikle yüksek kotlarda sık görülen aşınım yüzeyi örneği.	35
Şekil 4. 13. Mağara kanyonların şematik gelişim modeli. a) Akarsu, düden vasıtasıyla yeraltına inerek akışını yeraltında sürdürür, b) akarsu taşıdığı materyalleri düden önünde biriktirir, karbondioksitçe zengin asidik özellikteki su yeraltı deresini zamanla mağara galerisine dönüştürür, c) oluşan mağaranın içerisinde geliştiği eriyebilir kayacın kırık ve çatlaklarından süzülen asidik özellikli sular kırık ve çatlakları çözündürerek genişletir. Genişleyen kırık ve çatlaklar alttaki mağara ile birleşir, d) genişlemeye devam eden mağaranın tavanının kendi ağırlığını taşıyamarak çökmesi sonucu kenarları dik, dar ve derin kanyon gelişir.	36
Şekil 4. 14. Lamas kanyonunda bulunan yan kollardan biri ve bu kolun ön tarafında, tavanın çökmesi sonucu düşen bloklardan günümüze kalanlar.	37
Şekil 4. 15. Lamas kanyonunun her iki yakasında görülen ve birbirinin eşleniği olan yan kol ve odalar.....	38
Şekil 4. 16. Lamas kanyonunun yan duvar ve ceplerinde görülen deforme olmuş damlataş oluşumları.	38
Şekil 4. 17. Çalışma alanının kuzey sınırını oluşturan Sason Kanyonunun başlangıç noktası. Karstlaşmanın hızlanma ve derinleşme sürecine girmesine bağlı olarak askıda kalmış, fosil mağara girişleri.	39

Şekil 4. 18. Tez kapsamında araştırması tamamlanan mağaraların oluşturulan DEM görüntüsü ve çizgisellikler üzerindeki konumları ve mağara listesi.....	41
Şekil 4. 19. Aşağıdünya Obruğu'nun yer bulduru görüntüsü	42
Şekil 4. 20. Aşağıdünya Obruğu'nun genel görünümü.....	43
Şekil 4. 21. a) Prehistorik öneme sahip olan obruğun çevresinde yer alan yerleşim kalıntıları b) Aşağıdünya Obruğu'nun KB duvarında görülen antropojenik izler.	43
Şekil 4. 22. Aşağıdünya Obruğu plan ve kesiti.....	44
Şekil 4. 23. Celebobruğu'nun yer bulduru görüntüsü	45
Şekil 4. 24. a) Celebobruğu'nun tabanına doğru görülmeye başlayan damlataş oluşumları, b) İrili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı olan obruk tabanı.	46
Şekil 4. 25. Celebobruğu plan ve kesitleri	47
Şekil 4. 26. Celelli I Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.....	48
Şekil 4. 27. Celelli I Mağarası plan ve kesiti	49
Şekil 4. 28. Celelli II Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü	50
Şekil 4. 29. Celelli II Mağarası plan ve kesiti	51
Şekil 4. 30. Cibikli Obruğu'nun yer bulduru görüntüsü.	52
Şekil 4. 31. Cibikli Obruk tabanı, yöre halkı tarafından atılmış çeşitli atıklarla kaplanmış durumdadır.	53
Şekil 4. 32. Cibikli Obruk plan ve kesiti.....	54
Şekil 4. 33. Civitliboğaz Obruğu'nun yer bulduru görüntüsü.....	55
Şekil 4. 34. Civitliboğaz Obruğu plan ve kesiti	56
Şekil 4. 35. Çocuklu Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.	57
Şekil 4. 36. a) Çocuklu Mağarası'nın, karstlaşmanın hızlı gelişmesi ve derinleşmesine bağlı olarak damlataş oluşumları açısından fakir yan duvarları, b) Akmataşlar üzerinde gelişen ikincil popcorn yapıları.	58
Şekil 4. 37. Çocuklu Mağarası plan ve kesitleri	59
Şekil 4. 38. Dingil Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü	60
Şekil 4. 39. Dingil Mağarası'nın plan ve kesitleri.	61
Şekil 4. 40. Ekizin Düdeni'nin yer bulduru görüntüsü	62
Şekil 4. 41. Ekizin Düdeni plan ve kesiti.	63
Şekil 4. 42. Göyükdelik Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.	64
Şekil 4. 43. a) Göyükdelik Mağarası'nın yaklaşık 1 x 1 m genişliğe sahip, baca şeklinde açılmış girişi, b) Birçok antropojenik deformasyonun görüldüğü ana galeri, c ve d) Yüzey ile mağara tavanı arasındaki et kalınlığının çok az olduğu ana galeri tavanında görülen yüzey bitki örtüsüne ait kökler.	65
Şekil 4. 44. a) Yerleşim birimine oldukça yakın olan Göyükdelik Mağarası içerisine atılmış çeşitli atıklar, b) Mağara ve çevresi için oldukça önem arz eden yarası kolonisinin bir üyesi.....	66
Şekil 4. 45. Göyükdelik Mağarası plan ve kesiti.	67
Şekil 4. 46. Göztaşı Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü	68
Şekil 4. 47. a) Göztaşı Mağarası'nın duvar damlataş oluşumlarının görüldüğü 35 m'lik inişi, b) İrili ufaklı köşeli kaya parçalarıyla kaplı mağara tabanı.....	69
Şekil 4. 48. Göztaşı Mağarası'nda, ana kayanın taban üzerindeki şemsiye etkisi.	70
Şekil 4. 49. a) Göztaşı Mağarası'nın damlataş oluşumları açısından zengin odasında görülen duvar damlataşları b) Deforme olmaya başlamış popcorn yapıları.	70
Şekil 4. 50. Göztaşı Mağarası plan ve kesiti.	71
Şekil 4. 51. Güvercinlik Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.....	72

Şekil 4. 52. Akdeniz su seviyesindeki düşüme bağlı olarak gelişmiş olan Güvercinlik Mağarası, su seviyesinin tekrar yükselmesi sonucu deniz suyuyla dolmuştur. a) Girişin hemen üstündeki doğal pencere, b) Güvercinlik Mağarası'nın doğusunda, su seviyesinden 1,5 m yukarıda bulunan 1 x 1 m boyutlarındaki küçük oda.	73
Şekil 4. 53. Güvercinlik Mağarası plan ve kesiti.	74
Şekil 4. 54. Hacıali Çukuru'nun yer bulduru görüntüsü.	75
Şekil 4. 55. a) Hacıali Çukuru'nun girişinden 5 m aşağıda bulunan basamak b) Damlataş oluşumlarının görülmediği 25 m'lik dik iniş.	76
Şekil 4. 56. a) Hacıali Çukuru'nun tabanını kaplayan irili ufaklı kaya parçaları, b) Çamurla kaplı ilk basamak tabanı, c) İkinci basamağa ulaşımı sağlayan ve ana kaya tarafından ikiye ayrılmış geçit, d) Kille kaplı ikinci basamak tabanı.	77
Şekil 4. 57. Mağaranın son bölümünde görülen tavandan kopma yüzeyleri ve bu yüzey üzerinde gelişen ikincil sarkıt oluşumları.	78
Şekil 4. 58. Hacıali Çukuru plan ve kesiti.	79
Şekil 4. 59. Hankale Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.	80
Şekil 4. 60.a) Hankale Mağarası'nın, sel sularınca mağara içerisine taşınan, organik malzemece zengin toprakla kaplı ilk salon tabanı, b) Çok sayıda akrebin görüldüğü ilk salon duvarı, c) Damlataş oluşumları açısından oldukça zengin olan ikinci salon, d) İkinci salonda bulunan yoğun damlataş oluşumlarının taban kısımlarında görülen popcorn yapıları.	81
Şekil 4. 61. a) Hankale Mağarası'nın ikinci salonun tavanında görülen kopma izleri, b) Traşlı tavan yüzeyi.	82
Şekil 4. 62. Hankale Mağarası plan ve kesitleri.	83
Şekil 4. 63. Hasanaliler Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.	84
Şekil 4. 64. a) Hasanaliler Mağarası'nın oldukça dar olan girişi, b) Girişten 7,5 m aşağıdaki ilk basamak.	85
Şekil 4. 65. a) Hasanaliler Mağarası'nın tabanına yakın yan duvarlarda görülen ve nispeten korunmuş popcorn yapıları b) Tabanı kaplayan nemli toprak üzerinde gelişmiş mağara fungusleri (beyaz lekeler) ve akrep.	86
Şekil 4. 66. Hasanaliler Mağarası plan ve kesiti.	87
Şekil 4. 67. Hüseyinler Dipsizi'nin yer bulduru görüntüsü.	88
Şekil 4. 68. Hüseyinler Dipsizi plan ve kesiti.	89
Şekil 4. 69. Kale Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.	90
Şekil 4. 70. Kale Mağarası plan ve kesiti.	91
Şekil 4. 71. Karaahmetler Dipsizi'nin yer bulduru görüntüsü.	92
Şekil 4. 72. Karaahmetler Dipsizi plan ve kesiti.	93
Şekil 4. 73. Karadağ Obruğu'nun yer bulduru görüntüsü.	94
Şekil 4. 74.a) Karadağ Obruğu'nun, oldukça geniş bir ağza sahip olmasına bağlı olarak hava sirkülasyonu ve hızla derinleşen karstlaşma sonucu damlataş oluşumunun görülmediği yan duvarları, b) Mağaranın ilk tabanını kaplayan irili ufaklı kaya parçaları ve organik materyaller.	96
Şekil 4. 75. İrili ufaklı kaya parçaları ile kaplı ilk taban ile damlataş oluşumu açısından zengin salona ulaşımı sağlayan geçit.	97
Şekil 4. 76.a) Karadağ Obruğu'nun son bölümlerini oluşturan damlataş oluşumları açısından zengin salonlar arasındaki geçişi sağlayan, yaklaşık 2 m yükseklikteki eşik b) Obruğun son salonunda deforme olmadan korunmuş olarak bulunan damlataş oluşumları.	97

Şekil 4. 77. Karadağ Obruğu plan ve kesitleri.	98
Şekil 4. 78. Karaobruğun yer bulduru görüntüsü.....	99
Şekil 4. 79. a) Damlataş oluşumlarının görülmediği Karadağ Obruğu duvarları b) Yöre halkı tarafından çöp alanı olarak kullanılan obruğun tabanı.....	100
Şekil 4. 80. Karadağ Obruğu'nun duvarlarından süzülen suların etkisi azaldıkça, girişe yakın kesimlerde siyah-koyu kahverengi olan obruk duvarlarının rengi tabana doğru açık kahverengiye dönmektedir.	101
Şekil 4. 81. Karaobruk plan ve kesiti.	102
Şekil 4. 82. Karyağdı Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.....	103
Şekil 4. 83. Karyağdı Mağarası planı.....	104
Şekil 4. 84. Kayaiçi Obruğu'nun yer bulduru görüntüsü.	105
Şekil 4. 85. Kayaiçi Obruğu plan ve kesiti.....	106
Şekil 4. 86. Kepez Dipsizi'nin yer bulduru görüntüsü.....	107
Şekil 4. 87. a) Kepez Dipsizi'nin oldukça dar olan girişi, b) Karstlaşmanın derinleşmesi ve hızlı gelişmesine bağlı olarak damlataş oluşumlarının görülmediği -94 m'lik iniş başlangıcı.	108
Şekil 4. 88a) Kepez Dipsizi'nin tabanı kille kaplı olan ve KKD-GGB yönünde uzanan dar kolu, b) Tabanda bulunan yaklaşık 5 m derinliğindeki dar ağız..	109
Şekil 4. 89. Kepez Dipsizi'nin son bölümünde yan duvarlarda görülen yaklaşık 4 m yüksekliğe ulaşan kil ve çamur sıvanımları ve tavanda görülen sarkıtlardaki kırılma ve kopmalar.	110
Şekil 4. 90. Kepez Dipsizi plan ve kesiti.	111
Şekil 4. 91. Küpeli Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.....	112
Şekil 4. 92.a) Küpeli Mağarası'nın tavanın çökmesi sonucu ortaya çıkan girişi ve çöken blok ve molozların mağara tabanında oluşturduğu tepe, b) Blok ve molozlar üzerinde görülen yosunlaşma, c) İlk salon tabanındaki mevcut damlataş oluşumlarını örten nemli toprak, d) Tabanın gün ışığından etkilenmeyen kesimlerinde görülen damlataş oluşumları.....	113
Şekil 4. 93.a) Küpeli Mağarası'nda gün ışığından doğrudan etkilenen salon duvarlarında görülen damlataş oluşumlarındaki günlenme etkileri, b) Damlataş oluşumları açısından zengin olan ikinci salon.	114
Şekil 4. 94.a) Küpeli Mağarası'nın ikinci salonunun orta kesiminde görülen çökmüş büyük boyutlu bloklar ve üzerinde gelişen ikincil damlataş oluşumları, b) İkinci salon duvarlarında görülen oturma ve çökme izleri ve bu noktalarda gelişen ikincil oluşumlar.	115
Şekil 4. 95.a) Küpeli Mağarası'nın ikinci salon tabanını kaplayan kalın kil tabakası, b) İkinci salonda kilce zengin çamurla sıvanmış damlataş oluşumları, c) İkinci salonda bulunan sifonlardan biri, d) İkinci salon duvarlarında görülen kilce zengin çamurla sıvanmış damlataş oluşumları.	116
Şekil 4. 96. Küpeli Mağarası plan ve kesiti.	117
Şekil 4. 97. Medifon Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.....	118
Şekil 4. 98. Medifon Mağarası plan ve kesiti.....	119
Şekil 4. 99. Obruklu'nun yer bulduru görüntüsü	120
Şekil 4. 100. Çok dönemli ve çok katlı bir gelişim gösteren Obruklu Mağarası'nın askıda kalmış katları.	121
Şekil 4. 101. Mağaranın üçüncü tabanını oluşturan düden girişi ve askıda kalan kat.	121
Şekil 4. 102. Obruklu Mağarası plan ve kesiti.	122

Şekil 4. 103. Örmedelik Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.....	123
Şekil 4. 104. Örmedelik Mağarası plan ve kesiti.	124
Şekil 4. 105. Ovacıkalanı Düdeni'nin yer bulduru görüntüsü.	125
Şekil 4. 106. Ovacıkalanı Düdeni plan ve kesiti.	126
Şekil 4. 107. Sakarlak Düdeni'nin yer bulduru görüntüsü.....	127
Şekil 4. 108.a) Sakarlak Düdeni girişi b) Damlataş oluşumlarının görülmediği -52 m'lik iniş.	128
Şekil 4. 109.a) Sakarlak Düdeni'nin tabanını kaplayan kalın çamur tabakası, b) Sel suları tarafından düden içerisine taşınan mutfak tüpü.	129
Şekil 4. 110.a) Sakarlak Düdeni'nin ana galerisi ile askıda kalan kolunun birleşme noktasında görülen yaklaşık 1 m boyundaki devrilmiş dikit, b) Birleşme noktasında görülen ilksel konumunu kaybetmiş sütun ve dikitler.....	130
Şekil 4. 111. a ve b) Sakarlak Düdeni ana galerisinde, çökmüş büyük boyutlu bloklar üzerinde gelişmiş ikincil damlataş oluşumları, c) Damlataş oluşumu açısından mağaranın en zengin bölümü olan askıda kalmış kol, d) Askıda kalan kolun sonu.....	131
Şekil 4. 112. Sakarlak Düdeni plan ve kesitleri.	132
Şekil 4. 113. Sancıöreni Düdeni'nin yer bulduru görüntüsü.....	133
Şekil 4. 114. Sancıöreni Düdeni plan ve kesiti.	134
Şekil 4. 115. Sayvan Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.....	135
Şekil 4. 116. a) Sayvan Mağarası'nın ilk basamağını ikinci basamağa bağlayan dar geçit, b) Damlataş oluşumları açısından oldukça fakir olan geçit yan duvarları.	136
Şekil 4. 117.a) İkinci basamakta görülen sarkıtların uç kısımlarındaki kopmalar, b) ikinci basamak yan duvarlarında görülen popcorn yapıları.....	137
Şekil 4. 118.a) Sayvan Mağarası'nın irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı ikinci basamak tabanı, b) İnce bir kil tabakasıyla kaplı olan mağaranın son bölümü, c) Uç kısımlarında kopma ve kırılmaların olduğu sarkıtlar üzerinde, kopma ve kırılma yüzeylerinde gelişen yeni sarkıtlar, d) Sütunun kırılma yüzeyinden itibaren gelişmeye başlayan yeni çökelim.	138
Şekil 4. 119. Sayvan Mağarası plan ve kesiti.....	140
Şekil 4. 120. Dönebağ Dipsizi'nin yer bulduru görüntüsü	141
Şekil 4. 121.a) Dönebağ Dipsizi'nin, damlataş oluşumunun görülmediği 24,5 m'lik inişi, b) İrili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı olan taban.	142
Şekil 4. 122. Dönebağ Dipsizi plan ve kesiti.	143
Şekil 4. 123. Seydilli Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü	144
Şekil 4. 124.a) Seydilli Mağarası'nın askıda kalan ana galerisinin batı ucundaki çökme ve oturmalar, b) İrili ufaklı kaya parçaları tarafından tıkanmış olan üst kat ile alt kat arasında bulunan bağlantı ve popcorn yapıları.	145
Şekil 4. 125. Seydilli Mağarası plan ve kesitleri.....	146
Şekil 4. 126. Sumaklı Düdeni'nin yer bulduru görüntüsü.	147
Şekil 4. 127.a) Derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşmaya bağlı olarak baca (şaft) şeklinde gelişen Sumaklı Düdeni duvarlarında damlataş oluşumları görülmemektedir, b) Giriş ve giriş duvarları arasındaki kaya boşluklarında çok sayıda iri akrep görülmektedir, c) İlk basamağı tabana bağlayan dar geçit, d) Duvarlarda çamur sıvanımlarının görüldüğü mağara tabanı.	148
Şekil 4. 128. Sumaklı Düdeni plan ve kesiti.	149
Şekil 4. 129. Sumaklı II Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.....	150

Şekil 4. 130. Sumaklı II Mağarası plan ve kesiti.	151
Şekil 4. 131. Uyuzini I, II ve III Mağaraları'nın yer bulduru görüntüsü	152
Şekil 4. 132.a) Uyuzini I Mağarası'nın yüzeye ve girişe yakın kesimlerde görülen yosunlaşma ve tabanı kaplayan kalın toprak örtü, b) Tabanı kaplayan taşınan malzeme yan kol geçişlerini daraltmıştır.	153
Şekil 4. 133.a) Tabanı kaplayan malzemeler, Uyuzini I Mağarası tabanının yükselmesine neden olmakla birlikte mağarada deformasyonlara neden olmuştur, b) Nadir olarak görülen damlataş oluşumları deformasyona uğramış ve özelliklerini yitirmiştir.	154
Şekil 4. 134. Uyuzini I Mağarası plan ve kesitleri.	155
Şekil 4. 135.a ve b) İnsanlar tarafından çeşitli amaçlarla kullanılan Uyuzini II Mağarası'nda görülen antropojenik etkiler.	156
Şekil 4. 136. Uyuzini II Mağarası plan ve kesitleri.	157
Şekil 4. 137. Uyuzini III Mağarası'nın tabanını kaplayan ve Uyuzini I ve II Mağaralarının tabanlarına oranla daha ince olan toprak örtü.	158
Şekil 4. 138. Uyuzini III Mağarası plan ve kesitleri.	159
Şekil 4. 139. Yağobruğun yer bulduru görüntüsü	160
Şekil 4. 140.a) Çökme tipi bir dolin tabanında gelişmiş olan Yağobruk'un oldukça dar olan girişi, b) Ortalama 1 m genişliğindeki açılma çatlağı.	161
Şekil 4. 141. Yağobruk plan ve kesitleri.	162
Şekil 4. 142. Yarımcaören Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü	163
Şekil 4. 143.a) Yarımcaören Mağarası'nın tabana yakın kesimleri dışında, damlataş oluşumlarının görülmediği -69 m'lik iniş, b) İlk basamak tabanının KB'sında bulunan ve ilk basamakla mağara tabanını birbirine bağlayan ikinci iniş başlangıcı.	164
Şekil 4. 144. a) -69 m'de bulunan ilk basamakla mağara tabanını birbirine bağlayan geçit, b) Sel sularıyla Yarımcaören Mağarası'nın tabanına taşınarak, bozunmadan arta kalan organik materyaller.	165
Şekil 4. 145. Yarımcaören Mağarası plan ve kesiti.	166
Şekil 4. 146. Tübükciini Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü	167
Şekil 4. 147.a) Tübükciini Mağarası girişi yöre halkı tarafından ağıl amaçlı kullanım için taşlarla örülerek daraltılmıştır, b) Mağaranın ilk odası ile ikinci odayı birbirine bağlayan dar geçit, c) İnsanlar tarafından kazılarak açılmış olan üçüncü odanın girişi, d) Mağaranın güney ucunda görülen deforme olmuş popcorn yapıları.	168
Şekil 4. 148. Tübükciini Mağarası plan ve kesiti.	169
Şekil 4. 149. Yoldibi Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü	170
Şekil 4. 150.a) Karayolu kenarında bulunan Yoldibi Mağarası'nın girişi, b) Giriş ile ana galeriyi birbirine bağlayan dar geçitler, c) Ana galeride görülen nadir damlataş oluşumları, d) Girişle ana galeriyi birbirine bağlayan geçidin oluşturduğu set önünde biriken malzeme.	171
Şekil 4. 151. Yoldibi Mağarası plan ve kesiti.	172
Şekil 4. 152. Zindan Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü	173
Şekil 4. 153. Zindan Mağarası plan ve kesiti.	174
Şekil 4. 154. Zindan Dipsizi'nin yer bulduru görüntüsü	175
Şekil 4. 155.a) Çalışma alanında Kaplankaya Formasyonu içerisinde gelişen tek mağara olan Zindan Dipsizi duvarları, litolojiye bağlı olarak oldukça girintili-	

çıkıntılı bir yapı kazanmıştır, b) Yöre halkı tarafından çöp alanı olarak kullanılan mağaranın tabanında birikmiş çöp yığını.....	176
Şekil 4. 156. Zindan Dipsizi plan ve kesiti.	177
Şekil 4. 157. Karain Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü.....	178
Şekil 4. 158. Karain Mağarası plan ve kesiti.	179
Şekil 4. 159. Karain II Mağarası'nın, Sarıbeyin Alanı Düdeni ve Kızılyar Düdeni'nin yer bulduru görüntüsü.....	180
Şekil 4. 160. Karain II Mağarası planı.	181
Şekil 4. 161.a) Bir dolin tabanında gelişen sığ bir düden olan Sarıbeyin Alanı Düdeni'nin girişi, b) Düdenin tabanında geliştiği dolin.	183
Şekil 4. 162. Sarıbeyin Alanı Düdeni plan ve kesiti.	183
Şekil 4. 163. Dolin tabanında yer alan Kızılyar Düdeni'nin girişi.....	184
Şekil 4. 164. Kızılyar Düdeni plan ve kesiti.	185
Şekil 4. 165. Kepez Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü	186
Şekil 4. 166. a ve b) Kepez Mağarası'nın ana galerisinde bulunan ve yer yer 10 m yüksekliğe ulaşan sütun ve sarkıt gibi damlataş oluşumları.	187
Şekil 4. 167.a) Kepez Mağarası'nın ana galerisinin KB-GD yönlü kesintiye uğradığı alanda bulunan popcorn yapıları, b) Ana galeride görülen damlataş oluşumları üzerindeki çamur sıvanımları.....	188
Şekil 4. 168. a ve b) Kepez Mağarası'nın ana galerisinde bulunan popcorn ve damlataşlar üzerinde görülen renk değişimleri.	189
Şekil 4. 169.a) KB-GD yönlü uzanan kollara ulaşımı sağlayan dar geçit, b) Kepez Mağarası'nın sonunu oluşturan ve daralarak devam eden çatlak, c ve d) KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişen odada görülen oturma ve çökmeler.	190
Şekil 4. 170. Kepez Mağarası plan ve kesitleri.....	191
Şekil 4. 171. Kovaini (Kirpili) Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü	192
Şekil 4. 172.a) Kovaini Mağarası'nın yaklaşık 10 m aşağısında bulunan vadinin görünümü, b) Kaynak konumlu mağaraların karakteristik geometrik şekli olan ve ana galeride anahtar deliği yapısı, c) Ana galeride, yeraltı su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak askıda kalmış damlataş oluşumları, d) Ana galerinin süpürülmüş tabanı.	193
Şekil 4. 173. Kovaini (Kirpili) Mağarası plan ve kesiti.	195
Şekil 4. 174. Cennet ve Cehennem Obrukları ile Astım/Dilek Mağarasının yer bulduru görüntüsü.....	196
Şekil 4. 175. Cennet ve Cehennem Obrukları planı.	199
Şekil 4. 176. Astım/Dilek Mağarası plan ve kesitleri.	200
Şekil 4. 177. Snezma Jama mağarasındaki speleothemlerin kırılmalarına neden olan buzul intrüzyonunun şematik gösterimi	205
Şekil 4. 178. Farklı tektonik hareketler ve tektonik hareketlerin dikitler üzerindeki etkileri. A- dikey hareket: damlama suyunun etkisi değişmeyeceği için dikit aynı kalır, etki olmaz; B- yatay hareket: dikit üzerine suyun damlama noktası değişir. Buna bağlı olarak, damlama noktasının değişimi boyunca asimetrik laminalar gelişir; C- dönme: dikit üzerine damlayan suyun damlama noktası değişmez, ancak dikit gelişim eksenini simetrik olarak değiştir	206
Şekil 4. 179. Dikitlerin iç yapılarında görülen deprem kanıtları; dikit gelişim ekseninde ani ve keskin değişimler (B ve C) ve laminalar arasında sismik şoklara bağlı gelişen olası doku, renk ve kimyasal bileşim değişimleri.	206

Şekil 4. 180. Sakarlak I örneği boyuna kesiti üzerinde dikit gelişim eksen açısındaki sapmalar ve öngörölmüş yaş verileri.	209
Şekil 4. 181. Sakarlak II örneği boyuna kesiti üzerinde dikit gelişim eksen açısındaki sapma ve öngörölen yaş verisi.	211
Şekil 4. 182. Sakarlak IV örneğine ait öngörölmüş yıl verileri ile deprem verilerinin karşılaştırılması.	214
Şekil 4. 183. Kepez örneği boyuna kesiti üzerinde dikit gelişim eksen açısındaki sapmalar ve öngörölen yaş verileri.	218
Şekil 4. 184. Güvercinlik Mağarası'ndan alınan dikit örneğinin boyuna kesiti.	220
Şekil 4. 185. Çalışma alanının rölyef kazandırılmış sayısal yükseklik modeli ve ayırt edilen çizgisellikler.	225
Şekil 4. 186. a) Çalışma alanına ait rölyef kazandırılmış sayısal yükseklik modelinden çıkarılmış fay ve çizgiselliklere ait gül diyagramı, b) ana faylar olmadan, yalnızca çizgisellikler dikkate alınarak hazırlanan gül diyagramı. ...	226
Şekil 4. 187. Mersin İli'nin 1970-2011 yılları arasındaki yağış-evapotranspirasyon ilişkisi.	229
Şekil 4. 188. Litolojik birimlerin geçirimsizlik sınıflaması	230
Şekil 4. 189. Çalışma alanının, litolojik birimlerin geçirimsizlik sınıflamasına göre üretilmiş göreceli geçirimsizlik haritası.	231
Şekil 4. 190. Çalışma alanından alınan su numunelerine ait Piper diyagramı	251
Şekil 4. 191. Çalışma alanından alınan su numunelerine ait Schoeller diyagramı .	252
Şekil 4. 192. Şematik $\delta^{18}O$ ve δD grafiği ve karışım oluşturan uç sular	256
Şekil 4. 193. Çalışma alanından alınan su numunelerine ait $\delta^{18}O$ ve δD grafiği.	257
Şekil 4. 194. Çalışma alanından alınan su numunelerine ait EC- $\delta^{18}O$ grafiği.	260
Şekil 4. 195. Çalışma alanından alınan su numunelerine ait Cl- $\delta^{18}O$ grafiği.	260
Şekil 4. 196. Çalışma alanından alınan su numunelerinin T (°C)- $\delta^{18}O$ grafiği.	261
Şekil 4. 197. Çalışma alanından alınan su numunelerinin yükseklik (m)- $\delta^{18}O$ grafiği.	263
Şekil 4. 198. Çalışma alanından alınan su numunelerinin yükseklik (m)- δD grafiği.	263
Şekil 4. 199. a) Çalışma alanına ait rölyef kazandırılmış sayısal yükseklik modelinden çıkarılmış ana fay ve çizgiselliklere ait gül diyagramı, b) Çalışma alanında, araştırılması tamamlanan mağaraların ana galeri ve yan kollarının gelişim yönleri ve yatay uzunluklarından oluşturulan gül diyagramı.	268

EKLER DİZİNİ

Ek-1. Çalışma alanının ve yakın çevresinin jeoloji haritası.....	273
--	-----

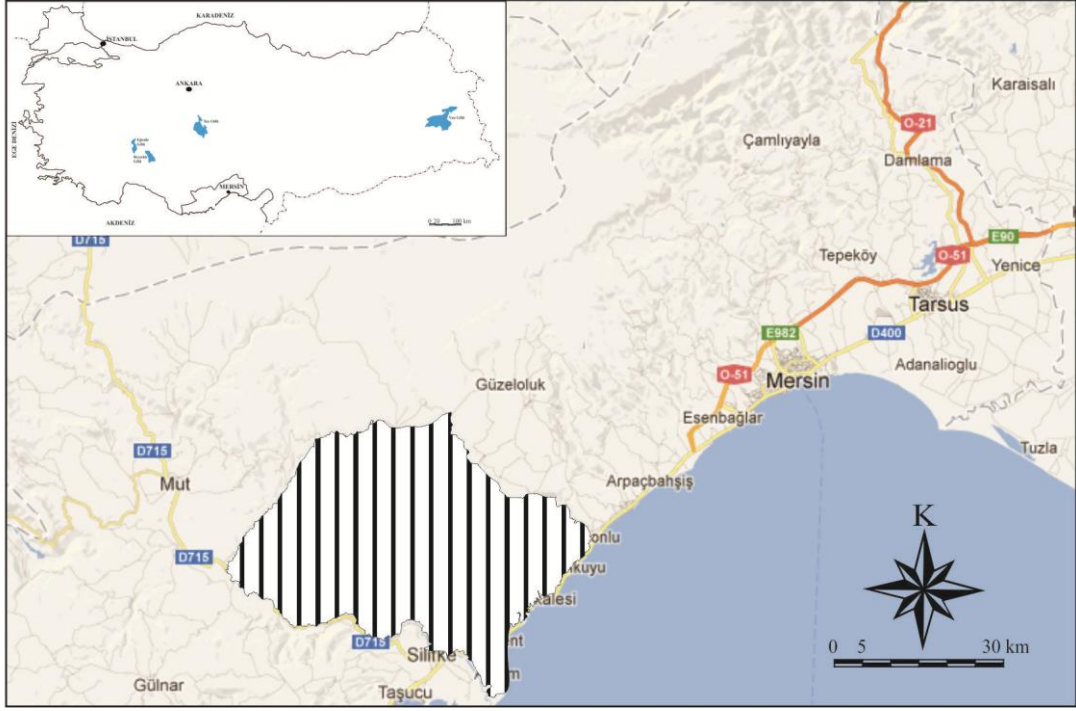
1. GİRİŞ

Mersin İli Erdemli ilçesi sınırları içerisinde bulunan Lamas Kanyonu ile Silifke ilçesi sınırları içerisinde bulunan Göksu Nehri arasında kalan bölgeyi kapsayan bu çalışma 1/25.000 ölçekli Silifke O31c1, O31c2, O31c3, O31c4, O31d2, O31d4, O32d3, O32d4, P31a2, P31b1, P31b2, P31b3, P32a1, P32a2 ve P32a4 paftaları içerisinde yaklaşık 2300 km²'lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.1).

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmanın amacı Göksu Nehri ve Lamas Kanyonu arasında kalan bölgenin karst evriminin ortaya çıkarılmasıdır.

Bu amaçla, çalışma alanında karstik yüzey şekillerinin en belirginlerinden biri olan ve karstlaşmanın gelişim mekanizmasını yansıtan dolinlerle birlikte; karakteristik karstik yeraltı şekillerinin en önemlilerinden biri olan mağaralar detaylı incelenerek bölgenin karstlaşma mekanizması ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Akdeniz için beslenme havzası niteliğinde olan ve karstlaşmanın son derece yoğun görüldüğü Toroslarda yer alan çalışma alanında dikey-yarı dikey, yarı aktif, düden ve geçit konumlu, özellikle kıyı kesiminde ise kaynak konumlu çok sayıda mağara olduğu tahmin edilmektedir. Bu çalışma kapsamında 44 yeni mağara keşfedilmiş ve plan ve kesitleri ilk kez çıkarılmıştır. Toplamda 50 adet mağaranın detaylı etütleri yapılarak, mağaraların plan ve kesitleri oluşturulmuştur.

Çalışma alanında bulunan dolin ve mağaraların gelişim mekanizmasını doğrudan etkileyen fay, kırık ve çatlak sistemleri gibi süreksizlik düzlemleriyle olan ilişkilerinin saptanabilmesi amacıyla 15 adet 1/25.000 ölçekli topografik haritadan TNTmips yazılımı kullanılarak eşyüksekti eğrileri sayısallaştırılmış ve bölgenin sayısal yükseklik modeli (DEM) oluşturulmuştur. Oluşturulan DEM görüntüsü üzerinde çizgisellik analizi yapılmış ve bölgede bulunan dolin ve mağaralarla birlikte incelenerek karstlaşma mekanizması ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.



Şekil 1. 1. İnceleme alanının yer bulduru görüntüsü (*Google map görüntüsü kullanılarak hazırlanmıştır*).

Sarkıt ve dikit gibi mağara çökellerinin uzun dönemler boyunca herhangi bir deformasyona uğramadan korunmuş olarak kalmalarından dolayı, araştırması tamamlanan mağaraların bulunduğu bölgelerle ilgili uzun dönemlere ait depremsellik ve paleoiklim verilerinin elde edilmesini sağlayan izotop analizleri için çok sayıda dikit örneği alınmıştır. Gerek mağara çökellerinde paleosismoloji ve gerekse de paleoiklim çalışmaları için alınacak dikit örneklerinin, analiz sonuçlarının sağlıklı olması açısından uniform gelişmiş ve içyapılarında boşlukların olmaması gerekmektedir. Bu nedenle; alınan örneklerden üç mağaraya ait, 4 farklı örneğin analizleri için uygun olduğuna karar verilmiş ve örnekler üzerinde U/Th ve $\delta^{18}\text{O}$ analizleri yapılarak mağaraların bulunduğu bölgenin eski deprem ve iklim kayıtları elde edilmeye çalışılmıştır.

Mağaraların bulunduğu alanlarda, akiferlerin hidrojeokimyasal özelliklerinin ve kaynak-beslenme havzaları arasındaki ilişkilerin araştırılması amacıyla kaynak ve kuyulardan su örnekleri alınmıştır. Alınan su numunelerinin kimyasal ve izotop analizleri yapılarak; su kimyası, beslenme havzası, yaş verileri

elde edilmeye çalışılmıştır. Örneklere ait sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve tuzluluk (sal) değerleri örneklerin alınması esnasında yerinde ölçülmüştür.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. KARST VE MAĞARA ARAŞTIRMALARI

Karst araştırmaları; geçen yüzyıl yeraltında saklı binlerce mağara, çukur sistemi ve ırmağın keşfedildiği Carso bölgesinde, Avusturya İmparatorunun mühendislerine bilimsel bir amaçla ve aynı zamanda Trieste şehrinin su ihtiyaının karşılanması için yeraltı ırmaklarından yararlanmak umudu ile Karst'ı araştırmalarını emretmesiyle başlamıştır [zbek, 1994].

Karstik yapıların en karakteristiklerinden biri olan mağaralar; genel olarak, en az bir insanın içine girebileceği genişlik ve ykseklieğe sahip yeraltı boşlukları olarak tanımlanabilmektedir. Turizm, depolamacılık, mağara terapisi, kültür mantarcılığı, askeri amaçlarla sığınak ve lojistik alan temini ile plaser mineral ve yeraltı suyunun belirlenmesine yönelik olarak ekonomik amaçlı kullanım alanlarına sahip olan mağaralar; sahip oldukları otokton (yerli/kimyasal) ve allokton (taşınmış/fiziksel) okeller vasıtasıyla bulunduğu bölgenin jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik, hidrojeolojik, sismolojik, ekolojik ve antropolojik gelişimini ve özelliklerini aydınlatıcı bilgilerin elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

2.1.1. Mağara Bilimi (Speleoloji)

Mağaralar hakkında ilk yazılı kanıt M.Ö. 221 yılında in'de bulunmakla birlikte; adını, Yunanca spelaion (mağara) ve logos (bilim) kelimelerinin birleşiminden alan speleolojiye dair bilimsel ilk çalışma, aynı zamanda speleolojinin kurucusu olarak da kabul edilen, 1879 yılında Fransız jeolog ve mağara bilimci Eduard Alfred Martel tarafından yapılmıştır [zbek, 1994].

Mağara bilimi ya da diğer adıyla speleoloji; ilk çağlardan günümüze kadar insanlar tarafından farklı amaçlarla kullanılan ve araştırılan mağaraların, bilimsel bakış açısı ve yöntemlerle araştırılmasına dayanan multidisipliner bir bilim dalını oluşturmaktadır.

Yaklaşık %40'ı karstlaşmaya uygun karbonat ve sülfatlı kayaçlardan oluşan ülkemizde, mağara araştırmaları konusunda ilk çalışma 1869 yılında Jeolog Abdullah

Bey tarafından Yarımburgaz Mağarası'nda yapılmış olan ve dönemin bir tıp dergisinde yayınlanan biospeleoloji alanındaki çalışmadır. Bir diğer çalışma, konusunda ülkemizde ilk olma özelliğini taşıyan Guiseppe Moretti'nin Kocain Mağarası'nda yapmış olduğu arkeolojik araştırmadır [Özbek, 1994].

Timuçin Aygen'in 1955 yılında Maraspoli mağarasında hidroloji konusunda yaptığı çalışma ile Türkiye'de ilk defa bir ilçede mağaradan çıkan su değerlendirilmiş ve hidroelektrik santrali kurularak hem içme suyu temin edilmiş hem de elektrik üretimi sağlanmıştır [Özbek, 1994].

Ülkemizde bilimsel araştırmalarla başlayan mağara araştırmaları, sonraki süreçlerde turizm amaçlı ya da dernek ve üniversiteler bünyesinde kurulan topluluklar aracılığıyla daha çok sportif amaçlarla yapılmaya başlanmıştır. 1979 yılında, MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) bünyesinde Karst ve Mağara Araştırmaları Biriminin kurulmasıyla birlikte mağaralar; belirli bir sistem dahilinde incelenmeye başlanmıştır.

MTA Karst ve Mağara Araştırmaları Birimi tarafından jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik, hidrojeolojik, meteorolojik ve biyolojik özelliklerinin incelendiği mağaralardaki çalışmalar; mağaraların ekonomik olarak kullanım alanlarının belirlenmesinin yanı sıra mağaraların bulunduğu alanlarda akiferlerin hidrojeokimyasal özellikleri ile birlikte kaynak-beslenme havzaları arasındaki ilişkilerin belirlenmesine yöneliktir. Ayrıca; özellikle son 50 yıldaki teknolojik ve bilimsel gelişmelere paralel olarak, otokton ve allokton mağara çökellerinde uygulanan izotop analizleri, radyometrik yaş tayinleri gibi çeşitli yaşlandırma yöntemlerinin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte mağaraların bulunduğu bölgelere ait paleosismoloji ve paleoiklim verileri elde edilerek paleoortam yorumları yapılabilmektedir.

2.1.1.1. Mağaralarda paleosismoloji ve paleoiklim araştırmaları

Mağara içerisinde bir dizi çözünme-çökme süreçlerine bağlı olarak gelişen sarkıt, dikit, damlataş ve akmataş gibi otokton çökeller ile mağara içerisine buzul intrüzyonu ve/veya sellenme sonucu taşınmış kum, kil ve çakıl depoları gibi allokton

çökeller üzerinde yapılan analiz sonuçlarından yararlanılarak mağaraların bulunduğu alanlarla ilgili paleoortam yorumlarının yapılması son yıllarda giderek artış gösteren bir konudur.

Mağara çökelleri yüzlerce, hatta binlerce yıl deformasyonlara karşı çok iyi korunabilmekte ve dolayısıyla oldukça uzun bir zaman aralığı ilgili verilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Mağara çökellerinde gözlenen anomaliler ve çökeller üzerinde uygulanan farklı yaşlandırma teknikleri ve analizlere bağlı olarak, mağaranın bulunduğu alanın paleosismoloji ve paleoiklim kayıtları elde edilebilmektedir.

Günümüzde paleosismoloji ve paleoiklim araştırmalarında, mağara çökellerinde en yaygın olarak kullanılan ve neredeyse standart bir yaşlandırma tekniği olmaya başlayan yöntem U/Th yaşlandırması ve $\delta^{18}\text{O}$ analizleridir.

Başlangıç örneklerinde toryumun olmadığı kabul edilerek $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ve $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ oranlarının ölçülmesine dayanan U/Th yaşlandırma tekniği ile ilgili ilk çalışma Derek Ford, Henry Schwartz ve öğrencileri tarafından Batı Virginia mağaralarında paleoiklim verilerinin elde edilmesi amacıyla yapılmıştır [White, 2007].

Ford ve ekibinin kullandığı yöntemle, Fransa'nın güneyinde yer alan Garrel Mağarası'nda yapılan bir çalışmada; mağara içerisindeki akmataşların gelişimlerinin Üst Pleistosen'de aktif bir faya bağlı olarak kesintiye uğradığı ve deformasyona uğramamış (kırılmamış) akmataşların bileşimlerinde yapılan analizler sonucu bu fayın 466.000 yıldır aktif olmadığı belirlenmiştir [Sebela, 2008].

Benzer şekilde, Ölü Deniz fayının 40 km batısında yer alan Soreg ve Hartuv mağaralarındaki çökellerde U/Th yaşlandırması ve yüksek çözünürlükte $\delta^{18}\text{O}$ analizleri yapılmış ve depremlerin oluşma sıklığının 10.000-14.000 yıllık bir aralığa sahip olduğu saptanmıştır [Sebela, 2008].

Amerika Birleşik Devletleri'nin Missouri eyaletinde bulunan bir mağaradan elde edilen 3 dikitteki oksijen ve karbon izotop verilerine bağlı olarak Wisconsin

glasiyer (buzul) dönemi boyunca (75-25.000 yıl), orman-savan-bozkır-orman geçişi oldukça belirgin olarak saptanmıştır [White, 2007].

Eskişehir’de bulunan Yelini Mağarası’ndan alınan bir dikit örneğinin gelişim eksenini boyunca bileşimindeki elementlerin değişimleri, Anadolu’nun geçmiş iklimine ait tarihsel kayıtlarla karşılaştırılmıştır. Mg çökeltim sıcaklık serisi ile yapılan bu karşılaştırmada; Mg çökeltiminde görülen değişimlerin şiddetli kış, donma, yoğun kar gibi tarihsel iklim verileri ile büyük oranda çakıştığı belirlenmiştir [Şenoğlu, 2006].

MTA Karst ve Mağara Araştırma Birimi tarafından 2007 yılında Spil Dağı (Manisa) ve çevresinde yapılan paleosismoloji çalışmalarında; çok sayıda fosil mağara ile Üçkuyu ve Ardıçlı Mağaraları’ndan alınan dikitlerde ¹⁴C ve U/Th yaşlandırmaları yapılmış ve bölgede Pliyosen’den beri farklı dönemlerde birçok kez tektonik aktivitenin gerçekleştiği belirlenmiştir [Türk vd., 2010]. Aynı birim tarafından 2008 yılında Gökova Körfezi’nde paleosismoloji çalışmaları yürütülmüş; ancak, araştırması yapılan sınırlı sayıdaki mağaralardan elde edilen çökellerde görülen anomalilerin, mağara boyutlarının küçük olmalarına karşın sınırlı yayılım göstermesi sonucu, deprensellikten ziyade mağaralardaki oturmalara bağlı geliştiği sonucuna varılmıştır [Türk vd., 2009].

2.2. PALEOSİSMOLOJİ VE PALEOİKLİM ARAŞTIRMALARI İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

White [2007], paleosismoloji ve paleoiklim çalışmalarında kullanılan yaşlandırma yöntemlerinin genel bir değerlendirmesini yapmıştır.

Sebela [2008], mağara çökellerinde görülen deformasyonların nedenlerini belirleyerek sınıflandırmış ve sarkıtların frekanslarının sismik frekanstan daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Şenoğlu [2006], yüksek lisans tezinde Yelini Mağarası’ndan alınan dikit örneğinin gelişim eksenini boyunca, dikit bileşimindeki elementlerin değişimlerini Anadolu’nun geçmiş iklimine ait tarihsel kayıtlarla karşılaştırmıştır.

Türk ve diğ. [2009], 2007 yılında Manisa Spil Dağı ve çevresinde yaptıkları araştırmalardan elde edilen ^{14}C ve U/Th analiz sonuçlarına bağlı olarak, bölgede Pliyosen'den itibaren farklı dönemlerde birçok kez tektonik aktivitenin gerçekleşmiş olduğunu belirlemişlerdir. 2008 yılında Gökova Körfezi'nde yaptıkları çalışmada ise çökellerde görülen deformasyonlara depremlerin neden olmadığını ve deformasyonların mağaralardaki oturmalara bağlı olarak geliştiğini belirlemişlerdir [Türk ve diğ., 2010].

Gilli [2005], Almanya'daki bir mağarada yaptığı araştırmada, mağaradaki birçok otokton çökelin kırılmış olduğunu ve çökellerdeki bu kırılmaların glasiyel kökenli olduğunu ispatlayan morenlerin bulunduğunu bildirmiştir.

Bayarı ve Özyurt [2005], dikitlerin iç ve dış morfolojileri ile renk değişimlerinden geçmiş ortam koşullarının belirlenebileceğini belirtmişlerdir.

Kaufmann [2003], son 10.000 yıllık süreçte dikitlerdeki sıcaklık, karbondioksit konsantrasyonu ve damlama aralığındaki büyüme oranlarına bağlı olarak paleoklim yorumlamasında bulunmuştur.

Wynn vd. [2008], otokton mağara çökellerinden elde edilen belirli duraylı izotoplar, organik moleküller ve iz elementlerin birlikte ele alınmasıyla, mağaraların bulunduğu dış çevreyi tanımlayan jeokimyasal parametrelerin belirlenebileceğini belirtmişlerdir.

2.3. BÖLGE JEOLJİSİ İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mersin İlinin jeolojisi hakkında çok sayıda çalışma olmakla birlikte, çalışma alanı ve yakın çevresini kapsayan karstlaşma ile ilgili detaylı çalışma son derece azdır.

Eroskay ve Günay [1980], Türkiye'yi Toroslar, Orta Anadolu, Güney Anadolu, Kuzeydoğu Anadolu ve Trakya olarak karst bölgelerine ayırmış ve Torosları en önemli ve en büyük karstik alan olarak tanımlamışlardır. Bölgedeki önemli mağaraların kireçtaşı ve ofiyolitik melanj dokanağında geliştiğini belirtmişlerdir.

Ekmekçi [2005], Akdeniz'e kıyısı olan ülkeler arasında Türkiye'de görülen karstlaşmanın tür, hidroloji ve boyut açısından daha zengin olduğunu ve bu farkın jeolojik yapıdan daha ziyade; tektonik evrim ve aynı döneme ait paleocoğrafik gelişimden kaynaklandığını belirtmiştir.

Çiçek [2001], çalışma alanının kuzeybatısında yer alan Mut ilçesi ve yakın çevresinin jeomorfolojisiyle ilgili yaptığı çalışmada; bölgede karstlaşmanın Orta Miyosen karasallaşmasıyla başlamış olabileceğini belirtmiştir. Buna ek olarak, resifal kireçtaşlarının hızla karstlaşması sonucu, karstik yüzey şekillerinin hızlı deformasyona uğramaları nedeniyle, günümüzde görülen karstik şekillerin Pliyosen ve hatta çoğunlukla Kuvaterner döneminde gelişmiş olabileceğini belirtmiştir. Ayrıca, bölgedeki karst gelişiminin dikey yönlü değil, yatay yönlü bir gelişime sahip olduğunu belirtmiştir.

Atalay [2005], Kuvaterner'deki iklim değişimlerini inceleyerek Akdeniz'de meydana gelen seviye değişimlerini belirlemiştir.

Yüce [2005], Lamas havzasında karstik kaynakların tuzluluk derecesini ve beslenme alanlarını belirlemeye yönelik $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^2\text{H}$ izotop verilerine dayandırdığı çalışmada; kaynakların yüksek rakımlardan beslendiğini belirtmiş ve bölgedeki yeraltı sularının beslenme ve dolaşım koşullarını yansıtan üç grupta toplamıştır.

Katalin ve Kiss [1991], 1990 yılında yaptıkları çalışmada, Silifke ve civarında bulunan mağaraları speleolojik açıdan incelemişlerdir.

Nazik [2010], Aladağlar, Bolkar Dağları, Dedegöl Dağları ve Akdağ'dan alınan örneklerden elde edilen kozmojenik yaş verilerine bağlı olarak bu bölgelerdeki mağara kanyonların günümüzden 15.000 – 9.000 yıl öncesinde, yani Würm Buzul Dönemi'nin gerileme döneminde gelişmeye başladıklarını belirtmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. MATERYAL

Çalışma alanı Mersin İline bağlı Erdemli ve Silifke İlçeleri sınırları içerisinde yer alan Lamas Kanyonu ile Göksu Nehri arasında kalan bölgeyi kapsamaktadır (Şekil 1. 1).

Çalışmada kullanılan en önemli materyaller olan ve çalışma alanında yer alan 50 adet mağaranın detaylı etütleri yapılmış ve mağaraların plan ve kesitleri hazırlanmıştır. Detaylı etüdü yapılan mağaralardan dördü, 1990 yılında Attila Kiss başkanlığındaki Macar Speleoloji Grubu tarafından incelenmiş; 46 mağaranın detaylı etütleri ilk olarak bu çalışma kapsamında yapılmıştır.

Mağaraların plan ve kesitlerinin çıkarılmasında, doğrultu ve eğim ölçümleri Suunto marka Compass/Clino kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mesafe ölçümleri Würth marka lazer metre (Wdm 200) ile yapılmıştır. Çalışma alanında bulunan mağaraların plan ve kesitlerinin çıkarılabilmesi amacıyla, araştırılan mağaranın bir insanın girmesine olanak sağladığı en son noktası 0 noktası olarak kabul edilmiş ve mağaranın detaylı planının çıkarılabilmesi için ölçüm noktaları arasındaki mesafeler kısa tutulmuştur. Dikey mağaraların araştırılması, SRT (single rope technique; tek halat tekniği) ekipmanları kullanılarak 10,5 mm çapındaki statik ipler yardımı ile gerçekleştirilmiştir. 50 m'den daha derin olan mağaralarda, can güvenliği açısından her 50 m'de bir yeni istasyon kurulmasına önem verilmiştir. Her bir ölçüm noktası için tavan yüksekliği, sağ ve sol genişlikleri, dik iniş-çıkış noktaları ve değerleri ile bir önceki ölçüm noktası ile olan mesafesi, doğrultu ve eğimi Compass/Clino kullanılarak okuma yapılmış ve kayıt altına alınmıştır. Ölçüm esnasında, her ölçüm noktasında damlataş oluşumları ve çakıl, kum, vb. depolanmaları türlerine göre detaylı olarak kayıt altına alınmış ve her türe özgün sembollerle ölçüm esnasında çizilen kroki üzerine işaretlenmiştir. Ayrıca; her bir ölçüm noktası için kesit noktaları, varsa biospeleolojik ve arkeolojik bulgular gibi detaylı notlar alınmıştır. Araştırması yapılan mağaranın tüm kol, pasaj ve galerilerinin ölçülmesi tamamlandıktan sonra elde edilen ölçüm verilerinde gerekli düzeltmeler yapılmıştır.

Her bir ölçüm noktası için doğrultu, eğim ve düzeltilmiş değerler milimetrik kağıt üzerinde işaretlenerek ait olduğu mağaranın plan ve kesitleri hazırlanmıştır.

Çalışmada kullanılan bir diğer önemli materyal olan mağara çökellerinden, paleosismoloji ve paleoiklim çalışmaları amacıyla örnekler alınmış ve bu örneklerle ait U/Th ve $\delta^{18}\text{O}$ analizleri National Taiwan University HISPEC (High-precision mass spectrometry and environment change lab) laboratuvarlarında yapılmıştır.

Çalışma alanında bulunan kuyu ve kaynaklardan alınan su örneklerinin ^3H (trityum), ^2H (döteryum) ve $\delta^{18}\text{O}$ analizleri DSİ TAKK (Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol) laboratuvarlarında yapılmıştır. Alınan su örneklerinin kimyasal analizleri Mersin Üniversitesi MEİTAM (İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezi) laboratuvarlarında ICP-MS (İndüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) ile yapılmıştır. Anyon analizleri ise Hach Lange DR 2800 Spektrofotometre cihazı ile yapılmıştır. Su örneklerinin pH, EC (elektriksel iletkenlik), DO (oksijen doygunluğu), Sal (tuzluluk) ve T (sıcaklık) değerleri pH/Cond 340i WTW cihazı ile yerinde ölçülmüştür.

Çalışma alanında bulunan dolin ve mağaraların gelişim mekanizmalarının süreksizlik düzlemleri ile olan ilişkilerinin saptanması amacıyla 15 adet 1/25.000 ölçekli topografik haritadan TNTmips 6.9 yazılımı kullanılarak eşyüksekti eğrileri sayısallaştırılmış ve bölgenin sayısal yükseklik modeli (DEM) oluşturulmuştur.

3.2. METOT

Doktora tezi olarak hazırlanan bu çalışma 1/25.000 ölçekli Silifke O31c1, O31c2, O31c3, O31c4, O31d2, O31d4, O32d3, O32d4, P31a2, P31b1, P31b2, P31b3, P32a1, P32a2 ve P32a4 paftaları içerisinde kalan yaklaşık 2300 km²'lik bir alanı kapsamaktadır.

Bu çalışma; saha öncesi çalışmaları, saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Saha Öncesi Çalışmalar

Çalışma alanı ile ilgili literatür taranarak sahaya ait veriler toplanmış, bu amaçla MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) ve internet üzerinden abone olunan veri tabanları taranmıştır. Çalışma alanı ile ilgili makale, tez, bildiri, rapor ve proje gibi kaynaklar derlenmiş, çalışma alanı ve yakın çevresine ilişkin yapılmış jeoloji haritaları incelenmiştir.

3.2.2. Saha Çalışmaları

Çalışma alanına ait, MTA tarafından hazırlanan 4 adet 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası ve raporlar kullanılarak çalışma alanının jeoloji haritası hazırlanmış (Ek-1) ve bölgedeki formasyon sınırları belirlenerek birimlerin litolojik özellikleri açıklanmıştır. Bölgedeki karstik yüzey şekilleri incelenmiş ve fotoğraflanmıştır. Çalışma alanı sınırları içerisinde bulunan 50 adet mağaranın detaylı etütleri yapılarak, gelişim doğrultusunu ortaya çıkarmak amacıyla plan ve kesitleri hazırlanmıştır.

Bölgede meydana gelmiş olası eski deprem verilerinin ve bölgenin ekolojik geçmişine dair verilerin elde edilebilmesi için gerekli olan U/Th ve $\delta^{18}\text{O}$ analizleri için mağaralardan dikit örneklemeleri yapılmıştır. Çalışma alanındaki kuyu ve kaynaklardan, su kimyası ve beslenme-havza ilişkilerinin saptanabilmesi amacıyla çalışma sahasını genel olarak yansıttığı düşünülen 24 noktadan su örnekleme yapılmıştır.

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Çalışma alanında bulunan ve detaylı etütleri yapılan 50 adet mağaraya ait ölçüm verilerinde gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra mağaraların, milimetrik kağıt üzerinde plan ve kesitleri hazırlanarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve bölgedeki ana tektonik hatlarla olan ilişkileri saptanmaya çalışılmıştır.

Mağaralardan alınan dikit örneklerinde, paleosismoloji ve paleoiklim verilerinin elde edilebilmesi için gerekli olan U/Th ve $\delta^{18}\text{O}$ analizleri National Taiwan University HISPEC laboratuvarlarında yapılmıştır.

Çalışma alanındaki su kuyusu ve kaynaklarından alınan su örneklerinin ^3H (trityum), ^2H (döteryum) ve $\delta^{18}\text{O}$ analizleri DSİ TAKK laboratuvarlarında yapılmıştır. Alınan su örneklerinin su kimyası analizleri Mersin Üniversitesi MEİTAM laboratuvarlarında ICP-MS ile, anyon analizleri ise Hach Lange DR 2800 Spektrofotometre cihazı ile Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır.

3.2.4. Büro Çalışmaları ve Tez Yazımı

Saha çalışmalarından elde edilen veriler ve laboratuvar sonuçları kullanılarak;

- Çalışma alanının 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış, tez alanında bulunan yerleşim birimleri jeolojik harita (Ek-1) üzerine yerleştirilmiştir.
- TNTmips yazılımı kullanılarak çalışma sahasına ait DEM (sayısal yükseklik modeli) oluşturulmuştur.
- Tezin amacına uygun olarak bölgeye ait karstik yüzey ve yeraltı şekilleri, oluşturulan DEM görüntüsü üzerine işlenmiş ve tez formatına uygun hale getirilerek tez içerisinde sunulmuştur.
- Çalışma sahasında yer alan 50 adet mağaranın plan ve kesitleri hazırlanmış ve tez formatına uygun hale getirilerek tez içerisinde sunulmuştur.
- Saha çalışmaları esnasında çekilen fotoğraflar düzenlenmiş ve tez formatına uygun hale getirilmiştir.
- Elde edilen tüm veriler “Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kuralları Yönergesi”ne uygun olarak düzenlenmiş ve tez yazımı gerçekleştirilmiştir.

“Göksu Nehri ve Lamas Kanyonu (Mersin) Arasında Kalan Bölgenin Karst Evrimi” adlı tez çalışması kapsamında hazırlanan jeolojik haritanın (Ek-1), yer bulduru haritasının, mağara plan ve kesitlerinin çizilmesi ve arazi fotoğraflarının düzenlenmesinde Corel Draw x5 ve Microsoft Photo Editor programları kullanılmıştır. Çalışma alanına ait DEM (sayısal yükseklik modeli) görüntüsünün oluşturulmasında TNTmips 6.9 yazılımı programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. BÖLGESEL JEOLJİ

Orta Toroslarda yer alan çalışma alanında Kambriyen-Tersiyer zaman aralığında çökelmiş 12 farklı birim yer almaktadır. Bu birimler yaşlıdan gence doğru aşağıdaki gibidir (Şekil 4.1).

Alüvyonlar	(Qal, Qym; Kuvaterner),
Karaisalı Formasyonu	(Tmk; Langiyen-Serravaliyen),
Kaplankaya Formasyonu	(Tmkp; Langiyen-Serravaliyen),
Gildirli Formasyonu	(Tgi; Oligosen-Alt Miyosen),
Pozantı-Karsantı Ofiyoliti	(Kpko; Üst Kretase),
Çamlık Formasyonu	(Jkç; Jura-Kretase),
Karagedik Formasyonu	(Trk; Triyas),
Yellice Formasyonu	(Py; Üst Permiyen),
Belemedik Formasyonu	(Cb; Karbonifer),
Gümüşali Formasyonu	(Dg; Üst Devoniyen),
Seydişehir Formasyonu	(ayEOs; Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen)
Çaltepe Formasyonu	(ayEç; Orta-Üst Kambriyen)

Çalışma alanı ve yakınının jeolojik yapısı ile ilgili açıklamalar büyük oranda Alan ve diğ. (2011), Schmidt (1961), Yetiş ve Demirkol (1984) ve Kalelioğlu (2005) Şenol ve diğ. (1998) tarafından yapılan çalışmalardan alınmıştır. Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası Ek 1'de, stratigrafik dikme kesiti ise Şekil 4.1'de, görülmektedir.

4.1.1. Çaltepe Formasyonu (ayEç; Orta-Üst Kambriyen)

Çalışma alanının batı sınırını oluşturan Göksu Nehri kıyısında görülen birim; kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve yumrulu kireçtaşından oluşmaktadır. Litolojik özellikleri formasyonun gel-git düzlüğünden gittikçe derinleşen şelf ortamında çökelmiş olabileceğini göstermektedir. Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşlı Seydişehir Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülen formasyonun yaşı; trilobit

ve konodont fosil içerikleri, formasyonun stratigrafik konumu ve önceki bulgulardan dolayı Orta-Üst Kambriyen olduğu kabul edilmiştir [Alan vd., 2011].

4.1.2. Seydişehir Formasyonu (ayEOs; Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen)

Çalışma alanının batı sınırı olan Göksu Nehri kıyısında Keben ve Karahacılı Kasabaları arasında görülen birim; başlıca şeyl, silttaşı ve nadiren yumrulu kireçtaşlarından oluşmaktadır. Formasyon gittikçe derinleşen şelf ve türbiditik düzeyleri de kapsayan kırıntılıların yer aldığı duraysız bir ortamda çökelmiş olmalıdır. Çaltepe formasyonuna ait kireçtaşları üzerinde uyumlu olarak yer alan formasyona, Tufanbeyli yöresinde birimin alt düzeylerinde Alt Ordovisiyen yaşlı trilobit ve graptolit ile Silifke batısında konodont tanımlamalarına bağlı olarak Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşı verilmiştir [Alan vd., 2011].

4.1.3. Gümüştali Formasyonu (Dg; Üst Devoniyen)

Kuvarsit, kumtaşı, silttaşı, şeyl, nadiren kumlu kireçtaşı araldanması ve merceksi konumdaki resifal kireçtaşlarından oluşan birim; şelf ortamında resif geçişinde ve lagüner şartlarda çökelmiş olmalıdır. Karbonifer yaşlı Belemelik formasyonu ile geçişli olan birimin yaşı; birim içinden derlenen kayaç örneklerindeki fosil içerikleri ve formasyonun stratigrafik konumuna dayanılarak Üst Devoniyen olarak kabul edilmiştir [Alan vd., 2011].

4.1.4. Belemelik Formasyonu (Cb; Karbonifer)

Başlıca şeyl, marn, çamurtaşı, kuvarsit, kireçtaşı ve resifal kireçtaşlarından oluşan formasyon, çalışma alanında Demircili ve Bükdeğirmeni köyleri yakınlarında ve Keben ile Karahacılı köyleri arasında görülmektedir. Üst Devoniyen yaşlı Gümüştali formasyonu üzerine geçişli olarak gelen Belemelik formasyonunun yaşı fosil içeriğine göre Karbonifer olarak verilmiştir [Alan vd., 2011].

Sistem	Seri	Kat	Formasyon	Litoloji	Açıklama
Senozoik	Kuvaterner	Holosen			Alüvyon, yamaç molozu ve toprak örtüsü
		Pleistosen			Resifal kireçtaşı
	Neojen	Miyosen	Karaisalı Tmk Kaplankaya Tmkp		Çakıllı kumtaşı, kumtaşı, silttaşı, killi kireçtaşı, marn, kireçtaşı
Paleojen	Oligosen	Gildirli Tgi		Konglomera, kumtaşı, silttaşı, kilttaşı, killi kireçtaşı	
Mezozoik	Kretase	Üst	Ofiyolit Kpko		Uyumsuzluk (nonconformity) Harzburjit, dunit, piroksenit, gabro, diyabaz daykları
		Alt			Uyumsuzluk (nonconformity)
	Jura		Çamlık Jkç		Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit
Triyas		Karagedik Trk		Açısal uyumsuzluk Killi kireçtaşı, kumtaşı, şeyl	
Paleozoik	Permiyen		Yellice Py		Mizzia'lı kireçtaşı, silttaşı, şeyl
	Karbonifer		Belemedik Cb		Şeyl, marn, çamurtaşı, kuvarsit, kireçtaşı, resifal kireçtaşı
	Devoniyen	Üst	Gümüşali Dg		Kuvarsit, kumtaşı, silttaşı, şeyl
	Ordovisiyen	Alt	Seydişehir ay&Os		Uyumsuzluk (disconformity) Şeyl, silttaşı, yumrulu kireçtaşı
	Kambriyen	Üst Orta	Çaltepe ay&ç		Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, yumrulu kireçtaşı
					Ölçeksiz

Şekil 4. 1. Erdemli – Silifke (Mersin) bölgesinin tektono-stratigrafik dikme kesiti (Alan ve diğ. (2011)'den değiştirilerek alınmıştır).

4.1.5. Yellice Formasyonu (Py; Üst Permiyen)

Çalışma alanında Keben ve Karahacılı köyleri arasında ve Seyranlık köyü yakınlarında görülen birim; bol *Mizzia*'lı killi kireçtaşı, silttaşı ve şeyl düzeylerinden oluşmaktadır. Hakim litolojisi bol mikro ve makro fosilli kireçtaşlarından oluşan ve

fosil içeriğine bağlı olarak Üst Permiyen yaşı verilen birim, düşük enerjili bir şelf ortamında çökelmiş olmalıdır [Alan vd., 2011].

4.1.6. Karagedik Formasyonu (Trk; Triyas)

Çalışma alanında Atayurt'un batısında görülen ve killi kireçtaşı, kumtaşı ve şeyl araldanmasından oluşan birimin yaşı, fosil içeriğine ve stratigrafik konumuna göre Triyas olarak verilmiş ve duraysız şelf ortamında çökeldiği belirtilmiştir [Demirtaşlı, 1987].

4.1.7. Çamlık Formasyonu (Jkç; Jura-Kretase)

Orta Toroslar'da Beyşehir güneyinde bulunan Aladağ Birliği içindeki Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları için Çamlık Formasyonu adı kullanılmıştır [Alan vd., 2011]. Bolkarlarda yüzeyleyen Mezozoik yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşı araldanmasından oluşan aynı birim Cehennemdere Formasyonu olarak adlandırılmıştır [Demirtaşlı, 1987]. Bu çalışmada benzer yaştaki litolojiler için kullanılan Çamlık Formasyonu adı kabul edilmiştir.

Başlıca kireçtaşı, dolomit ve dolomitik kireçtaşından oluşan birim platform tipi karbonatların çökeldiği sığ ve sakin bir denize ait şelf ortamında çökelmiştir [Alan vd., 2011]. Kalelioğlu, birimin litolojik özellikleri ve fauna içeriğinden dolayı sığ denizel durgun bir platformda çökeldiğini ve birim içerisinde gözlenen dolomitlerden dolayı çökelleme ortamının yer yer gel-git ortamı olduğunu belirtmiştir [Kalelioğlu, 2005].

Tabanda Triyas ve Permiyen yaşlı birimlerle ilksel dokanağı uyumsuz olan Çamlık formasyonunun yaşı fosil içeriğine göre Jura-Kretase olarak verilmiştir [Alan vd., 2011].

Karstlaşma açısından saf dolomitler normalde çok yavaş çözünmelerine karşın; dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan birimlerde yoğun bir karstlaşma görülmektedir. Genel olarak karen terimi kullanılan küçük ölçekli karstik yüzey erime boşluklarının yoğun bir şekilde görüldüğü birim içerisinde gelişen 8 adet mağaranın tamamı dikey gelişmiştir.

4.1.8. Pozantı-Karsantı Ofiyolit Napı (Kpko; Üst Kretase)

Başlıca harzburjit, dunit, piroksenit, gabro ve diyabaz daykları ile metamorfik dilim kayaçlarından oluşan ofiyolit napı çalışma alanının güneybatısında Keben ve Karahacılı köyleri arasında ve kuzeybatısında yer alan Dereköy ve Kayabaşı köyleri arasında görülmektedir. Keben ve Karahacılı arasında Jura-Kretase yaşlı Çamlık formasyonunun üzerinde bindirmeli dokanaklı olarak görülen birimin alt ve üst dokanakları tektoniktir [Alan vd., 2011].

Bölgesel olarak yapılan incelemelerde, ofiyolit içindeki metamorfik dilim kayaçlarını oluşturan amfibolitlerden alınan örneklerin radyometrik yaş tayini sonuçlarına göre; amfibolitlerin oluşumu, dolayısıyla okyanus içi dalma-batmanın yaşı yaklaşık 91 milyon yıl (Üst Kretase) olarak belirlendiği belirtilmiştir. Pozantı-Karsantı Ofiyolit Napı, Üst Kretase'de büyük kesimi kapanan Neotetis okyanus kabuğuna ait kalıntılardan oluşmuştur [Alan vd., 2011].

4.1.9. Gildirli Formasyonu (Tgi; Oligosen-Alt Miyosen)

Çalışma alanında Esenpınar'ın kuzeydoğusunda ve Sömek civarında görülen birim ilk olarak Schmidt tarafından tanımlanmıştır [Schmidt, 1961]. Genel olarak konglomera, kumtaşı, siltaşı, kiltası ve killi kireçtaşından oluşan birime çeşitli araştırmacılar tarafından Üst Eosen'den Orta Miyosen'e kadar değişen yaşlar verilmiştir. Schmidt, birimin üzerine gelen denizel düzeylere dayanarak birimin Alt Miyosen yaşında olduğunu belirtmiş; Yetiş ve Demirkol tarafından ise Oligosen-Alt Miyosen olarak belirlenmiştir [Schmidt, 1961; Yetiş ve Demirkol, 1984].

Gildirli formasyonunu oluşturan konglomera ve kumtaşı birimlerinin akarsu, siltaşı, kiltası ve killi kireçtaşı birimlerinin taşkın ovası, göl, sığ deniz, lagün gibi ortamlarda çökdikleri söylenebilir. Bu birimlerin ardalanmalı ve geçişli olması ortamın duraysız olduğu, altlarda kaba kırıntılıların ve üst bölümlerde de killi kireçtaşının olmasına bağlı olarak da duraysızlığın yanı sıra transgresyonunda çökme sırasında hüküm sürdüğünü göstermektedir [Yetiş ve Demirkol, 1984].

4.1.10. Kaplankaya Formasyonu (Tmkp; Alt – Orta Miyosen)

Çalışma alanının kuzey ve kuzeydoğusunu neredeyse tamamen kaplayan Kaplankaya Formasyonu ilk olarak Yetiş ve Demirkol (1984) tarafından adlandırılmıştır. Çakıllı kumtaşı, kumtaşı, silttaşı, killi kireçtaşı, marn ve kireçtaşından oluşan birim Gildirli formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelir. Bu birim, resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı formasyonu ile yanal ve düşey yönde geçişlidir [Alan vd., 2011].

Formasyonun yaşı Yetiş ve Demirkol (1984) tarafından Burdigaliyen-Langiyen olarak belirtilmiş, Alan ve diğ. (2011) tarafından Alt-Orta Miyosen olarak belirlenmiştir. Alan ve diğ. (2011) formasyonun litolojik özellikleri ve fosil içeriğine bağlı olarak birimin plaj ve resif gerisi lagün ortamında çökeldiğini belirtmiştir. Benzer şekilde Kalelioğlu (2005), birimin bol ostrakod içeriği ve Karaisalı formasyonu ile yanal ve düşey geçişlere sahip olmasından dolayı sığ denizel resif gerisi bir ortamı yansıttığını belirtmiştir.

Kumtaşı, silttaşı, killi kireçtaşı, marn ve kireçtaşından oluşan Kaplankaya formasyonunun özellikle killi seviyeleri çalışma alanında karstlaşmayı sınırlayıcı (karst taban düzeyi) bir rol oynamaktadır. Karstik yüzey şekillerinden olan dolinler, çalışma alanında Jura-Kretase yaşlı birim ve özellikle Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan birim içerisinde yoğun bir biçimde görülmesine karşın; Kaplankaya formasyonu içerisinde nadiren görülmektedir. Çiçek (2001), Mut ve yakın çevresinde yaptığı çalışmada killi seviyelerin dolinlerin şekilleri üzerinde etkili olduğunu ve bu tür alanlarda karst gelişiminin dikey yönlü değil, yatay gelişimli olduğunu belirtmiştir. Gelişmeye başlayan dolinler, Kaplankaya formasyonunun marn ve killi seviyelerinin oluşturduğu karst taban düzeyine ulaştıklarında düşey yönlü gelişimleri sınırlanmıştır.

Formasyon içerisinde gelişmiş tek mağara olan Zindan Dipsizi, formasyonun kireçtaşı seviyelerinde gelişmiş; ancak, gelişim özellikle killi seviyelerde sıklıkla kesintiye uğramış ve bölgede derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşmanın görüldüğü alanlarda görülen dikey mağara duvarlarından farklı olarak oldukça girintili-çıkıntılı bir yapı kazanmıştır.

4.1.11. Karaisalı Formasyonu (Tmk; Alt – Orta Miyosen)

Çalışma alanının neredeyse tamamını kaplayan Karaisalı Formasyonu, ilk olarak Schmidt (1961) tarafından Karaisalı kireçtaşı olarak tanımlanmıştır. Kaplankaya formasyonu ile yanıl ve düşey yönde geçişlidir. Çalışma alanının bazı kesimlerinde ise Paleozoik-Mezozoik yaşlı temel birimler üzerinde açılal uyumsuz olarak bulunur [Alan vd., 2011].

Başlıca resifal kireçtaşlarından oluşan formasyon, gri-bej renkli, orta-kalın tabakalı, yer yer masif, sert-sağlam yapılı, oldukça çatlaklı ve kırıklı, çatlak ve kırıkları kalsit dolgulu, bolca mercan, alg, mollusk, bryozoa ve ekinoderm gibi resif yapıcı organizmaları içeren kireçtaşlarından oluşmaktadır [Alan vd., 2011].

Alg, bryozoa ve lamelli branş kavkı parçalarından oluşan fosil topluluğuna göre formasyon yaşı Alt-Orta Miyosen olarak belirlenmiştir [Alan vd., 2011]. Kalelioğlu (2005), birimin litolojik özellikleri ve fauna içeriği, resif çekirdeği, resif ilerisi ve resif gerisi ortam ürünlerinin olduğu resifal bir ortamda çökeldiğini belirtmiştir. Alan ve diğ. (2011), birimin litolojik özellikleri ve fosil topluluğu içeriğine göre, formasyonun sığ ve çalkantılı bir denizin resif fasiyesinde çökeldiğini belirtmiştir.

Çalışma alanında, karstlaşmanın yoğun bir şekilde görüldüğü birimde, bir ya da daha fazla dolinin birleşmesi sonucu oluşan uvalaların çok sayıda olmasının yanı sıra; irili ufaklı yüzlerce dolin bulunmaktadır. Bölgedeki yükselime karşın; özellikle Pleistosen'de yeraltı su seviyesindeki düşümlere bağlı olarak karstlaşma bölgede hızlı gelişerek derinleşmiş, buna bağlı olarak da birim içerisinde çok sayıda dikey, yarı dikey-yarı yatay ve yatay mağara gelişmiştir.

4.1.12. Yamaç Molozu (Qym)

Çalışma alanının morfolojik özellikler açısından çok önemli farklılıklar sunması ve bölgede tektonik etkiler nedeniyle çok sayıda fay bulunması, özellikle sarp topografik yükseltilerin ve fayların önündeki yamaçlarda, yoğun olarak yamaç molozu birikimine neden olmuştur. Genel olarak bunlar polijenik elemanlı, kötü

boylanmalı, derecelenmesiz, gevşek tutturulmuş çakıllardan oluşmuştur [Alan vd., 2011].

4.1.13. Alüvyon (Qal)

Çalışma alanında Göksu Nehri ve Lamas Çayının denize ulaştığı alanlardaki düzlükleri kaplayan birim; çakıl, kum, silt, kil ve kumlu kil karışımından oluşmaktadır. Tirreniyen-Güncel zamanda gelişen morfolojik birimler üzerinde gelişimi devam eden birim taşkın ovalarında yer almaktadır [Şenol vd., 1998].

4.2. BÖLGENİN KARSTİK ÖZELLİKLERİ

4.2.1. Yüzey Karstı

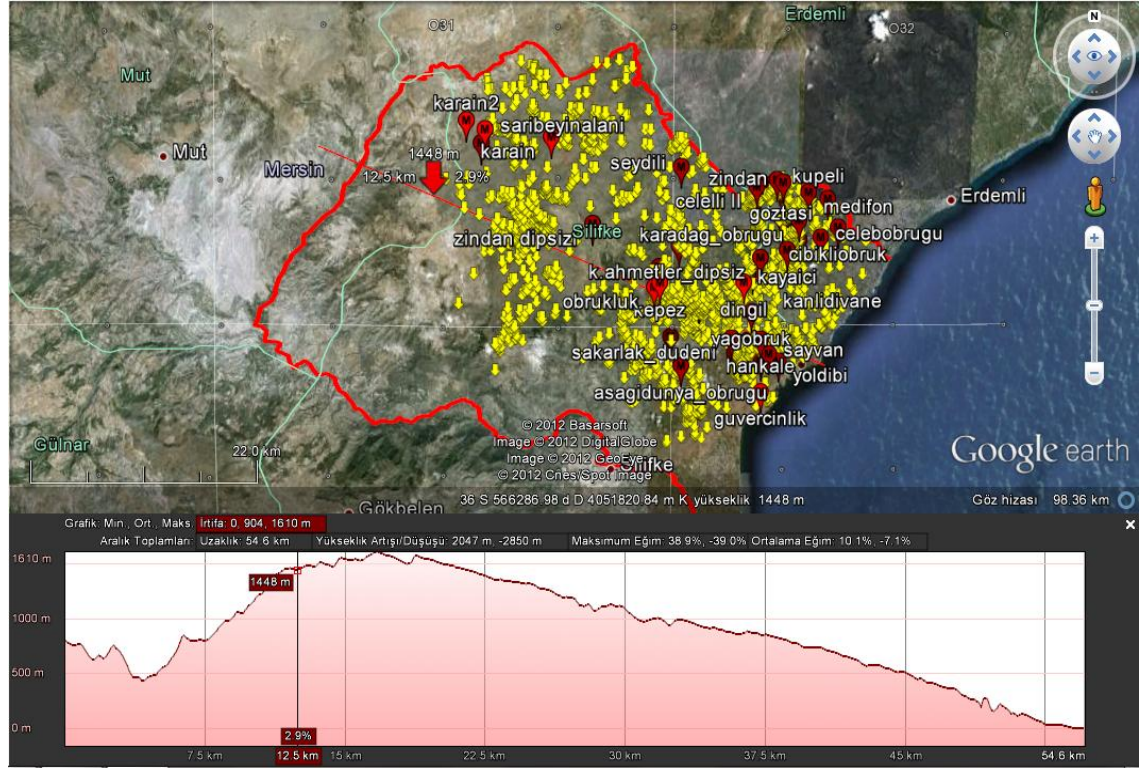
Karstik alanlarda bir dizi fiziko-kimyasal süreç sonucu eriyebilir kayaçların aşınması sonucu oluşan mağaraların gelişimine benzer şekilde; karbonatlı kayaçların üzerine düşen yağmur suları, bu kayaçların üzerini kaplayan ve karst terminolojisinde regolit olarak adlandırılan toprak örtüden geçerken bünyesine CO₂ olarak asidik özellik kazanır. Asidik özellikteki bu sular, karbonatlı kayaçların çatlaklarından süzülerek, çatlakları genişletir. Aşınma-çözünme boyunca bu mekanizma erime olukları olan lapyaları, karstik çöküntü alanlarını, dolinleri ve karstik vadileri; mağaralar kadar iyi şekillendirir.

Karstik yüzey şekillerinden biri olan ve kireçtaşının üzerini kaplayan bir örtü tabaka altında gelişen ve karst terminolojisinde genel bir ifade ile “karen” olarak tanımlanan karstik yüzey şekillerinden lapyalar, çalışma alanının neredeyse tamamında Jura-Kretase yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan birim içerisinde gelişmiştir (Şekil 4. 2). Bu yapıların, çalışma alanında tek bir birim içerisinde bulunmasını yalnızca litolojik farklılığa bağlamak mümkün değildir. Gelişimlerinde stratigrafi, jeomorfolojik evrim, karst taban düzeyi ve yükselti gibi birçok faktörün etkili olduğu karenlerin; karstlaşmanın son derece yoğun olduğu Miyosen birimleri üzerinde görülmemesindeki en büyük etki, muhtemelen Pliyosen örtü tabakasının aşınarak taşınmış olmasıdır.

Karakteristik karst yapılarına ait tüm örneklerin oldukça sık görüldüğü çalışma alanında; bir ya da daha fazla dolinin birleşmesi sonucu oluşan uvalaların çok sayıda olmasının yanı sıra, irili ufaklı binlerce dolin bulunmaktadır (Şekil 4. 3). Genişlikleri, derinliklerinden daha fazla olan karstik erime alanları olan dolinler; genellikle eliptik veya dairesel şekilli olmakla birlikte çalışma alanında bulunan dolinlerin büyük bir kısmı dairesel değildir. Bu durum çalışma alanında bulunan dolinlerin; gerek tektonik süreçler gibi dış etkenlere ve gerekse de gelişim mekanizmalarına bağlı olarak, ilksel konumlarını koruyamayıp deformasyona uğramış ve/veya dairesel şekilde gelişmemiş olduklarını göstermektedir. Bu nedenle, bölgedeki karst gelişiminin en önemli göstergelerinden biri olan dolinlerin gelişim mekanizmaları göz önünde bulundurularak belirli bir sistematik içerisinde değerlendirilmesi gerekmektedir.



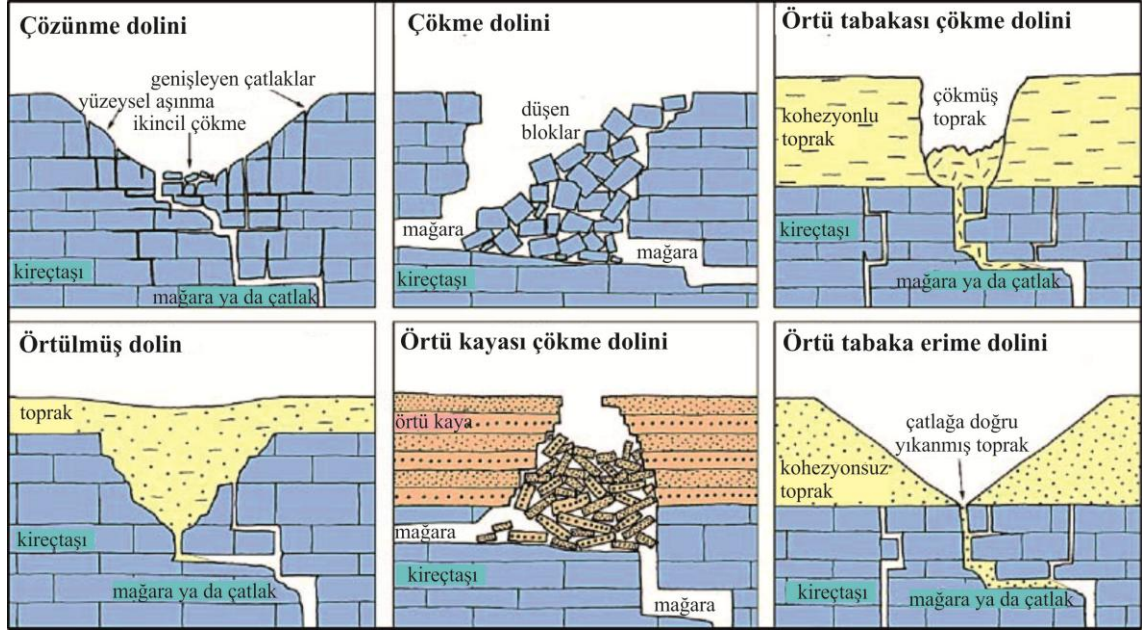
a
b
Şekil 4. 2. Çalışma alanında Jura-Kretase yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan birim içerisinde görülen karstik yüzey şekilleri a) kamenitza ve b) rillen karen.



Şekil 4. 3. Çalışma alanı KB-GD kesiti yükseklik profili ve dolin yoğunluğu (yükseklik profili Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur).

Dolinlerin gelişim mekanizmaları dikkate alınarak yapılmış çok sayıda sınıflandırma olmakla birlikte; yaygın olarak kabul edilmiş olanı Waltham ve Fookes (2003) sınıflamalarıdır (Şekil 4. 4) [Doğan, 2004].

Waltham ve Fookes [2003] yaptıkları çalışmaya göre, karstik alanların tam olarak tanımlanabilmesi için dört parametreye ihtiyaç duyulur: karst sınıflaması, dolin yoğunluğu, mağara boyutu ve örtü tabaka kalınlığı. Burada dolin yoğunluğu, harita ve hava fotoğraflarından yararlanılarak belirlenen her bir birim alandaki dolin sayısıdır. Ancak, dolinlerin büyük boyutlarda olması durumunda, doğal olarak dolin yoğunluğunun düşük olacağı unutulmamalıdır. Teorik olarak bu tanım, her bir yılda her bir km^2 'de görülen yeni dolin oluşumlarının (NSH; rate of formation of new sinkholes per km^2 per year) oranıdır. Genel olarak NSH, çökme tipi dolinlerin kolayca biçimlendiği ince örtü tabakaya sahip karstik alanlarda yüksektir (Çizelge 4.1).



Şekil 4. 4. Dolin tipleri [Waltham ve Fookes, 2003].

Karstlaşmanın son derece yoğun bir şekilde görüldüğü çalışma alanında çok sayıda mağara bulunmasına karşın; derinlik ve/veya genişliği 5 m'den daha küçük olanlar değerlendirme dışında tutularak, 50 mağaranın detay etüdü yapılmıştır. Gerek sahip olduğu çok sayıdaki irili ufaklı mağaralar ve gerekse de dolin türlerinin (örtü kayası çökme tipi dolin hariç) yüzlercesine sahip olmasına bağlı olarak çalışma alanı Waltham ve Fookes [2003] karst sınıflamasına göre, kIV (karışık) karst sınıfında yer almaktadır (Çizelge 4.1).

Waltham ve Fookes [2003] dolin sınıflamasına göre, çalışma alanında sık görülen tür; çökme tipi dolinlerdir. Yeraltı boşluklarının ya da mağara tavanlarının kendi ağırlıklarını taşıyamayarak çökmesi sonucu meydana gelirler. Çökme tipi dolinlerin karakteristik özelliklerinden olan dik kenarlar, çalışma alanındaki dolinlerde de net bir şekilde görülmektedir. Yine karakteristik olarak genç oluşumlarda görülen ve tabanda çökmeye bağlı olarak mağara tavanına ait moloz ve bloklar, çalışma alanında bulunan bu tip dolinlerin net bir şekilde ayırt edilmesini sağlamaktadır (Şekil 4. 5a ve b). Çökme tipi dolinlerle görülebilen fiziksel ve/veya kimyasal aşınmaya bağlı olarak moloz ve blokların zamanla toprak örtüyle kaplanması olgusu çalışma alanındaki dolinlerde oldukça nadir olarak görülmüştür (Şekil 4. 6).

Çizelge 4. 1. Karst sınıflaması [Waltham ve Fookes, 2003].

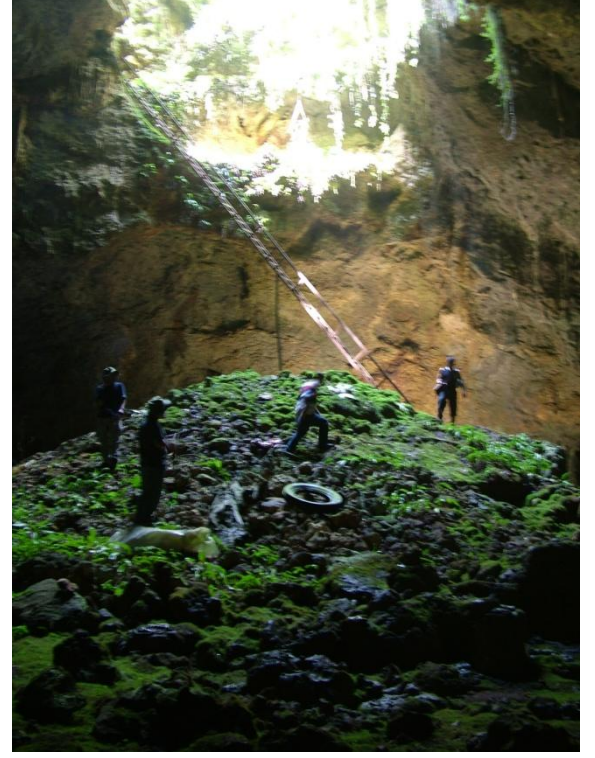
Karst sınıfı	Lokasyon	Dolin	Örtü kaya	Çatlaklılık	Mağaralar
kI (en genç)	Yalnızca çöl ve periglasiyel alanlarda ya da katışık karbonat alanlarında	Nadir; NSH <0.001	Hemen hemen uniform; az çatlaklı	Minimal; düşük ikincil permeabilite	Nadir ve küçük; izole halde kalmış bazı özellikler
kII (genç)	Az sayıda ılıman bölgelerde	Küçük örtü tabaka erime dolini veya örtü tabakası çökme dolinler; açık dolinler; NSH 0.001–0.05	Çok küçük çatlaklı	Yüzeye yakın birkaç metrelik alanlarda yaygın	Çok küçük mağaralar; genellikle <3 m
kIII (olgun)	ılıman bölgelerde yaygın; yağmurlu tropikal iklimlerde az sayıda	Çok fazla örtü tabaka erime veya örtü tabakası çökme dolinleri; büyük çözünme dolinleri; küçük çökme tipi ve örtülmüş dolin	Geniş çatlaklar; <5 m; örtü toprakta gevşek bloklar	Yaygın olarak geniş ikincil çatlaklar	Farklı seviyelerde <5 m
kIV (karışık)	Genel olarak ılıman iklimlerde; tropikal iklimlerde normal	Çok sayıda büyük çözünme tipi dolinler; çeşitli çökme tipi dolin; dağınık şekilde çökme ve gömülme tipi dolin, NSH 0.5–2.0	5–20 m arasında tepecikler şeklinde; gevşek sütunlar	Yaygın büyük çözünme yapıları, ana çatlaklardan uzakta	Farklı seviyelerde >5 m

Literatürde bu tür dolinlerin, saf kireçtaşının dayanıklı ve sert olmasından dolayı bu tür alanlarda büyük çaptaki bir mağaranın çökmesinin nadir olarak gerçekleşebileceği ve buna bağlı olarak da hakim litolojinin kireçtaşı olduğu alanlarda sık görülemeyeceği belirtilmektedir. Bu nedenle, bu tür dolinlerin çoğunlukla fosil ya da eski oldukları, genel olarak da olgun ya da yaşlı karst alanlarında görüldükleri belirtilmektedir [Doğan, 2004]. Buna karşın, çalışma alanında hakim litoloji olan resifal kireçtaşlarının yanı sıra; hem killi seviyelerden dolayı karstlaşmayı sınırlandırıcı rol oynayan Kaplankaya formasyonu ile dolomit,

dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan Çamlık formasyonu içerisinde gelişmiş çok sayıda çökme tipi dolinin varlığı bu görüşe zıttır.



a



b

Şekil 4. 5. Çalışma alanında sık görülen çökme tipi dolin örnekleri a) Aşağıdünya Obruğu, b) Küpeli Mağarası

Çalışma alanında bulunan Cennet ve Cehennem Obruqları, çökme tipi dolinlerin en karakteristiklerinden birini oluşturmakla birlikte; çalışma alanında Zindan Dipsizi, Aşağı Dünya Obruğu, Kale Mağarası, Karaobruk ve Küpeli Mağarası gibi çok sayıda çökme tipi dolin bulunmaktadır. Pleistosen'de görülen Akdeniz su seviyesindeki değişimler ve yükselim halinde olan bölgede karstlaşma hızlanmış ve derinleşmiştir. Bu etki, bölgede çok sayıda genç yarılmaları meydana getirmenin yanı sıra; bölgede, hızla derinleşen karstlaşmaya bağlı olarak çok sayıda çökme tipi dolin gelişmiştir.



Şekil 4. 6. Çalışma alanında nadir olarak görülen, tabanı toprak örtü ile kaplanmış çökme tipi dolin.

Çalışma alanında en sık görülen bir diğer dolin türü de çözünme tipi dolinlerdir. Kimyasal çözünme sonucu oluşurlar ve derinlik ve genişlikleri birkaç metreden onlarca metre derinliğe ulaşabilir. Genellikle dairesel ve eliptik karstik çöküntü alanlarıdır (Şekil 4.7a ve b). Bu tür dolinlerin oldukça yoğun görüldüğü alanlar, literatürde poligonal karst olarak adlandırılır [Doğan, 2004]. Çalışma alanında bulunan bu tip dolinlerin tabanlarında genellikle; kireçtaşının çözünmesi sonucu arta kalan, kil içeriği yüksek sedimanlardan oluşan ve terra rosa olarak bilinen kırmızı renkli toprak örtünün bulunması, bu alanların yoğun olarak tarımsal amaçlı kullanımını da beraberinde getirmiştir (Şekil 4.8a ve b).

Çözünme tipi dolinlerin tarımsal amaçlı kullanımı, beraberinde karstik akiferlerin, yakınlardaki kuyu ve kaynaklarının hızla kirlenmesine neden olabilmektedir. Çalışma alanında da olduğu gibi, bu tür alanlarda zararlı böcek ve yabancı otların yok edilmesi ve ürün hastalıklarını engellemek amacıyla yoğun olarak kullanılan pestisit, böcek ilaçları, herbisit vb. ilaçlar yüzey suları ile birlikte, yetersiz veya hiçbir doğal filtrasyona uğramadan, yeraltı sularına ulaşabilmektedir. Bunun

sonucu olarak, karstik alanların yüksek taşıma özelliğinden dolayı akiferlerin hızlı bir şekilde kirlenmesi söz konusu olabilmektedir. Bu durum çalışma alanı içerisinde yer alan ve yakın çevresinde tarımsal aktivitenin yoğun olduğu Küpeli Mağarasında net bir şekilde görülmektedir. Mağaradaki sifondan alınan su örneğinde yapılan analizde; nitrat (NO_3^-) değeri (80,31 mg/L) sınır değer olarak kabul edilen 50 mg/L'den daha yüksektir. Bu durum, içme suları için risk oluşturmasının yanı sıra bu alanlarda bulunan mağara ekolojisinin de olumsuz yönde etkilenmesine neden olabilmektedir.

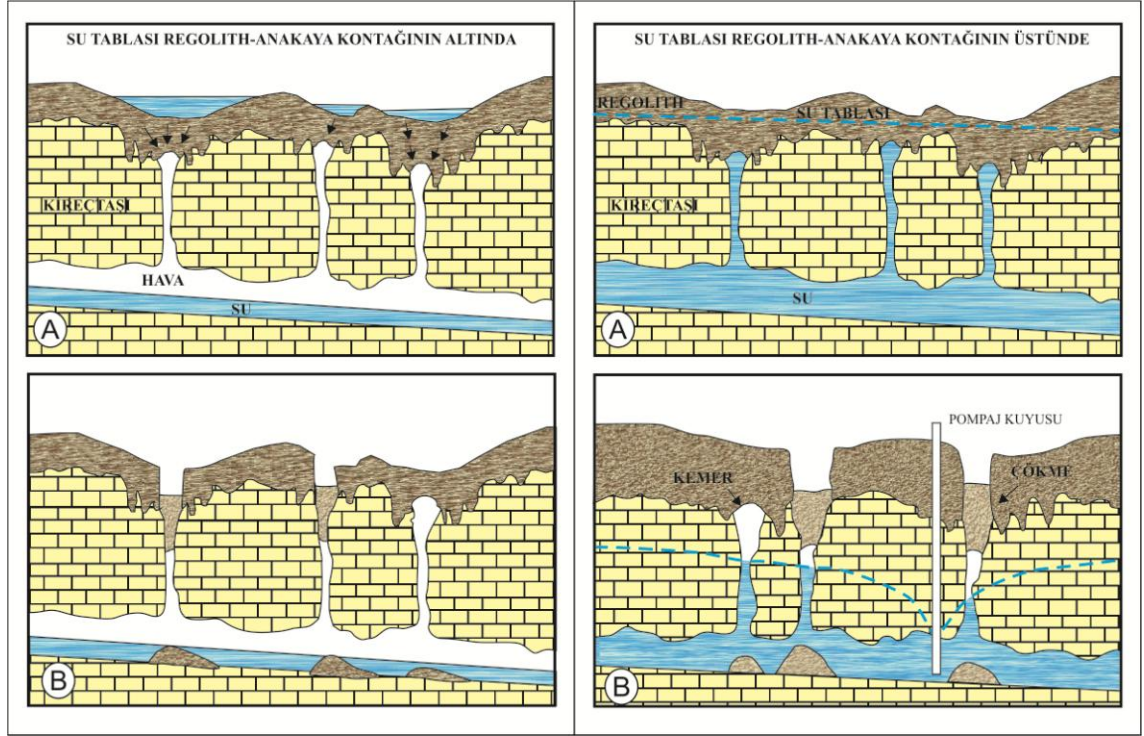


a b
Şekil 4. 7. Çalışma alanında sık görülen bir diğer dolin türü olan çözünme dolinleri a) çalışma alanının yüksek kotlarında sıkça görülen çözünme tipi bir dolin, b) çalışma alanında kıyı şeridinde yaklaşıldıkça ender görülen çözünme tipi dolinlere bir diğer örnek; Kovanlı Çukuru.



a b
Şekil 4. 8. a) Çalışma alanının yüksek kotlarında yaylacılık faaliyetleri için kullanılan çözünme tipi bir dolin, b) Çalışma alanı içerisinde bulunan Kocaoluk mevkiinde tarım alanı olarak kullanılan çözünme tipi bir dolin.

Waltham ve Fookes [2003] sınıflamasında, farklı sınıflandırılan *örtü tabakası çökme dolini* ve *örtü tabaka erime dolini* gelişim mekanizması çökme tipi dolinlere benzemekle birlikte; oluşumlarında etken faktör yeraltı su seviye değişimleridir. Bu tür dolinlerin gelişimleri ile ilgili literatürde iki farklı oluşum modeli vardır (Şekil 4.9).



Şekil 4. 9. Yeraltı su seviyesi değişimlerine bağlı şematik dolin gelişim mekanizmaları (www.sinkhole.org adresinden değiştirilerek alınmıştır).

Oluşum modellerinden birincisinde; sellenme sonucu regolit olarak tanımlanan örtü tabakanın yıkanmasına bağlı olarak, alttaki mevcut mağaranın tavanını oluşturan materyalin çökmesi sonucu bir gelişim söz konusudur. Diğer oluşum modelinde ise; yeraltı su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak, örtü tabakanın, zamanla erimesi ve yıkanması sonucu, duraylılığını kaybetmesiyle yeraltındaki dikey boşluklar boyunca aşağı yönde taşınması sonucu bir gelişim söz konusudur.

Speleoloji terminolojisinde genellikle toprak düden olarak adlandırılan bu tip dolinler; yeraltı sularının aşırı pompajı gibi antropojenik etkilerle tetiklenmelerinden dolayı ve bölgedeki karstlaşmanın daha iyi tanımlanabilmesi

amacıyla bu gelişim mekanizmasına sahip dolinler tetiklenmiş dolin olarak da adlandırılabilir. Zira doğal süreçler sonucu meydana gelen dolinler ile tetiklenmiş dolinler, fiziksel karakterleri, oluşum sıklıkları ve çevresel etkenler açısından birbirlerinden kolayca ayırt edilebilir. Genel olarak antropojenik etkiler sonucu tetiklenen dolinler, çalışma alanının güneyinde yer aldığı Torosların güney ve batıdan sınırladığı ve son yıllarda sıklıkla yeni obrukların oluştuğu Konya-Karapınar bölgesinde olduğu gibi hızlı bir gelişim gösterirler.

Çalışma alanı sınırları içerisinde tetiklenmiş dolin örneği saptanmamış olmakla birlikte; çalışma alanının doğu sınırını oluşturan Lamas Kanyonunun yaklaşık 3 km doğusunda bulunan Kocahasanlı beldesinde 2009 yılı Mayıs ayında, tabanında su bulunan ve yaklaşık 5 m derinlik ve çapa sahip bir obruk gelişmiştir. Arazi sahibiyle yapılan görüşmede, obruğun tarlasını sürdüğü sırada birden bire geliştiği bildirilmiştir. Nüfus artışı ve yoğun tarımsal aktivitelere bağlı olarak su ihtiyacının her geçen gün arttığı bölgede açılmış çok sayıda ruhsatsız kuyu bulunmaktadır. Bu durum, bölgede tuzlu su girişiminin yanı sıra yeraltı su seviyesinde dengenin bozulmasına da neden olmaktadır.

Waltham ve Fookes [2003] sınıflamasında yer alan ve çökme tipi dolinlerin oluşum mekanizmalarına benzer şekilde gelişen *örtü kayası çökme dolini*, çalışma alanında bulunmamaktadır.

Yine Waltham ve Fookes [2003] sınıflamasında yer alan bir diğer dolin türü örtülmüş dolindir. Bu tür dolinler genellikle; çözünme veya çökme dolinlerin regolit olarak tanımlanan kilce zengin kırmızı renkli topraklarla dolması sonucu oluşan ve topografyada görülen dairesel bitki kümelenmeleri, yüzey sularının geçici göllenmeleri gibi işaretlerle fark edilebilen dolinler olarak tanımlanmaktadır [Doğan, 2004].

Çalışma alanının özellikle yüksek kotlarında çok sayıda örneği bulunan örtülmüş dolinler, bölgede özellikle çözünme tipi dolinlerde olduğu gibi yoğun olarak yayla ve tarımsal amaçlarla kullanılmaktadır (Şekil 4.10a). Diğer taraftan, bölgede sıklıkla karşılaşılan bir olgu olarak, bu tür alanların yakınlarında yaşayan

halk tarafından bilinçli olarak toprak ve/veya irili ufaklı kaya parçalarıyla kapatılmış örnekleri de görülmektedir (Şekil 4.10b).



Şekil 4. 10. a) Çalışma alanının yüksek kotlarında görülen, doğal süreçlere bağlı olarak toprak örtü ile örtülmüş dolin b) Çalışma alanında insanlar tarafından çeşitli gerekçelerle bilinçli olarak örtülmüş (kapatılmış) dolin örneği.

Çalışma alanının genelinde görülen içme ve kullanma amaçlı su ihtiyacı, örtülmüş dolinlerin yoğun olarak görüldüğü yüksek kotlarda (2011 yılı itibariyle devam eden çalışma ile) şehir şebeke suyu ve Lamas Kanyonundan borularla taşınan su ile giderilmeye çalışılmaktadır. Genellikle yaylacılık faaliyetleri için kullanılan çalışma alanının yüksek kotlarındaki bu tür alanlarda, nüfus artışına bağlı olarak artan sondaj kuyuları (dolayısıyla olası aşırı pompaj), su tutma yapıları ve arazi kullanım değişiklikleri yeraltı su tablasında dalgalanmalara ve aşırı yağmur sularının bu alanlardaki toprak örtününün yıkanmasına neden olabilecektir. Toprak örtününün yıkanması, bu tür alanlarda olası sellenme ve çökmeler sonucu bu alanların birer tetiklenmiş doline dönüşmelerini doğuracaktır. Bu alanlardaki dolinlerin, doğal drenajı engelleyen yapılar ile toprak, taş ve değişik materyallerle tıkanması olası sellenmelere neden olabilecektir. Tıkanmış dolinlerin açılması bir nebze sellenmeyi engelleyebilmekle birlikte; potansiyel sellenme alanlarında açılacak drenaj kuyuları

vasıtasıyla aşırı su akifere yönlendirilebilir. Ancak bu tam tersi şekilde; oluşturulacak olası drenaj sistemlerinin kapasitelerinin yeterli olamaması durumunda sel sularının bir doline yönelmesine neden olacaktır. Ayrıca; çalışma alanında, dolinlerin bilinçli olarak kapatılmasının dışında sık karşılaşılan bir diğer durum da; bu tür alanların vahşi çöp depolama alanı olarak kullanılmasıdır. Çözünme tipi dolinlerde de kısaca değinildiği üzere, karstik alanlarda doğal filtrasyon hemen hemen hiç yoktur. Dolayısıyla, bu tür alanlardaki akiferler kolaylıkla ve hızlı bir şekilde kirlenmeye maruz kalabilmektedir. Akiferlerdeki kirlenme yalnızca yeraltı suları için risk teşkil etmez; aynı zamanda oldukça hassas bir dengeye sahip olan mağara ekosistemleri içinde risk oluşturur. Bu nedenle, çalışma alanının özellikle yüksek kotlarındaki bu tür alanları daimi ve geçici olarak kullanan halkın bilinçlendirilmesi ve doğal sistemlere mümkün olduğunca etki edilmemesi sağlanmalıdır.

Aynı zamanda, çalışma alanında birkaç metreden onlarca metre genişlik ve derinliğe sahip dolinler rahatlıkla görülebilirken, karstik alanların karakteristik yapılarından olan dolinlerin başlangıç oluşum evrelerinin belirlenmesi de büyük önem taşımaktadır. Böylelikle, dolinlerde olası çökmeler sonucu oluşabilecek can ve mal kayıpları, yine bu alanlarda yapılacak olası baraj ve tünel gibi mühendislik yapılarında meydana gelebilecek su kaçakları, sellenme ve olası yıkımlar önlenir. Ayrıca, bu tür alanlardaki beslenme havzalarında ve karstik su kaynaklarında olası doğal ve antropolojik kirlenme de önlenir.

Özellikle ani ve hızlı bir oluşuma sahip olan tetiklenmiş dolinlerle ilgili herhangi bir erken uyarı verisi bulunmazken, doğal dolinlerle ilgi bölgede meydana gelebilecek bazı gelişmeler olası bir dolin oluşumunun habercisi olarak kabul edilebilir (Şekil 4.11). Amerikan Jeoloji Enstitüsü tarafından hazırlanan bir yayında olası bir dolin gelişiminin habercisi olarak aşağıdaki maddeler belirtilmiştir;

- Toprak, asfalt, beton yol ve zeminde dairesel ve doğrusal çatlaklar,
- Genellikle suların biriktiği küçük alanlardaki çöküntüler,
- Ağaçların, yolların, rayların, çitlerin, boruların, direklerin, işaret levhalarının ve diğer dikey ya da yatay yapıların eğilmesi, çökmesi,
- Direkler gibi dikey yapıların küçük ölçekli düşey yönlü hareketi,

- Genellikle kapı ve pencerelerle birlikte temel ve duvarlarda çatlakların oluşması,
- Nispeten kısa sürede zeminde koni şeklinde küçük deliklerin oluşması,
- Kuyudaki temiz suyun ani bir şekilde bulanması,
- Bitki örtüsünde anormal değişimler (solma vs),
- Dere ya da küçük göllerin hızlı bir şekilde boşalması [Veni vd., 2001].



Şekil 4. 11. Çalışma alanında dolin başlangıç evresi işareti olarak kabul edilebilecek çok sayıda dairesel yapı bulunmaktadır.

Çalışma alanında, üst kotlarda çok sık görülen dolinlerin genel gelişim hatları KD-GB yönlü olmakla birlikte, düden olarak çalışan dolinlerin derinleşme yönleri KB-GD hattını izlemektedir. Bunun sebebi; Pleistosen’de görülen Akdeniz su seviyesindeki birçok kez alçalma ve yükselmeler sonucu, yükselim halinde olan bölgede karstlaşmanın hızlanması ve derinleşmesidir. Bu durum, bölgede çok sayıda genç yarılmının gelişmesini sağlamıştır. Bölgede karstlaşma, ana tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişmeye başlamış olmakla

birlikte; hakim tektonik hatta dik olarak gelişen KB-GD yönlü süreksizlikleri takip etmiştir.

Bölgede görülen yükselimin bir diğer belirtisi de çalışma alanında oldukça sık görülen aşınım yüzeylerinin varlığıdır (Şekil 4.12). Pleistosen'in buzul dönemleri ve buzularası (interglasiyel) dönemlerine bağlı olarak buzulların erimesi ile birlikte bölgenin blok halinde yükselmesi, yataklarını derinleştiren akarsuların Pliyosen örtü tabakasını aşındırarak taşınmasına neden olmuştur. Çalışma alanının özellikle üst kotlarında yoğun olarak görülen sığ dolinler, bu örtü tabakasının sıyrıldığı ve karstlaşmada görülen gençleşmeye ayak uyduramayarak derinleşemediklerini göstermektedir. Nazik'le yapılan görüşmede, bölgenin yükselmesi sonucu örtü tabakadan sıyrılan uvalaların; yarı erimesiz birimlerdeki paleo-flüviyal sistemlerin örtülerek, yeniden sıyrılması sonucu oluşmuş olabileceğini, bölgede yaygın olan silik olgun paleo topografyanın bunun bir kanıtını oluşturduğunu belirtmiştir [Nazik, 2012]. Bu aşınım yüzeylerinin arasında dar ve genç vadilerin yerleşmiş olması bölgenin bir ya da birkaç aşınım dönemi geçirdiğini ve sonrasında da yeniden yükseldiğini işaret etmektedir [İzbırak, 1962].

Çalışma alanında bulunan dikey mağaralarda, özellikle Jura-Kretase yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan birim içerisinde gelişenlerde, mağara duvarlarında damlataş oluşumlarının nadir olarak ya da hiç görülmemesi, duvarlardaki ve mağara pasajlarındaki oygu ve yıkama izleri; karstlaşmanın bu bölgede, hızla derinleştiğini göstermektedir. Bölgede karstlaşmayı sınırlandıran nihai morfolojik taban düzeyinin Akdeniz olması ve dolayısıyla Akdeniz su seviyesindeki değişimler ile birlikte bölgedeki yükselme sonucu, karstlaşma hızlı gelişmiş ve derinleşmiştir.

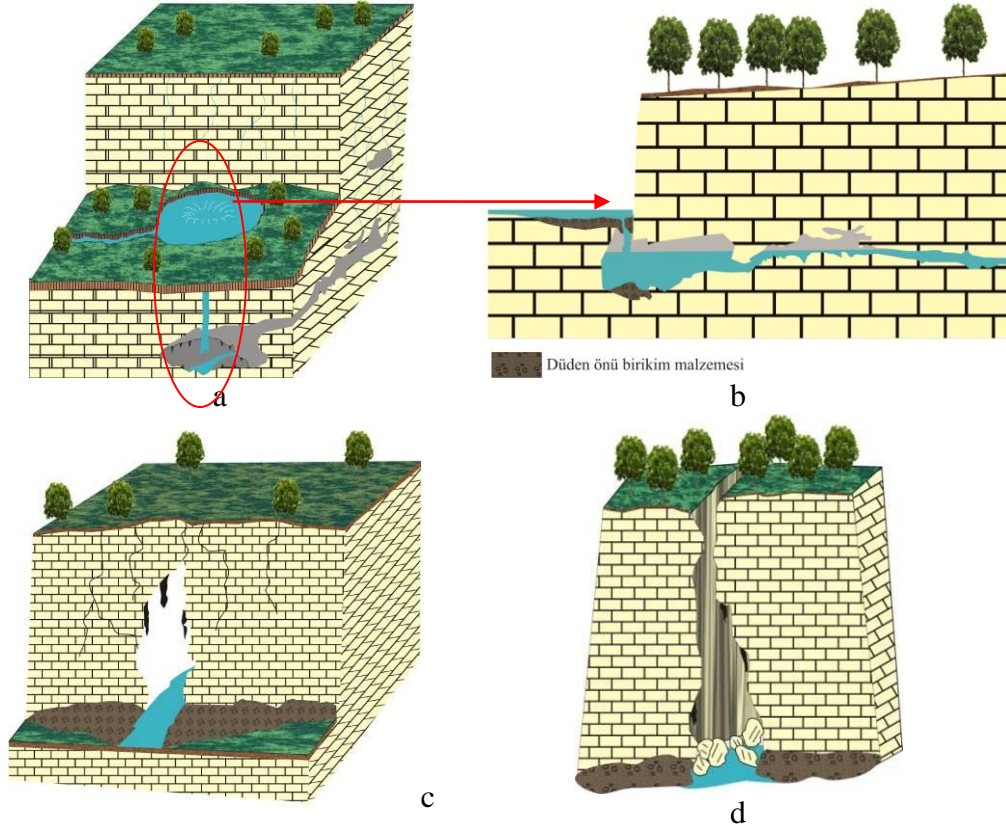
Hızlı gelişen ve derinleşen karstlaşmanın bir sonucu olarak çalışma alanında, derinlikleri genişliklerine daha büyük, dar ve dik kenarlı olan ve karst terminolojisinde genellikle karstik boğaz olarak adlandırılan kanyonlar meydana gelmiştir. Bu tür yapıların karstik boğaz yerine; çalışma alanında, gelişim mekanizmaları dikkate alındığında mağara kanyon olarak adlandırılması çok daha doğru olacaktır. Nazik, kireçtaşı kalınlığının az veya karst taban düzeyinin yüzeye

yakın olduğu sığ karstik bölgelerde bulunan kanyonların ön ya da arka kesiminde bulunan ve başlangıçta mağara olarak gelişmesine karşın, mağaranın derinleşmesine bağlı olarak yükselen tavanın çökmesi sonucu oluşan kanyonları mağara kanyon olarak adlandırmıştır [Nazik, 2010].



Şekil 4. 12. Çalışma alanında, özellikle yüksek kotlarda sık görülen aşınım yüzeyi örneği.

Tipik bir mağara kanyon, akarsuyun bir düdende kaybolarak yeraltına inmesi ve akışını yeraltında sürdürmesi sonucu meydana gelir (Şekil 4.13a). Düden vasıtasıyla yeraltına inen karbondioksitçe zengin asidik sular, yüksek çözünürlülüğe sahip kireçtaşlarını akış kanalları boyunca genişleterek, yeraltı derelerini zamanla mağara galerilerine dönüştürür (Şekil 4.13b). Aynı zamanda; kütlelerin üst kotlarında, kırık ve çatlaklardan süzülen asidik özellikteki yüzey sularının, içlerinden geçtiği kırık ve çatlakları çözündürerek genişletmesi devam eder (Şekil 4.13c). Bu süreç, tabanda gelişen mağara ya da mağaraların birleşmesiyle sonlanır. Zamanla mağara sisteminin tavanının kendi ağırlığını taşıyamayarak çökmesi sonucu kenarları dik, dar ve derin kanyonlar ortaya çıkar (Şekil 4.13d).



Şekil 4. 13. Mağara kanyonların şematik gelişim modeli. a) Akarsu, düden vasıtasıyla yeraltına inerek akışını yeraltında sürdürür, b) akarsu taşıdığı materyalleri düden önünde biriktirir, karbondioksitçe zengin asidik özellikteki su yeraltı deresini zamanla mağara galerisine dönüştürür, c) oluşan mağaranın içerisinde geliştiği eriyebilir kayacın kırık ve çatlaklarından süzülen asidik özellikli sular kırık ve çatlakları çözündürerek genişletir. Genişleyen kırık ve çatlaklar alttaki mağara ile birleşir, d) genişlemeye devam eden mağaranın tavanının kendi ağırlığını taşıyamarak çökmesi sonucu kenarları dik, dar ve derin kanyon gelişir.

Mağara kanyonların en belirgin özelliklerinden biri, akarsu ve/veya sel sularının bir düden önünde göllenmesi ve beraberinde taşıdıkları materyalleri biriktirmesi sonucu, kanyonların başlangıç noktalarında düden önü malzemesi olarak tanımlanabilecek materyalleri bulundurmasıdır.

Oluşum mekanizmaları dikkate alındığında, çalışma alanının doğu sınırını oluşturan Lamas Kanyonu ile kuzey sınırını oluşturan Sason Kanyonu mağara kanyon olarak gelişmeye başlamış; ancak, sonraki süreçlerde, gelişimlerinde bölgede Pleistosen'de görülen Akdeniz su seviyesindeki değişimlerle birlikte bölgenin epirojenik yükselimi daha fazla etkili olmuştur. Bu tür mağara kanyonların belirgin özelliklerinden olan, düden önü birikim malzemesinin her iki kanyonun başlangıç

seviyelerinde görülmemesi, bölgedeki epirojenik yükselim ve morfolojideki aşınımlarla açıklanabilir.

Lamas ve Sason kanyonları gibi mağara kanyonların en belirgin özelliklerinden bir diğeri de, kanyonun her iki yakasında görülebilen, birbirinin eşleniği olan, mağara yan kol ve odalarının bulunmasıdır (Şekil 4. 14, Şekil 4. 15).

Muhtemelen, kanyon haline dönüşmeden önce gelişmiş olan ve günümüze kadar varlığını korumuş sarkıt ve damlataşların açıkça görülebildiği Lamas kanyonunda, tavanın çökmesi sonucu günlenmeye maruz kalan bu damlataş oluşumları hava sirkülasyonuna bağlı olarak kurumaya, çatlamaya ve tozlaşarak deforme olmaya başlamıştır (Şekil 4. 16).



Şekil 4. 14. Lamas kanyonunda bulunan yan kollardan biri ve bu kolun ön tarafında, tavanın çökmesi sonucu düşen bloklardan günümüze kalanlar.



Şekil 4. 15. Lamas kanyonunun her iki yakasında görülen ve birbirinin eşleniği olan yan kol ve odalar.



Şekil 4. 16. Lamas kanyonunun yan duvar ve ceplerinde görülen deforme olmuş damlataş oluşumları.

Bölgede karstlaşmanın hızlı ve derinlemesine gelişmesine bağlı olarak, yatay tabakalı Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde, bölgedeki hakim tektonik hat olan KD-GB yönünde gelişmeye başlayan vadi ve kanyonlar; hakim tektonik hatta dik olarak gelişen ve bölgedeki en genç yarıma ve akaçlama yönünü oluşturan KB-GD yönlü süresizliklere bağlı olarak yön değiştirmiş ve çalışma alanının doğu ve batısında KB-GD yönünde gelişen Lamas Çayı ve Göksu Nehri tarafından kapılmıştır. Çalışma alanında bu durumun en güzel örneğini Sason Kanyonu teşkil etmektedir. Çalışma alanının kuzey sınırını oluşturan Sason Kanyonu KD-GB yönünde gelişmeye başlamış, sonraki süreçlerde Göksu tarafından kapılmış ve gelişimi KB-GD yönünde devam ederek sönümlenmiştir. Hızlı gelişen ve derinleşen karstlaşmaya bağlı olarak, yatay tabakalı resifal kireçtaşlarında gelişen mağaralar

basamaklı bir yapı kazanmış ve su seviyesindeki düşümler sonucu günümüzde fosil, paleokaynak konumlu mağaralar olarak askıda kalmışlardır (Şekil 4.17).



Şekil 4. 17. Çalışma alanının kuzey sınırını oluşturan Sason Kanyonunun başlangıç noktası. Karstlaşmanın hızlanma ve derinleşme sürecine girmesine bağlı olarak askıda kalmış, fosil mağara girişleri.

4.2.2. Mağaralar

Orta Toroslarda yer alan çalışma alanında dikey-yarı dikey, yarı aktif, düden ve geçit konumlu; kıyı kesimine yakın alanlarda ise kaynak konumlu, yatay-yarı yatay çok sayıda mağara bulunmaktadır. Çalışma alanında bulunan ve detaylı araştırmaları tamamlanan mağaraların isimleri ve konumları Şekil 4.18'de verilmiştir.

Çalışma alanında bulunan mağaraların bazıları, genel olarak bölge tektoniğine uygun bir şekilde KD-GB doğrultulu fay ve çatlaklara bağlı olarak gelişmeye başlamış; ancak, gelişimlerinde bu fay ve çatlaklara dik gelişen KB-GD doğrultulu çizgisellikler etkin rol oynamıştır. KD-GB doğrultusunda gelişmeye başlayan mağaralarda, KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak yan kollar gelişmiş

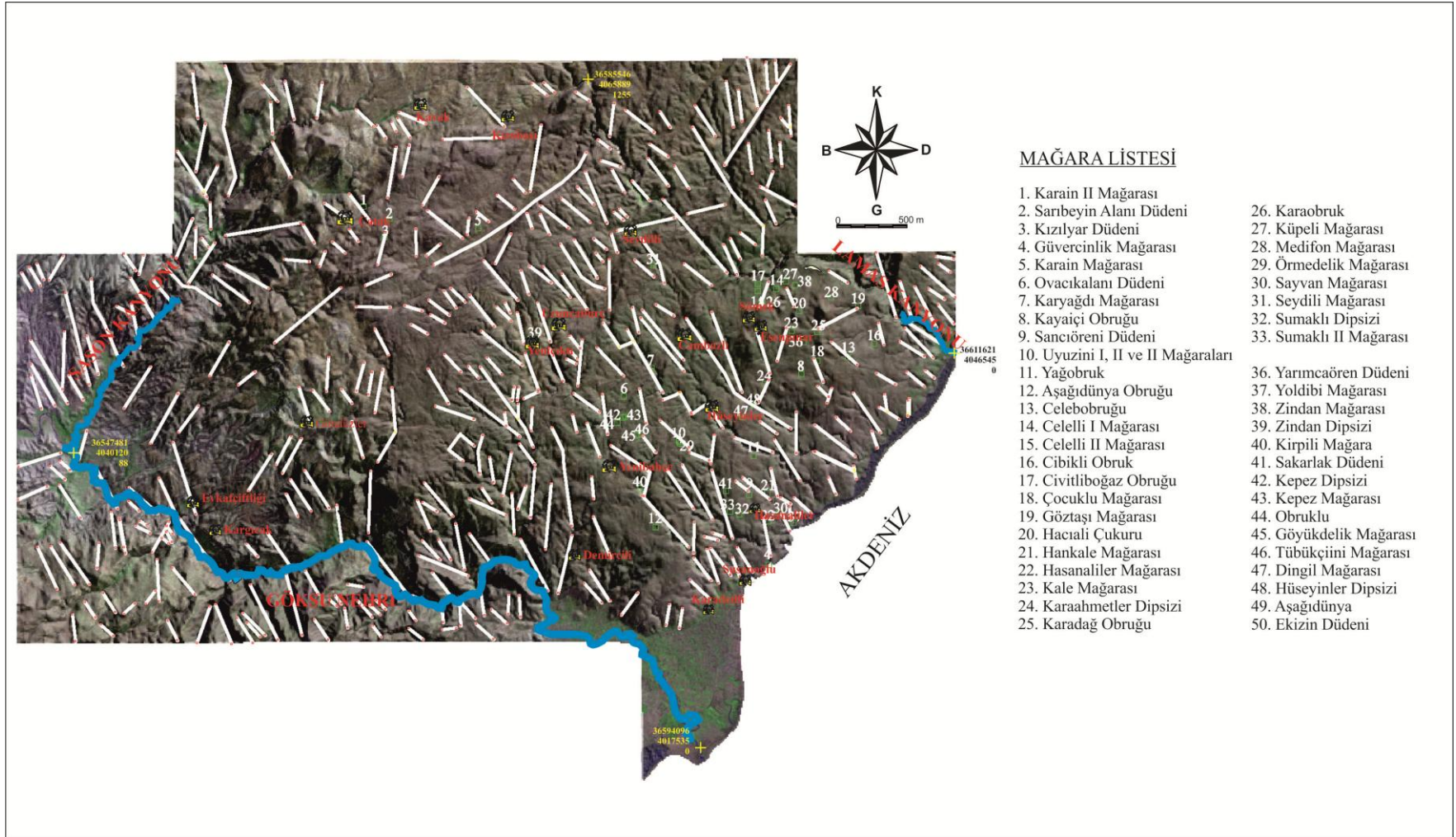
ya da bu mağaraların büyük bir çoğunluğunda mağara gelişim yönleri değişmiş ve gelişimleri KB-GD doğrultusunu izlemiştir. KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak mağara gelişim yönlerindeki değişim ve yan kolların gelişmesi en belirgin olarak Kepez Mağarası'nda görülmektedir.

KB-GD doğrultulu çizgisellikler, özellikle geçit konumlu (conduit) mağaraların gelişimini sınırlamış ve bölgedeki karstik boşalım yönlerinde de etkili olmuştur. Bir diğer etkisi de; olgunluk döneminde olan mağaralardaki damlataş çökelimlerinin bu kırık ve çatlak sistemleri boyunca yoğunlaşması olmuştur.

Çalışma alanında, bölgenin yükselmesine karşın Akdeniz su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak hızlı ve derinleşerek gelişen karstlaşma sonucu farklı gelişim dönemlerini karakterize eden çok dönemli ve çok aşamalı mağaralar gelişmiş olmakla birlikte; mağaralar boyutları dikkate alınarak, uzunluğu 5 m'nin altında olanlar elimine edilmiştir. Çalışma kapsamında, bölgede 50 adet mağaranın detay etütleri yapılmıştır. Bu mağaralardan 44'ü yeni keşfedilmiş ve ilk defa detaylı etütleri yapılarak, mağaraların plan ve kesitleri hazırlanmıştır.

Çalışma alanı sınırları içerisinde yer almalarına ve bölgede yaklaşık 1965'ten itibaren turizm amaçlı olarak kullanılan Cennet ve Cehennem Obrukları ile Astım/Dilek Mağarası, Kültür ve Turizm Bakanlığı'ndan gerekli izinler alınamamasından dolayı tez amacına uygun olarak araştırılmamıştır. Buna karşın; 1991 yılında Macar araştırmacılar tarafından araştırılan Cennet ve Cehennem Obrukları ve 1981 yılında MTA Karst ve Mağara Araştırma Birimi tarafından araştırılan Astım/Dilek Mağarası ile ilgili raporlar ve yerinde gözlemler birlikte değerlendirilerek tez kapsamına alınmıştır.

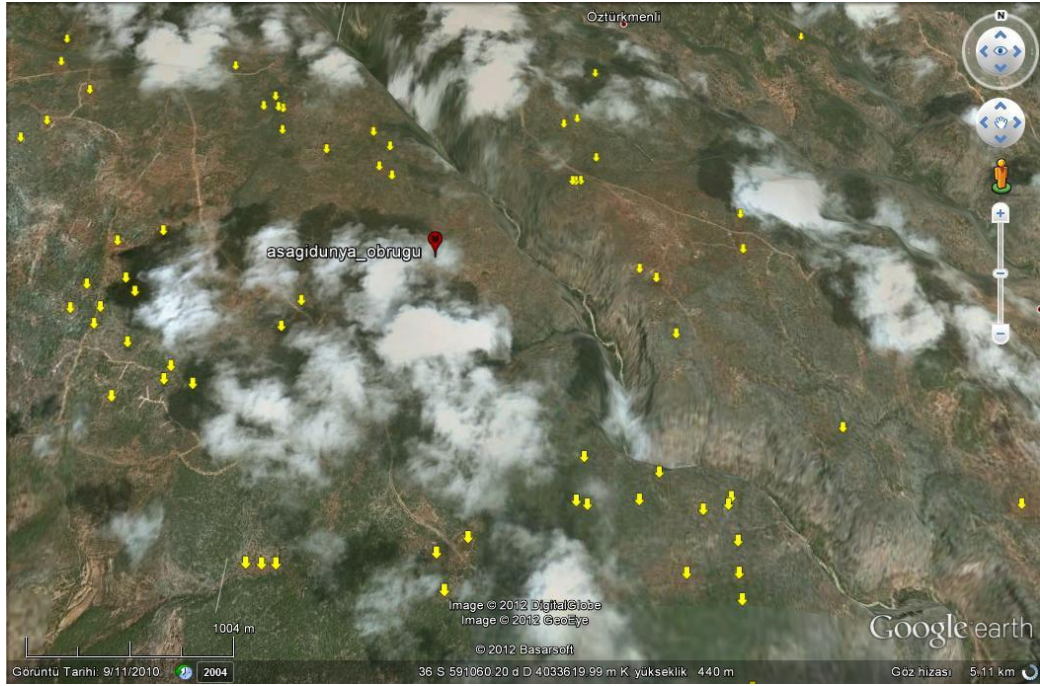
Çalışma alanında yer alan ve detay araştırması tamamlanan mağaraların 35'i dikey, 11'i yatay ve 6'sı ise yarı yatay-yarı dikey olarak gelişmiş mağara özelliğindedir. Bölgede dikey olarak en derin mağara -135 m derinlikle Ekizin Düdeni, en uzun yatay mağara 120 m uzunluğa ulaşan Uyuzini I Mağarası'dır. 370 m uzunluğa ve -66 m derinliğe ulaşan yarı yatay-yarı dikey olarak gelişen Kepez Mağarası ise bölgedeki en büyük mağarayı oluşturmaktadır.



Şekil 4. 18. Tez kapsamında araştırması tamamlanan mağaraların oluşturulan DEM görüntüsü ve çizgisellikler üzerindeki konumları ve mağara listesi.

4.2.2.1. Aşağıdünya obruğu

Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde, KKB-GGD doğrultusunda gelişmiş olan obruğun en derin noktası -40 m'dir. Aşağıdünya Obruğu, çalışma alanında akaçlama ve genç yarılmalara uygun olarak, hakim tektonik hat olan KD-GB yönü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişmiştir.



Şekil 4. 19. Aşağıdünya Obruğu'nun yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Bölgenin epirojenik yükselimine karşın; özellikle Pleistosen'de görülen Akdeniz su seviyesindeki birçok kez alçalma ve yükselme sonucu obruk, çok dönemli bir gelişim göstermiştir. Birbirine bağlı oda ve galerilerden oluşan mağara sistemi, yeraltı su seviyesinin düşmesine bağlı olarak bölgede karstlaşmanın derinleşmesi sonucu çok katlı (basamaklı) olarak gelişmiştir. Sonraki süreçlerde, mağara sisteminin tavanının kendi ağırlığını taşıyamayarak çökmesi sonucu günümüzdeki görünümünü kazanmış olan obruk, çökme tipi obruklara tipik bir örnek teşkil etmektedir (Şekil 4.20).

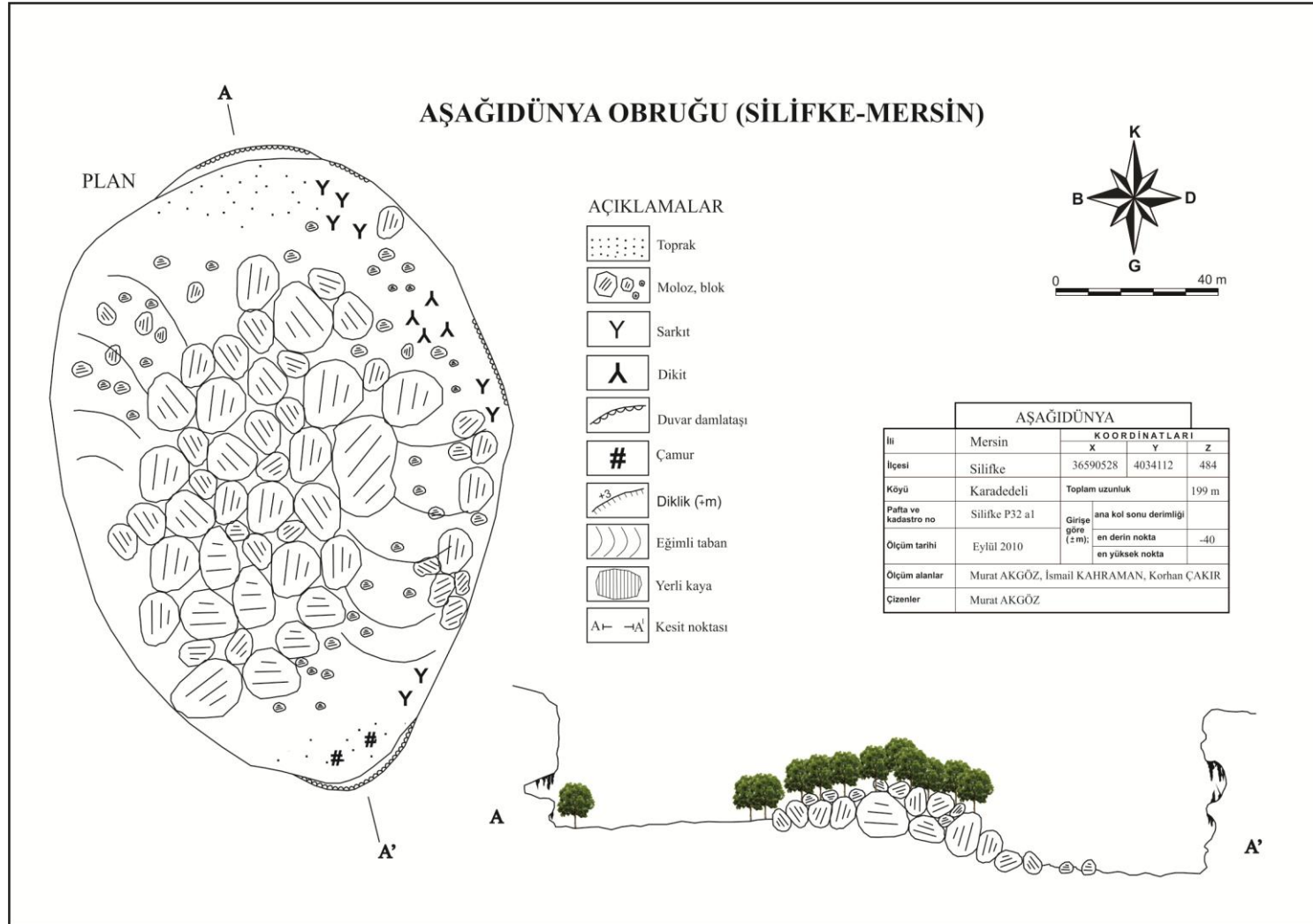
Çalışma alanındaki, Akdeniz kıyı şeridinde paralel olarak gelişmiş olan Kanlıdivane ve Cennet-Cehennem Obruklarında olduğu gibi; Aşağıdünya Obruğu da antik dönemlerde insanlar tarafından çeşitli amaçlarla kullanılmıştır (Şekil 4.21a). Bu antropojenik izler, günümüzde obruğun yalnızca KB duvarında görülmektedir (Şekil 4.21b).



Şekil 4. 20. Aşağıdünya Obruğu'nun genel görünümü.



a
b
Şekil 4. 21. a) Prehistorik öneme sahip olan obruğun çevresinde yer alan yerleşim kalıntıları b) Aşağıdünya Obruğu'nun KB duvarında görülen antropojenik izler.



Şekil 4. 22. Aşğıdünya Obruğu plan ve kesiti.

4.2.2.2. Celebobrağı

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağı olarak, Jura-Kretase yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan Çamlık Formasyon içerisinde gelişen obruğun en derin noktası -31 m'dir.



Şekil 4. 23. Celebobrağı'nun yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Bölgede KB-GD uzanımlı süreksizlikler ve genel akaçlamaya bağı olarak gelişmeye başlayan Celebobrağında, yüzeyden itibaren ilk 20 m'lik kesimde herhangi bir damlataş oluşumu görülmemektedir. Obruk girişi, doğal bir köprü oluşturan bir blok tarafından iki bölüme ayrılmış ve buna bağı olarak hava sirkülasyonundan dolayı bu kesimde damlataş oluşumunun görülmemesi şaşırtıcı olmamakla birlikte; buradaki asıl etken bölgenin yükselmesine karşın su seviyesindeki düşüme bağı olarak karstlaşmanın bölgede hızla derinleşmesidir. Obruk tabanına doğru yer yer duvar damlataş oluşumlarının güzel örneklerine rastlanmasına karşın; obruk genelinde damlataş oluşumunun görülmemesi, su

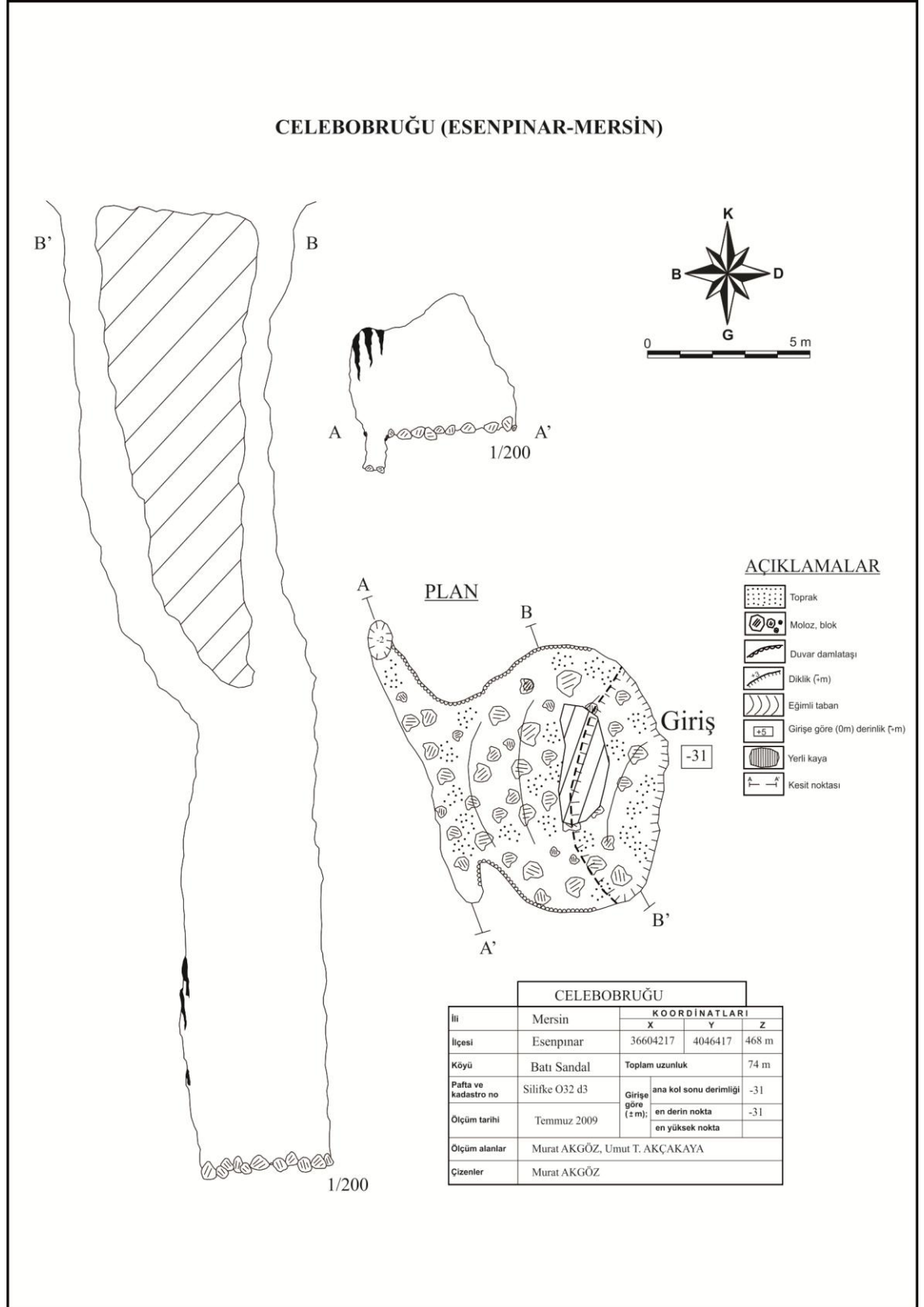
seviyesindeki düşüme bağlı olarak derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşma sonucu, asidik karakterli suların bünyesindeki karbonatın çökmesi için yeterli tutulma süresini bulamamış olmasına bağlıdır (Şekil 4.24a).

Obruk tabanının, tavandan çöken bloklar ve sellenmelere bağlı olarak obruk içine taşınan malzemelerce büyük orandan tıkanmış olmasına karşın; tabanın KB ucunda yer alan yaklaşık 1 x 1 m ebatında ve 2 m derinliğe sahip bir giriş bulunmaktadır. Girişten itibaren tüm obruk duvarlarında, yer yer sel sularınca obruk içerisine taşınan malzemelerce sıvama izleri görülmesi; obruğun zaman zaman sellenmelere maruz kaldığını göstermektedir. Buna karşın, obruk tabanında görülen taşınan malzemenin blok, moloz ve çakıl ağırlıklı olması, sel sularının kısa sürede tabanın KB ucunda yer alan ve bir “iç düden” gibi çalışan girişten yeraltına hızlı bir şekilde drene olduğunu göstermektedir (Şekil 4.24b).



a b
Şekil 4. 24. a) Celebobruğu'nun tabanına doğru görülmeye başlayan damlataş oluşumları, b) İrili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı olan obruk tabanı.

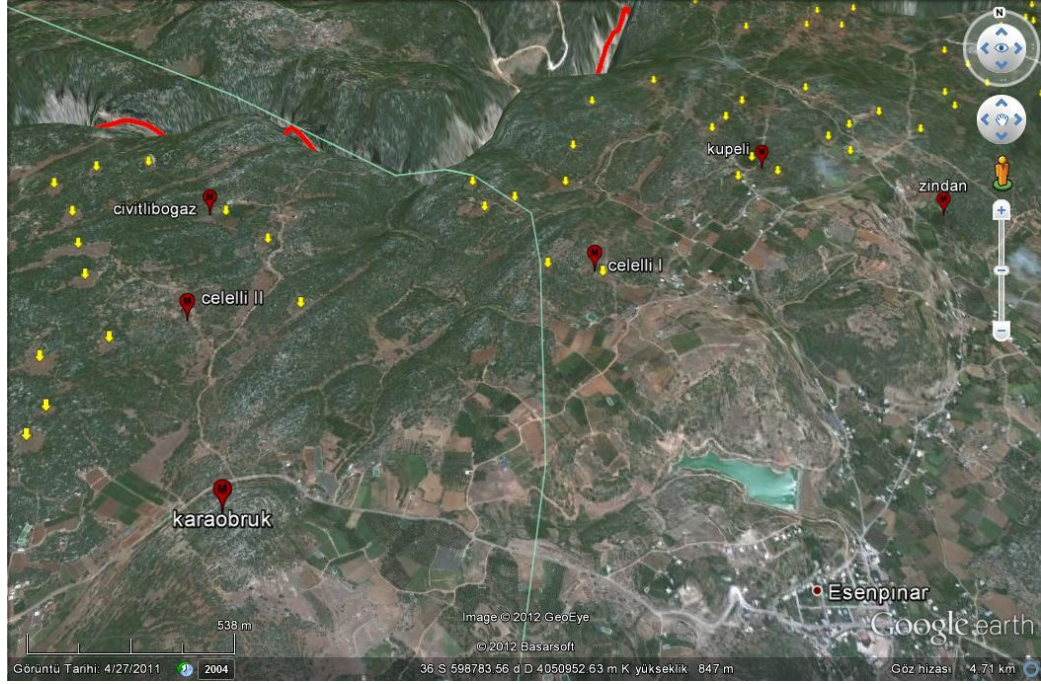
Dikey olarak gelişmeye başlayan obruğun giriş kısmına oranla daha büyük bir tabana sahip olması, gelişimin bu döneminde karstlaşmanın bölgede derinleşmesinin yavaşladığı ve belirli bir karst taban düzeyinin oluştuğunu göstermektedir (Şekil 4.25). KB-GD süreksizliklere bağlı olarak genişlemeye başlayan tabanın KB ucunda görülen ikinci diklik ise, bölgede geçici karst taban düzeyinin derine inmesine bağlı olarak karstlaşmanın yeniden derinleştiğini göstermektedir (Şekil 4.25). Akdeniz su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak mağara en az iki aşamalı bir gelişim göstermektedir.



Şekil 4. 25. Celebobruğu plan ve kesitleri

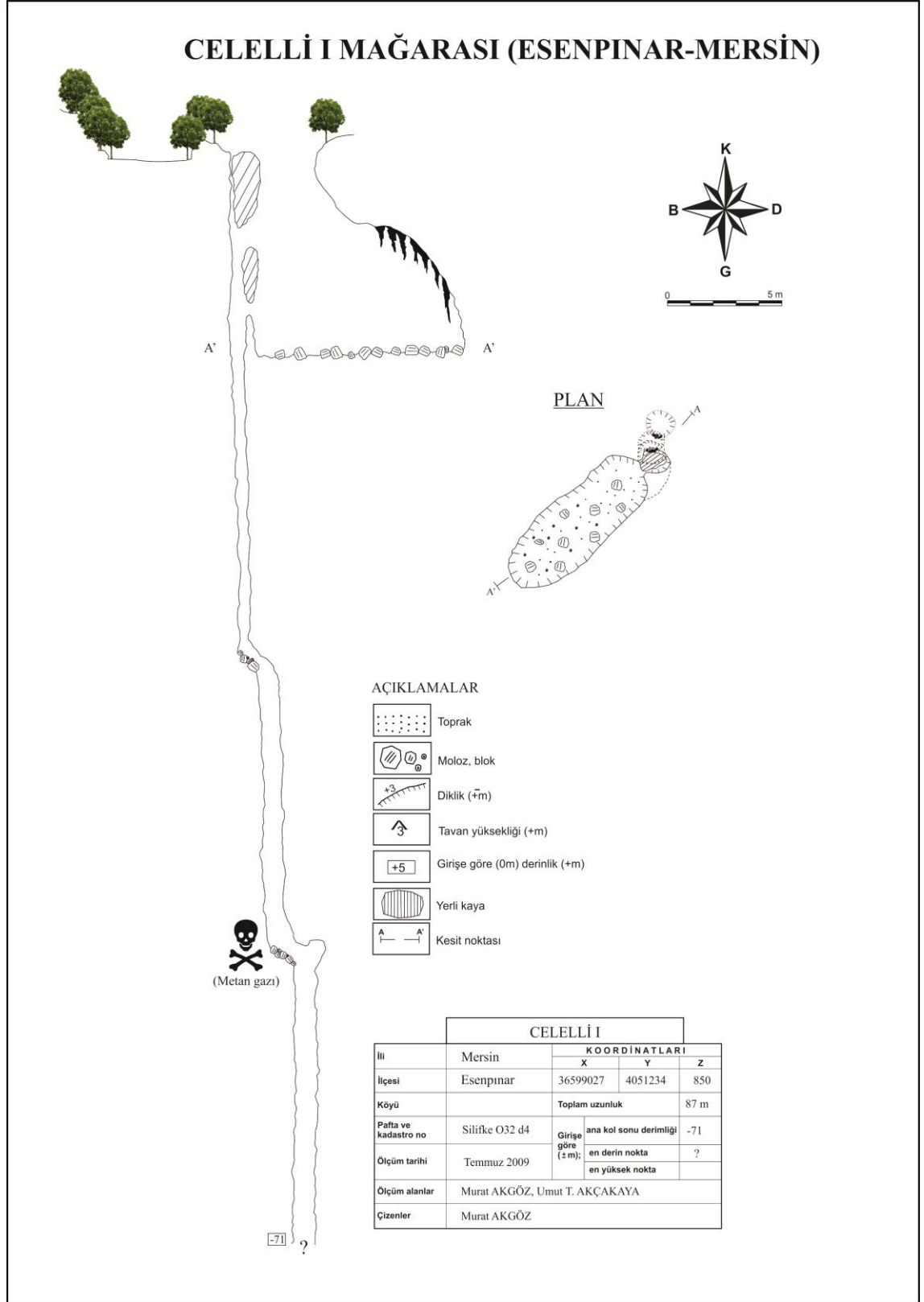
4.2.2.3. Celelli I Mağarası

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde çok dönemli olarak gelişen Celelli I Mağarası'nın ulaşılabilen en derin noktası -71 m'dir.



Şekil 4. 26. Celelli I Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Bir dolin tabanında gelişen ve düden olarak çalışan mağaranın son noktasına hayati riskten dolayı inilememiştir. Büyük bir olasılıkla, bölgede temel birim olan Mersin Ofiyolitine ulaşılan mağara tabanında, yüzeyden sel sularıyla taşınan organik malzemelerin tabanda birikerek, taban bataklık ortamına dönüşmüş ve - 71 m seviyesinde metan gazıyla karşılaşmıştır. Mağara araştırmalarında aydınlatmayı sağlayan karpit lambasının ucundaki alevin parlaması, baş dönmesi ve mide bulantısı gibi belirtilerin görülmesi üzerine mağaradan çıkış gerçekleştirilmiş ve bu nedenle mağara tabanına ulaşamamıştır. Ancak yapılan araştırmada, - 71 m seviyesinde yapılan gözlemede mağara tabanının yaklaşık 11-12 m daha aşağıda olduğu tahmin edilmektedir. Mağaraya, oksijen maskesiz girilmemesi gerekmektedir.



Şekil 4. 27. Celelli I Mağarası plan ve kesiti

4.2.2.4. Celelli II Mağarası

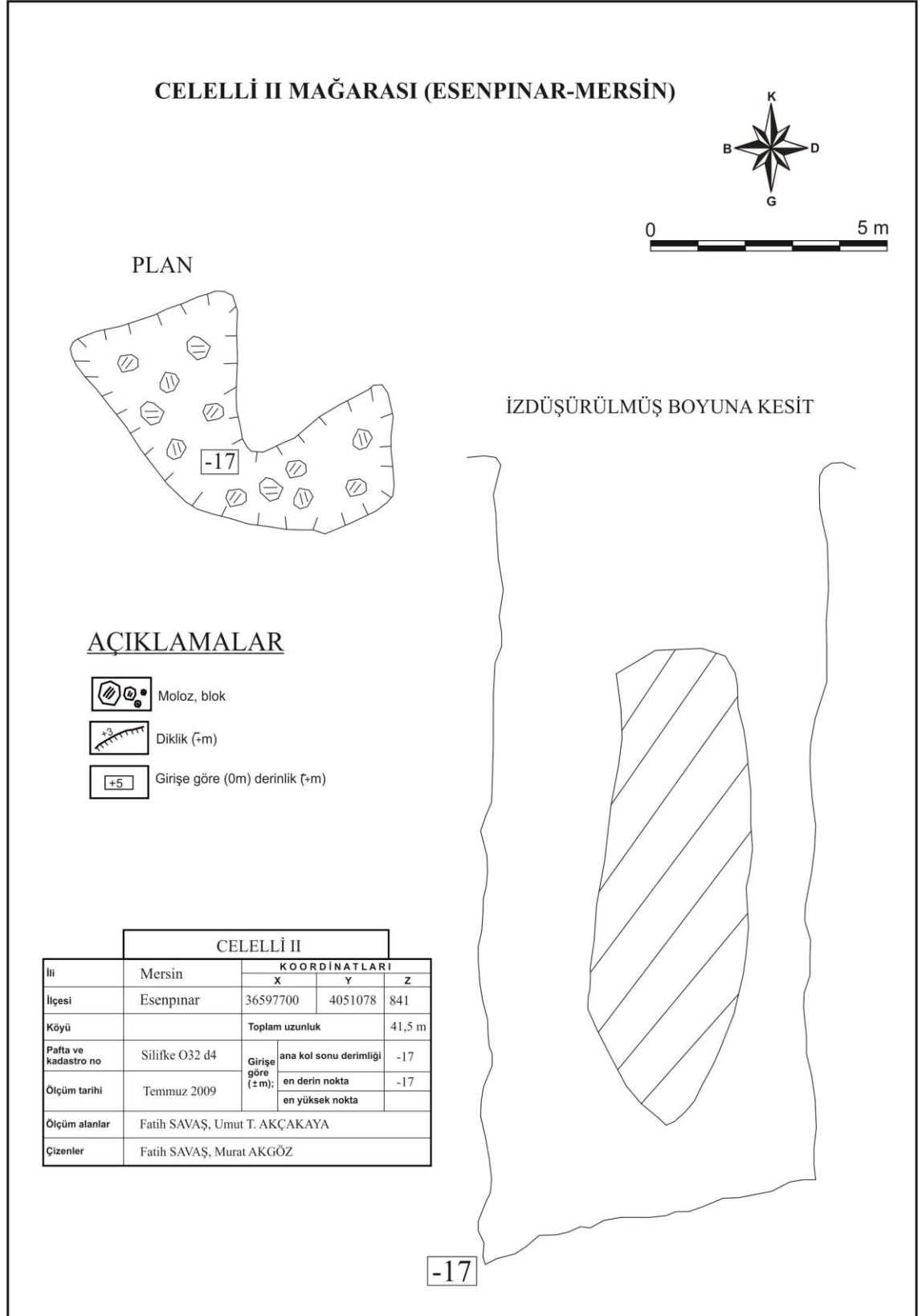
Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik olarak gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde, bir dolin tabanında gelişen Celelli II Mağarasının en derin noktası -17 m'dir.



Şekil 4. 28. Celelli II Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Boyuna kesiti kuyu biçimli olan Celelli II Mağarası, belirli bir karst taban düzeyinin oluşmadığı veya karst taban düzeyinin derinde olduğu ve bu düzeyin hızlı düştüğü genç yükselim bölgelerini karakterize etmektedir.

Bir dolin tabanında gelişen Celelli II Mağarası, yağışlı dönemlerde yüzey sularının yeraltına drene olmasını sağlayan bir düden olarak çalışmaktadır.



Şekil 4. 29. Celelli II Mağarası plan ve kesiti

4.2.2.5. Cibikli Obruk

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak, Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde gelişen obruğun en derin noktası -4,8 m'dir.



Şekil 4. 30. Cibikli Obruğu'nun yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

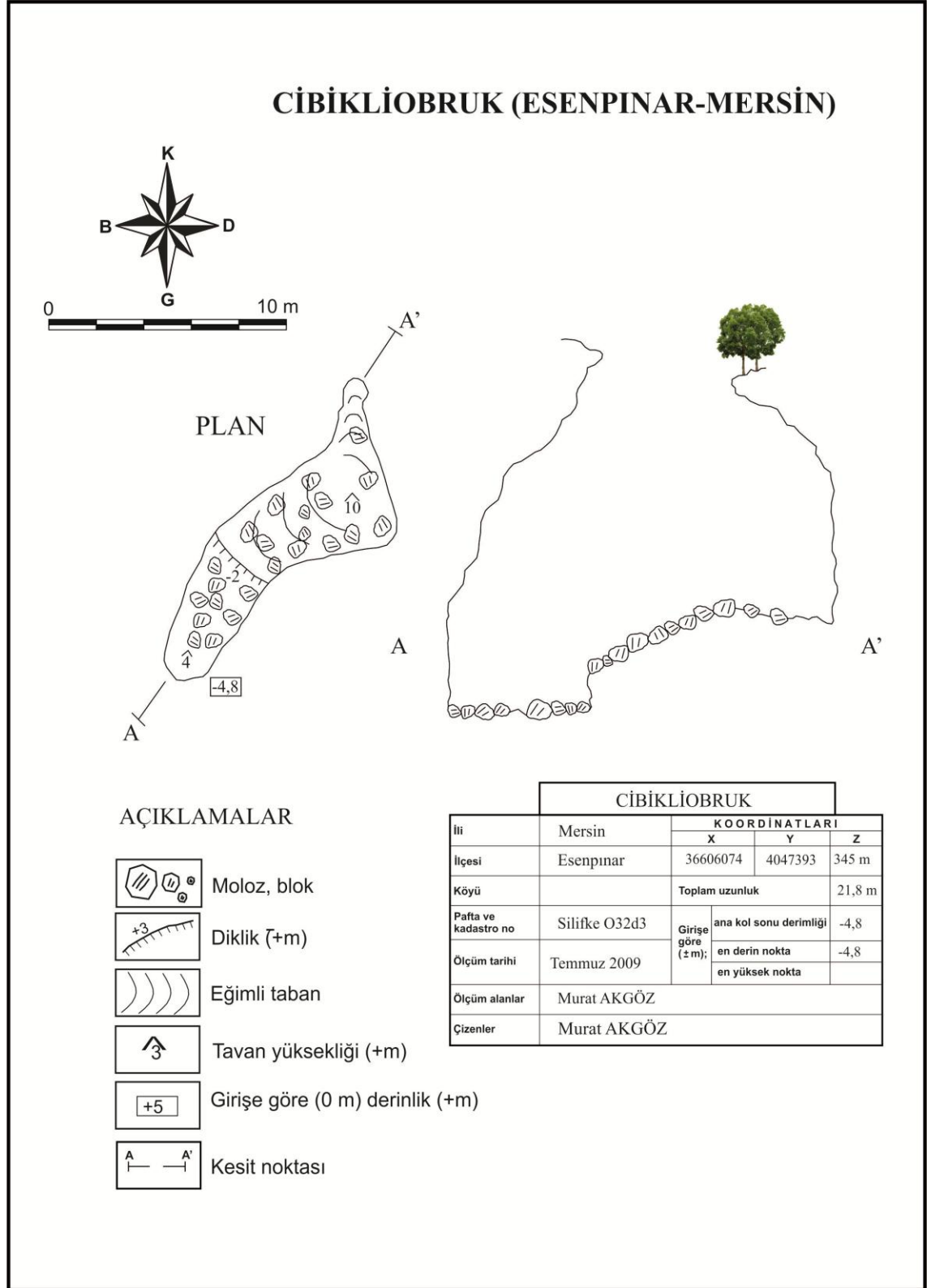
Çökme tipi bir dolin olarak gelişen Cibikli Obruk, bölgenin yükselmesine karşın yeraltı su seviyesindeki değişimlere ve tektonik hareketlere bağlı olarak; altta gelişen mağara tavanının kendi ağırlığını taşıyamayarak çökmesi sonucu açığa çıkmıştır.

Yeraltı su tablasının üzerinde kalan obruk, yağışlı dönemlerde yan duvarlardan sızan suları dışında tamamen kuru, fosil bir konumdadır. Topografik olarak bulunduğu bölgedeki en çukur yer olan obruk, yağışlı dönemlerde yağışın şiddetine bağlı olarak yüzeyden akışa geçen suların yeraltına drene olduğu bir düden olarak çalışmaktadır.

Çalışma alanında oldukça sık karşılaşılan bir durum olan; obruk ve dikey mağaraların vahşi deponi alanları olarak kullanılmasına örnek teşkil eden mağara, yerleşim alanlarının hemen yakınında bulunmasına bağlı olarak yöre halkı tarafından çöp alanı olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.31). Tarım alanının ortasında yer alan Cibikli Obruk; özellikle evsel atıklar, çeşitli inşaat malzemeleri, motor yağları ve herbisitler gibi birçok kirleticiden dolayı, doğal filtrasyonun hemen hemen hiç olmadığı ve kirlenmeye karşı oldukça duyarlı olan bölgedeki karstik akiferler için risk oluşturmaktadır. Bilindiği üzere, anizotrop ve heterojen özellik gösteren karstik alanlarda çözünme sonucu genişlemiş kanallarda türbülanslı akım koşulları hakimdir. Dolayısıyla, bu tür alanlardaki herhangi bir kirletici kaynak akifere hızlı bir şekilde karışabilecek ve kirleticinin yakınlarındaki su kaynaklarının kirlenmesine neden olacaktır.



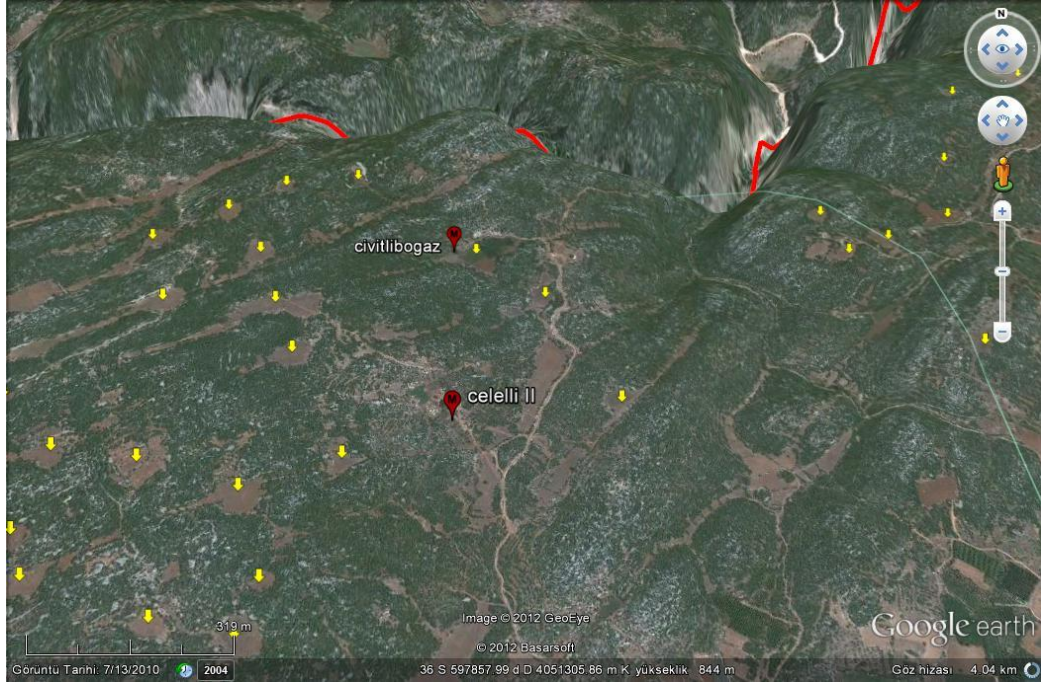
Şekil 4. 31. Cibikli Obruk tabanı, yöre halkı tarafından atılmış çeşitli atıklarla kaplanmış durumdadır.



Şekil 4. 32. Cibikli Obruk plan ve kesiti.

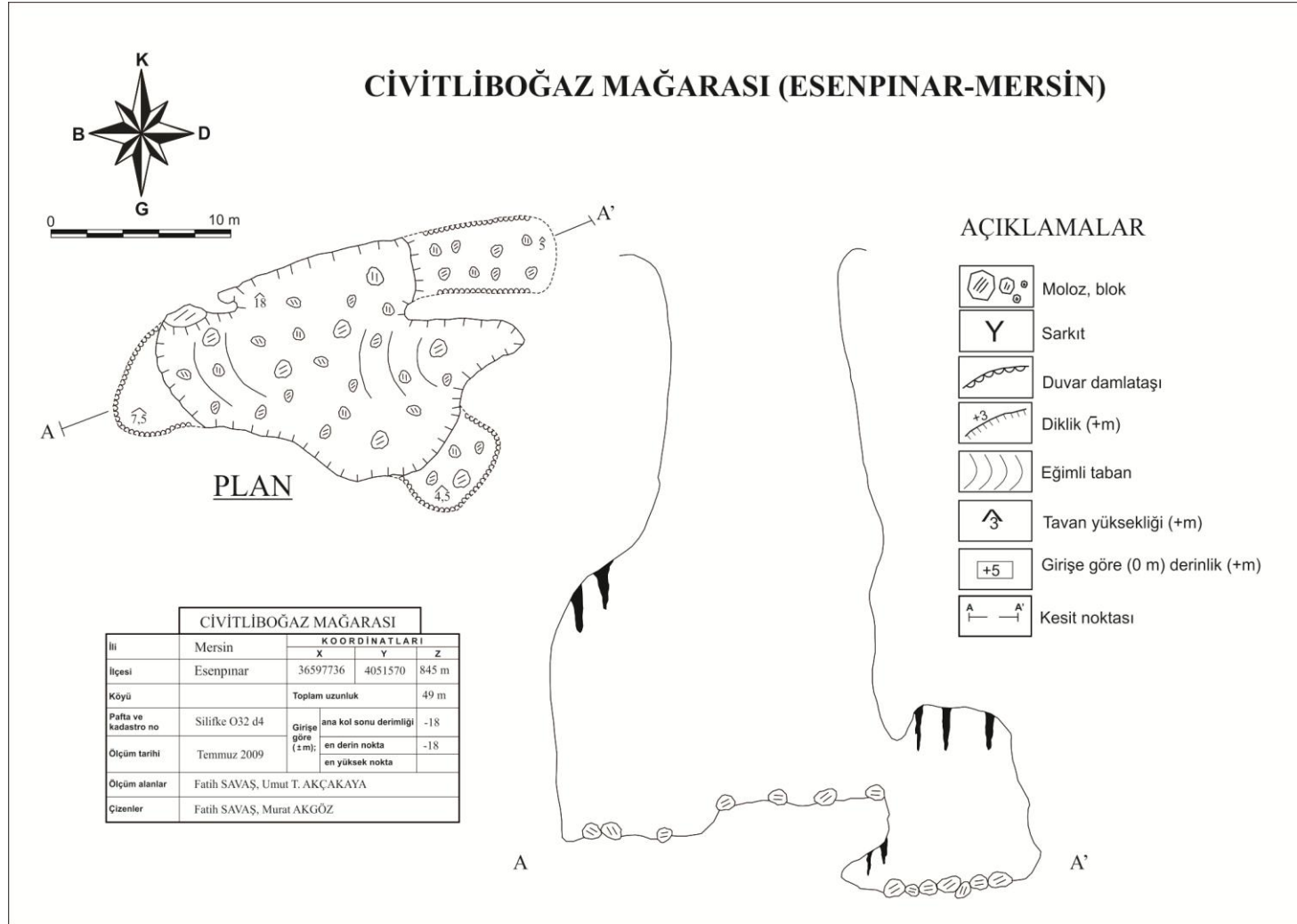
4.2.2.6. Civitliboğaz Obruğu

İlksel olarak, bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişmeye başlayan Civitliboğaz Obruğu, bu faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak şekillenmiştir. Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde çok dönemli bir gelişim gösteren obruğun en derin noktası -18 m'dir.



Şekil 4. 33. Civitliboğaz Obruğu'nun yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

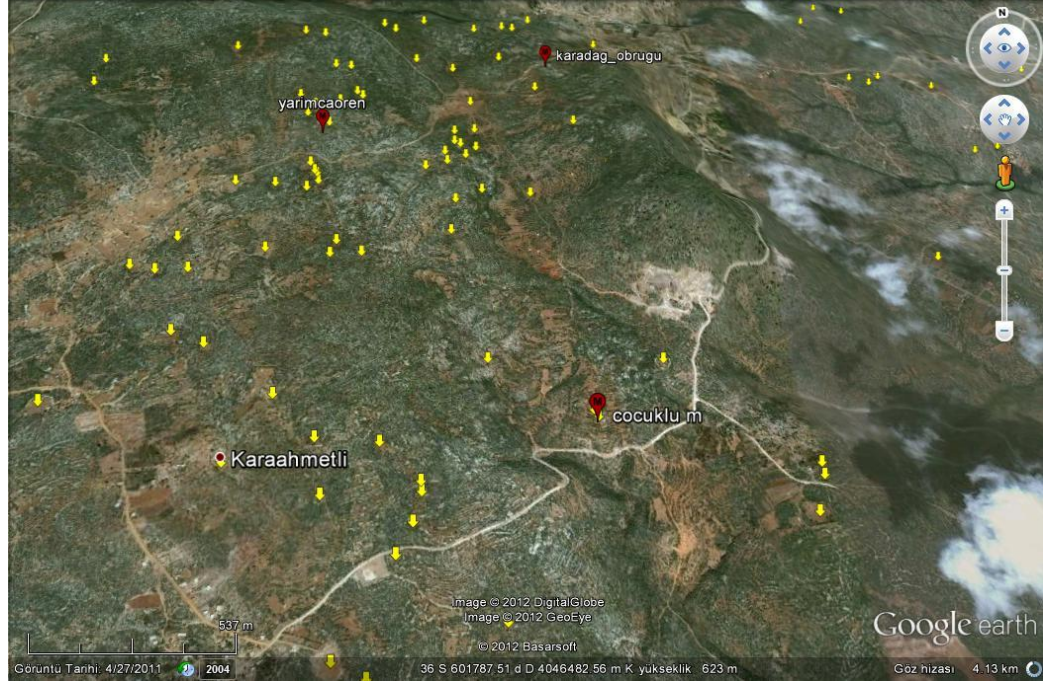
Civitliboğaz Obruğu'nda, tabanında yer alan ve KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişen odacıklarda görülen popcorn (patlamış mısır) yapıları dışında herhangi bir damlataş oluşumu görülmemektedir. Yüzey sularının yeraltına drene olmasını sağlayan bir düden olarak çalışan bu tür yapılarda, suların belirli sürelerle göllenmesinin işareti olan popcorn yapılarının tamamen kuru olması ve yan duvarlarda sıvama izlerinin olmaması, obruğun uzun süre sellenmeye maruz kalmadığını göstermektedir.



Şekil 4. 34. Civitliboğaz Obruğu plan ve kesiti

4.2.2.7. Çocuklu Mağarası

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak Jura-Kretase yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşıdan oluşan Çamlık Formasyonu içerisinde gelişen mağaranın en derin noktası -34 m'dir.



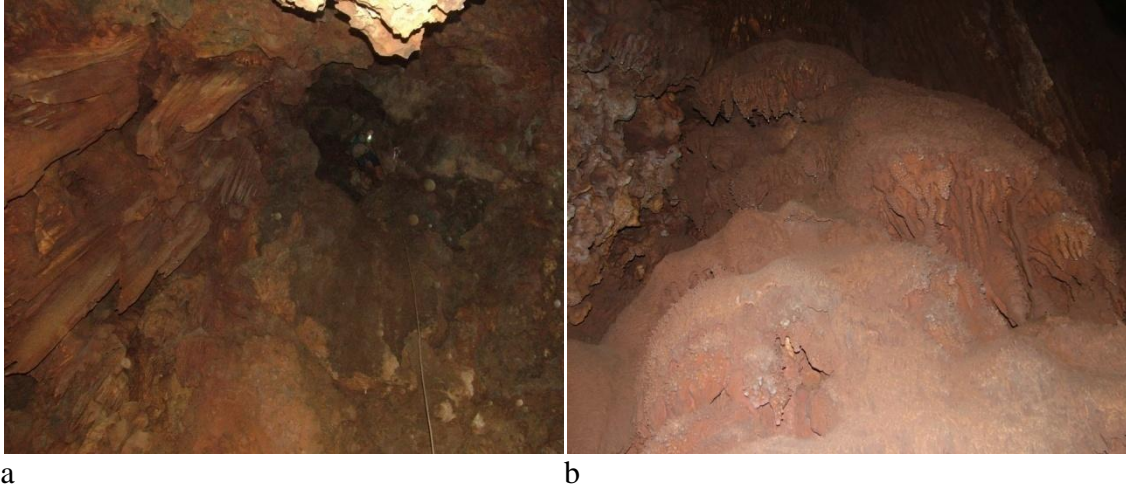
Şekil 4. 35. Çocuklu Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Nispeten dar bir ağızdan 8,5 m'lik bir inişle, mağaranın ilk basamağına ulaşılmaktadır. Bölgenin yükselmesine ve yeraltı su seviyesindeki düşümlere bağlı olarak derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşma; mağaranın büyük bir kısmında olduğu gibi, ilk basamakta karbonatça zengin suların mağara içerisinde damlataş oluşumuna olanak sağlayacak koşullardan yoksun kalmasına neden olmuştur (Şekil 4.36a).

İlk basamaktan itibaren yaklaşık 26 m'lik bir inişle ulaşılan ve yer yer 9 m tavan yüksekliğine sahip olan mağara tabanının GD ucu, damlataş oluşumu bakımından oldukça zengindir. Oldukça sık bir su birikintisinin bulunduğu bu alana

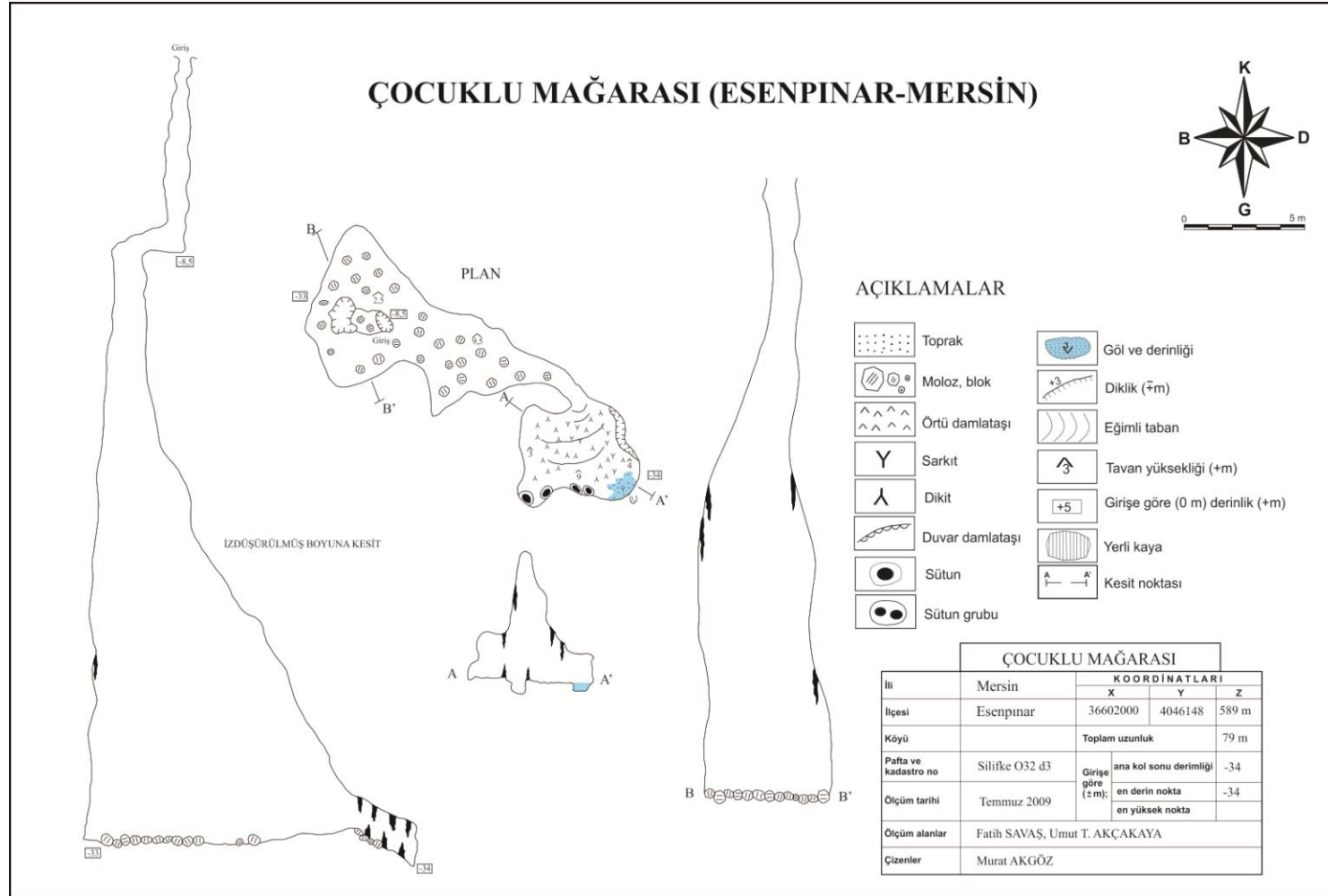
çok sayıda sarkıt, dikit, sütun ve akmataşlar ile bu akmataşlar üzerinde ikincil olarak gelişmiş popcorn yapıları görülmektedir (Şekil 4.36b).

Temmuz 2009 tarihinde araştırması yapılan mağaranın damlataş oluşumları açısından zengin olan bu alanında, gerek sığ bir su birikintisinin olması ve gerekse de akmataşlar üzerinde gelişmiş olan ikincil popcorn yapılarının görülmesi; mağaranın bu kesiminde dönem dönem göllenmelerin olduğunu ve dolayısıyla mağaranın, özellikle yağışlı dönemlerde sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir.



Şekil 4. 36. a) Çocuklu Mağarası'nın, karstlaşmanın hızlı gelişmesi ve derinleşmesine bağlı olarak damlataş oluşumları açısından fakir yan duvarları, b) Akmataşlar üzerinde gelişen ikincil popcorn yapıları.

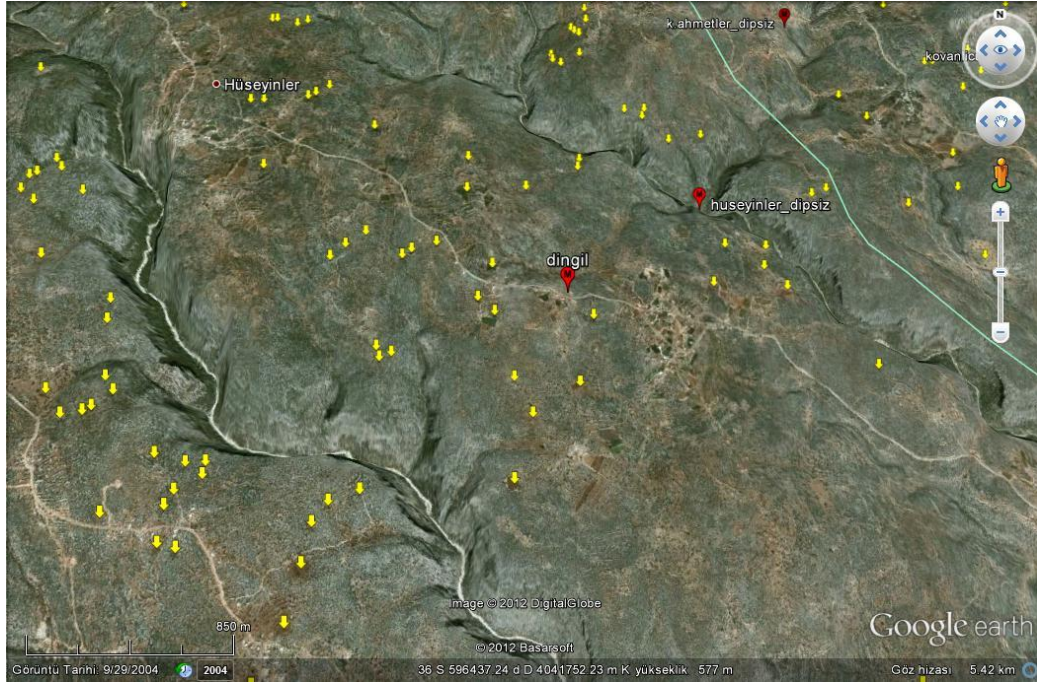
Çökme tipi bir dolin olarak gelişmeye başlayan obruk, girişten yaklaşık 8,5 m aşağıda yer alan bir basamağa sahip olması; obruğun gelişiminin bu döneminde karstlaşmanın geçici karst taban düzeyine bağlı olarak yavaşlayıp derinleşemediğini göstermektedir. Yeraltı su seviyesindeki değişimlere ve KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak geçici taban derine inmiş ve karstlaşma yeniden derinleşerek hızlı gelişmiş ve mağara -33 m seviyesindeki tabana ulaşmıştır. KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak yatay yönlü bir gelişim göstermeye başlayan mağaranın -33 m seviyesindeki tabanı, aynı zamanda gelişim dönemindeki geçici karst taban düzeyini göstermektedir. GD ucunda yaklaşık -1 m'lik diklik bulunan mağara, en az 3 aşamalı olarak çok dönemli bir gelişim göstermektedir (Şekil 4.37).



Şekil 4. 37. Çocuklu Mağarası plan ve kesitleri

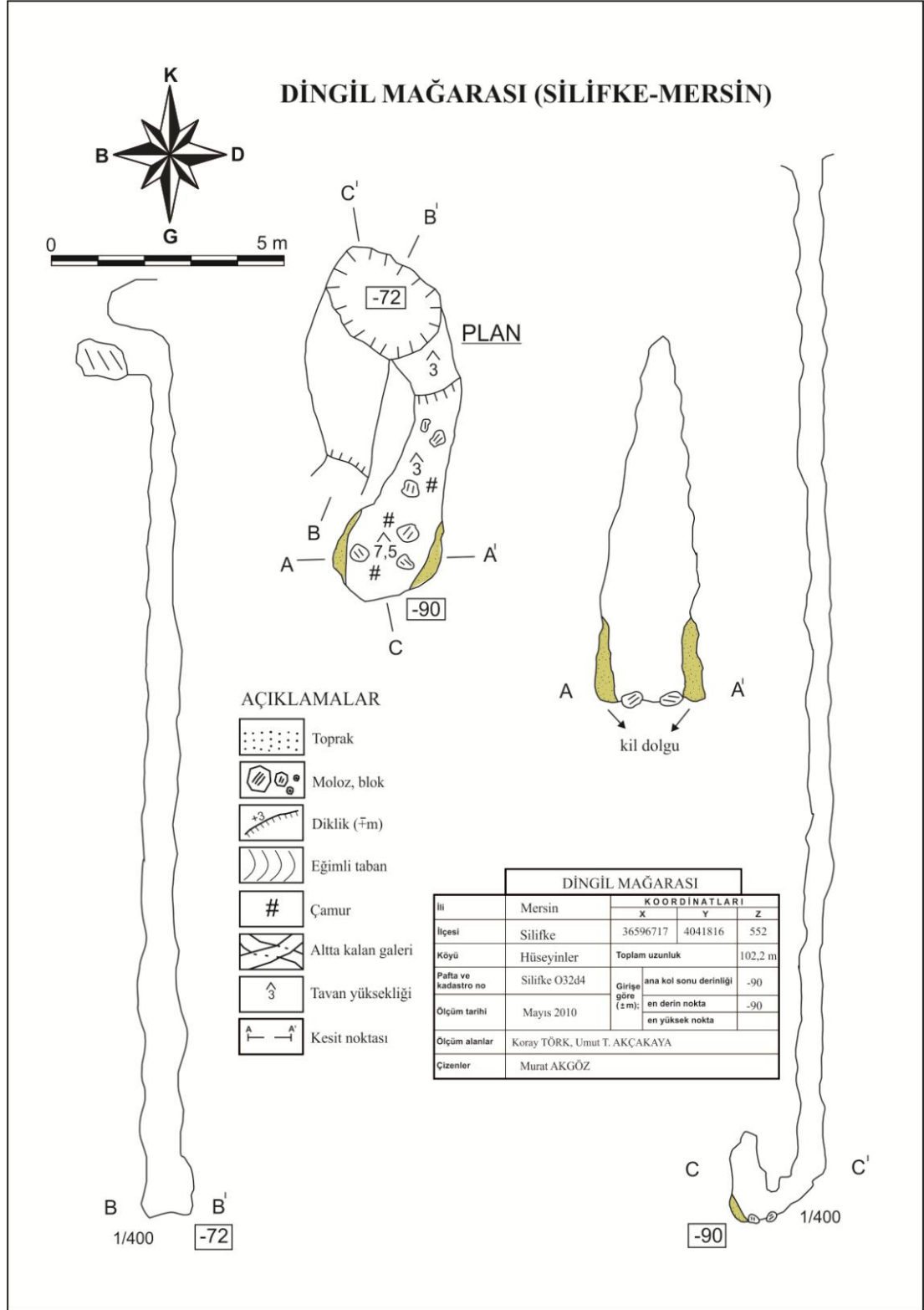
4.2.2.8. Dingil Mağarası

Çalışma alanında bulunan en derin 4. mağara olan Dingil Mağarası'nın toplam derinliği – 90 m'dir. Yağışlı dönemlerde düden olarak çalışan mağara, bölgedeki ana tektonik hatta uygun olara KKD-GGB yönünde gelişmiş giriş ve taban bölümleri ile KB-GD yönünde baca (şaft) şeklinde çok dönemli bir gelişim göstermiştir.



Şekil 4. 38. Dingil Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

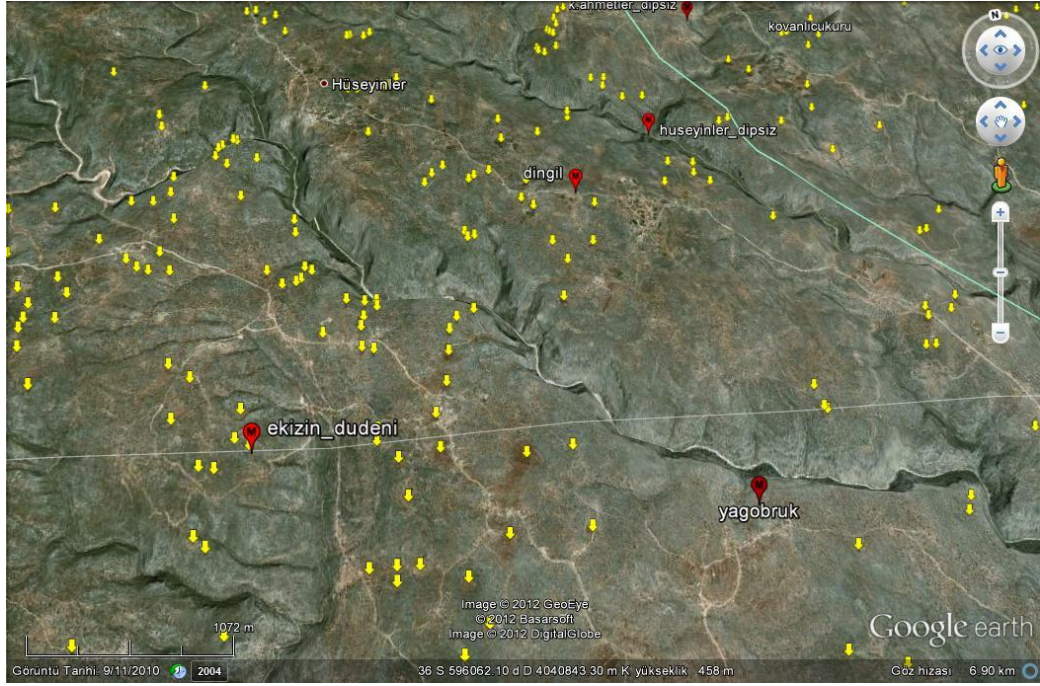
Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde gelişen mağarada; bölgedeki yükselim ve yeraltı su seviyesindeki düşümlere bağlı olarak derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşmanın etkisiyle herhangi bir damlataş oluşumu görülmemektedir. Buna karşın; tabanda görülen taraça şeklindeki kil depoları, mağaranın doğal olarak birçok dönemde sellenmeye maruz kaldığını göstermekle birlikte mağara tabanının nispeten kille kaplı olmaması, yağışlı dönemlerde içeri nüfuz eden suların göllenmeye fırsat bulamadan hızlı bir şekilde drene olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. 39. Dingil Mağarası'nın plan ve kesitleri.

4.2.2.9. Ekizin Düdeni

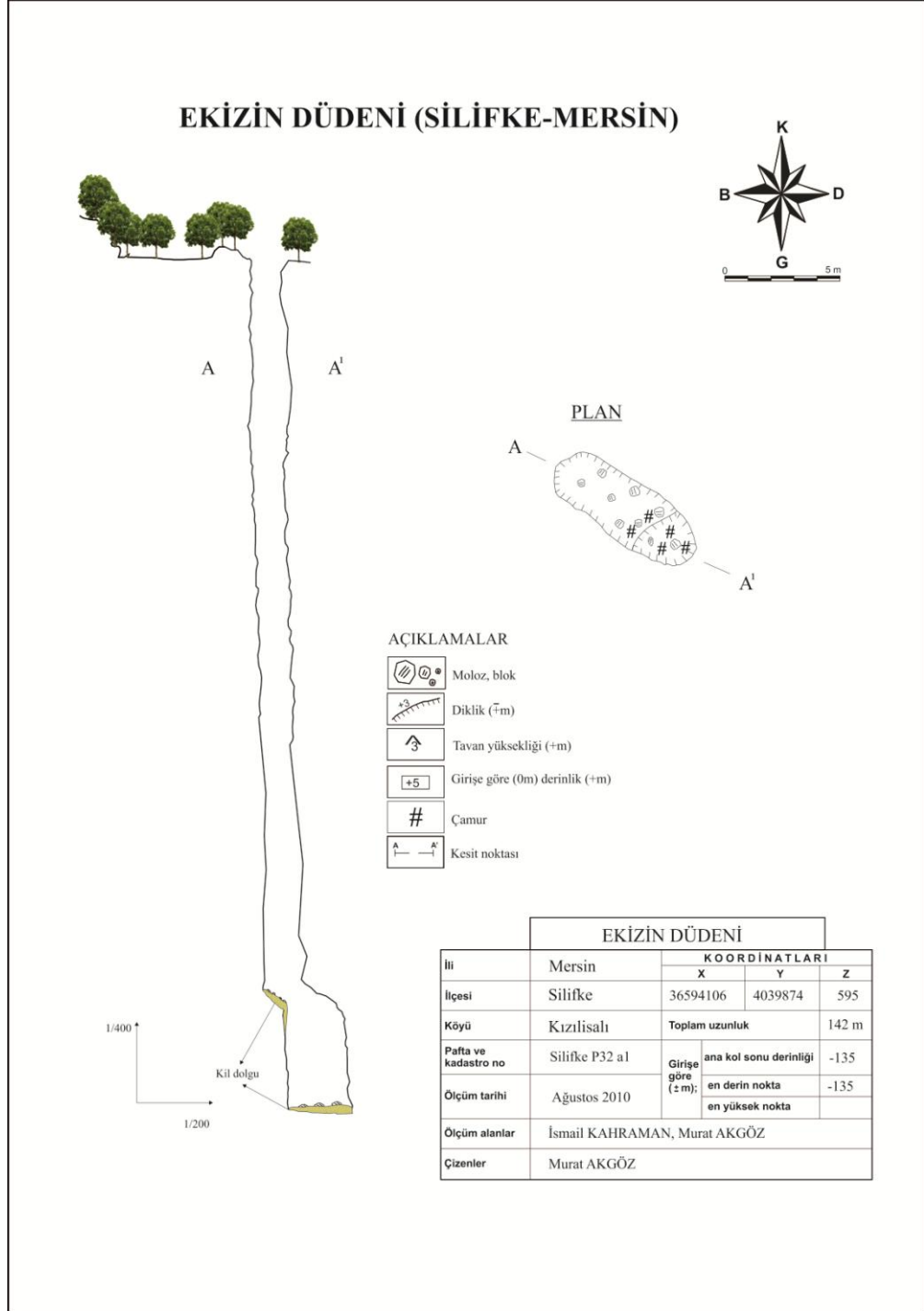
Çalışma alanında hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde gelişen Ekizin Düdeni, -135 m derinlikle çalışma alanındaki en derin mağaradır.



Şekil 4. 40. Ekizin Düdeni'nin yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Derinliği -135 m'ye ulaşan Ekizin Düdeni, bölgede yükselme ve yeraltı su seviyesindeki düşüme bağlı olarak derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşma sonucu, çalışma alanında çok sayıda gelişen şaft (baca) şeklindeki dikey mağaraların en derinini oluşturmaktadır. Bu tür dikey mağara araştırmalarında, can güvenliği açısından ortalama 50 m aralıklarla kurulan istasyonlar büyük önem taşımaktadır. İstasyon kurulmasının oldukça zor olduğu düden, -125 m'lik tek bir inişle ulaşılan ilk basamak ve bu basamaktan yaklaşık 10 m'lik bir inişle ulaşılan mağara tabanında kalın bir kil tabakası mevcuttur. Derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşmaya bağlı olarak, herhangi bir damlataş oluşumunun görülmediği mağaranın yan duvarlarındaki

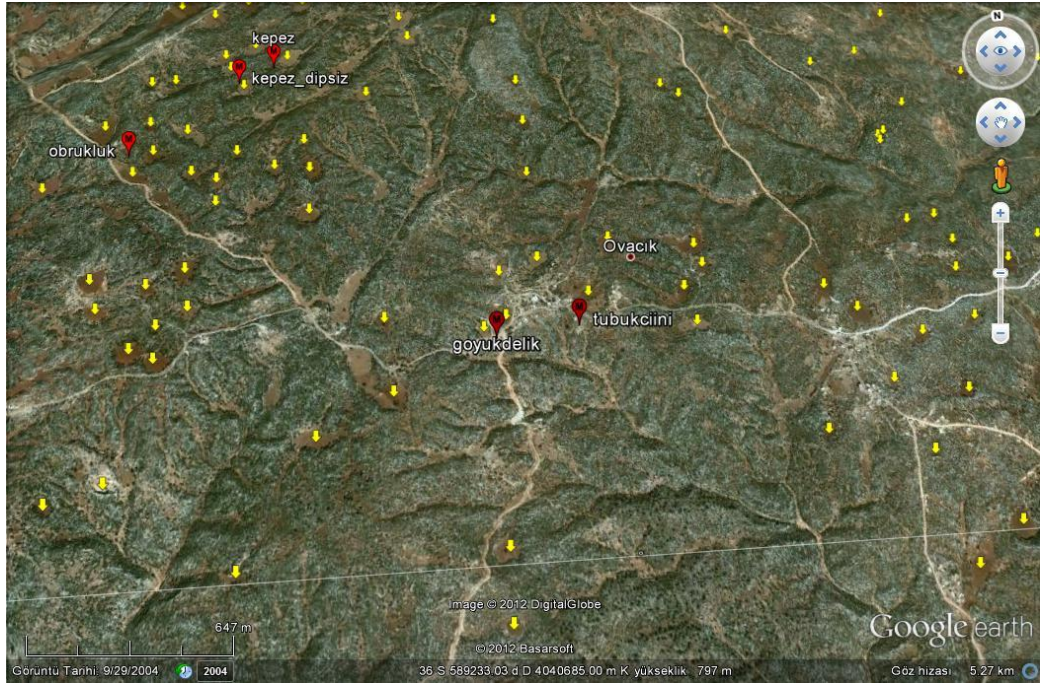
sıvama izleri ile tabanda bulunan kalın kil tabakası, düdenin özellikle yağışlı dönemlerde sıklıkla sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir.



Şekil 4. 41. Ekizin Düdeni plan ve kesiti.

4.2.2.10. Göyükdelik Mağarası

Ovacık Köyü'nün yaklaşık 100 m GB'sında bulunan Göyükdelik Mağarası, bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak KKD-GGB yönünde gelişmiş ana galeri ve alt kat ile; bu hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak KBB-GDD yönünde gelişmiş kollardan meydana gelmektedir. Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde gelişen ve çok dönemli bir gelişim gösteren mağaranın toplam uzunluğu 106 m'dir.



Şekil 4. 42. Göyükdelik Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

1 x 1 m genişliğe sahip, baca şeklinde bir girişten 5 m'lik bir inişle ulaşılan ana galeri de dahil olmak üzere yan kollarda net bir şekilde antropojenik etkiler görülmektedir (Şekil 4.43a ve Şekil 4.43b). Aslında doğal bir mağara olan Göyükdelik Mağarası'nda büyük oranda define amaçlı kazılar ve insanlar tarafından oyularak açılmış bölmeler görülmektedir (Şekil 4.43b).

Et kalınlığı (mağara tavanı ile yüzey arasındaki mesafe) oldukça az olan mağara tavanında, yüzey bitki örtüsüne ait kökler açık bir şekilde görülmektedir (Şekil 4.43c ve Şekil 4.43d). Mağara, Ovacık Köyüne oldukça yakın olması

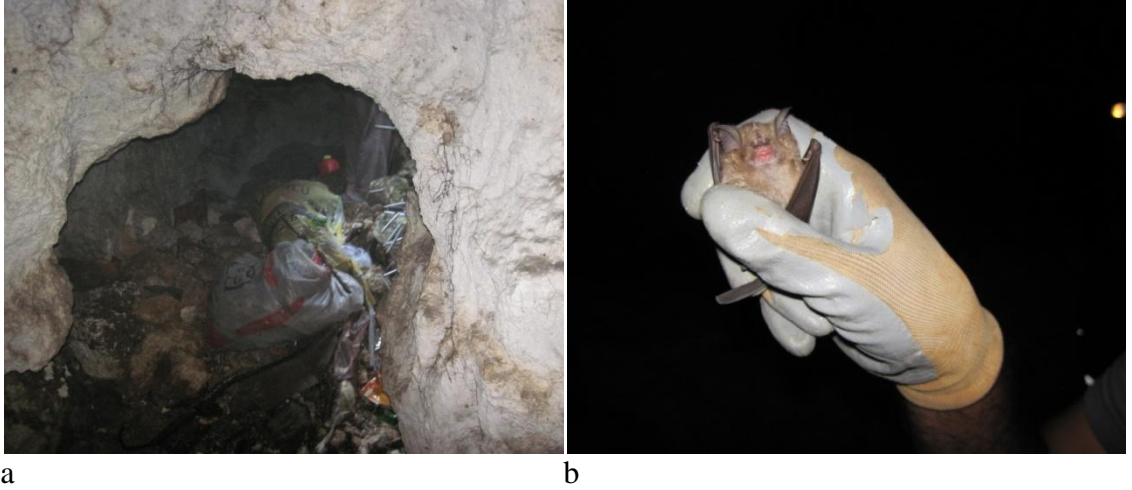
nedeniyle, yöredeki özellikle dikey mağara ve obruklarda olduğu gibi, vahşi çöp depolama alanı olarak kullanılmaktadır (Şekil 4.44a). Bu tür yapıların vahşi çöp depolama alanı olarak kullanılması, bölgede sıkça görülen bir durumdur.



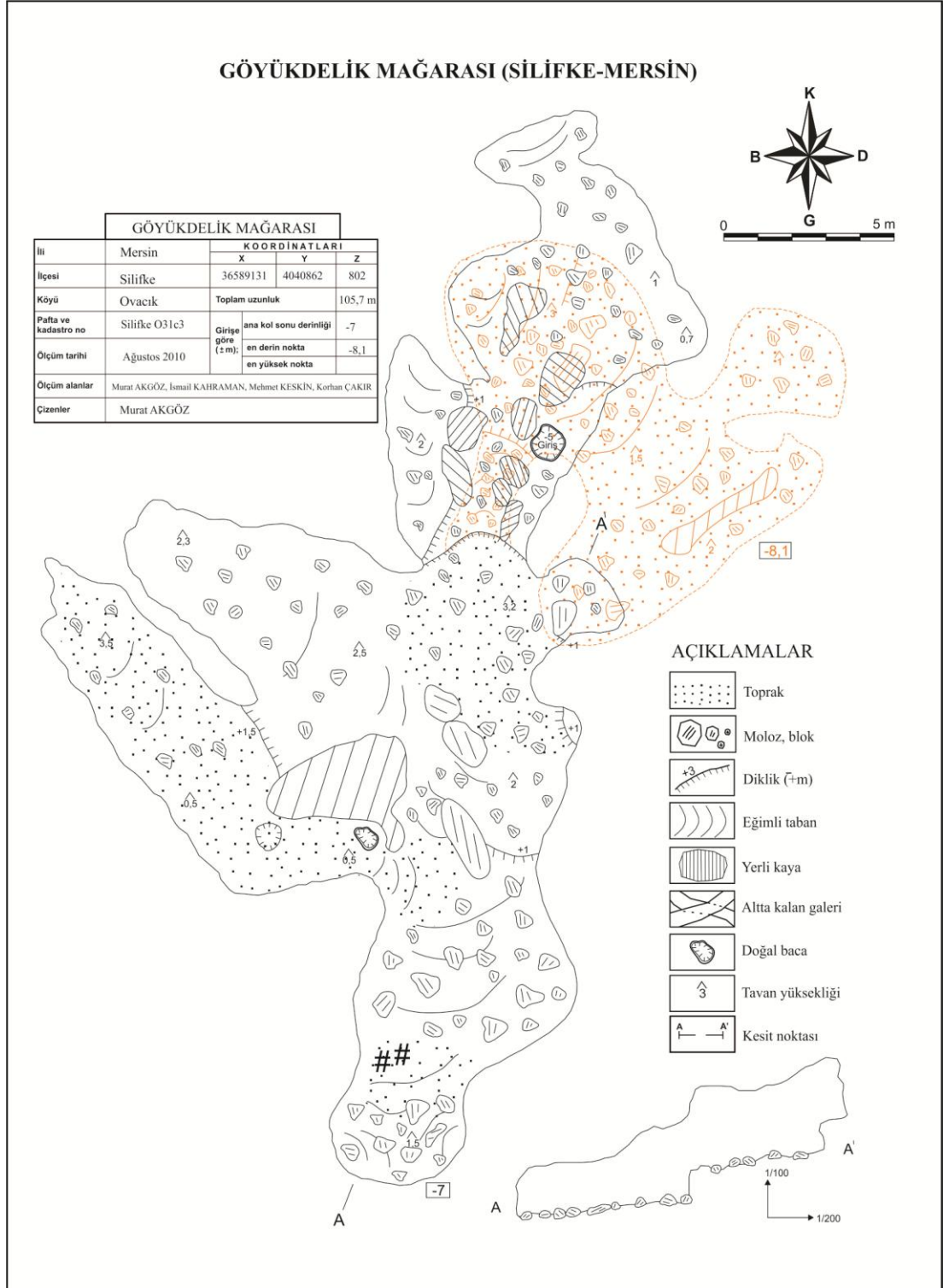
Şekil 4. 43. a) Göyükdelik Mağarası'nın yaklaşık 1 x 1 m genişliğe sahip, baca şeklinde açılmış girişi, b) Birçok antropojenik deformasyonun görüldüğü ana galeri, c ve d) Yüzey ile mağara tavanı arasındaki et kalınlığının çok az olduğu ana galeri tavanında görülen yüzey bitki örtüsüne ait kökler.

Bilindiği üzere, karstlaşmanın söz konusu olduğu karbonatlı alanlar anizotropik ve heterojen özellik gösterir. Bu tür alanlarda yeraltı su hareketi oldukça değişken olmakla birlikte, doğal filtrasyonun hemen hemen hiç olmadığı bu alanlarda akiferler kirlenmeye karşı oldukça duyarlıdır. Göyükdelik Mağarası'nda olduğu gibi, hayvan ölümlerinin atılmasından kaynaklanan bakteriler, evsel atıklar, çeşitli inşaat malzemeleri ve herbisitler en yaygın ve zararlı kirleticilerdir. Bu tür malzemeler, akifere kolayca girerek yakınındaki su kuyularına ve kaynaklarına ulaşarak risk oluşturur. Atıkların kaza sonucu dökülmesi veya bilinçli olarak boşaltılması sonucu,

toprak ve kireçtaşı boyunca kimyasalların yüksek taşıma özelliğinden dolayı karstik akiferler hızlı bir şekilde kirlenmeye maruz kalarak yalnızca içme suları için tehdit oluşturmaz; aynı zamanda bu alanlarda bulunan mağara ekolojisinin de olumsuz yönde etkilenmesine yol açar. Ayrıca, sistemli bir kanalizasyon sisteminin olmadığı çalışma alanında herhangi bir sızıntı karstik yeraltı suları için ana kirletici kaynaklardan birini teşkil etmektedir. Göyükdelik Mağarasında da olduğu gibi bu alanları vahşi çöp depolama alanı olarak kullanılması, oldukça hassas bir dengeye sahip olan mağara ekosistemleri üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Özellikle bu tür mağaralarda yaşayan yarasaların tarımsal ve kırsal alanlardaki etkileri oldukça olumludur. Öyle ki, yarasalar bir gecede vücut ağırlıklarının 1,5 katı kadar tarım zararlısı böcek yerler ve dolayısıyla bu tür alanlarda daha az tarım ilacının kullanılmasını sağlarlar. Sonuç olarak, içerisinde çok sayıda mağara kırkayağı ve yarasa barındıran Göyükdelik Mağarasının vahşi çöp depolama alanı olarak kullanılması gerek karstik akifer üzerinde ve gerekse de mağara ekosistemi üzerinde oldukça olumsuz etkilere neden olacaktır (Şekil 4.44b). Bu nedenle, bölgede sıklıkla çöp alanı olarak kullanılan diğer birçok obruk ve mağara ile birlikte Göyükdelik Mağarasının bu tür amaçlı kullanımının önlenmesi gerekmektedir.



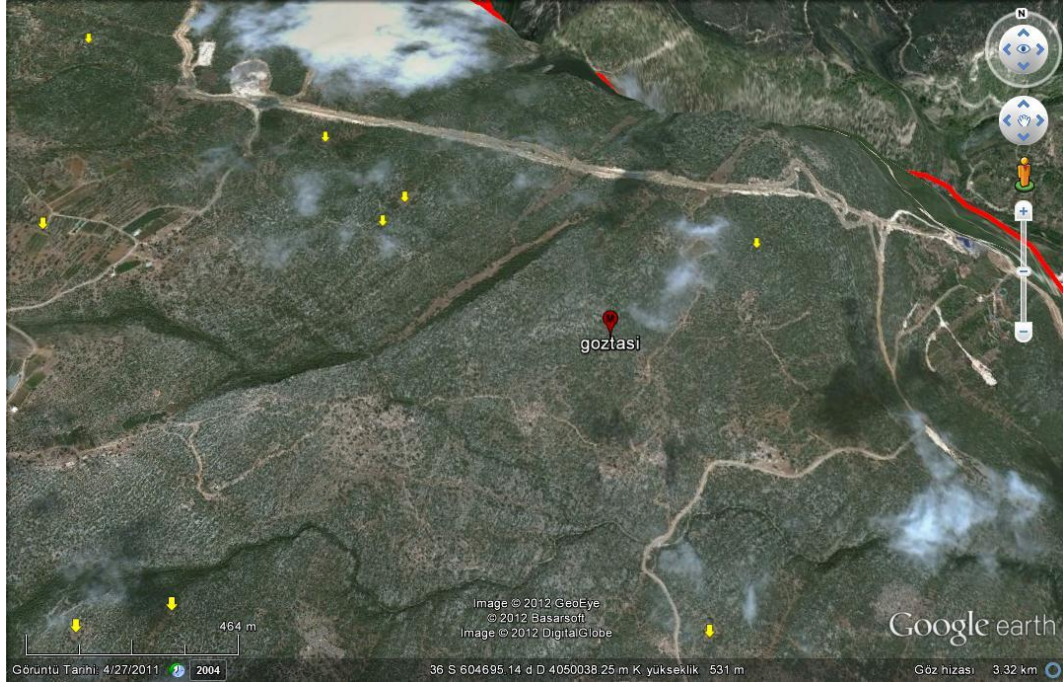
Şekil 4. 44. a) Yerleşim birimine oldukça yakın olan Göyükdelik Mağarası içerisine atılmış çeşitli atıklar, b) Mağara ve çevresi için oldukça önem arz eden yarasa kolonisinin bir üyesi.



Şekil 4. 45. Göyükdelik Mağarası plan ve kesiti.

4.2.2.11. Göztaşı Mağarası

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde gelişen Göztaşı Mağarasının en derin noktası – 41 m’dir.

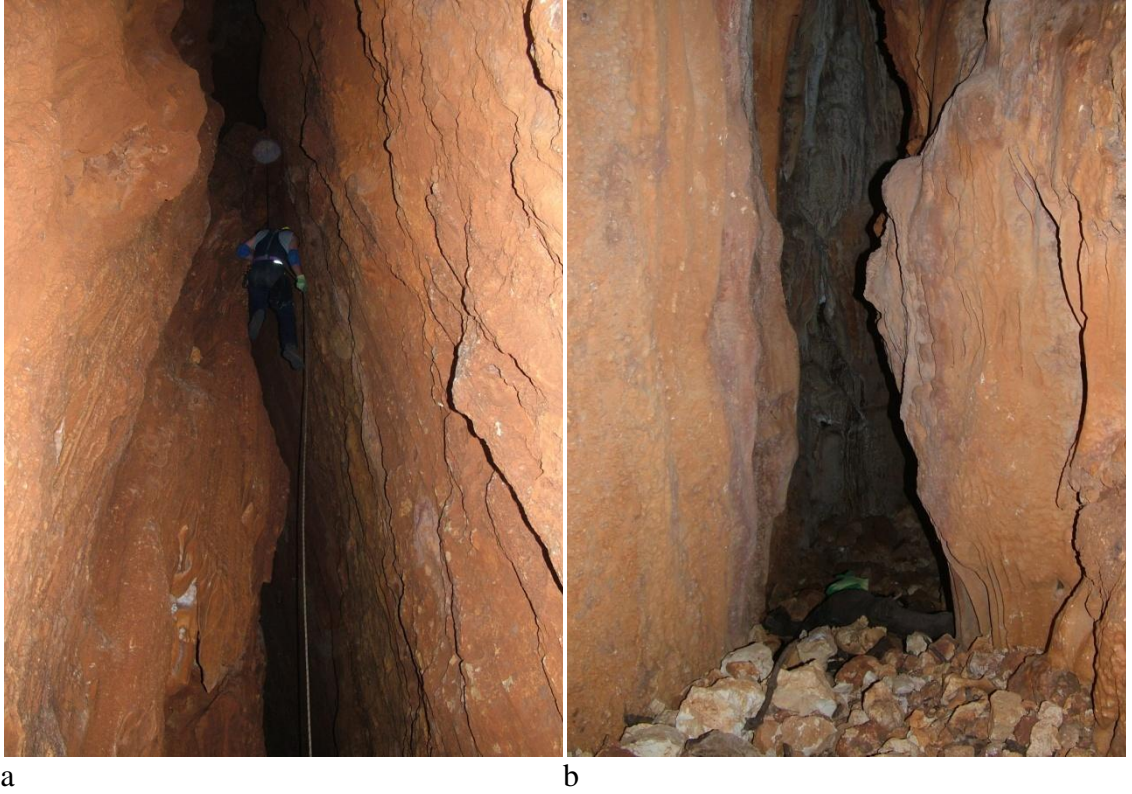


Şekil 4. 46. Göztaşı Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Bölgenin yükselmesi ve yeraltı su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak, bölgede görülen hızlı ve derinleşen karstlaşmanın etkisiyle Göztaşı Mağarası ilksel olarak, yaklaşık 6 m derinliğe sahip bir obruk olarak gelişmeye başlamıştır. Bu ilk oluşan obruk tabanında açılan ve yaklaşık 2 m genişlik ile 2 m yüksekliğe sahip geçitle, bu noktadan yaklaşık 35 m derinlikteki tabana ulaşan mağarada; hızlı gelişen karstlaşmanın etkisiyle mağara duvarlarında herhangi bir damlataş oluşumu görülmemektedir (Şekil 4.47a).

Mağara tabanında yer alan irili ufaklı kaya parçalarının oldukça köşeli ve yeni yüzeylere sahip olması ile birlikte tabanda çamurun ve yan duvarlarda çamur sıvanımlarının bulunmaması, ilksel olarak obruk şeklinde gelişmeye başlayan mağara ile mağara tabanını birbirine bağlayan geçitin nispeten yeni açıldığını göstermektedir

(Şekil 4.47b). İlksel obruk tabandan itibaren yaklaşık 12 m inildiğinde karşılaşılan ve 35 m'lik dik inişi iki bölüme ayıran ana kaya; mağara tabanını kaplayan irili ufaklı ve köşeli kaya parçalarının mağara tabanına düşmesini engelleyerek taban için adet şemsiye görevi görmüştür. Ana kayanın hemen altında bulunan mağara tabanında, yukarıdan düşen kaya parçalarının bulunmamasına karşın, tabanın her iki yanını düşen kaya parçalarıyla kaplıdır. Ana kayanın bu etkisi mağara planında ve Şekil 4.48'de açıkça görülmektedir.



Şekil 4. 47. a) Göztaş Mağarası'nın duvar damlataş oluşumlarının görülmediği 35 m'lik inişi, b) İrili ufaklı köşeli kaya parçalarıyla kaplı mağara tabanı

Mağara tabanında 2 x 3 m genişliğe ve yaklaşık 8 m tavan yüksekliğine sahip olan ve damlataş oluşumu açısından oldukça zengin küçük bir oda bulunmaktadır (Şekil 4.49a). Oda duvarlarında görülen ve mağaraların sular tarafından istila olduğu göllenme dönemlerinin en belirgin işareti olarak kabul edilen popcorn yapıları ve mevcut duvar damlataşları deforme olmaya başlamıştır (Şekil 4.49b). Temmuz 2009'da yapılan araştırmada, gerek mevcut popcorn ve damlataş oluşumlarında görülen deformasyon ve gerekse de yan duvarlarda ve tabanda nemli toprak, çamur ve/veya hiçbir su emaresinin bulunmaması; mağaranın sellenmeye

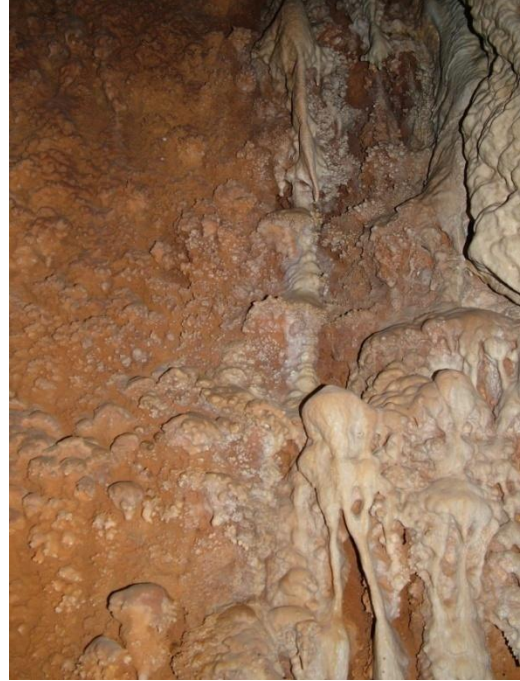
maruz kalmadığını, dolayısıyla genellikle bölgedeki dikey mağaraların yağışlı dönemlerde düden olarak çalışmasının Göztaşı Mağarası için geçerli olmadığını göstermektedir.



Şekil 4. 48. Göztaşı Mağarası'nda, ana kayanın taban üzerindeki şemsiye etkisi.

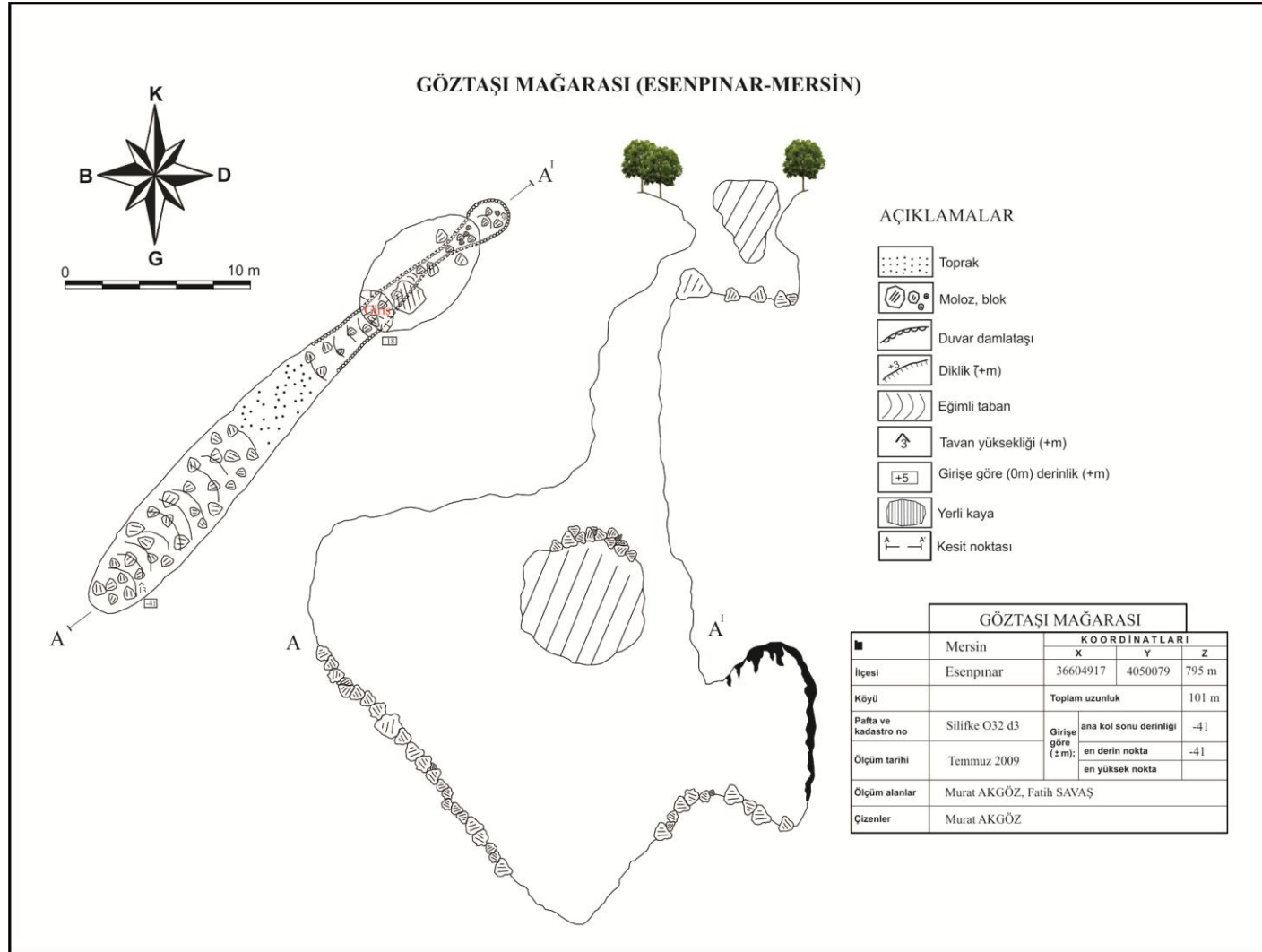


a



b

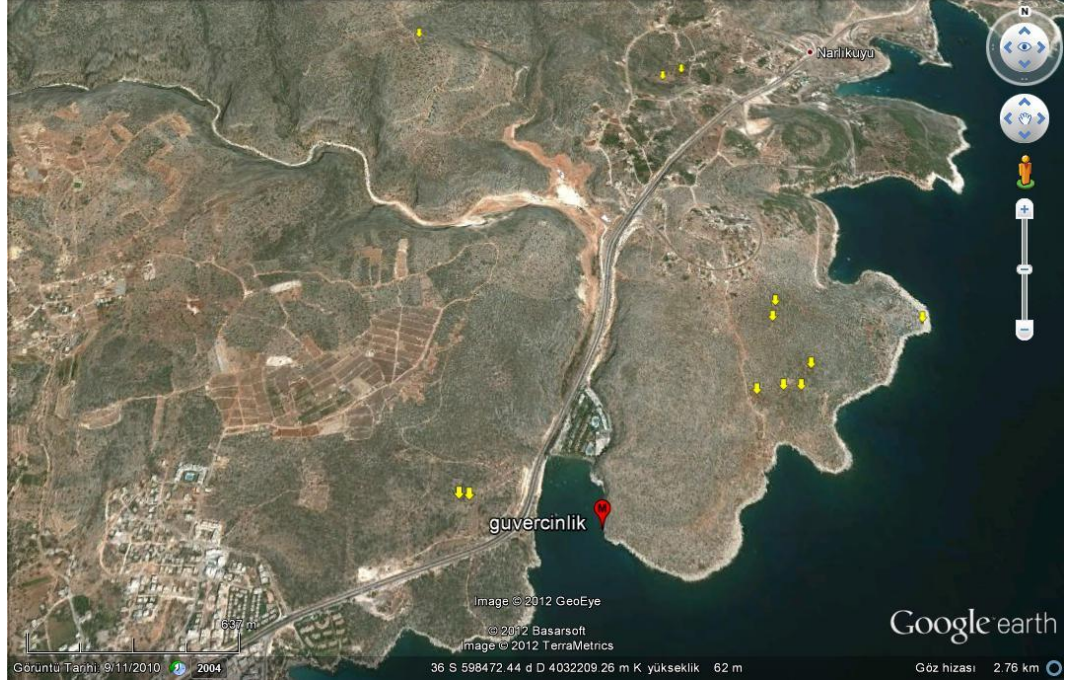
Şekil 4. 49. a) Göztaşı Mağarası'nın damlatas oluşumları açısından zengin odasında görülen duvar damlatasları b) Deforme olmaya başlamış popcorn yapıları.



Şekil 4. 50. Göztaşı Mağarası plan ve kesiti.

4.2.2.12. Güvercinlik Mağarası

Çalışma alanının en güneyinde yer alan Güvercinlik Mağarası, Pleistosen’de görülen Akdeniz su seviyesinin birçok kez alçalma ve yükselmesine bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde gelişmiş bir denizaltı mağarasıdır.

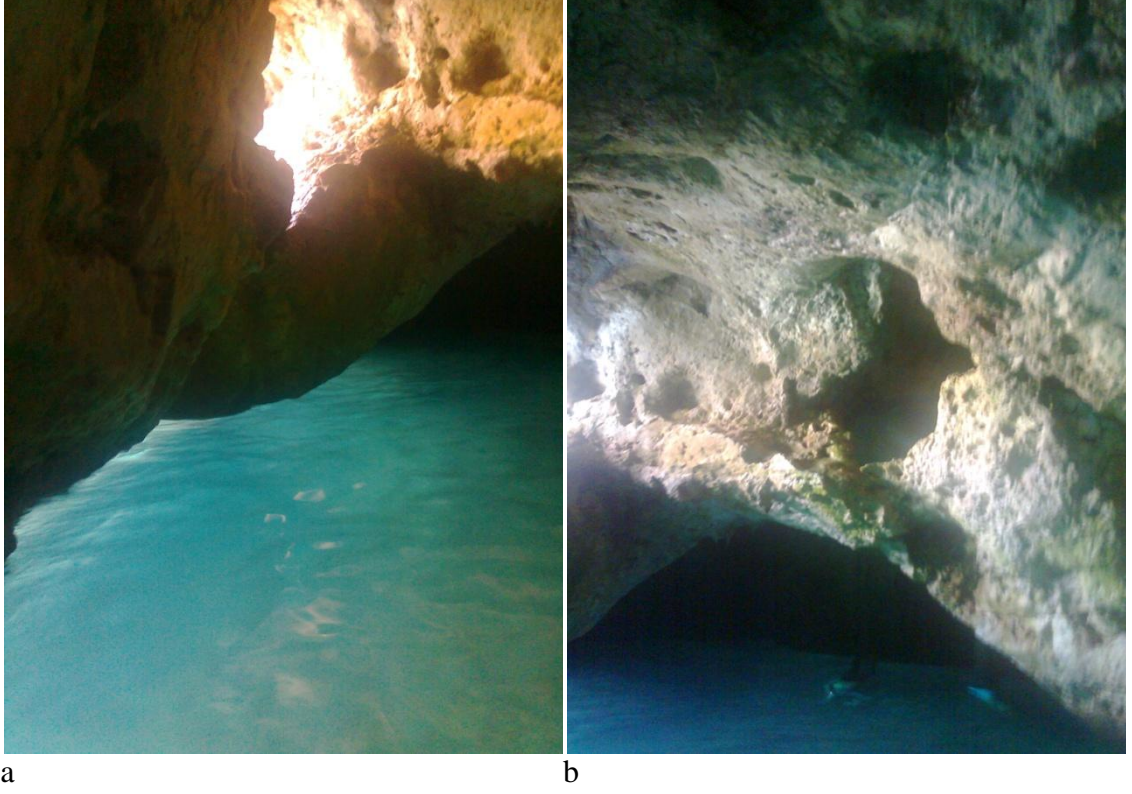


Şekil 4. 51. Güvercinlik Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth* programı kullanılarak oluşturulmuştur).

Yaklaşık 3 m su derinliğine sahip olan Güvercinlik Mağarası, Akdeniz su seviyesinin düştüğü dönemde ana tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak KKD-GGB yönünde gelişmiş ve su seviyesini tekrar yükselmesi sonucu boğulmuştur (Şekil 4.52). Bölgede karstlaşmayı sınırlayan nihai morfolojik taban düzeyi (MTD) Akdeniz'dir, dolayısıyla deniz seviyesinin altında herhangi bir mağara oluşumu olanaksızdır. Bu nedenle, mağara içerisinde tek bir dikit dışında herhangi bir damlataş oluşumu gelişmemiştir. Dikit, büyük olasılıkla Akdeniz su seviyesinin düştüğü dönemde gelişmiş olmalıdır.

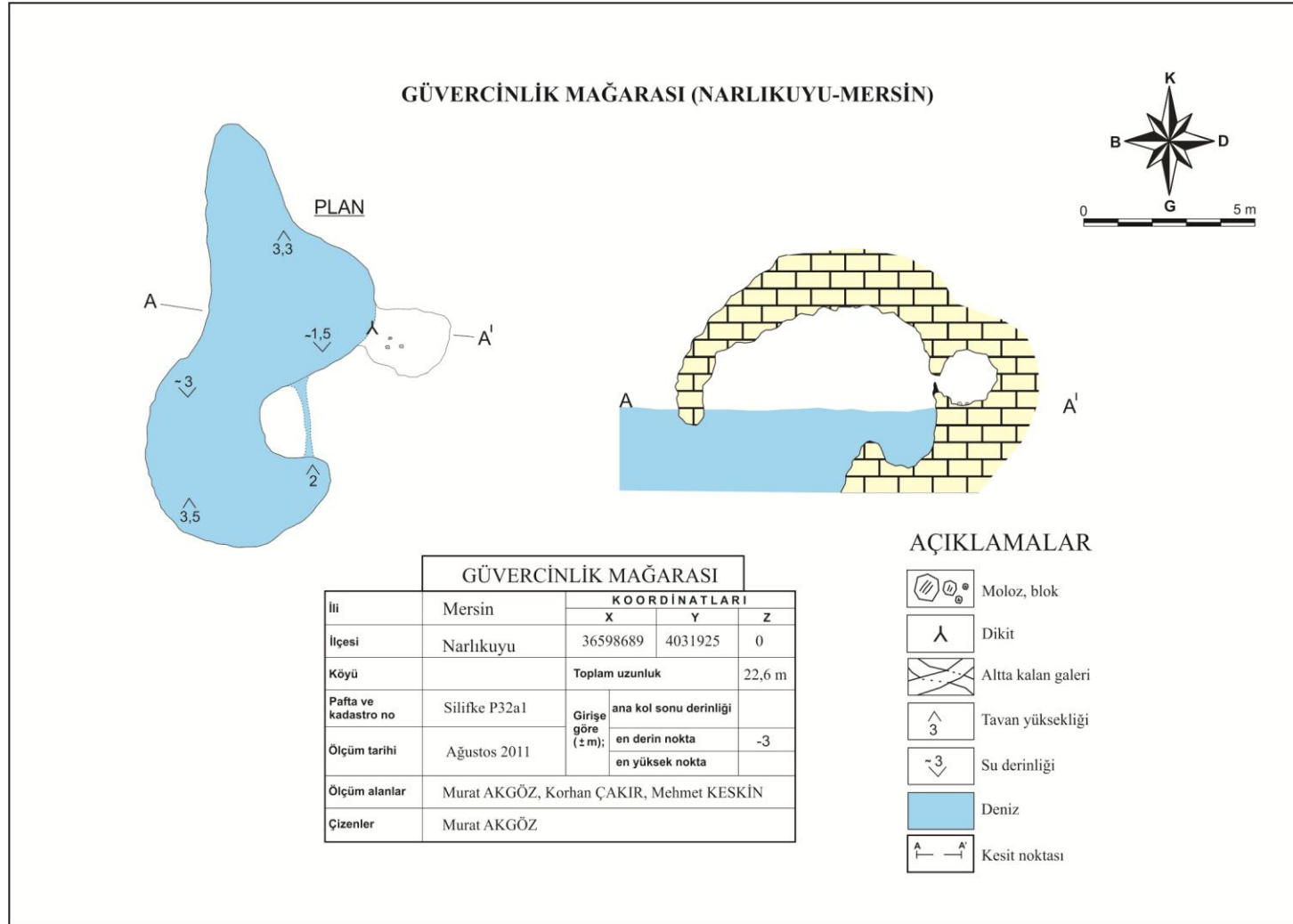
Yaklaşık 2 m uzunluğa sahip bir geçitten dalışla ulaşılan mağaranın toplam uzunluğu 23 m'dir. Bu geçitin hemen 2 m üstünde küçük bir pencereye sahip olan

mağaranın doğusunda, su seviyesinden itibaren 1,5 m yüksekte 1 x 1 m boyutlarında küçük bir odanın bulunduğu mağara görsel açıdan oldukça güzel bir görünüme sahiptir (Şekil 4.52a ve Şekil 4.52b).



Şekil 4. 52. Akdeniz su seviyesindeki düşüme bağlı olarak gelişmiş olan Güvercinlik Mağarası, su seviyesinin tekrar yükselmesi sonucu deniz suyuyla dolmuştur. a) Girişin hemen üstündeki doğal pencere, b) Güvercinlik Mağarası'nın doğusunda, su seviyesinden 1,5 m yukarıda bulunan 1 x 1 m boyutlarındaki küçük oda.

Ağustos 2011 tarihinde, ekipmansız dalış yapılarak araştırılan mağaranın güneydoğu kesiminde yaklaşık 1,5 m derinlik ve 2 m uzunluğunda bir pasaj bulunmuştur. Mağaranın olası tüm geçit noktaları araştırılmış ve mağaranın daha derine ulaştığına ve yanal olarak uzadığına dair herhangi bir belirti bulunamamış ve mağaranın araştırılması sonlandırılmıştır.



Şekil 4. 53. Güvercinlik Mağarası plan ve kesiti.

4.2.2.13. Hacıali Çukuru

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak Jura-Alt Kretase yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan Çamlık Formasyonu içerisinde gelişen Hacıali Çukuru'nun en derin noktası -61 m'dir.

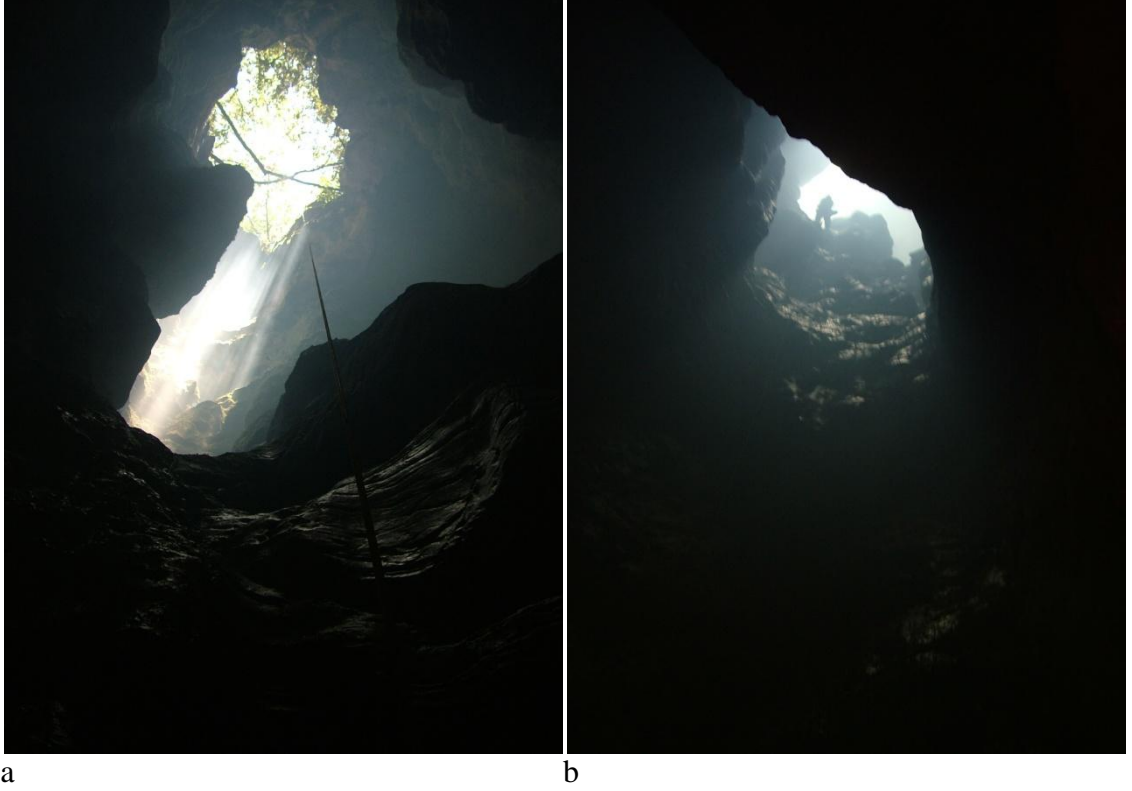


Şekil 4. 54. Hacıali Çukuru'nun yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Yaklaşık 50 m'lik dik bir inişle başlayan Hacıali Çukuru'nun nispeten geniş olan ilk 5 m'lik kısmı, çökmelere bağlı olarak düşen blokların oluşturduğu bir basamak şeklindedir (Şekil 4.55a). Bu noktadan itibaren yaklaşık 45 m'lik bir inişle mağaranın ilk katına ulaşılmaktadır. Bölgede derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşma sonucu, mağara içerisinde damlataş oluşumuna olanak sağlayacak koşullar oluşmamış ve dolayısıyla mağaranın bu ilk katında herhangi bir damlataş oluşumu gelişmemiştir (Şekil 4.55b).

Tabanı gerek ana kayaktan koparak düşen ve gerekse de sel sularınca mağara içerisinde taşınan irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı olan ilk basamağın

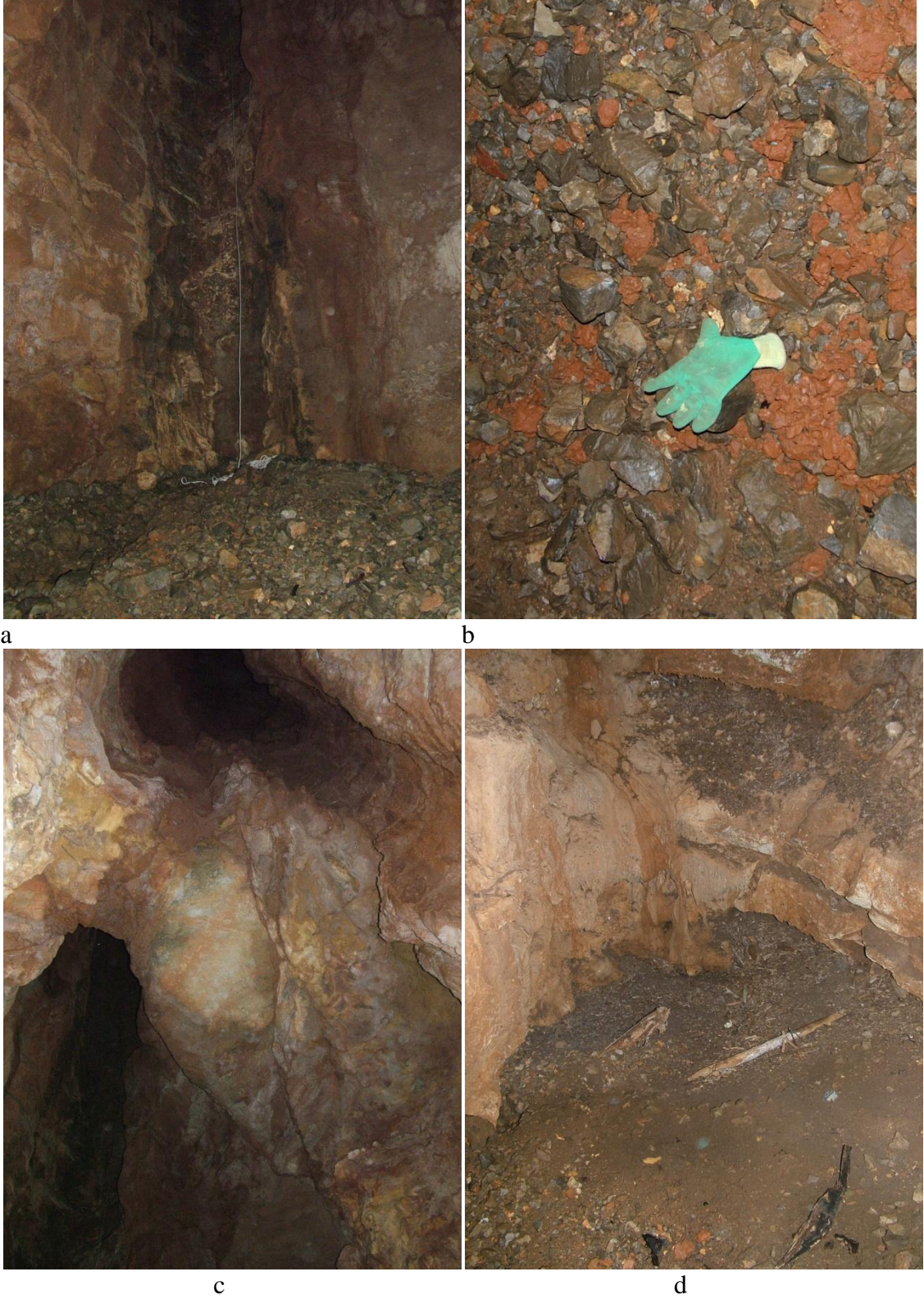
oldukça nemli olmasının yanı sıra yer yer çamurla kaplı olması; mağaranın dönem dönem sellenmeye maruz kaldığına işaret etmektedir (Şekil 4.56a, Şekil 4.56b ve Şekil 4.56d).



Şekil 4. 55. a) Hacıali Çukuru'nun girişinden 5 m aşağıda bulunan basamak b) Damlataş oluşumlarının görülmediği 25 m'lik dik iniş.

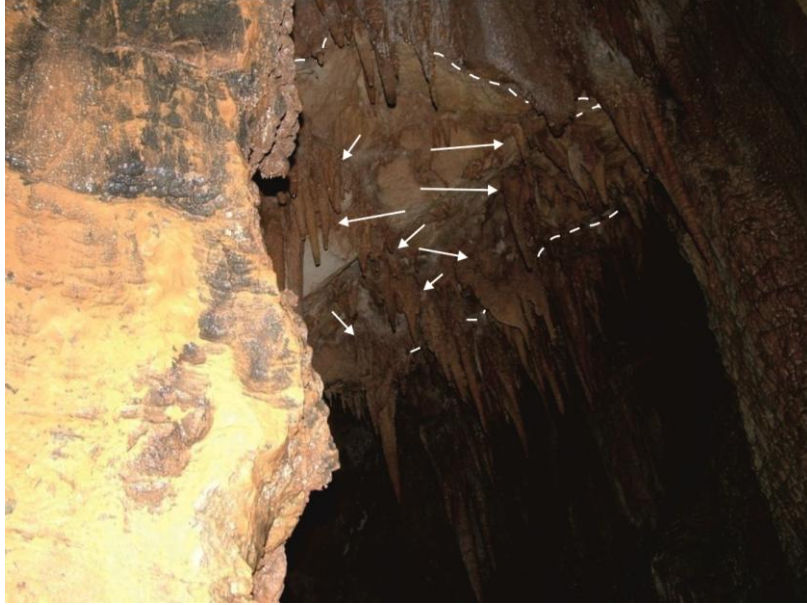
İlk basamaktan yaklaşık 6 m KB yönünde, eğimli taban üzerinde ilerlenerek mağaranın ikinci basamağına ulaşımı sağlayan geçide ulaşılmaktadır. Eğimli tabanın çamurlu ve düşen kaya parçalarıyla kaplı olması nedeniyle, 11 m derinliğe sahip olan bu geçide ulaşımında herhangi bir olumsuz durum oluşturabilecek düşmelere karşın oldukça dikkatli olunması gerekmektedir.

İkinci basamağına inişten yaklaşık 2 m aşağıda olan ve ikinci basamağına ulaşımı sağlayan geçit, ana kaya tarafından ikiye bölünmüştür (Şekil 4.56c). Tabanı tamamen kille kaplı olan mağaranın ikinci basamağında herhangi bir dikit gelişimi görülmemektedir (Şekil 4.56d).



Şekil 4. 56. a) Hacıali Çukuru'nun tabanını kaplayan irili ufaklı kaya parçaları, b) Çamurla kaplı ilk basamak tabanı, c) İkinci basamağa ulaşımı sağlayan ve ana kaya tarafından ikiye ayrılmış geçit, d) Kille kaplı ikinci basamak tabanı.

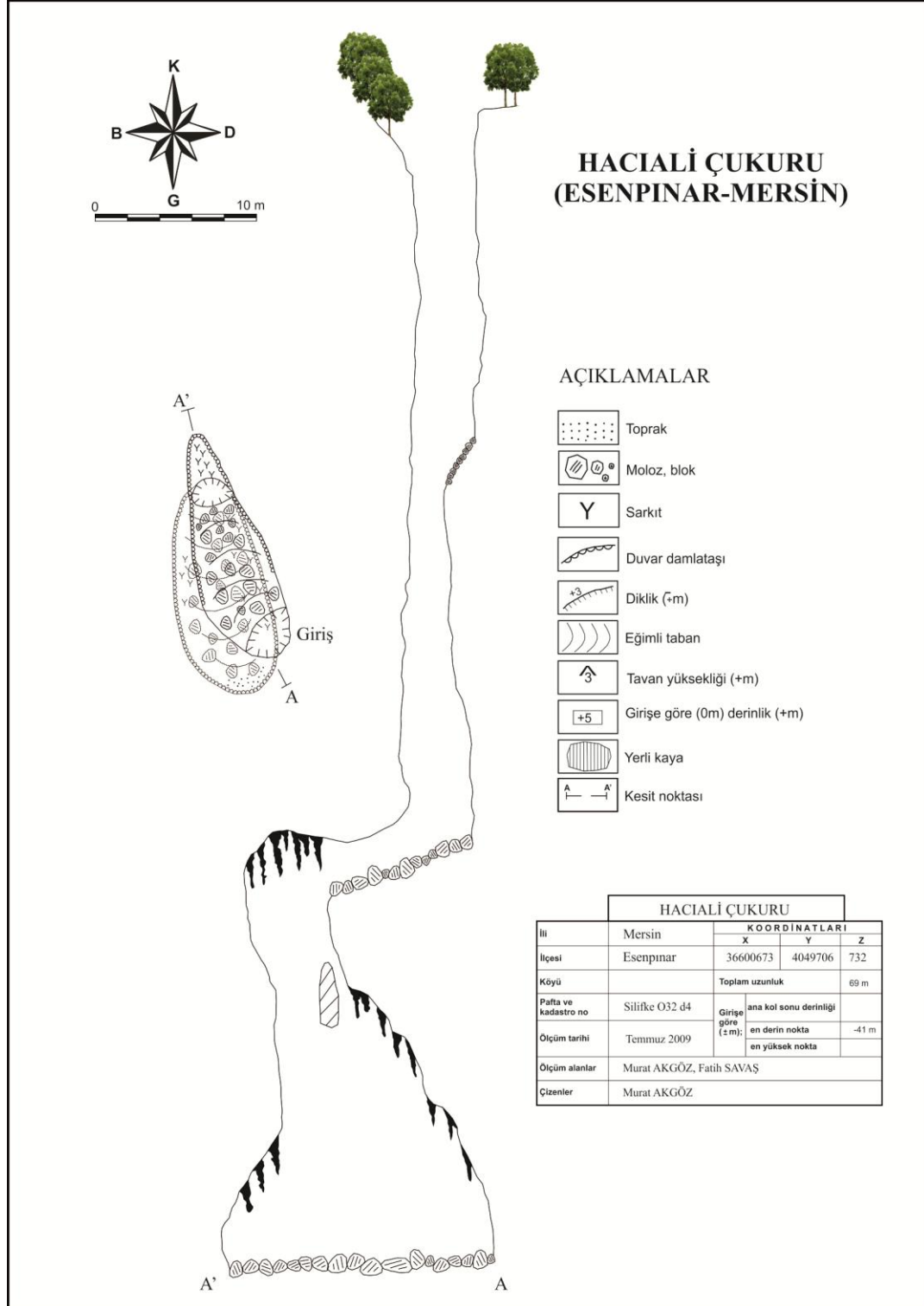
Tavan ve yan duvarlarda nispeten zengin damlataş oluşumlarının görüldüğü ikinci basamakta dikit gelişmemiş olması olası değildir. Tavanda blok halinde kopmaların izleri görülmesine karşın; tabanın tamamen kilce kaplı olması mağaranın sık sık sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir. Mağara tabanı, kil ve sel sularınca taşınan diğer materyallerle kaplanarak, tabanda gelişmiş olası dikit oluşumlarının tavadan düşen bloklarca deforme olduğunu ve/veya tabanı kaplayan killi malzeme tarafından örtülerek gizlendiğini göstermektedir. Tavandaki kopma yüzeyinde damlataş oluşumlarının nispeten küçük boyutlarda ve seyrek olması, kopmanın nispeten yeni gerçekleştiğini göstermektedir (Şekil 4.57). Bu bölümdeki yan duvarlar üzerinde görülen popcorn benzeri yapılar, sel sularının mağaranın bu kesiminde göllendiğini ve nispeten yavaş bir şekilde drene olduğu göstermektedir. Bu veriler ışığında, mağara tabanının temizlenmesi sonucu, mağara muhtemelen daha derine ulaşacaktır.



Şekil 4. 57. Mağaranın son bölümünde görülen tavadan kopma yüzeyleri ve bu yüzey üzerinde gelişen ikincil sarkıt oluşumları.

Boyuna kesiti dik bir kuyu şeklinde olan Hacıali Çukurunun yaklaşık -50 m seviyesinde bulunan basamağı, mağaranın gelişim dönemindeki geçici karst taban düzeyini göstermektedir. Bu dönemde mağara geçici karst taban düzeyine bağlı olarak derinleşmemiş; ancak, yeraltı su seviyesindeki değişimler ve KB-GD yönlü

süreksizliklere bağlı olarak geçici taban düzeyinin düşmesine bağlı olarak bölgede karstlaşma yeniden derinleşerek günümüzdeki tabana ulaşılmıştır (Şekil 4.58).



Şekil 4. 58. Hacialı Çukuru plan ve kesiti.

4.2.2.14. Hankale Mağarası

İlksel olarak, bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik olarak gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişmeye başlayan Hankale Mağarası, KD-GB yönlü faya bağlı olarak şekillenmiştir.



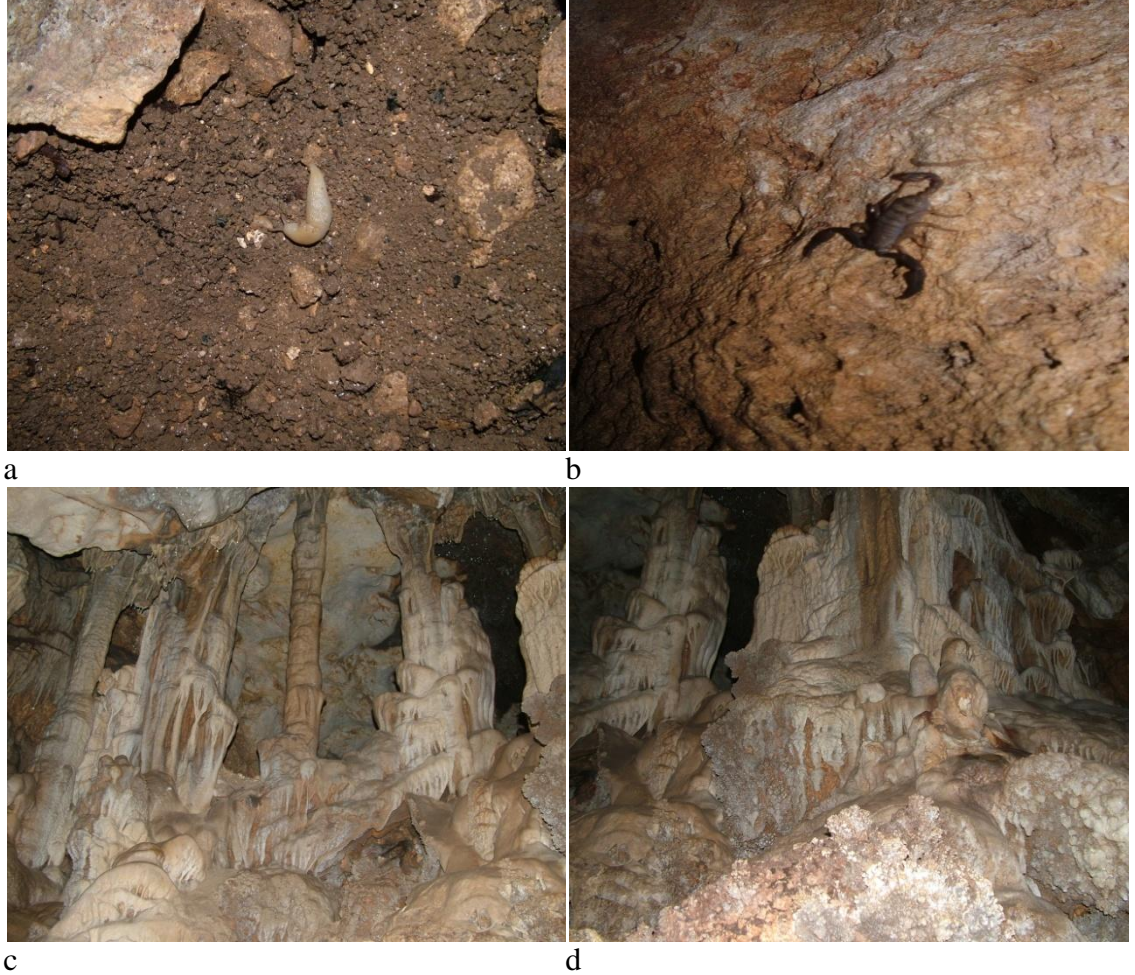
Şekil 4. 59. Hankale Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth* programı kullanılarak oluşturulmuştur).

Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde gelişen ve toplam uzunluğu 56,5 m olan mağaranın ilk salonunun tabanı, tamamen sel sularınca mağara içerisine taşınan organik materyallerce zengin nemli toprak ve irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplıdır (Şekil 4.60a).

2009 yılı Temmuz ayında yapılan araştırmada, hava sirkülasyonuna bağlı olarak damlataş oluşumunun nadiren görüldüğü ilk salonda çok sayıda akreple karşılaşmıştır (Şekil 4.60b).

İlk salondan, ortasında bulunan sütun grubunun 1 x 1 m ve 0,5 x 0,7 m ebatlarında olmak üzere ikiye ayırdığı geçitten ikinci salona ulaşılmaktadır. Damlataş

oluşumu açısından oldukça fakir olan ilk salonun tersine, ikinci salon 2 m'yi geçen sütunlar, sarkıt, dikit, akmetaş ve popcorn yapıları gibi damlataş oluşumlarının neredeyse tamamına ev sahipliği yapmaktadır (Şekil 4.60a ve Şekil 4.60b).



Şekil 4. 60.a) Hankale Mağarası'nın, sel sularınca mağara içerisine taşınan, organik malzemece zengin toprakla kaplı ilk salon tabanı, b) Çok sayıda akrebin görüldüğü ilk salon duvarı, c) Damlataş oluşumları açısından oldukça zengin olan ikinci salon, d) İkinci salonda bulunan yoğun damlataş oluşumlarının taban kısımlarında görülen popcorn yapıları.

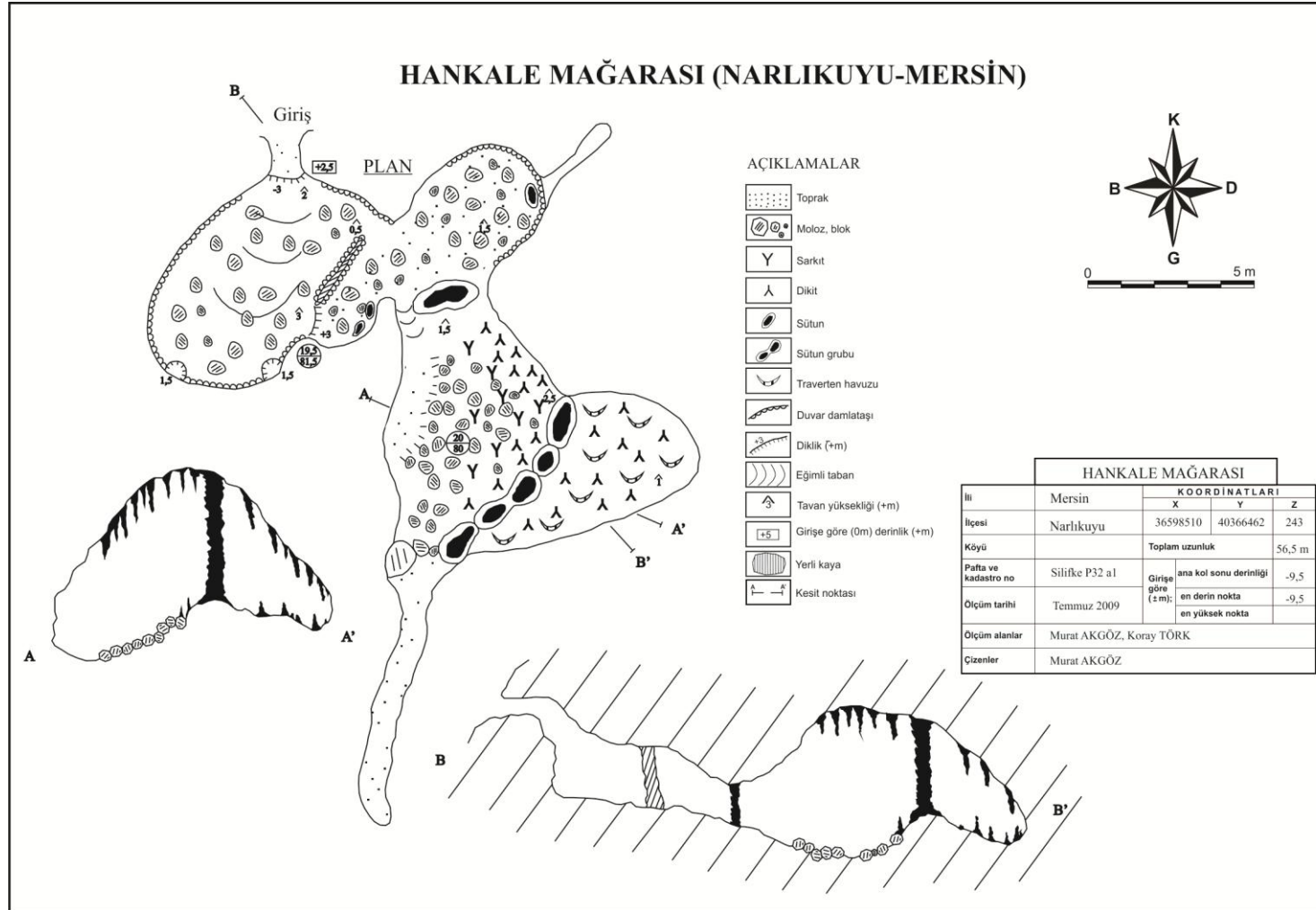
İkinci salonun tabanının batı bölümünün tamamen kilce zengin toprak örtü ve irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı olmasının yanı sıra; taban seviyesine yakın alanlarda görülen popcorn yapıları ikinci salonun dönemsel olarak sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir (Şekil 4.60d). Buna karşın, sellenmeye maruz kalan mağara duvarlarında sıkça görülen kil ve/veya çamur sıvanımlarının görülmemesi sellenmenin küçük boyutlu olabileceği gibi; ilk salon ile ikinci salon geçitinde bulunan sütun grubunun sel suları önünde set oluşturarak, sel sularının ikinci salona

nispeten daha az ulaşmasını sağlaması daha olası bir durumdur. Nispeten küçük bir mağara olan Hankale Mağarasının, dar bir geçitle ayrılan iki salonunun damlataş oluşumu açısından birbirinden oldukça farklı olmasının nedeni; bu sütun grubunun mağara girişinden kaynaklanan hava sirkülasyonunu bir perde gibi kesmesi sonucu, ikinci salonda damlataş oluşumu açısından uygun klimatolojik koşulları sağlamasıdır.

İkinci salonun damlataş oluşumu açısından oldukça zengin olmasına karşın; özellikle salonun batı kesiminde tavan ve yan duvarlarda damlataş oluşumlarının görülmemesiyle birlikte, tavan ve duvar yüzeyinin nispeten tıraşlı olması mağaranın bu kesiminde oturma ve çökmelerin devam ettiğini göstermektedir (Şekil 4.61a ve Şekil 4.61b). Şekil 4.61a’da görülen kopan yüzey üzerinde akmataş oluşumları görülmesine karşın, Şekil 4.61b’de hemen karşı tarafındaki tavanın tıraşlı olması bu tezi desteklemektedir.



a
b
Şekil 4. 61. a) Hankale Mağarası'nın ikinci salonun tavanında görülen kopma izleri, b) Tıraşlı tavan yüzeyi.



Şekil 4. 62. Hankale Mağarası plan ve kesitleri.

4.2.2.15. Hasanaliler Mağarası

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişmeye başlayan mağara, bu faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak şekillenmiştir. Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde gelişen mağaranın en derin noktası -34 m'dir.



Şekil 4. 63. Hasanaliler Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Yakın çevresinde bulunan ve KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişmiş olan Sayvan Mağarası, Cennet ve Cehennem Obruqları ile Astım/Dilek Mağarası gibi hakim tektonik hat yönünde, ilksel olarak çökme tipi bir obruk şeklinde gelişmeye başlamıştır.

Oldukça dar bir girişe sahip olan Hasanaliler Mağarası çok katlı bir gelişim göstermektedir (Şekil 4.64a). Çökmelere ve hava sirkülasyonuna bağlı olarak damlataş oluşumlarının neredeyse hiç görülmediği -7,5 m'deki ilk basamaktan, yaklaşık 29 m'lik bir dik inişle mağara tabanına ulaşılmaktadır (Şekil 4.64b). Mağara

tabanına ulaşımı sağlayan geçit duvarlarında, nispeten korunmuş durumdaki popcorn yapıları; mağaranın dönemsel olarak sellenmeye maruz kaldığını ve sel sularının belirli bir dönem bu noktada göllendiğini göstermektedir.

İlk basamağın yaklaşık 10 m altında ikinci bir basamak yer almaktadır. Oldukça eğimli olan ve yüzeyden taşınmış ve tabana ulaşmadan basamak üzerinde birikmiş olan irili ufaklı kaya parçalarının duraylı olmaması nedeniyle, inişlerde olası taş düşmelerine karşın dikkatli olunması gerekmektedir. İnişin başlangıcında yan duvarlarda görülen çamur sıvanımlarının tabana doğru azalması; buna karşın, yan duvarlarda düşen kaya parçalarına ait çarpma izlerinin sıklaşması mağaranın sellenmeye maruz kaldığı dönemlerde, mağara içerisine taşınan su ve beraberinde getirdiği malzeme miktarının nispeten fazla olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, tabana yakın alanlarda görülen deforme olmuş popcorn yapıları da sel sularınca taşınan malzemelerin etkisini göstermektedir (Şekil 4.65a).



a b
Şekil 4. 64. a) Hasanlaliler Mağarası'nın oldukça dar olan girişi, b) Girişten 7,5 m aşağıdaki ilk basamak.

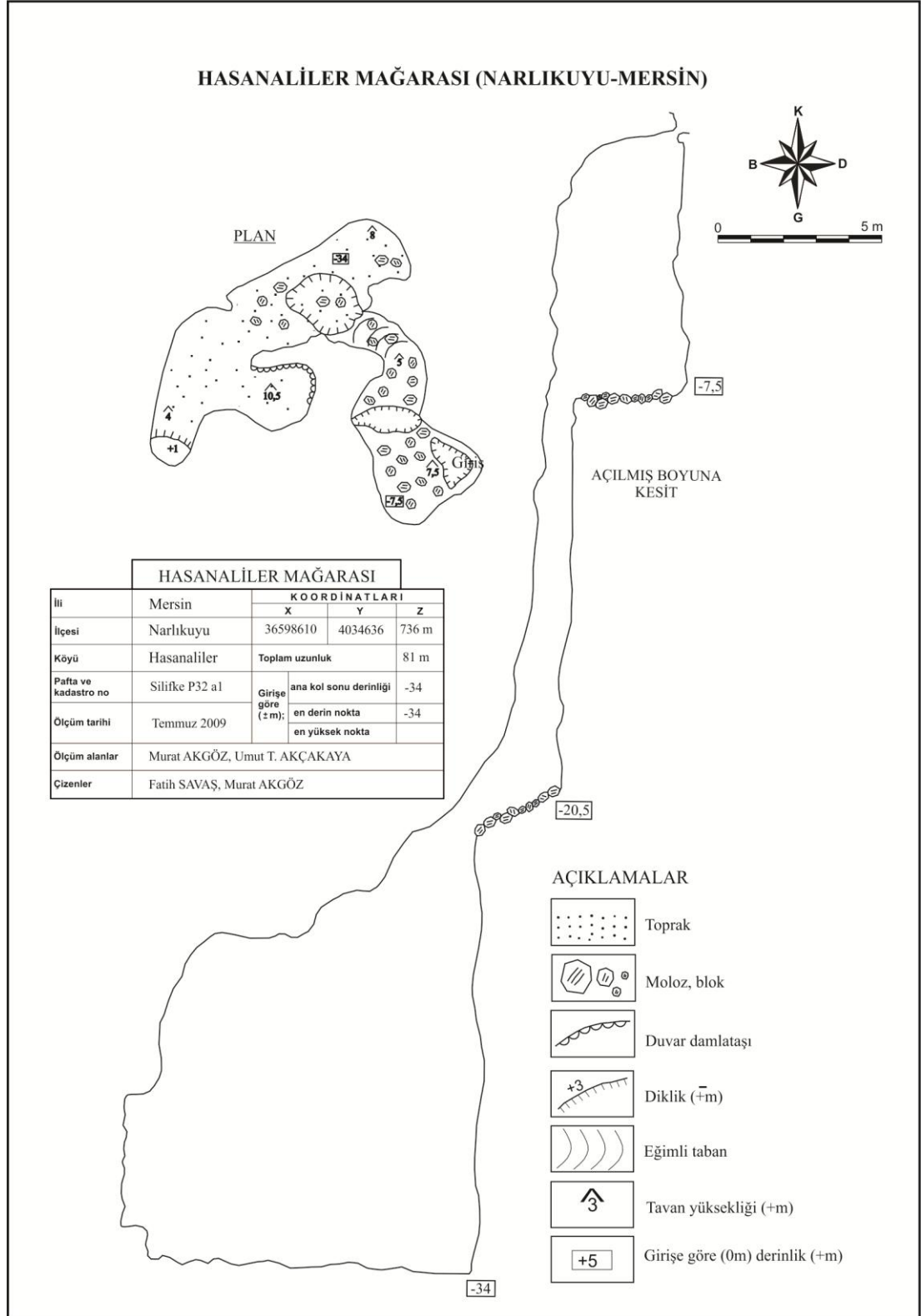
İlk iki basamak tabanında görülmesine karşın; mağara tabanında sel sularınca taşınmış olması gereken irili ufaklı kaya parçaları görülmemektedir. Tabanın tamamen kil ve organik materyalce kaplı nemli toprakla kaplı olması; mağaraya sel sularınca taşınan malzemenin daha çok kil ve organik materyalce zengin olduğunu ve tabana düşen kaya parçalarının bu malzeme tarafından örtüldüğünü göstermektedir. Tabanı kaplayan kilce zengin nemli toprak üzerinde bulunan mağara funguslerinin (mantar) varlığı, mağaranın belirli dönemlerde

sellenmeye maruz kalarak taban materyalinin nemini kaybetmediğini göstermektedir (Şekil 4.65b). Hasanaliler Mağarası'nda da, yakın çevresindeki mağaralarda olduğu gibi çok sayıda akrep görülmüştür (Şekil 4.65b).



Şekil 4. 65. a) Hasanaliler Mağarası'nın tabanına yakın yan duvarlarda görülen ve nispeten korunmuş popcorn yapıları b) Tabanı kaplayan nemli toprak üzerinde gelişmiş mağara fungusları (beyaz lekeler) ve akrep.

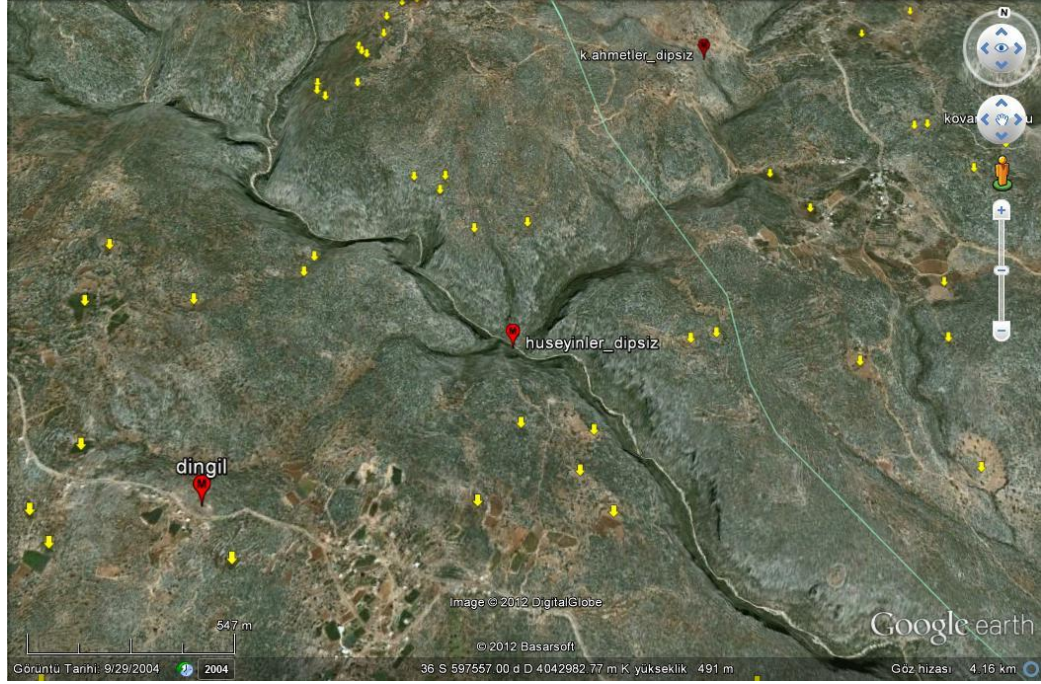
Günümüzde -7,5 m seviyesinde görülen basamak, mağaranın gelişim dönemindeki geçici karst taban düzeyine bağlı olarak düşey yönlü gelişiminin sınırlandığı ve gelişimin yatay olarak devam ettiği seviyeyi göstermektedir. Bölgenin yükselmesine karşın Akdeniz su seviyesindeki değişimlerle birlikte; bölgedeki hakim tektonik hata dik olarak gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak, mağaranın gelişim döneminde geçici karst taban düzeyinin derine inmesi ve buna bağlı olarak da karstlaşmanın yeniden derinleşmesi sonucu mağara yaklaşık -21 m seviyelerine inmiştir. Eğimli bu basamak, gelişim döneminde belirli bir karst taban düzeyinin oluşmadığı tektonik olarak hareketli bölgeleri göstermektedir. Bu aşamadan sonra, karst taban düzeyinin daha derine inmesine bağlı olarak karstlaşma yeniden hızlı ve derinleşerek gelişmiş ve mağara günümüzdeki tabanına ulaşmıştır (Şekil 4.66).



Şekil 4. 66. Hasanlıler Mağarası plan ve kesiti.

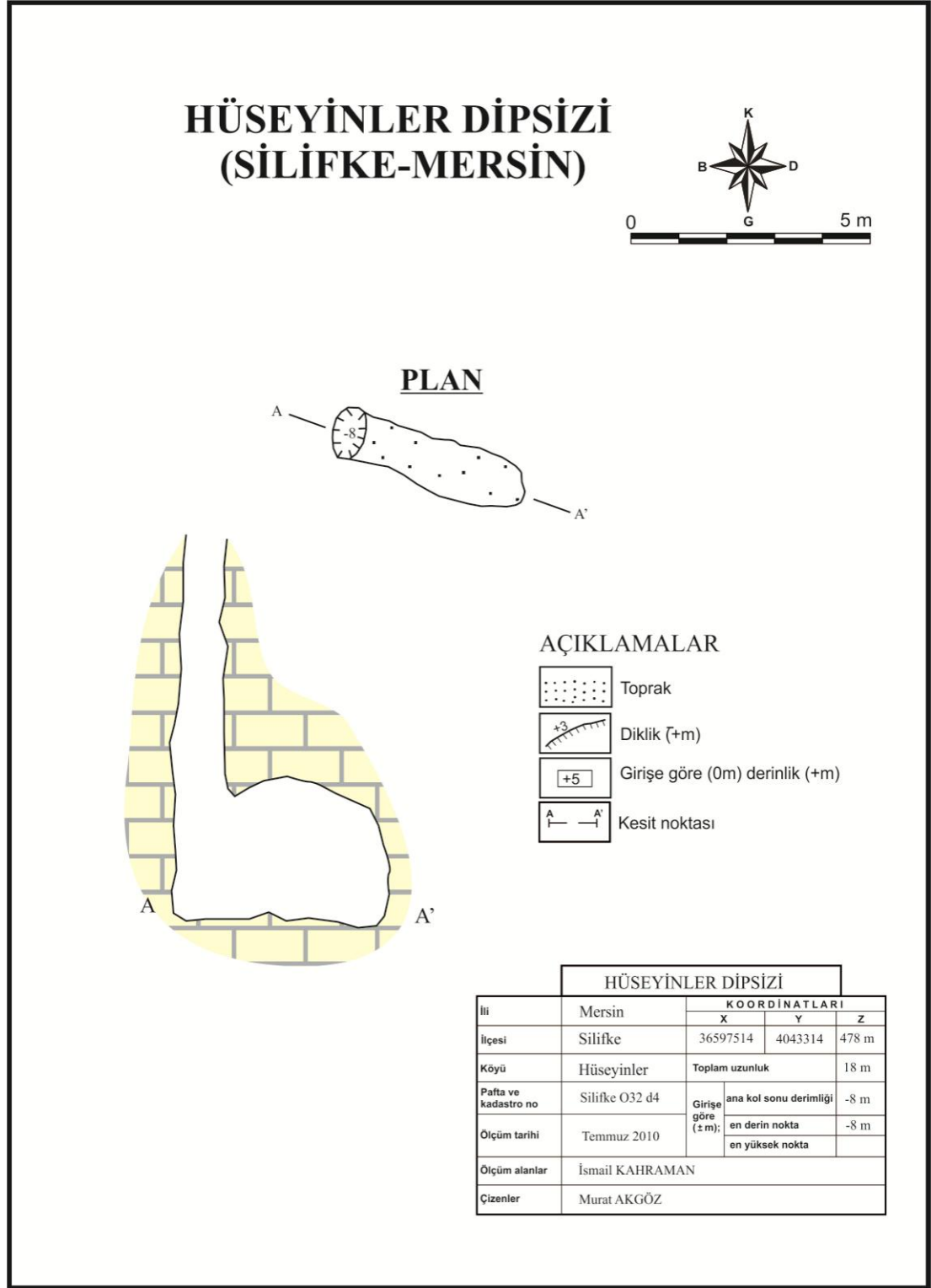
4.2.2.16. Hüseyinler Dipsizi

Dingil Mağarası ile aynı hat üzerinde bulunan Hüseyinler Dipsizi, Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde, bölgedeki ana tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişmiştir.



Şekil 4. 67. Hüseyinler Dipsizi'nin yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

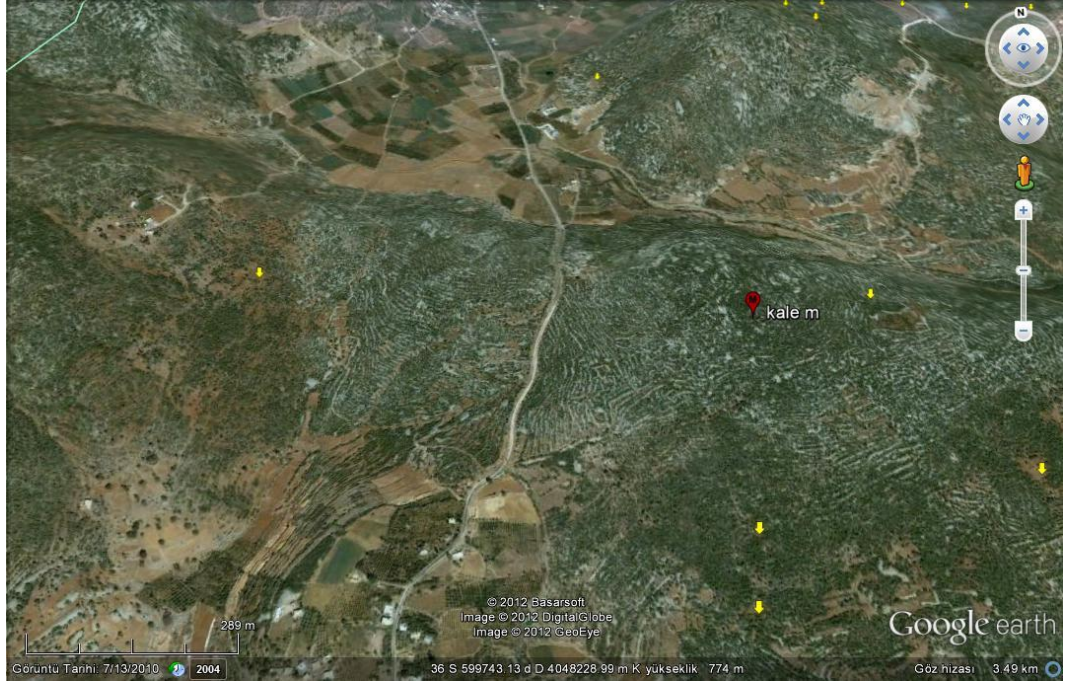
Toplam derinliği 8 m olan Hüseyinler Dipsizi, yağışlı dönemlerde suyun yeraltına drene olduğu sığ bir toprak düden konumundadır. Bölgedeki genel akaçlama yönünde gelişmiş genç vadi tabanlarından biri üzerinde bulunan mağara, morfolojik olarak karstlaşmayı sınırlayan karst taban düzeyi (KTD) olan vadi tabanında bulunması ve tamamen toprak örtüyle tıkanmış olmasından dolayı günümüzde, derinleşmeden sığ bir düden olarak kalmıştır.



Şekil 4. 68. Hüseyinler Dipsizi plan ve kesiti.

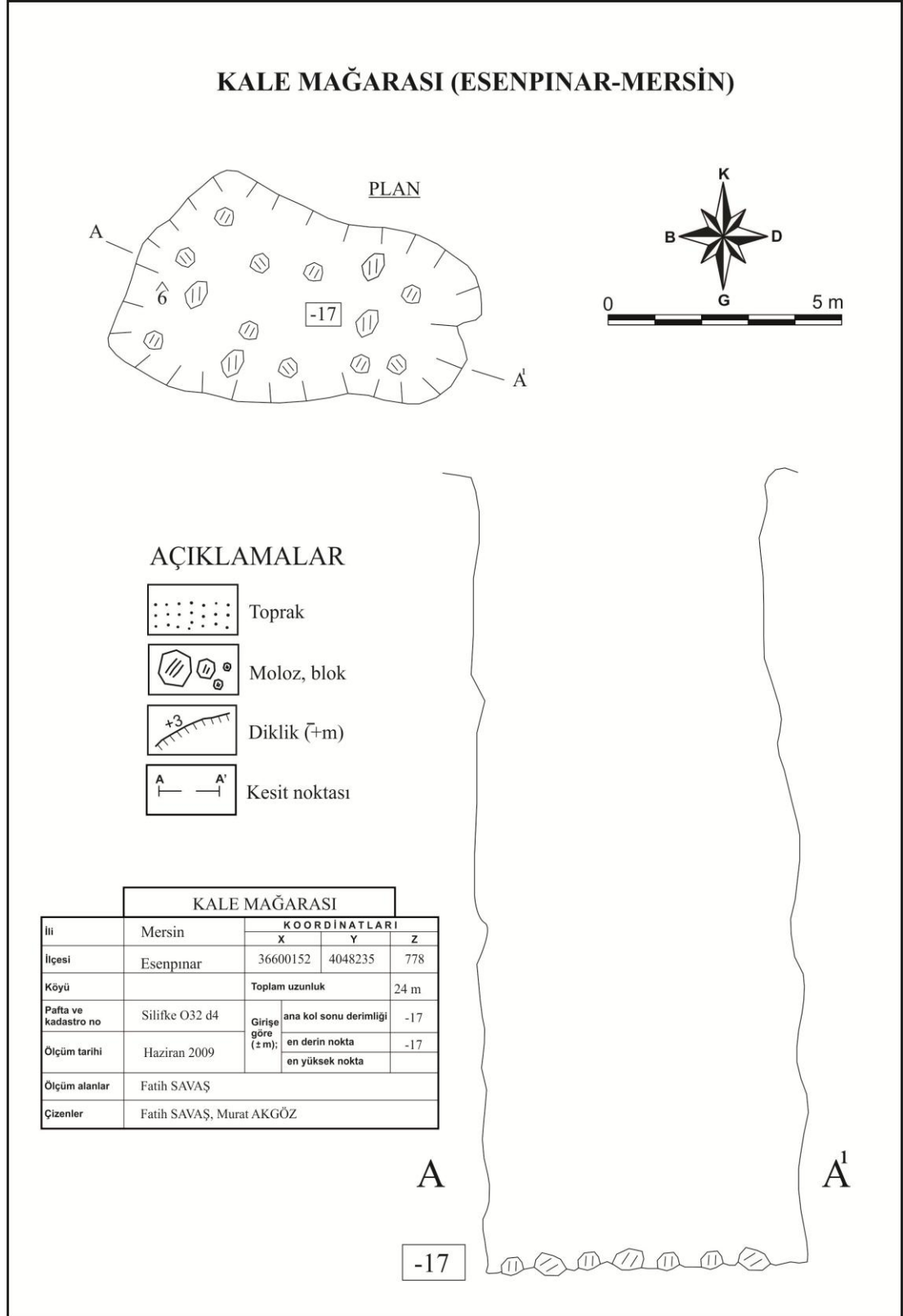
4.2.2.17. Kale Mağarası

Bölgedeki hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak Jura-Alt Kretase yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan Çamlık Formasyonu içerisinde gelişmiştir.



Şekil 4. 69. Kale Mağarası'nın yer buldurusu görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

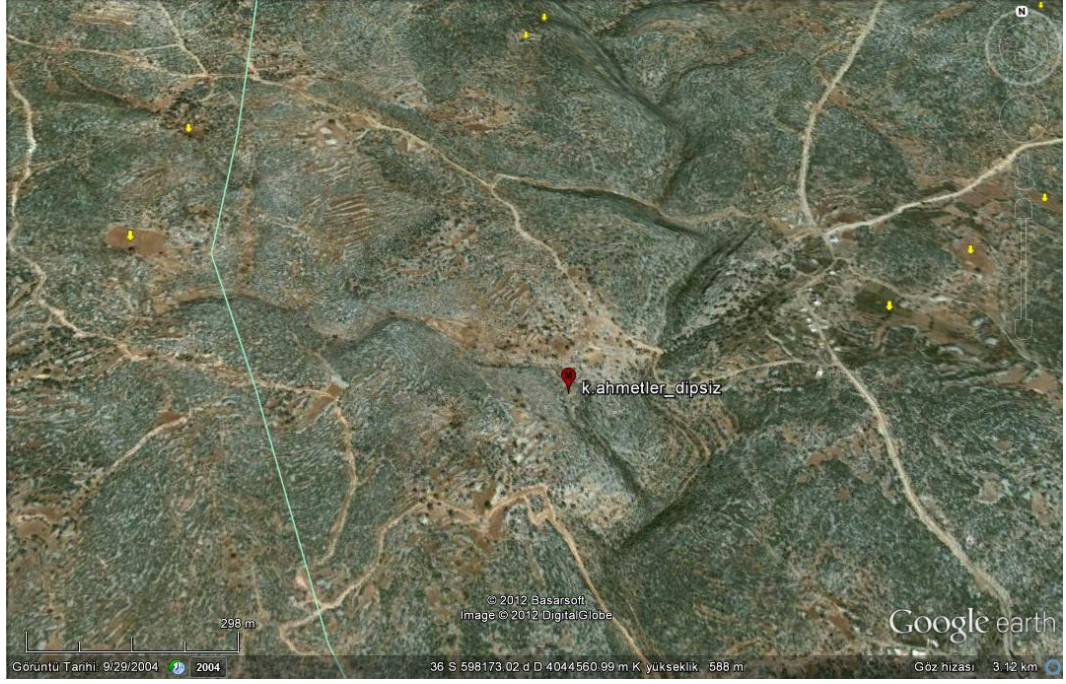
Çalışma alanında resifal kireçtaşlarından sonra, yüzey ve yeraltı karstlaşma ürünlerinin sıkça görüldüğü birim olan dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan Çamlık Formasyonu içerisinde gelişmiş olan mağaraların tamamı dikeydir. Birim içerisinde gelişmiş diğer dikey mağaralara oranla oldukça sığ bir dikey mağara özelliğindeki Kale Mağarası'nın en derin noktası -17 m'dir. Mağara, gelişim mekanizması açısından bölgedeki çökme tipi dolinlerin tipik bir örneğini teşkil etmektedir.



Şekil 4. 70. Kale Mağarası plan ve kesiti.

4.2.2.18. Karaahmetler Dipsizi

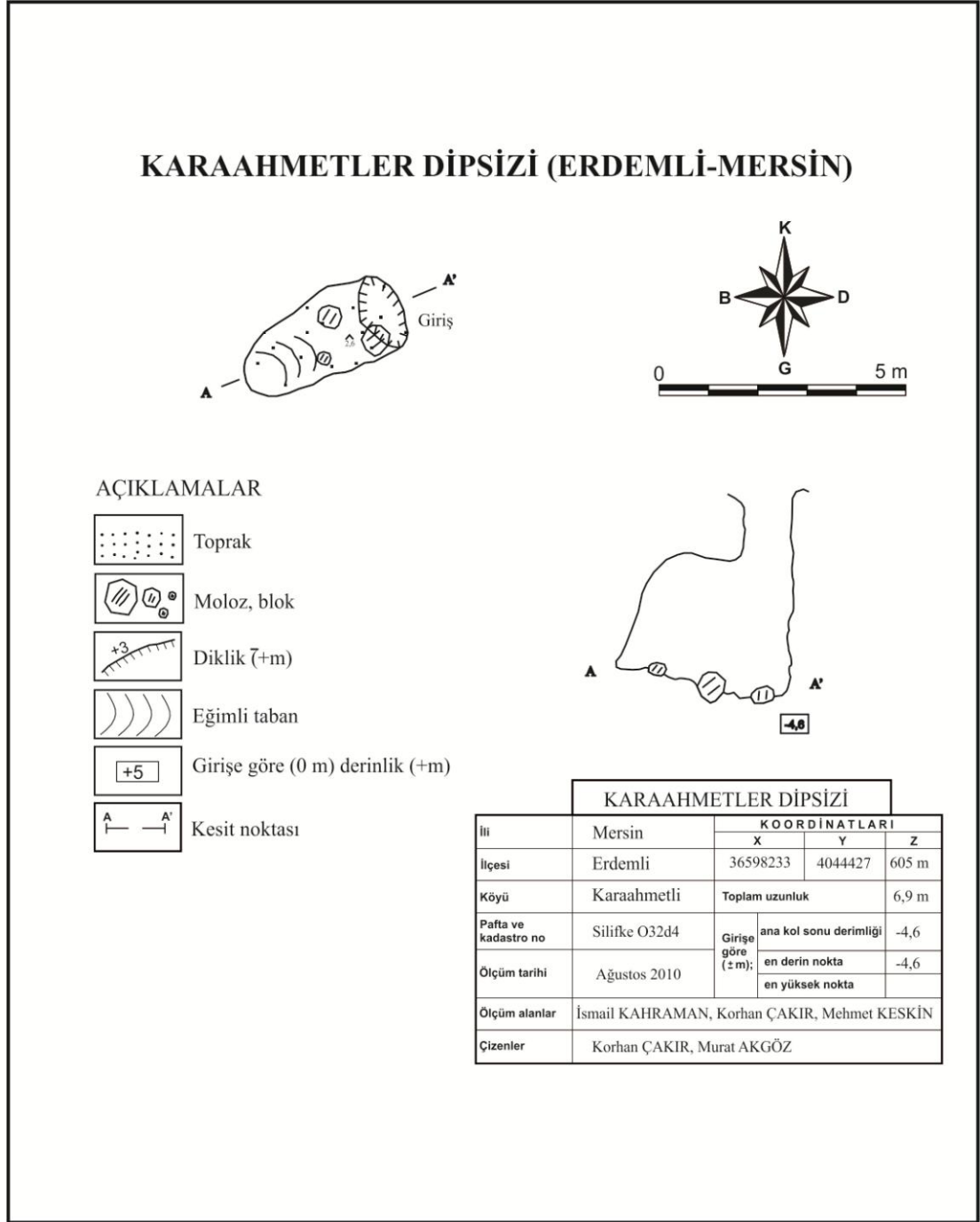
Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde gelişmiştir.



Şekil 4. 71. Karaahmetler Dipsizi'nin yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

En derin noktası -4,6 m olan Karaahmetler Dipsizi, gelişim mekanizması açısından çökme tipi dolinlerin tipik bir örneğini teşkil etmektedir. Yakınında bulunan Hüseyinler Dipsizi'nde olduğu gibi, tabanı tamamen toprak örtüyle kaplanmış olan dipsiz derinleşmemiş ve günümüzde sığ bir düden olarak kalmıştır.

Vadi tabanına oldukça yakın olmakla birlikte Karaahmetler Dipsizi'nin günümüzde sığ bir düden olarak kalmasının nedeni, lokal karst taban düzeyini oluşturan vadi tabanından ziyade mağara tabanının tıkanmış olmasına bağlı olarak derinleşmemesidir. Muhtemelen, mağara tabanını tıkayan malzemeler temizlendiğinde mağara biraz daha derine ulaşacaktır.

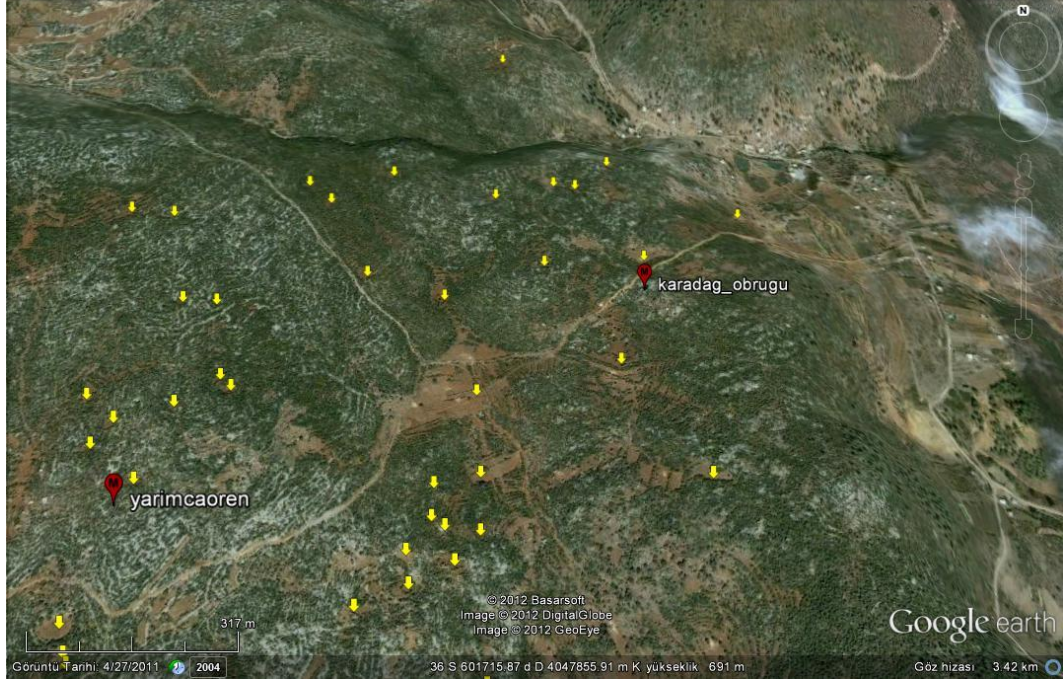


Şekil 4. 72. Karahmetler Dipsizi plan ve kesiti.

4.2.2.19. Karadağ Obruğu

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak Jura-Alt Kretase yaşlı

dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşıdan oluşan Çamlık Formasyonu içerisine gelişen obruğun en derin noktası -65 m'dir.



Şekil 4. 73. Karadağ Obruğu'nun yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

İlksel konumda, KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak KD-GB yönünde gelişmiş çökme tipi bir dolin olarak gelişen Karadağ Obruğu, bölgedeki yükselim ve yeraltı su seviyesindeki değişimlerle birlikte ana tektonik hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak çok dönemli bir gelişim göstermiştir. İlksel karst taban düzeyini gösteren ve günümüzde girişten yaklaşık -4 m seviyesindeki obruk tabanında, sonraki süreçlere bağlı olarak karst taban düzeyinin ve dolayısıyla karstlaşmanın derinleşmesi sonucu mağara tabanı -45 m seviyesine inmiştir. -45 m seviyesinde bulunan eğimli taban, mağaranın gelişim döneminde belirli bir karst taban düzeyinin oluşmadığı tektonik olarak hareketli bir dönemi göstermektedir. KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişen birbiriyle bağlantılı iki salonu bulunan Karadağ Obruğu, mağaraların oluşum ve gelişimlerinde taban düzeyi ve litolojik özelliklerin yanı sıra süreksizlik düzlemlerinin de mağara gelişimlerinde büyük oranda etkili olduğunu göstermektedir. Bu veriler ışığında mağara en az üç dönemli bir gelişime sahiptir.

Dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan Çamlık formasyonu içerisinde gelişen mağara, içerisinde geliştiği litolojiye bağlı olarak erime özelliğinin az olmasına karşın bu tür alanlarda gelişen mağaraların büyük oranda belirgin çizgisellikler üzerinde geliştiği mağaralardan birini oluşturmaktadır. Bunun en belirgin kanıtı, bu tür alanlarda gelişen mağaralarda olduğu gibi tabanında birbirleriyle bağlantılı iki salona sahip olmasıdır.

Bölgede derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşma ve hava sirkülasyonuna bağlı olarak, ilk 45 m'lik iniş boyunca yan duvarlarda herhangi bir damlataş oluşumu görülmemektedir (Şekil 4.74a). Mağaranın ilk ulaşılan tabanı tamamen, yüzeyden düşen irili ufaklı kaya parçaları ve yer yer sel sularınca taşınmış olması muhtemel organik materyallerle kaplıdır (Şekil 4.74b ve Şekil 4.75). Organik materyallerin ve bu materyaller üzerinde gelişmiş fungusların varlığına rağmen; tabanda ve yan duvarlarda kil ve/veya çamur sıvanımlarının bulunmaması yağışlı dönemlerde tavandan damlayan sular ve mağara içerisine nüfuz eden yağış sularınca tabanın yıkandığını göstermektedir.

İlk ulaşılan ve irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı, yaklaşık 45° eğimli tabandan KB yönünde ilerlenerek sarkıt ve duvar damlataşların bulunduğu ilk salona ulaşılmaktadır (Şekil 4.75). Yüzeyden ve ana kayadan koparak düşen irili ufaklı kaya parçaları, salondaki duvar damlataşları ve akmataşların deforme olmasına neden olmuştur. Ayrıca, tavandaki yoğun sarkıt oluşumlarına karşın; tabanda dikit oluşumlarının görülmemesi, irili ufaklı kaya parçalarının tabandaki dikit oluşumlarını deforme ettiği ve/veya kapladığını göstermektedir.

Mağaranın sonunda bulunan ve yüzeyle doğrudan bağlantısı olmayan her iki salon, damlataş oluşumları açısından oldukça zengin olmakla birlikte; ilk salonda dikit oluşumları görülmezken, ikinci salon tabanında yoğun olarak görülmektedir. Bunun nedeni; mağaranın son bölümünü oluşturan ikinci salonun girişinde bulunan yaklaşık 2 m yüksekliğe sahip olan eşik, irili ufaklı kaya parçalarının ikinci salona ulaşmasını ve dolayısıyla mevcut oluşumlar üzerinde deformasyonun gelişmesini engellemiş ve korunmalarını sağlamıştır (Şekil 4.76a ve Şekil 4.76b).

Mağaraya ulaşacak sel sularının ve beraberinde taşınan materyallerin, son bölümün önünde bir engel teşkil eden 2 m yükseklikteki eşğin önüne göllenmesi ve taşıdığı materyalleri bu noktada biriktirmesi gerekmektedir. Ancak, 2009 yılı Temmuz ayında yapılan araştırmada popcorn ya da kil ve/veya çamur sıvanımları gibi göllenme izlerine ve materyal birikimine rastlanmamıştır. Buna karşın, mağaranın ilk ulaşılan tabanında yer yer organik materyallerin bulunması, mağaranın nadiren de olsa sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir.



Şekil 4. 74.a) Karadağ Obruğu'nun, oldukça geniş bir ağza sahip olmasına bağlı olarak hava sirkülasyonu ve hızla derinleşen karstlaşma sonucu damlataş oluşumunun görülmediği yan duvarları, b) Mağaranın ilk tabanını kaplayan irili ufaklı kaya parçaları ve organik materyaller.



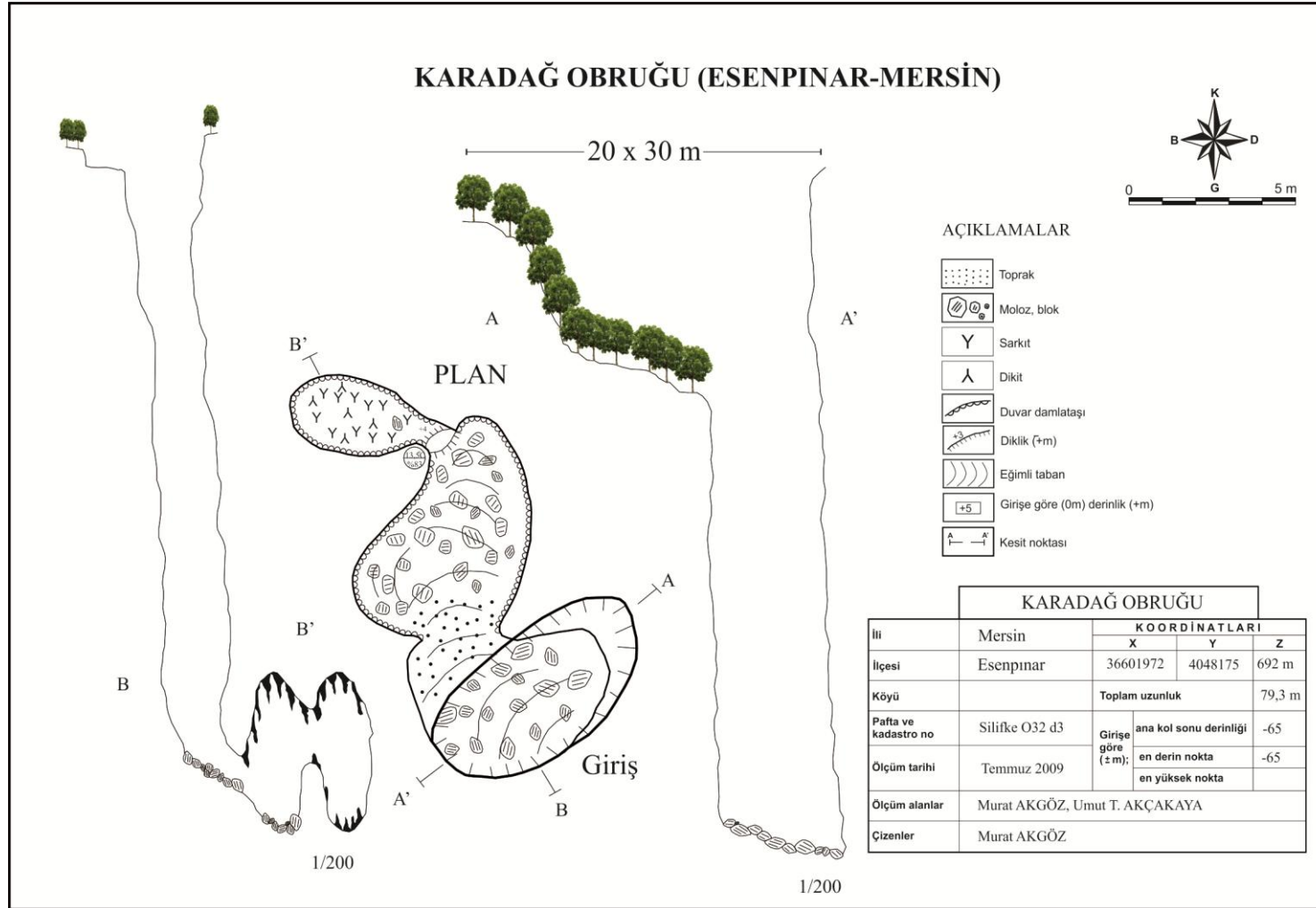
Şekil 4. 75. İrili ufaklı kaya parçaları ile kaplı ilk taban ile damlataş oluşumu açısından zengin salona ulaşımı sağlayan geçit.



a

b

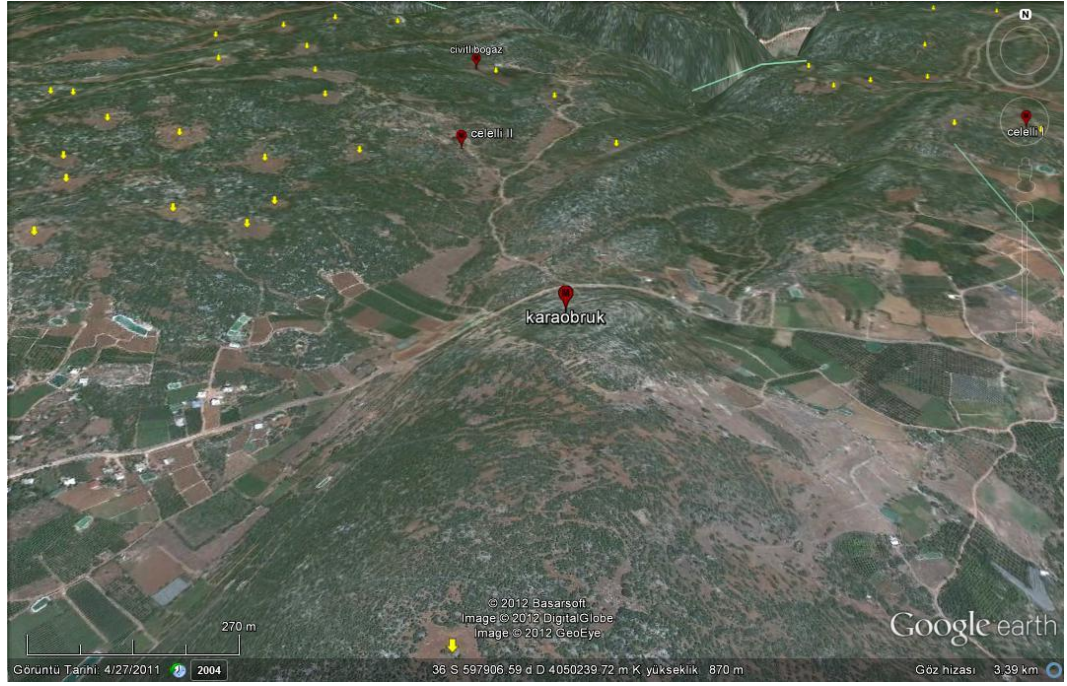
Şekil 4. 76.a) Karadağ Obruğu'nun son bölümlerini oluşturan damlataş oluşumları açısından zengin salonlar arasındaki geçişi sağlayan, yaklaşık 2 m yükseklikteki eşik b) Obruğun son salonunda deforme olmadan korunmuş olarak bulunan damlataş oluşumları.



Şekil 4. 77. Karadağ Obruğu plan ve kesitleri.

4.2.2.20. Karaobruk

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde gelişen obruğun en derin noktası -65 m'dir.



Şekil 4. 78. Karaobruğun yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

İlksel konumda, KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişmiş çökme tipi bir dolin olan Karaobruk, bölgedeki yükselim ve yeraltı su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak karstlaşmanın derinleşmesi ve karstlaşma sürecinin hızlanması sonucu günümüzdeki konumuna ulaşmıştır. Bu sürecin doğal bir sonucu olarak obruk duvarlarında damlataş oluşumları gelişmemiştir (Şekil 4.79a ve Şekil 4.80). Buna karşın; oldukça nadir olarak görülen ikincil damlataş oluşumları, obruk duvarlarında meydana gelen kopma yüzeylerinde görülmektedir. Obruk duvarlarının, içerisine nüfuz eden ve/veya duvarlardan süzülerek tabana ulaşan suların mangan içeriğinden dolayı kahverengi, koyu kahverengi ve siyah renge bürünmüş

olmasından dolayı obruk, yöre halkı tarafından Karaobruk olarak adlandırılmıştır (Şekil 4.100a). Tabana doğru, obruk duvarlarındaki hakim renk olan siyah ve koyu kahverengi, suların etkisinin azalmasına bağlı olarak kahverengiye dönüşmektedir (Şekil 4.101).



a b
Şekil 4. 79. a) Damlatış oluşumlarının görülmediği Karadağ Obruğu duvarları b) Yöre halkı tarafından çöp alanı olarak kullanılan obruğun tabanı.

Çalışma alanında sıkça karşılaşılan bir durum olan, bu tür karstik yapıların vahşi çöp depolama alanı olarak kullanılması olgusu bu obrukta da görülmektedir. Obruk tabanı, tamamen ana kayadan koparak düşen ve/veya yüzey suları tarafından mağara içerisine taşınan irili ufaklı kaya parçaları ve pet şişe, çocuk bezi, yağ tenekesi, tarım ilaç kutuları gibi çeşitli atıklarla kaplıdır (Şekil 4.79b).

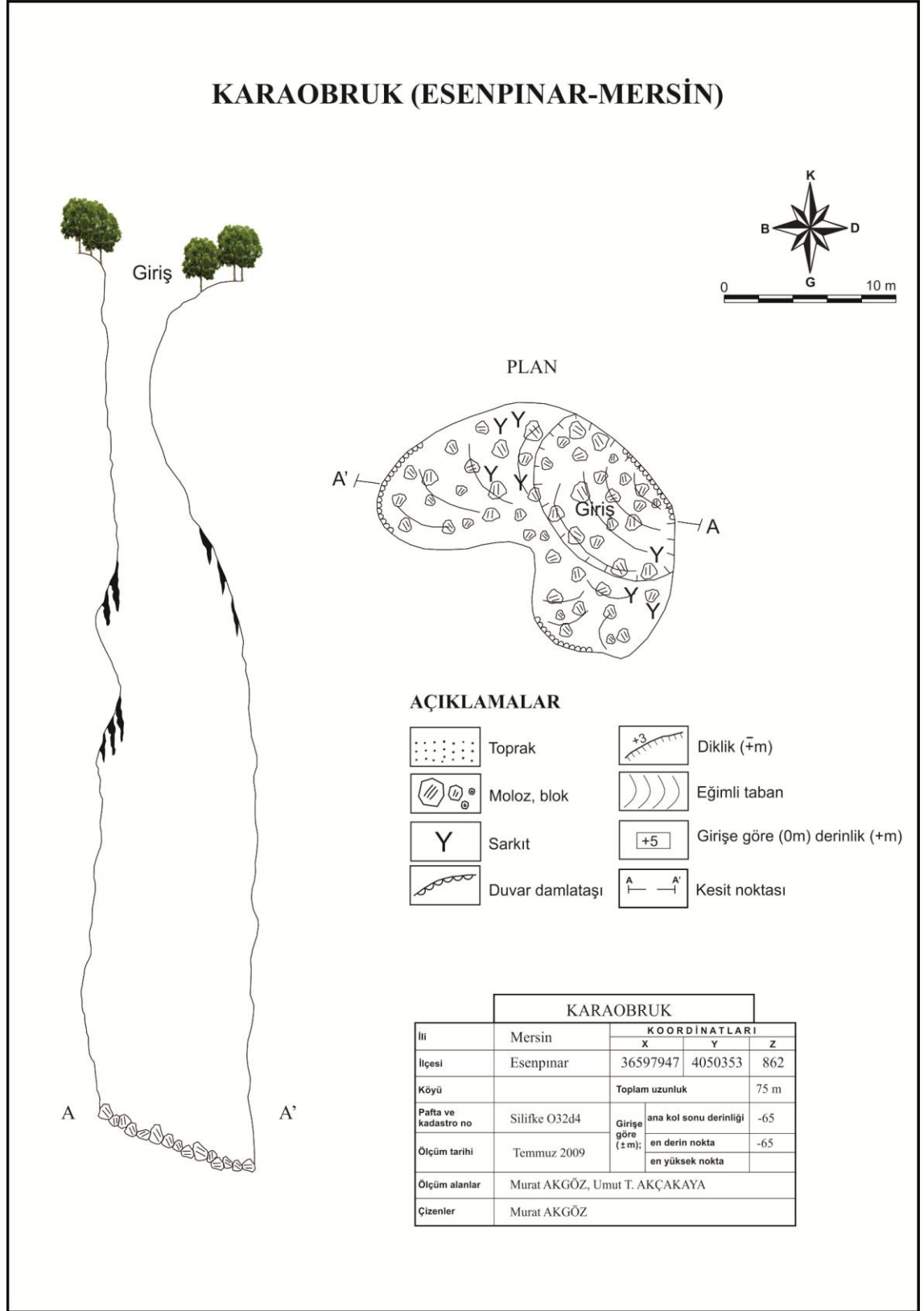
Doğal filtrasyonun hemen hemen hiç olmadığı ve karstik akiferlerin yüksek taşıma özelliğinden dolayı, karstik alanlarda özellikle bu tür obrukların çöp alanları olarak kullanılması, hâlihazırda yetersiz yeraltı su kaynaklarına sahip olan bölgede büyük risk oluşturmaktadır. Çalışma alanının çok büyük bir bölümünde tarımsal sulama için ihtiyaç duyulan su, Lamas Kanyonu'ndan borularla getirilerek sağlanmaktadır. Yine, bölgede içme suyu ihtiyacı son zamanlarda artan bir biçimde

şehir şebeke suyuyla karşılanmaktadır. Bu nedenle, yöre halkının mevcut yeraltı su kaynaklarının korunması hakkında bilinçlendirilmeleri ve bu tür alanların çöp alanı olarak kullanılmasının önlenmesi gerekmektedir.



Şekil 4. 80. Karadağ Obruğu'nun duvarlarından süzülen suların etkisi azaldıkça, girişe yakın kesimlerde siyah-koyu kahverengi olan obruk duvarlarının rengi tabana doğru açık kahverengiye dönüşmektedir.

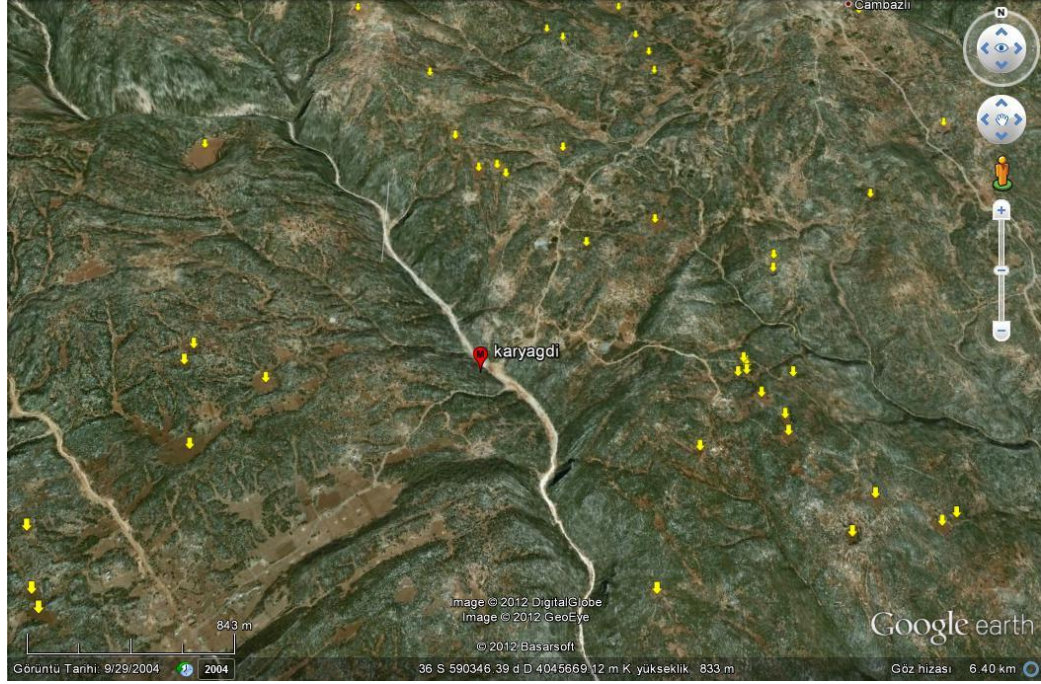
Obruğun çöp alanı olarak kullanılmasından dolayı yeraltı sularında oluşabilecek risk; yalnızca obruk yakınlarındaki su kuyu ve kaynaklarının kirlenmesine yol açmakla kalmayıp, obruk ve yakın çevresinde bulunan diğer mağaraların ekosistemlerinin de olumsuz yönde etkilenmesine neden olacaktır. Tarım zararlısı böcekleri doğal yollarla yok eden yarasaların obruk ve mağara ekosistemleri ile birlikte olumsuz etkilenmesi sonucu, özellikle obruk ve çevresindeki mağaraların yakınında bulunan tarım alanlarında daha fazla tarım ilacının kullanılmasını doğuracaktır.



Şekil 4. 81. Karaobruk plan ve kesiti.

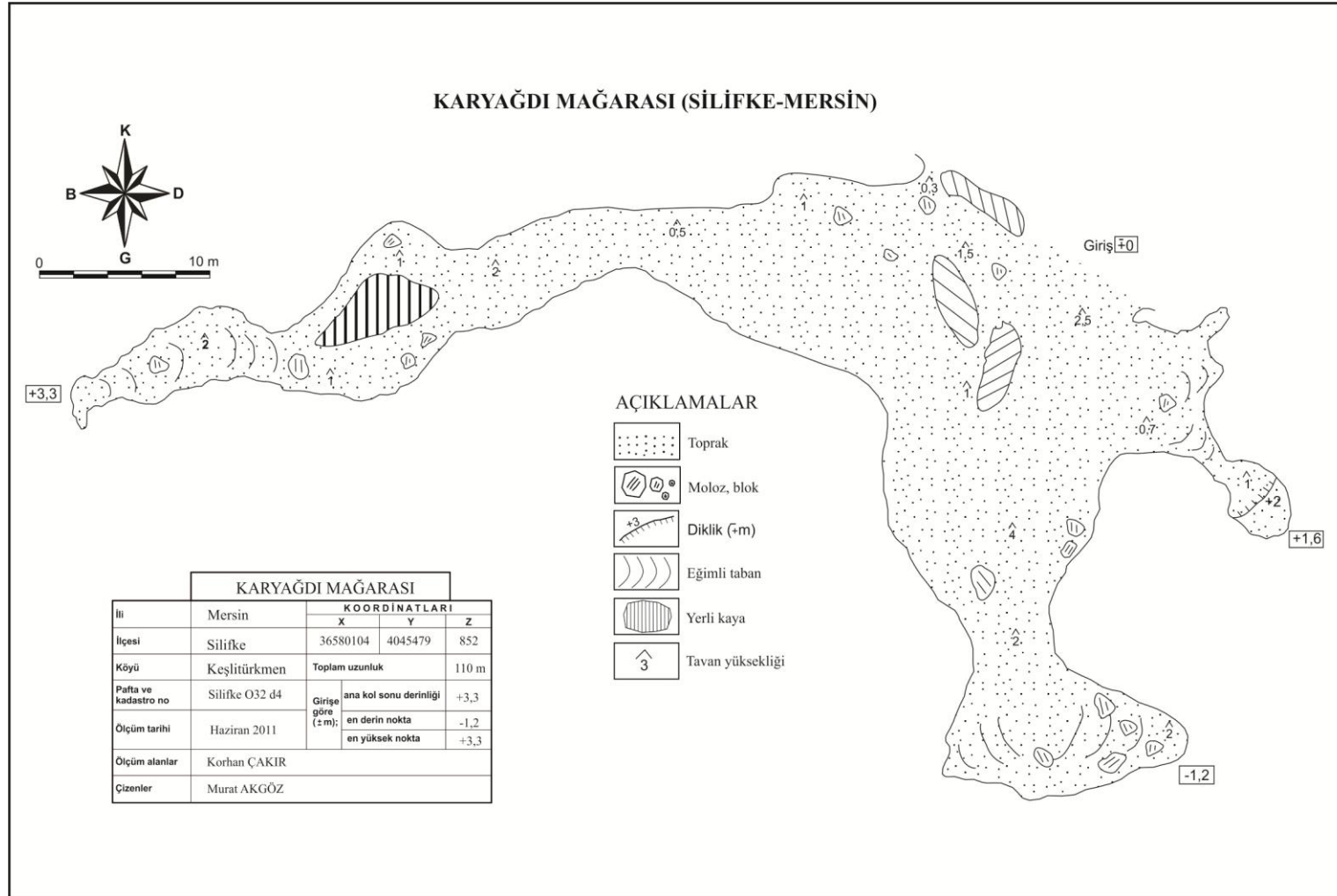
4.2.2.21. Karyağdı Mağarası

Çalışma alanında çok dönemli bir gelişim örneği gösteren mağaralardan biri olan Karyağdı Mağarası, bölgedeki hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak KDD-GBB yönünde gelişmiş ana kol ve bu kola dik olarak gelişen KKB-GGD yönlü iki yan koldan oluşmaktadır.



Şekil 4. 82. Karyağdı Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth* programı kullanılarak oluşturulmuştur).

Toplam uzunluğu 10 m olan ve giriş kısmı, doğusunda bulunan KB-GD uzanımlı vadinin açılmasına bağlı olarak ortaya çıkan mağara; yine, vadinin açılmasına bağlı olarak askıda kalmış fosil bir mağaradır. Karyağdı Mağarası, çalışma alanındaki diğer vadilere paralel olarak, genel akaçlama yönünde (KB-GD) gelişen genç vadilerden birinin yamacında yer alır. Çalışma alanında Karyağdı Mağarası'na benzer şekilde, Miyosen yaşlı kireçtaşları içerisinde genellikle yatay olarak gelişmiş ve genç yarılmalarla birlikte yeraltı su seviyesinin hızlı düşümüne bağlı olarak askıda kalmış çok sayıda mağara ve mağara ağzı bulunmaktadır.



Şekil 4. 83. Karyagdı Mağarası planı.

4.2.2.22. Kayaiçi Obruğu

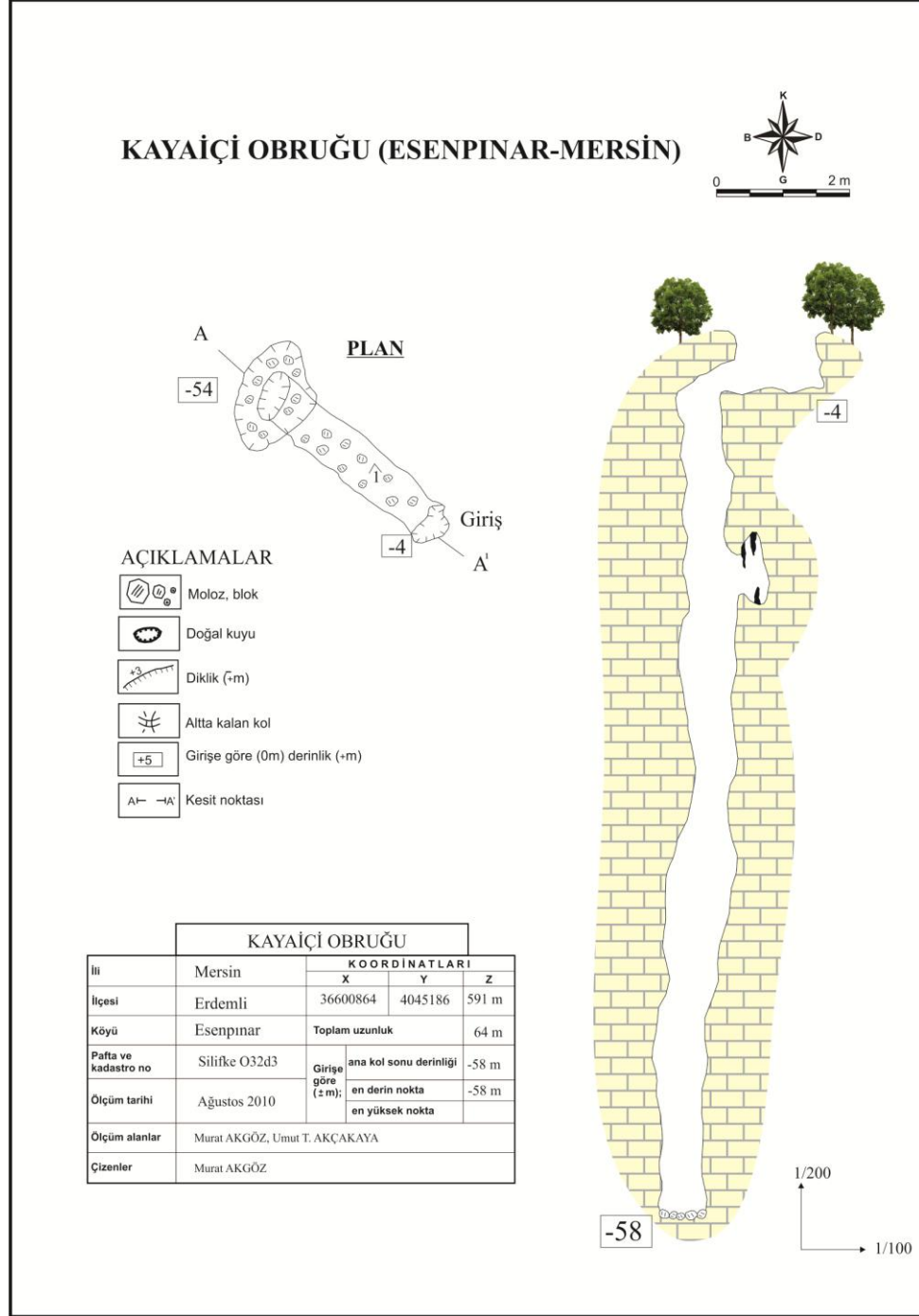
Jura-Alt Kretase yaşlı Çamlık Formasyonu içerisinde, KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak çökme tipi bir dolin şeklinde gelişmeye başlayan obruk, sonraki süreçlerde ana tektonik hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişimini sürdürmüştür.



Şekil 4. 84. Kayaiçi Obruğu'nun yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

En derin noktası -58 m olan obruğun, yüzeyden 4 m aşağıda bulunan ilk basamağının KB'sında bulunan ve yaklaşık 1 x 1 m ebatlarına sahip bir geçitten obruğun tabanına ulaşılmaktadır. Bu noktadan yaklaşık 12 m aşağıda bulunan ve derinleşmeye bağlı olarak askıda kalan küçük bir odada görülen damlataş oluşumları dışında, obrukta herhangi bir oluşum görülmemektedir. Çalışma alanında bulunan diğer dikey mağaralarda olduğu gibi, hızlı ve derinleşen karstlaşma sonucu; obruğun damlataş oluşumuna olanak sağlayan koşullardan yoksun olması ve yüzeyle doğrudan bağlantılı olmasına bağlı olarak hava sirkülasyonundan dolayı damlataş oluşumları görülmemektedir. 2010 yılı Ağustos ayında yapılan araştırmada, obruk

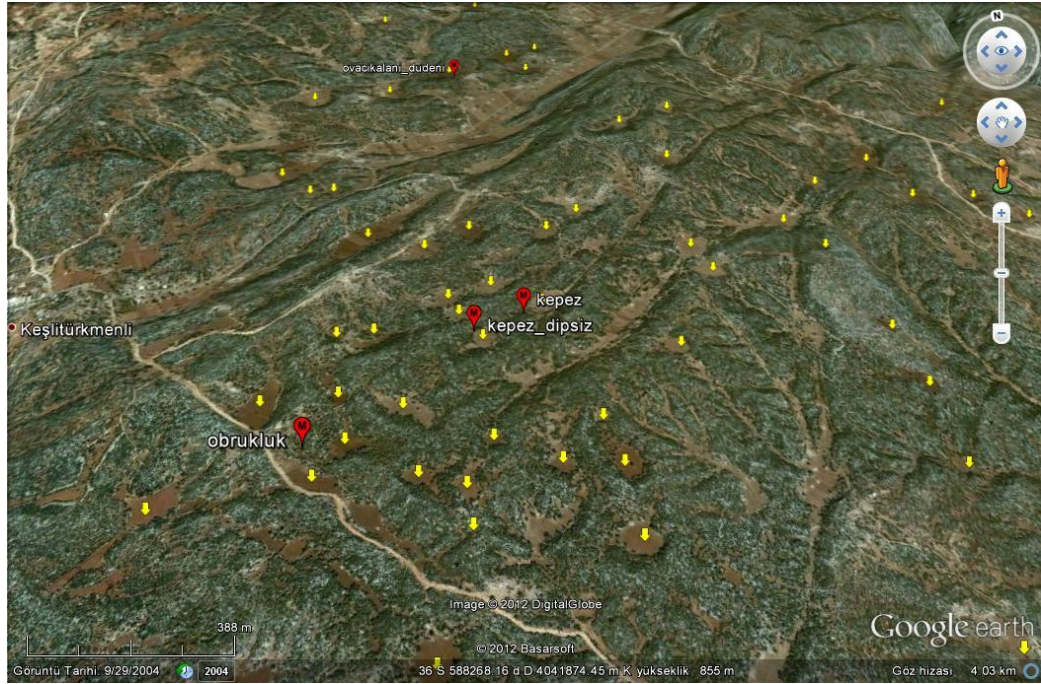
tabanının yüzeyden mağara içerisine taşınan ve ana kayadan kopan irili ufaklı kaya parçaları ile kaplı olmasının dışında, obruk tabanında ve duvarlarında kil ve/veya çamur sıvanımlarının bulunmaması, obruğun uzun süredir herhangi bir sellenmeye maruz kalmadığını göstermektedir.



Şekil 4. 85. Kayaiçi Obruğu plan ve kesiti.

4.2.2.23. Kepez Dipsizi

Çalışma alanında, -135 m derinliğe sahip Ekizin Düdeni ve -125 m derinlikteki Sumaklı Düdeni'nden sonraki en derin üçüncü mağara olan Kepez Dipsizi'nin en derin noktası -94,8 m'dir. Çözünme tipi bir dolin tabanında yer alan Kepez Dipsizi, bölgedeki ana tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak KDD-GBB doğrultusunda Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde gelişmiştir.



Şekil 4. 86. Kepez Dipsizi'nin yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Kepez Dipsizi ile benzer şekilde çözünme tipi dolin tabanlarında gelişen Obruklu ve Kepez Mağarası ile aynı hat üzerinde gelişmiş olan dipsiz, yağışlı dönemlerde dolin tabanında biriken yüzey sularının drene olmasını sağlayan bir düden olarak çalışmaktadır. Bölgedeki derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşmaya tipik bir örnek olan Kepez Dipsizi damlataş oluşumları açısından oldukça fakirdir.

Oldukça dar bir girişe sahip olan mağaranın, girişten itibaren yaklaşık -60 m'lik tek inişle ulaşılan basamağı yüzeyden sel sularınca mağara içerisine taşınan ve

ana kayadan koparak düşen irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplıdır (Şekil 4.87a). İçerisinde geliştiği dolinin tabanında düden olarak çalışan Kepez Dipsizi sıklıkla sellenmeye maruz kalmakta ve dolayısıyla iniş boyunca duvarlardaki oluşumlar da sık sık deformasyona uğramaktadır. Bu basamağın batısında yer alan 2 x 4 m ebatlarındaki bölüm damlataş oluşumu açısından mağaranın diğer kesimlerine oranla nispeten zengindir. -60 m’de bulunan basamakla aynı kotta olmasına karşın bu bölümde damlataş oluşumlarının görülmesinin nedeni; mağaranın bu bölümü sellenmeden etkilenmemektedir ve dolayısıyla damlataş oluşumları korunmuş olarak kalmaktadır (Şekil 4.87b).



Şekil 4. 87. a) Kepez Dipsizi'nin oldukça dar olan girişi, b) Karstlaşmanın derinleşmesi ve hızlı gelişmesine bağlı olarak damlataş oluşumlarının görülmediği -94 m’lik iniş başlangıcı.

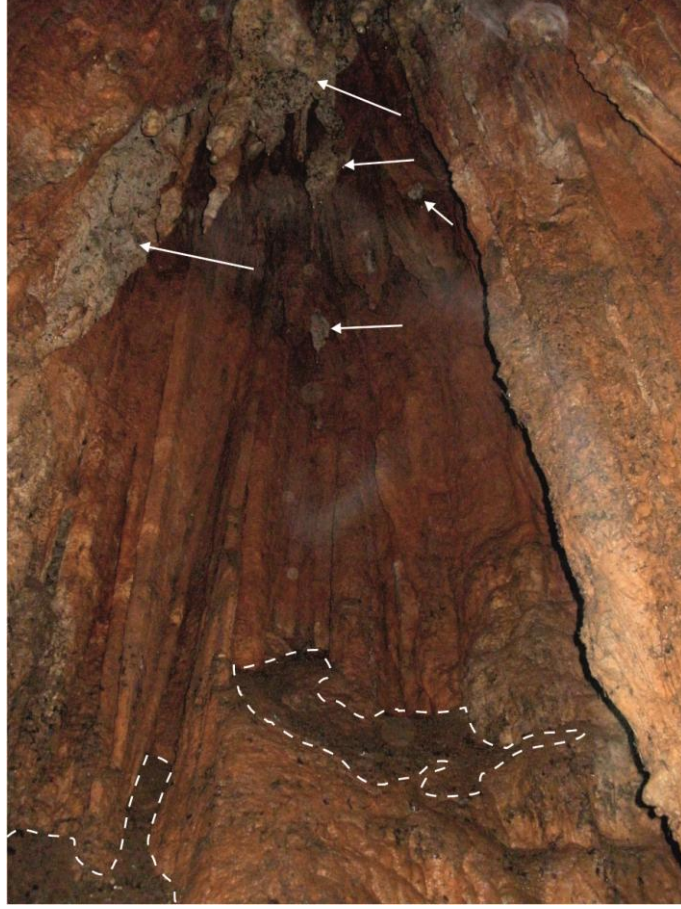
Giriş ağzından -60 m aşağıda bulunan basamaktan, KD yönünde 75° eğimli tabandan ilerlenerek mağara tabanına ulaşımı sağlayan -20 m’lik inişe ulaşılmaktadır. Gerek ana kayadan koparak düşen ve gerekse sel suları tarafından mağara içerisine taşınan irili ufaklı gevşek kaya parçalarıyla kaplı olan bu eğimli tabanda ilerlemek oldukça risklidir. Dikey mağaralarda iniş ve çıkışlarda kullanılan statik ipin, bu gevşek malzemeyle temas halinde olduğu noktalarda ipte meydana gelebilecek sürtünme kaynaklı sıyrılmaya ve/veya kopmalarla birlikte iniş ve çıkış esnasında ipteki hareketlenmelere bağlı olarak gevşek kaya parçalarının düşme riski bulunmaktadır.

Dolin tabanında baca şeklinde gelişmiş olan ve tek inişle -94,8 m derinliğe ulaşan Kepez Dipsizi'nin tabanı tamamen kille kaplıdır (Şekil 4.88a ve Şekil 4.88b). Tabanın yan duvarlarında yaklaşık 4 m yüksekliğe kadar kil ve çamur sıvanımlarının görülmesi, düden olarak çalışan mağaranın sık sık sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir (Şekil 4.89). 4 m yüksekliğe ulaşan kil ve çamur sıvanımlarının görüldüğü alanın tavanında yer alan sarkıtlarda görülen kırılma ve kopmalara, sel suları neden olmuş olmalıdır (Şekil 4.89).

Taban KKD-GGB yönünde uzanan dar bir kolla devam etmektedir; ancak, bu kolda ilerlemek çok dar olması nedeniyle olanaksızdır (Şekil 4.88a). KB-GD yönünde genişlemiş olan tabanda yaklaşık 3 ve 5 m derinliklere sahip iki adet ağız bulunmakla birlikte; bu ağızlara girilmesi çok dar olmaları nedeniyle imkansızdır (Şekil 4.88b).

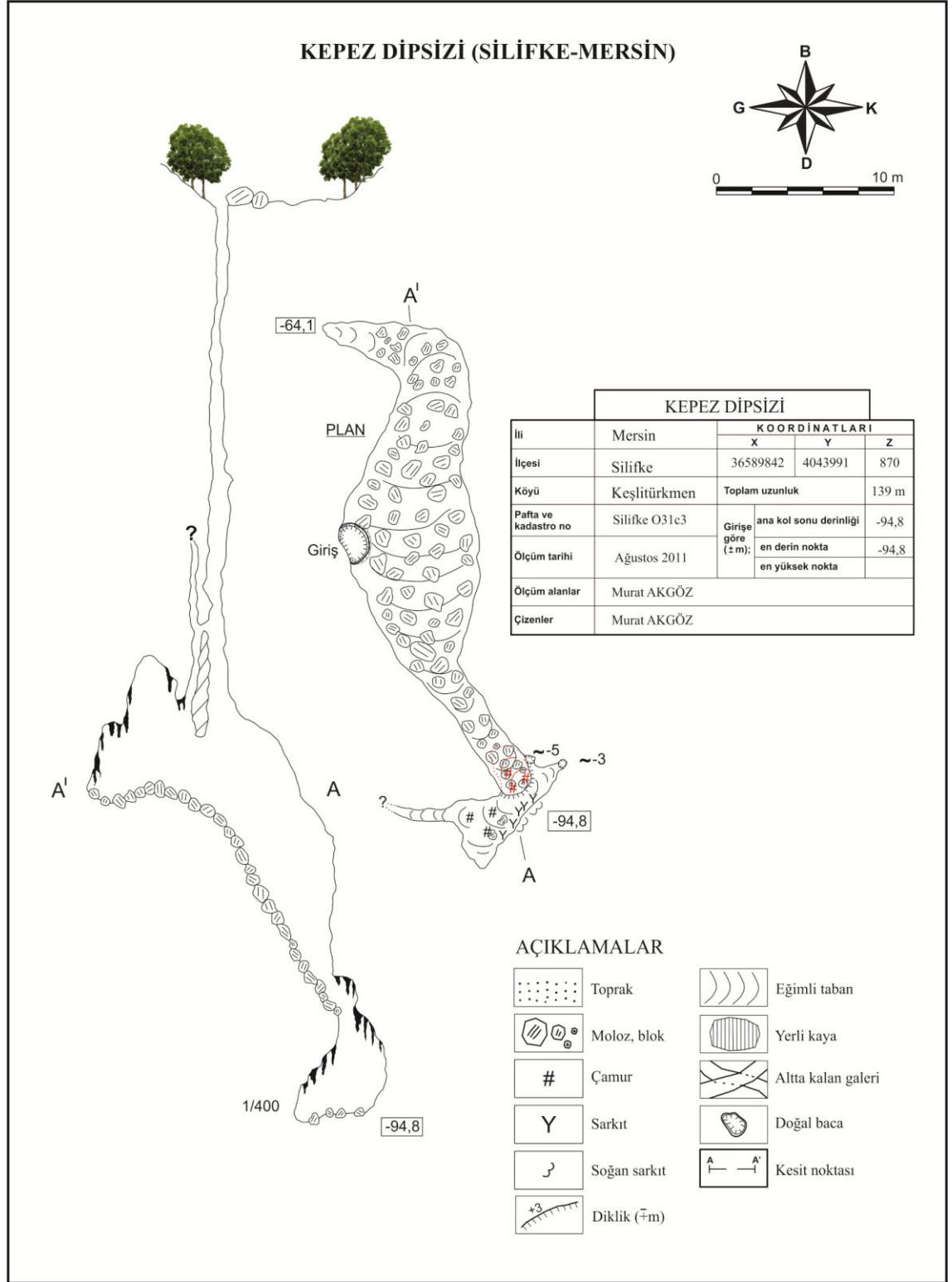


a
b
Şekil 4. 88a) Kepez Dipsizi'nin tabanı kille kaplı olan ve KKD-GGB yönünde uzanan dar kolu, b) Tabanda bulunan yaklaşık 5 m derinliğindeki dar ağız.



Şekil 4. 89. Kepez Dipsizi'nin son bölümünde yan duvarlarda görülen yaklaşık 4 m yüksekliğe ulaşan kil ve çamur sıvanımları ve tavanda görülen sarkıtlardaki kırılma ve kopmalar.

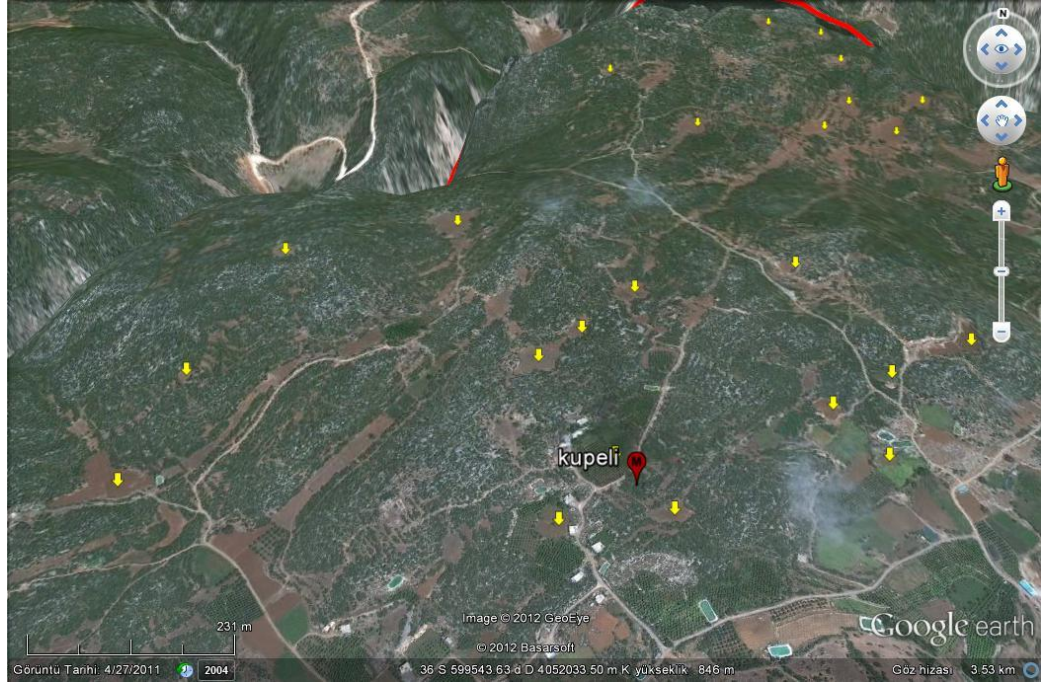
Mağaranın tabanına ulaşımı sağlayan 75° eğimli yüzeyin tamamen irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı olmasına karşın; sel suları tarafından taşınmış olası kaya parçaları ile birlikte, en azından bu eğimli yüzeyden düşmüş olması gereken kaya parçalarının görülmesi gerekmektedir. Çözümüne tipi bir dolin tabanında düden olarak çalışan mağarada açıkça görülen ve sıklıkla gerçekleştiği aşikar olan sellenme izlerine karşın; tabanda yüzeyden ve/veya ana kayadan koparak düşmüş olması gereken irili ufaklı kaya parçaları görülmemektedir. Tabanda kaya parçalarının görülmemesi ve mağara tabanında yaklaşık 3 ve 5 m derinliklere sahip iki ağzın daha bulunması; mağara tabanının aslında daha derine ulaştığını, ancak düşen irili ufaklı kaya parçaları tarafından geçişin tıkanıp ve bu parçaların da sık yaşanan sellenmeler sonucu kil ve çamur tabakasıyla sıvanarak gizlendiğini akla getirmektedir.



Şekil 4. 90. Kepez Dipsizi plan ve kesiti.

4.2.2.24. Küpeli Mağarası

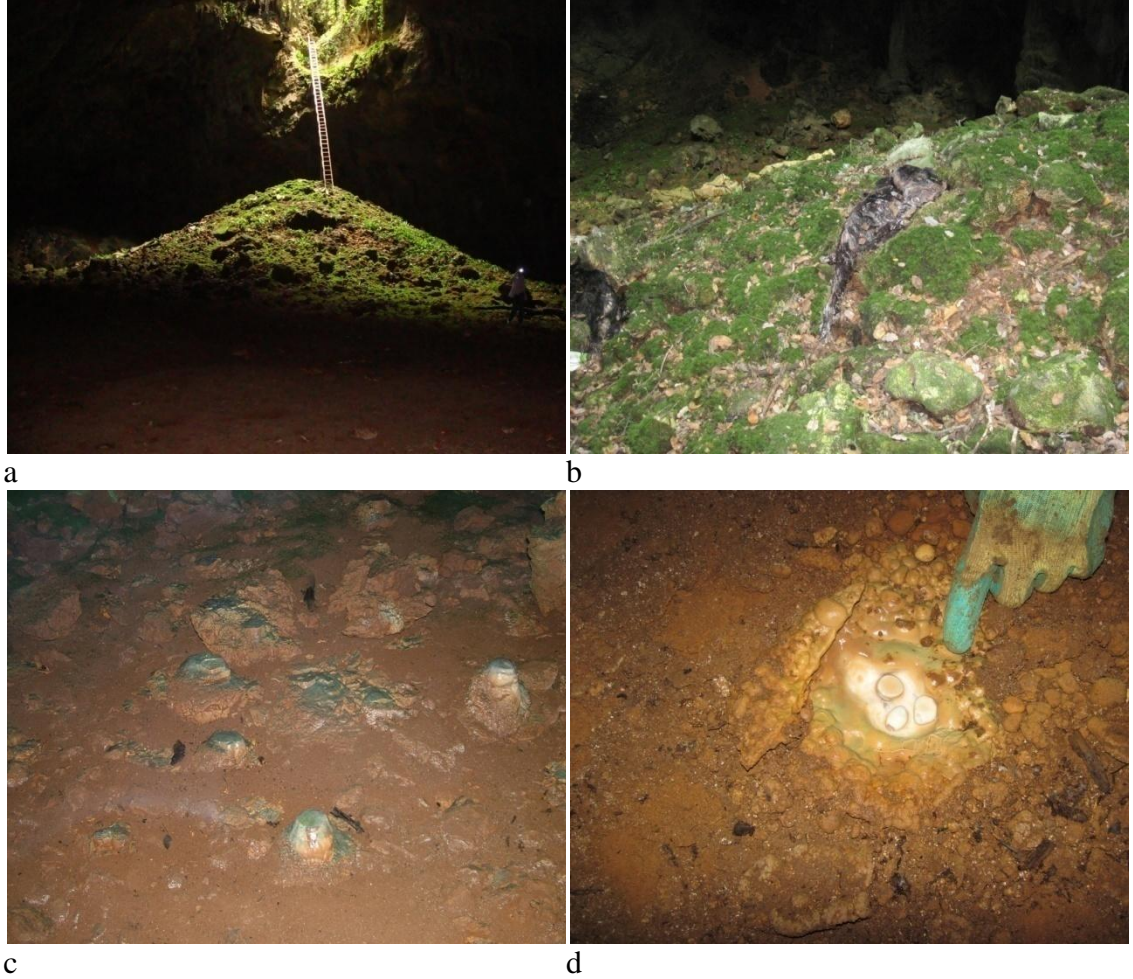
KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde, çok dönemli bir gelişim gösteren Küpeli Mağarası'nın en derin noktası -28 m'dir.



Şekil 4. 91. Küpeli Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Kapalı bir sistem olarak gelişen ve tavanının çökmesi sonucu varlığı ortaya çıkan Küpeli Mağarası -28 m derinliğe sahiptir. Tavanın çökmesi sonucu ortaya çıkan girişten -25 m aşağıda bulunan salon ortalama 20 x 30 m ebadında ve 20 m'ye yaklaşan tavan yüksekliğine sahiptir (Şekil 4.92a). Esenpınar Belediyesi tarafından geçtiğimiz yıllarda turizm amaçlı kullanılmak istenen mağaraya ulaşımı sağlamak amacıyla 40 m uzunluğunda çelik merdiven kurulmuştur (Şekil 4.92a). Tavandan çöken blok ve molozların bir tepe oluşturduğu salon, doğrudan ısı ve ışık kaynağının nüfuz etmesi sonucu tabandaki gerek damlataşlar ve gerekse de tepeyi oluşturan blok ve molozlarda görülen yosunlaşmadan dolayı oldukça kaygan bir yapıdadır (Şekil 4.92b).

Mevcut durumda tavan, yan duvar ve tabanda bulunan akmataş, sarkıt ve dikitler gibi damlataşların yoğun olmasına karşın; bu yapılar büyük oranda deformasyona uğramıştır. Özellikle tabanda bulunan çok sayıda dikitin kilce zengin nemli toprakla örtülmüş olması; mağaranın bulunduğu bölgedeki yağışlı dönemlerde yüzey sularının drene olmasını sağlayan bir düden olarak çalıştığını göstermektedir (Şekil 4.92c).



Şekil 4. 92.a) Küpeli Mağarası'nın tavanın çökmesi sonucu ortaya çıkan girişi ve çöken blok ve molozların mağara tabanında oluşturduğu tepe, b) Blok ve molozlar üzerinde görülen yosunlaşma, c) İlk salon tabanındaki mevcut damlataş oluşumlarını örten nemli toprak, d) Tabanın gün ışığından etkilenmeyen kesimlerinde görülen damlataş oluşumları

Tabandaki nispeten daha eski oluşmuş ve gün ışığının gün içerisindeki farklı zamanlarda doğrudan etkilediği dikitlerde görülen yosunlaşma benzeri siyah ve yeşil renklenmeler, sudaki olası mangan ve bakır içeriğiyle birlikte günlenme etkisinden kaynaklanıyor olmalıdır (Şekil 4.92c). Zira, tabanda gün ışığından doğrudan

etkilenmeyen bölümlerde görülen yeni oluşumlarda siyah ve yeşil renklenme görülmemektedir (Şekil 4.92d).

Yüze doğrudan açılımı olan büyük salondaki mevcut damlataş oluşumlarındaki deformasyon; turizme açılması düşünülen salona ulaşımın nispeten kolay olması sonucu yöre halkının zaman zaman salona ulaşmaları ve bölgede sıkça görülen define amaçlı kazılarla birlikte, büyük oranda çökme ve oturma, hava sirkülasyonu ve günlenme etkisine bağlı olmalıdır. Tabandaki nispeten daha eski oluşmuş dikitlerde olduğu gibi, gün ışığının doğrudan etkilediği yan duvarlarda yer alan akmataş ve duvar damlataşlarında da benzer renklenmeler görülmektedir (Şekil 4.93a).

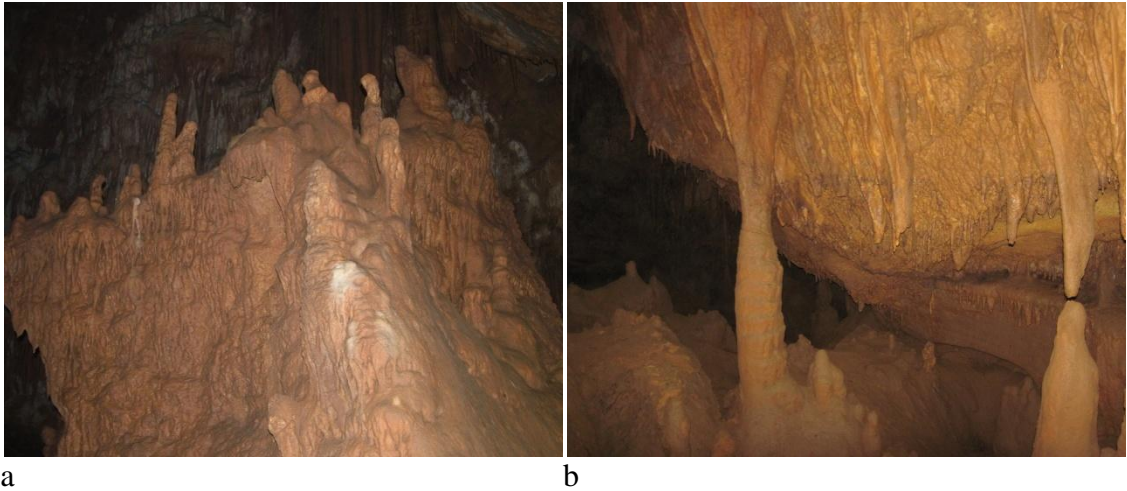


a b
Şekil 4. 93.a) Küpeli Mağarası'nda gün ışığından doğrudan etkilenen salon duvarlarında görülen damlataş oluşumlarındaki günlenme etkileri, b) Damlataş oluşumları açısından zengin olan ikinci salon.

KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak mağaranın ana gelişim yönü KB-GD olmasına karşın; aynı zamanda bölgedeki hakim tektonik hat olan KD-GB yönünde genişlemiş olan ikinci salona, bir insanın sürünerek ilerlemesine olanak sağlayan geçitle ulaşılmaktadır. 2 m'ye ulaşan dikitlerle birlikte, 2 m'yi geçen sütunların ve çok sayıda sarkıtların bulunduğu ikinci salon, damlataş oluşumları açısından büyük salona oranla oldukça zengindir (Şekil 4.93b). Esenpınar Belediyesi tarafından daha önce turizme açılması için çalışmaların yapıldığı büyük salona karşın; 2009 yılı Temmuz ayında yapılan araştırma esnasında keşfedilen ikinci salonun varlığının bilinmemesi; bu salondaki mevcut damlataş oluşumlarının,

özellikle define amaçlı kazılardan korunmasını dolayısıyla vandalizmden (antropojenik etki) uzak kalmasını sağlamıştır.

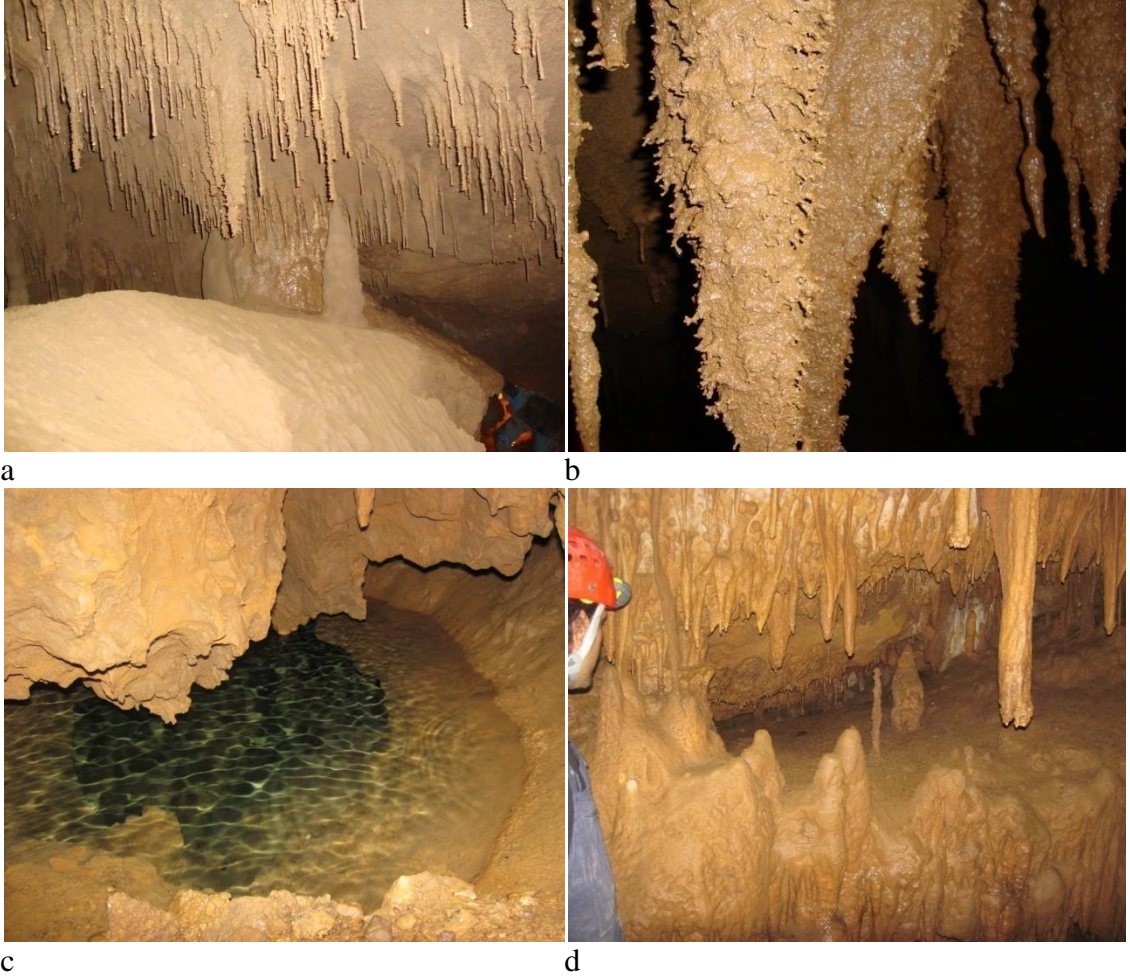
Damlataş oluşumları açısından oldukça zengin olan ikinci salonun orta kesimlerinde çöken büyük boyutlarda bloklar ve bu bloklar üzerinde ikincil olarak gelişmiş yoğun damlataş oluşumları görülmektedir (Şekil 4.94a). Çöken bu bloklar üzerindeki ikincil damlataş oluşumlarının gelişim eksenlerinde görülen sapmalarla birlikte salon duvarlarında görülen çökme, kopma ve oturma yüzeyleri; mağaranın bu salonunda oturma ve çökmelerin devam ettiğini göstermektedir (Şekil 4.94b). Gerek ikinci salonda görüle büyük boyutlardaki çökmüş bloklar ve gerekse mevcut tavan ile yeryüzü arasındaki et kalınlığının az olması; ikinci salon tavanının da büyük salonda olduğu gibi zamanla kendi ağırlığını taşıyamayarak çökeceğine işaret etmektedir.



Şekil 4. 94.a) Kúpeli Mağarası'nın ikinci salonunun orta kesiminde görülen çökmüş büyük boyutlu bloklar ve üzerinde gelişen ikincil damlataş oluşumları, b) İkinci salon duvarlarında görülen oturma ve çökme izleri ve bu noktalarda gelişen ikincil oluşumlar.

İlk olarak 2009 yılı Temmuz ayında girilen mağarada bulunan yeraltı deresi ve iki adet sifondaki su değişimlerini gözlemlemek amacıyla mağaraya aynı yılın Eylül ve Ekim aylarında, 2010 yılının Mayıs, Ağustos ve Eylül aylarında ve 2011 yılının Temmuz ve Eylül aylarında girilmiş ve su seviyesinde değişimin olmadığı görülmüştür. Buna karşın, ikinci salon tabanının kalın bir kil katmanıyla kaplı olması, yan duvarların ve bu salonda bulunan damlataşların kilce zengin çamurla sıvanmış olmaları mağaranın geçmişte sellenmeye maruz kalarak, boğulduğunu göstermektedir (Şekil 4.95a ve Şekil 4.95b). Damlataşların kilce zengin çamurla

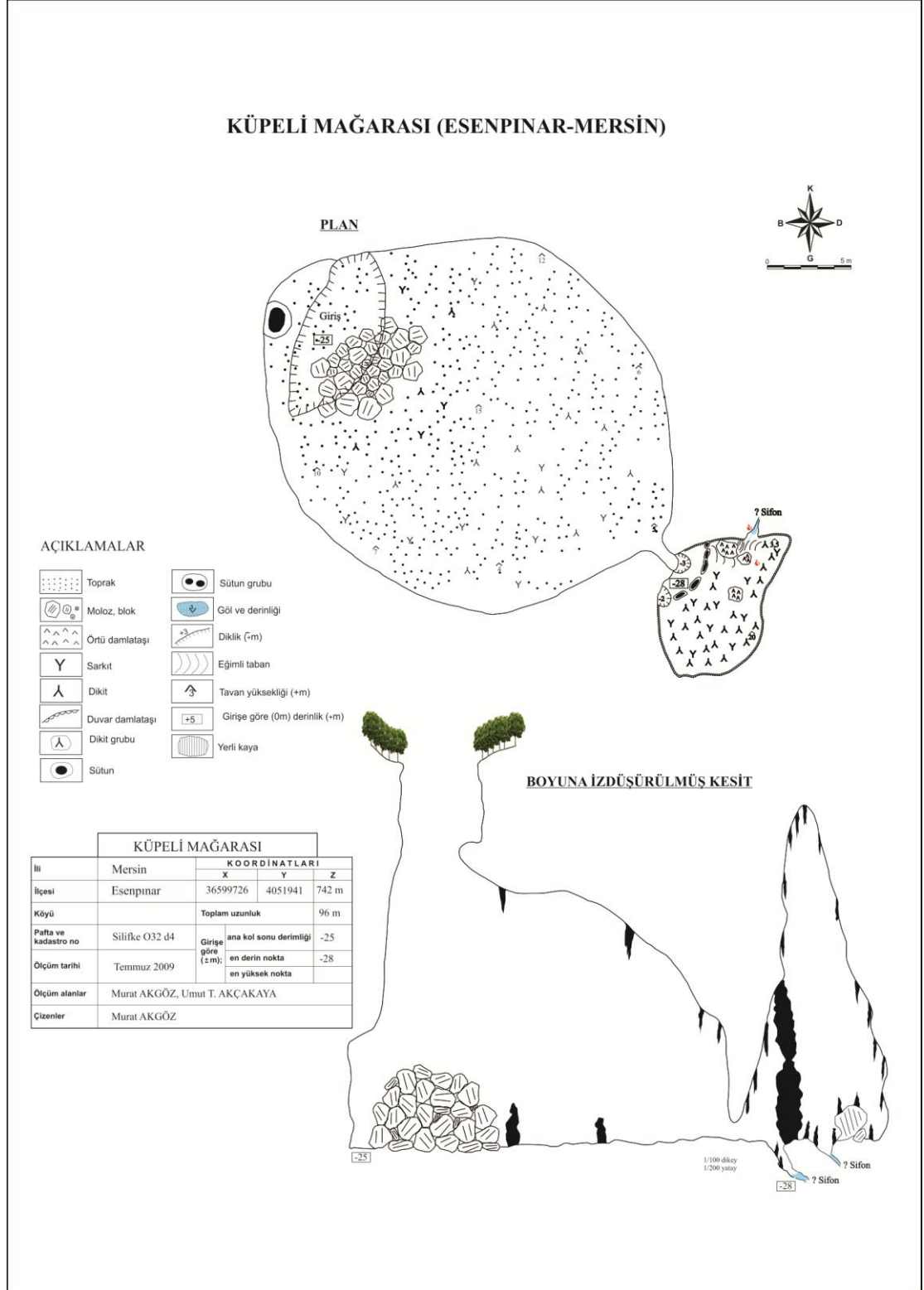
sıvanmış olması, aynı zamanda bu damlataşların üzerlerindeki örtü tabaka sayesinde dış etmenlerden korunmasını da sağlamıştır.



Şekil 4. 95.a) Küpeli Mağarası'nın ikinci salon tabanını kaplayan kalın kil tabakası, b) İkinci salonda kilce zengin çamurla sıvanmış damlataş oluşumları, c) İkinci salonda bulunan sifonlardan biri, d) İkinci salon duvarlarında görülen kilce zengin çamurla sıvanmış damlataş oluşumları.

Yağışlı dönemlerde yüzey sularının yeraltına drenajını sağlayan büyük salonun tabanının kilce zengin, nemli toprakla kaplanmış olmasına karşın; büyük salon ile ikinci salonu birbirine bağlayan geçitte, büyük salondan ikinci salona sel sularının deşarj olduğuna dair çok fazla emare görülmemektedir. Geçitin hem dar olması hem de geçitin ikinci salona ulaştığı noktada bulunan sifon; sellenme dönemlerinde büyük salondan ikinci salona deşarj olan suların malzeme getirimini büyük oranda engelleyici rol oynamaktadır (Şekil 4.95c). Buna karşın; ikinci salonun taban, yan duvar ve damlataşlarını kaplayan kalın kil tabakasını sağlayacak sellenme,

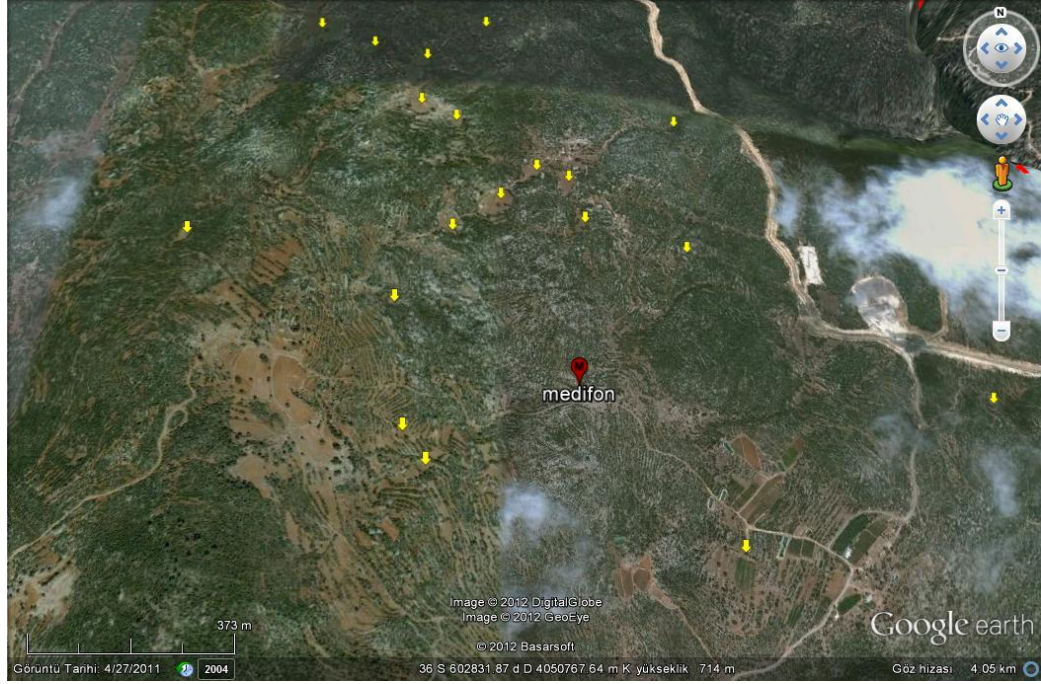
büyük salondan gelen sel sularıyla birlikte, mevcut iki sifonun taşma dönemlerinden kaynaklanmış olmalıdır (Şekil 4.95d).



Şekil 4. 96. Küpelî Mağarası plan ve kesiti.

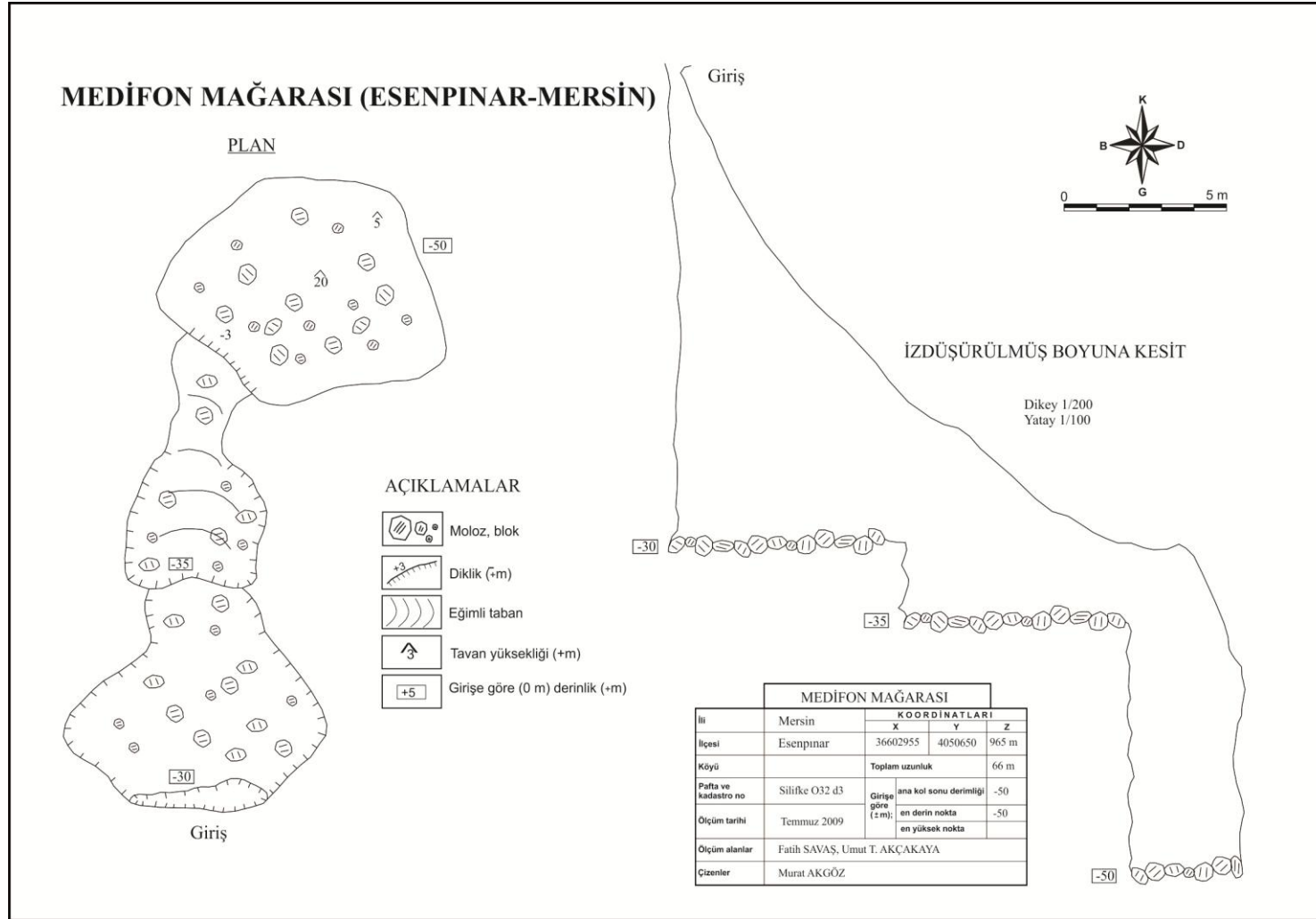
4.2.2.25. Medifon Mağarası

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak KKD-GGB yönünde, Jura-Alt Kretase yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşıdan oluşan Çamlık Formasyonu içerisinde gelişen Medifon Mağarası'nın en derin noktası -50 m'dir.



Şekil 4. 97. Medifon Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth* programı kullanılarak oluşturulmuştur).

İlksel olarak KDD-GBB yönünde, çökme tipi bir dolin olarak gelişmeye başlayan mağara, bölgenin yükselmesi ve yeraltı su seviyesindeki değişimler sonucu derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşmaya bağlı olarak üç aşamalı bir gelişim göstermiştir. Yüzeyden -30 m'lik bir inişle ulaşılan ve tabanı tamamen yüzeyden ve ana kayadan koparak düşen irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı olan ilk basamaktan, -5 m'lik ikinci bir inişle mağaranın ikinci basamağına ulaşılmaktadır. İkinci basamağın tabanı ve bu basamaktan -15 m'lik üçüncü bir inişle ulaşılan mağara tabanı tamamen ilk basamakta olduğu gibi yüzeyden ve ana kayadan koparak düşen irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplıdır.



Şekil 4. 98. Medifon Mağarası plan ve kesiti.

4.2.2.26. Obruklu Mağarası

Çalışma alanı içerisinde Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde sık görülen ve bölgedeki hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişmiş bir diğer çökme tipi dolin de Obruklu'dur.



Şekil 4. 99. Obruklu'nun yer bulduru görüntüsü (kırmızı oklar dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Obruklu, bölgenin yükselmesi ve yeraltı su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak karstlaşmanın hızla derinleşmesi sonucu çok dönemli ve çok katlı (basamaklı) bir gelişim göstermiştir. İlk oluşan mağara katları, karstlaşmanın derinleşmesine bağlı olarak fosil aşamaya geçerek askıda kalmıştır (Şekil 4.100 ve Şekil 4.101).

Çökme tipi bir dolin olarak gelişmeye başlayan ve toplam uzunluğu 64 m ve en derin noktası -8,4 olan Obruklu, aynı zamanda 3. basamağını oluşturan, tabanında bulunan düden vasıtasıyla yağışlı dönemlerde bulunduğu bölgedeki yüzey sularının yeraltına drene olmasını sağlayan bir düden olarak çalışmaktadır (Şekil 4.101). Obruklu Mağarası bulunduğu bölgede, aynı hat üzerinde olan ve birbirlerine oldukça yakın olan -95 m derinliğe sahip Kepez Dipsizi ve -66 m derinliğe ve 367 m

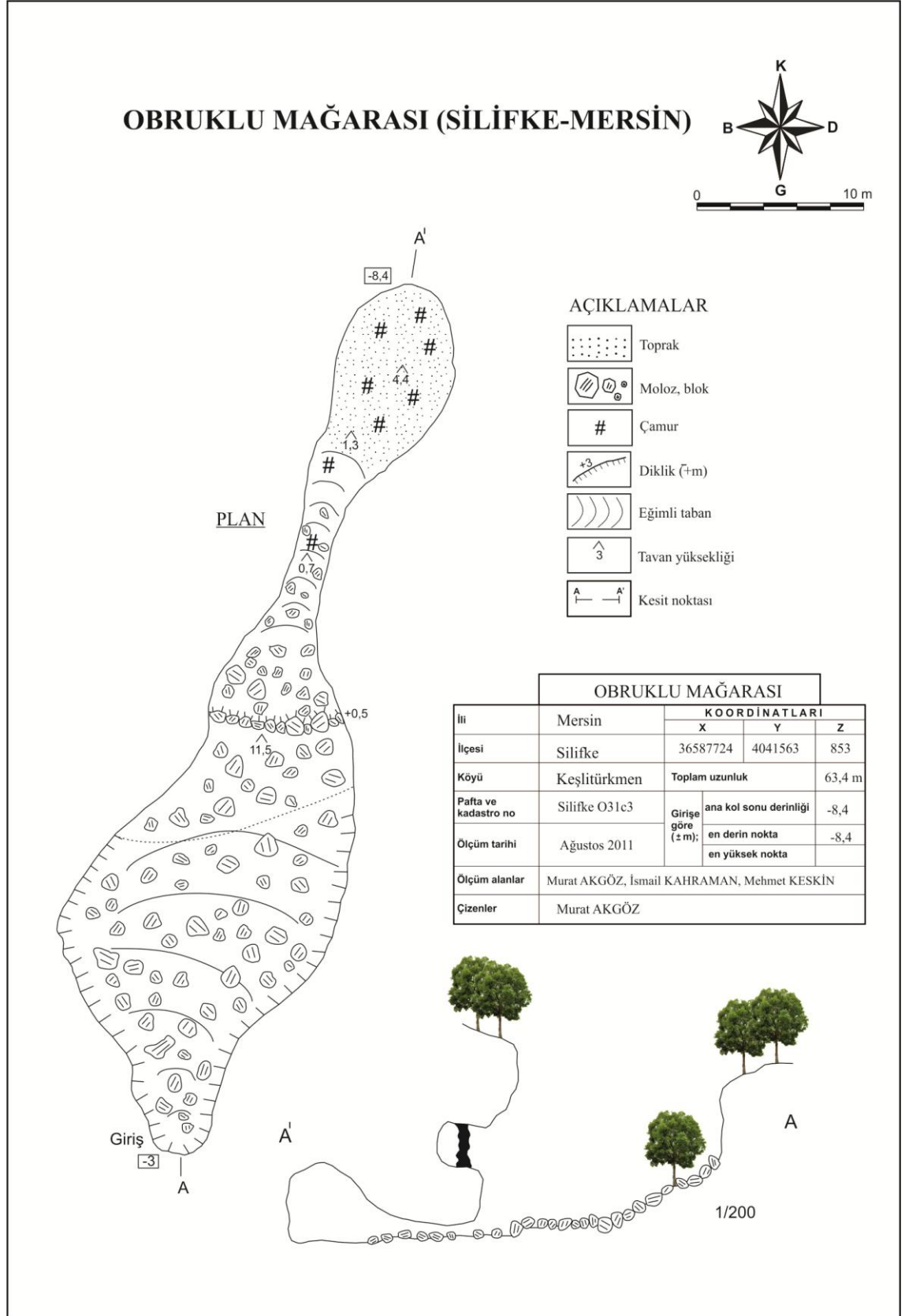
uzunluğa ulaşan Kepez Mağarası ile birlikte yağışlı dönemlerde yüzey sularının yeraltına drene olduğu alanları oluşturmaktadır. Bu üç mağara ile aynı hat üzerinde bulunan çok sayıdaki irili ufaklı dolinlerle birlikte; her üç mağaraya ait derinlik ve drenaj izleri dikkate alındığında Obruklu, Kepez Mağarası ve Kepez Dipsizi'nin birbirleriyle ilişkili oldukları ve bölgedeki en büyük drenaj sistemlerinden birini oluşturdukları söylenebilir. Obruklu'nun hemen yakınında ikamet eden hane sahipleriyle yapılan görüşmede, çeşitli kaynaklarda bahsedilen 1968-1969 yılları arasındaki aşırı yağışlarda, özellikle Obruklu'nun büyük bir gürültü ile boşaldığı belirtilmiştir.



Şekil 4. 100. Çok dönemli ve çok katlı bir gelişim gösteren Obruklu Mağarası'nın askıda kalmış katları.



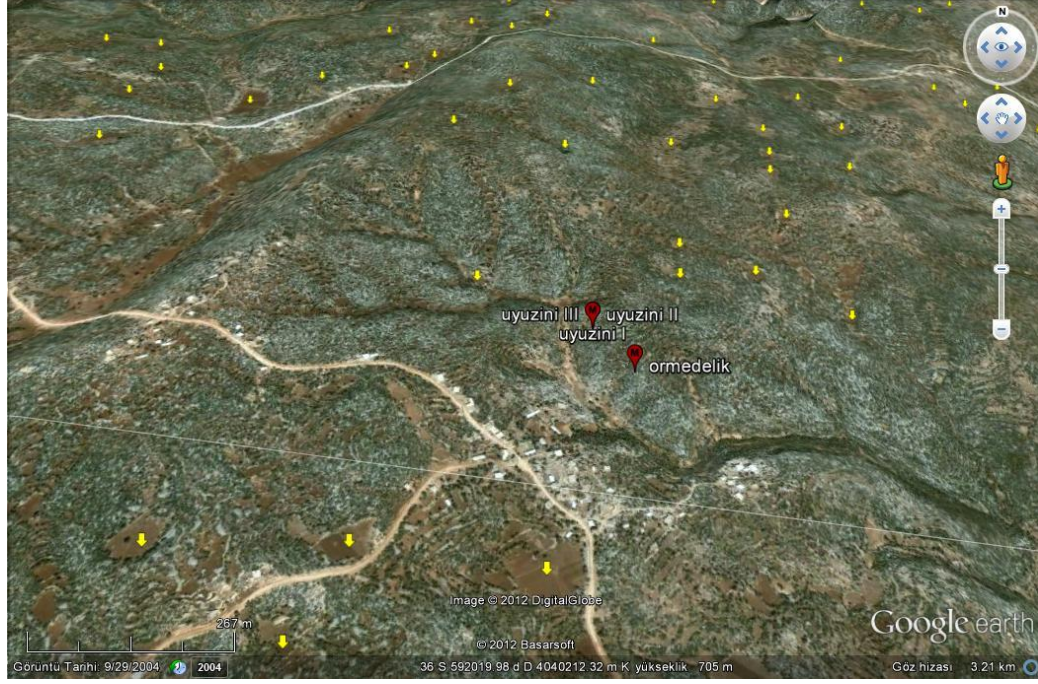
Şekil 4. 101. Mağaranın üçüncü tabanını oluşturan düden girişi ve askıda kalan kat.



Şekil 4. 102. Obruklu Mağarası plan ve kesiti.

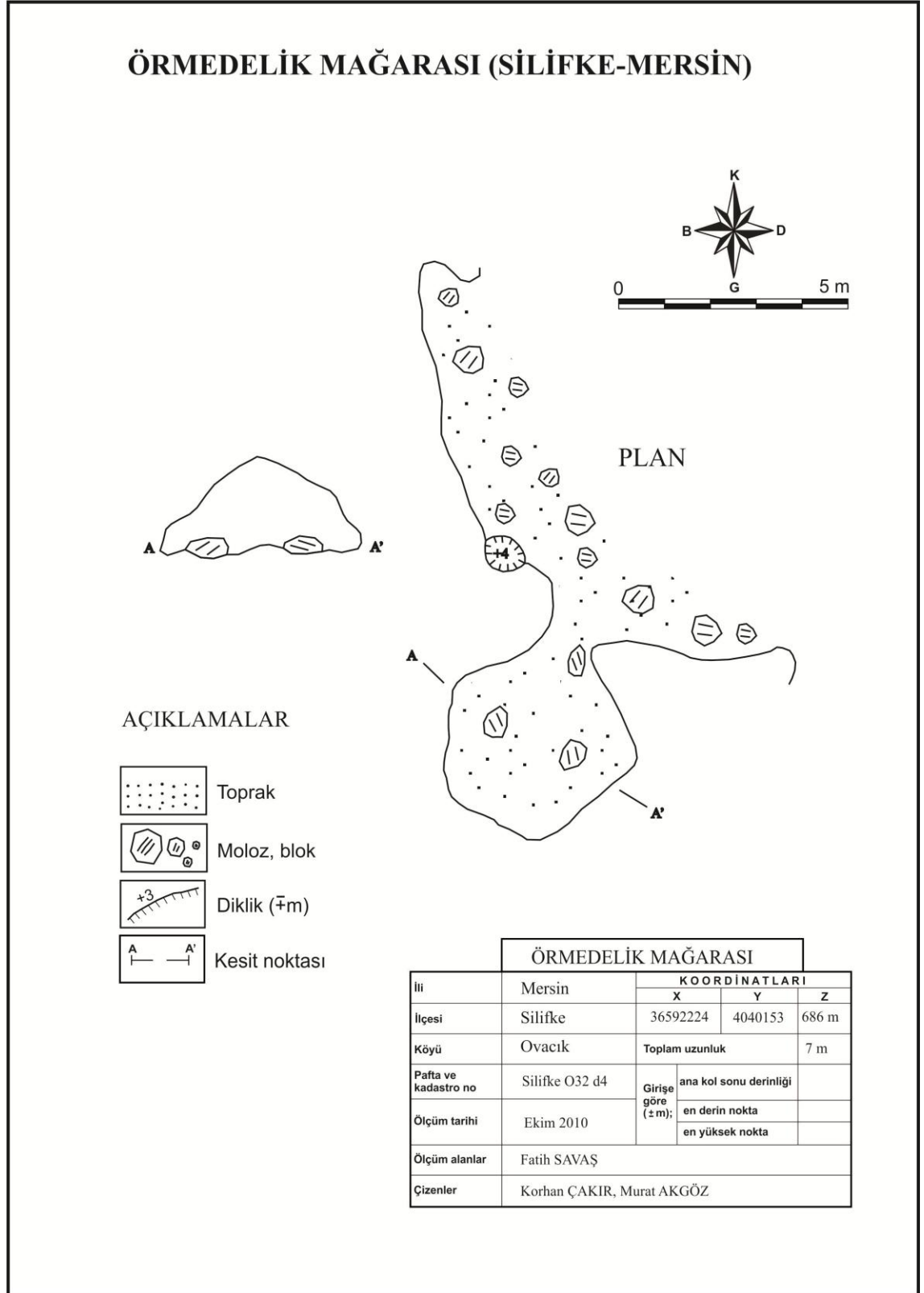
4.2.2.27. Örmedelik Mağarası

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde gelişmiştir.



Şekil 4. 103. Örmedelik Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

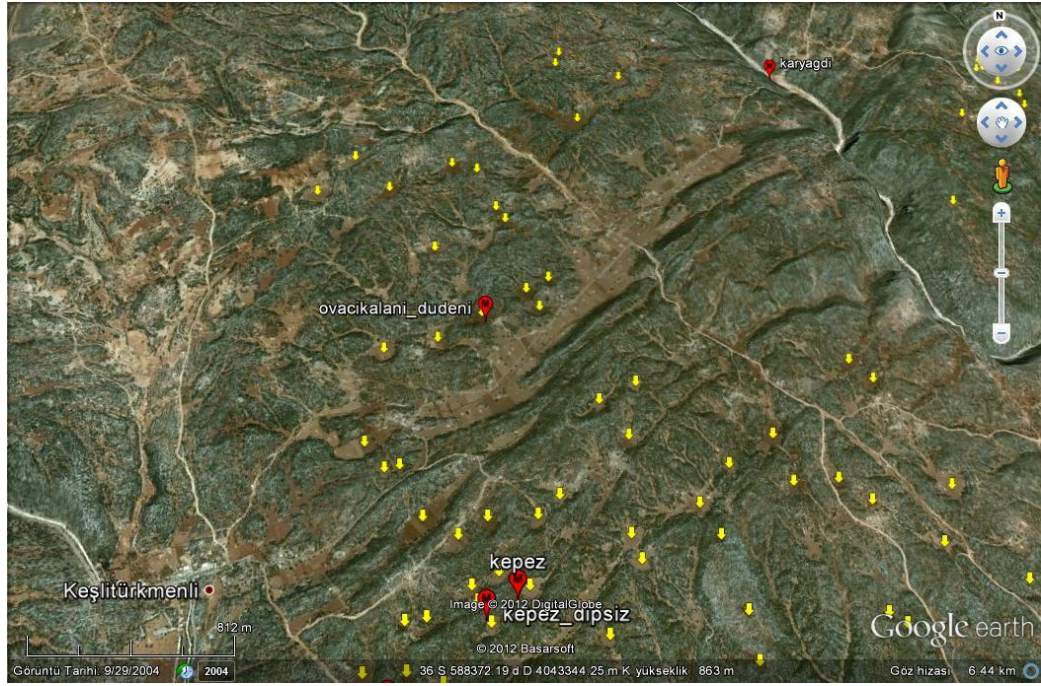
Toplam uzunluğu 7 m olan Örmedelik Mağarası, doğal mağara olarak gelişmiş olmakla birlikte ağıl olarak kullanılmak amacıyla yöre halkı tarafından kazılarak genişletilmiştir. Bölgedeki, özellikle yatay mağaralarda çok sık karşılaşılan define amaçlı kazılara, oldukça küçük bir mağara olan Örmedelik Mağarası'nda da sıkça rastlanmaktadır. Boyutuna oranla büyük bir girişe sahip olan mağaranın GB'sında 2 x 2 m boyutlarında bir oda bulunmaktadır. Herhangi bir damlataş oluşumunun görülmediği mağarada bulunan ve yeryüzüne açılan 4 m'lik bir bacadan da anlaşılacağı üzere, mağara tavanı ile yüzey arasındaki et kalınlığı yaklaşık 4 m'dir. Mağaranın gerek et kalınlığının oldukça az olması ve gerekse oluşumunu tamamlamış fosil bir mağara olmasından dolayı zamanla tavanın çökerek, çökme tipi bir doline dönüşmesi olasıdır.



Şekil 4. 104. Örmedelik Mağarası plan ve kesiti.

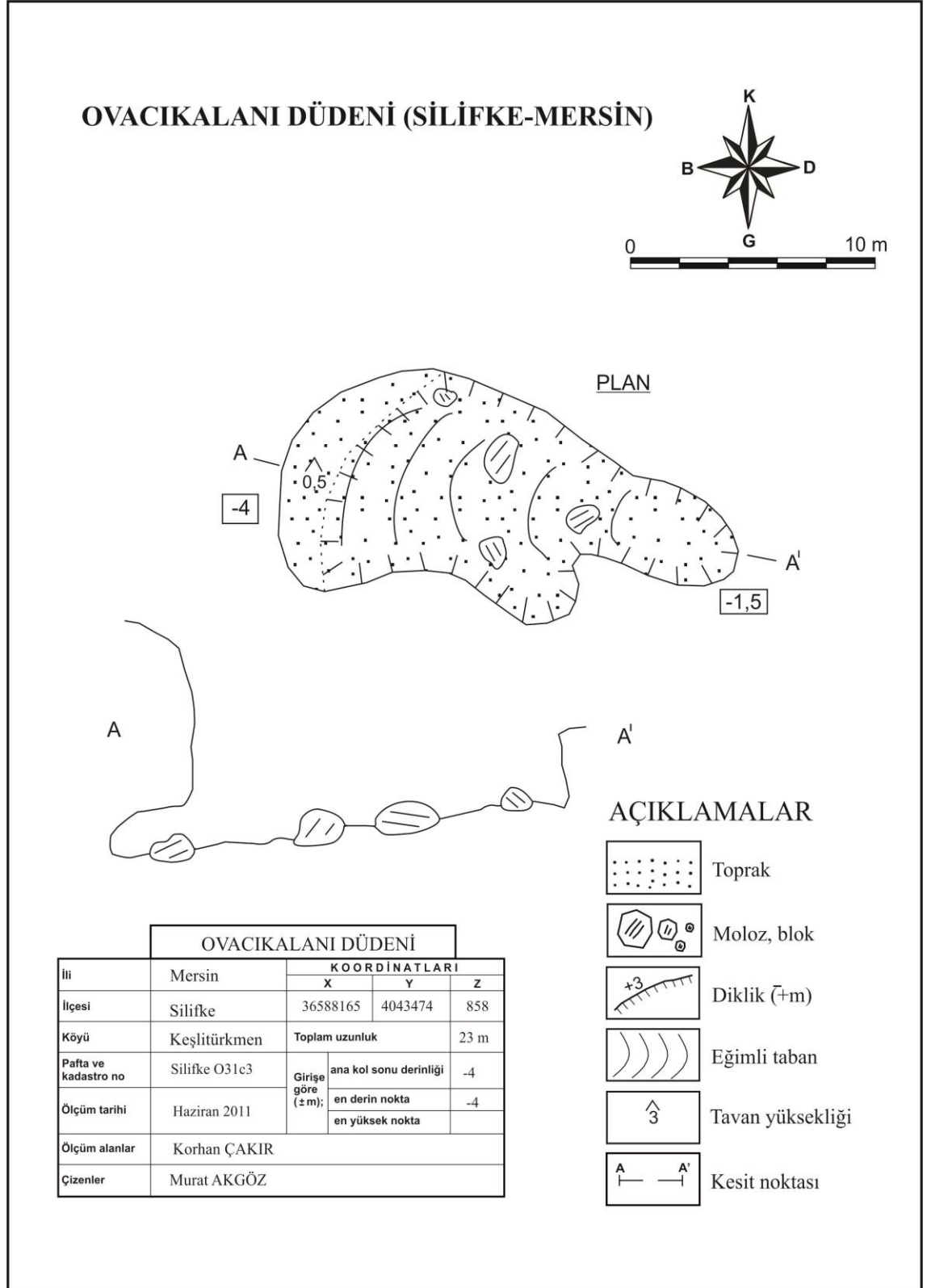
4.2.2.28. Ovacıkalanı Düdeni

Ovacıkalanı Düdeni, çalışma alanında Alt-Orta Miyosen yaşlı kireçtaşları içerisinde oldukça sık görülen dolinlerden biridir. Çalışma alanında görülen diğer dolinlerde olduğu gibi; genel olarak bölgedeki hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı fay hattı boyunca dizilmiş olmalarına karşın Ovacıkalanı Düdeni bu faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişmiş, çökme tipi bir dolindir.



Şekil 4. 105. Ovacıkalanı Düdeni'nin yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Düden, çalışma alanında resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu ile ara geçişli olan ve kum, kil, killi kireçtaşı ve marn ardalanmasından oluşan Kaplankaya Formasyonu içerisinde gelişmiştir. 4 m derinliğe sahip olan düdenin gelişimi, Kaplankaya Formasyonuna ait killi seviyelere bağlı olarak lokal karst taban düzeyine (KTD) ulaşarak sonlanmıştır. Karstik alanlarda regolit olarak tanımlanan örtü tabakayı oluşturan kilce zengin terra rosa tarafından dolmuş ve günümüzde sığ bir toprak düden olarak kalmıştır.



Şekil 4. 106. Ovacikalani Düdeni plan ve kesiti.

4.2.2.29. Sakarlak Düdeni

Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde, bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişen ve askıda kalmış kol ile ana tektonik hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişmiş ana galeriden oluşan Sakarlak Düdeni, çok dönemli bir gelişim göstermektedir.



Şekil 4. 107. Sakarlak Düdeni'nin yer bulduru görüntüsü (kırmızı oklar dolinleri, pembe kısa ok kör vadiyi, uzun ok ise kör vadinin kapıldığı vadiyi göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Sakarlak Düdeni, K-G yönünde uzanan bir kör vadi tabanında yer almasına karşın; düdenin morfolojik konumu gereği, asıl düdenin vadinin daha alt kotlarında bulunması gerekmektedir (Şekil 4.107). Karstik alanlarda sıklıkla görülebilen kör vadiler, akarsuyun bir düden vasıtasıyla yeraltına dalarak, akışını yeraltında sürdürdüğü ve buna bağlı olarak da akarsuyun yüzeyde süreklilik göstermediği vadiler olarak bilinmektedir. Kör vadilerin karakteristik özelliklerinden biri, akarsuyun akış yönünde genellikle bir düden ya da bir mağara ile son bulmalarıdır. Kör vadi tabanında yer alan Sakarlak Düdeni'nin güneyinde yer alan iki adet dolinin, özellikle yağışlı dönemlerde düden olarak çalışması gerekmektedir. Ancak, yağışlı

dönemlerde yüzey sularının Sakarlık Düdeni vasıtasıyla yeraltına drene olmasından dolayı, iki dolin günümüzde belirti olarak kalmıştır. Bu durumun nedeni, Sakarlık Düdeni'nin gelişimidir. Düden, KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişen ve askıda kalan kol ile bölgenin yükselmesi ve yeraltı su seviyesindeki düşümlere bağlı olarak gelişen ve tavanın kendi ağırlığını taşıyamayarak çökmesi sonucu oluşan düden ağzının birleşmesiyle oluşmuştur (Şekil 4.108). Oluşum mekanizmasına göre daha genç olan düden ağzı ile askıda kalan kolu birbirine bağlayan ana galeri, bölgedeki ana tektonik hata dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişmiştir.



a b
Şekil 4. 108.a) Sakarlık Düdeni girişi b) Damlatış oluşumlarının görülmediği -52 m'lik iniş.

Ağustos 2011 tarihinde araştırması tamamlanan Sakarlık Düdeni, 52 m'lik tek inişle ulaşılan ve tabanında kuru bir yeraltı deresinin bulunduğu ana galeride, tavadan damlayan sular dışında herhangi bir su aktivitesi görülmemektedir. Buna karşın; düden tabanının kalın bir çamur tabakasıyla kaplı olması ve bu zemin üzerindeki yoğun organizma faaliyetleri düdenin mevsimsel yağışlara bağlı olarak sıklıkla sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir (Şekil 4.109a ve Şekil 4.109b).

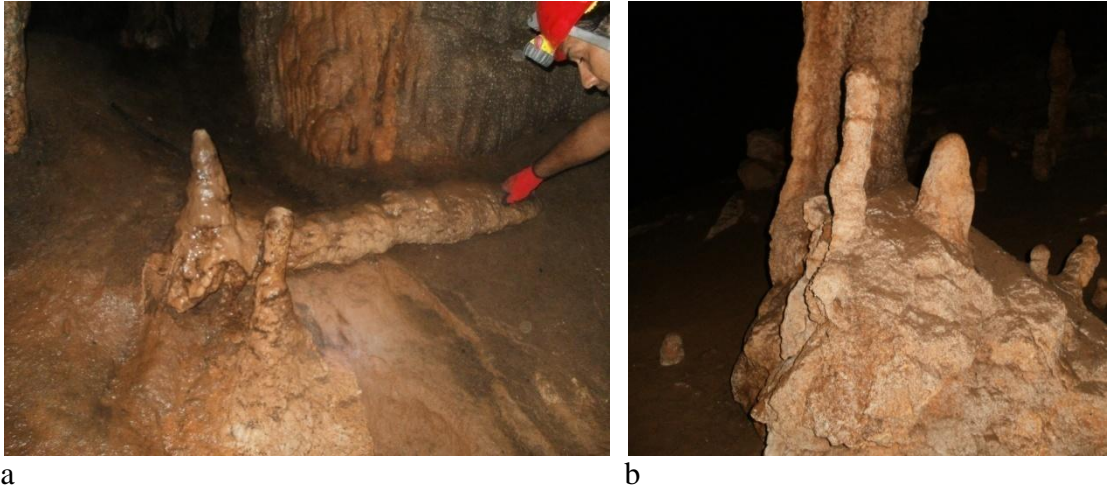


Şekil 4. 109.a) Sakarlak Düdeni'nin tabanını kaplayan kalın çamur tabakası, b) Sel suları tarafından düden içerisine taşınan mutfak tüpü.

Mağaralarda, özellikle paleosismoloji ve paleoiklim araştırmaları için uygun örnekleri oluşturan uniform dikitlerde örnekleme çalışmalarında; dikitlerdeki deformasyonların buzul intrüzyonu, vandalizm, olası sellenme ya da tektonizmaya bağlı gelişip gelişmediği tespit edilmeye çalışılmaktadır. Ana galerinin yan duvarlarında görülen sıvama izleri ile tabanı ve tavandan çöken büyük boyutlu blokların üzerini kaplayan kalın bir çamur tabakası olmasına rağmen; ana galeri tabanına görülen dikitlerde sellenmeye ve sel sularınca mağara içerisine taşınan materyallere bağlı bir deformasyon görülmemektedir. Buna karşın; ana galerinin askıda kalan kol ile birleştiği noktada çok sayıda devrilmiş sütun ve ilksel konumlarını kaybetmiş dikitler görülmektedir (Şekil 4.110a ve Şekil 4.110b). Çalışma alanında araştırması tamamlanan, insanların kolayca ulaşabildiği mağaralarda sıklıkla görülen kırma-yıkma-parçalama gibi deformasyonlar Sakarlak Düdeni için olası değildir. Düdenin, 51 m derinliğe sahip tek bir inişle ulaşılan dikey bir mağara olmasından dolayı insanların mağaraya kolayca ulaşabilmeleri olanaksızdır. Bu veriler ışığında, sütun ve dikitlerdeki deformasyonların sellenme ve antropojenik etkilerden ziyade düdenin oluşum süreçlerine bağlı gelişmiş olası oturma ve çökmelerden kaynaklanmış olduğunu göstermektedir.

Ana galerinin güneyinde çok sayıda ve büyük boyutlarda tavandan çökmüş blok bulunmaktadır. Ana galeriyi tamamen kaplayan kalın çamur tabakasına bağlı olarak, yaklaşık 20 cm çamurla kaplı olan bu bloklar üzerinde tavandan damlayan suların çarpma etkisiyle oluşmuş oyuklar bulunmasına ve blokların hemen üzerindeki

tavanın sarkıtlarla dolu olmasına karşın; bu oyuklarda herhangi bir dikit gelişimi görülmemektedir. Bu durum muhtemelen, sık sık sellenmeye maruz kalan ana galeride, çökelimin kilce zengin çamur tarafından kesintiye uğramasından kaynaklanmaktadır. Buna karşın; bu blokların hemen yanında bulunan ve yer yer 5 m yüksekliğe ulaşan bloklar üzerinde yoğun bir damlataş oluşumu görülmektedir (Şekil 4.111a ve Şekil 4.111b). İkincil olarak oluşmuş bu yoğun damlataşların alt seviyelerinde çamur sıvanımları dışında kopma, kırılma ya da devrilme gibi herhangi bir deformasyonun görülmemesi; mağaranın bu bölümünde oturma ve çökmelerin uzun dönemdir gerçekleşmediğini ve ana galerinin duraylı hale geldiğini göstermektedir.

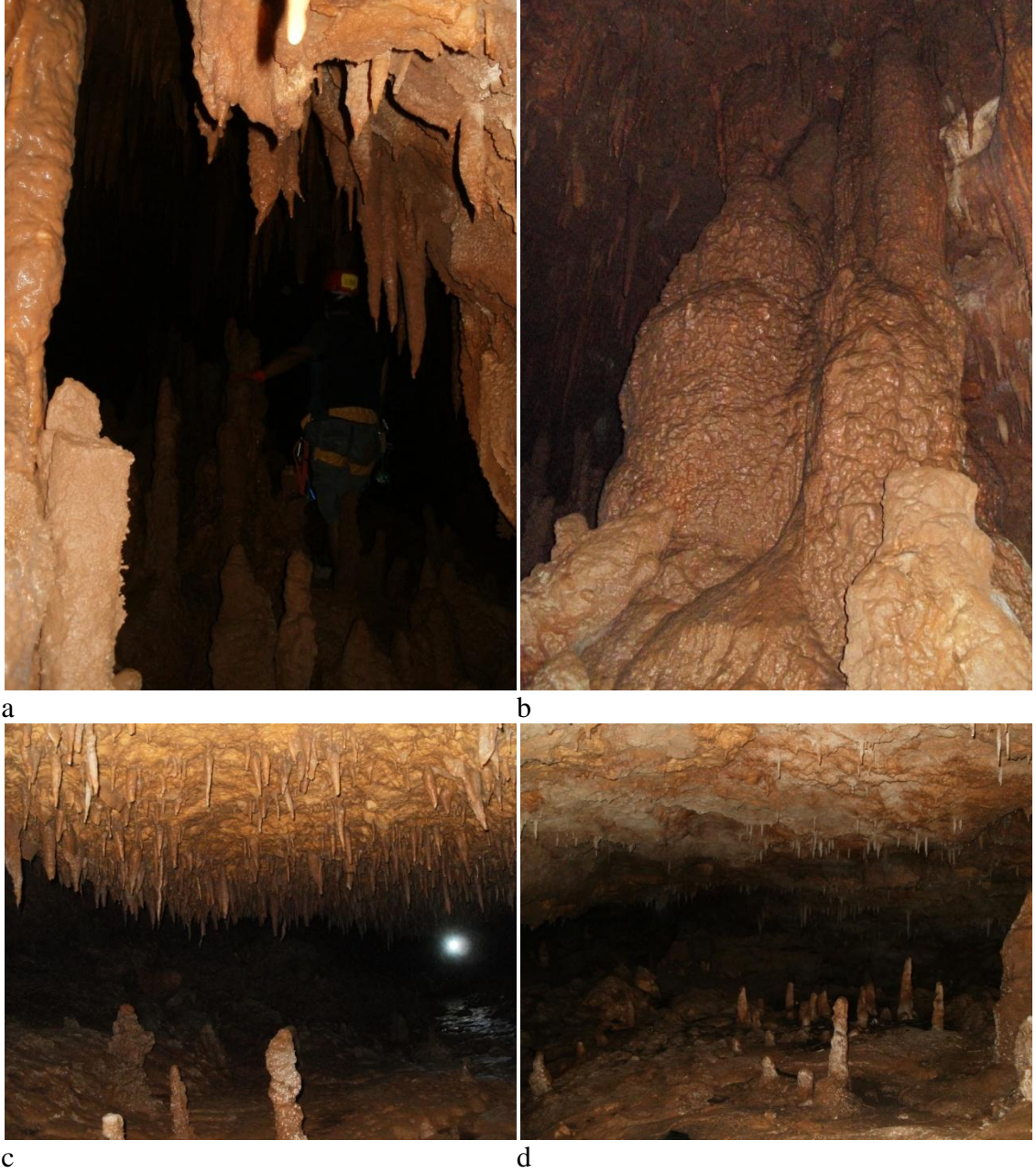


Şekil 4. 110.a) Sakarlak Düdeni'nin ana galerisi ile askıda kalan kolunun birleşme noktasında görülen yaklaşık 1 m boyundaki devrilmiş dikit, b) Birleşme noktasında görülen ilksel konumunu kaybetmiş sütun ve dikitler.

Ana galeriden ortalama 5 m yüksekte bulunan ve GB yönünde çok dar bir çatlakla devam eden mağaranın son bölümü, KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişmeye başlamış; ancak, bölgenin yükselmesine karşılık yeraltı su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak gelişimi kesintiye uğrayarak askıda kalmıştır.

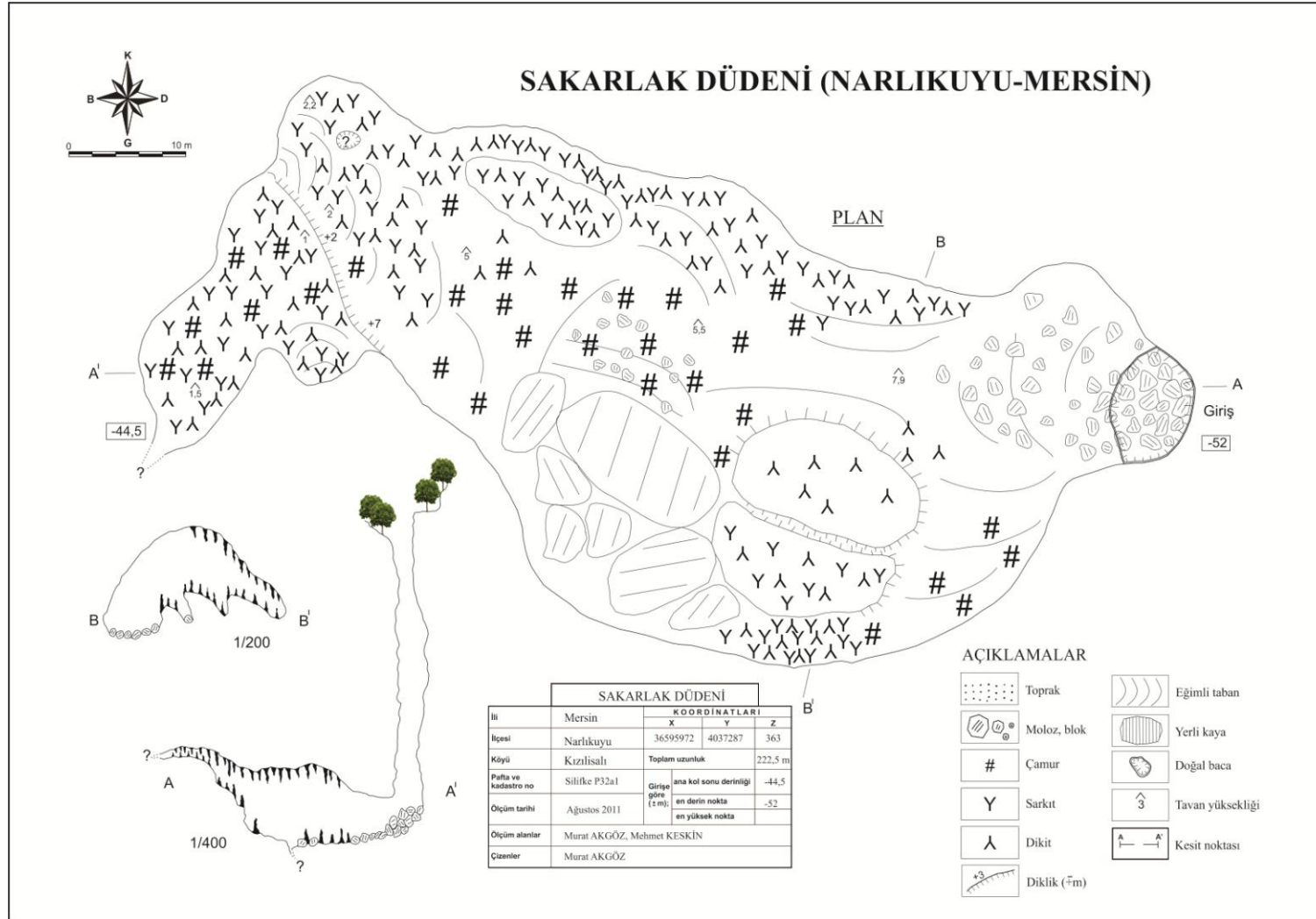
Ortalama 0,5 m tavan yüksekliğine sahip olan bu kol, damlataş oluşumu açısından mağaranın en zengin bölümünü oluşturmaktadır (Şekil 4.111c ve Şekil 4.111d). Ana galeriye oranla nispeten küçük boyutlu çok sayıda sarkıt ve dikit gibi damlataşların bulunduğu bu alanda, doğal süreçlere bağlı olarak gelişmiş

deformasyonların (kuruma vb) dışında kırılma, parçalanma gibi deformasyonlar görülmemektedir.



Şekil 4. 111. a ve b) Sakarlak Düdeni ana galerisinde, çökmüş büyük boyutlu bloklar üzerinde gelişmiş ikincil damlataş oluşumları, c) Damlataş oluşumu açısından mağaranın en zengin bölümü olan askıda kalmış kol, d) Askıda kalan kolun sonu.

Sakarlak Düdeni; 52 m'lik tek bir inişle ulaşılan dikey bir mağara olmasına bağlı olarak, insanların kolayca ulaşamayacağı ve mevcut uniform dikitlerin büyük oranda korunmuş olmalarından dolayı, paleosismoloji ve paleoiklim çalışmaları için uygun örneklere sahip olması açısından oldukça önemlidir.



Şekil 4. 112. Sakarlık Düdeni plan ve kesitleri.

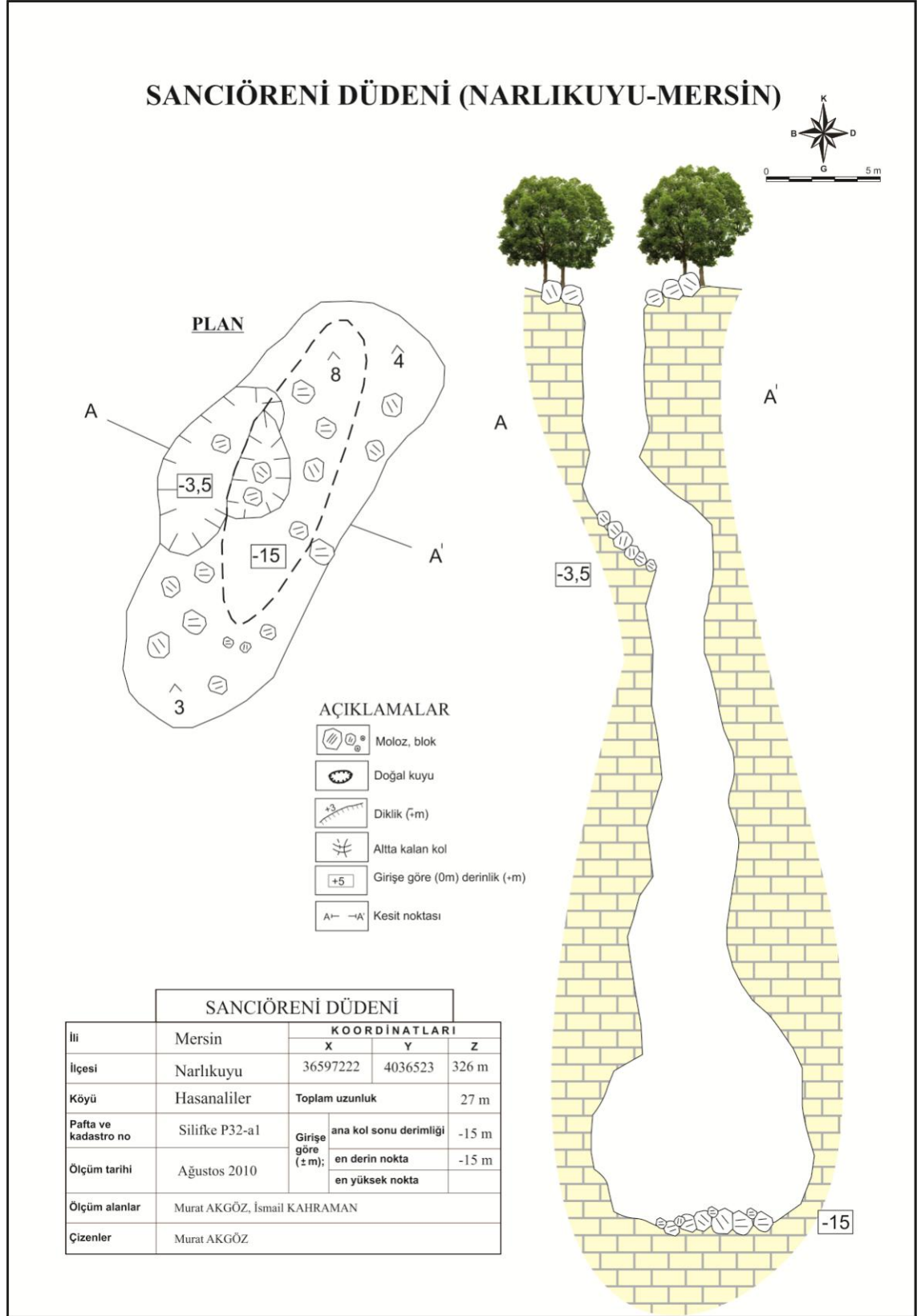
4.2.2.30. Sancıöreni Düdeni

Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde, KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişen obruğun en derin noktası -15 m'dir.



Şekil 4. 113. Sancıöreni Düdeni'nin yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

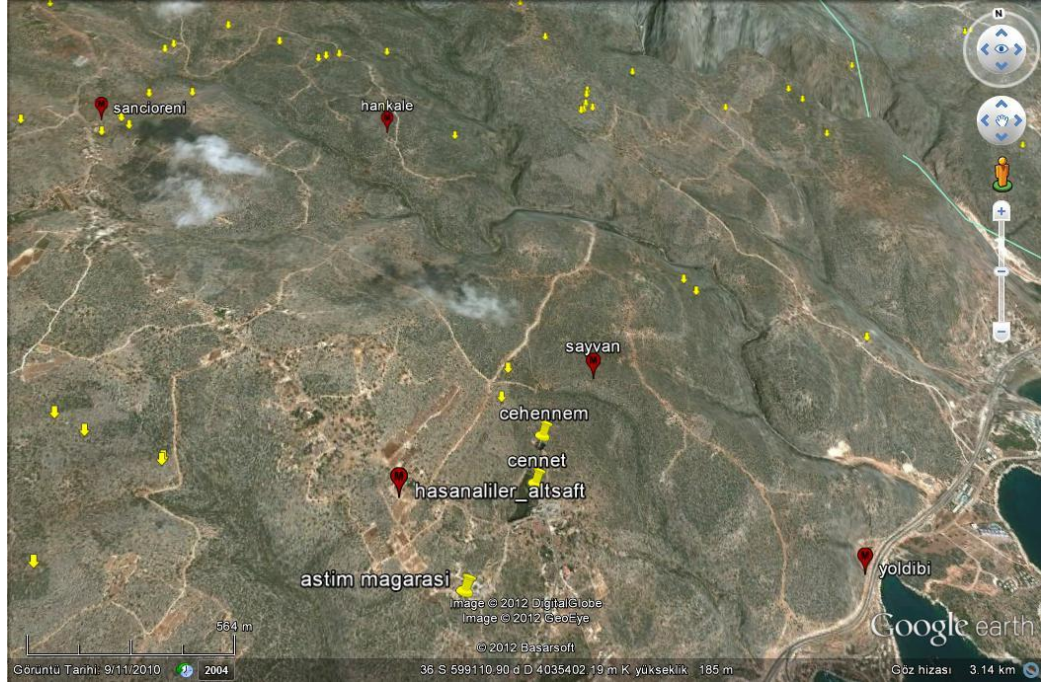
Sancıöreni Düdeni, bölgenin yükselmesi ve yeraltı su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşma sonucu çökme tipi dolin olarak gelişmiştir. Düden, giriş noktasından 3,5 m aşağıda bulunan ve yüzeyden düşen ve sellenme dönemlerinde mağara içerisine taşınan irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı eğimli bir basamak ve bu basamaktan 11,5 m'lik inişle ulaşılan, irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı bir tabanla son bulmaktadır. Ağustos 2010 yılında yapılan araştırmada, yan duvarlarda sıvanma izlerinin bulunmaması ve tabanda kil ya da çamurun bulunmaması mağaranın sellenmeye maruz kalmadığını göstermektedir.



Şekil 4. 114. Sancıöreni Düdeni plan ve kesiti.

4.2.2.31. Sayvan Mağarası

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde gelişen mağaranın en derin noktası -44 m'dir.



Şekil 4. 115. Sayvan Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Oldukça dar bir girişe sahip olan mağarada 3 m'lik bir inişle, tabanı yüzeyden ve ana kayadan koparak düşen irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı bir basamağa ulaşılmaktadır. Yaklaşık 45° eğimli olan bu basamaktan mağaranın ikinci basamağına ulaşımı sağlayan geçitte; gerek geçitin çok dar olması ve gerekse de ilk basamağın tabanını kaplayan gevşek kaya parçalarının düşme riskinden dolayı oldukça dikkatli olunması gerekmektedir (Şekil 4.116a). İlk basamağı, ikinci basamağa bağlayan 20 m'lik inişte yan duvarların bol kırıklı ve keskin yüzeylere sahip olmasından dolayı ipin sürtünerek sıyrılmaya ve kopma riskine karşın önlem alınmalıdır. Gerek derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşma sonucu ve gerekse de mevcut damlataş oluşumlarındaki fiziksel aşınmadan dolayı, mağaranın bu

kesimindeki yan duvarlarda damlataş oluşumları nadir olarak görülmektedir (Şekil 4.116b).



a b
Şekil 4. 116. a) Sayvan Mağarası'nın ilk basamağını ikinci basamağa bağlayan dar geçit, b) Damlataş oluşumları açısından oldukça fakir olan geçit yan duvarları.

İkinci basamağa inişte yan duvarlarda mevcut olan az sayıdaki damlataş oluşumları üzerinde görülen deformasyon; damlataş oluşumları açısından zengin taban kısmında da görülmektedir. Özellikle sarkıtların uç kısımlarında kopma ve kırılma şeklinde görülen deformasyonlarla birlikte, akmataş ve popcornlarda kurumaya bağlı bozunmalar görülmektedir (Şekil 4.117a ve Şekil 4.117b).

Literatürde, sarkıtların frekanslarının sismik frekanstan daha yüksek olduğu ve dolayısıyla çoğu sarkıtın herhangi bir depremden sonra deformasyona uğramadan kalabileceği belirtilmektedir (0,1 – 30 Hz) [Sebela, 2008]. Buna karşın, ince sarkıt ve aykırı (eksantrik) sarkıtlar, deprem gibi doğal ve patlatma gibi yapay titreşimlere bağlı olarak kolayca deforme olabilmektedir. Sarkıtlarda görülen kopma ve kırılma gibi deformasyonların nedenleri araştırılırken, deformasyona vandalizm, buzul intrüzyonu, sellenmeye maruz kalınması durumunda sel sularınca taşınan malzemelerin ya da tektonik hareketlerin mi neden olduğu araştırılır. Sayvan

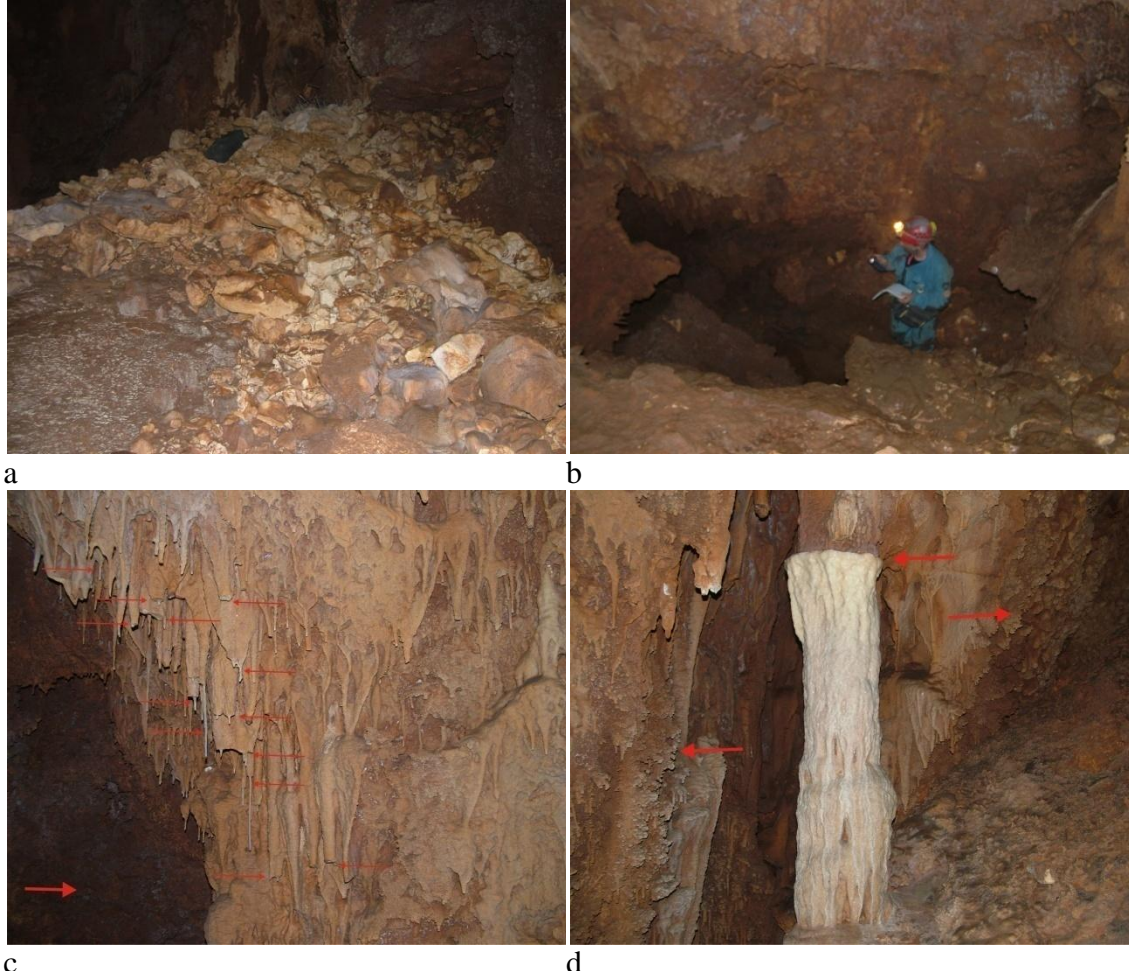
Mağarası'nda glasiyel (buzul) kökene işaret eden herhangi bir moren birikimi görülmemekle birlikte, mağaranın gerek -44 m derinliğe sahip dikey bir mağara olması ve gerekse de mağara katları arasındaki geçişlerin oldukça riskli ve çok dar olması nedeniyle deformasyonların insanlar (vandalizm) tarafından gerçekleştirilmiş olması olanaksızdır. Buna karşın, mağara tabanının ince bir kil tabakası ve ikinci basamak tabanının irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı olması, deformasyona sellenmeyle birlikte mağara içerisine taşınan materyallerin neden olabileceğini akla getirmektedir (Şekil 4.118a ve Şekil 4.118b). Ancak bu görüş, deforme olan sarkıtlara oranla çok daha kalın sütunlarda görülen kırılmaları açıklamakta yeterli olmayacaktır (Şekil 4.117a, Şekil 4.118c ve Şekil 4.118d). Bu veriler ışığında, damlataşlar üzerinde görülen kopma ve kırılma gibi deformasyonların; sel sularınca taşınan materyallerle birlikte çok dönemli ve çok katlı bir gelişim gösteren mağarada oturma ve çökmelere neden olan tektonik hareketler sonucu gelişmiş oldukları söylenebilir.



Şekil 4. 117.a) İkinci basamakta görülen sarkıtların uç kısımlarındaki kopmalar, b) ikinci basamak yan duvarlarında görülen popcorn yapıları.

Mağaralarda suların göllenme dönemlerinin işareti olan popcornlarda görülen bozunmanın nedeni; karbonatça zengin su getiriminin kesintiye uğraması sonucu damlataş oluşumunun kesintiye uğraması ve mevcut oluşumların kurumaya bağlı olarak bozunmasıdır. Bu kesintinin göstergesi; çok dönemli bir gelişim gösteren mağaranın damlataş oluşumu açısından nispeten zengin olan ikinci basamağında uçları koparak veya kırılarak düşen sarkıtlar üzerinde, sarkıt oluşumunun başlangıç evresini oluşturan makara sarkıtların gelişmiş olmasıdır (Şekil

4.118c). Yine, yaklaşık 20 cm çapındaki bir sütunun kırılma yüzeyinden itibaren, eski oluşumu tamamen örten yeni çökelim görülmektedir (Şekil 4.118d). Tabanın ince bir kil tabakasıyla kaplı olması ve ilksel damlataş oluşumları üzerinde ikincil olarak gelişmiş popcorn yapıları; mağaranın gelişi devam ederken sellenmeye maruz kalarak, sel sularının mağaranın bu kesiminde göllendiğini göstermektedir. Bu ikincil olarak gelişen popcorn yapılarındaki, mağara içerisinde karbonatça zengin su girişinin kesintiye uğraması ve kurumaya bağlı olarak gelişen bozunmalara karşın; kopan veya kırılan sarkıt yüzeylerinde gelişen üçüncül akmataş ve makarna sarkıtlar gelişmiştir.

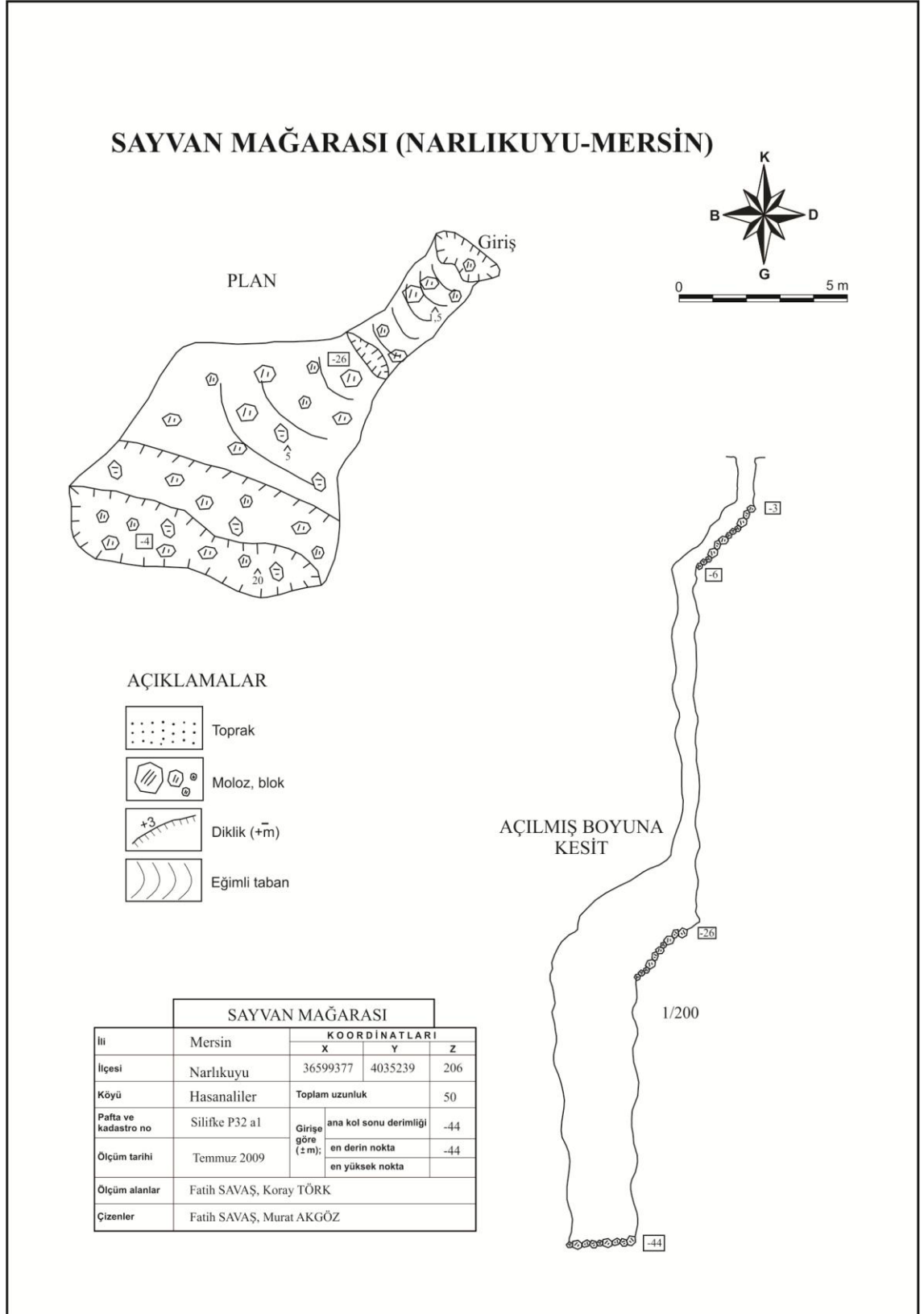


Şekil 4. 118.a) Sayvan Mağarası'nın irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı ikinci basamak tabanı, b) İnce bir kil tabakasıyla kaplı olan mağaranın son bölümü, c) Uç kısımlarında kopma ve kırılmaların olduğu sarkıtlar üzerinde, kopma ve kırılma yüzeylerinde gelişen yeni sarkıtlar, d) Sütunun kırılma yüzeyinden itibaren gelişmeye başlayan yeni çökelim.

Yakınında bulunan ve aynı hat üzerinde olan Astım/Dilek Mağarası, Cennet ve Cehennem Obrukları ile birlikte KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişen Sayvan Mağarası, çok dönemli ve çok katlı (basamaklı) bir gelişime sahiptir. Özellikle, Pleistosen'deki Akdeniz su seviyesinde görülen alçalma ve yükselmelerle birlikte bölgesel tektonizma, mağaranın düşey yöndeki gelişimi kesintiye uğrayarak basamaklı bir yapı kazanmasına neden olmuştur.

Günümüzde -3 m seviyesinde bulunan eğimli basamak, mağaranın gelişim döneminde karst taban düzeyinin oluşmadığı tektonik olarak hareketli dönemi göstermektedir. Bu noktadan itibaren kuyu şeklinde gelişmeye başlayan mağara, karst taban düzeyinin oluşmadığı veya taban düzeyinin çok derinlerde olduğu ve taban düzeyinin ani düştüğü genç yükselim bölgelerini karakterize etmektedir. -26 m seviyesinde eğimli ikinci tabana sahip olan mağara, son olarak kuyu şeklinde - 44 m seviyesine ulaşmaktadır. Aynı hat üzerinde geliştiği ve hemen batısında, oldukça yakın bir konumda olan Cennet ve Cehennem Obruklarına oranla fazla derinleşemeyen mağaranın - 44 m seviyesinde sonlanmasını, karst taban düzeyiyle açıklamak oldukça güçtür. Cennet ve Cehennem Obruklarının doğusunda oldukça yakın bir konumda olan Astım/Dilek Mağarası'nda olduğu gibi Sayvan Mağarası'nın derinliğinin nispeten az olması, mağara tabanının tavandan koparak düşen blok, sarkıt ve sütunlar ve bunların üzerini kaplayan killi malzeme ile örtülmüş olmasına bağlı olarak tıkanmış olmasıdır. Bu örtü tabaka, mağara tabanında askıda bir kat oluşturarak daha derinde olması muhtemel tabana ulaşımı engellemiş ve geçici karst taban düzeyini oluşturmuştur. Bu veriler ışığında, Sayvan Mağarası en az üç farklı dönemde gelişmiştir.

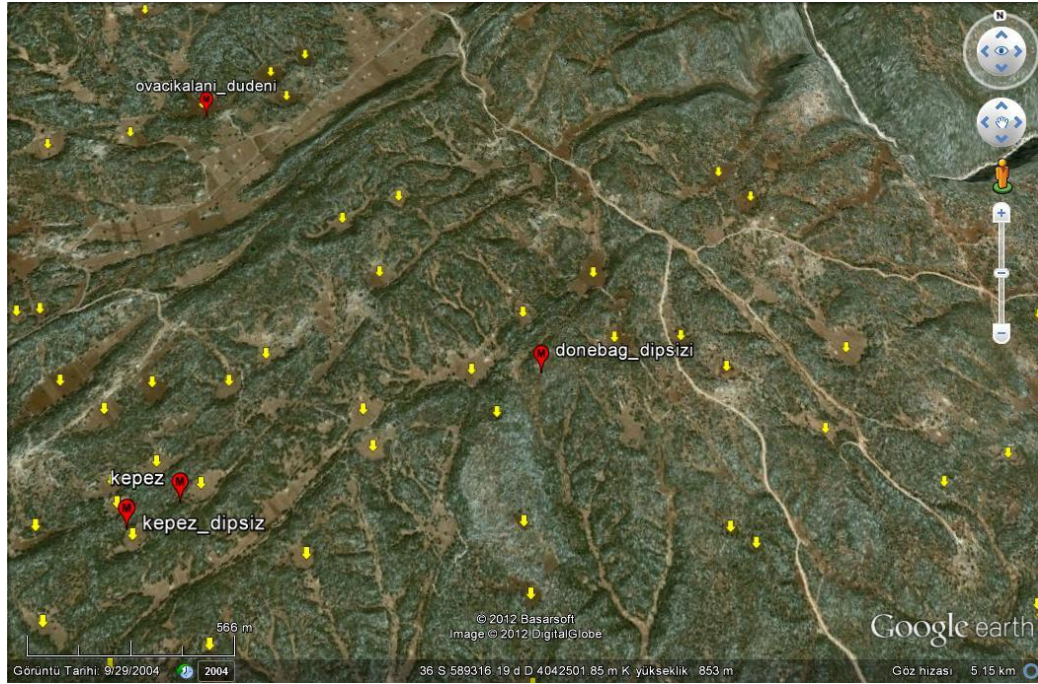
Temmuz 2009 yılında yapılan araştırmada, tavandan damlayan sular dışında tamamen kuru olduğu görülen mağara; oluşumunu tamamlamış, fosil aşamaya geçmiş bir mağara niteliğindedir.



Şekil 4. 119. Sayvan Mağarası plan ve kesiti.

4.2.2.32. Dönebağ Dipsizi

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı kireçtaşları içerisinde çökme tipi bir dolin olarak gelişmiştir. Yakın çevresinde görülen çökme tipi dolinlerde olduğu gibi, genel olarak hakim tektonik hat yönünde gelişmeye başlamış olan Dönebağ Dipsizi'nin asıl gelişim yönü bu hatta dik olarak gelişen KB-GD yönlü süreksizlikleri takip etmektedir.



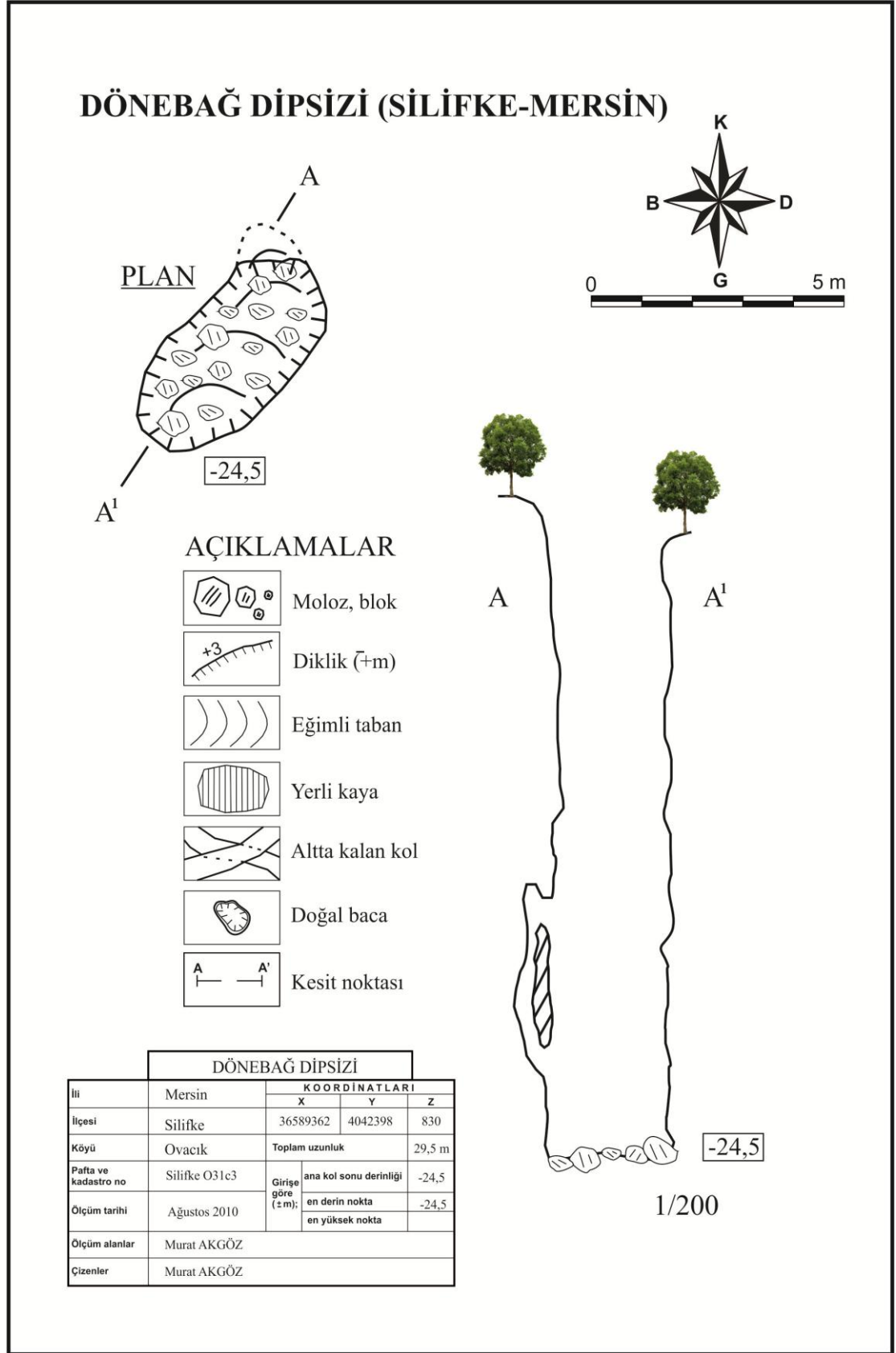
Şekil 4. 120. Dönebağ Dipsizi'nin yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Çalışma alanında kum, kil, killi kireçtaşı, kireçtaşı ve marn ardalanması ile ara geçişli olan resifal kireçtaşlarından oluşan Miyosen birimleri içerisinde gelişen mağara, muhtemelen lokal olarak killi seviyelerin oluşturduğu geçirimsiz tabana (KTD) ulaşmış ve bu nedenle derinleşmemiştir. Bölgenin yükselmesi ve yeraltı su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak hızlı gelişen ve derinleşen karstlaşma sonucu ilksel olarak KD-GB yönünde çöken bir dolin olarak gelişmeye başlayan Dönebağ Dipsizi, KB-GD yönünde gelişimine devam etmiş; ancak, muhtemelen geçirimsiz tabana ulaşarak gelişimi sonlanmıştır.

Derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşma sonucu herhangi bir damlataş oluşumunun görülmediği -24,5 m'lik bir inişle ulaşılan ve KB-GD yönünde eğimli olan mağara tabanı, tamamen yüzeyden ve ana kayadan koparak düşen irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplıdır (Şekil 4.121a ve Şekil 4.121b). Yakın çevresinde bulunan ve yağışlı dönemlerde bölgede yüzey sularının yeraltına drene olmasını sağlayarak birer düden gibi çalışan diğer dolin tabanlarına göre daha yukarıda bulunan Dönebağ Dipsizi, muhtemelen geçirimsiz tabana ulaşmış ve/veya askıda kalmıştır.



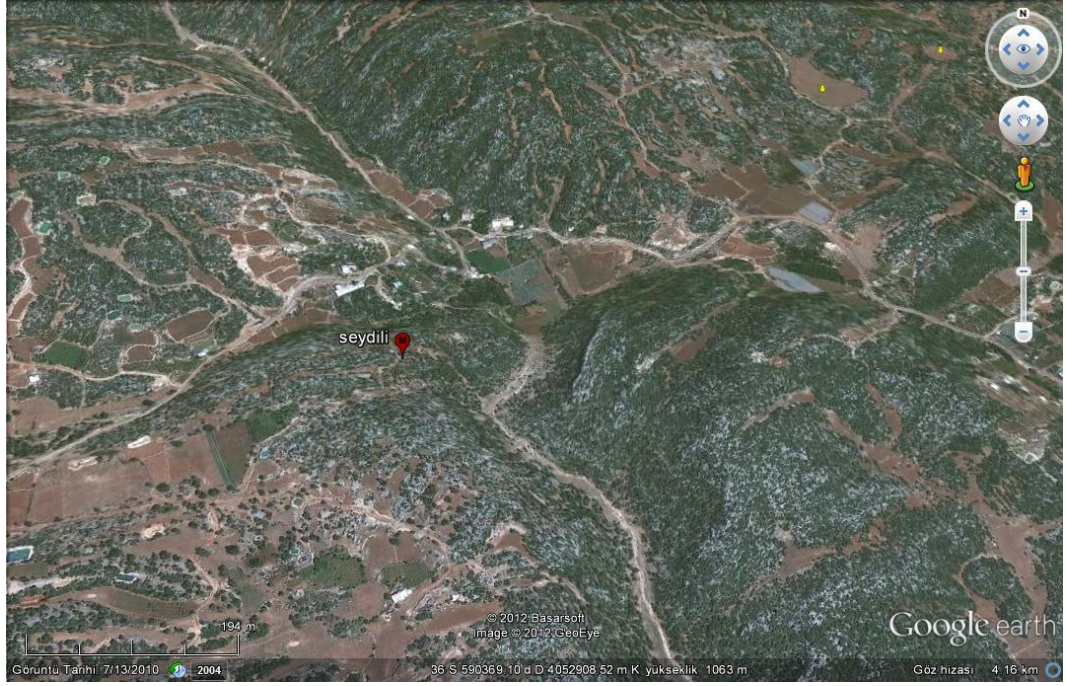
Şekil 4. 121.a) Dönebağ Dipsizi'nin, damlataş oluşumunun görülmediği 24,5 m'lik inişi, b) İrili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı olan taban.



Şekil 4. 122. Dönebağ Dipsizi plan ve kesiti.

4.2.2.33. Seydilli Mağarası

İlksel olarak, bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak yatay gelişmeye başlayan Seydilli Mağarası; bu faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişimini sürdürmüştür. Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde gelişen mağaranın toplam uzunluğu 59,8 m'dir.



Şekil 4. 123. Seydilli Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

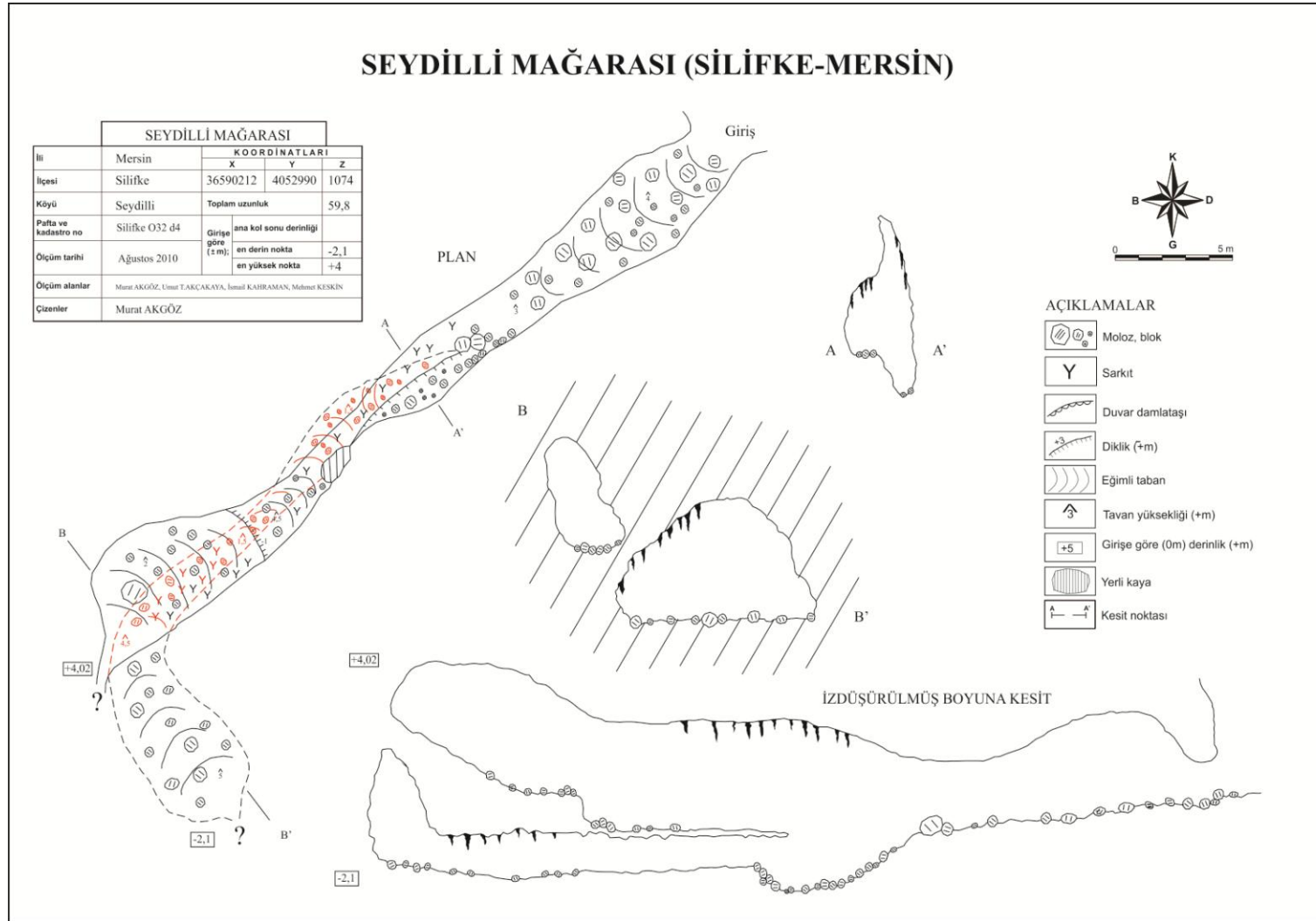
Yöre halkı tarafından Tehnallı ve Defne Mağarası olarak da bilinen Seydilli Mağarası, çok önemli bir gelişim göstermektedir. İlksel olarak KD-GB doğrultusunda, sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişmeye başlayan mağaranın gelişimi; bölgenin yükselmesi ve yeraltı su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak karstlaşmanın derinleşmesi sonucu kesintiye uğramıştır. Buna bağlı olarak, askıda kalan ana galerinin batı ucunda hızlı bir deformasyon gelişmeye başlamış ve mağaranın bu noktasında çökme ve oturmalar meydana gelmiştir (Şekil 4.124a). Yeraltı su seviyesinin düşmesine bağlı olarak derinleşmeye başlayan mağara, içerisinde geliştiği resifal kireçtaşları ile ara geçişli olan kum, kumlu

kireçtaşı, kil, killi kireçtaşı ve marn araldanmasından oluşan birimin killi seviyelerine ulaşarak daha fazla derinleşmeden, alt kotta yatay olarak gelişimine devam etmiştir.



a b
Şekil 4. 124.a) Seydilli Mağarası'nın askıda kalan ana galerisinin batı ucundaki çökme ve oturmalar, b) İrili ufaklı kaya parçaları tarafından tıkanmış olan üst kat ile alt kat arasında bulunan bağlantı ve popcorn yapıları.

Ana galerinin tavanından koparak düşen büyük bloklar, askıda kalan ana galeri ile ana galeri tabanı arasında köprü oluşturarak, ana galeriyi birbiriyle bağlantılı iki kata ayırmıştır (Şekil 4.124a). Askıda kalan ve oluşumunu tamamlamış olan ana galerinin üst katı tahrip aşamasındadır. GD duvarında görülen deforme olmuş sarkıtlar dışında herhangi bir damlataş oluşumunun görülmediği bu kat ile alt kat arasındaki bağlantı, tavadan düşerek ana galeriyi iki kata ayıran blokların arasındaki dar bir geçitle sağlanmaktadır. Aynı doğrultu üzerinde yatay olarak gelişimine devam eden alt kolun gelişim yönü, sonraki süreçlerde bölgedeki hakim tektonik hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak değişmiş ve KB-GD yönünde bir gelişim göstermeye başlamıştır. İlerlemeye olanak vermeyecek kadar dar olan bir çatlakla devam eden bu alt kol ile askıda kalan üst kol arasında bulunan çok sayıdaki açıklık; tamamen tavadan düşen irili ufaklı kaya parçalarıyla tıkanmış durumdadır (Şekil 4.124b). Ağustos 2010 tarihinde yapılan araştırmada, gerek askıda kalan kolun tabanını oluşturan tavadan düşen blokların üzerinin kilce zengin çamurla kaplı olması ve gerekse alt kol yan duvarlarında görülen popcorn oluşumları ile tabanın kilce zengin çamurla kaplı olması; mağaranın yağışlı dönemlerde sıklıkla sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir (Şekil 4.124b).



Şekil 4. 125. Seydilli Mağarası plan ve kesitleri.

4.2.2.34. Sumaklı Düdeni

Bölgede hakim tektonik hat olan KB-GD yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde gelişmiştir.



Şekil 4. 126. Sumaklı Düdeni'nin yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

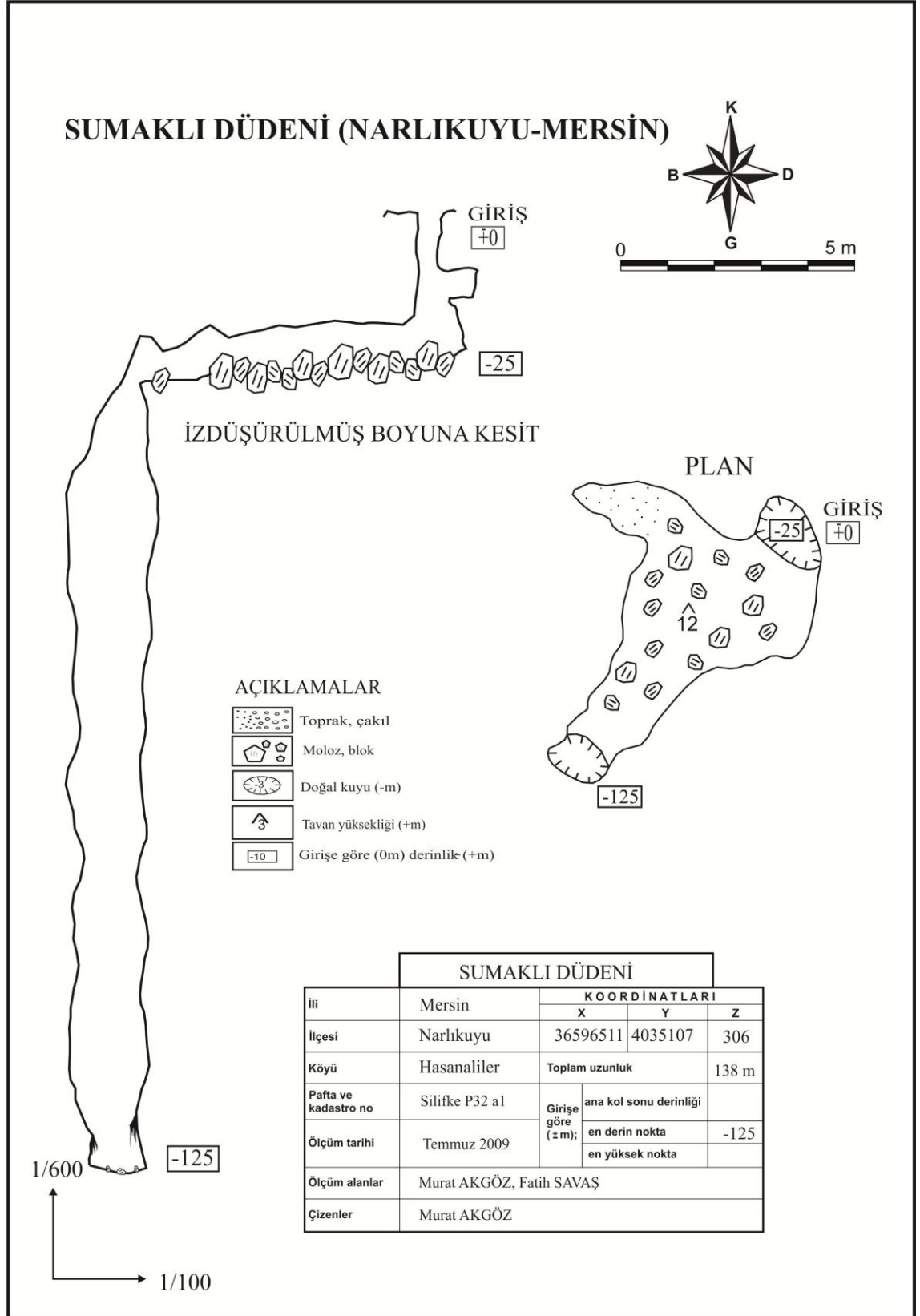
Sumaklı Düdeni, bölgenin yükselmesine karşın yeraltı su seviyesinin düşmesine bağlı olarak derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşma sonucu şaft (baca) şeklinde gelişmiş dikey bir mağaradır. -125 m derinliğe sahip olan mağara, çalışma alanında Ekizin Düdeni'nden sonraki en derin ikinci mağara olma özelliğindedir. Gelişim yönü, bölgedeki ana tektonik hatta paralel olarak KD-GB yönünde olmasına karşın; bu hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklerin şekillendirdiği mağara çok dönemli bir gelişim göstermektedir. İki basamaktan oluşan mağaranın girişi, KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Yüzeyden yaklaşık 25 m'lik bir inişle ulaşılan mağaranın ilk basamağında, bölgede derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşmaya bağlı olarak herhangi bir damlataş oluşumu gelişmemiştir (Şekil

4.127a). Girişe yakın yüzeylerde ve giriş duvarlarındaki kaya boşluklarında çok sayıda akrep görülen mağaraya inişlerde bu hususa dikkat edilmelidir (Şekil 4.127b).



Şekil 4. 127.a) Derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşmaya bağlı olarak baca (şaft) şeklinde gelişen Sumaklı Düdeni duvarlarında damlataş oluşumları görülmemektedir, b) Giriş ve giriş duvarları arasındaki kaya boşluklarında çok sayıda iri akrep görülmektedir, c) İlk basamağı tabana bağlayan dar geçit, d) Duvarlarda çamur sıvanımlarının görüldüğü mağara tabanı.

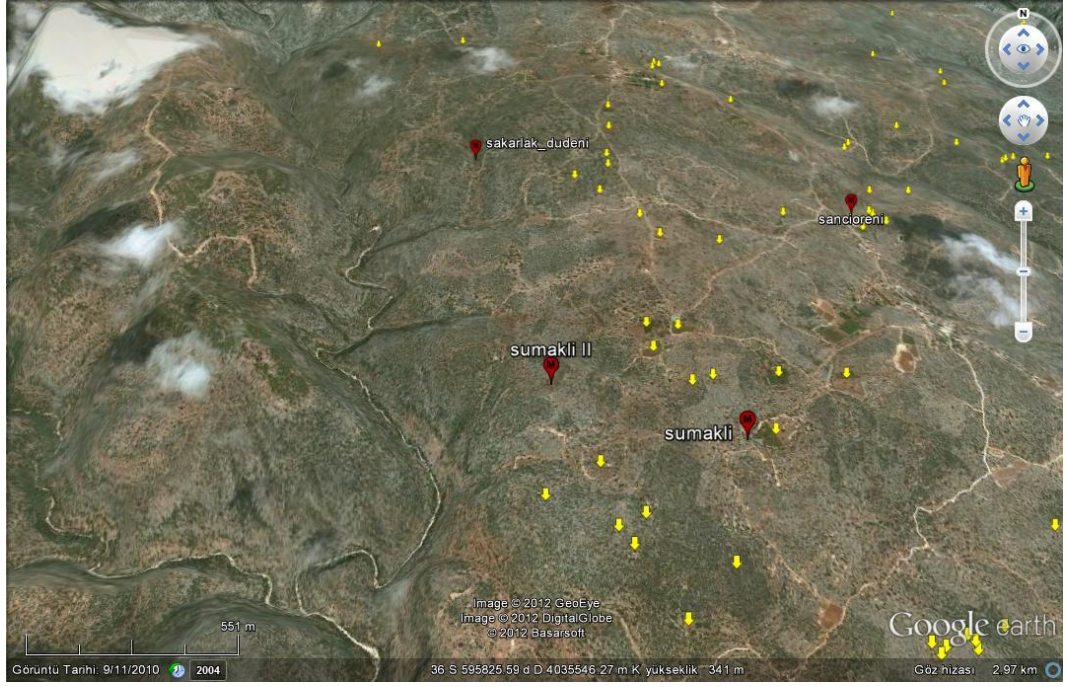
İlk basamağın GB ucunda yer alan ve yaklaşık 0,3 x 0,8 m ebatlarındaki oldukça dar bir geçitten 100 m'lik tek inişle mağara tabanına ulaşılmaktadır (Şekil 4.127c). Tabana yakın duvarlarda görülen az sayıdaki sarkıtın ve yan duvarların kilce zengin çamurla sıvanmış olması ile birlikte tabanın da tamamen çamurla kaplı olması; mağaranın özellikle yağışlı dönemlerde sıklıkla sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir (Şekil 4.127d).



Şekil 4. 128. Sumaklı Düdeni plan ve kesiti.

4.2.2.35. Sumaklı II Mağarası

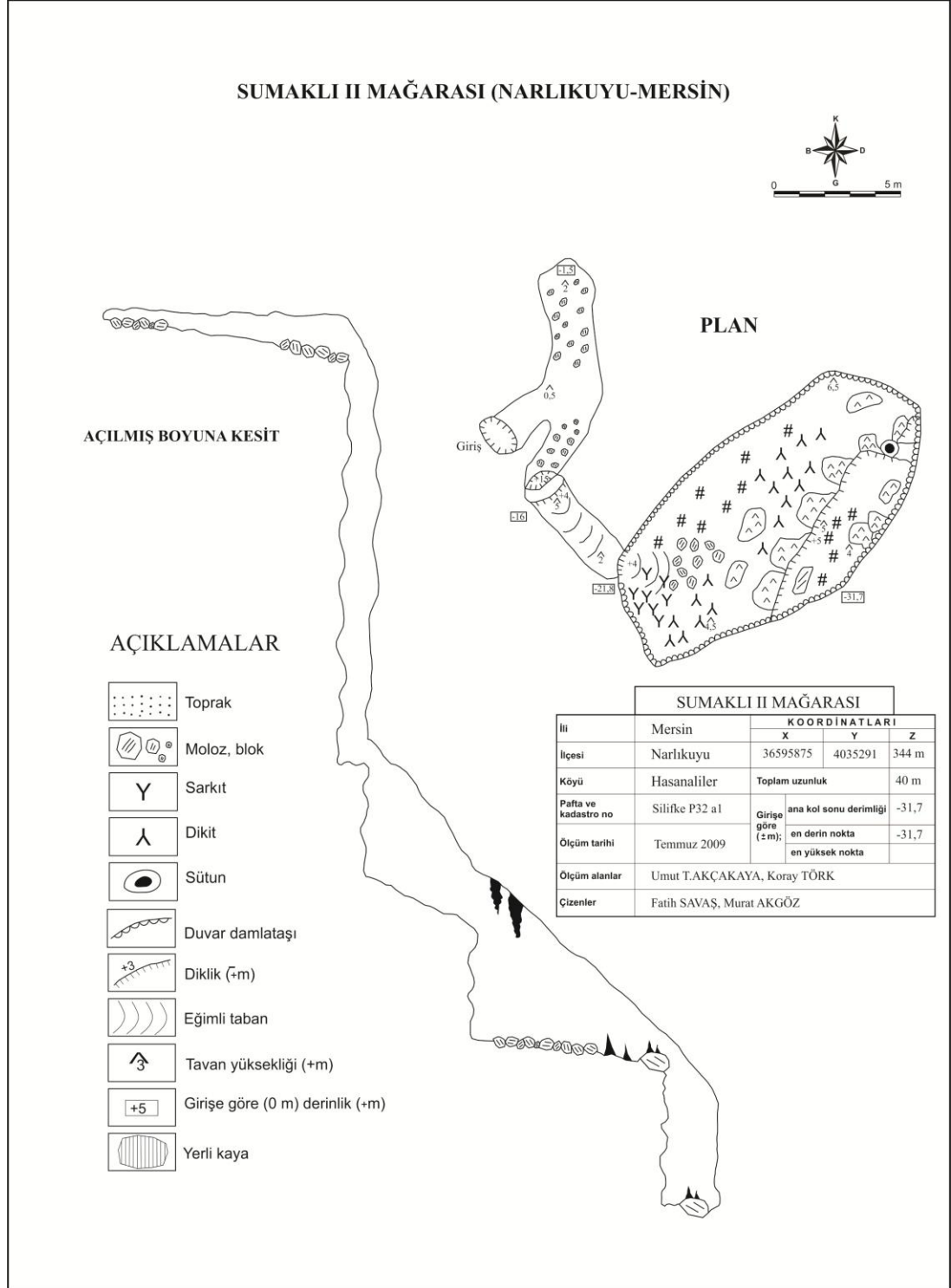
İkssel olarak, bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak çok dönemli ve çok katlı (basamaklı) gelişen mağara, bu hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak şekillenmiştir.



Şekil 4. 129. Sumaklı II Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde gelişen mağaranın en derin noktası -31,7 m'dir. Başlangıçta birbirinden bağımsız iki kattan oluşan mağarada, iki kat arasındaki bağlantıyı sağlayan dikey pasaj KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak açılmıştır. Yüzeye oldukça yakın olan ilk kat ile katları birbirine bağlayan KB-GD yönlü pasajda, gerek hava sirkülasyonu ve gerekse mağaranın gelişim sürecinde gerçekleşen oturma ve çökmelere bağlı olarak herhangi bir damlataş oluşumu görülmemektedir. Mağaranın üçüncü katını oluşturan büyük salon damlataş oluşumları açısından oldukça zengindir. Bu salonun GD'sunda yer alan ve yaklaşık 5 m'lik bir inişle ulaşılan mağaranın son kat tabanının kilce zengin çamurla sıvanmış olması, mağaranın

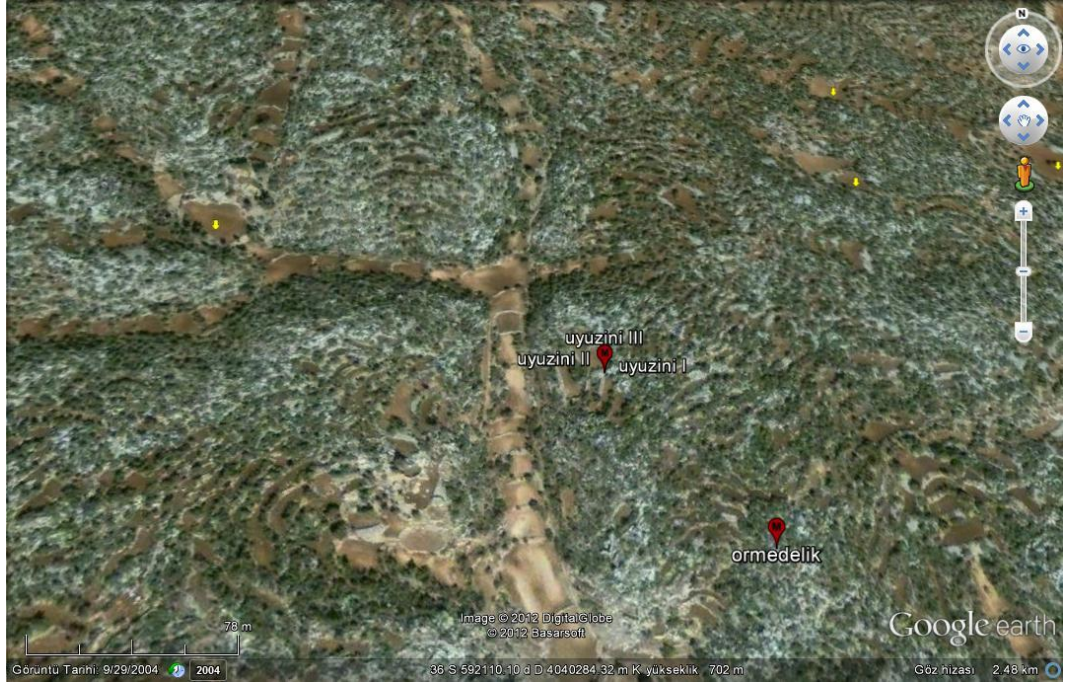
özellikle yağışlı dönemlerde mevsimsel olarak sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir.



Şekil 4. 130. Sumaklı II Mağarası plan ve kesiti.

4.2.2.36. Uyuzini I Mağarası

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya ve bu faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde iki aşamalı olarak gelişmiştir.



Şekil 4. 131. Uyuzini I, II ve III Mağaraları'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Bir dolin tabanında gelişen ve birbirlerine oldukça yakın olan Uyuzini I, II ve III Mağaraları; ilksel olarak tek bir mağara şeklinde gelişmiştir. 3 mağara girişinin birleşme yerinde bulunan dolinin gelişmesine bağlı olarak, ilksel mağaranın ana galeri ve yan kollarını oluşturan Uyuzini I, II ve III Mağaraları günümüzde birbirinden bağımsız 3 farklı mağara olarak kalmıştır. Bu kollardan biri olan Uyuzini I Mağarası, 118,9 m olan toplam uzunluğu ile bu kollardan en uzununu oluşturmaktadır.

KB-GD yönünde uzanan ana galeri ile KD-GB yönlü gelişmiş çok sayıda koldan oluşan mağara, oluşumunu tamamlamış fosil bir mağara özelliğindedir.

Tahribat döneminde olan mağaranın et kalınlığı (mağara tavanı ile yer yüzeyi arasındaki kalınlık) yer yer 2 m'ye kadar düşmektedir.

Tabanı, tavandan koparak düşen irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı olmasının yanı sıra; sellenmeye maruz kaldığı dönemlerde sel suları tarafından mağara içerisine taşınan irili ufaklı kaya parçaları ve kilce zengin olan ve yer yer çamurlu kalın bir toprak örtü ile kaplıdır (Şekil 4.132a, Şekil 4.132b ve Şekil 4.133a). Tabanı kaplayan malzemelere bağlı olarak, mağara tabanı yükselmiş ve yan kollarla bağlantıyı sağlayan geçişler daralmıştır (Şekil 4.132).



a b
Şekil 4. 132.a) Uyuzini I Mağarası'nın yüzeye ve girişe yakın kesimlerde görülen yosunlaşma ve tabanı kaplayan kalın toprak örtü, b) Tabanı kaplayan taşınan malzeme yan kol geçişlerini daraltmıştır.

Mağara girişine yakın kesimlerde, gerek girişe yakın olması, gerek et kalınlığının az olmasına bağlı olarak yüzey sıcaklığının etkisi ve gerekse de sellenmeye bağlı olarak mağara tabanını kaplayan nemli toprak örtüden dolayı yosunlaşmalar başlamıştır (Şekil 4.132a). Yer yer çökmelerin görüldüğü mağarada, define amaçlı kazılar gibi antropojenik etkiler de görülmektedir. Ancak, mağarada görülen asıl tahribat doğal süreçlere bağlı olarak gelişmiştir (Şekil 4.133a).

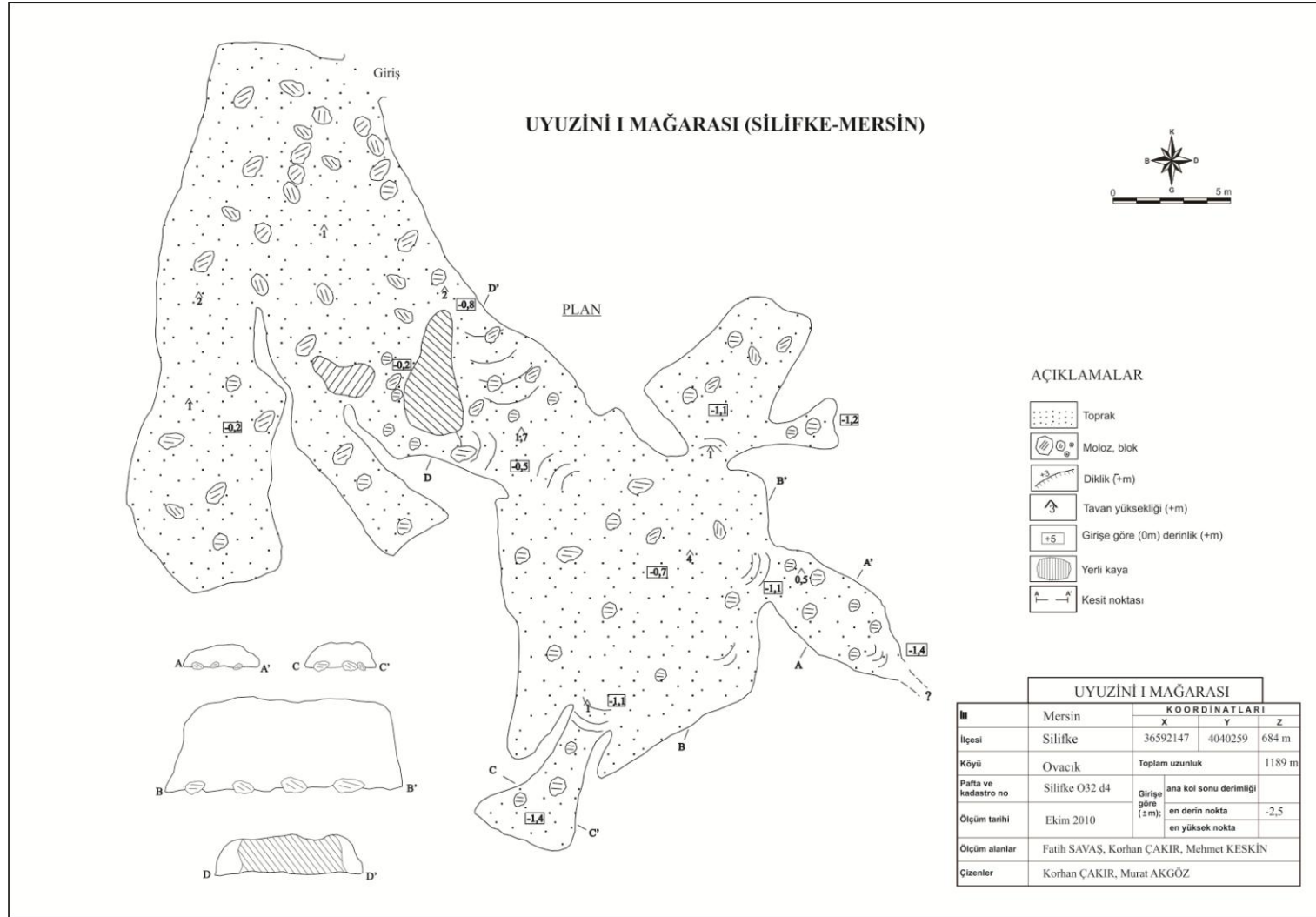
GD yönünde dar bir çatlak şeklinde devam eden mağaranın bu bölümünde nadir olarak görülen damlataş oluşumları, doğal süreçlere bağlı olarak deformasyona uğramış ve özelliklerini yitirmişlerdir (Şekil 4.133b).



a b
Şekil 4. 133.a) Tabanı kaplayan malzemeler, Uyuzini I Mağarası tabanının yükselmesine neden olmakla birlikte mağarada deformasyonlara neden olmuştur, b) Nadir olarak görülen damlataş oluşumları deformasyona uğramış ve özelliklerini yitirmiştir.

Bir dolin tabanında resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde gelişen Uyuzini I, II ve III Mağaraları, resifal kireçtaşları ile ara geçişli olan Kaplankaya Formasyonuna ait killi seviyelerin olası geçirimsiz karst taban düzeyini oluşturması sonucu suların yatay yönde hareket etmesine bağlı olarak yatay yönde gelişmişlerdir.

Özellikle Uyuzini I ve III Mağaralarında görülen keskin dönüşler, içerisinde geliştikleri resifal kireçtaşlarındaki süreksizlik düzlemleri ile uyumlu olarak gelişmiştir. Aynı şekilde her iki mağarada görülen menderesli yapılar, mağaranın oluşum sürecinde doymuş su zonunun yüzeye yakın olduğunu ve bölgenin blok halinde yükseldiğini göstermektedir. Bu durum mağaraların, bölgede karstlaşmanın olgunluk döneminde gelişmiş olduğunu ve tektonik hareketlerin karst taban düzeyini değiştirecek kadar etkili olmadığı bir dönemi karakterize etmektedir.



Şekil 4. 134. Uyuzini I Mağarası plan ve kesitleri.

4.2.2.37. Uyuzini II Mağarası

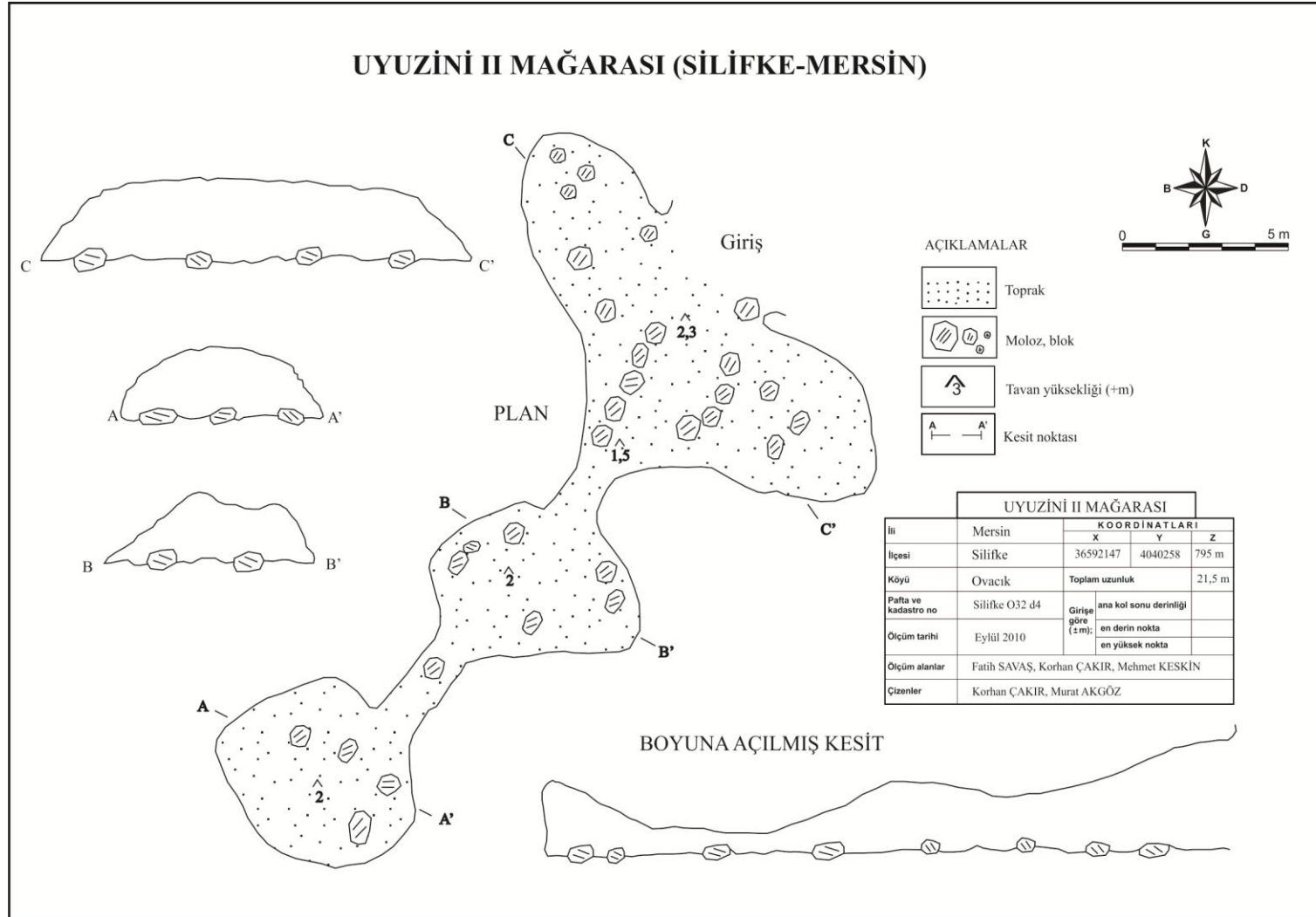
Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde gelişen Uyuzini II Mağarası'nın toplam uzunluğu 21,5 m'dir.

Uyuzini I Mağarası gibi, dahil olduğu ilksel mağaranın bir diğer kolunu oluşturan Uyuzini II Mağarası KD-GB yönünde gelişmiş ana galeriye karşın, KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak şekillenmiştir (Şekil 4.131). Üç mağaradan en küçüğü olan mağara, hem geçmişte hem de günümüzde farklı amaçlarla insanlar tarafından kullanılmıştır (Şekil 4.135a ve Şekil 4.135b).



a b
Şekil 4. 135.a ve b) İnsanlar tarafından çeşitli amaçlarla kullanılan Uyuzini II Mağarası'nda görülen antropojenik etkiler.

Herhangi bir damlataş oluşumunun görülmediği mağara, gerek et kalınlığının az olması ve gerekse de oluşumunu tamamlayarak fosil aşamaya geçmiş olmasına bağlı olarak tahribat aşamasındadır.



Şekil 4. 136. Uyuzini II Mağarası plan ve kesitleri.

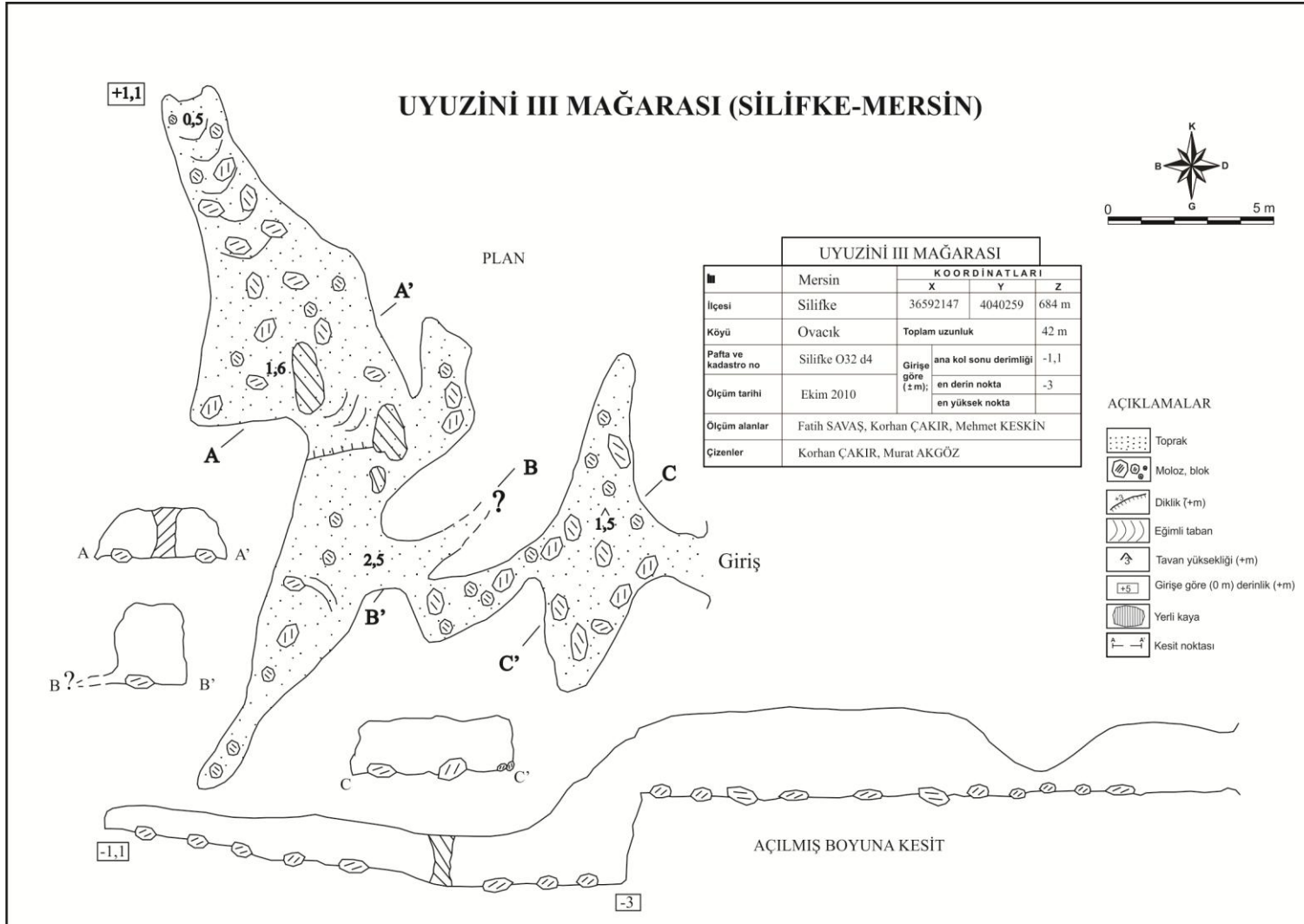
4.2.2.38. Uyuzini III Mağarası

Bölgede hakim tektonik hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde gelişmiş olan mağara, KD-GB yönü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak şekillenmiştir.

Toplam uzunluğu 42 m olan mağara, Uyuzini I ve II Mağaralarında olduğu gibi, ilksel olarak gelişmiş mağara sisteminin günümüzde birbirinden bağımsız olarak kalan son koludur (Şekil 4.131). Bölgede genel akaçlama yönüne paralel olan bu kolun tabanını kaplayan kilce zengin olan ve yer yer çamur halde bulunan toprak örtü, diğer iki kola oranla daha incedir (Şekil 4.137). Zemini kaplayan örtü tabakalar arasındaki bu fark, bu kolun diğer iki kolun KB'sında yer alması ve dolayısıyla daha üst kotta bulunmasına bağlıdır. Akaçlamaya bağlı olarak bu kol, muhtemelen daha az sellenmeye maruz kalmakla birlikte sel sularınca taşınan malzeme daha çok diğer iki kola deşarj olmaktadır.



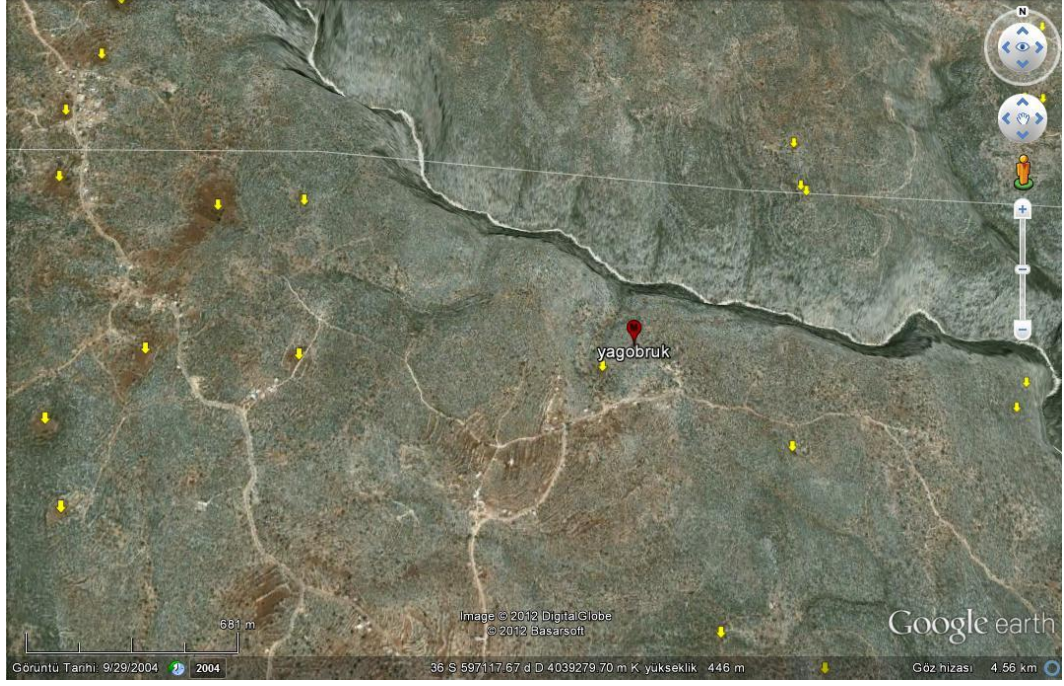
Şekil 4. 137. Uyuzini III Mağarası'nın tabanını kaplayan ve Uyuzini I ve II Mağaralarının tabanlarına oranla daha ince olan toprak örtü.



Şekil 4. 138. Uyuzini III Mağarası plan ve kesitleri.

4.2.2.39. Yağobruk

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde KKD-GGB yönünde çok dönemli olarak gelişen mağaranın en derin noktası -23,3 m'dir.

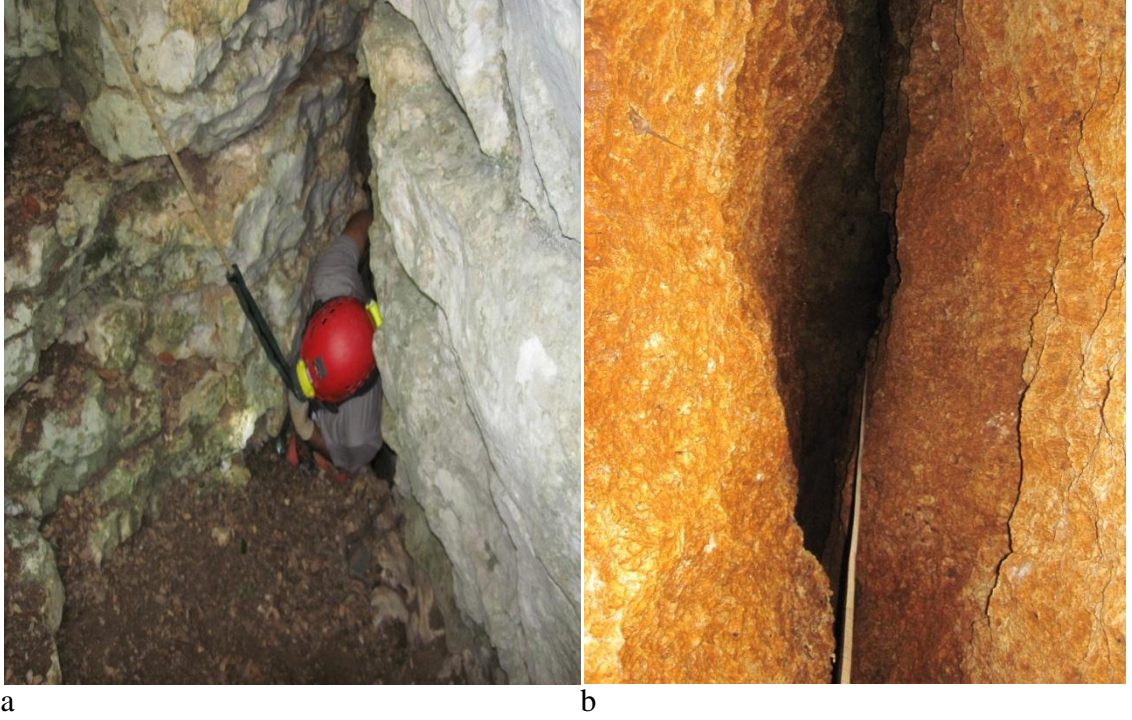


Şekil 4. 139. Yağobruğun yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Çökme tipi bir dolin tabanında gelişen Yağobruk, bölgenin yükselmesi ve yeraltı su seviyesindeki düşüme bağlı olarak gelişen karstlaşmanın hızlı bir derinleşme sürecine girmesinin en belirgin işaretlerinden biridir. Bölgedeki en genç yarılmalardan biri olan Lamas Kanyonu'na paralel olarak görülen ve bölgede oldukça yaygın olan açılma çatlaklarından birini oluşturmaktadır.

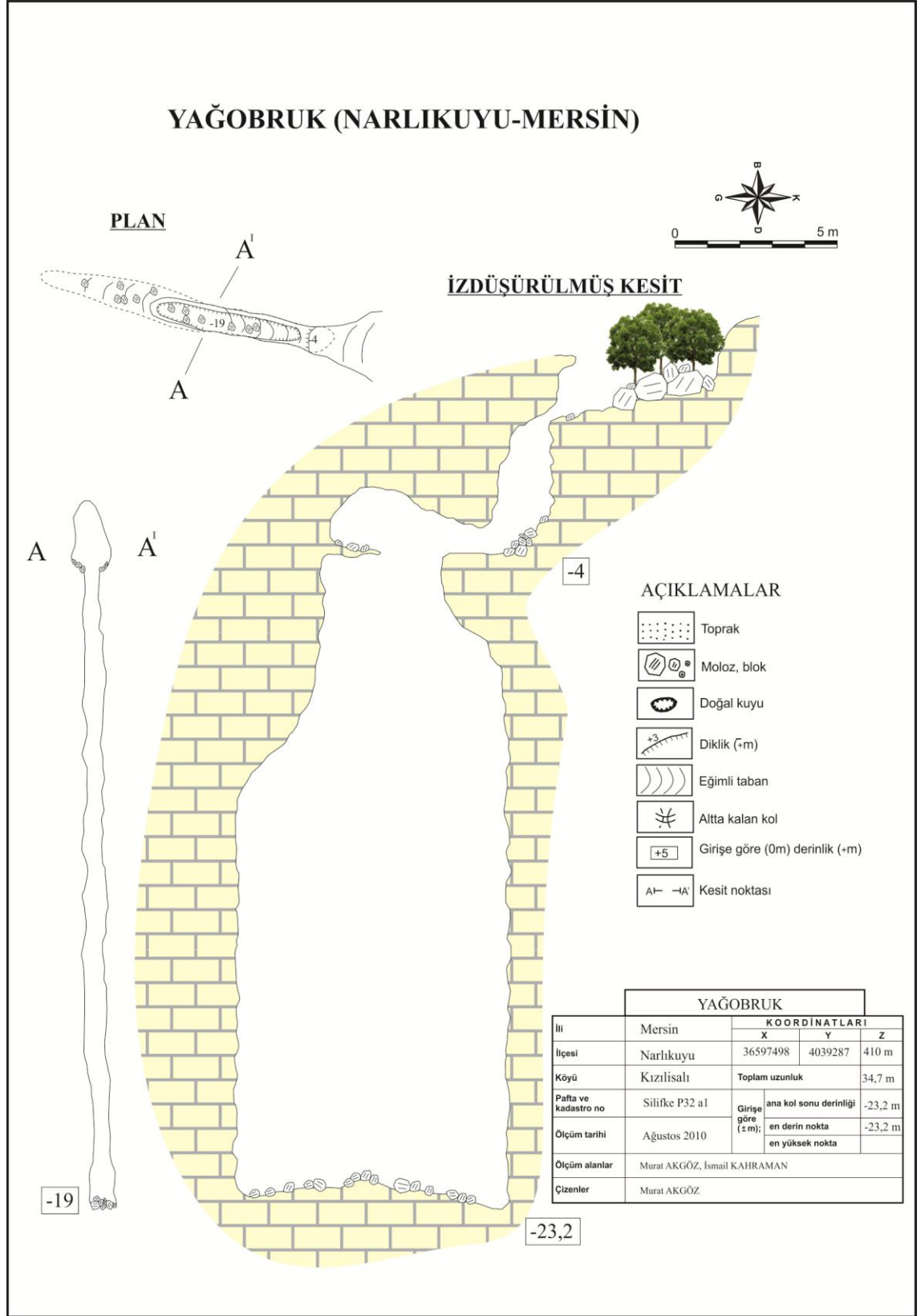
Derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşmaya bağlı olarak herhangi bir damlataş oluşumunun görülmediği mağaraya giriş oldukça sorunludur. Dolin tabanında bulunan mağara girişi, ancak bir insanın zorla sığabileceği bir genişliğe sahiptir (Şekil 4.140a). Obruk tabanının, mağara girişine eğimli olması sonucu; hareket kabiliyetinin oldukça kısıtlı olduğu girişte eğimli taban boyunca malzeme gelişine

karşı dikkatli olunması gerekmektedir. Mağaraya inişte dikkat edilecek bir diğer önemli husus; keskin yüzeylere sahip giriş ve mağara yan duvarlarında, mağaraya iniş ve çıkışlarda kullanılan statik ipin bu yüzeylere sürtünmesine bağlı olarak ipte meydana gelebilecek olası sıyrılma ve/veya kopmalara karşı önlem alınmalıdır.



Şekil 4. 140.a) Çökme tipi bir dolin tabanında gelişmiş olan Yağobruk'un oldukça dar olan girişi, b) Ortalama 1 m genişliğindeki açılma çatlakları.

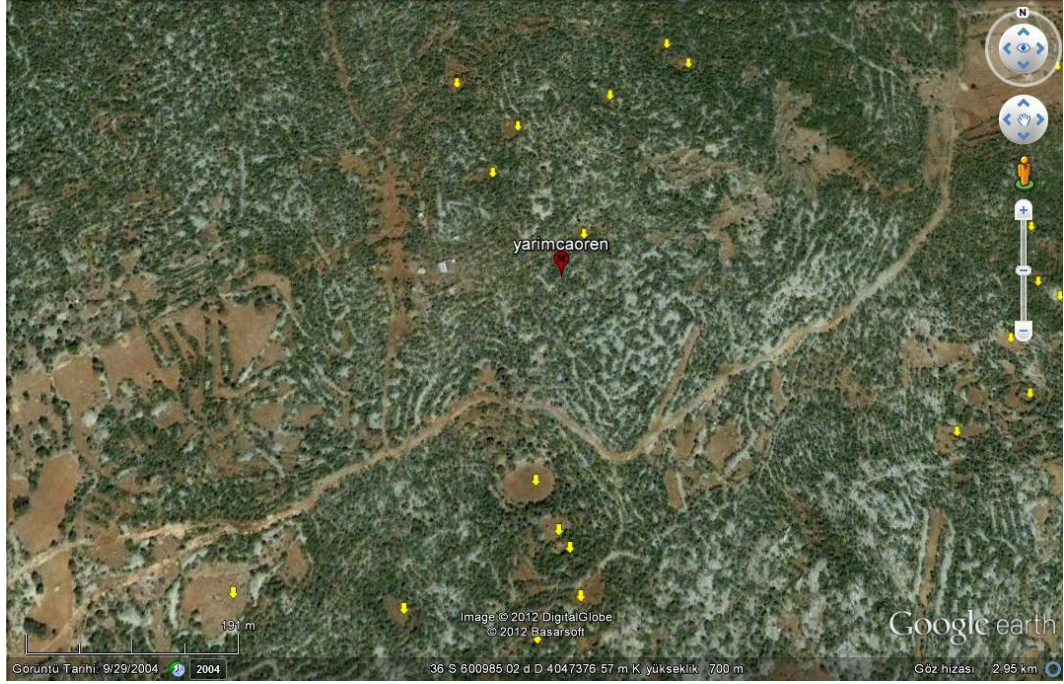
Girişten 4 m aşağıda bulunan ve basamak görevi gören bir çıkıntıdan, ortalama 1 m genişlik ve 15 m uzunluğa sahip olan açılma çatlakından 20 m'lik bir inişle taban ulaşılmaktadır (Şekil 4.140b). Yan duvarlarda yer yer kilce zengin çamur sıvanımlarının görüldüğü mağarada, taban tamamen çamurla kaplıdır. Gerek tabanın çamurla kaplı olması ve gerekse dolin tabanında yer almasına bağlı olarak, bulunduğu bölgedeki yüzey sularının drenaj alanı olan mağara, özellikle yağışlı dönemlerde sellenmeye maruz kalmaktadır. Mağara duvarlarında damlataş oluşumlarına dair herhangi bir emarenin bulunmaması ve mağaranın gelişim özelliklerine bağlı olarak; mağaranın oluşum aşamasında olduğu ve açılma çatlaklarının zamanla genişlemeye devam edeceği söylenebilir.



Şekil 4. 141. Yağobruk plan ve kesitleri.

4.2.2.40. Yarımcaören Mağarası

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde gelişen mağaranın en derin noktası -87 m'dir.



Şekil 4. 142. Yarımcaören Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth* programı kullanılarak oluşturulmuştur).

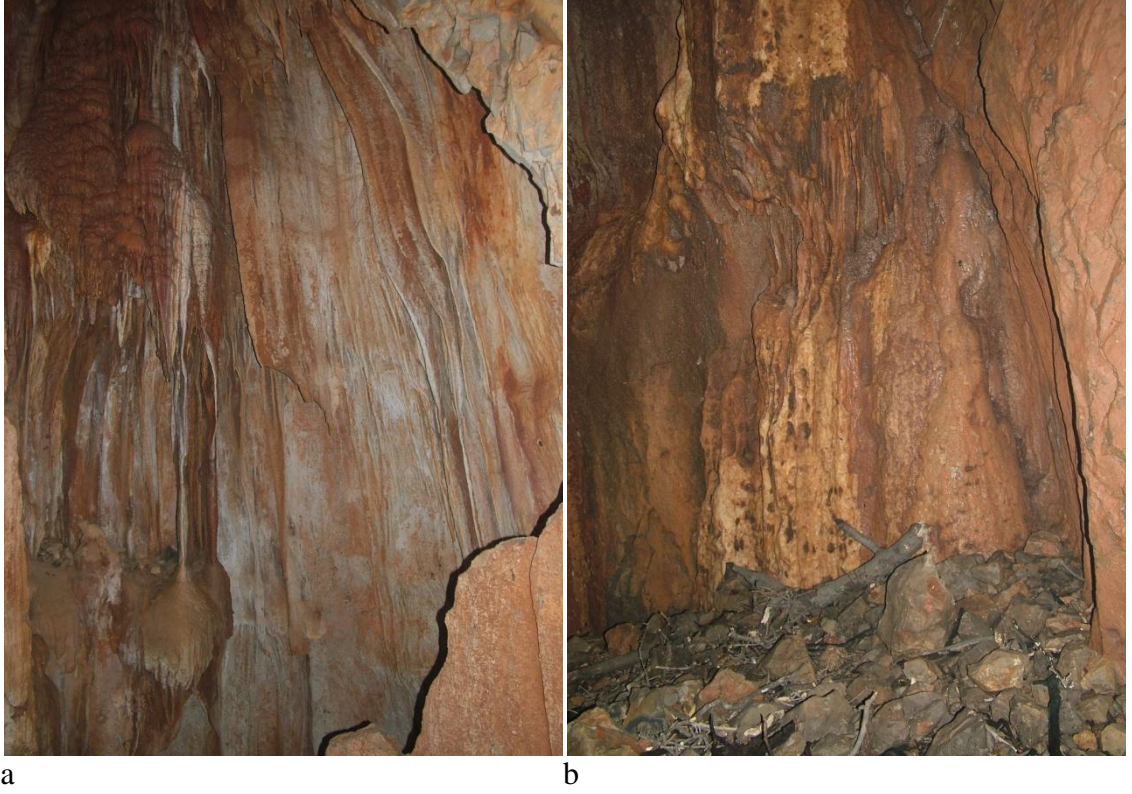
Çökme tipi bir dolin kenarında gelişen mağara çok dönemli ve çok katlı bir gelişim göstermektedir. Girişi, çöken bir blok tarafından ikiye ayrılan düden konumlu mağara -87 m derinlikle çalışma alanındaki en derin dördüncü mağarayı oluşturmaktadır. Girişten -69 m aşağıda bulunan ilk basamakta, derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşmanın sonucu olarak, basamak tabanına yakın yerler dışında herhangi bir damlataş oluşumu gelişmemiştir (Şekil 4.143a). Sellenme dönemlerinde sel suları tarafından mağara içerisine taşınmış ve/veya ana kayadan koparak düşen irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı olan bu eğimli tabandan, tabanın KB'sında bulunan ve yaklaşık 15 m'lik bir inişle mağaranın son katına ulaşılmaktadır (Şekil 4.143b). İkinci bir hat kurularak inilen bu noktada, iniş esnasında eğimli tabandan düşebilecek gevşek malzemelere karşı önlem alınması gerekmektedir.



a b
Şekil 4. 143.a) Yarımcaören Mağarası'nın tabana yakın kesimleri dışında, damlataş oluşumlarının görülmediği -69 m'lik iniş, b) İlk basamak tabanının KB'sında bulunan ve ilk basamakla mağara tabanını birbirine bağlayan ikinci iniş başlangıcı.

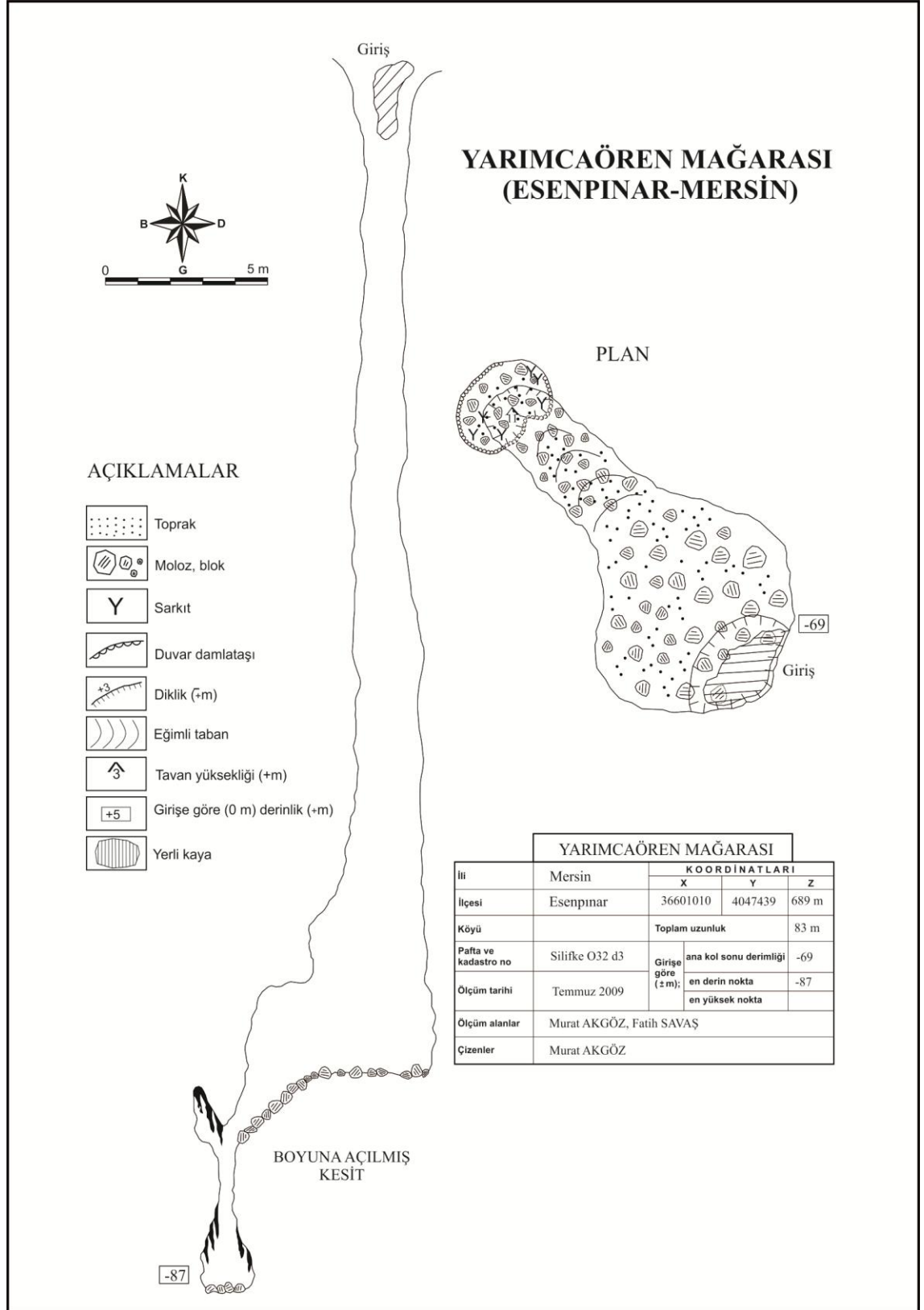
İlk basamağın KB'sında bulunan inişin yer aldığı bölüm, damlataş oluşumları açısından oldukça fakir olan ilk basamağa karşın, oldukça zengindir (Şekil 4.144a). Gerek damlataş oluşumları arasındaki yoğunluk farkına ve gerekse bu iki bölüm arasında günümüzde ince bir duvar şeklinde kalan ana kayaya bağlı olarak; mağaranın bu bölümü, 69 m'lik ana şafttan bağımsız olarak gelişmiş ve sonraki süreçlerde, arada perde görevi gören duvarın yıkılması sonucu, ilk basamakla bağlantısı gerçekleşmiş olmalıdır (Şekil 4.143b ve Şekil 4.144a). İkinci inişin KB duvarına karşılık, GD duvarındaki mevcut damlataş oluşumlarında görülen kopma ve kırılmalar bu görüşü destekler niteliktedir.

Mağara tabanı, özellikle ilk basamakla bağlantı noktasındaki ince duvardan koparak düşenlerle birlikte sel suları tarafından birinci basamak ve yüzeyden taşınan irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplıdır (Şekil 4.144b). Taban kısmındaki duvarlarda yer yer görülen kilce zengin çamur sıvanımları mağaranın özellikle yağışlı dönemlerde sıklıkla sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir. Benzer şekilde, 2009 yılı Temmuz ayında yapılan araştırmada mağara tabanında görülen ağaç parçaları gibi organik materyallerin bir kısmının büyük oranda bozunmadan kalmış olması, mağaranın nispeten yeni bir sellenmeye maruz kaldığına işaret etmektedir. Mağara tabanı, biriken irili ufaklı kaya parçaları ve kilce zengin çamurla tıkanmıştır. Dolayısıyla tabandaki bu malzemeler temizlendiğinde, mağara tabanı daha derine ulaşacaktır.



Şekil 4. 144. a) -69 m’de bulunan ilk basamakla mağara tabanını birbirine bağlayan geçit, b) Sel sularıyla Yarımcaören Mağarası’nın tabanına taşınarak, bozunmadan arta kalan organik materyaller.

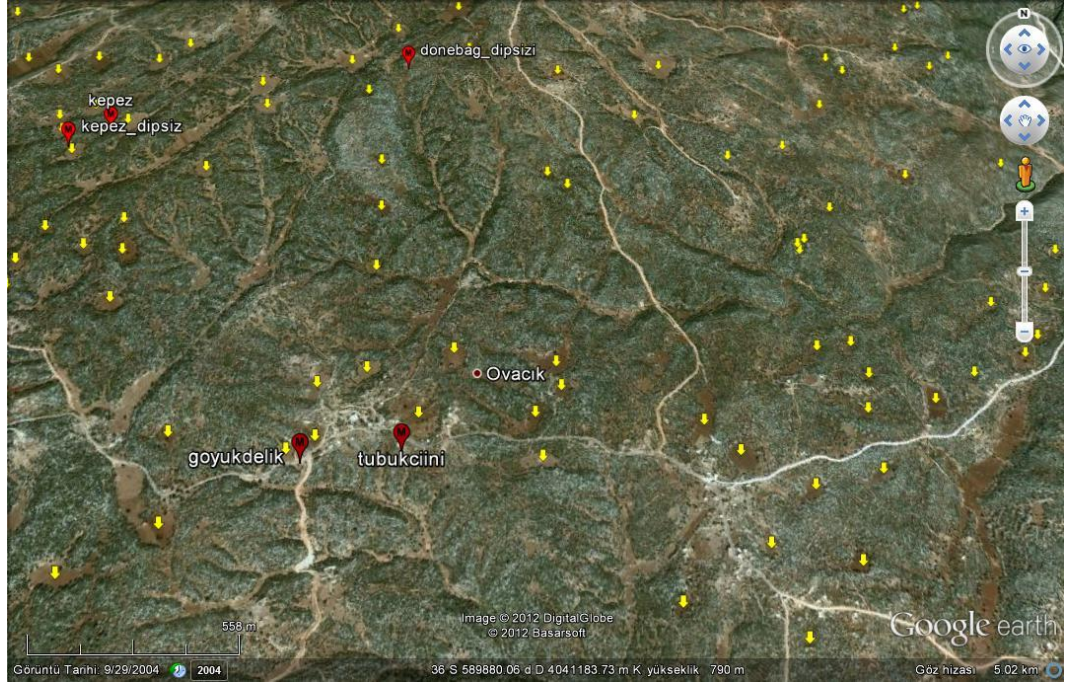
Başlangıçta çökme tipi bir dolin tabanında kuyu şeklinde gelişmeye başlayan mağara, gelişim sürecinde geçici karst taban düzeyine bağlı olarak düşey yönlü gelişimi durmuş ve yatay yönlü gelişmeye başlamıştır. Günümüzde -69 m seviyesinde bulunan bu basamak, bölgenin yükselmesine karşın yeraltı su seviyesindeki değişimlere ve tektonik hareketlere bağlı olarak karst taban düzeyinin düşmesi sonucu eğimli bir yapı kazanmış ve mağara düşey yönde gelişmeye başlamıştır. -69 m’lik ana şafttan muhtemelen bağımsız olarak gelişen kuyu şekilli yaklaşık 15 m’lik diğer şaft ile birleşen mağara en az iki aşamalı olarak çok dönemli bir gelişimi yansıtmaktadır.



Şekil 4. 145. Yarımcaören Mağarası plan ve kesiti.

4.2.2.41. Tübükciini Mağarası

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişmeye başlayan mağara, bu hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak şekillenmiştir.



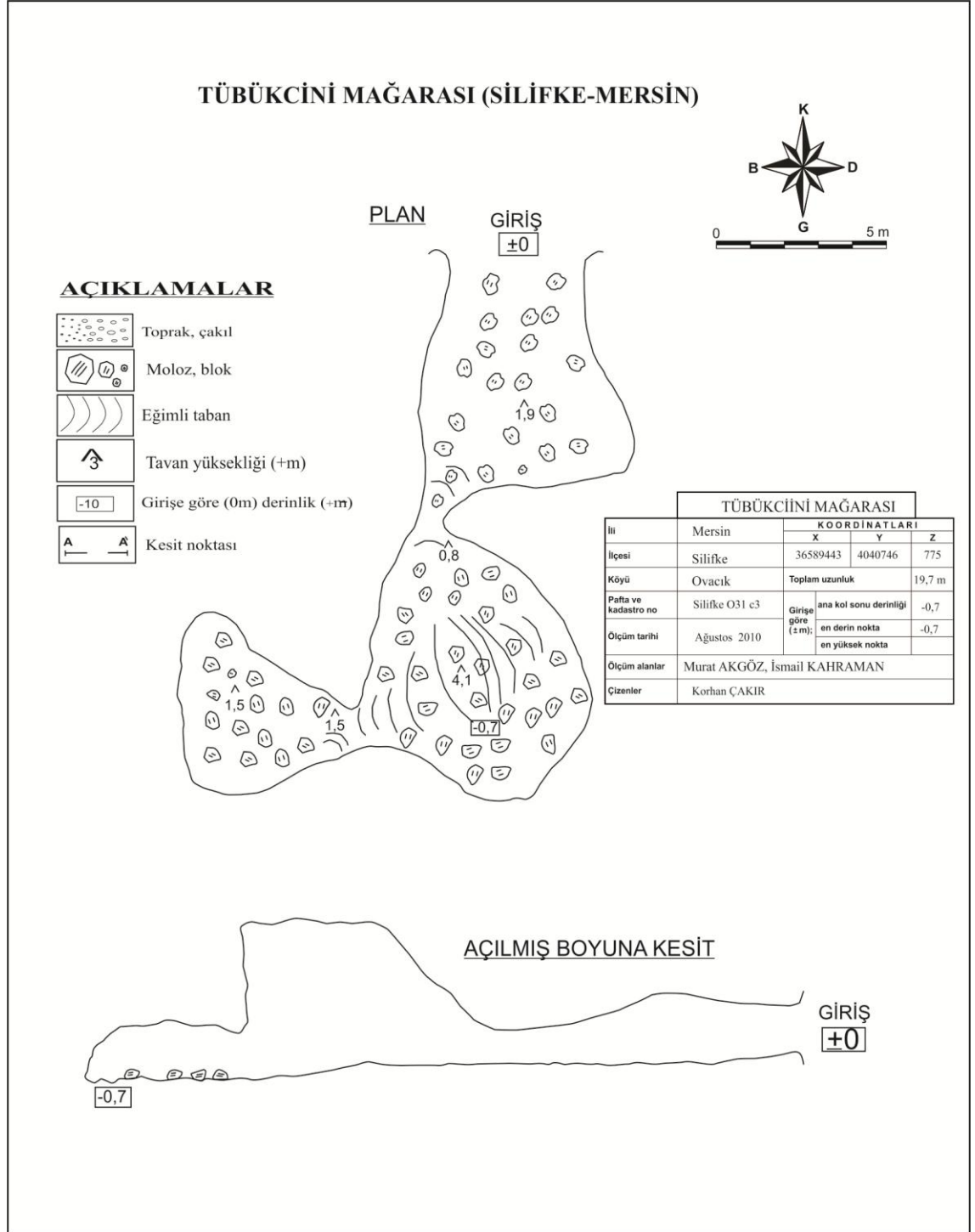
Şekil 4. 146. Tübükciini Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde gelişen ve toplam uzunluğu yaklaşık 20 m olan mağara, birbirine bağlı üç odadan meydana gelmektedir. Giriş kısmı insanlar tarafından çevrilmiş olan mağara, bölgede sıkça karşılaşılan bir durum olarak, ağıl vb. amaçlı kullanılmıştır (Şekil 4.147a). İlk oda ile ikinci odayı birbirine bağlayan dar bir geçit bulunmaktadır (Şekil 4.147b). Mağaranın son bölümünü oluşturan üçüncü oda KB-GD yönünde gelişmiş olmakla birlikte, bu gelişimin doğal süreçlere bağlı bir gelişim olup olmadığını belirlemek zordur. Zira, gerek ulaşımın kolay olması ve gerekse yatay olarak gelişmiş küçük bir mağara olması nedeniyle insanlar tarafından farklı amaçlarla kullanılan bir mağaraya dönüşmüştür. Doğal bir mağara olarak gelişmeye başlamış olmakla birlikte, insanlar tarafından kazılarak ve kırılarak genişletilmiş olması, mağarayı doğallığından

uzaklaştırarak yarı yapay bir mağara konumuna sokmuştur (Şekil 4.147c). İlk oda ile ikinci odayı birbirine bağlayan geçidin, mağaranın geri kalan bölümlerinde olduğu gibi genişletilememiş olması muhtemelen geçit duvarlarının lokal olarak daha rijit olmasından kaynaklanmaktadır. Antropojenik etkiler sonucu günümüzdeki konumunu kazanmış olan mağaranın güney tabanında görülen deforme olmuş popcorn oluşumları, mağaranın belirli bir dönem durgun ya da hafif çalkantılı bir su kütlesine sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 4.147d). Tübükciini Mağarası aynı zamanda, oklu kirpi olarak bilinen kemirgenlere ev sahipliği yapmaktadır. Soyları tükenme tehlikesi altında olan oklu kirpilerin avlanması yasak olmasına karşın, bölge insanların bir kısmı tarafından eti için avlanmaktadır.



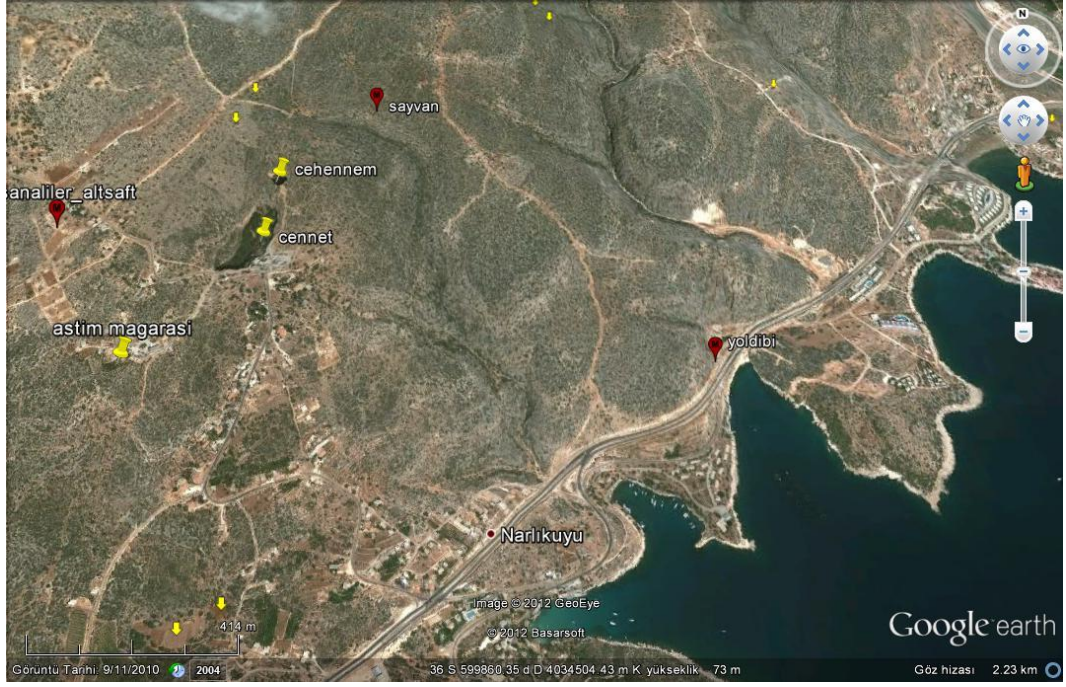
Şekil 4. 147. a) Tübükciini Mağarası girişi yöre halkı tarafından ağıl amaçlı kullanım için taşlarla örülerek daraltılmıştır, b) Mağaranın ilk odası ile ikinci odayı birbirine bağlayan dar geçit, c) İnsanlar tarafından kazılarak açılmış olan üçüncü odanın girişi, d) Mağaranın güney ucunda görülen deforme olmuş popcorn yapıları.



Şekil 4. 148. Tübükciini Mağarası plan ve kesiti.

4.2.2.42. Yoldibi Mağarası

Yoldibi Mağarası, bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde KDD-GBB yönünde gelişmiştir.

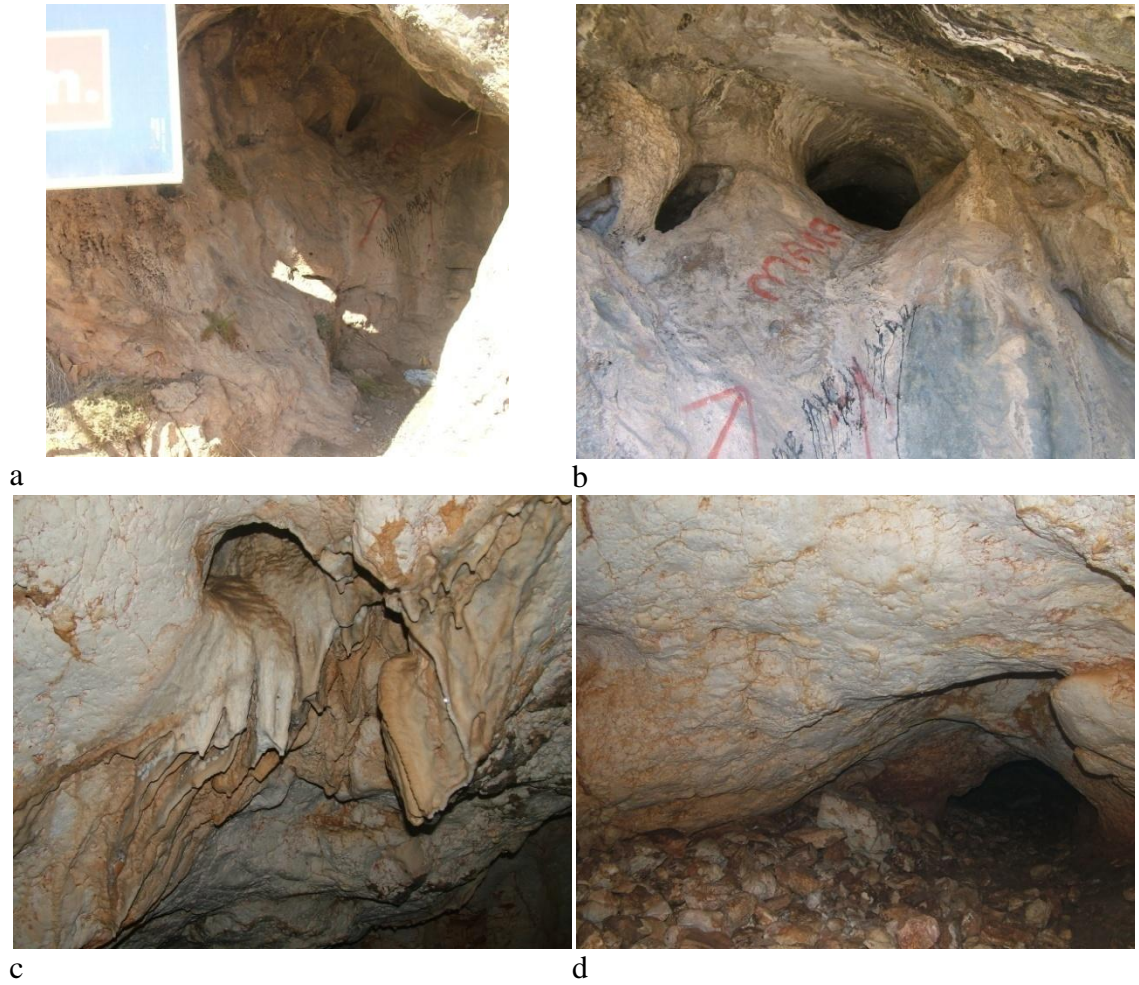


Şekil 4. 149. Yoldibi Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

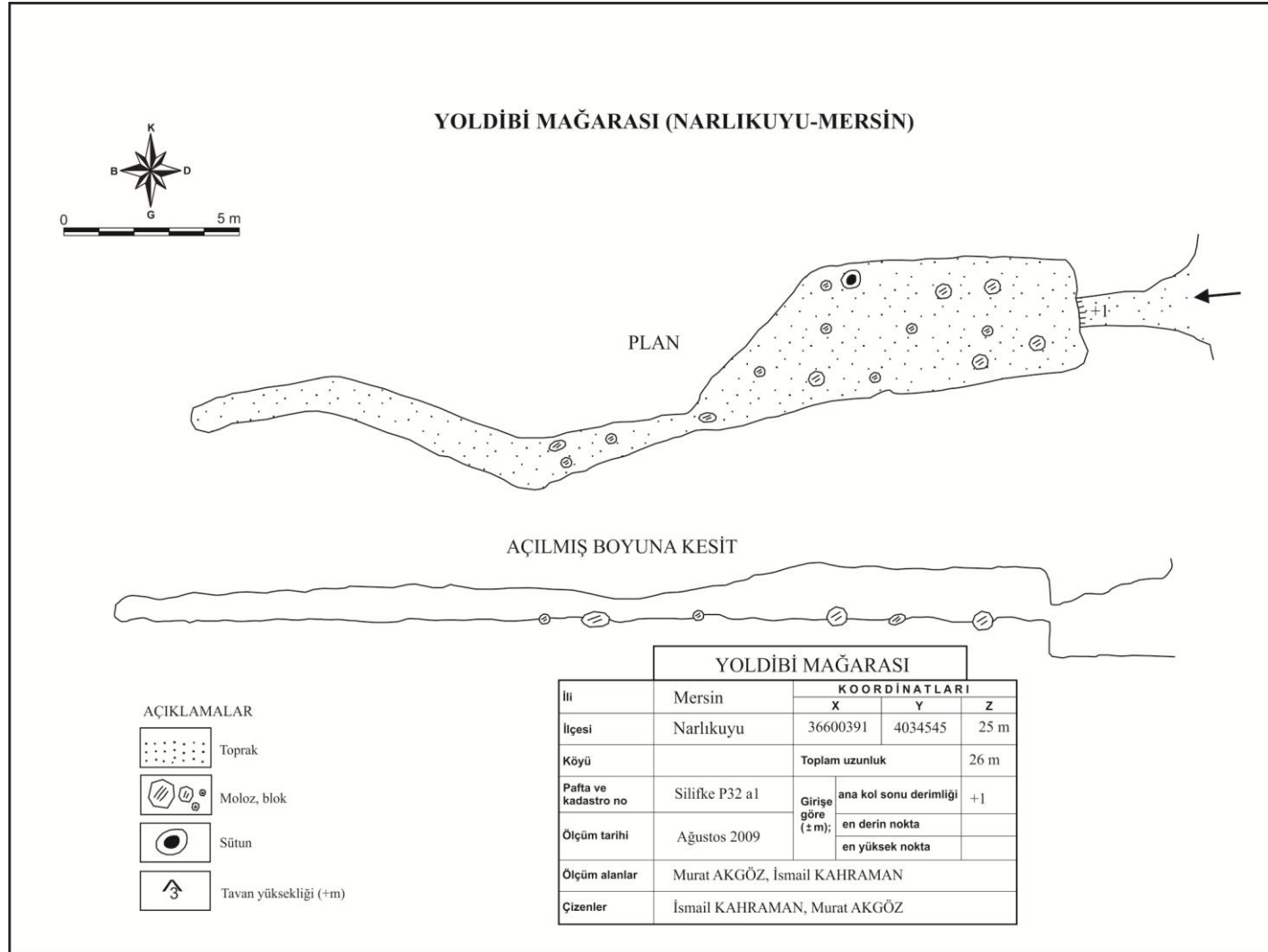
Akdeniz için beslenme havzası niteliğinde olan Orta Toroslarda yer alan çalışma alanının kıyı kesimlerinde görülen kaynak konumlu, yatay-yarı yatay gelişmiş küçük ölçekli mağaralardan biri olan Yoldibi Mağarası, Kızkalesi-Narlıkuyu yolu üzerinde bulunmaktadır. Toplam uzunluğu 26 m olan mağara, kaynak konumlu (conduit), yatay gelişmiş bir mağaradır.

Muhtemelen, Mersin-Antalya karayolunun açılması esnasında yapılan kazılara bağlı olarak ortaya çıkmış olan girişin yaklaşık 2 m üstünde iki dar geçit bulunmaktadır (Şekil 4.150). Bu dar geçitlerden yalnızca bir tanesi mağaranın devamına ulaşımı sağlayacak kadar genişliğe sahiptir (Şekil 4.150b). Aktif mağaralarda, yeraltı sularının neden olduğu oygu izlerinin rahatlıkla görülebildiği

mağara günümüzde fosil konumdadır. Mağara girişi ile ana galeriyi birbirine bağlayan iki dar geçitin olduğu bölüm, giriş ile ana galeri arasında bir set oluşturmaktadır. Yer yer damlataş oluşumlarını görüldüğü ana galeri tabanında biriken irili ufaklı kaya parçaları büyük oranda, üst kotlardan sellenme dönemlerinde sel suları tarafından mağara içerisine taşınmış olmalıdır (Şekil 4.150c ve Şekil 4.150d). 2009 yılı Ağustos ayında yapılan araştırmada, girişle bağlantıyı sağlayan geçidin oluşturduğu set önünde biriken irili ufaklı kaya parçaları ve zeminin nispeten nemli kilce zengin toprak örtüyle kaplı olması; mağaranın yağışlı dönemlerde zaman zaman aktifleştğini ve suların drene olmasını sağlayan bir geçit (conduit) olarak çalıştığını göstermektedir.



Şekil 4. 150.a) Karayolu kenarında bulunan Yoldibi Mağarası'nın girişi, b) Giriş ile ana galeriyi birbirine bağlayan dar geçitler, c) Ana galeride görülen nadir damlataş oluşumları, d) Girişle ana galeriyi birbirine bağlayan geçidin oluşturduğu set önünde biriken malzeme.



Şekil 4. 151. Yoldibi Mağarası plan ve kesiti.

4.2.2.43. Zindan Mağarası

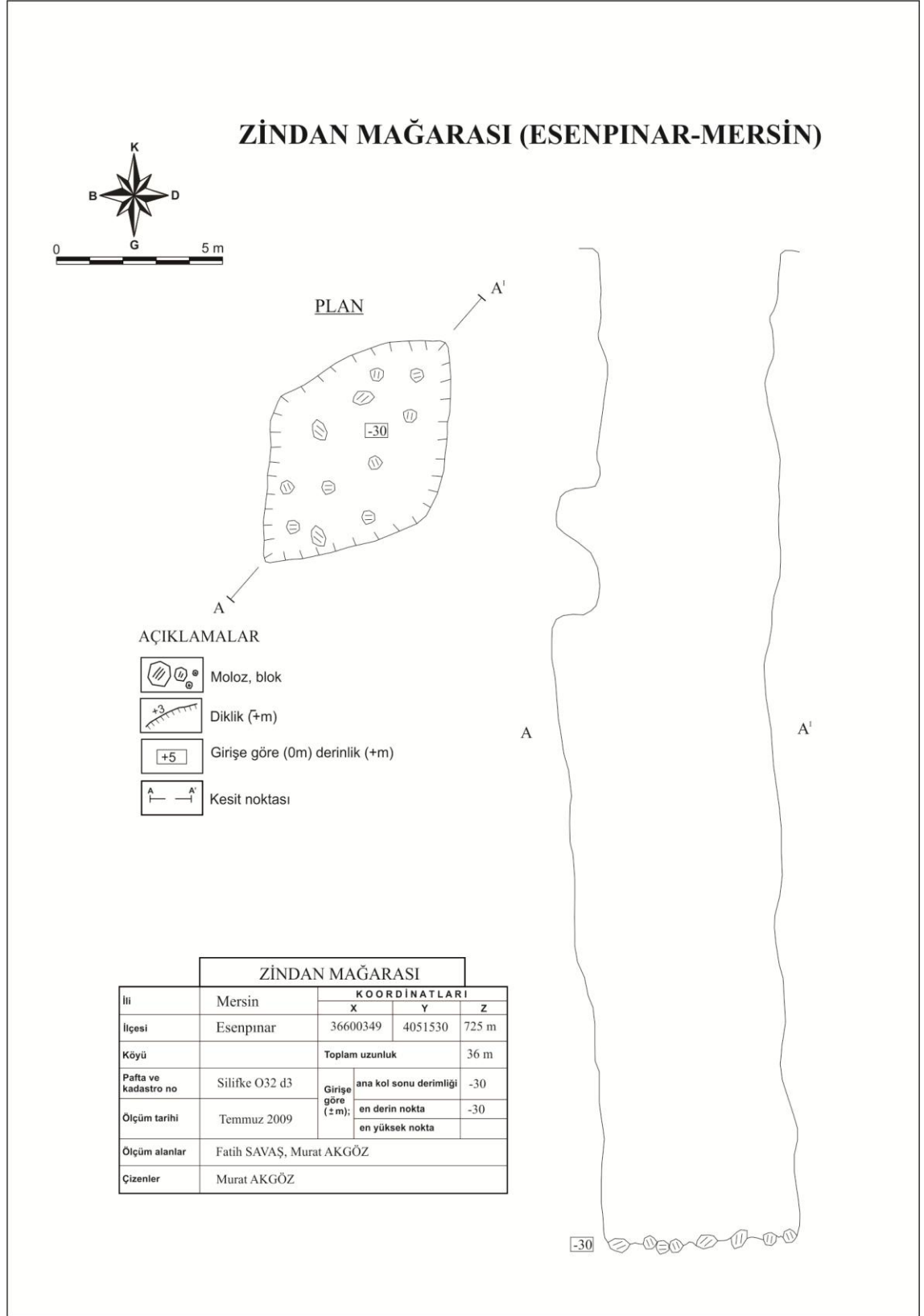
Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu içerisinde gelişmiştir.



Şekil 4. 152. Zindan Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Zindan Mağarası, bölgenin yükselmesi ve yeraltı su seviyesindeki düşüme bağlı olarak hızla derinleşen karstlaşma sonucu çökme tipi bir dolin olarak gelişmiştir. Buna bağlı olarak, 30 m derinliğe sahip olan mağarada herhangi bir damlataş oluşumu gelişmemiştir.

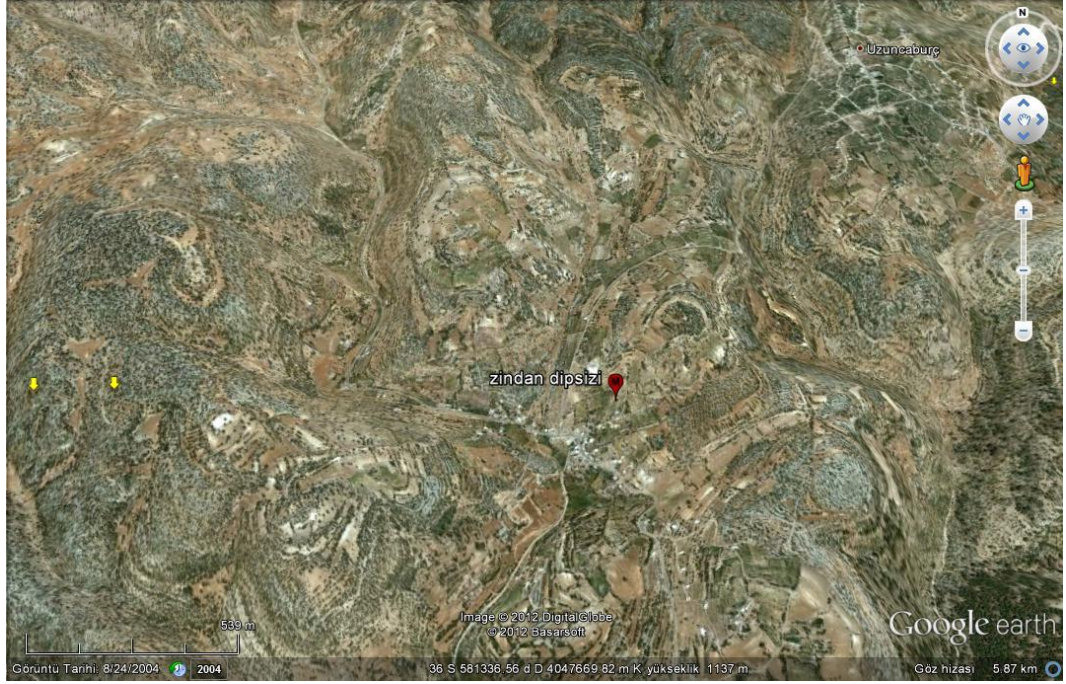
Boyuna kesiti kuyu şekilli dik bir mağara olan Zindan Mağarası, belirli bir taban düzeyinin oluşmadığı veya taban düzeyinin daha derinde olduğu ve bu düzeyin hızla derinleştiği genç yükselim bölgelerini karakterize etmektedir.



Şekil 4. 153. Zindan Mağarası plan ve kesiti.

4.2.2.44. Zindan Dipsizi

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak, çalışma alanında Alt-Orta Miyosen yaşlı kumtaşı, kil, killi kireçtaşı, kireçtaşı ve marn ar dalanmasından oluşan Kaplankaya Formasyonu içerisinde gelişen tek mağara olma özelliğindedir.



Şekil 4. 154. Zindan Dipsizi'nin yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth* programı kullanılarak oluşturulmuştur).

32 m derinliğe ulaşan mağara, bölgenin yükselmesine karşın yeraltı su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak çökme tipi bir dolin olarak gelişmeye başlamış; ancak, içerisinde geliştiği litolojiye bağlı olarak çok dönemli bir gelişim göstermiştir. Yan duvarlarda kumtaşı, kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, kireçtaşı ve marn ar dalanmasının rahatlıkla ayırt edilebildiği mağarada, düşey yönde gelişim killi seviyelerden dolayı sıkça kesintiye uğrayarak, derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşmanın görüldüğü alanlarda gelişen dikey mağara duvarlarından farklı olarak oldukça girintili-çıkıntılı bir yapı kazanmıştır (Şekil 4.155a).

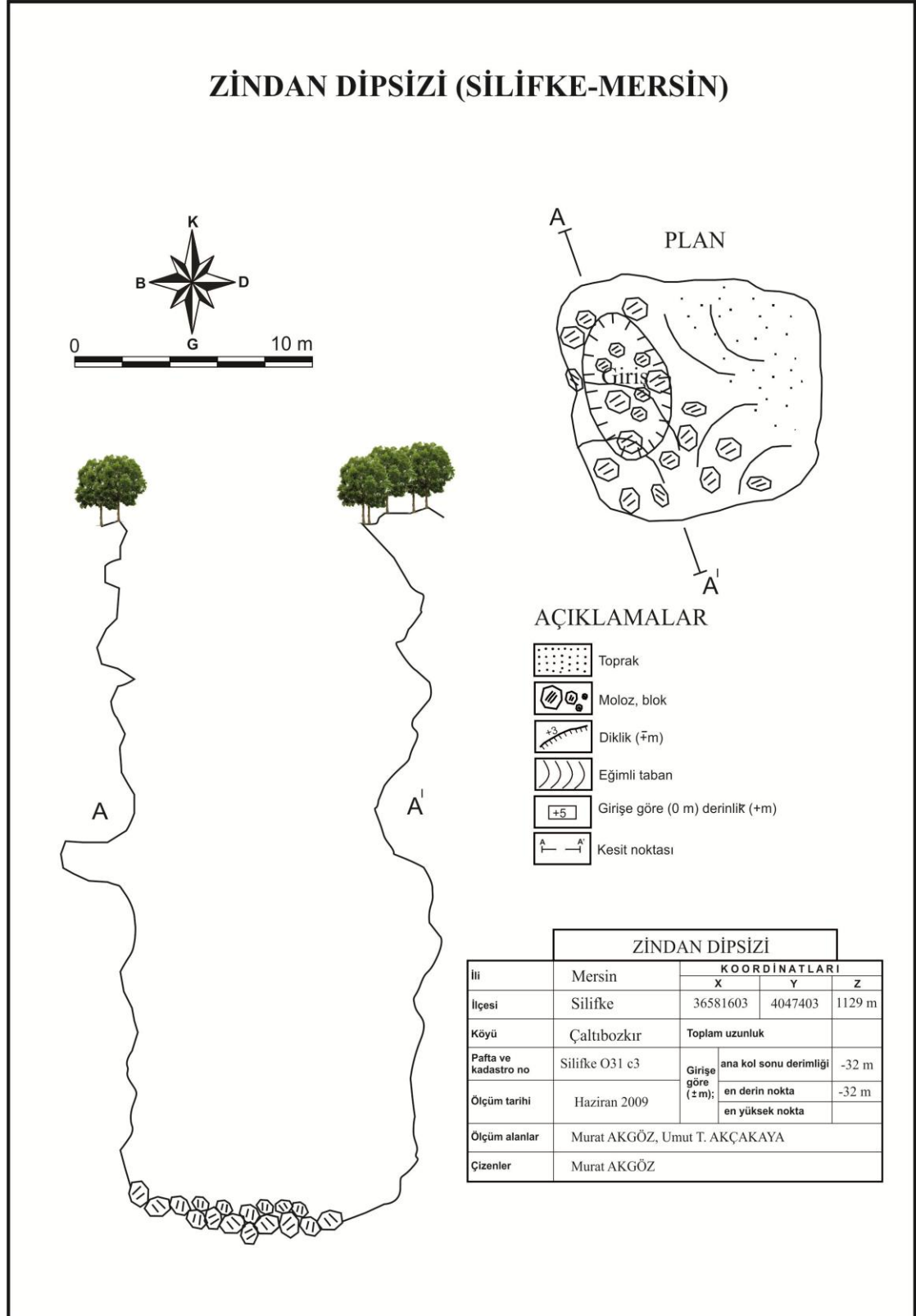
Zindan Dipsizi, bu tür karstik yapıların vahşi çöp depolama alanı olarak kullanılmasına en iyi örneklerden birini teşkil etmektedir. Tabanı tamamen ana

kayadan koparak düşen kaya parçalarıyla birlikte, yüzey suları tarafından sellenme dönemlerinde mağara içerisine taşınan irili ufaklı kaya parçaları ve yöre halkı tarafından atılmış çeşitli çöple tıkanmış durumdadır (Şekil 4.155b).

Çalışma alanında sıkça karşılaşılan bir durum olan bu tür karstik yapıların çöp alanı olarak kullanılması; doğal filtrasyondan yoksun, transport özelliğinin yüksek olduğu karstik alanlar yaşayan nüfus açısından büyük bir risk oluşturmaktadır. Yeraltı su kaynaklarının yetersiz olduğu bölgede, halkın mevcut yeraltı su kaynaklarının korunması konusunda bilinçlendirilmesi ve bu tür alanların çöp alanı olarak kullanılmasının önlenmesi gerekmektedir. Bu tür alanlardaki kirleticiler, yeraltı sularına hızla nüfuz ederek kısa vadede yakın çevrede ve uzun vadede bölgede genel akaçlamaya bağlı olarak akım yönündeki kuyu ve kaynakların kirlenmesine neden olabilecektir.



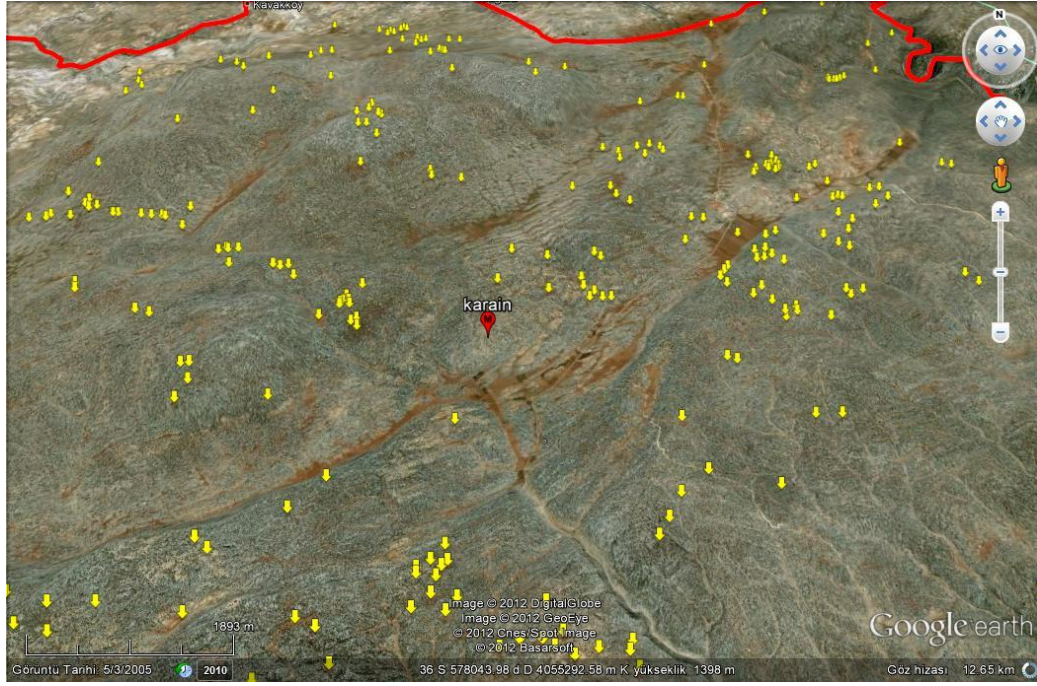
a b
Şekil 4. 155.a) Çalışma alanında Kaplankaya Formasyonu içerisinde gelişen tek mağara olan Zindan Dipsizi duvarları, litolojiye bağlı olarak oldukça girintili-çıkıntılı bir yapı kazanmıştır, b) Yöre halkı tarafından çöp alanı olarak kullanılan mağaranın tabanında birikmiş çöp yığını.



Şekil 4. 156. Zindan Dipsizi plan ve kesiti.

4.2.2.45. Karain Mağarası

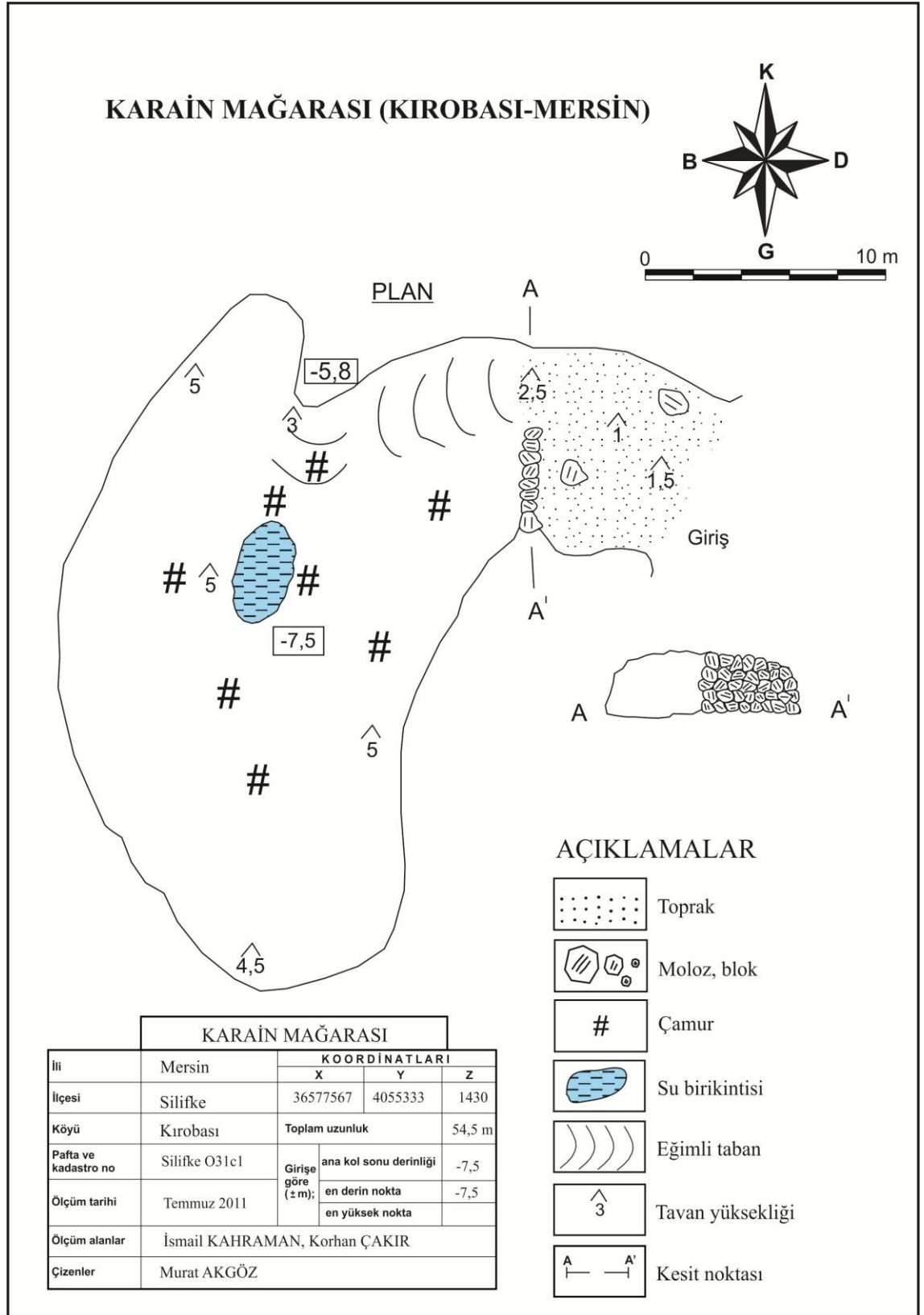
Çalışma alanının kuzeyinde yer alan ve çok dönemli gelişim gösteren mağaralardan biri olan Karain Mağarası, bölgedeki ana tektonik hatta paralel olarak KDD-GBB yönünde gelişmeye başlayıp, hemen güneyinde yer alan genç vadi ile birlikte KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak KKB-GGD yönünde gelişimini sürdürmüştür.



Şekil 4. 157. Karain Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Toplam uzunluğu 55 m olan Karain Mağarası; bölgede Miyosen yaşlı kireçtaşları içerisinde oldukça sık görülen yatay mağaraların yöre halkı tarafından ağıl benzeri amaçlarla kullanılmasına bir örnek teşkil etmektedir.

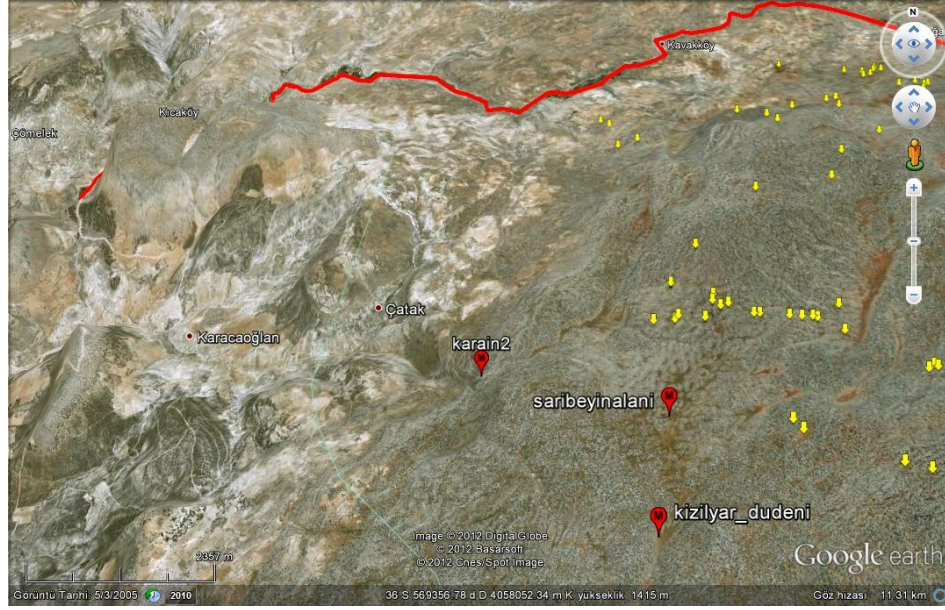
Boyuna kesiti yatay olan mağara, lokal olarak karst taban düzeyinin değişmediği ve tektonik olarak sakinlik dönemini yansıtmaktadır. Nispeten küçük bir mağara olmakla birlikte, mağara planının nispeten menderesli bir yapıda olması mağaranın bölgedeki karstlaşmanın olgunluk döneminde geliştiğini ve tektonik hareketlerin taban düzeyini değiştirecek kadar etkili olmadığını göstermektedir (Şekil 4.158).



Şekil 4. 158. Karain Mağarası plan ve kesiti.

4.2.2.46. Karain II Mağarası

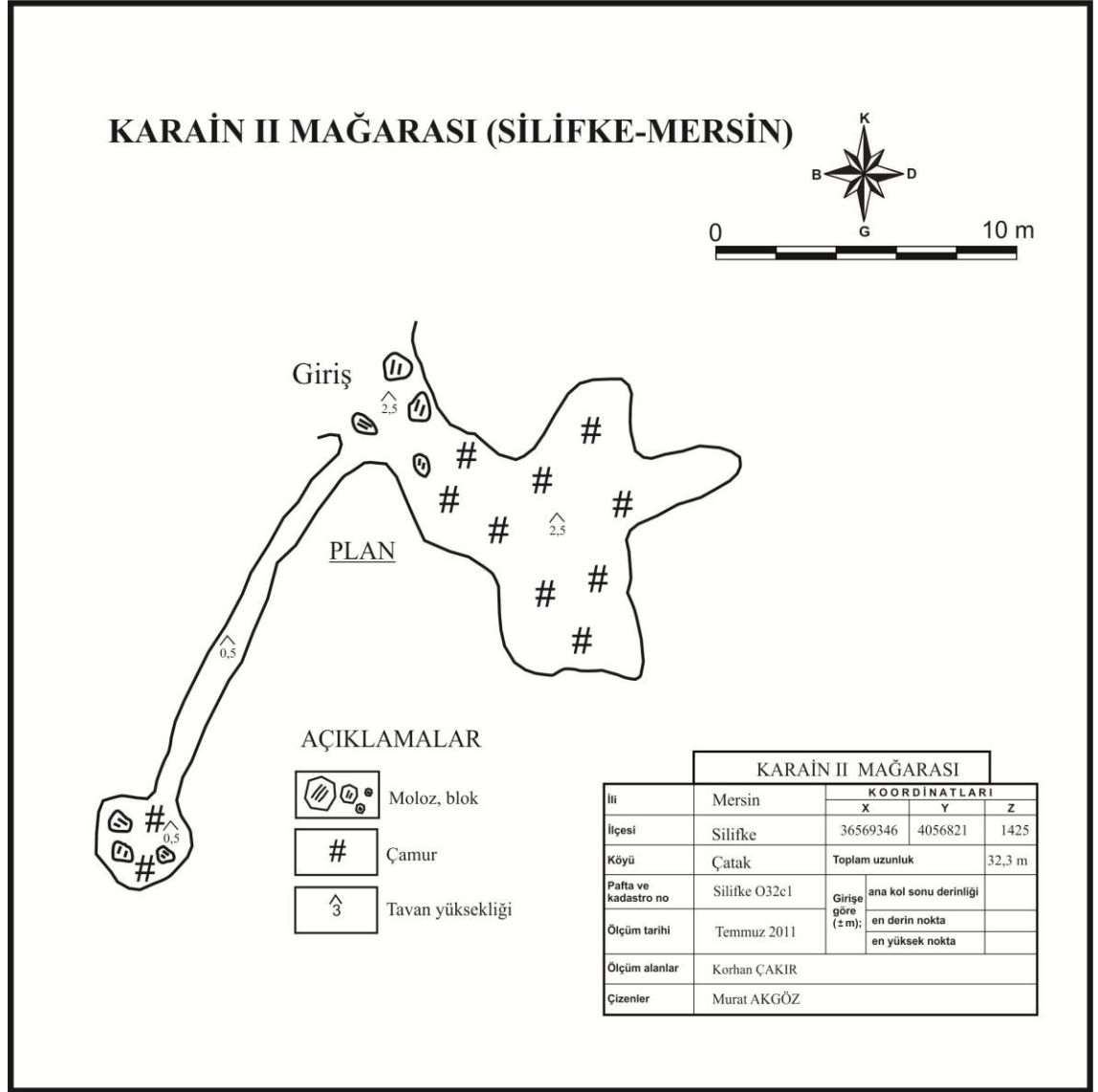
Çalışma alanının en kuzeyinde yer alan ve toplam uzunluğu 32 m olan Karain II Mağarası, Alt-Orta Miyosen yaşlı kireçtaşları içerisinde çok dönemli gelişim gösteren mağaralardan biridir. Ana tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişmeye başlayan mağaranın gelişim yönü, bu hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizlikleri takip etmiştir.



Şekil 4. 159. Karain II Mağarası'nın, Sarıbeyin Alanı Düdeni ve Kızılyar Düdeni'nin yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Yaklaşık 14 m uzunluğunda dar bir pasajla birbirine bağlanan iki odadan meydana gelen mağarada, 2011 yılı Temmuz ayında yapılan araştırmada, tabanın tamamen kilce zengin çamurla kaplı olması mağaranın sıklıkla sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir.

Herhangi bir damlataş oluşumunun görülmediği mağara, oluşumunu tamamlamış fosil bir mağara niteliğindedir.



Şekil 4. 160. Karain II Mağarası planı.

4.2.2.47. Sarıbeyin Alanı Düdeni

Çalışma alanının en kuzeyinde bulunan üç mağaradan biri olan Sarıbeyin Alanı Düdeni, bölgedeki hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak KKB-GGD yönünde gelişmiştir.

Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde, bir dolin tabanında gelişen düden; güneydoğusunda yer alan ve aynı dolin tabanında gelişmiş olan

Kızılyar Düdeni ile birlikte yağışlı dönemlerde yüzey sularının yeraltına drene olduğu sığ bir düden konumundadır (Şekil 4.159, Şekil 4.160a ve Şekil 4.160b).

Ortalama 2 m derinliğe ve 7 m uzunluğa sahip küçük bir düden olan Sarıbeyin Alanı Düdeni'nin tabanı, çözünme tipi dolinlerde olduğu gibi, örtü tabakanın yıkanması sonucu erimeden geriye kalan kilce zengin terra rosa toprağıyla kaplıdır. 2011 yılı Temmuz ayında yapılan araştırmada, tabanı kaplayan toprak örtünün büyük oranda çamurlu olması, düdene malzeme getiriminin sık olduğunu, bir başka deyişle düdenin sıklıkla sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir.

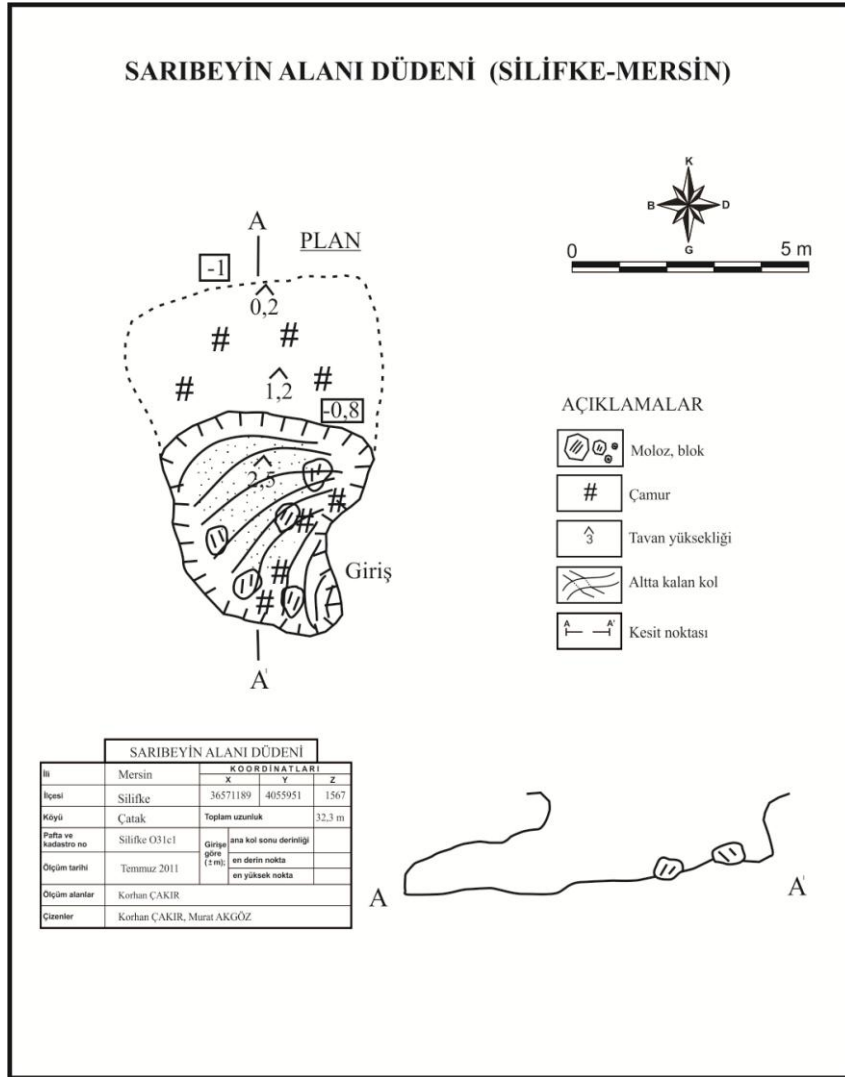
Karstik alanlarda regolit olarak tanımlanan toprak örtü ile kaplı olan dolin tabanlarında yer alan düdenler; genellikle, alttaki karstik birim içerisinde gelişen mağara tavanının kendi ağırlığını taşıyamayarak çökmesi ve/veya sellenme sonucunda örtü tabakanın yıkanmasına bağlı olarak üstteki toprak örtüde meydana gelen ve genellikle derinliği fazla olmayan, sığ düdenlerdir. Ancak; kilce zengin toprak örtüyle kaplı bir dolin tabanında gelişen Sarıbeyin Alanı Düdeni, günümüzde bu duruma zıt olarak, tabandaki örtü tabaka içerisinde değil, yüzlek vermiş olan resifal kireçtaşı içerisinde gelişmiştir. Bu veriler ışığında, dolin tabanını dolduran toprak örtü, geçmişte daha kalın olmalı ve zamana bağlı olarak aşınmış olmalıdır.

Resifal kireçtaşları içerisinde dikey olarak gelişmeye başlayan mağara nispeten eğimli bir tabana sahiptir. Bu durum; mağara gelişim sürecinde, bölgenin tektonik olarak sakin olduğunu ve içerisinde geliştiği resifal kireçtaşları ile ara geçişli olan Kaplankaya Formasyonu'na ait killi seviyelerin muhtemelen geçirimsiz karst taban düzeyini oluşturmaya bağlı olarak düdenin düşey yönlü gelişiminin sınırlandığını göstermektedir.

Sarıbeyin Alanı Düdeni, gelişim sürecinde tektonik açıdan sakin bir dönemi ya da tektonik hareketlerin karst taban düzeyini değiştirecek kadar etkili olmadığını karakterize etmektedir.



a b
Şekil 4. 161.a) Bir dolin tabanında gelişen sıg bir düden olan Sarıbeyin Alanı Düdeni'nin girişi, b) Düdenin tabanında geliştiği dolin.



Şekil 4. 162. Sarıbeyin Alanı Düdeni plan ve kesiti.

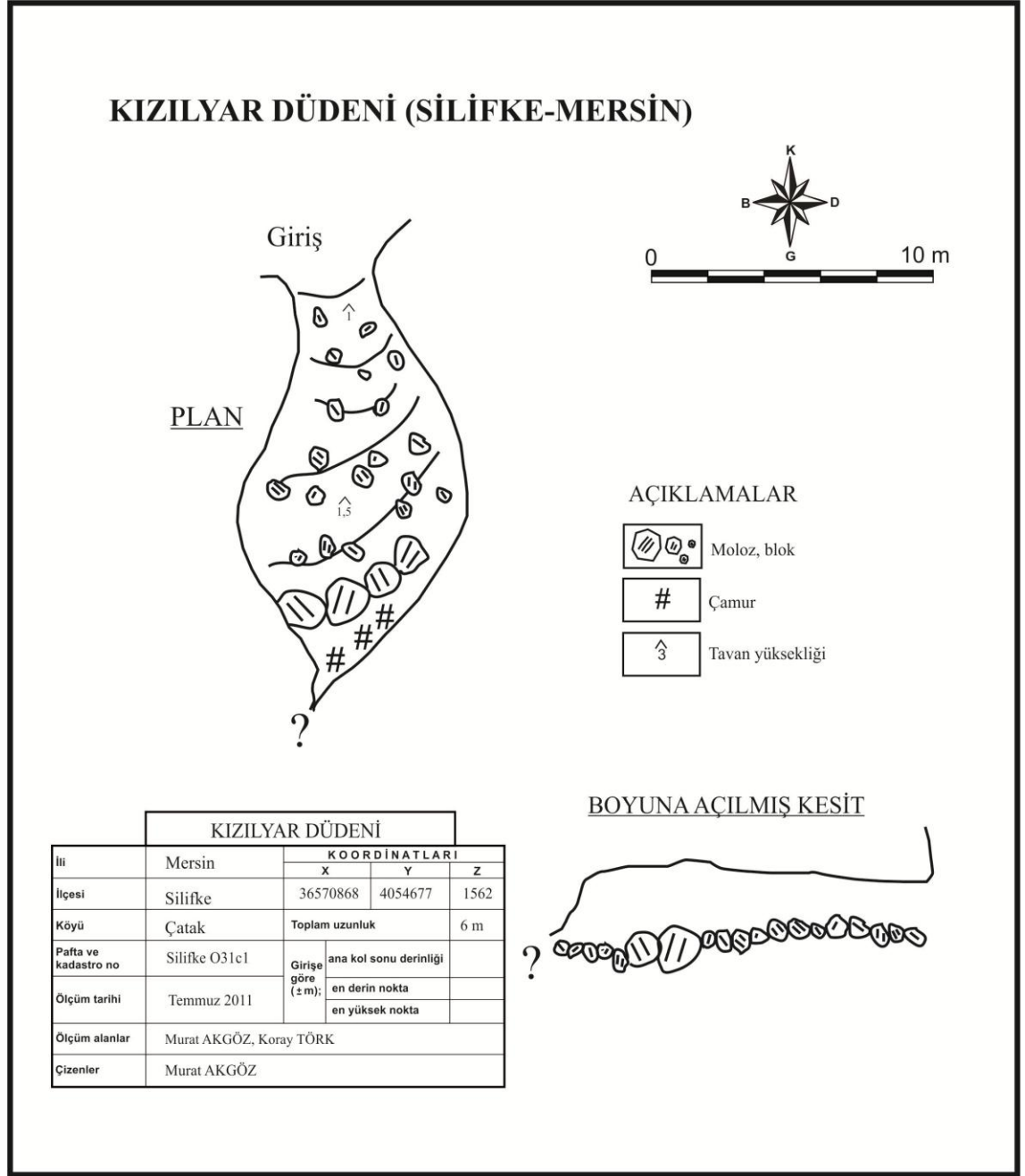
4.2.2.48. Kızılyar Düdeni

Bölgedeki ana tektonik hatta dik olarak gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişim yönü KKB-GGD olan Kızılyar Düdeni, kuzeydoğusunda yer alan Sarıbeyin Alanı Düdeni ile aynı dolin tabanında yer almaktadır (Şekil 4.159 ve Şekil 4.163).



Şekil 4. 163. Dolin tabanında yer alan Kızılyar Düdeni'nin girişi.

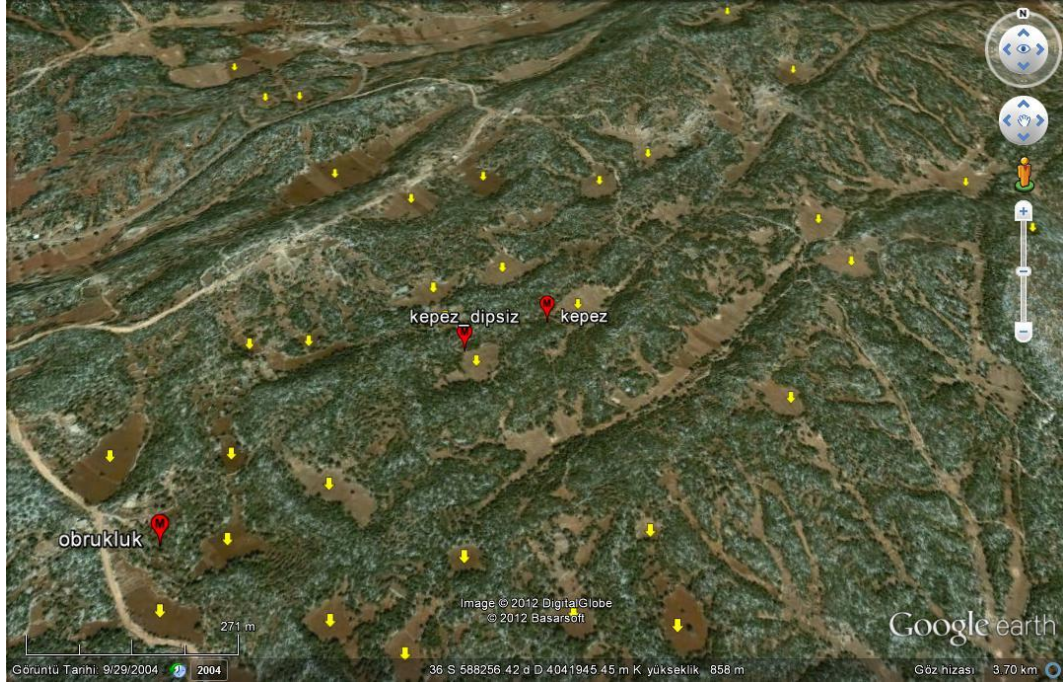
Ortalama 0,5 m tavan yüksekliği ve 6 m uzunluğa sahip, küçük ve dar olan düden, Sarıbeyin Alanı Düdeni ile birlikte yağışlı dönemlerde yüzey sularının yeraltına drene olmasını sağlayan bir düden konumundadır. 2009 yılı Temmuz ayında yapılan araştırmada, tabanı sel sularınca taşınmış irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplı olan düdenin son kısmının çamurlu olması, düdenin sıklıkla sellenmeye maruz kaldığını göstermektedir.



Şekil 4. 164. Kızılyar Düdeni plan ve kesiti.

4.2.2.49. Kepez Mağarası

Bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı kireçtaşları içerisinde gelişen ana galeri ile bu hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişmiş çok sayıda yan kola sahip olan Kepez Mağarası çok dönemli bir gelişim göstermektedir.

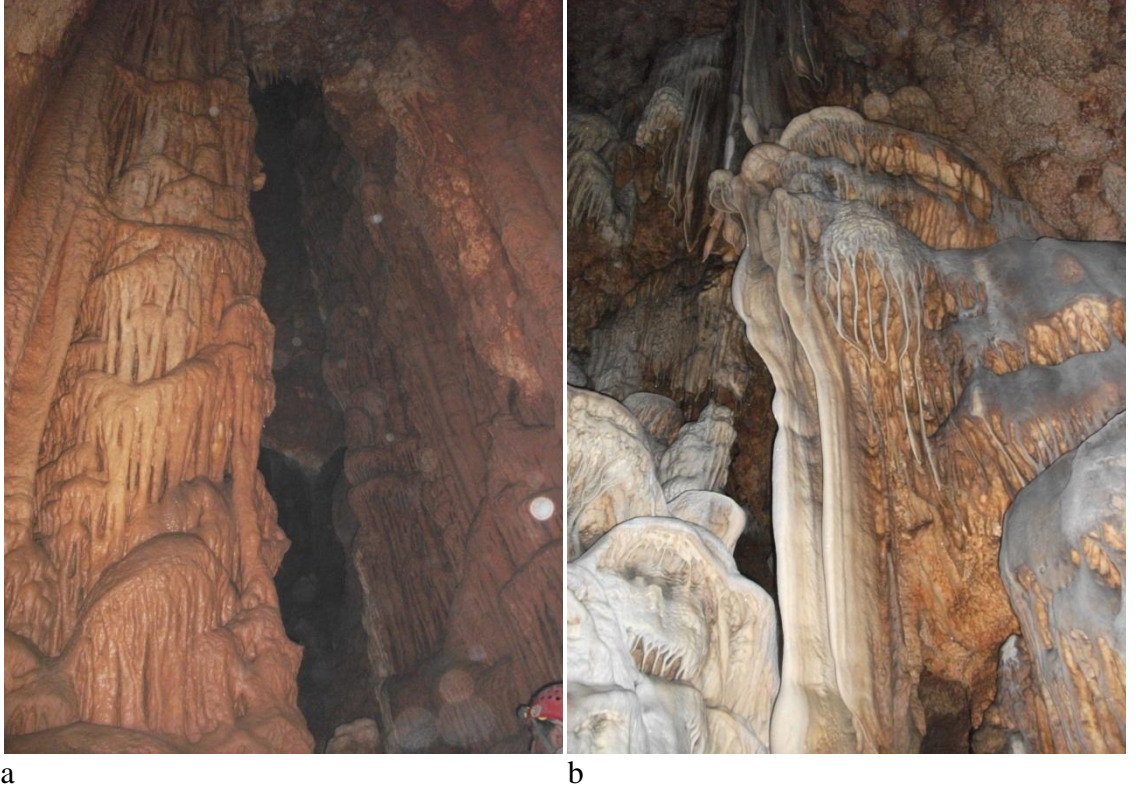


Şekil 4. 165. Kepez Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Yaklaşık 250 m GB'sında bulunan ve 95 m derinliğiyle çalışma alanındaki en derin mağaralardan birini oluşturan Kepez Dipsizi ile aynı hat üzerinde bir dolin kenarında bulunan Kepez Mağarası, girişinden itibaren GB yönünde yaklaşık 370 m uzunluğa ve 65 m derinliğe ulaşmaktadır (Şekil 4.165). Çalışma alanındaki en uzun yatay mağarayı oluşturan Kepez Mağarası, büyük bir olasılıkla Kepez Dipsizi ile bağlantılı olmalıdır. Zira mağara, ilerlemenin olanaksız olduğu çok dar bir çatlak (ortalama 0,2 m) şeklinde, GB yönünde devam etmektedir. Her iki mağara arasında geçişe dair izler Kepez Dipsizi araştırması esnasında da araştırılmış; ancak, iki mağara arasındaki bağlantıya dair herhangi bir geçiş bulunamamıştır. Bir diğer olasılık, mağaranın KD-GB yönünde gelişimi devam ederken KB-GD yönlü süresizliklere bağlı olarak, ana gelişim yönünde kesintiye uğraması sonucu her iki mağara arasındaki bağlantının kesilmesi ya da bağlantının bu kesilmeye bağlı olarak hiç gerçekleşmemiş olmasıdır.

Yer yer 26 m tavan yüksekliğine sahip olan ve ortalama 45°'lik bir eğimle KD-GB yönünde devam eden mağara ana galerisi, 10 m yüksekliğe ulaşan dikit ve sütun gibi damlataş ve akmataşlar açısından oldukça zengindir (Şekil 4.166a ve Şekil

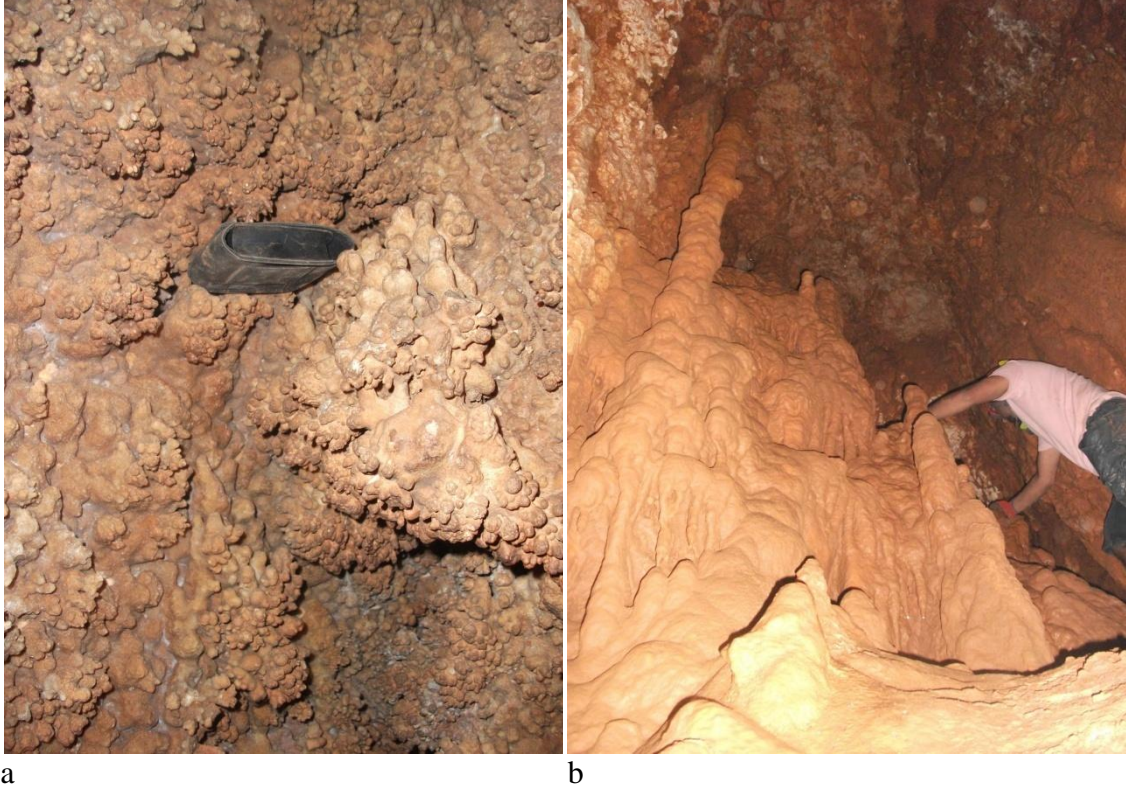
4.166b). İlksel olarak ana tektonik hatta paralel bir gelişim gösteren ana galeri, galeri sonuna doğru KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak kesintiye uğramış ve yeni kollar ortaya çıkmıştır. Mağaranın en derin noktasını oluşturan ve aynı zamanda KD-GB yönlü gelişimin ilk kesintiye uğradığı noktada mağara duvarları yoğun popcorn yapıları ile kaplıdır (Şekil 4.167a ve Şekil 4.168a).



Şekil 4. 166. a ve b) Kepez Mağarası'nın ana galerisinde bulunan ve yer yer 10 m yüksekliğe ulaşan sütun ve sarkıt gibi damlataş oluşumları.

Popcorn yapıları mağara içerisine sızan sular ve/veya mağarayı şekillendiren suların belirli dönemler boyunca bu noktada göllendiğini göstermektedir. Bir dolin kenarında gelişen Kepez Mağarası, özellikle yağışlı dönemlerde yüzey sularının yeraltına drenajını sağlayan büyük bir düden olarak çalışmaktadır. Sel suları tarafından mağara içerisine taşınarak tabanda biriken kil ve/veya kilce zengin toprak ve çamurlar, gelen su miktarına bağlı olarak mevcut damlataş oluşumlarının üzerinde sıvanarak bir katman oluşturmuştur (Şekil 4.167b). Yer yer 5 m yüksekliğe kadar ulaşabilen bu sıvanımlara karşın tabanda görülmesi gereken kil ve/veya kilce zengin toprak ya da çamur birikimi, günümüzde mağaranın KB-GD yönlü kesintiye uğraması sonucu çökme ve oturmaların görüldüğü alanda

bulunmaktadır. Bu durum, mağaranın sellenmeye maruz kaldıktan sonra, mağaranın KD-GB yönlü gelişiminin kesilmesine neden olan KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişen yan kolların açılmasıyla sellenme sonucu mağara içerisine taşınarak biriken malzemenin bu yeni galeri ve kollara deşarj olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. 167.a) Kepez Mağarası'nın ana galerisinin KB-GD yönlü kesintiye uğradığı alanda bulunan popcorn yapıları, b) Ana galeride görülen damlataş oluşumları üzerindeki çamur sıvanımları.

Damlataşlar üzerinde görülen çamur sıvanımlarının neden olduğu kırmızı ağırlıklı renk değişimleri dışında, gerek ana galeride görülen sarkıt, dikit, sütun ve akmataşlarda ve gerekse popcorn yapılarında yer yer belirgin renk farklılıkları görülmektedir (Şekil 4.166b, Şekil 4.168a ve Şekil 4.168b). Bu renk farklılıkları; mağaraya ulaşan suların bünyelerindeki karbondioksitin serbestlenmesi sonucu karbonatça zengin sulardan çökelen karbonatla birlikte, suların bünyesindeki elementlerin varlığına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Mevcut damlataş oluşumları üzerinde görülen ikincil beyaz renkli çökelimler, suyun yalnızca kalsiyum ve karbonatça zengin olduğunu ve suyun bünyesinde demir, çinko, mangan ve bakır gibi elementlerin bulunmadığını göstermektedir. Bilindiği üzere, mağara içerisine giren

suların bünyesinde organik ve inorganik bileşiklerin olması durumunda damlataşlar farklı renkler kazanabilmektedir. Damlataşlarda görülen kırmızı renk sudaki demir içeriğine, siyah çinkoya, kahverengi renk mangana ve yeşil-yeşilimtrak renkler ise bakır içeriğine bağlı olarak görülmektedir [Bayarı ve Özyurt, 2005].



a b
Şekil 4. 168. a ve b) Kepez Mağarası'nın ana galerisinde bulunan popcorn ve damlataşlar üzerinde görülen renk değişimleri.

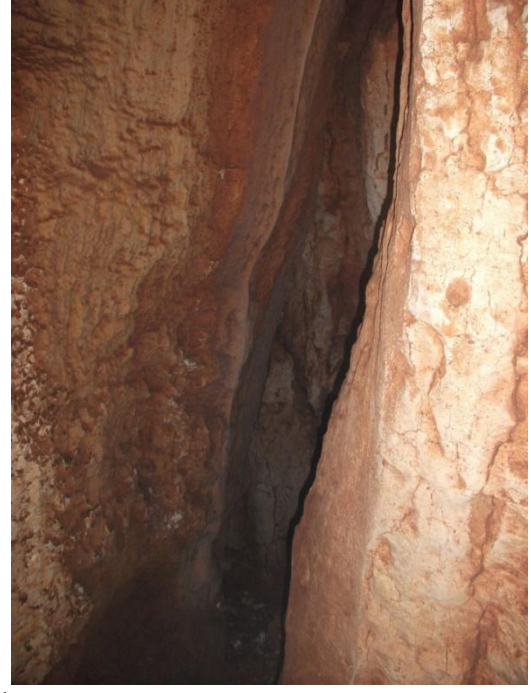
Ana galeri sonundan, damlataş oluşumları açısından oldukça fakir olan KB-GD yönlü uzanan kollara geçişler oldukça dardır (Şekil 4.169a ve Şekil 4.169b). KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişen ve yaklaşık 35 m sürünerek ulaşılan ilk odada yoğun olarak oturma ve çökmeler görülmekle birlikte, oda tabanı kalın bir kil tabakasıyla kaplıdır (Şekil 4.169c ve Şekil 4.169d). Bu odanın KB'sında yer alan ve ilk kez 1991 yılında Macar araştırmacılar tarafından yapılan mağara haritasında görülen kolun girişinin oldukça dar ve kille tıkanmış olması nedeniyle bu kola ulaşılamamıştır (Şekil 4.170).

Nadir olarak görülen damlataş oluşumları dışında genellikle oturma ve çökmelere bağlı olarak moloz ve bloklarla kaplı yan kolları oluşturan KB-GD yönlü süreksizliklere karşın; mağara, KD-GB yönünde gelişmiş ve mağara tabanından

yaklaşık 15 m yükseklikte 0,2 m genişliğindeki bir çatlak ile devam etmektedir. KD-GB yönünde gelişen ve toplam uzunluğu 370 m'yi bulan Kepez Mağarası ile yaklaşık olarak 250 m GB'sında bulunan Kepez Dipsizi arasındaki olası bir bağlantıyı sağladığı düşünülen bu çatlakta ilerlemek, çatlakın çok dar olması nedeniyle mümkün olmamıştır (Şekil 4.169b).



a



b

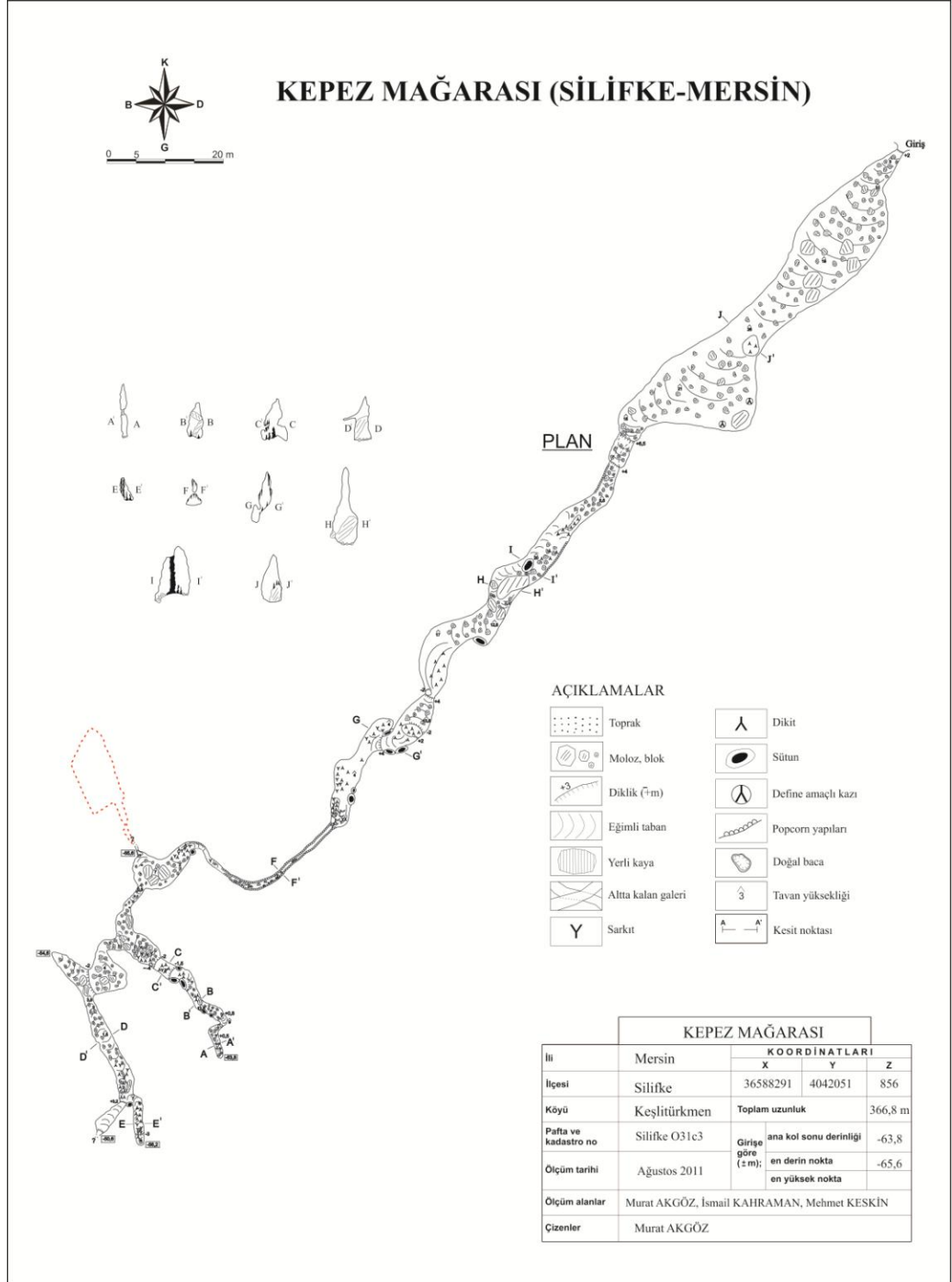


c



d

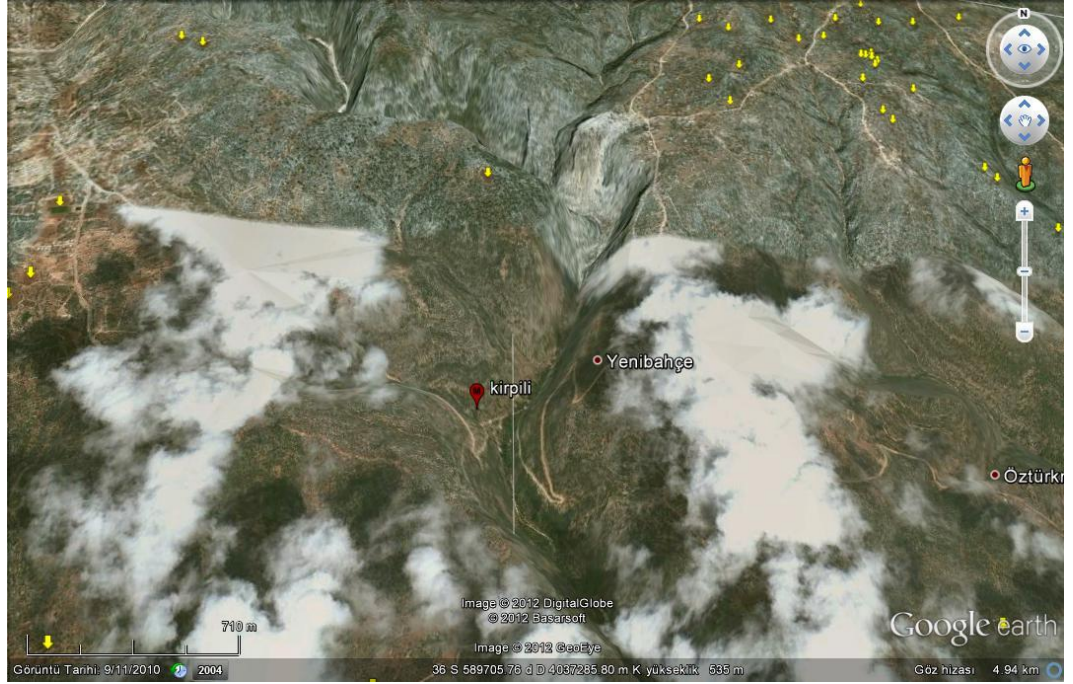
Şekil 4. 169.a) KB-GD yönlü uzanan kollara ulaşımı sağlayan dar geçit, b) Kepez Mağarası'nın sonunu oluşturan ve daralarak devam eden çatlak, c ve d) KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişen odada görülen oturma ve çökmeler.



Şekil 4. 170. Kepez Mağarası plan ve kesitleri (kırmızı ile çizilen bölüm Macar ekip tarafından araştırılan kolu göstermektedir).

4.2.2.50. Kovaini (Kirpili) Mağarası

Kovaini Mağarası, bölgedeki hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde, çok dönemli bir gelişim göstermektedir.



Şekil 4. 171. Kovaini (Kirpili) Mağarası'nın yer bulduru görüntüsü (sarı işaretler dolinleri, kırmızı işaretler ise mağaraları göstermektedir, *Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Mağara, bölgede genel akaçlama yönü olan KB-GD yönlü gelişmiş; ancak, KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak ötelenmiş vadi tabanından yaklaşık 10 m yukarıda bulunmaktadır (Şekil 4.172a). Bölgenin yükselmesine karşılık yeraltı su seviyesindeki değişimler sonucu yatay olarak gelişmeye başlamış, doymun zonun zaman zaman yükselmesi ve su hareketinin yavaşlamasına bağlı olarak da anahtar deliği şeklini almıştır (Şekil 4.172b). Ana galeride görülen ve kaynak konumlu mağaraların tipik geometrik şekli olan anahtar deliği; mağaranın oluşum aşamasında doymun zonun yüzeye çok yakın olduğunu ve bölgenin blok halinde yükseldiğini göstermektedir.



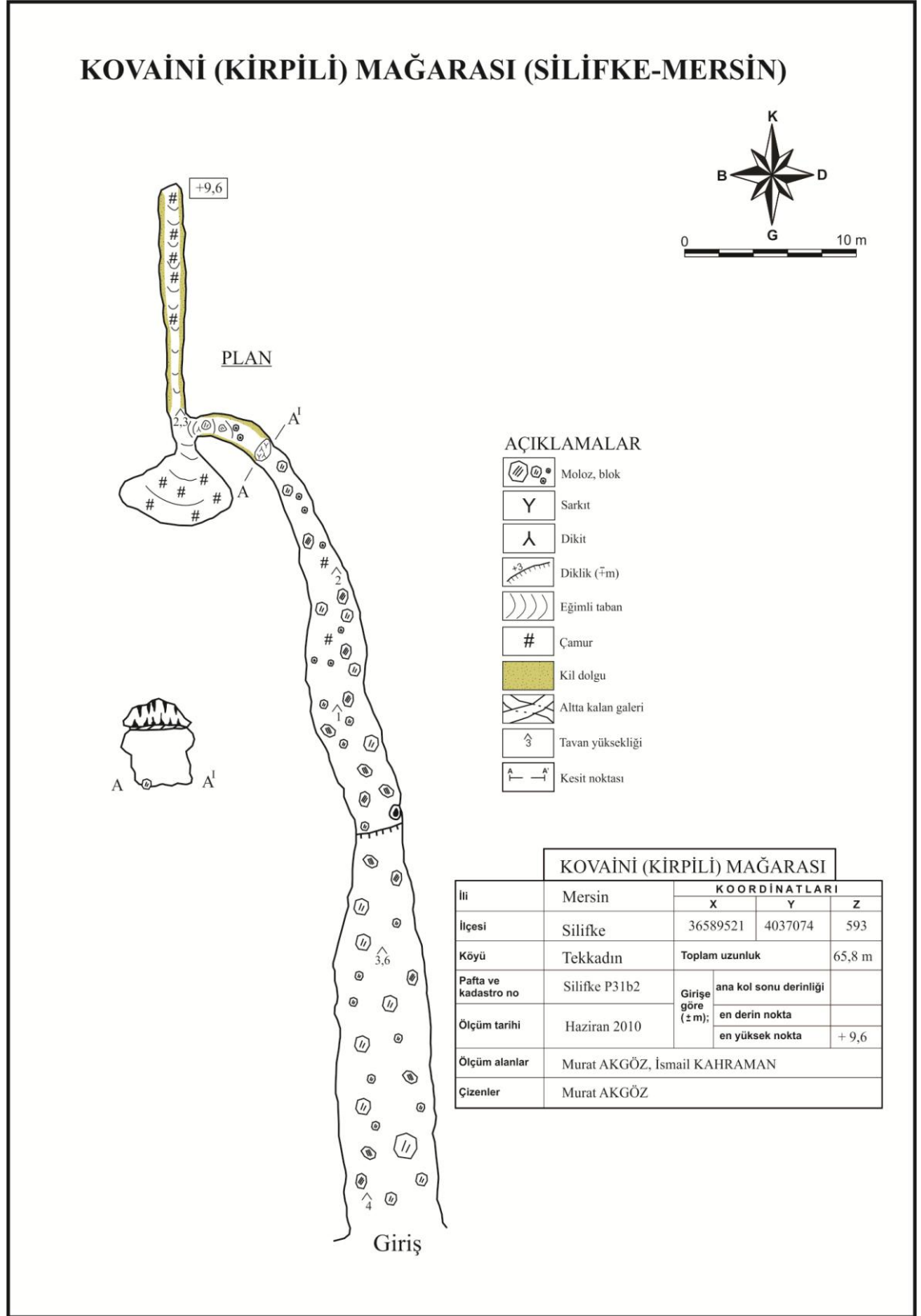
Şekil 4. 172.a) Kovaini Mağarası'nın yaklaşık 10 m aşağısında bulunan vadinin görünümü, b) Kaynak konumlu mağaraların karakteristik geometrik şekli olan ve ana galeride anahtar deliği yapısı, c) Ana galeride, yeraltı su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak askıda kalmış damlataş oluşumları, d) Ana galerinin süpürülmüş tabanı.

Yeraltı su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak tabanı derinleşmiş ve bunun sonucunda da D-B yönlü gelişme sürecinde oluşan damlataş oluşumları günümüzde askıda kalmış bir taraça şeklinde kalmıştır (Şekil 4.172c). Mağaradaki oturma, çökme ve çözünme süreçlerinden etkilenmeden ana galeride köprü şeklinde kalabilmiş olan bu traverten taraça, aynı zamanda mağaranın eski tabanını göstermektedir. Tektonik hareketler, oturma ve çökmeye bağlı olarak günümüzde

mağara tabanında görülmeyen ancak mağaranın yeni tabanına düşmüş olması muhtemel eski tabana ait parçalar, geçmişte mağaradan boşalan sular tarafından süpürülmüş olmalıdır (Şekil 4.172d).

KKB-GGD yönünde gelişmeye başlayan mağaranın, yamacında yer aldığı vadideki, KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı gelişen ötelenmeye paralel olarak gelişimi kesintiye uğramış, gelişim yönü değişerek D-B yönünde devam etmiş ve tekrar ana gelişim yönü olan K-G yönünde gelişimine devam etmiştir.

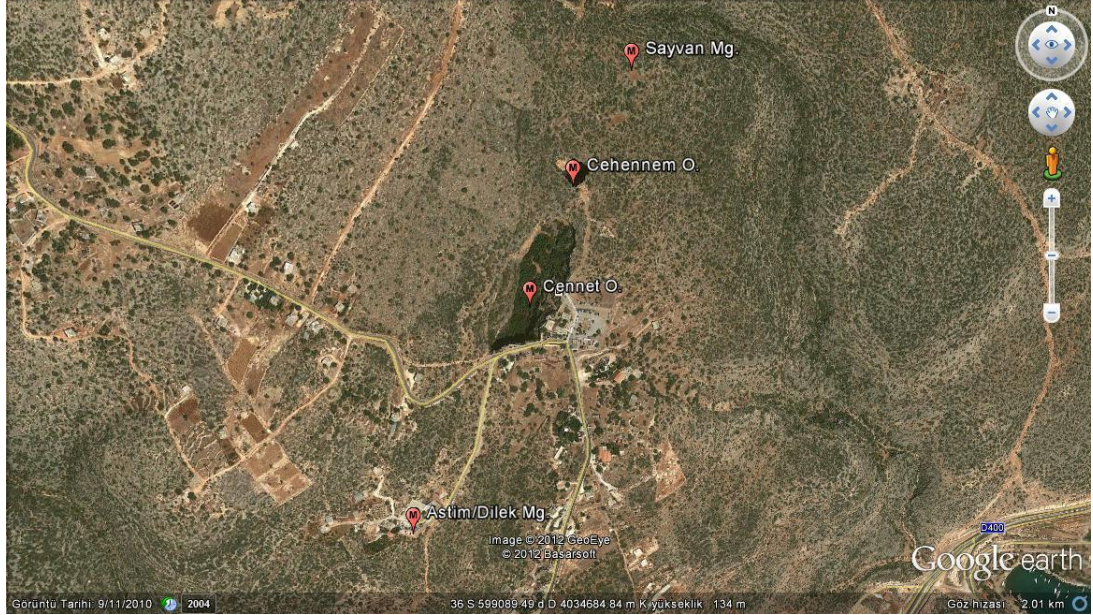
Soyları tükenmekte olan ve oklu kirpi olarak bilinen kemirgenlerin yaşam alanları içerisinde yer alan mağara, sıklıkla oklu kirpilerin mağarayı yaşam alanı olarak kullanması nedeniyle, yörede Kirpili Mağara olarak da bilinmektedir. Ülkemizde avlanmaları yasak olmasına karşın, Kovaini (Kirpili) Mağarası bazı yöre halkı tarafından eti için oklu kirpi avlamak amacıyla sık sık kullanılmaktadır.



Şekil 4. 173. Kovaini (Kirpili) Mağarası plan ve kesiti.

4.2.2.51. Cennet ve Cehennem Obrukları

Çalışma alanında, bölgede hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişmiş çökme tipi obrukların en bilinenleridir.



Şekil 4. 174. Cennet ve Cehennem Obrukları ile Astım/Dilek Mağarasının yer bulduru görüntüsü (*Google Earth programı kullanılarak oluşturulmuştur*).

Aynı hat üzerinde birbirlerine oldukça yakın bir şekilde gelişen Astım/Dilek Mağarası ile birlikte, bölgede uzun yıllar boyunca turizm amaçlı olarak Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından işletilen Cennet ve Cehennem Obrukları, bu tez çalışması kapsamında gerekli izinler alınmadığı için tez amacına uygun olarak araştırılamamış ve plan ve kesitleri hazırlanamamıştır. Bu nedenle tez çalışmasında, obruklarla ilgili kişisel gözlem ve 1991 yılında Macar ekip tarafından yapılan araştırma raporu ve plan dikkate alınmıştır (Şekil 4.175) [Katalin ve Kiss, 1991].

Macar araştırmacılar tarafından yapılan çalışmada Cennet ve Cehennem Obrukları arasında bulunan bağlantı galerisi ve Cehennem Obruğu'nun KD duvarında bulunduğu belirtilen yan kol ve bacalar dikkate alındığında; her iki obruğun, aynı hat üzerinde oldukça yakın bir konumda bulunan Sayvan Mağarası ile bağlantılı olmaları muhtemeldir. Sayvan Mağarası'nda tarafımızdan yapılan araştırmada olası bir bağlantı bulunamamıştır. Ancak gerek Macar ekip tarafından yapılan Cennet ve Cehennem Obrukları planı ve gerekse tarafımızdan yapılan

Sayvan Mağarası planına bağlı olarak her iki karstik yapının uzanımları düşünüldüğünde bir bağlantı olması muhtemeldir (Şekil 4.119 ve Şekil 4.175). Bu amaçla, Cennet Obruğu'nda detaylı bir araştırma yapılması gerekmektedir.

Başlangıçta KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak birbirleriyle bağlantılı tek bir mağara sistemi şeklinde gelişmiş olması muhtemel Cennet ve Cehennem Obrukları, günümüzde tavan kısımlarının kendi ağırlıklarını taşıyamayarak çökmesi sonucu iki ayrı obruk şeklinde kalmıştır. Bölgenin yükselimi ve Akdeniz su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak karstlaşmanın derinleşmesi ve KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişim kesintiye uğramıştır. KB-GD yönlü süreksizliklerin etkisi; gerek KD-GB doğrultusunda gelişmeye başlayan Cennet Obruğu'nun GB ucunun KB-GD yönünde dönmesi ve gerekse de hemen yakınında bulunan Astım/Dilek Mağarası'nın KD salonunda görülen KB-GD yönlü dönmesi ile oldukça belirgin olarak görülmektedir (Şekil 4.176).

İlk olarak 1960'lı yıllarda Dr. Temuçin Aygen başkanlığında Fransız araştırmacılar tarafından araştırıldığı bilinen obrukların arasındaki bağlantı, Macar ekip tarafından 1990 yılında yapılan araştırma esnasında ortaya çıkarılmıştır [Katalin ve Kiss, 1991].

4.2.2.52. Astım/Dilek Mağarası

Astım hastalığına iyi geldiğine inanan insanlar tarafından sıkça ziyaret edilmesi ve yine insanlar tarafından mağara tabanında bulunan guano ve çamur karışımından yapılan topakların mağara duvarlarına atılmaları sonucu, topakların duvarlara yapışmasıyla dileklerinin yerine geleceğine duyulan inanca bağlı olarak Astım ve Dilek Mağarası şeklinde iki isimle bilinmektedir.

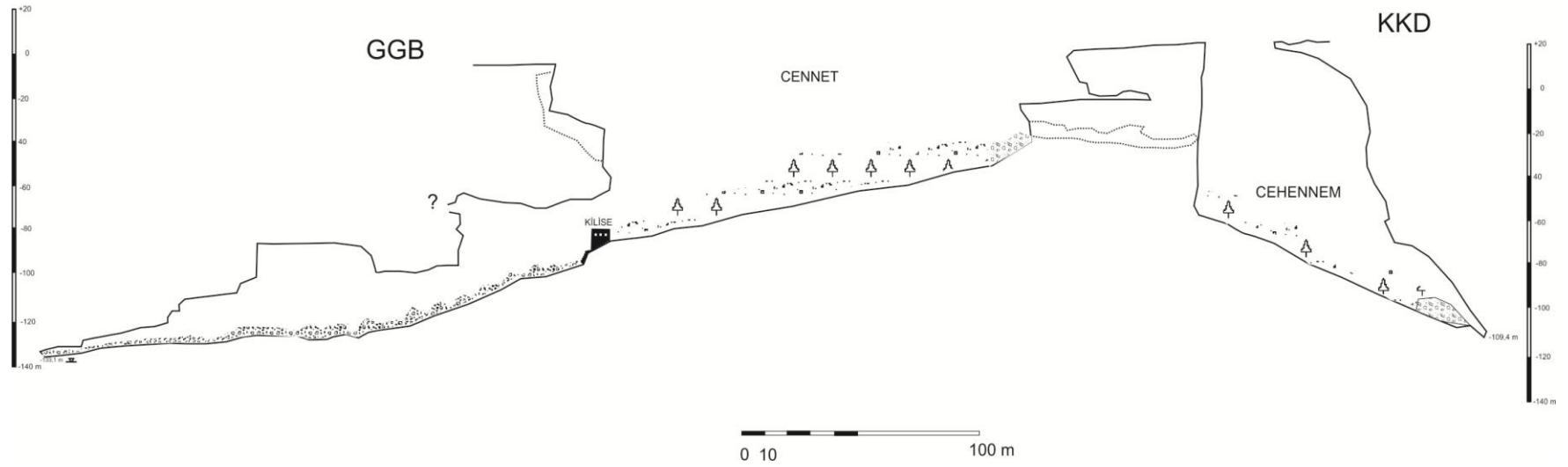
1965 yılında Dr. Temuçin Aygen ve Jeomorfolog Murat Başar tarafından keşfedilen mağara, yakınında bulunan Cennet ve Cehennem Obrukları ile birlikte uzun yıllardır turizm amaçlı kullanılmıştır. 1981 yılında MTA Karst ve Mağara Araştırmaları Birimi tarafından araştırılması yapılan mağarada bir dizi düzenleme yapılmış ve günümüzde turizm amaçlı kullanılmaya devam etmektedir [Güldalı vd., 1982].

Gerek Astım/Dilek Mağarasına ait plan ve araştırma raporu ve gerekse de Cennet ve Cehennem Obruqları plan ve araştırma raporunda belirtilen mağara uzanım yönleri ve uzunluklarına bağlı olarak, Astım/Dilek Mağarası ile Cennet Obruğu arasında muhtemel bir bağlantı olmalıdır. Ancak, Cennet ve Cehennem Obruqlarında olduğu gibi, gerekli izinler alınamamasından dolayı Astım/Dilek Mağarası'nda tez amacına uygun bir araştırma yapılamamıştır. Bu nedenle, kişisel gözlem ve 1981 yılında MTA Karst ve Mağara Araştırmaları Birimi tarafından yapılan araştırma raporu ve plan dikkate alınmıştır (Şekil 4.176).

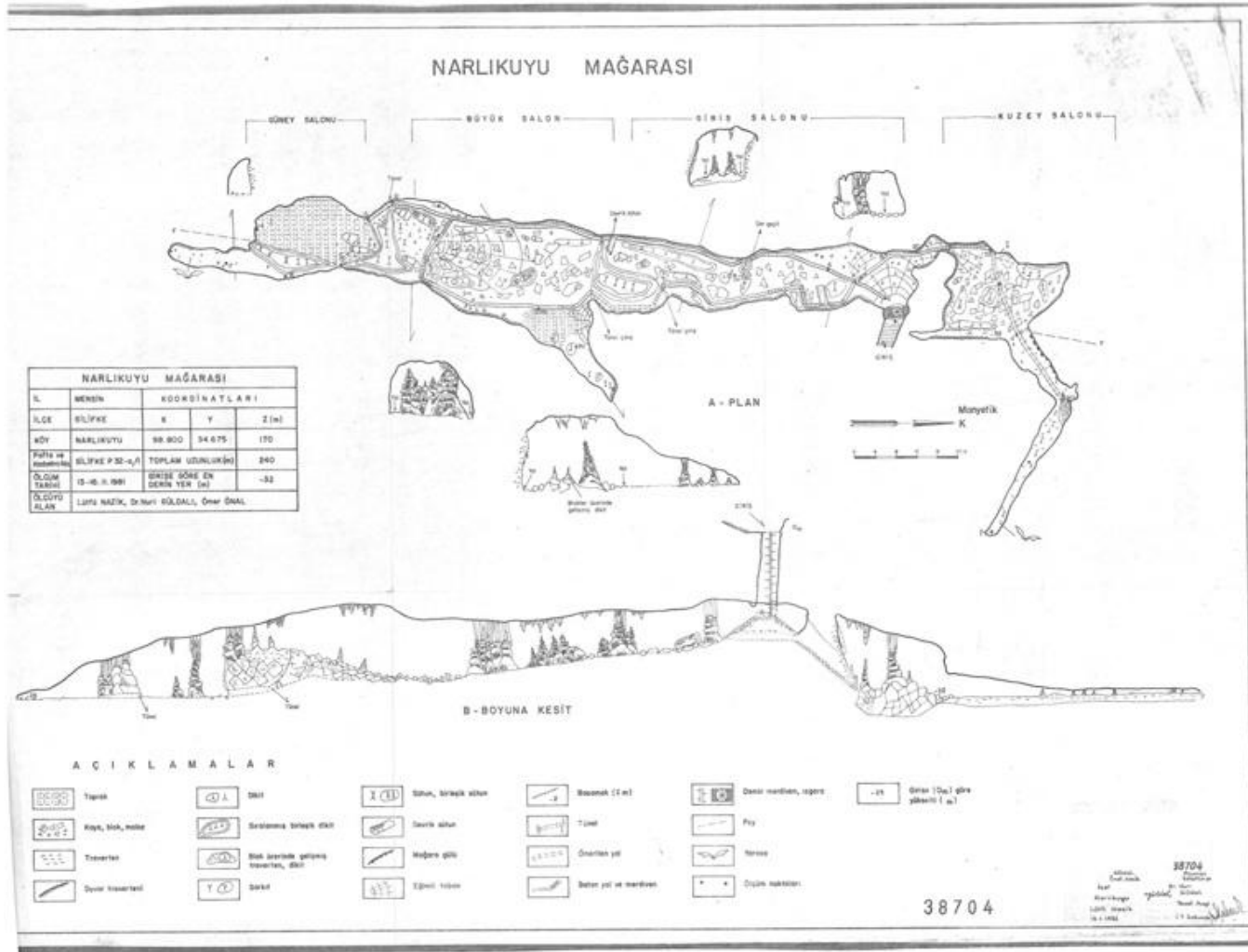
Damlataş oluşumlarının yoğun görüldüğü mağarada MTA tarafından 1981 yılında yapılan araştırmada, mağaranın toplam uzunluğunun 240 m olduğu belirtilmiştir. Yine aynı araştırmacılar, mağara tabanının moloz, dikit ve tavandan düşmüş sarkıt kalıntılarıyla kaplı olmasına karşın tabanın K-G yönlü belirgin bir eğime sahip olmasına bağlı olarak; başlangıçta mağarayı oluşturan yeraltı deresinin Akdeniz'e aktığını ve günümüzde mağara tabanının karstlaşması sonucu daha derinlere inmiş olduğu belirtilmiştir [Güldalı vd., 1982].

CENNET ve CEHENNEM OBRUKLARI

GGB-KKD DİKEY KESİTİ



Şekil 4. 175. Cennet ve Cehennem Obrukları planı [Katalin ve Kiss, 1991].



Şekil 4. 176. Astım/Dilek Mağarası plan ve kesitleri [Güldalı vd., 1982].

4.2.3. Paleosismoloji ve Paleoiklim Verileri

Bulunduğu bölgenin jeolojisi, jeomorfolojisi, hidrolojik ve hidrojeolojik özellikleri ile ekolojik ve antropolojik geçmişlerine dair bilimsel verilerin elde edildiği mağaralarda; son yıllarda artan bir biçimde, mağara çökelleri üzerinde paleosismoloji ve paleoiklim çalışmaları yoğunlaşmıştır. Mağara çökellerinden yararlanılarak yapılan paleosismoloji ve paleoiklim çalışmaları, ülkemiz açısından oldukça yeni bir konudur.

Paleosismoloji, tarihsel dönemlerde oluşmuş ve yüzey kırığı oluşturmuş depremlerin sayısını, büyüklüğünü, atım miktarını ve yinelenme aralığını saptamak için yapılan çalışmaların tümünü kapsamaktadır. Sahip oldukları yerli (otokton/kimyasal) ve yabancı (allokton/fiziksel) çökellerden yararlanılarak, mağaraların bulunduğu bölgenin depremselliğine ışık tutacak veriler elde edilebilmektedir. Bunun nedeni; sarkıt ve dikit gibi mağara çökellerinin yüzlerce hatta binlerce yıl deformasyonlara karşı çok iyi korunabilmeleri ve dolayısıyla oldukça uzun bir periyotla ilgili veriler elde edilmesine olanak sağlamasıdır.

Paleosismoloji ile benzer şekilde; gelecekteki iklim değişikliklerine dair doğru ve başarılı öngörülerin yapılabilmesi, geçmişteki iklim değişimlerine etki eden faktörlerin belirlenmesine bağlıdır. Mağara çökelleri oluşum ve gelişimleri boyunca yapısal, kimyasal ve izotopik özellikleri dış ortam koşulları ve değişimlerinden etkilenmektedir. Bu değişimlerin belirlenebilmesi amacıyla, kimyasal mağara çökellerinden olan dikitler üzerinde oksijen izotop oranları, karbonat izotop oranları, döteryum/hidrojen oranları, iz elementler (Mg, Sr, Ba vd.), katman renk değişimleri gibi ölçümler yapılmaktadır.

Mağara çökelleri üzerinde paleosismoloji ve paleoiklim çalışmaları için en uygun örnekleri silindirik dikitler oluşturur. Bunun nedeni; uniform gelişmiş dikitlerin, gelişimleri boyunca dikitin oluşmasını sağlayan su miktarının ve su kimyasının değişime uğramamış olmasıdır. Mağaralarda, paleosismoloji ve paleoiklim çalışmaları için dikit örneklemelerinde uniform çaplı dikitler seçilmeye çalışılır. Örneklemelerde, dikkat edilecek bir diğer husus; dikiti oluşturan suyun,

tabanda birikme noktasında, tavandan damlayan suyun çarpma etkisine bağlı olarak, dikit gelişim ekseninde boşluk bulunmamasıdır. Pratikte bu, seçilen dikit örneğinin uç kısmının dikkatlice kırılmasıyla belirlenebilir. Analiz sonuçlarının anlamlı sonuçlar vermemesi nedeniyle, gelişim ekseninde boşluk bulunan dikitler tercih edilmemektedir. Buradaki amaç, örnekleme aşamasında dikitlere mümkün olduğunca minimum zarar vermektir. Ancak, uç kısmı kırılarak gözlem yoluyla boşluk bulunmadığı saptanan dikit örneğinin uzun eksenleri boyunca kesilmesi sonucunda, uç kısmında görülmemesine karşın gelişim ekseninde boşlukla karışılabilir. Bu nedenle; mağara çökellerinden olan dikitlerde yapılan örneklemelede, uygun örneklerin bulunması nispeten zordur.

Paleosismoloji ve paleoiklim çalışmaları için gerekli olan dikit örnekleri açısından bir diğer sorun; araştırması yapılan mağaralarda uygun dikit örneklerinin ve/veya hiç dikit gelişiminin olmamasıdır. Doktora tez çalışma alanında da olduğu gibi; özellikle genç yükselim bölgelerini karakterize eden ve boyuna kesitleri kuyu şeklinde olan dikey mağaralarda, dikit gibi damlataş oluşumları gelişemez. Öte yandan, su gelişiminin azaldığı ya da durduğu, geçici geçirimsiz tabanı oluşturarak karstlaşmayı sınırlayan karst taban düzeyinin düştüğü ve karstlaşmaya uygun kayaç kalınlığının azaldığı mağaralarda damlataş gelişimi kesintiye uğrayabilir ve mevcut çökellerde de kuruma ve parçalanma gibi deformasyonlar gelişebilir. Bu tür mağaraların tabanları, çalışma alanındaki mağaraların çoğunluğunda olduğu gibi irili ufaklı kaya parçalarıyla kaplıdır. Kısaca açıklanmaya çalışılan bu tür nedenlere bağlı olarak, çalışma kapsamında uygun dikit örnekleme dört farklı mağaradan yapılabilmiş ve 14 dikit örneği alınabilmiştir. Alınan örnekler; Tayvan Ulusal Üniversitesi (High-precision Mass Spectrometry and Environment Change Lab (HISPEC) National Taiwan University) öğretim üyesi Prof. Dr. Chuan Chou (River) SHEN yardımıyla değerlendirilmiş ve analiz aşamasında, gelişim eksenlerinde bulunan boşluklara bağlı olarak örnekler elimine edilmiştir. Sakarlak Düdeni'ne ait üç örnek ile Kepez Mağarası ve Güvercinlik Mağarası'na ait birer örnek paleosismoloji çalışmaları için uygun görülürken; paleoiklim çalışmaları için uygun görülmemiştir. Alınan dikit örneklerine ait paleosismoloji araştırmaları için gerekli olan U/Th analiz sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. U ve Th izotopik kompozisyonları ve ²³⁰Th yaş değerleri*.

Örnek Adı		²³⁸ U ppb	²³² Th ppt	$\delta^{234}\text{U}$ ölçülmüş ^a	[²³⁰ Th/ ²³⁸ U] aktif ^c	[²³⁰ Th/ ²³² Th] ppm ^d
Sakarlak1	Üst	97,99±0,11	2963±16	335,7±2,4	0,554±0,0031	302,5±2,4
	Alt	94,99±0,069	544±10	330,2±1,8	0,617±0,0022	1770±32
Sakarlak2	Üst	13,163±0,013	22,0±1,7	131,8±2,0	1,134±0,0031	11186±849
	Alt	146,3±0,12	1820,6±7,0	99,8±1,4	1,109±0,0028	1472,3±6,7
Sakarlak4	Üst	57,399±0,045	5237±15	340,9±1,7	0,031±0,0011	5,70±0,19
	Alt	58,414±0,053	15285±75	337,7±2,0	0,054±0,0033	3,43±0,21
Kepez	Üst	182,01±0,17	755±18	97,4±1,5	0,278±0,0014	1108±27
	Alt	48,940±0,051	485±9,1	112,1±1,9	0,467±0,0024	777±15
Güvercinlik	Üst	529,39±0,62	9660±33	66,6±1,9	0,022±0,0005	19,76±0,44
	Alt	331,65±0,32	36793±238	53,8±1,6	0,063±0,0019	9,33±0,28
		Yaş düzeltilmemiş	Yaş düzeltilmiş ^{c,e}	$\delta^{234}\text{U}$ başlangıç düzeltilmiş ^b		
Sakarlak1	Üst	57.015±432	56.439±517	393,7±2,8		
	Alt	66.038±333	65.929±337	397,8±2,2		
Sakarlak2	Üst	359.899±8623	359.866±8622	365±11		
	Alt	406.988±11760	406.737±11736	315±12		
Sakarlak4	Üst	2.593±88	780±919	341,6±1,9		
	Alt	4.520±281	-775±2732	336,9±3,3		
Kepez	Üst	31.787±188	31.688±194	106,6±1,7		
	Alt	58.784±426	58.552±441	132,3±2,3		
Güvercinlik	Üst	2.259±50	1.805±233	66,9±1,9		
	Alt	6.697±205	3.878±1442	54,4±1,6		

* Analizler, Haziran ve Temmuz 2012 tarihlerinde MC-ICPMS (Multi collector ICPMS)'de yapılmıştır.

Analitik hata ortalama 2σ 'dır.

^a $\delta^{234}\text{U} = ([^{234}\text{U}/^{238}\text{U}]_{\text{aktif}} - 1) \times 1000$.

^b $\delta^{234}\text{U}$ başlangıç değerleri; ²³⁰Th yaş (T) değerlerine ($\delta^{234}\text{U}_{\text{başlangıç}} = \delta^{234}\text{U}_{\text{ölçülen}} \times e^{\lambda^{234}T}$) bağlı olarak hesaplanmıştır. T, düzeltilmiş yaş değeridir.

^c $[^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}]_{\text{aktif}} = 1 - e^{-\lambda^{230}T} + (\delta^{234}\text{U}_{\text{ölçülen}}/1000)[\lambda_{230}/(\lambda_{230} - \lambda_{234})](1 - e^{-(\lambda_{230} - \lambda_{234})T})$, burada T yaş değeridir.

Yarılanma sabitleri ²³⁰Th için $9,1577 \times 10^{-6} \text{ yıl}^{-1}$, ²³⁴U için $2,8263 \times 10^{-6} \text{ yıl}^{-1}$ ve ²³⁸U için $1,55125 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$ 'dir.

^dYaş verileri ²³⁰Th/²³²Th atomik oranı ($4 (\pm 2) \text{ ppm}$) kullanılarak hesaplanmıştır.

^e $\delta^{234}\text{U}$ başlangıç değerleri, ²³⁰Th yaş (T) değerlerine ($\delta^{234}\text{U}_{\text{başlangıç}} = \delta^{234}\text{U}_{\text{ölçülen}} \times e^{\lambda^{234}T}$) bağlı olarak hesaplanmıştır. T, düzeltilmiş yaş değeridir.

Çizelge 4.2'de görülen sonuçlara göre; örneklerdeki U seviyeleri düşüktür ve örneklerin büyük bir bölümünde 90-182 ppb aralığında değişmektedir. U değeri 300-500 ppb arasında değişen Güvercinlik Mağarası örneği yaşlandırma için iyi bir örnek teşkil etmekle birlikte; 9660-36793 ppt arasında değişen yüksek Th değerinden dolayı analiz sonucu güvenli bulunmamıştır.

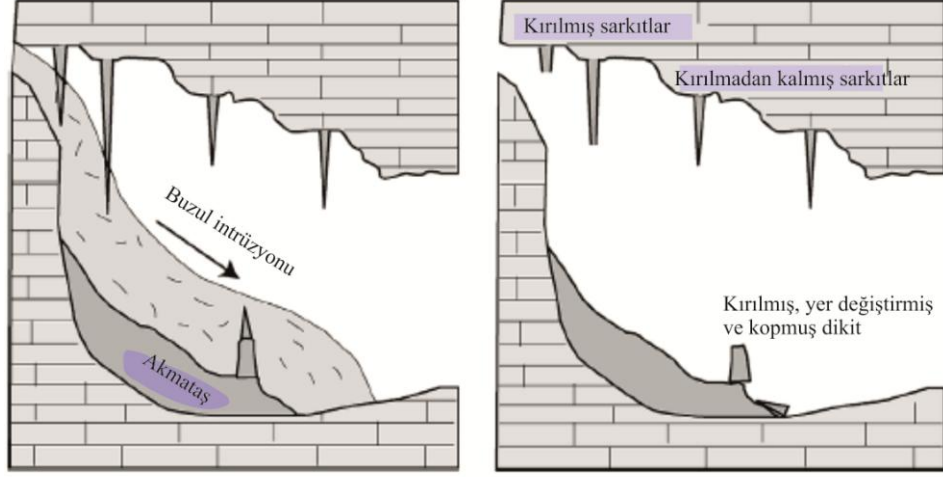
4.2.3.1. Değerlendirme

Mağara çökelleri üzerinde, özellikle paleosismoloji çalışmalarında seçilecek olan dikitlerde görülen deformasyonların öncelikli olarak nedenleri belirlenmeye çalışılır. Dikitlerde görülen deformasyonların; tektonik hareketlere, buzul intrüzyonuna ya da antropojenik etkiye (vandalizm) bağlı gelişip gelişmediği belirlenmelidir.

İnsanlık tarihi boyunca barınma, korunma, av alanı, inanç merkezi gibi çeşitli amaçlarla kullanılmış olan mağaralarda ve dolayısıyla sarkıt, akmetaş, dikit gibi mağara çökellerinde görülen devrilme, kuruma veya kırılma, parçalanma (vandalizm) gibi deformasyonlar büyük oranda insan kaynaklı olarak oluşmuştur. Mağara çökelleri üzerinde insanın doğrudan etkilerinin yanı sıra; mağaraların yakın çevrelerinde madencilik faaliyetleri ve buna bağlı olarak patlatma ve ağır tonajlı araçların neden olduğu titreşimler de mağara çökellerinde deformasyonların gelişmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, paleosismoloji ve paleoiklim çalışmaları için mağaralarda örnekleme yapılacağı zaman mağarada insan aktivitelerine ait izlerin çok iyi tanınması gerekmektedir.

Paleosismoloji ve paleoiklim verilerinin mağara çökellerinden elde edilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda, çökellerde karşılaşılabilecek deformasyonların bir diğer kaynağını buzul intrüzyonunun oluşturduğu kabul edilmektedir. Dağlık ve yüksek enlemlerde, iklimdeki soğumaya bağlı olarak, yükseklik denge koşullarının bozulmasından (yükseklik kaybı) dolayı buz tabakaları (veya kurak bölgelerdeki daimi kar örtüsü) ve glasiyerler yayılabilmektedir. Ancak, mağaraların ve dolayısıyla mağaraların hidroloji ve iç atmosfer koşullarının buzul hareketlerinden nasıl etkilendiği çok fazla bilinmemektedir [Sebela, 2008]. Dikitlerde, buzul intrüzyonuna bağlı gelişebilecek olası deformasyonlar şematik olarak Şekil 4.177'de verilmiştir. Genellikle, buzul intrüzyonuna bağlı deformasyonların gelişmiş olduğu düşünülen mağaralarda, buzul intrüzyonuna bağlı olarak mağara duvar ve tabanında buzul çentikleri gibi izler ve moren depoları aranmaktadır. Buzul intrüzyonuna benzer şekilde, özellikle sellenme bölgelerinde sel suları ve beraberinde taşınan

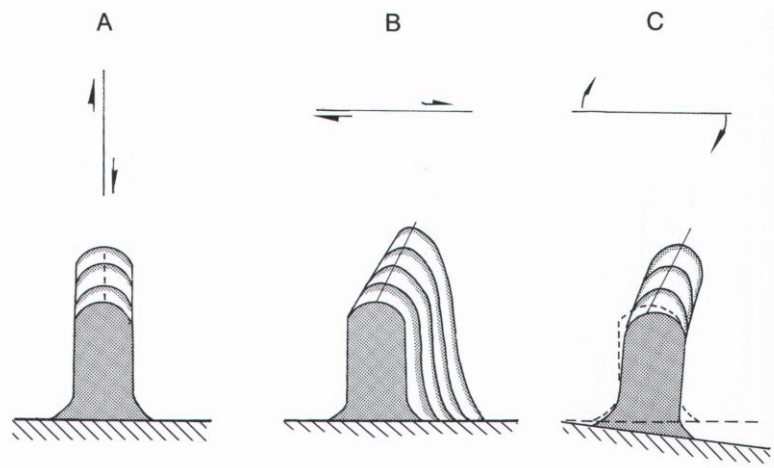
materyallerin mağara tabanında yayılması esnasında çökeller üzerinde deformasyonlar gelişebilmektedir.



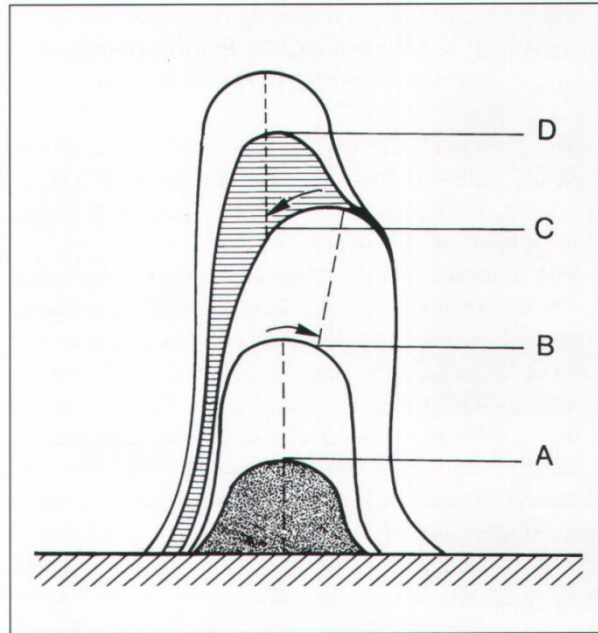
Şekil 4. 177. Snezma Jama mağarasındaki speleothemlerin kırılmalarına neden olan buzul intrüzyonunun şematik gösterimi [Spötl ve Mangini, 2007].

Dikitlerin boyuna kesitlerinde, laminalar arasında görülen kalınlık ve renk farklılığı ve özellikle gelişim eksen açısındaki değişimler; dikitin gelişim sürecinde ilksel konumunda ani bir değişimi göstermektedir. Paleoklim ve özellikle paleosismoloji çalışmalarında, dikit örneklerinde görülen bu değişimler olası bir sismik aktivitenin kanıtı olarak kabul edilmektedir [Forti, 2001; Gigli, 2005; Postpischl vd., 1991; Sebela, 2008]. Yeraltında, tektonik hareketlere bağlı gelişen titreşimlerin etkilerinin yüzeye göre daha düşük olmasına karşın; ko-sismik kırılmalara bağlı olarak, kısa sürede yüksek frekanslarda enerjinin daha fazla olacağı ve buna bağlı olarak da deprem odak merkezi uzak olan depremlerin uzun süreli düşük hızlanma hareketlerinin uzun-ince dikitler üzerinde sapma ve yerdeğişimlerine neden olabileceği kabul edilmektedir [Lacave vd., 2003; Becker vd., 2006]. Dikit gelişim eksen açısındaki değişimlere, mağaranın bulunduğu bölgenin yükselmesi veya alçalması sonucunda, dikitin ilksel konumunun zamana bağlı olarak değişmesinin neden olabileceği gibi; mağaranın yakın çevresinde yol çalışmaları, tünel, madencilik vb, mühendislik yapılarına bağlı olarak patlatma ve titreşimlerin de dikit gelişimlerinde deformasyonlara neden olabileceği belirtilmektedir [Bayarı ve

Özyurt, 2005; Lacave vd., 2003]. Tektonik hareketlerin dikit gelişimleri üzerindeki etkileri Şekil 4.178 ve Şekil 4.179'da şematik olarak verilmiştir.



Şekil 4. 178. Farklı tektonik hareketler ve tektonik hareketlerin dikitler üzerindeki etkileri. A- dikey hareket: damlama suyunun etkisi değişmeyeceği için dikit aynı kalır, etki olmaz; B- yatay hareket: dikit üzerine suyun damlama noktası değişir. Buna bağlı olarak, damlama noktasının değişimi boyunca asimetrik laminalar gelişir; C- dönme: dikit üzerine damlayan suyun damlama noktası değişmez, ancak dikit gelişim eksenini simetrik olarak değiştirir [Forti, 2001].



Şekil 4. 179. Dikitlerin iç yapılarında görülen deprem kanıtları; dikit gelişim ekseninde ani ve keskin değişimler (B ve C) ve laminalar arasında sismik şoklara bağlı gelişen olası doku, renk ve kimyasal bileşim değişimleri [Forti, 2001].

Mağara çökellerinden dikitlerde görülen kırılma, kopma, parçalanma, kuruma gibi deformasyonların tektonik hareketlere bağlı olarak gelişip gelişmediğinin saptanması aşamasında; deformasyonların mağara içerisinde belirli bir zonda ve diğer çökeller üzerinde de duvar damlataşlarında belirli hatlar boyunca kırılma veya dikit ve sarkıtlarda kırılma, kopma, devrilme gibi benzer deformasyonların gelişmiş olması beklenir. Bu verilere bağlı olarak, çalışma amacı doğrultusunda alınan dikit örneklerinde görülen deformasyonların nedenleri aşağıda irdelenmiştir:

Sakarlık Düdeni örnekleri; -52 m'lik tek inişle ulaşılan bir dikey mağara özelliğinde olan mağaraya özel ekipmansız ulaşımın mümkün olmaması nedeniyle insanların mağaraya girmesi ve dolayısıyla mevcut dikitler üzerinde antropojenik deformasyonun gelişmesi imkansızdır. Aynı şekilde, düdenin yakınlarında maden, taş ocağı vb faaliyetler ve bunlara bağlı olarak ağır tonajlı araçlardan bahsetmek mümkün değildir. Dikitlerde görülen kuruma, parçalanma gibi doğal süreçlere bağlı olarak gelişmiş deformasyonların dışında mevcut oluşumların büyük oranda korunmuş olmaları; Sakarlık Düdeni örneklerinde görülen deformasyonların antropojenik etkiye bağlı olarak gelişmediğini göstermektedir.

Düden araştırmasında, Sakarlık Düdeni örneklerinde görülen deformasyonların buzul intrüzyonuna bağlı olarak geliştiğini gösteren glasiyel kökenli moren, vb. birikimler görülmemiştir. Bununla birlikte buzul intrüzyonuna bağlı olarak gelişmiş olması gereken kırılmalardan ziyade; dikit gelişim eksen açılarındaki değişim ve laminalar arasındaki kalınlık ve çökelim farklılıkları nedeniyle buzul intrüzyonundan bahsetmek mümkün değildir. Bölüm 4.2.2.29'da detaylı olarak açıklanan Sakarlık Düdeni'nin gelişim mekanizması da dikkate alındığında, düdenine ait örneklerde görülen deformasyonların doğrudan ve/veya dolaylı olarak sismik aktiviteye bağlı olarak geliştiği söylenebilir.

Kepez Mağarası örneği; yaklaşık 370 m uzunluğa ve -65 m derinliğe ulaşan mağaranın yarı yatay gelişmiş olmasına bağlı olarak, insanların herhangi bir önlem almaksızın zorlanarak da olsa girebilecekleri bir mağara özelliğinde olmasına karşın; çökellerde doğal süreçlere bağlı olarak gelişmiş deformasyonların dışında herhangi

bir antropojenik etki görülmemektedir. Bölüm 4.2.2.49'da detaylı olarak açıklanan mağaranın KD-GB yönlü gelişimini kesintiye uğratan KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişen çökme ve oturmalara karşın; dikit örneğinde ve yakın çevresindeki diğer çökellerde devrilme, kırılma gibi deformasyonlar görülmemektedir. Sakarlak örneğinde olduğu gibi, buzul intrüzyonuna ve/veya sellenmeye bağlı gelişen deformasyon izlerinin görülmemesi; Kepez örneğinin lamina farklılıkları ve dikit gelişim eksen açısındaki sapmaların sismik aktivitelere bağlı gelişmiş olduğunu göstermektedir.

Prof. River ile elektronik ortamda yapılan görüşmede, Güvercinlik Mağarası örneğinin yaşlandırma için iyi bir örnek teşkil ettiği, ancak yüksek Th değerinden dolayı analiz sonucunun güvenli olmadığı belirtilmiştir [Shen, 2012]. Bu nedenle, Güvercinlik Mağarası'na ait dikit örneği U/Th yaş değerleri inceleme dışında tutulmuş, örnek yalnızca dikit dış ve iç morfolojisi kapsamında değerlendirilmiştir.

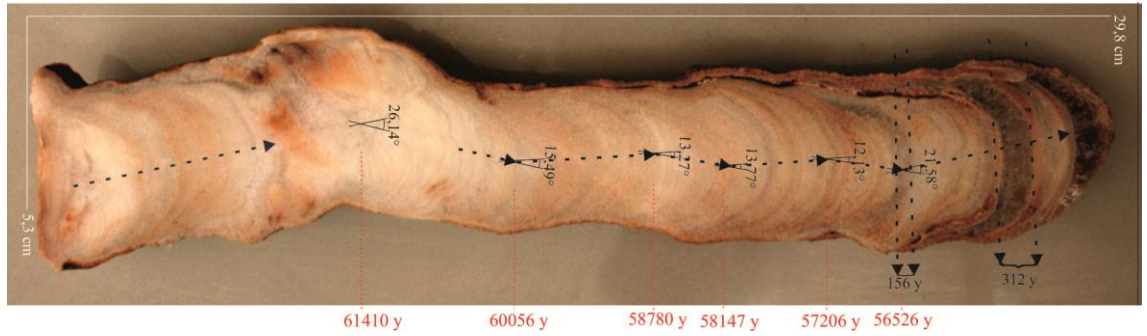
Sakarlak Düdeni örnekleri

Tez çalışması kapsamında, paleosismoloji ve paleoklim çalışmaları açısından uygun uniform dikitlere sahip olan Sakarlak Düdenine ait 3 dikit incelenmeye değer görülmüştür.

Sakarlak I örneği, mağaranın KB'sında yer alan ve ana galeri ile askıda kalan kolun birleştiği alanda çöken bir blok üzerinden alınmıştır (Şekil 4. 110b ve Şekil 4.180). Uniform olarak gelişmiş örneğin uzunluğu 29,8 cm'dir. Ortalama 5 cm olan dikit çapının gelişim boyunca fazla bir değişime uğramaması; dikiti besleyen suyun damlama sıklığında ve dolayısıyla su miktarında belirgin bir değişikliğin olmadığını göstermektedir. Ancak, gelişim yönünün değiştiği noktada görülen dikit çapındaki kısmi daralma, dikiti besleyen suyun damlama sıklığında dönemsel bir azalmayı göstermektedir.

Örneğin boyuna kesiti incelendiğinde, uç kesimlerinde daha belirgin olmak üzere, farklı laminalardan oluştuğu görülmektedir. Uç kesimine yaklaştıkça lamina kalınlıklarında belirgin değişimler görülmekle birlikte; özellikle uç kesiminde laminalar arasında belirgin çökel (sedimentasyon) farklılıkları görülmektedir.

Laminalar arasındaki farklılıklara benzer şekilde dikitin gelişim açıları da sapmalar görülmektedir. Çöken bir blok üzerinde gelişmeye başlayan diki, düdenin gelişim süreçlerinde olası oturma ve çökmelere bağlı olarak, gelişimi sekteye uğramış ve gelişim yönünde 6 farklı dönemde ortalama $12^\circ - 26^\circ$ arasında sapmalar meydana gelmiştir. Dikilerdeki laminalar arası çökel farklılıkları ile birlikte özellikle gelişim açısındaki değişimler, laminaların paralel gelişiminde çökelim süresince tektonik etkilere ve mağaradaki oturma ve çökmelere bağlı oluşmaktadır. Örneğin alındığı Sakarlak Düdeni, KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak gelişen ve günümüzde askıda kalmış olan kol ile bu hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişmiş ana galeriden oluşmaktadır. Sakarlak I örneği, ana galeri ile askıda kalan kolun birleşme noktasına yakın bir konumda tavandan çöken bir blok üzerinde gelişmiştir. Sonuç olarak, özellikle dikitin gelişim açısındaki 6 farklı döneme ait sapmalar doğrudan ve/veya dolaylı olarak tektonik etkilere bağlı olarak gelişmiştir. Dikiti besleyen suyun damlama noktasının değişmesine bağlı olarak dikitin gelişimi durmuştur.



Şekil 4. 180. Sakarlak I örneği boyuna kesiti üzerinde diki gelişim eksen açıları ve öngörülen yaş verileri.

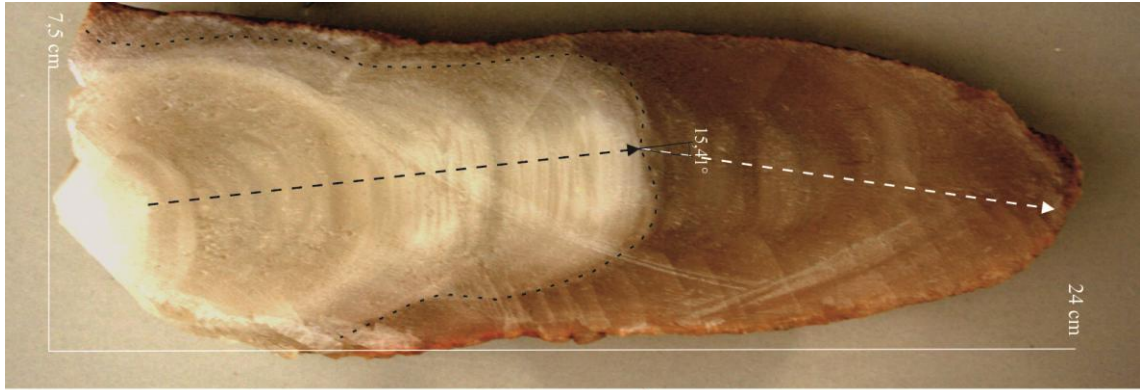
Örneğin oluşum zamanının belirlenmesi için taban ve uç kısımlarına ait iki farklı bölge örneklenmiş ve bu örnekler üzerinde MC-ICPMS tekniği ile U/Th (Uranyum/Toryum) yaş tayinleri yaptırılmıştır. Yaş tayinlerine göre örneğin taban ve uç kısımlarına ait yaşlar sırasıyla 65929 ± 337 ve 56439 ± 517 yıldır. Taban ve uç kısımlarına ait belirlenen oluşum zamanları, örnekleme noktaları arasındaki uzaklık ve dikitin uniform gelişimi dikkate alınarak hesaplanan ortalama büyüme hızı Sakarlak I örneği için $0,03 \text{ mm/yıl}$ 'dir. Bu değer, konu ile ilgili yayınlarda lamina büyüme hızı olarak belirtilen $0,015 \text{ mm/yıl} - 0,37 \text{ mm/yıl}$ aralığı içinde kalmaktadır

[Fairchild vd., 2010; Fleitmann vd., 2004; Frisa vd., 2003; Genty vd., 2001; Polyak ve Asmeron, 2001; Treble vd., 2003, White, 2007]. Ortalama büyüme hızı, örnekleme noktaları arasındaki uzaklık ile örneğin taban ve uç kısımlarına ait yaş değerleri dikkate alındığında örneğin, Pleistosen döneminde 9310 yıllık bir aralıkta geliştiği anlaşılmaktadır. Dikit gelişim ekseninde görülen sapmalar ve uç kesiminde görülen laminalar arasındaki çökel değişimlerinin, ortalama büyüme hızı ve örnek uzunluğu dikkate alınarak öngörülen zaman aralıkları ve dikit gelişim eksenindeki sapma açıları Şekil 4.180’de görülmektedir. Dikit gelişim eksenindeki en belirgin sapma günümüzden yaklaşık 61410 yıl öncesinde meydana gelmiş ve tektonik hareket dikitin gelişim ekseninde ortalama 26°’lik bir sapmaya neden olmuştur. Sonraki süreçlerde gelişim ekseninde ortalama 12°– 15° arasında sapmalara neden olan 4 farklı döneme ait tektonik etki görülmekle birlikte; bu 12° ve 15°’lik sapmaların sismik aktivitelere mi yoksa dikitin gelişim sürecinde mağara içerisindeki oturma ve çökmelere mi bağlı olarak geliştiğinin belirlenmesi zordur. Ancak, dikitin çöken bir blok üzerinden alındığı göz önünde bulundurulduğunda; gelişim eksenindeki 26°’lik sapmanın tektonik hareketlere bağlı olarak geliştiğini, sonraki süreçte görülen 12° ve 15°’lik sapmaların ise tektonik hareketlere bağlı olarak gelişen oturma ve çökmelere bağlı geliştiği söylenebilir. Günümüzden 56526 yıl önce meydana gelen, dikit gelişim eksenindeki yaklaşık 21°’lik sapma ise oturma ve çökmeden ziyade; çökel farklılıkları da dikkate alınarak tektonik hareketlere bağlı olarak gelişmiş olmalıdır.

Gelişim ekseninde görülen son sapma noktasından itibaren, yıllık ortalama büyüme hızı, taban ve uç kısımlara ait yaş verileri ile örnek uzunluğu dikkate alınarak öngörülen 156 yıllık zaman aralığında sedimantasyonda değişim görülmektedir. Bu noktaya kadar örnek, genel olarak beyaz ve çok açık kahverengi laminalardan oluşmasına karşın; bu noktadan itibaren renk koyulaşmaktadır. Dikitlerin gelişim süreçlerinde koyu renkli laminalar organik maddece zengin katmanları göstermektedir [Bayarı ve Özyurt, 2005; Bradley, 1999; Fairchild vd., 2010; Van Beynen vd., 2004; Meyer vd., 2008; Webster vd., 2007; White, 2007]. Organik maddece zengin koyu katmanlar, çökelişimin gerçekleştiği dönemdeki bitki örtüsünün nispeten daha zengin olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde örneğin uç kısmında görülen ve yaklaşık aynı kalınlıkta bulunan diğer iki renkli katman, bitki

örtüsünün zengin olduğu iklim döneminin yaklaşık aynı zaman aralığına sahip olduğunu göstermektedir. Dikit gelişim sürecinde, damlayan suyun bünyesinde bulunan organik ve inorganik bileşik ve elementler karbonatlarla birlikte çöker. Organik faaliyetlerin sıcak ve/veya ılıman iklim koşullarında daha yoğun olmasına bağlı olarak; dikiti besleyen su toprak zondan geçerken bünyesine daha fazla organik madde alır [Bayarı ve Özyurt, 2005]. Dolayısıyla, Sakarlak I örneğinin uç kısımlarında görülen organik maddece zengin koyu renkli katmanlar dikitin gelişim sürecindeki ılıman ve/veya sıcak iklim dönemlerini göstermektedir.

Sakarlık II örneği, mağaranın bulunduğu bölgede ana tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya bağlı olarak KD-GB yönünde gelişmiş, sonraki süreçlerde gelişimi kesintiye uğrayarak askıda kalmış olan koldan alınmıştır (Şekil 4.181). Ana galeriden ortalama 5 m yüksekte bulunan bu kol, damlataş oluşumu açısından düdenin en zengin bölümünü oluşturmaktadır. Bu bölümde görülen ve ana galeridekilere oranla nispeten küçük boyutlardaki sarkit ve dikitler üzerinde, doğal süreçlere bağlı olarak gelişmiş kuruma, parçalanma, vb. deformasyonların dışında herhangi bir deformasyon gelişmemiştir.



Şekil 4. 181. Sakarlak II örneği boyuna kesiti üzerinde dikit gelişim eksenindeki sapma ve öngörülen yaş verisi.

24 cm uzunluğa sahip olan örneğin dikit çapı taban kısmında 7,5 cm iken, uç kısımda çap yaklaşık 3 cm civarındadır. Dikey gelişim eksenini boyunca çap değişiminin genel olarak düzenli olmasına karşın; orta kesiminde görülen daralma, dikiti besleyen su miktarında dönemsel bir azalmanın olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte dikitte görülen daralma, tektonik hareketlere bağlı olarak damlayan

suyun kesintiye uğraması ya da dönemsel soğuk ve kurak iklim koşullarına bağlı olarak geliştiği düşünülebilir.

Örneğin oluşum zamanının belirlenmesi amacıyla, taban ve uç kısımlarına ait iki farklı bölgede örnekleme yapılmış ve bu örnekler üzerinde MC-ICPMS tekniği ile U/Th yaş tayinleri yaptırılmıştır. Yaş tayinlerine göre; örneğin taban ve uç kısımlarına ait yaşlar sırasıyla 359866 ± 8622 ve 406737 ± 11736 yıldır. Taban ve uç kısımlarına ait belirlenen oluşum zamanları, örnekleme noktaları arasındaki uzaklık ve dikit gelişim çap değişiminin düzenli olması dikkate alınarak hesaplanan ortalama büyüme hızı Sakarlak II örneği için $0,005$ mm/yıl'dır. Bu değer, literatürde verilen büyüme hızı olarak belirtilen $0,015$ mm/yıl – $0,37$ mm/yıl aralığı içinde yer almamaktadır [Fairchild vd., 2010; Fleitmann vd., 2004; Frisa vd., 2003; Genty vd., 2001; Polyak ve Asmeron, 2001; Treble vd., 2003, White, 2007]. Buna karşın; bir mağarada gelişen dikitlerin yapısal, dokusal ve kimyasal bileşiminde farklılıklar olabileceği gibi büyüme hızlarında da farklılıklar olabilmektedir [Bradley, 1999; Kaufmann, 2003]. Genel olarak dikitlerin şekli ve büyüklükleri, dikitleri besleyen suların miktarı, suyun akış şekli ve içeriğindeki CO_2 oranına bağlı olarak değişmektedir. Ortalama büyüme hızı, örnekleme noktaları arasındaki uzaklık ve örneğin taban ve uç kısımlarına ait yaş değerleri birlikte ele alındığında, örneğin Pleistosen döneminde, yaklaşık 49985 yıllık bir aralıkta yavaş bir gelişim gösterdiği anlaşılmaktadır.

Örneğin boyuna kesiti incelendiğinde, dikitin belirgin iki farklı laminadan oluştuğu görülmektedir. Oldukça belirgin bir biçimde birbirinden ayrılan iki lamina arasında çökel farklılığının yanı sıra; dikit gelişim eksen açısında da ortalama 15° 'lik bir sapma bulunmaktadır. Daha önceki bölümlerde değinildiği üzere, örnek gelişim eksenindeki bu değişim tektonik hareketlere bağlı olarak gelişmiş olmalıdır. Yaklaşık 14 cm kalınlığa sahip beyaz lamina, çökelinin soğuk ve az yağışlı bir dönemde geliştiğini ve dikiti besleyen suyun yalnızca kalsiyum ve karbonat iyonlarının birleşiminden oluştuğunu göstermektedir. Buna karşın; koyu renkli kesim, çökelinin ılıman ve/veya sıcak ve yağışlı iklim koşullarında geliştiği ve dikiti besleyen suyun organik maddece zengin olduğunu göstermektedir [Bayarı ve Özyurt, 2005; Bradley, 1999; Fairchild vd., 2010; Van Beynen vd., 2004; Meyer vd., 2008; Webster vd.,

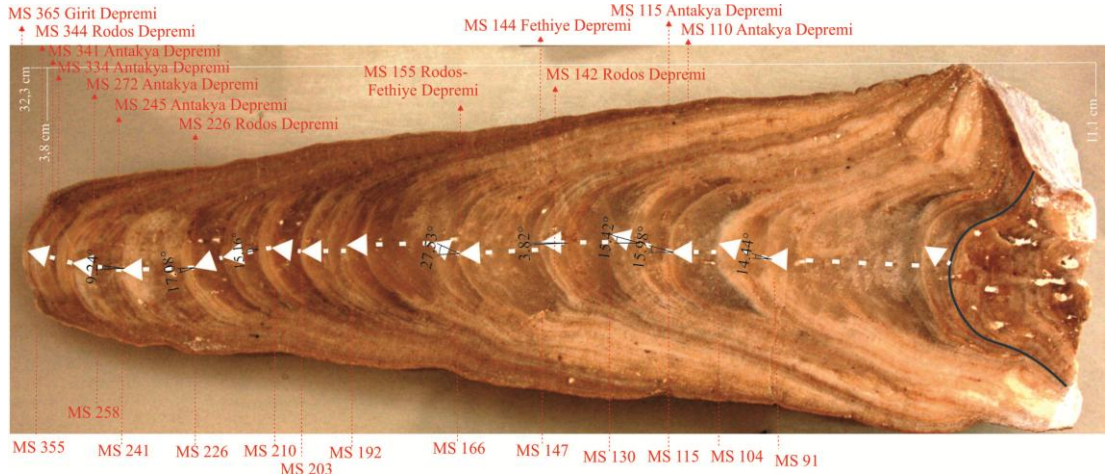
2007; White, 2007]. Mağaranın, gelişimi kesintiye uğrayarak günümüzde askıda kalmış olan kolundaki diğer damlataş oluşumlarında olduğu gibi; Sakarlak II örneğinin gelişimi, dikiti besleyen suyun damlama noktasının değişmesi ve/veya tıkanması sonucu durmuştur.

Yaş tayinlerine göre Sakarlak I ve Sakarlak II örneklerinin yaş aralığı sırasıyla 65929 ± 337 ve 56439 ± 517 yıl ve 359866 ± 8622 ve 406737 ± 11736 yıldır. Bu veri dikkate alındığında örnekler, Pleistosen döneminde gelişmiştir. Literatürde, Holosen döneminden önceki 90.000 yıldan, 8.000-10.000 yıl öncesine kadar Avrupa kıtasının büyük bir kısmının 3 km'ye varan kalınlıklarda buzullarla kaplı olduğu ve bu dönemde görülen iklimsel dalgalanmada soğuma dönemlerinin yavaş, ısınma dönemlerinin ise hızlı geliştiği belirtilmektedir [Altın, 2007]. Bu veriler ışığında, Sakarlak I ve Sakarlak II örneklerinin beyaz – açık kahve renkli kesimleri soğuk ve az yağışlı, koyu renkli kesimleri ise ılıman ve/veya sıcak ve yağışlı iklim koşullarını yansıtmaktadır.

Sakarlak IV örneği, çok sayıda ve büyük boyutlarda tavandan çökmüş blokların bulunduğu mağara ana galerisinin güney ucundan alınmıştır (Şekil 4.182). Ana galeriyi kaplayan kalın çamur tabakasına bağlı olarak, üzerleri yaklaşık 20 cm çamurla kaplı olan bu çöken bloklar üzerinde tavandan damlayan suların çarpma etkisiyle oluşmuş oyuklar bulunmasına ve bu oyukların hemen üzerindeki tavanın sarkıtlarla dolu olmasına karşın; bu oyuklarda herhangi bir dikit gelişimi görülmemektedir. Bu durumun; sık sık sellenmeye maruz kaldığının izlerini barındıran ana galeride, çökelinin kilce zengin çamur tarafından kesintiye uğramasına bağlı olarak geliştiği söylenebilir. Bu oyukların hemen yanında bulunan ve yer yer 5 m yüksekliğe ulaşan bloklar üzerinde görülen damlataş oluşumlarının alt seviyelerinde çamur sıvanımları dışında kopma, kırılma ya da devrilme gibi herhangi bir deformasyonun görülmemektedir. Birbirine yakın konumda olan çökmüş bloklar üzerinde görülen farklılık, mağaranın bu bölümünde oturma ve çökmelerin uzun dönemdir gerçekleşmediğini ve sellenme dönemlerinde ana galeriyi kaplayan çamur tabakasının bu bölümlere ulaşmadığını ve dolayısıyla mağaranın bu bölümünün göreceli olarak duraylı olduğunu göstermektedir.

Sakarlık IV örneği 32,3 cm uzunluğunda, taban ve uç çapları sırasıyla 11,1 cm – 3,8 cm olan bir dikit örneğidir. Tipik bir gelişim gösteren dikitin tabanından uç kısımlarına gidildikçe dikit çapında görülen azalma, dikiti besleyen su miktarının dönemsel olarak azaldığını göstermektedir. Dikiti besleyen suyun miktarı, suyun akış şekli ve içeriğinde CO₂ oranındaki değişimlere bağlı olarak çökelim hızı ve miktarı değişmektedir. Dolayısıyla, artan çökelim miktarına bağlı olarak dikit genişlemekte; tersi durumda ise dikit çapında daralmalar görülmektedir.

Örneğin boyuna kesiti incelendiğinde, koyu ve açık renkli laminaların ardalanmasından oluştuğu görülmekle birlikte; laminalar arasında yer yer boşluklar görülmektedir. Genel olarak; çökelimdeki boşluklar, sıcaklık artışı, nem kaybı ve mağara atmosferindeki hava sirkülasyonuna bağlı gelişen buharlaşma sonucu oluşmaktadır [Boch, 2008; Meyer vd., 2008]. Daha önceki örneklerde değinildiği üzere, koyu renkli laminalar bitki örtüsünün zengin olduğu ılıman ve/veya sıcak iklim dönemlerini, beyaz ve açık renkli laminalar ise soğuk ve az yağışlı iklim dönemlerini göstermektedir.



Şekil 4. 182. Sakarlık IV örneğine ait öngörülüş yıl verileri ile deprem verilerinin karşılaştırılması.

Örneğin oluşum zamanının belirlenmesi için, taban ve uç kısımlarına ait iki farklı bölge örneklenmiş ve bu örnekler üzerinde MC-ICPMS tekniği ile U/Th yaş tayinleri yaptırılmıştır. Yaş tayinlerine göre, örneğin taban ve uç kısımlarına ait yaşlar sırasıyla 780±919 yıl ve 775±2732 yıldır. Taban ve uç kısımlarına ait belirlenen oluşum zamanları, örnekleme noktaları arasındaki uzaklık ve dikitin

gelişim eksenini boyunca lamina kalınlık değişimleri dikkate alınarak hesaplanan ortalama büyüme hızı Sakarlak IV örneği için 1,25 mm/yıl'dır. Bu değer, literatürde 0,015 mm/yıl – 0,37 mm/yıl olarak verilen büyüme hız aralığında yer almamaktadır [Fairchild vd., 2010; Fleitmann vd., 2004; Frisa vd., 2003; Genty vd., 2001; Polyak ve Asmeron, 2001; Treble vd., 2003, White, 2007]. Ancak; daha önceki bölümlerde değinildiği gibi, aynı mağarada gelişen dikitlerin yapısal, dokusal ve kimyasal bileşiminde farklılıklar olabileceği gibi büyüme hızlarında da farklılıklar olabilmektedir. Ortalama büyüme hızı, örnekleme noktaları arasındaki uzaklık ve örneğe ait yaş değerleri birlikte değerlendirildiğinde, örneğin M.S. 55 ile M.S. 313 yılları arasında, yaklaşık 258 yıllık bir aralıkta hızlı bir gelişim gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu zaman aralığı, çeşitli iklim göstergelerinden (ağaç halkaları, göl çökelleri, mağara çökelleri, vb.) belirlenen geçmişteki küresel hava sıcaklığının Milat başlangıcı ile M.S. 1000 arasında genel bir artış eğilimi içinde olduğu belirtilen dönem içerisinde yer almaktadır [Şenoğlu, 2006]. Ortalama büyüme hızı, örnekleme noktaları arasındaki uzaklık ve yaş verilerine bağlı olarak; dikit gelişim eksenindeki sapma noktalarına ait öngörülen yaşlar Şekil 4.182'de verilmiştir.

Olası depremlerin kanıtları olarak görülen dikit gelişim eksenindeki sapmalara ait öngörülen yaşlar ile literatürde verilen tarihsel depremlerin oluş zamanları karşılaştırıldığında, dikit gelişim eksenindeki sapmalar ile verilen deprem zamanlarının çok büyük oranda örtüştüğü görülmektedir. Dikit gelişim eksenindeki sapmalara ait öngörülen yaş verilerine bağlı olarak oluşturulan yıl değerlerinde, diğer tüm örneklerde olduğu gibi, ± 10 yıl düzeyinde hata olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu veriler ışığında; dikit gelişim ekseninde yaklaşık 16° 'lik bir sapmanın meydana geldiği noktada öngörülen yıl değeri M.S. 115 yılıdır. Bu tarih, literatürde M.S. 110 ve M.S. 115 Antakya depremleri ile örtüşmektedir. Literatürde M.S. 110 Antakya depreminin 8 şiddetinde, M.S. 115 Antakya depreminin ise 9 şiddetinde olduğu ve deprem sonucunda yaklaşık 260.000 kişinin öldüğü belirtilmektedir [Erel ve Adatepe, 2007]. M.S. 115 yılında meydana gelen depremin muhtemelen Kıbrıs Yayı'nda, denizde meydana geldiği ve bu güçlü deprem sonucu oluşan tsunami dalgalarının 200 km'lik bir mesafe içerisinde Akdeniz'e kıyısı olan yerleşim yerlerinde yıkıcı etkilerinin olduğu belirtilmektedir [Altınok vd., 2011; Sbeinati vd., 2005]. Akdeniz'de tektonik kökenli tarihsel

tsunamilerle ilgili yapılan bir modellemede Helen Yayı'nda 8 büyüklüğündeki bir deprem sonucu oluşan tsunami dalgalarının 1 saat içerisinde tüm Doğu Akdeniz kıyılarına ulaştığı ve Türkiye'nin güneybatı kıyıları, Rodos Adası, Ege'nin güney kıyıları, Girit, Mısır ve Libya'nın doğusunun bu tsunami dalgalarından en fazla etkilenen alanlar olduğu belirtilmektedir [Tinti vd., 2005]. M.S. 147 olarak öngörülen yılda, dikit gelişim eksen açısında görülen yaklaşık 4°'lik sapma ise, şiddeti 8 olan M.S. 142 Rodos, M.S. 144 Fethiye ve M.S. 148 Rodos depremleri ile paralellik göstermektedir [Antonopoulos, 1980; Erel ve Adatepe, 2007, Papadopoulos vd., 2007]. M.S. 226 olarak öngörülen yılda, dikit gelişim ekseninde görülen yaklaşık 17°'lik sapma ise 8 şiddetindeki M.S. 226 Rodos depremi ile birebir örtüşmektedir [Erel ve Adatepe, 2007]. Tüm dikit boyunca gelişim eksen açısındaki en büyük sapma değeri olan yaklaşık 28°'lik sapmanın öngörülen tarihi olan M.S. 166 yılı, M.S. 155 yılında Rodos ve Fethiye'de 10 şiddetinde meydana geldiği belirtilen depremle ilişkili olmalıdır [Shebalin vd., 1974]. Dikit gelişim eksen açısında yaklaşık 9°'lik sapmanın olduğu M.S. 241 yılı, literatürde şiddeti 10 olarak verilen M.S. 245 Antakya depremi ile örtüşmektedir [Erel ve Adatepe, 2007; Sbeinati vd., 2005]. Benzer şekilde, dikitin uç kesimlerinde görülen lamina kalınlık ve renk farklılıkları ile dikit gelişim eksen açısındaki nispeten küçük dereceli sapmalar; M.S. 262 Anadolu depremi, M.S. 272 Fethiye depremi ile literatürde 9 şiddetindeki M.S. 334 Antakya depremi, 8 şiddetindeki M.S. 341 Antakya depremi, M.S. 342 Kıbrıs depremi, Rodos'un büyük oranda yıkıldığı belirtilen 9 şiddetindeki M.S. 344 Rodos depremi ve yaklaşık 9 m yüksekliğinde tsunami dalgalarının oluştuğu belirtilen 9 şiddetindeki M.S. 365 Kıbrıs-Girit depremi ile büyük oranda paralellik göstermektedir [Antonopoulos, 1980; Carayannis, 2011; Erel ve Adatepe, 2007; Papadopoulos vd., 2007; Sbeinati vd., 2005; Soloviev vd., 2000; Tinti vd., 2005]. M.S. 262 Anadolu depremi sonucunda çok sayıda ölümlerle sonuçlanan yıkımların olduğu, kıyı bölgelerindeki birçok yerleşim bölgesinin denizin ilerlemesi sonucu sular altında kaldığı ve birçok yerde zeminde büyük yarıklar ve çatlakların oluştuğu belirtilmektedir [Antonopoulos, 1980]. M.S. 334 yılında meydana gelen depremin tüm yakın doğuda hissedildiği; 341 yılında ise Antakya'nın üç gün boyunca şiddetli depremle sarsıldığı ve yaklaşık 40.000 insanın öldüğü belirtilmektedir [Sbeinati vd., 2005]. M.S. 341 ve M.S. 343 yılları arasında Anadolu'nun güney kıyıları ile Kıbrıs

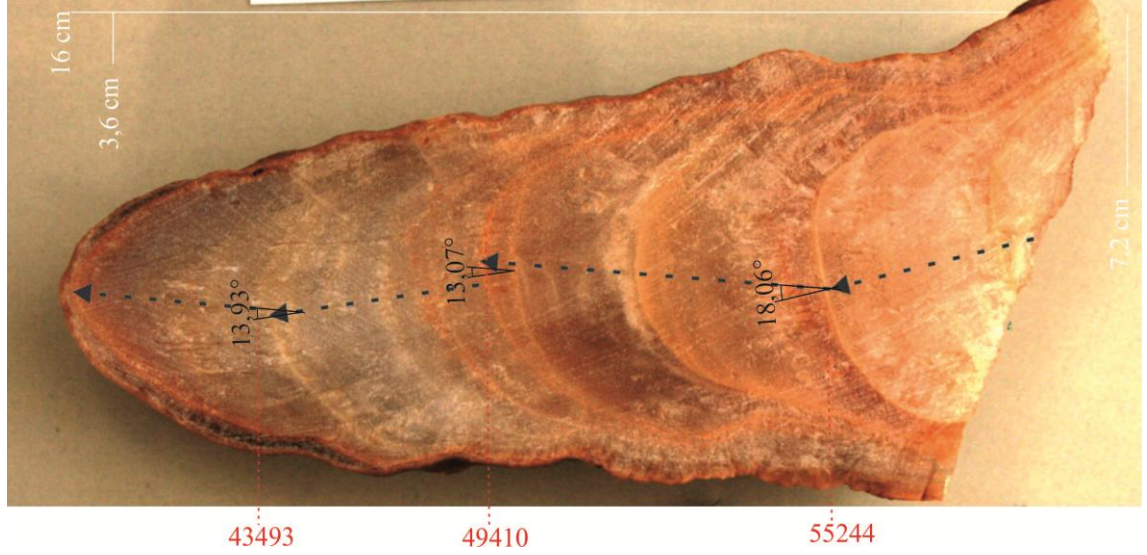
adasında bir dizi yıkıcı depremlerin meydana geldiği ve M.S. 342 Kıbrıs depremi sonucunda Salamis şehrinin büyük bir kısmının battığı ve Gazimagusa körfezi suları altında kaldığı belirtilmektedir [Antonopoulos, 1980]. M.S. 365 Kıbrıs-Girit depremi ile ilgili yapılmış çalışmalarda; deprem ve tsunami dalgalarının çok geniş bir alanda felakete neden olduğu, hatta İzmit'in ciddi oranda etkilendiği ve tsunami dalgalarının Anadolu kıyılarında etkili olduğu, en büyük etkinin Doğu Akdeniz kıyılarında olduğu belirtilmektedir [Antonopoulos, 1980; Carayannis, 2011; Papadopoulos vd., 2007; Soloviev vd. 2000; Tinti vd., 2005].

Dikit gelişim eksenindeki farklı dönemlere ait sapmalar, belirgin bir şekilde doğrudan ve/veya dolaylı olarak tektonik hareketlere bağlı olarak gelişmiştir ve dikiti besleyen suyun damlama noktasının değişmesine ve/veya besleyen kanalın tıkanmasına bağlı olarak dikitin gelişimi sonlanmıştır. Sonuç olarak; Sakarlak IV örneğine ait veriler, mağara çökelleri üzerinde özellikle paleosismoloji çalışmaları için oldukça yararlı sonuçlar veren ve geçmiş deprem kayıtlarının kanıtı olarak görülen dikit gelişim eksen açılarındaki sapmalar ile laminalar arası kalınlık ve renk farklılıklarının sismik aktiviteye bağlı olarak değişiminin en güzel örneğini oluşturmaktadır. Bu bir anlamda, yazılı belgelerde bulunmayan tarihsel ve tarih öncesi dönemlerde oluşmuş depremlere ait verilerin dikitler üzerinde yapılan analizler sonucunda elde edilebileceğinin de kanıtını oluşturmaktadır.

Kepez Mağarası Örneği

Kepez Mağarası Örneği, bölgedeki hakim tektonik hat olan KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya paralel olarak KD-GB yönünde gelişen ana galerinin gelişiminin kesintiye uğrayarak, KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak ötelendiği ve girişe göre yaklaşık -65 m seviyesinde bulunan koldan alınmıştır (Şekil 4.183). 16 cm uzunluğa sahip olan örneğin dikit çapı taban kısmında 7,2 cm iken, uç kısmında çap yaklaşık 3,5 cm civarındadır. Dikey gelişim eksenini boyunca çap değişimi genel olarak düzenli olmasına karşın; dikit çapında, belirgin olarak dört farklı dönemde daralma görülmektedir. Dikit çapında görülen bu daralmalar, dikiti besleyen su miktarında dönemsel bir azalmayı göstermekle birlikte; tektonik

hareketlere bağlı olarak damlayan suyun kesintiye uğraması ya da dönemsel soğuk ve kurak iklim koşullarına bağlı olarak daralma gerçekleşmiş olmalıdır.



Şekil 4. 183. Kepez örneği boyuna kesiti üzerinde dikit gelişim eksen açılarındaki sapmalar ve öngörülen yaş verileri.

Örneğin oluşum zamanının belirlenmesi amacıyla, taban ve uç kısımlarına ait iki farklı bölgede örnekleme yapılmış ve bu örnekler üzerinde MC-ICPMS tekniği ile U/Th yaş tayinleri yaptırılmıştır. Yaş tayinlerine göre; örneğin taban ve uç kısımlarına ait yaşlar sırasıyla 31688 ± 194 yıl ve 58552 ± 441 yıldır. Taban ve uç kısımlarına ait belirlenen oluşum zamanları, örnekleme noktaları arasındaki uzaklık ve dikit gelişim çap değişiminin genel olarak düzenli olması dikkate alınarak hesaplanan ortalama büyüme hızı Kepez örneği için $0,006$ mm/yıl'dır. Bu değer, literatürde büyüme hızı olarak belirtilen $0,015$ mm/yıl – $0,37$ mm/yıl aralığı içinde yer almamaktadır [Fairchild vd., 2010; Fleitmann vd., 2004; Frisa vd., 2003; Genty vd., 2001; Polyak ve Asmeron, 2001; Treble vd., 2003, White, 2007]. Buna karşın; daha önceki bölümlerde değinildiği gibi, aynı mağaraya ait dikitlerde dahi, dikitlerin yapısal, dokusal ve kimyasal bileşiminde farklılıklar olabileceği gibi büyüme hızlarında da farklılıklar olabilmektedir [Bradley, 1999; Kaufmann, 2003]. Ortalama büyüme hızı, örnekleme noktaları arasındaki uzaklık ve örneğin taban ve uç kısımlarına ait yaş değerleri dikkate alındığında, örneğin Pleistosen döneminde, yaklaşık 27111 yıllık bir aralıkta yavaş bir gelişim gösterdiği anlaşılmaktadır.

Örneğin boyuna kesiti incelendiğinde, dikit gelişim eksen açısında üç farklı dönemde sapmanın gerçekleştiği görülmektedir. Dikit gelişim eksenindeki en belirgin sapma ortalama 18° olarak gerçekleşmiştir. Ortalama büyüme hızı ve örnek uzunluğu dikkate alınarak öngörülen yaşa göre dikit gelişim ekseninde 18° lik sapma günümüzden yaklaşık olarak 55244 yıl öncesinde meydana gelmiştir. Bu değer, Kepez Mağarası'nın yaklaşık 9 km GB'sında yer alan Sakarlak I örneği ile deneştirilebilir. Sakarlak I örneğine ait U/Th yaş verisinin 56439 ± 517 yıl ile 65929 ± 337 yıl olması dikkate alındığında; Kepez örneğinde görülen 18° lik sapma, Sakarlak I örneğinde yaklaşık 56526 yıl önce meydana geldiği öngörülen, dikit gelişim ekseninde ortalama 21° lik bir sapmaya neden olan sismik aktiviteye bağlı olarak gelişmiş olmalıdır. 18° lik sapmanın dışında, dikit gelişim eksen açısında iki farklı dönemde ortalama 13° - 14° olarak gelişen sapmalara bağlı olarak, Pleistosen döneminin sonlarına doğru gelişen Kepez örneğinin laminalar arasındaki kalınlık ve renk farklılığı ile birlikte üç farklı dönemde sismik aktiviteden etkilendiği görülmektedir.

Örneğin boyuna kesiti incelendiğinde, koyu ve açık renkli laminaların ardalanmasından oluştuğu görülmekle birlikte; laminalar arasında sıcaklık artışı, nem kaybı ve mağara atmosferindeki hava sirkülasyonuna bağlı gelişen buharlaşma sonucu yer yer boşlukların oluştuğu görülmektedir [Boch, 2008; Meyer vd., 2008]. Daha önceki örneklerde değinildiği üzere, koyu renkli laminalar bitki örtüsünün zengin olduğu ılıman ve/veya sıcak iklim dönemlerini, beyaz ve açık renkli laminalar ise soğuk ve az yağışlı iklim dönemlerini göstermektedir [Bayarı ve Özyurt, 2005; Bradley, 1999; Fairchild vd., 2010; Van Beynen vd., 2004; Meyer vd., 2008; Webster vd., 2007; White, 2007].

Bu veriler ışığında; Kepez örneği, Pleistosen döneminin sonlarında gelişmiştir. Literatürde bu dönem, Holosen döneminden önce Avrupa kıtasının büyük bir kısmının 3 km kalınlıkta buzullar kaplı olduğu ve bu dönemde görülen iklimsel dalgalanmada soğuma dönemlerinin yavaş, ısınma dönemlerinin ise hızlı geliştiği belirtilmektedir. Bu bilgiye bağlı olarak; Kepez örneğinin boyuna kesiti incelendiğinde, soğuk ve az yağışlı dönemi gösteren organik maddece fakir açık renkli çökelimin, iklimsel dalgalanmada görülen ve hızlı geliştiği belirtilen ısınma

dönemine bağlı olarak organik maddece zenginleştiği ve koyu renge dönüştüğü görülmektedir. Günümüzden yaklaşık 49410 yıl öncesinde, iklimsel dalgalanmada soğuma dönemini gösteren açık renkli çökelinin tekrarlandığı ve devamında yaklaşık 43493 yıl öncesinde iklimde yeniden bir ısınma döneminin yaşandığı söylenebilir.

Güvercinlik Mağarası örneği



Şekil 4. 184. Güvercinlik Mağarası'ndan alınan dikit örneğinin boyuna kesiti.

Çalışma alanının en güneyinde yer alan Güvercinlik Mağarası'nda bulunan tek damlataş örneği olmasına karşın; yüksek Th değerinden dolayı U/Th yaş tayin sonuçları güvenli bulunmamış ve dolayısıyla yaş verilerine bağlı bir değerlendirme yapılamamıştır. Örneğin dış morfolojisi tipik bir dikit gelişimini göstermekle birlikte; boyuna kesiti incelendiğinde, mağara duvarında gelişmeye başlayan ancak gelişimi durmuş bir akmataş üzerinde gelişmiş ikincil bir oluşum olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4. 184). Kesit incelendiğinde; ılıman iklimin göstergesi olan ve organik madde içeriğine bağlı olarak koyu renkli laminalar ve bu katmanın üzerinde gelişmiş soğuk iklim koşullarını yansıtan açık renkli laminalardan oluşan akmataşın gelişiminin, ani bir şekilde kesintiye uğradığı anlaşılmaktadır [Bayarı ve Özyurt, 2005; Bradley, 1999; Fairchild vd., 2010; Van Beynen vd., 2004; Meyer vd., 2008; Webster vd., 2007; White, 2007]. Bu kesintinin, günümüzde kısmen denizaltı mağarası konumunda olan Güvercinlik Mağarası'nın Akdeniz su seviyesindeki yükselmeye bağlı olarak boğulması sonucunda oluştuğu söylenebilir. Zira kesitte koyu renkli

laminalardan bağımsız bir şekilde duran parça, mağaralarda göllenmenin izi olarak kabul edilen olası bir popcorn yapısı olarak görülmektedir.

Kesitte, akmataş gelişimi devam ederken Akdeniz su seviyesindeki yükselime bağlı olarak mağaranın boğulması sonucunda, mağarayı dolduran suyun yavaş bir şekilde boşalma aşamasında oluşmuş olması muhtemelen popcorn yapısının üzerine açık renkli çökelim gelişmeye başlamıştır. Bu açık renkli akmataş katmanlarının kalınlığının, olası popcorn yapısını çevrelediği noktalarda benzer olması beklenir. Ancak, kesit incelendiğinde olası popcorn yapısının hemen üstünden itibaren, açık renkli akmataş gelişiminin keskin bir biçimde sonlandığı görülmektedir. Çökelimde, oldukça belirgin bir açılma uyumsuzluğun bulunduğu bu hat boyunca bir kırılma gerçekleşmiş olmalıdır. Akmataşlar, genel olarak karbonatça zengin suyun duvar boyunca süzülmesi ve süzüldüğü noktalarda karbonatın ve suyun içeriğindeki organik ve inorganik materyallerin çökmesine bağlı olarak gelişirler. Bu bilgi ışığında; kırılma düzleminde itibaren tipik bir dikit gelişimi örneği sunan ikincil açık renkli laminalara bağlı olarak, akmataşı oluşturan suyun mağara duvarından süzülmesinin sonlanarak, suyun damlama noktasının ötelenildiği söylenebilir. Suyun damlama noktasındaki ötelenme tektonik hareketlere bağlı olarak açıklanabilir olmakla birlikte, kesitte oldukça belirgin bir şekilde görülen kırılma düzleminin, yaş verileri olmadan yalnızca tektonik etkiye bağlı olarak açıklanması oldukça güçtür. Zira dikitte görülen kırılma antropojenik etkiye (vandalizm) bağlı olarak da gerçekleşmiş olabilir. Önceki örneklerde değinildiği üzere, aynı mağarada aynı yaş aralığında gelişmiş dikit örneklerinde dokusal, yapısal, kimyasal bileşimlerinde ve büyüme hızlarında da farklılıklar olabilmektedir. Dolayısıyla, herhangi bir şekilde antropojenik etkiye bağlı olarak kırılma gerçekleşmiş ve kırılma düzlemi üzerinde gelişmeye başlayan açık renkli laminalar hızlı bir gelişim göstermiş olabilir. Yüksek Th değerlerinden dolayı güvensiz yaş verilerine bağlı değerlendirme güçlüğüne yanı sıra, mağarada bu örnek dışında başka bir damlataş oluşumunun olmaması da Güvercinlik örneğinin sağlıklı değerlendirilmesini güçleştirmektedir.

4.2.4. Karstlaşmayı Denetleyen Parametreler

Çalışma alanının karst mekanizmasının ortaya çıkarılabilmesi için, öncelikli olarak bir dizi fiziko-kimyasal süreçlere bağlı olarak gelişen karstlaşmayı denetleyen parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir.

4.2.4.1. Jeolojik Faktörler

Karstlaşmaya son derece uygun karbonatlı kayalarla kaplı olan çalışma alanında hakim litolojiyi, resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu oluşturmaktadır.

Karstlaşmanın yoğun bir şekilde geliştiği formasyon içerisinde yatay-yarı yatay, dikey-yarı dikey, yarı aktif, düden ve geçit konumlu çok sayıda mağara bulunmaktadır. Çalışma alanında araştırması tamamlanan mağaralardan 43'ünün ve irili ufaklı binlerce dolinin bu birim içerisinde gelişmiş olmasına karşın; karakteristik karstik yüzey şekillerinden olan karenler neredeyse hiç görülmemektedir. Bu durumu litolojiye bağlamak mümkün değildir; zira resifal kireçtaşları karstlaşma açısından son derece uygun kayaları oluşturmaktadır. Karstlaşmanın kolay ve hızlı geliştiği resifal kireçtaşlarında oluşan karstik yüzey şekillerinin hızlı deforme olmaları ve/veya bu tür şekillerin oluşumunda büyük rol oynayan ve karbonatlı kayacın üzerini kaplayan örtü tabakanın yoksunluğuyla ilişkilidir. Çalışma alanının kuzeyinde yer alan Karaman İli'ne bağlı Küçükkoraş, Taşkale ve Yeşildere ilçe yakınlarında görülen ve Alt-Orta Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonunun eşleniğini oluşturan birim üzerinde lokal olarak görülebilen Pliyosen örtüsü çalışma alanında görülmemektedir. Bölgenin epirojenik yükselimi ve Akdeniz su seviyesindeki değişimlere bağlı gelişen süreçlerde, Torosların genelinde Miyosen yaşlı kireçtaşları üzerinde lokal olarak görülen Pliyosen örtü tabakası aşınarak taşınmış olmalıdır. Örtü tabakanın sıyrılması, karstlaşmanın jeomorfolojik gençleşmeye ayak uydurmadığını ve sığ bir paleo yüzey karstı olarak kaldığını; dolayısıyla lapyaların görülmemesinin litolojik özelliklerin yanı sıra jeomorfolojik gelişime bağlı olduğunu göstermektedir [Nazik, 2012]. Örtü tabakanın aşınması ve/veya taşınması; örtü tabakanın resifal kireçtaşları üzerinde uzun süreli kalamamış olmasını ve dolayısıyla karstik yüzey şekillerinin

oluşumunda, toprak örtüden geçerken bünyelerine CO₂ olarak asidik özellik kazanan suların, yeterli CO₂ içeriğine sahip olamamalarına ve/veya aşınma döneminden önce gelişmiş olası lapyaların deforme olmalarına neden olmuş olmalıdır.

Çalışma alanında, Karaisalı Formasyonundan sonra en büyük alanı kaplayan birim; kumtaşı, kumlu kireçtaşı, silttaşı, kil, killi kireçtaşı, kireçtaşı ve marn ardalanmasından oluşan Kaplankaya Formasyonudur. Resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu ile ara geçişli olan formasyon içerisinde karstik yüzey şekillerine ait yapılar görülmemekle birlikte, bulunduğu alanlarda karstlaşmayı sınırlayıcı rol oynamaktadır. Kaplankaya Formasyonuna ait marn ve killi seviyelerin lokal karst taban düzeyini (KTD) oluşturmasına bağlı olarak, çalışma alanında yoğun bir şekilde resifal kireçtaşları içerisinde görülen dolinlerin düşen yönlü gelişimleri sınırlanmıştır. İçerisinde yalnızca Zindan Dipsizi'nin geliştiği formasyon, araştırması tamamlanan mağaraların büyük çoğunluğunu dikey mağaraların oluşturduğu bölgede; derinleşen ve hızlı gelişen karstlaşmaya bağlı olarak büyük oranda düz duvarlara sahip kuyu şekilli dikey mağara gelişime zıt olarak, Zindan Dipsizi duvarlarının oldukça girintili-çıkıntılı olmasını doğurmuştur.

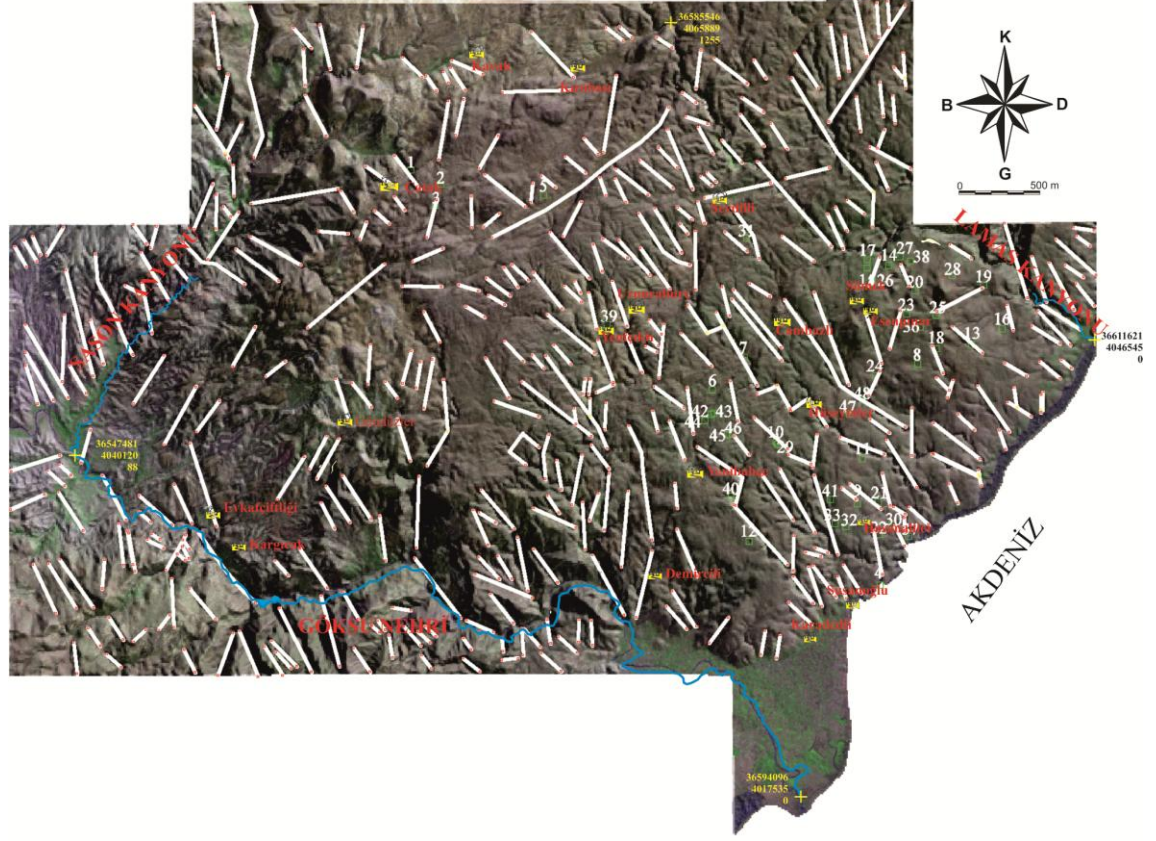
Çalışma alanında, Karaisalı ve Kaplankaya formasyonlarından sonra en büyük üçüncü alanı kaplayan formasyon; dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan Çamlık Formasyonudur. Bölgede, Karaisalı Formasyonundan sonra, karstlaşmanın yoğun olarak görüldüğü birim içerisinde gelişmiş olan mikro karstik yüzey şekillerinden lapyalar, çalışma alanında yalnızca bu birim içerisinde görülmektedir. Birim içerisinde gelişmiş olan ve araştırması tamamlanmış mağaraların tamamının kuyu şeklinde ve büyük oranda düz duvarlara sahip dikey mağaralar olması, lokal olarak karst taban düzeyinin derin olduğunu ve derinleşmenin devam ettiğini ve bölgenin yükselim halinde olduğunu göstermektedir.

Çalışma alanındaki, karstlaşmaya uygun bir diğer formasyon kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve yumrulu kireçtaşından oluşan ve çalışma alanının GB'sında küçük bir alanı kaplayan Çaltepe Formasyonu içerisinde mağara ve karstik yüzey şekilleri görülmemiştir. Benzer şekilde, çalışma alanında görülen killi kireçtaşı,

kumlu kireçtaşı, yumrulu kireçtaşı ve kireçtaşı içeren litolojilere sahip formasyonlar içerisinde de karstlaşma görülmemektedir.

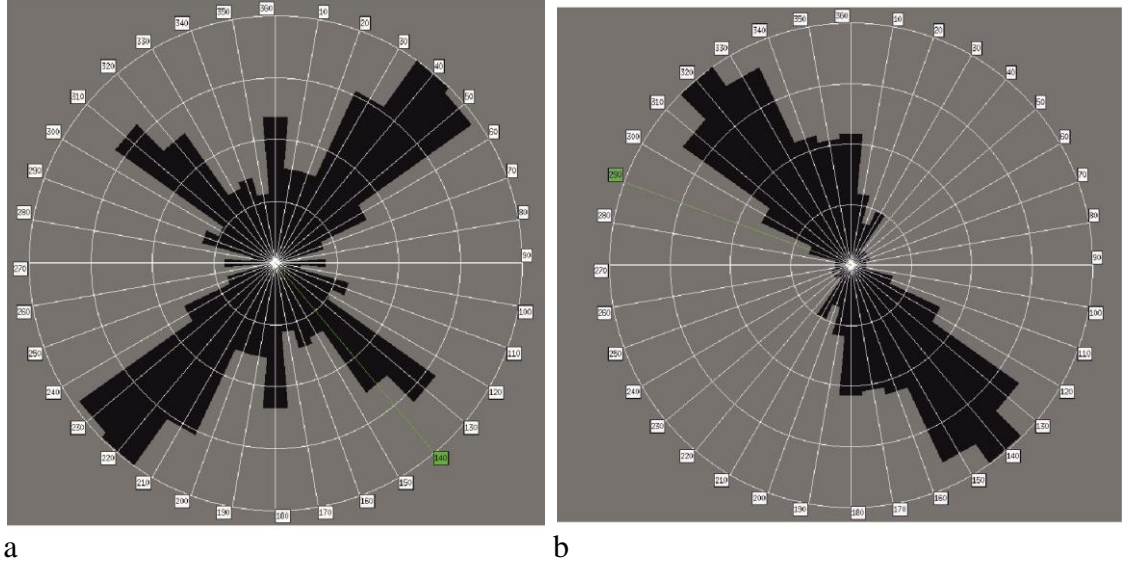
Litolojinin yanı sıra, bölgede karstlaşmayı denetleyen bir diğer jeolojik faktör yapısal unsurlardır. Çalışma alanında yoğun olarak görülen dolin ve mağara lokasyonları dikkate alındığında; bu karstik yapıların, gerek bölgenin jeolojik yapısı ile ilgili yapılan çalışmalarda belirlenen faylar ve gerekse de tez kapsamında oluşturulan rölyef kazandırılmış sayısal yükseklik modeli üzerinde ayırt edilen çizgiselliklerin yoğunluk kazandığı alanlarda yoğun bir şekilde geliştiği görülmektedir (Ek 1, Şekil 4.185).

Bölgede özellikle dolin ve mağara gibi karstik yapıların belirli bir hat üzerinde yoğunlaşmasına bağlı olarak, çalışma alanındaki süreksizliklerin belirlenebilmesi amacıyla 15 adet 1/25.000 ölçekli topografik haritadan eşyüksekti eğrileri kullanılarak oluşturulan sayısal yükseklik modeli üzerine, süreksizlik düzlemleri bindirilerek çizgisellik haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.185). Hazırlanan çizgisellik haritasına göre; ana tektonik hat KD-GB, kırık ve çizgiselliklerin genel doğrultusu ise KB-GD'dur (Şekil 4.186a). Çalışma alanında hakim tektonik hat KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı fay sistemi olmakla birlikte; özellikle yağışlı dönemlerde düden olarak çalışan dolinlerin derinleşme yönleri ile mağaraların gelişim yönleri dikkate alındığında bölgede karstlaşmanın büyük oranda, bu hatta dik olarak gelişen KB-GD yönlü süreksizlikleri takip ettiği görülmektedir (Şekil 4.186b). KB-GD yönlü süreksizliklerin etkisi, özellikle mağaraların gelişim yönlerinde oldukça belirgin bir şekilde görülmektedir. Çalışma alanında bulunan mağaraların çoğunluğu ya KB-GD yönünde gelişmiş, KD-GB yönünde gelişen mağaralarda ise KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak yan kollar gelişmiş ya da KD-GB yönünde gelişmeye başlayan mağaralarda gelişim yönü KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı değişerek, gelişim yönleri KB-GD olmuştur.



Şekil 4. 185. Çalışma alanının rölyef kazandırılmış sayısal yükseklik modeli ve ayırt edilen çizgisellikler.

KB-GD yönlü süreksizliklerin bir diğer etkisi de; özellikle Kepez Mağarası'nda görüldüğü gibi, fayların kesişme noktalarında bulunan mağaralarda, damlataş oluşumunun nadiren görüldüğü ya da hiç gelişemediği keskin dönüşlü kolların gelişmiş olmasıdır. Benzer şekilde, bölgedeki genç akaçlama yönünü, bir diğer ifadeyle yeraltı su hareket yönünü de belirleyen KB-GD yönlü kırık ve çatlaklar; mağaraların gelişim yönlerinde olduğu gibi, olgunluk döneminde olan mağaralardaki sarkıt ve dikit gibi damlataş çökelimlerinde etkili olmuştur. Çalışma alanında damlataş oluşumlarının görüldüğü mağaralarda, sarkıt ve dikitlerin kırık ve çatlak hatları boyunca yoğunlaştığı görülmektedir.



Şekil 4. 186. a) Çalışma alanına ait rölyef kazandırılmış sayısal yükseklik modelinden çıkarılmış fay ve çizgiselliklere ait gül diyagramı, b) ana faylar olmadan, yalnızca çizgisellikler dikkate alınarak hazırlanan gül diyagramı.

4.2.4.2. Jeomorfolojik Faktörler

Çalışma alanında, karstlaşmayı sınırlayan daimi morfolojik taban düzeyi (MTD) Akdeniz'dir. Genel olarak morfolojik taban düzeyinin uzun süre değişime uğramadığı alanlarda yatay olarak uzanan büyük mağaraların gelişmiş olması beklenir. Buna karşılık; çalışma alanında yatay olarak gelişmiş ve uzunluk verileri bir kıstas olmamakla birlikte, 110 m uzunluğa sahip olan Karyağdı Mağarası ve 119 m uzunluğa sahip Uyuzini I Mağarası dışında yarı yatay olarak gelişmiş olan ve uzunluğu 370 m'ye ulaşan Kepez Mağarası bulunmaktadır. Çalışma alanında yatay olarak gelişmiş büyük mağaraların bulunmaması, bölgede nihai morfolojik taban düzeyini oluşturan Akdeniz'deki su seviye değişimlerine bağlı olarak morfolojik taban düzeyindeki değişimlerden kaynaklanmaktadır. Akdeniz su seviyesindeki değişimler, çalışma alanında daha çok farklı gelişim dönemlerini karakterize eden çok katlı mağaraların ve kuyu şekilli dikey mağaraların gelişmesini sağlamıştır. Bölgedeki yükselimle birlikte morfolojik taban düzeyindeki değişimler, bölgede karstlaşmanın hızlı ve derinleşerek gelişmesine neden olmuş ve bu da çalışma alanındaki mağaraların büyük bölümünün dikey olarak gelişmesini sağlamıştır.

Bölgede morfolojik taban düzeyinden sonra, özellikle yüksek kotlarda karstlaşmayı sınırlayan bir diğer etken de karst taban düzeyidir. Çalışma alanında

morfolojik taban düzeyinden bağımsız olarak, litolojik farklılıklara bağlı lokal olarak gelişen karst taban düzeyini (KTD) özellikle Kaplankaya Formasyonuna ait geçirimsiz birimler oluşturmaktadır. Çalışma alanında dolin ve mağaraların yoğun olarak geliştiği resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu ile ara geçişli olan Kaplankaya Formasyonunun geçirimsiz birimlerine bağlı olarak gelişen karst taban düzeyi, bu dolin ve mağaraların düşey yönlü gelişimlerini sınırlamıştır.

4.2.4.3. Hidroloji

Akarsular

Yoğun bir karstlaşmanın görüldüğü çalışma alanında, bölgedeki genel akaçlama yönü olan KB-GD doğrultusunda birbirine paralel olarak gelişmiş iki büyük akarsu bulunmaktadır. Bunlar, çalışma alanının doğu sınırını oluşturan Lamas Çayı ve batı sınırını oluşturan Göksu Nehri'dir. Lamas Çayı ve Göksu Nehri'nin yan kollarını oluşturan birçok dere bulunmaktadır. Bölgede KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı fay hattı ve bu hatta dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklerin etkisiyle açılmış çok sayıda genç vadi bulunmasına karşın mevsimsel olarak yalnızca yağışlı dönemlerde aktif hale geçen dereler bulunmaktadır.

Kaynaklar

Karstlaşmanın son derece yoğun geliştiği çalışma alanında, çalışma alanının büyüklüğüne karşın kıyı şeridi dışında karstik kaynaklar son derece azdır. Bölgedeki en önemli karstik boşalimler kıyı şeridinde bulunan Akyar, Yapraklıkoy ve kireçtaşı alüvyon kontağından boşalan Atayurt kaynaklarıdır.

Çalışma alanında içme ve tarımsal kullanım amaçlı su ihtiyacı, son zamanlarda büyük oranda şehir şebeke suyu ve Lamas Çayından borularla taşınarak karşılanmaktadır. Buna karşılık çalışma alanında 1505 m ve 1374 m kotlarında açılmış olan ve sırasıyla yeraltı su seviyeleri 150 m ve 35 m olan iki adet sondaj, Küpeli Mağarasında bulunan sifon ile 20 farklı kaynak ve çeşme bulunmaktadır.

Karst gelişimini etkileyen KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik gelişen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak, çalışma alanında yeraltı su akımı

KB-GD yönlüdür ve özellikle geçit konumlu mağaralar ve denizaltı kaynakları ile Akdeniz'e boşalmaktadır.

Yağış

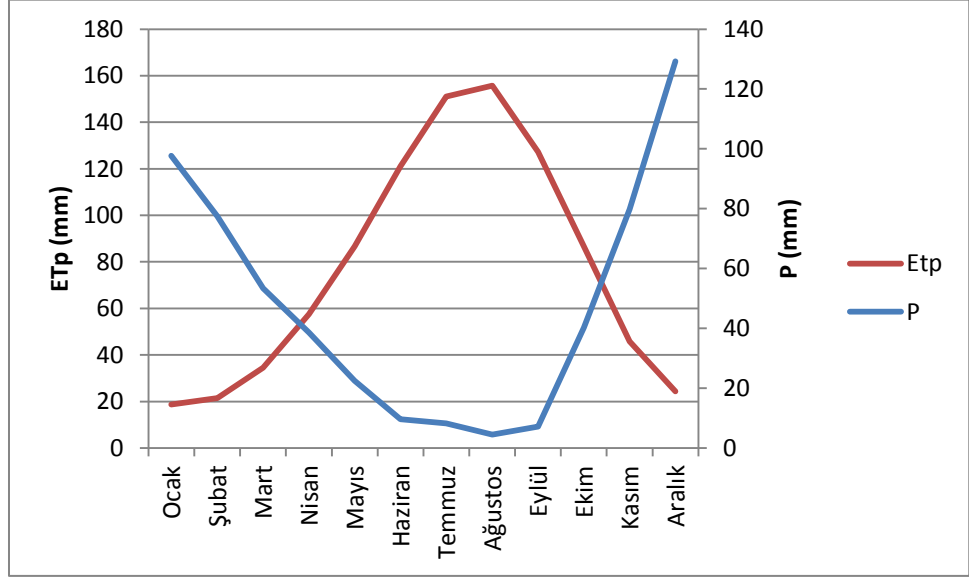
Çalışma alanına ait yağış ve sıcaklık verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü web sayfasından alınmıştır [Resmi İstatistikler DMİ, 2012]. Çalışma alanının yağış-
evapotranspirasyon (buharlaştırma+terleme) ilişkisi ve suyun yıllık değişimi Thornthwaite yöntemine göre belirlenmiştir.

Çizelge 4. 3. Mersin İli'ne ait uzun yıllar içerisinde gerçekleşen ortalama yağış ve sıcaklık değerleri (1970-2011) kullanılarak Thornthwaite yöntemine göre hesaplanmış su bütçesi.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Aylık ort. °C	10,4	11,1	13,9	17,7	21,5	25,2	28	28,4	25,8	21,5	15,9	11,8
ETp (mm)	18,7	21,5	34,5	57,5	86,6	121	151,1	155,7	127,2	86,6	45,8	24,4
P (mm)	97,7	77,5	53,4	38,6	22,5	9,6	8,2	4,5	7,2	40,2	79,8	129,2
Faydalı rezerv (mm)	100	100	100	81,1	17	-	-	-	-	-	34	100
ETreel (mm)	18,7	21,5	34,5	57,5	86,6	26,6	8,2	4,5	7,2	40,2	45,8	24,4
Su fazlası (mm)	79	56	18,9	-	-	-	-	-	-	-	-	38,8
Su noksanı	-	-	-	-	-	-94,4	142,9	151,2	120	46,4	-	-

Çalışma alanına ait ortalama yağış ve sıcaklık verilerinin Thornthwaite yöntemine göre hesaplanarak oluşturulan yağış-
evapotranspirasyon ilişki grafiğine göre; bölge, Mayıs ve Kasım ayları arasında su noksanlığının yaşandığı, yaz aylarının sıcak ve kurak, kış aylarının ise ılık ve yağışlı olduğu Akdeniz iklimini yansıtmaktadır (Şekil 4.187). Thornthwaite yöntemine göre hesaplanan düzeltilmiş evapotranspirasyon değerleri ile yağış değerlerine bağlı olarak bölgede; Aralık-Mart ayları arasında su fazlası, Nisan ve Mayıs aylarında faydalı rezervden yararlanma, Haziran-Ekim ayları arasında su noksanı ve Kasım-Aralık aylarında ise faydalı rezervin tamamlandığı görülmektedir. Bölgeye düşen yağışın yaklaşık % 66'sı evapotranspirasyon (gerçekleşen buharlaştırma + terleme) ile atmosfere dönerken,

yaklaşık % 34'ü su fazlası olarak yüzeysel akış ve/veya yeraltına süzülmeyle birlikte, büyük oranda da sellenmeyle birlikte denize boşalmaktadır.



Şekil 4. 187. Mersin İli'nin 1970-2011 yılları arasındaki yağış-evapotranspirasyon ilişkisi.

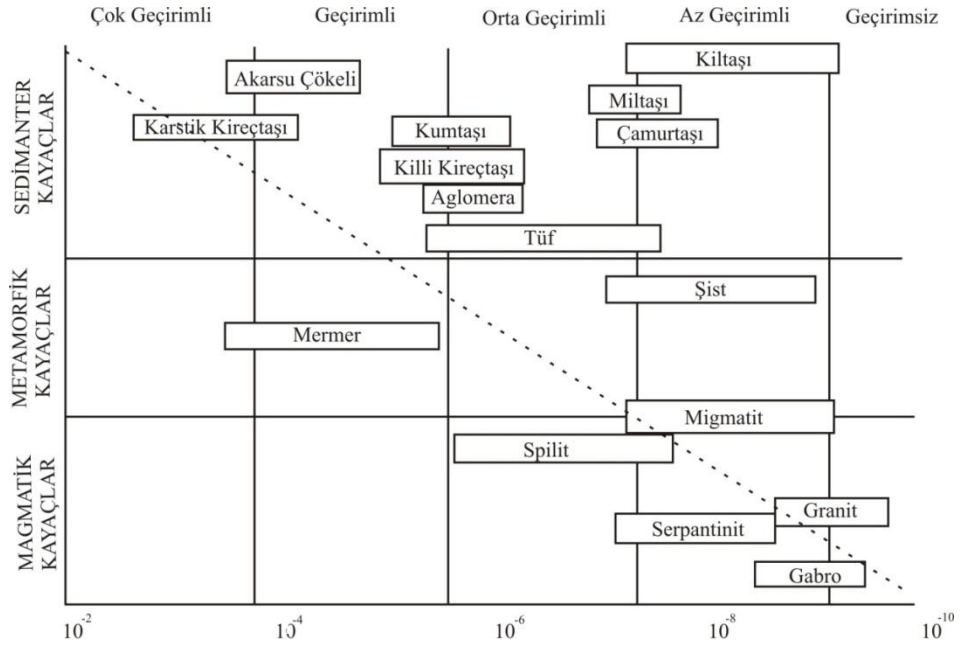
4.2.4.4. Hidrojeoloji

Çalışma alanında bulunan birimlerin hidrojeolojik özellikleri arazide yapılan gözlemler ve Todd (1980) tarafından oluşturulan birimlerin geçirimsizlik sınıflamasına bağlı olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.188 ve Şekil 4.189).

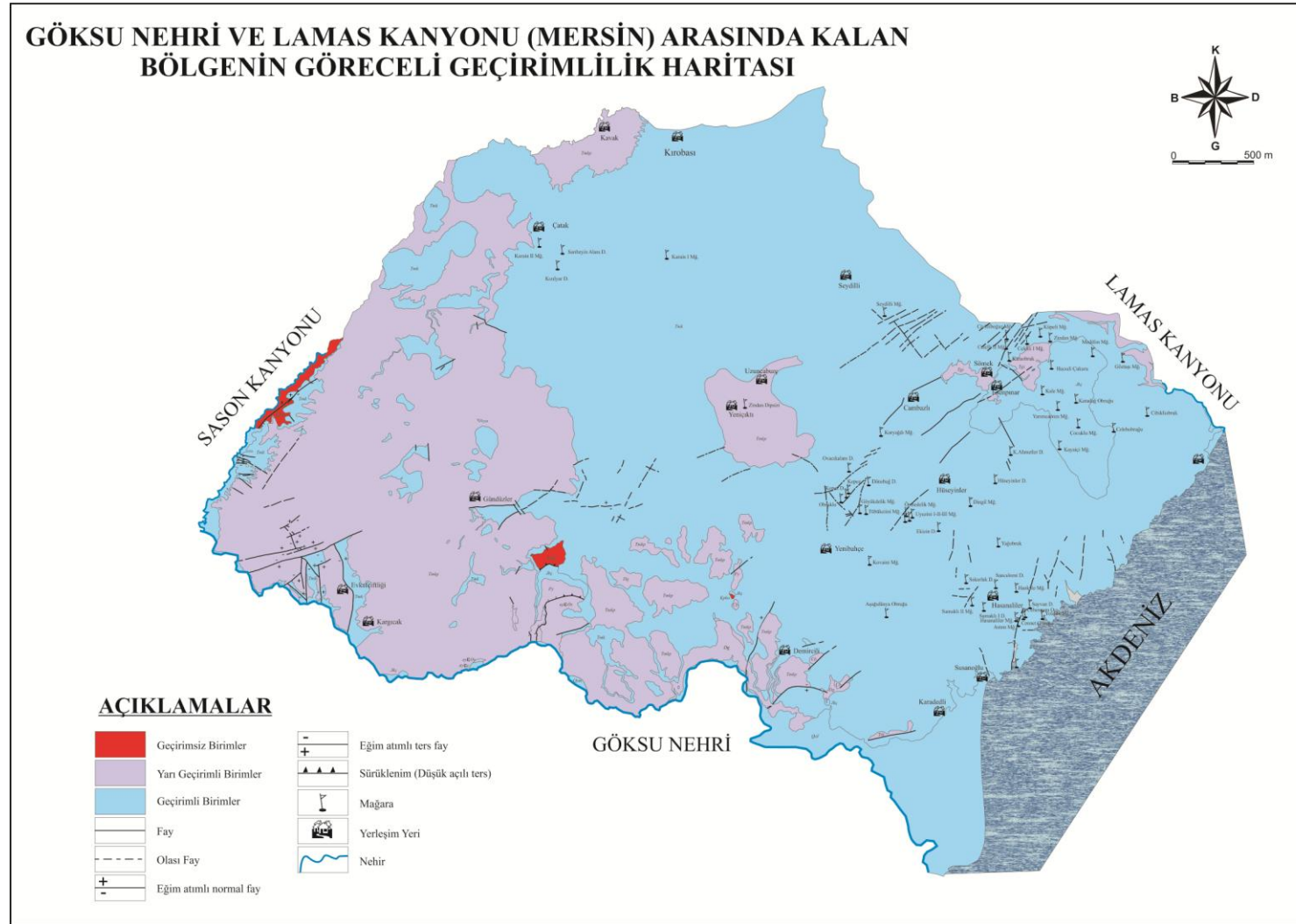
Geçirimsiz birimler: Çalışma alanında harzburjit, dunit, piroksenit, gabro ve diyabaz daykları ile metamorfik dilim kayalarından oluşan Pozantı-Karsantı Ofiyolit Napı geçirimsiz birim olarak sınıflandırılmıştır.

Yarı geçirimli birimler: Çalışma alanında litoloji veya üye bazında incelemede bulunulmamış ve birimlerin geçirimsizliği sınıflamasında formasyonlar bütün olarak ele alınmıştır. Bu nedenle çalışma alanında üye bazında kumlu kireçtaşı, killi kireçtaşı, mizzialı kireçtaşı, konglomera, kumtaşı, yumrulu kireçtaşı ve silt içeren formasyonlar yarı geçirimli birimler olarak değerlendirilmiştir.

Geçirimli birimler: Çalışma alanında bünyesinde su bulundurma özelliğine ve suyu iletebilme özelliğine ve birbirleriyle bağlantılı gözeneklere sahip olan formasyonlar geçirimli birimler olarak sınıflandırılmıştır. Bu formasyonlar; kırık ve çatlaklı resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisalı Formasyonu ile dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan Çamlık Formasyonu ve kireçtaşı, dolomitik kireçtaşından oluşan Çaltepe Formasyonu ile birlikte yamaç molozu ve alüvyonlardır.



Şekil 4. 188. Litolojik birimlerin geçirimlilik sınıflaması [Todd, 1980].



Şekil 4. 189. Çalışma alanının, litolojik birimlerin geçirimsizlik sınıflamasına göre üretilmiş göreceli geçirimsizlik haritası.

4.2.4.5. Su Kimyası

Çalışma alanında bulunan akiferlerin hidrojeokimyasal özellikleri ve kaynak-beslenme havzası arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi amacıyla kaynak, sondaj kuyusu, çeşme ve mağara içerisindeki sifondan su numuneleri alınmıştır. Alınan su numunelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmeye çalışılmış ve izotop analizleri yapılmıştır. Su numunelerine ait sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve tuzluluk (sal) değerleri numune alımı esnasında yerinde ölçülmüştür.

Tez çalışması kapsamında, çalışma alanının tamamını temsil ettiği düşünülen 24 su kaynağından numuneler alınmıştır. Alınan numunelerin Mersin Üniversitesi MEİTAM laboratuvarlarında ICP-MS cihazında yapılan katyon ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında Hach Lange DR 2800 Spektrofotometre cihazı ile yapılan anyon analiz sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Karstik alanlardaki suların kimyasal fasiyeslerinin CaHCO_3 ve/veya CaMgHCO_3 karakterinde olması beklenir. Karstlaşmanın son derece yoğun görüldüğü çalışma alanından alınan su numunelerinin kimyasal fasiyesleri büyük oranda CaHCO_3 karakterindedir. Kıyı bölgelerine yakın olan Narlıkuyu, Yapraklıkoy ve Atayurt’tan alınan örneklerde, deniz suyu girişi nedeniyle fasiyeste Na ve Cl iyonları görülmektedir. Bölgenin oldukça kırık ve çatlaklı olmasının yanı sıra, kırık ve çatlakların denize kadar uzanıyor olması sonucu Narlıkuyu’dan alınan örneğin fasiyesi $\text{CaNaHCO}_3\text{Cl}$ ve Atayurt’tan alınan örneğin fasiyesi ise CaNaClHCO_3 olurken, Yapraklıkoy örneğinde fasiyes tamamen NaCl şeklinde değişmiştir.

Kıyı şeridinde görülen bir diğer durum elektriksel iletkenlik (EC) ve tuzluluk (salinity) değerlerinde görülen artıştır. Çalışma alanında dış atmosferle bağlantısı olan kuyulardan alınan sulardaki sıcaklık değerlerinin yüksek olmasına karşın, kıyı şeridindeki bu noktalarda yeraltı su sıcaklıklarının yüksek olması deniz suyu girişimine bağlıdır.

Kıyı şeridindeki kaynaklar dışında, çalışma alanındaki su numunelerinin anyon ve katyon analiz sonuçlarına bakıldığında Ca^{+2} ve HCO_3^- dışındaki anyon ve katyonların düşük değerlerde olduğu görülmektedir. Bu durum büyük oranda, yoğun bir karstlaşmanın

görüldüğü çalışma alanında hakim litolojiyi oluşturan resifal kireçtaşlarının çözünmesine bağlı gelişen bir sonuç olmakla birlikte; bölgenin jeolojik özelliklerine bakıldığında Pozantı-Karsantı Ofiyolit Napı dışında, her formasyonda üye bazında da olsa kireçtaşlarının varlığıyla açıklanabilir.

Çizelge 4. 4. Çalışma alanından alınan su numunelerinin kimyasal bileşimleri (ana iyonlar, % olarak).

Kaynak Adı	pH	EC ($\mu\text{S/cm}$)	Sal	T ($^{\circ}\text{C}$)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Cl (%)	HCO ₃ (%)	SO ₄ (%)	Kimyasal Fasiyes
Narlıkuyu - Tulumba	7,26	703	0,1	17,8	70,10	8,98	20,28	0,62	35,27	63,14	1,59	Ca+Na+ HCO ₃ +Cl
Susanoğlu- Yapraklıkoy	7,01	23200	14,1	23,4	5,38	16,66	76,41	1,55	90,21	1,65	8,14	Na+Cl
Atayurt - Motopomp	7,38	1233	0,4	20,6	43,40	18,27	37,52	0,81	55,84	35,32	8,83	Ca+Na+Cl+ HCO ₃
B.değirmen (S)- Çatlak kaynağı	7,02	662	0,1	20,8	75,79	18,33	5,72	0,15	4,66	94,81	0,53	Ca+ HCO ₃
Demircili- Kaynak	7,01	655	0,1	19,7	86,79	5,63	6,76	0,81	5,00	94,46	0,54	Ca+ HCO ₃
Hotamış-Kuyu	7,56	431	0	14,5	80,48	15,54	3,11	0,87	4,72	90,68	4,60	Ca+ HCO ₃
Lamas-Dere	8,13	408	0	18,8	78,51	16,80	4,28	0,40	2,92	92,75	4,34	Ca+ HCO ₃
Lamas-Sağ sahil damlama	8,06	581	0	27,2	89,58	6,37	3,86	0,19	3,62	95,87	0,50	Ca+ HCO ₃
Küpelı Mağara İçi Kaynak	7,01	770	0,1	16,2	92,62	3,74	3,32	0,31	4,01	86,16	9,82	Ca+ HCO ₃
Esenpınar - Cami çeşme	6,78	686	0,1	16,5	92,68	4,02	2,89	0,40	2,35	94,91	2,74	Ca+ HCO ₃
Sömek – Örme Kuyu	7,67	210	0	18,6	81,79	9,76	7,41	1,03	3,24	92,58	4,18	Ca+ HCO ₃
Sömek – Roma Ağlar Kuyu	7,52	588	0	16,4	85,83	7,64	6,15	0,38	3,99	93,84	2,17	Ca+ HCO ₃
Gözlüce – Roma Kuyusu	7,55	638	0,1	15,9	86,85	8,38	4,12	0,65	4,13	93,27	2,60	Ca+ HCO ₃
Ovacık Kaynak	7,46	584	0	17,3	93,96	2,78	2,92	0,34	2,65	96,94	0,41	Ca+ HCO ₃
Kocaoluk – Cami çeşme	7,57	331	0	10,9	95,69	2,86	1,34	0,10	1,50	97,54	0,96	Ca+ HCO ₃

Çizelge 4.4'ün devamı,

Kaynak Adı	pH	EC (µS/cm)	Sal	T (°C)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	K (%)	Cl (%)	HCO ₃ (%)	SO ₄ (%)	Kimyasal Fasiyes
Kocaoluk-Kaynak	7,48	379	0	10,8	92,90	5,45	1,47	0,18	1,33	96,86	1,81	Ca+ HCO ₃
Kocaoluk-Düden	7,74	366	0	11,4	94,89	3,34	1,56	0,21	4,72	91,44	3,83	Ca+ HCO ₃
Sarıaydın-Sondaj	7,51	389	0	11,9	93,76	4,51	1,41	0,32	1,23	98,35	0,42	Ca+ HCO ₃
Çatak – Soğuk pınar	7,51	425	0	11,5	90,92	7,27	1,59	0,21	1,32	97,06	1,61	Ca+ HCO ₃
Çatak-Başoluk	7,51	383	0	12	90,93	6,71	1,89	0,47	1,08	97,80	1,12	Ca+ HCO ₃
Kavak - Kaynak	7,7	403	0	10,9	91,57	6,11	1,92	0,39	1,38	97,39	1,23	Ca+ HCO ₃
Kavak – Sondaj	7,48	510	0	10,7	86,13	11,84	1,78	0,25	1,46	97,58	0,97	Ca+ HCO ₃
Aksıfat – Kaynak	7,82	269	0	8,3	96,36	2,25	1,17	0,22	0,91	98,83	0,25	Ca+ HCO ₃
Sarıaydın-Kuyu	7,71	340	0	9,5	92,45	5,64	1,58	0,33	1,32	96,83	1,85	Ca+ HCO ₃

Katyon ve Anyon Analiz Sonuçları

Kalsiyum (Ca⁺²): Kıyı şeridinde bulunan kaynakların Ca⁺² değeri 116,85-193,54 mg/L arasında değişmektedir. Orta kotlarda bulunan kaynaklarda 37,50 – 155,48 mg/L arasında, üst kotlarda ise 59,31-83,20 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). Karstlaşmanın son derece yoğun olduğu çalışma alanında kalsiyumun kaynağı, litolojiyi oluşturan farklı tür ve yaştaki kireçtaşlarıdır.

Magnezyum (Mg⁺²): Kıyı şeridinde 8,98-545,17 mg/L arasında değişen Mg⁺² değerleri, orta kotlarda 2,13-17,09 mg/L ve üst kotlarda ise 0,83-6,57 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). Çalışma alanında en yüksek Mg⁺⁺ değerine sahip kaynak Yapraklıkoy'dur. 545,17 mg/L olarak ölçülen değer, deniz suyu girişimine bağlıdır.

Sodyum (Na⁺): Kıyı şeridinde 38,88-4792,35 mg/L arasında değişen Na⁺ değeri, orta kotlarda 3,35-11,11 mg/L arasında ve üst kotlarda ise 0,83-1,94 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). En yüksek değer, deniz suyu girişiminden etkilenen Yapraklıkoy örneğinde ölçülmüştür.

Potasyum (K⁺): K1y1 şeridinde 2,04-165,04 mg/L arasında ölçülen K⁺ değeri, orta kotlarda 0,45-2,26 mg/L ve üst kotlarda 0,15-0,75 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). En yüksek değer yine Yapraklıkoy örneğinde ölçülmüştür.

Klor (Cl⁻): K1y1 şeridinde deniz suyu girişimine bağlı olarak yüksek değerlerde ölçülen Cl⁻ değerleri 90,38-9100 mg/L arasındadır. Orta kotlarda 2,02-10,63 mg/L arasında değişen değerler, üst kotlarda 0,86-2,12 mg/L aralığındadır (Çizelge 4.4). En yüksek değer Yapraklıkoy örneğinde ölçülmüştür.

Sülfat (SO₄⁻²): K1y1 şeridinde 5,51-1110,63 mg/L aralığında ölçülen SO₄⁻² değerleri, orta kotlarda 0,98-27,62 mg/L ve üst kotlarda 0,32-3,12 mg/L aralığında değişmektedir (Çizelge 4.4). En yüksek değer Yapraklıkoy örneğinde ölçülmüştür. Yapraklıkoy örneğinden sonraki en yüksek değer orta kotlarda bulunan Küpeli Mağarasındaki sifondan alınan örnekte ölçülmüştür. Küpeli Mağarası örneğinde, Yapraklıkoy örneğinde olduğu gibi sınır değerler aşılmamış olmakla birlikte; diğer örneklere oranla her iki noktadaki yüksek sülfat değerleri, kükürdün oksidasyonu sonucu oluşan sülfatların SO_x gazları ve gübreleme yoluyla su döngüsüne katıldıkları düşünüldüğünde, bu kaynaklardaki antropojenik kirlenmeyi göstermektedir.

Bikarbonat (HCO₃⁻): K1y1 şeridinde diğer anyon ve katyon değerlerinde görülen farklara kaşın bikarbonat değerleri birbirine yakındır. K1y1 şeridinde 278-289 mg/L olarak ölçülen HCO₃⁻ değerleri, orta kotlarda 99-352,50 mg/L ve üst kotlarda 48,50-244 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). Deniz suyu girişiminden etkilenen kaynaklar dışında çalışma alanındaki tüm kaynaklar CaHCO₃ fasiyesindedir. Bu durum, bikarbonatın karbonatlı kayaçların çözünmesi sonucu yeraltına geçmesine bağlı olarak sulardaki yüksek bikarbonat değerlerini açıklamaktadır.

Katyon, Anyon ve Ağır Metal Değerlerinin İçme Suyu Standartları Açısından Değerlendirilmesi

Suların kimyasal analiz sonuçları, içme sularının kompozisyonları için standart değerler ve Sağlık Bakanlığı tarafından Resmi Gazete’de yayınlanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6) [Resmi Gazete, 2005]. Buna göre, çalışma alanında deniz suyu girişiminden en fazla

etkilenen Yapraklıkoy örneğinde Mg, Na, Cl, SO₄, B, Zn, As, Cd, Cr, Ni ve Fe değerleri kabul edilebilir sınırların üzerinde, F ise sınır değerlere yakın çıkmıştır. Mg, Na, Cl ve SO₄ değerlerinin bu örnekte yüksek olması deniz suyu girişimi ile açıklanabilir olmakla birlikte analiz değerlerinin tümü göz önünde bulundurulduğunda; sonuçlardaki yüksek değerler, özellikle yaz dönemlerinde nüfustaki yoğun artışa ve bölgede sistemli bir kanalizasyon sisteminin olmamasına bağlı olarak antropojenik kirlenmenin belirgin bir göstergesidir (Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8).

Yapraklıkoy örneğine benzer şekilde, kıyı şeridinde bulunan Atayurt örneğinde sınır değerler aşılmamış olmakla birlikte; Mg, Na ve Cl değerlerinde belirgin bir artış görülmektedir (Çizelge 4.7).

Kabul edilebilir sınır değerleri aşan bir diğer örnek Küpeli Mağarası'ndan alınan su örneğinde görülen NO₃ değeridir. Mağarada birbiriyle bağlantılı iki adet sifon bulunmakla birlikte; olası etkilenmeyi önlemek amacıyla su numunesi akış yönündeki ilk sifondan alınmıştır. 80,31 mg/L olarak ölçülen nitrat değeri, mağaranın bulunduğu alanın yoğun bir şekilde tarımsal amaçlı kullanımına bağlı olarak gübre ve hayvancılık aktivitelerine bağlı antropojenik kirlenmeyi göstermektedir.

Çalışma alanında sınır değerleri aşmamakla birlikte, yeraltı sularında eser miktarda bulunması gereken kurşun (Pb) değerlerinde Ovacık kaynağı, Kocaoluk cami çeşmesi, Kocaoluk kaynak ve düdenden alınan örnekler ile Sarıaydın-sondaj örneklerinde diğer kaynaklara oranla belirgin bir artış görülmektedir. Yeraltı sularına genellikle maden işletmeleri ve/veya cevher zenginleştirme tesislerinden dolayı ulaşan kurşuna karşın, bu kaynakların yakın çevresinde bu tür tesisler bulunmamaktadır. Bu örneklerdeki Pb değerindeki artış, kurşunun tarım zararlısı böceklerle mücadelede kullanılan ilaçların içerik maddesi olması nedeniyle antropojeniktir.

Çizelge 4. 5. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik – Kimyasal Parametreler [Resmî Gazete, 2005].

Parametre	Parametrik değer	Birim
Akrilamid	0,1	µg/L
Antimon	5,0	µg/L
Arsenik	10	µg/L
Benzen	1,0	µg/L
Benzo(a)piren	0,010	µg/L
Bor	1	mg/L
Bromat	10	µg/L
Kadmiyum	5,0	µg/L
Krom	50	µg/L
Bakır	2	mg/L
Siyanür	50	µg/L
1,2-dikloreten	3,0	µg/L
Epikloridin	0,10	µg/L
Florür	1,5	mg/L
Kurşun	10	µg/L
Cıva	1,0	µg/L
Nikel	20	µg/L
Nitrat	50	mg/L
Nitrit	0,50	mg/L
Pestisitler	0,10	µg/L
Toplam pestisitler	0,50	µg/L
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	0,10	µg/L
Selenyum	10	µg/L
Tetrakloreten ve trikloreten	10	µg/L
Trihalometanlar-toplam	100	µg/L
Vinil Klorür	0,50	µg/L

Çizelge 4. 6. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik – Gösterge Parametreleri [Resmî Gazete, 2005].

Parametre	Parametrik Değer	Birim
Alüminyum	200	µg/L
Amonyum	0,50	mg/L
Klorür	250	mg/L
C. perfringens (sporlular dahil)	0	sayı/100 ml
Renk	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok	
İletkenlik	2500	20 °C’de µS / cm
pH	≥6,5 ve ≤ 9,5	pH birimleri
Demir	200	µg/L
Mangan	50	µg/L
Koku	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok	
Oksitlenebilirlik	5,0	mg/L O ₂
Sülfat	250	mg/L
Sodyum	200	mg/L
Tat	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok	
22 °C’de koloni sayımı	Anormal değişim yok	
Koliform bakteri	0	Sayı/100 ml
Toplam Organik Karbon (TOC)	Anormal değişim yok	
Bulanıklık	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok	

Çizelge 4. 7. Çalışma alanından alınan su numunelerinin seçilmiş anyon, katyon ve ağır metal analiz sonuçları (*sınır değeri aşan sonuçlar bold ve alt çizgili, sınır değerlere yakın olanlar bold ve italik olarak yazılmıştır*).

Kaynak Adı	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	F (mg/L)	B (mg/L)	Zn (mg/L)
Narlıkuyu -Tulumba	8,98	38,88	90,38	5,51	2,45	0,15	0,027	0,011
Susanoğlu-Yapraklıkoy	<u>545,17</u>	<u>4792,35</u>	<u>9100</u>	<u>1110,63</u>	4,9	<i>1,07</i>	<u>1,436</u>	<u>0,287</u>
Atayurt -Motopomp	<i>30,68</i>	<i>120,75</i>	<i>265,93</i>	56,89	4,8	0,3	0,155	0,001
B.değirmen (S)-Çatlak kaynağı	17,09	10,23	10,09	1,55	1,43	0,45	0,020	0,002
Demircili-Kaynak	4,82	11,11	10,63	1,56	2,65	0,19	0,022	0,001
Hotamış-Kuyu	8,74	3,35	6,12	8,07	2,24	0,35	0,020	0,027
Lamas-Dere-kaynak	8,22	4,02	3,53	7,1	3,25	0,2	0,006	0,002
Lamas-Sağ sahil damlama su	4,79	5,56	5,23	0,98	1,7	0,2	0,014	0,001
Küpeli Mağara İçi Kaynak	3,77	6,42	8,35	27,62	<u>80,31</u>	0,22	0,017	0
Esenpınar - Cami çeşme	3,63	5	5,09	8,01	5,4	0,31	0,011	0,003
Sömek – Örme Kuyu	2,69	3,91	2,02	3,52	3,82	0,22	0,003	0,002
Sömek – Roma Ağlar Kuyu	5,77	8,91	7,21	5,29	6,6	0,24	0,007	0,006
Gözlüce – Roma Kuyusu	7,08	6,68	8,5	7,25	3,8	0,21	0,012	0,009
Ovacık- Kaynak	2,13	4,3	5,31	1,12	0,6	0,31	0,015	0,048
Kocaoluk – Cami çeşme	1,27	1,13	1,7	1,47	0,8	0,23	0,009	0,008
Kocaoluk-Kaynak	2,64	1,37	1,62	2,97	1,4	0,18	0,010	0,016
Kocaoluk-Düden	1,43	1,28	1,46	1,6	3,23	0,13	0,010	0,008
Sarıaydın-Sondaj	2,24	1,34	1,53	0,71	0,3	0,03	0,010	0,005
Çatak – Soğuk pınar	3,99	1,68	1,9	3,12	0,5	0,35	0,014	0,008
Çatak-Başoluk	3,3	1,78	1,3	1,82	5,4	0,22	0,015	0,002
Kavak - Kaynak	3,23	1,94	1,88	2,26	4,2	0,18	0,012	0,002
Kavak – Sondaj	6,57	1,89	2,12	1,9	3,7	0,28	0,012	0,069
Aksıfat – Kaynak	0,83	0,83	0,86	0,32	0,5	0,01	0,006	0,005
Sarıaydın-Kuyu	2,47	1,32	1,49	2,81	1,5	0,14	0,008	0,002

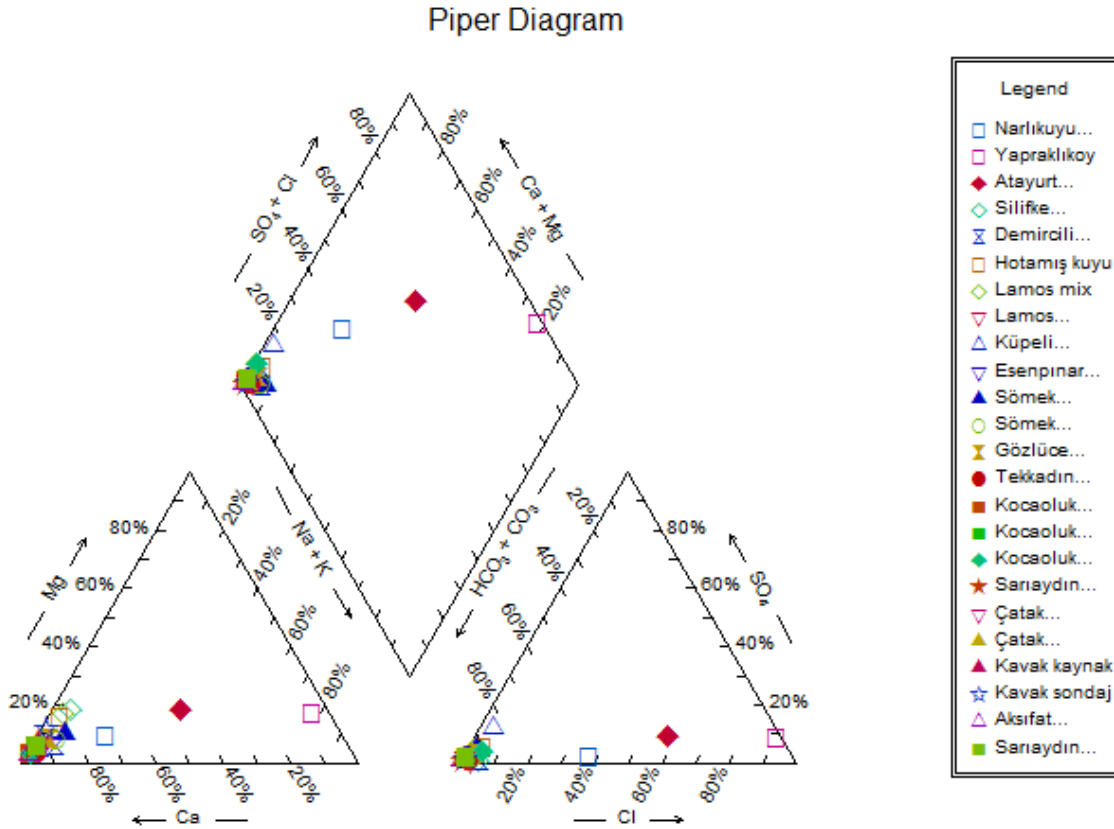
Çizelge 4. 8. Çalışma alanından alınan su numunelerinin ağır metal analiz sonuçları (*sınır değeri aşan sonuçlar bold ve alt çizgili, sınır değerlere yakın olanlar bold ve italik olarak yazılmıştır*).

Kaynak Adı	As (µg/l)	Cd (µg/l)	Cr (µg/l)	Ni (µg/l)	Pb (µg/l)	Fe (µg/l)
Narlıkuyu -Tulumba	0,336	0,154	1,190	4,037	0,000	<i>128,838</i>
Susanoğlu-Yapraklıkoy	<u>34,400</u>	<u>9,669</u>	<u>66,680</u>	<u>187,200</u>	0,000	<u>213,640</u>
Atayurt -Motopomp	0,926	0,168	2,614	2,522	0,000	19,413
B.değirmen (S)-Çatlak kaynağı	1,478	0,180	0,739	2,552	0,627	0,000
Demircili-Kaynak	0,244	0,191	0,519	2,379	0,681	4,207
Hotamış-Kuyu	0,031	0,169	0,212	1,249	0,000	50,020
Lamas-Dere-kaynak	0,532	0,171	0,573	1,700	0,021	15,380
Lamas-Sağ sahil damlama su	0,441	0,177	0,804	2,365	0,000	8,037
Küpeli Mağara İçi Kaynak	0,865	0,171	0,488	2,601	0,000	13,560
Esenpınar - Cami çeşme	0,305	0,194	0,486	2,479	0,000	12,121
Sömek – Örme Kuyu	0,370	0,193	0,834	1,427	0,000	16,721
Sömek – Roma Ağlar Kuyu	0,128	0,193	0,402	2,159	0,439	14,083
Gözlüce – Roma Kuyusu	0,751	0,205	1,132	3,758	0,000	62,141
Ovacık- Kaynak	0,763	0,113	0,978	1,763	<i>4,460</i>	25,530
Kocaoluk – Cami çeşme	0,695	0,088	0,657	0,702	3,114	14,900
Kocaoluk-Kaynak	0,707	0,099	0,696	1,065	2,588	14,210
Kocaoluk-Düden	0,569	0,070	0,695	0,712	1,665	10,750
Sarıaydın-Sondaj	0,788	0,068	0,983	1,326	1,976	60,450
Çatak – Soğuk pınar	0,599	0,074	0,861	1,357	0,768	8,039
Çatak-Başoluk	0,605	0,049	0,827	0,671	0,361	6,238
Kavak - Kaynak	0,631	0,040	0,622	0,478	0,185	5,278
Kavak – Sondaj	0,598	0,045	0,608	0,918	0,345	13,840
Aksıfat – Kaynak	0,217	0,039	0,436	0,258	0,145	9,978
Sarıaydın-Kuyu	0,600	0,038	0,485	0,634	0,039	5,252

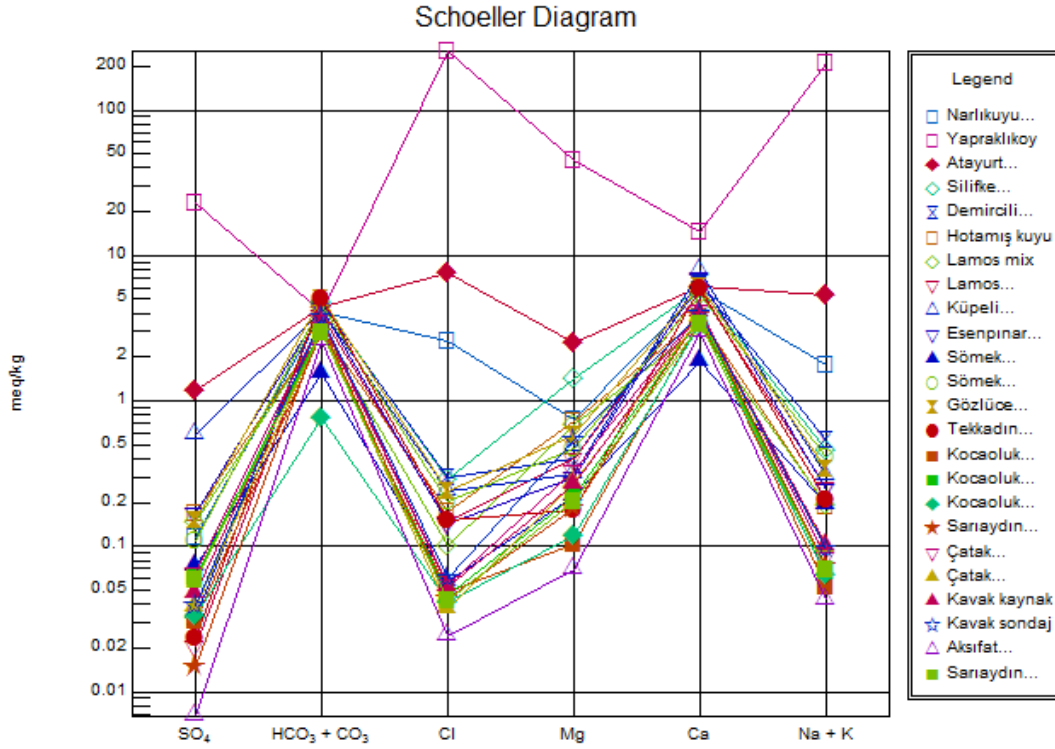
Kasyon ve Anyonların Piper ve Schoeller Diyagramları

Alınan su numunelerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden yararlanarak, yeraltı suyu ve hidrojeokimyasal ortamın değerlendirilebilmesi amacıyla Piper diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 4.190). Oluşturulan Piper diyagramına göre; çalışma alanından alınan su numuneleri 1., 3. ve 5. bölge özelliklerinde yer alan karbonatlı sudur.

Çalışma alanından alınan su numunelerinin kökensel yorumunda bulunabilmek amacıyla Schoeller diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 4.191). Çalışma alanına ait bu üç örnek dışında kalan numunelere ait doğrular birbirine paralel geçmektedir, bu durum 3 örnek dışındaki suların aynı akiferden beslendiğini göstermektedir.



Şekil 4. 190. Çalışma alanından alınan su numunelerine ait Piper diyagramı (*RockWare Aq.QA programı kullanılarak hazırlanmıştır*).

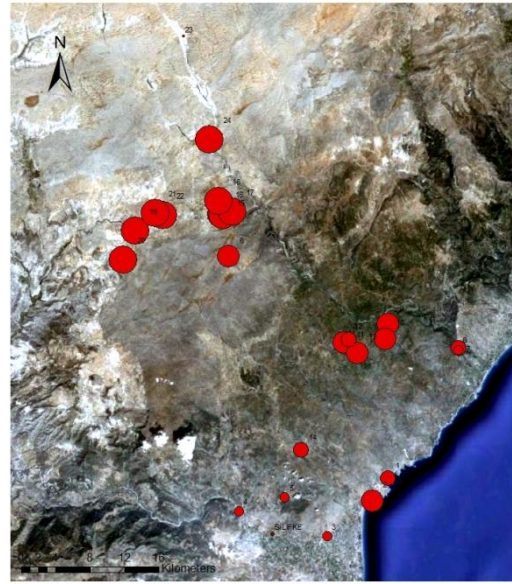


Şekil 4. 191. Çalışma alanından alınan su numunelerine ait Schoeller diyagramı (RockWare Aq.QA programı kullanılarak hazırlanmıştır).

Doygunluk İndisi

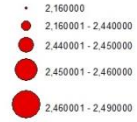
Hidrojeokimyasal ortam yorumu yapılabilmesi amacıyla çalışma alanında bulunan kaynak, kuyu, çeşme ve mağara içerisindeki sifondan alınan su numunelerinin mineral doygunluk indisleri (DI) incelenmiştir. Bir minerale doygunluk durumu; $DI < 0$ ise doygun olmayan, $DI = 0$ ise dengede, $DI > 0$ ise aşırı doygun olarak sınıflandırılmaktadır [Stumm ve Morgan, 1981]. Alınan suların resifal kireçtaşı, killi kireçtaşı, kumtaşı, kumlu kireçtaşı, dolomit ve dolomitik kireçtaşından oluşan beslenme havzalarına bağlı olarak hesaplanan mineral doygunluk değerlerine göre üretilen tematik dağılım haritaları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Doymunluk indislerinin hesaplanmasında PHREEQC 2 bilgisayar yazılımı kullanılmıştır.

Çizelge 4. 9. İnceleme alanından alınan suların mineral doygunluk değerlerine bağlı olarak üretilen tematik dağılım haritaları.



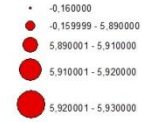
AÇIKLAMALAR

ANHİDRİT



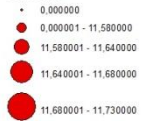
AÇIKLAMALAR

ARAGONİT



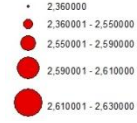
AÇIKLAMALAR

DOLOMIT

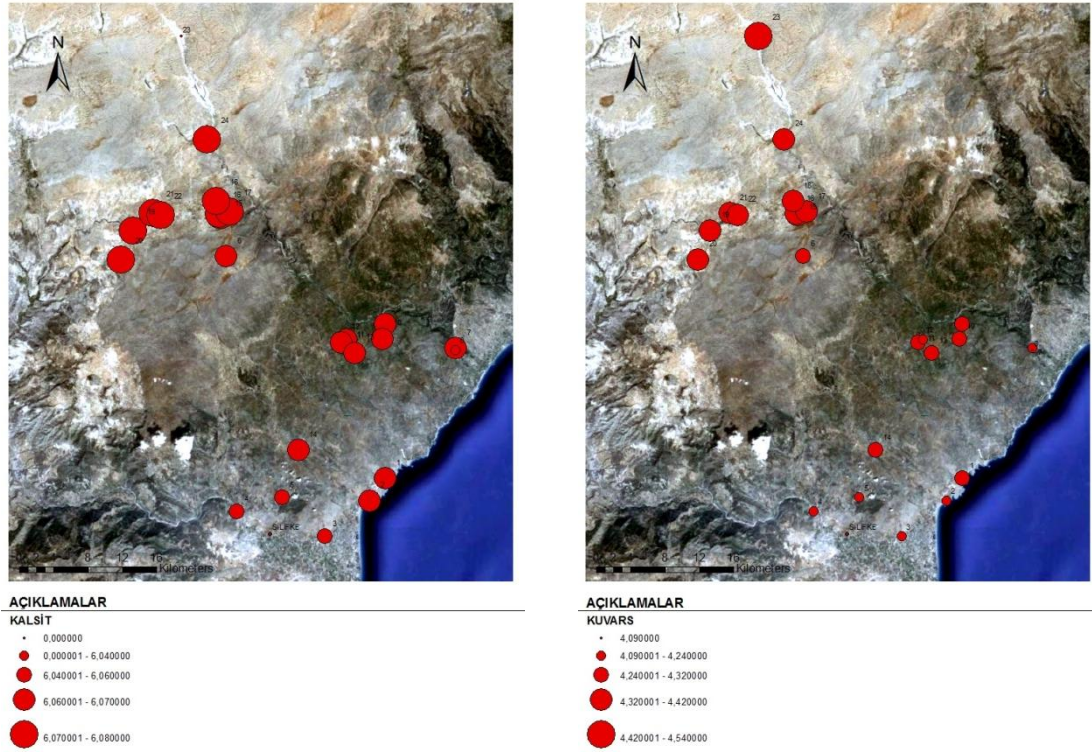


AÇIKLAMALAR

JİPS



Çizelge 4.9'un devamı,



Çalışma alanına ait 24 farklı kaynaktan alınan suların mineral doygunlukları incelendiğinde; Aksıfat kaynağı haricindeki suların anhidrit (CaSO_4), aragonit (CaCO_3), kalsit (CaCO_3), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve kuvars (SiO_2) bakımından aşırı doygun olduğu görülmektedir. Çalışma alanından alınan suların beslenme havzasının en yüksek kotunda bulunan Aksıfat kaynağı doygunluk değerlerine göre; diğer örneklerde olduğu gibi anhidrit, jips ve kuvars bakımından aşırı doygun, aragoniti ise çözebilecek niteliktedir. Kalsit ve dolomit bakımından ise dengededir.

4.2.4.6. İzotop Analizleri

Çalışma alanından alınan su numunelerinde, olası beslenme yüksekliklerinin saptanması amacıyla oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) ve döteryum (δD) izotop analizleri yapılmıştır. Analizler, DSİ TAKK (Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol) laboratuvarlarında yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Dünya Meteorik Su Doğrusu (SMOW, Standard Mean Ocean Water), okyanus sularının ortalama izotop bileşimini yansıtmaktadır (Şekil 4.192). Dünya Meteorik

Doğrusunun y eksenini kestiği nokta “döteryum fazlası” olarak tanımlanır ve yağışa kaynak oluşturan deniz suyunun buharlaşma miktarını gösterir. Dünya Meteorik Doğrusunun döteryum fazlalığı değeri 10’dur ve okyanusların üzerindeki atmosferdeki bağıl nemliliğin fonksiyonudur. Bu özelliği ile paleoiklim çalışmalarında önemli bilgiler sağlamaktadır. d değeri buharlaşmanın fazla olduğu bölgelerde daha pozitif değerlere ulaşır ve jeolojik devirlerde hakim olan iklim koşullarına bağlı olduğu gibi, dünya üzerinde yerel olarak da değişebilir. Bu nedenle izotop çalışmalarında, yerel meteorik doğrunun oluşturulması gerekmektedir. Çünkü bölgedeki tatlı suların kaynağı bu doğruyu oluşturan yağışlardan kaynaklanmaktadır [Kurttaş, 2002].

Çalışma alanından alınan su numunelerine ait $\delta^{18}\text{O}$ ve δD değerlerinin Dünya Meteorik Su Doğrusu (DMSD) ve Akdeniz Meteorik Su Doğrusu (AMSD) ile olan ilişkilerinin saptanması amacıyla oluşturulan grafik Şekil 4.193’de görülmektedir. Grafiğin oluşturulmasında kullanılan denklemler, DMSD için Craig (1961) tarafından ve AMSD için de IAEA (International Atomic Energy Agency, 1981) tarafından belirlenmiştir.

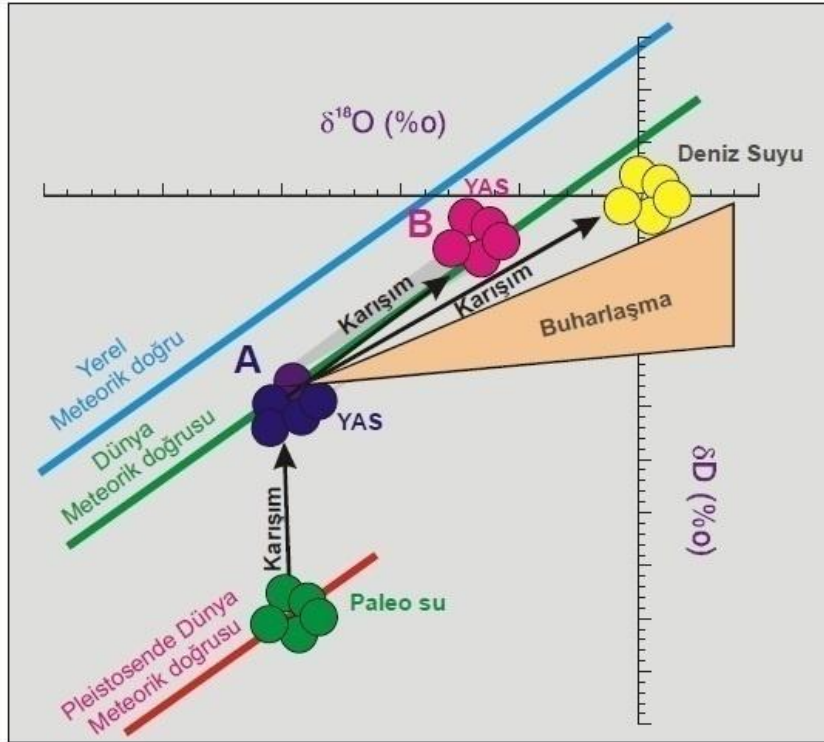
$$\delta\text{D}=8\delta^{18}\text{O}+10 \quad \text{DMSD} \quad (1)$$

$$\delta\text{D}=8\delta^{18}\text{O}+22 \quad \text{AMSD} \quad (2)$$

Oluşturulan $\delta^{18}\text{O}$ ve δD grafiğinde, çalışma sahasından alınan örneklere ait değerler meteorik çizgiden sağa kayarak $\delta^{18}\text{O}$ bakımından kısmen zenginleşmektedir. Bu durum, bu suların derin dolaşım olmaları ve içlerinden geçtiği kayalarla daha uzun süreli etkileşime girerek $\delta^{18}\text{O}$ bakımından kısmen de olsa zenginleştiğini göstermektedir. Barutlukuyu sondaj kuyusundan alınan örneğin meteorik çizgiden sapma göstermemesi, suyun uzun süreli kayaç etkileşimine uğramadığını göstermekle birlikte bu örneğe ait analiz sonuçları güvenilir bulunmamıştır.

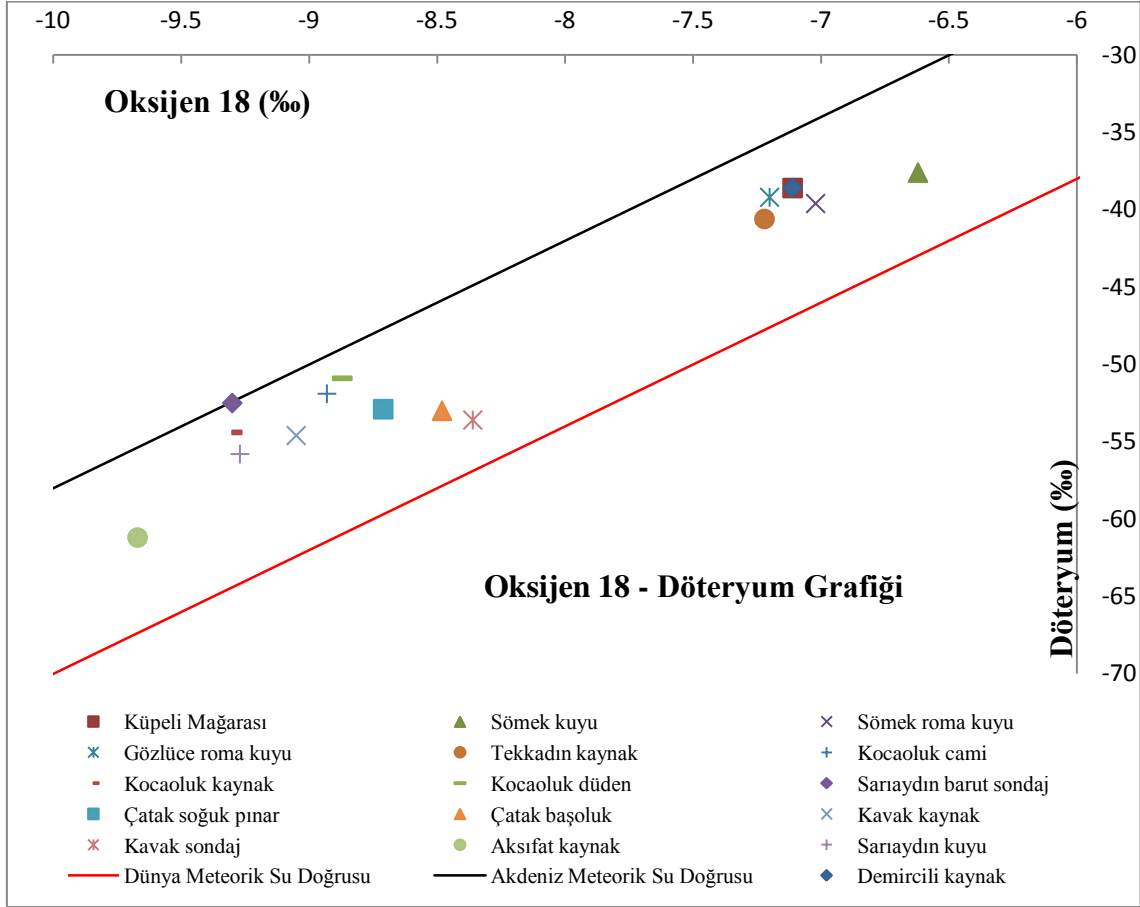
Çizelge 4. 10. Çalışma alanından alınan su numunelerine ait oksijen-18 ve döteryum değerleri.

Kaynak Adı	δD (‰)	$\delta^{18}O$ (‰)
Demircili kaynak	-38,6	-7,11
Küpelı Mağara	-41,2	-7,79
Sömek kuyu	-37,6	-6,62
Sömek roma kuyu	-39,6	-7,02
Gözlüce roma kuyu	-39,2	-7,2
Tekkadın kaynak	-40,6	-7,22
Kocaoluk cami	-51,9	-8,93
Kocaoluk kaynak	-54,4	-9,3
Kocaoluk düden	-50,9	-8,87
Sarıaydın barut sondaj	-52,5	-9,3
Çatak soğuk pınar	-52,9	-8,71
Çatak başoluk	-53	-8,48
Kavak kaynak	-54,6	-9,05
Kavak sondaj	-53,6	-8,36
Aksıfat kaynak	-61,2	-9,67
Sarıaydın kuyu	-55,8	-9,27



Şekil 4. 192. Şematik $\delta^{18}O$ ve δD grafiği ve karışım oluşturan uç sular (Şekilde A noktasına yaklaştıkça sonbahar ve kış yağışları ile üst kotlara ait sular, B noktasına yaklaştıkça ilkbahar ve yaz yağışları ile alt kotlara ait sular temsil edilir) [Kurttaş, 2002].

Şekil 4.193'de görülen grafikte, çalışma alanından alınan su numunelerinin bir bölümünün beslenme sırasında ve/veya beslenme sonrasında gelişen buharlaşma etkisi ile ağır izotoplar bakımından ok yönünde kısmen zenginleştiği görülmekle birlikte, önemli bir buharlaşma etkisinden söz etmek mümkün değildir. Bu durum, kaynakların doğrudan yağışlardan beslendiğini ve yağışların yeraltına süzülme sırasında izotopik süreçlerden etkilenmediğini göstermektedir.



Şekil 4. 193. Çalışma alanından alınan su numunelerine ait $\delta^{18}\text{O}$ ve δD grafiği.

Çalışma alanından alınan karstik akiferlere ait su numuneleri $\delta^{18}\text{O}$ ve δD grafiği üzerinde 2 grup halinde kümelenmektedir (Şekil 4.193). Bu durum; Sömek örme kuyu, Sömek Roma Ağlar kuyusu, Gözlüce Roma kuyusu, Ovacık kaynağı, Küpeli Mağarası sifon ve Demircili kaynağının aynı tür yağışlardan beslendiğini göstermektedir. Benzer şekilde, Aksıfat kaynağı dışındaki örneklerin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD grafiği üzerinde birbirlerine yakın konumda bulunmaları ve ikinci kümelenmeyi oluşturmaları bu kaynakların beslenme alanlarının aynı olduğunu ya da aynı tür yağışlardan beslendiğini göstermektedir.

Şekil 4.193’de görülen şematik $\delta^{18}\text{O}$ ve δD grafiğine göre; Sömek örme kuyu, Sömek Roma Ağlar kuyusu, Gözlüce Roma kuyusu, Ovacık kaynağı, Küpeli Mağarası sifon ve Demircili kaynaklarına ait örnekler oluşturulan $\delta^{18}\text{O}$ ve δD grafiğinde B noktası yönünde yerleşmişlerdir. Bu durum, bu kaynakların ilkbahar ve yaz yağışları ile birlikte alt kotlardaki yağışlardan beslendiklerini göstermektedir. Grafikte A noktası yönünde yerleşen diğer kaynaklar ise, sonbahar ve kış yağışları ile topografik olarak üst kotlardaki yağışlardan beslenmektedirler.

$\delta^{18}\text{O}$ ve δD arasındaki ilişki, belirli bir yağış rejimi içerisinde değişmemektedir. Buna bağlı olarak, δD fazlası değerleri kullanılarak farklı yağış rejimlerinin etkisi ve beslenme yükseklikleri belirlenebilir [Özgüm vd., 2003].

$$D_f = \delta\text{D} - 8\delta^{18}\text{O} \quad (3) \text{ [Özgüm vd., 2003].}$$

Çalışma alanından alınan numunelere ait δD ve $\delta^{18}\text{O}$ verilerinden, (3) nolu denklem kullanılarak hesaplanan δD fazlası değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Örneklerin hesaplanmış δD fazlalıkları dikkate alındığında, tüm değerlerin DMSD δD değeri olan 10’dan yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum bölgede buharlaşmanın fazla olduğunu göstermekle birlikte beslenimin yoğunlukla denizel kökenli yağışlardan olduğunu göstermektedir. δD fazlası değerleri DMSD δD fazlası değerine yakın olanlar hem karasal hem de denizel kökenli yağışlardan beslenmektedir. Su numunelerine ait hesaplanan δD fazlası değerleri, aynı yağış rejiminden etkilenen noktalarda birbirine yakın çıkmıştır.

Çizelge 4. 11. Çalışma alanına ait numunelerin döteryum fazlalıkları.

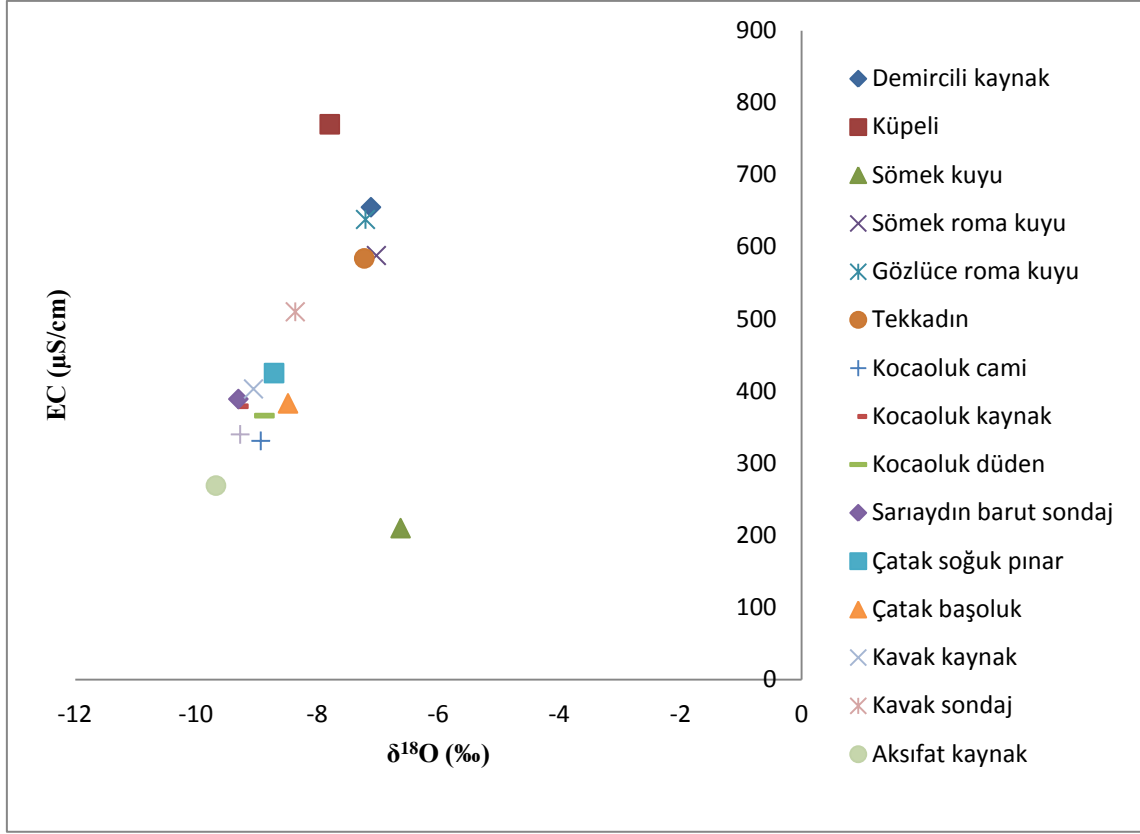
Kaynak Adı	δD (‰)	δD (‰) fazlası
Demircili kaynak	-38,6	18,28
Küpeli Mağara	-41,2	21,12
Sömek kuyu	-37,6	15,36
Sömek roma kuyu	-39,6	16,56
Gözlüce roma kuyu	-39,2	18,4
Tekkadın kaynak	-40,6	17,16

Çizelge 4.11'in devamı,

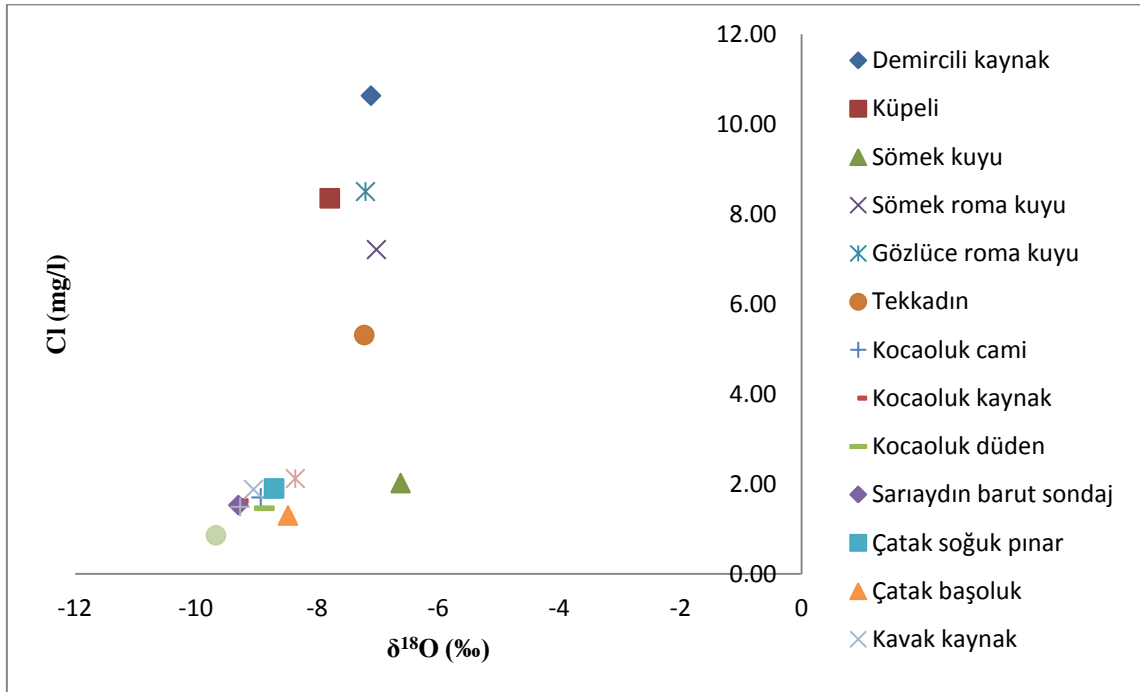
Kaynak Adı	δD (‰)	δD (‰) fazlası
Kocaoluk cami	-51,9	19,54
Kocaoluk kaynak	-54,4	20
Kocaoluk düden	-50,9	20,06
Sarıaydın barut sondaj	-52,5	21,9
Çatak soğuk pınar	-52,9	16,78
Çatak başoluk	-53	14,84
Kavak kaynak	-54,6	17,8
Kavak sondaj	-53,6	13,28
Aksıfat kaynak	-61,2	16,16
Sarıaydın kuyu	-55,8	18,36

Hidrojeoloji çalışmalarında, örneklerin $\delta^{18}O$ değerleri, EC (elektriksel iletkenlik) ve Cl içerikleri birlikte değerlendirilerek beslenme yüksekliği ve yeraltı suyu temas süreleri belirlenebilmektedir. Kaynak sularında, suyun çıkış noktasından ilk birkaç metrelik derinlik boyunca buharlaşmadan dolayı tüm diğer iyonlarla birlikte Cl iyonu da derişim açısından zenginleşmektedir. Bu durum, özellikle geniş dağlık alanlara yayılan havzalarda gerçekleşen evapotranspirasyonun belirlenmesi amacıyla kullanılmakla birlikte; ilksel Cl içeriğine sahip yeraltı suları genellikle yüksek kotlarda yüzeye çıkan ve akiferin kısa dolaşımı sonucu kirlenmeye ya da değişik kökenli suların karışımına maruz kalmadan sistemin ilksel kimyasal yapısını tanımlayan kaynaklardan elde edilmektedir [Özen ve Tarcan, 2005]. Benzer şekilde, yeraltı sularının elektriksel iletkenliği (EC), içerdiği iyon miktarı ile doğru orantılıdır ve $CaHCO_3$ iyonlarınca zengin suların EC değerleri $\delta^{18}O$ değerleri ile birlikte değerlendirilerek, yeraltı suyunun karbonatlı kayaçlar ile temas süresi hakkında bilgi edinilmesini sağlar [Atilla, 2002].

Oluşturulan EC- $\delta^{18}O$ ve Cl- $\delta^{18}O$ grafikleri; çalışma alanında düşük Cl ve düşük EC değerlerine sahip olan kaynaklardaki yeraltı sularının, karbonatlı kayaçlarla temas sürelerinin diğerlerine oranla daha az olduğunu ve kısa sürede kaynak olarak yeryüzüne çıktıklarını göstermektedir (Şekil 4.194 ve Şekil 4.195). Yüksek Cl ve EC değerlerine sahip olan suların ise, akifer ile daha uzun süre temas halinde olduğunu ve uzun süre yeraltında kaldıkları söylenebilir.

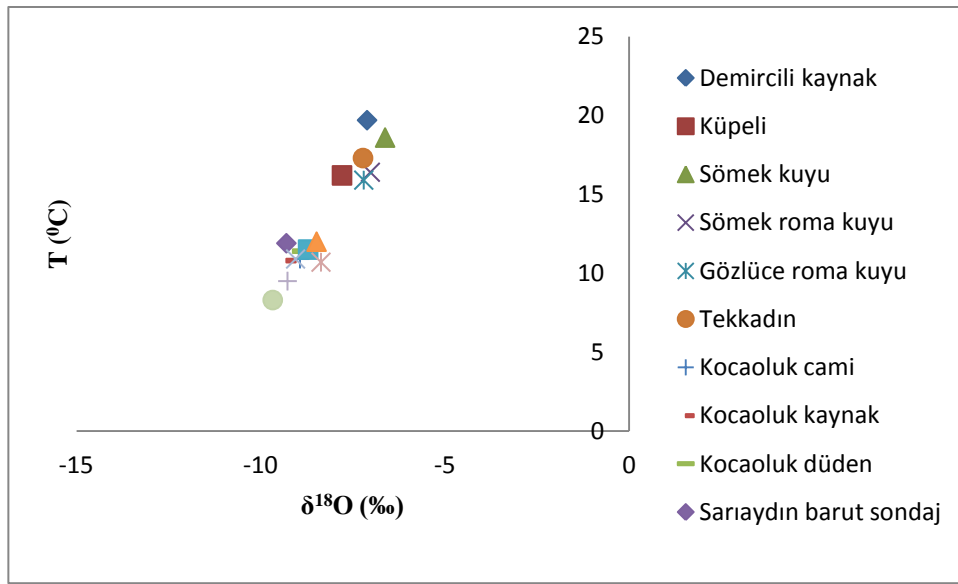


Şekil 4. 194. Çalışma alanından alınan su numunelerine ait EC- $\delta^{18}\text{O}$ grafiği.



Şekil 4. 195. Çalışma alanından alınan su numunelerine ait Cl- $\delta^{18}\text{O}$ grafiği.

Oluşturulan T (°C)- $\delta^{18}\text{O}$ grafiğinde, yüksek kotlardaki kaynaklar ile nispeten daha düşük kotlardaki kaynaklardan alınan numunelerin iki ayrı grupta kümелendiği görülmektedir (Şekil 4.196). Coğrafi konum, enlem vb. parametrelerin yanı sıra esas olarak yükseklik arttıkça kaynak sularının izotop oranları azalmaktadır [Güner ve Güner, 2002]. Buna bağlı olarak; sıcaklığın ve $\delta^{18}\text{O}$ değerinin düşük olduğu Kocaoluk cami, Kocaoluk kaynak ve Kocaoluk düden, Sarıaydın barut kuyusu sondaj, Çatak Soğukpınar ve Çatak Başoluk, Kavak kaynak ve Kavak sondaj ile Aksıfat kaynak ve Sarıaydın kuyusundan alınan sular yüksek kotlardan beslenmeyi göstermektedir.



Şekil 4. 196. Çalışma alanından alınan su numunelerinin T (°C)- $\delta^{18}\text{O}$ grafiği.

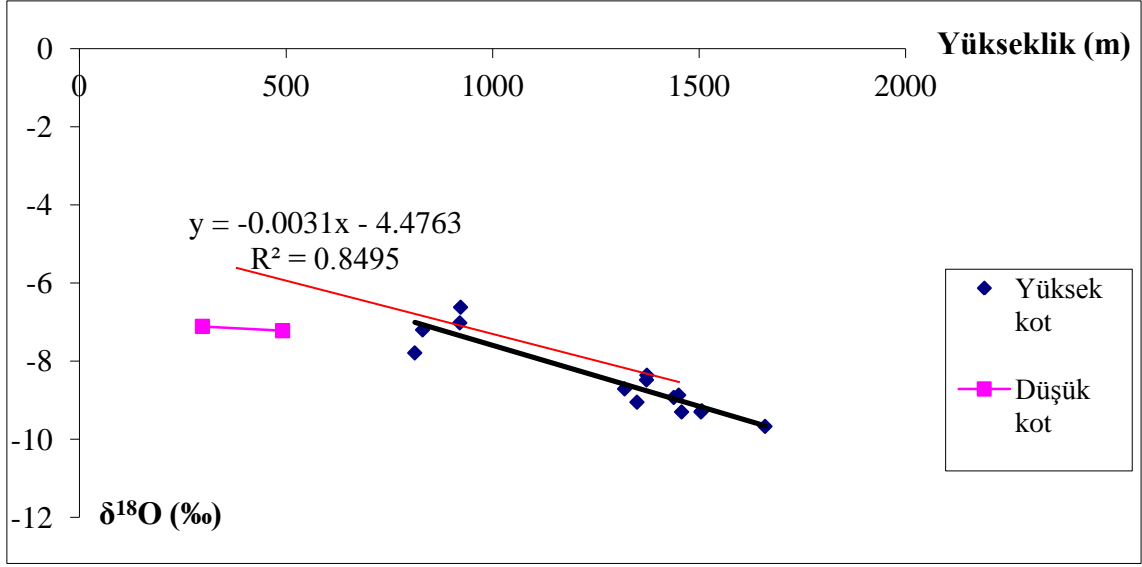
Çalışma alanındaki kaynakların beslenme yüksekliklerinin belirlenebilmesi amacıyla kaynakların boşalım yükseklik değerleri dikkate alınarak yükseklik (m)- $\delta^{18}\text{O}$ ve yükseklik (m)- δD grafikleri oluşturulmuştur (Şekil 4.197 ve Şekil 4.198). Genel olarak her 100 m'lik yükseklik artışına karşılık $\delta^{18}\text{O}$ içeriğindeki azalma ‰ 0,15 – ‰ 0,50 arasında, D içeriğinde de ‰ 1 – ‰ 5 arasında değişmektedir [Güner ve Güner, 2002]. Buna göre kuyular dışındaki kaynakların hesaplanan ortalama beslenme yüksekliği değerleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4. 12. Çalışma alanına ait kaynaklardan alınan su örneklerinin $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop içeriklerinden belirlenen ortalama beslenme yükseklikleri.

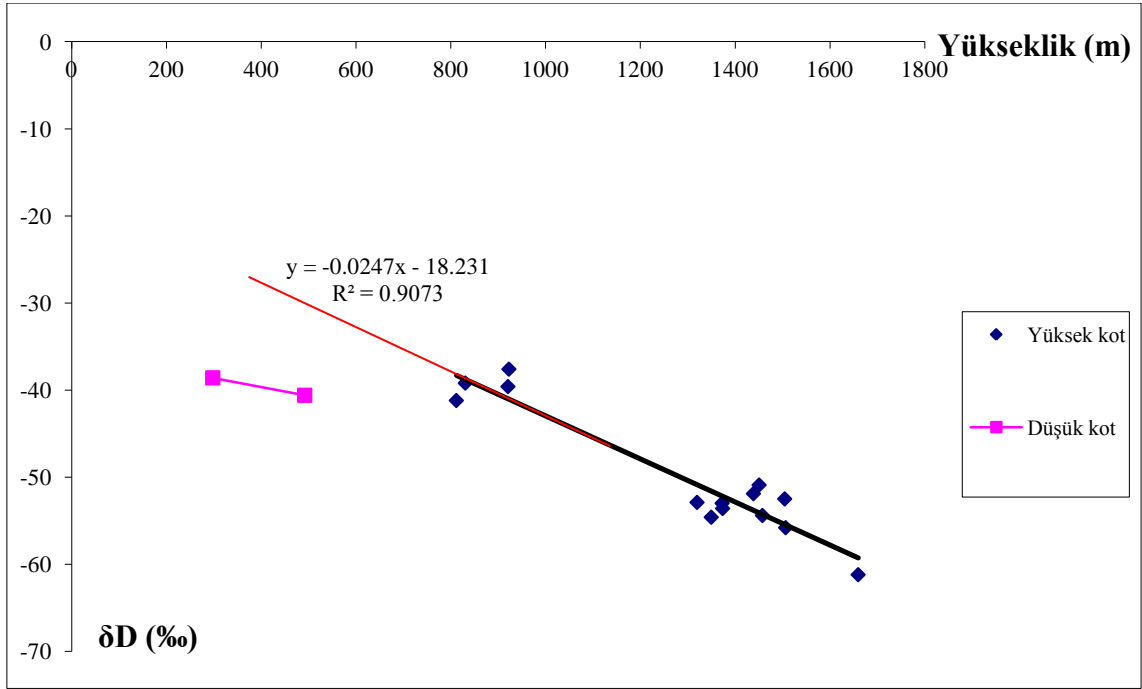
Kaynak Adı	İzotop Değ.		Boşalım Yük. (m)	Beslenme Yük. (m)	Fark (m)
Demircili	$\delta^{18}\text{O}$	-7,11	298	850	552
	δD	-38,6		830	532
Tekkadın	$\delta^{18}\text{O}$	-7,22	492	885	393
	δD	-40,6		908	416
Küpelı Mğ.	$\delta^{18}\text{O}$	-7,79	812	1069	257
	δD	-41,2		932	120
Kocaoluk kyn.	$\delta^{18}\text{O}$	-9,3	1458	1556	98
	δD	-54,4		1454	
Çatak Soğukpınar	$\delta^{18}\text{O}$	-8,71	1320	1366	46
	δD	-52,9		1395	75
Kavak kyn.	$\delta^{18}\text{O}$	-9,05	1350	1475	125
	δD	-54,6		1462	112
Aksıfat	$\delta^{18}\text{O}$	-9,67	1660	1675	15
	δD	-61,2		1723	63

Oluşturulan yükseklik (m)- $\delta^{18}\text{O}$ ve yükseklik (m)- δD grafiklerinde, örneklerin belirgin bir şekilde kümelandıkları görülmektedir. Grafikte, izotop içeriklerinin yüksekliğe bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni muhtemelen yağmur kütesinin yamaçlardan yükselirken yağışını bırakması ve ağırdan hafife doğru izotop içeriğinin değişmesidir.

Grafik ve hesaplanan ortalama beslenme yüksekliklerine göre, boşalım kot yükseklikleriyle uyumlu bir şekilde çalışma alanındaki en alt kotta yer alan Demircili kaynağı en düşük, en üst kotta yer alan Aksıfat ise en yüksek beslenme alanına sahiptir.



Şekil 4. 197. Çalışma alanından alınan su numunelerinin yükseklik (m)- $\delta^{18}O$ grafiği.



Şekil 4. 198. Çalışma alanından alınan su numunelerinin yükseklik (m)- δD grafiği.

5. ÇALIŞMA ALANININ KARST GELİŞİM SÜRECİ

Orta Torosların evrimi ile ilgili yapılan çalışmalarda; bölgede karasallaşmanın Üst Eosen – Oligosen’de başladığı, Miyosen sonunda Orta Torosların tamamen kara haline geldiği ve Miyosen sonunda bölgede orojenezin yerini epirojenik yükselimlerin aldığı belirtilmektedir [Ketin, 1966]. Bilindiği üzere, karstlaşmanın alt sınırını oluşturan nihai morfolojik taban düzeyi (MTD) denizdir. Dolayısıyla, genel bir ifadeyle bölgede karstlaşma Orta Torosların karasallaşmasından sonra başlamış olmalıdır. Orta Toroslarda Mut ve yakın çevresinin jeomorfolojisiyle ilgili yapılan bir çalışmada karstlaşmanın bölgede Orta Miyosen karasallaşmasıyla birlikte başlamış olabileceği bildirilmiştir [Çiçek, 2001]. Karasallaşmanın gerçekleştiği dönem olarak kabul edilen Orta Miyosen’in devamında, bölgede uzun bir süre hakim olan ve Messiniyen Tuzluluk Krizi olarak adlandırılan kurak ve sıcak iklime bağlı olarak karstlaşma bölgede derinlemesine gelişmiş olmalıdır. Akdeniz’de yapılan derin sondajlarda kesilen tuz katmanları dikkate alınarak yapılan bir diğer çalışmada, Messiniyen döneminde Akdeniz’in birbirleriyle bağlantısız olan derin çukurluklar dışında susuz bir havzaya dönüştüğü ve Pliyosen döneminde Akdeniz ile Atlantik Okyanusu arasında Cebelitarık Boğazı’nın açılarak Akdeniz’in tekrar suya kavuştuğu belirtilmektedir [Ekmeççi, 2008]. Messiniyen döneminde Akdeniz su seviyesindeki radikal düşüşe bağlı olarak; Orta Toroslarda güneyden Akdeniz ile sınırlanan çalışma alanında MTD derine inmiş ve dolayısıyla bölgede karstlaşma bu dönemde derinleşmiş olmalıdır.

Bölgede; Messiniyen döneminde Akdeniz su seviyesinde ve dolayısıyla MTD’ de görülen değişimlerle birlikte, bölgenin tektonik gelişiminde de değişimler meydana gelmiştir. Üst Miyosen-Pliyosen çökellerinde yapılan çalışmada; bölgenin tektonik gelişiminin sıkışma tektoniği ile oluştuğu ve bu tektonik değişim sonucunda KKB-GGD uzanımlı kıvrımlar ve ters fayların oluştuğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada ayrıca, bölgenin tektonik gelişiminde batıya hareket eden Anadolu levhasının büyük bir olasılıkla Ege’de büyük bir dirençle karşılaşmasına bağlı olarak DKD-BGB yönlü sıkıştırmanın etkili olduğu belirtilmiştir [Demirkol, 1986]. Bir başka çalışmada ise; Orta Toroslar’da Üst Pliyosen’de doğudan batıya doğru çok etkili olmayan bir sıkışma rejiminin geliştiği, bu D-B yönlü sıkışmanın ileri evrelerinde bölgenin K-G yönlü sıkışmanın etkisinde kaldığı belirtilmiştir [Akay ve Uysal, 1988]. Bu dönem aynı zamanda literatürde, bölgede Pliyosen döneminde

transgresyon ve regresyonların görüldüğü bir dönem olarak belirtilmektedir [Alan vd., 2011; Kalelioğlu, 2005; Öğrünç vd., 2000]. Bu dönemde karstlaşma; Akdeniz su seviyesindeki düşüm ve tektonik yapıdaki değişimlerin dışında, Pliyosen dönemi boyunca bölgede görülen transgresyon ve regresyonlardan da etkilenmiş olmalıdır. Özellikle transgresyondan etkilenen alanlarda, transgresyon dönemlerinde deniz basmasına bağlı olarak karstlaşma kesintiye uğramış ve regresyon dönemlerinde ise karstlaşma yeniden devam etmiş olmalıdır.

Pliyosen dönemi sonuna kadar tektonik süreçler ile birlikte Messiniyen Tuzluluk Krizi ve transgresyon ve regresyonlardan etkilenen bölgede, bu dönemi takip eden ve buzullar çağı olarak bilinen Pleistosen döneminde yoğun bir karstlaşma gelişmeye başlamıştır. Pleistosen döneminde Avrupa'nın büyük bir kısmında 3 km'ye varan kalınlıklardaki buzulların erimesi sonucu karbondioksitçe zengin sulara bağlı olarak karstlaşma hızlanmıştır. Pleistosen boyunca soğuma dönemlerinin yavaş, buna karşılık ısınma dönemlerinin ise hızlı geliştiği iklimsel dalgalanma ile birlikte Pleistosen'in son buzul çağı olarak bilinen Würm Buzul döneminde Akdeniz su seviyesindeki ortalama 120 m'lik düşüm bölgedeki karstlaşmanın gelişiminde en etkili rolü oynamıştır. Bu veriler ışığında, bölgede karstlaşma büyük oranda Pliyosen sonu-Pleistosen başlangıcında gelişmeye başlamış olmalıdır.

Karstik yüzey şekillerinden karenlerin yalnızca Jura-Kretase yaşlı dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan birim içerisinde gelişmiş olması ile birlikte genç yarılma ve kanyonlar; bölgede karstlaşmanın son derece yoğun bir şekilde gelişmeye başladığı Pliyosen sonu-Pleistosen dönemini işaret etmektedir. Çalışma alanının neredeyse tamamını kaplayan Miyosen yaşlı resifal kireçtaşlarında karstik yüzey şekillerini oluşturan karenlerin bulunmaması; karstlaşmanın kolay ve hızlı geliştiği bu alanlarda oluşan yüzey şekillerinin, bölgede karstlaşmanın hızlı gelişmesine bağlı olarak kolayca deformasyona uğramaları ve/veya bu örtü tabakanın olmamasıyla açıklanabilir. Ancak, Pliyosen örtü tabakasının Orta Torosların genelinde Miyosen yaşlı birimler üzerinde görülmesine bağlı olarak, çalışma alanında Miyosen yaşlı birimler üzerinde bu örtü tabakanın yoksunluğundan bahsetmek zordur. Pliyosen örtü tabakasının yoksunluğundan ziyade; Pliyosen dönemi boyunca transgresyon ve regresyonlardan etkilenen bölgede, bölgenin

epirojenik yükselimine bağlı olarak akarsuların yataklarının derinleşmesi sonucu Pliyosen örtü tabakası aşınarak taşınmış olmalıdır.

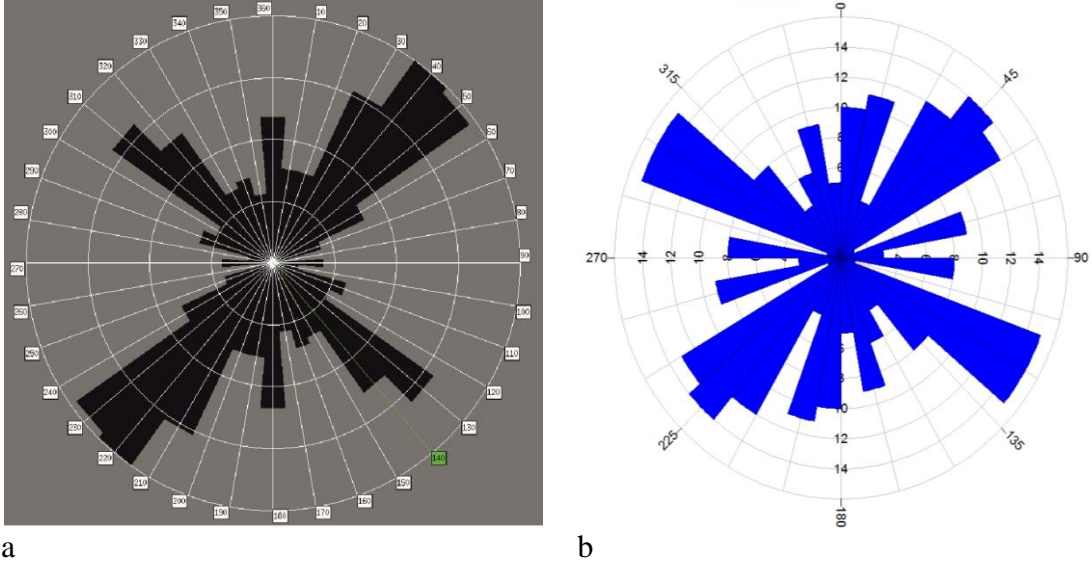
Bölgenin, Pliyosen'in devamında Pleistosen'in buzul dönemlerinin etkisi altına girmesi bölgenin karstlaşma sürecinde olduğu gibi Pliyosen örtü tabakasında da büyük rol oynamıştır. Pleistosen'in buzul dönemleri ve bu buzul dönemleri arasındaki sıcak (interglasyel) iklim dönemlerine bağlı olarak buzullardaki erime ile birlikte bölgenin blok halinde yükselmesi sonucu yataklarını derinleştiren akarsular, Pliyosen örtü tabakasını aşındırarak taşınmasına neden olmuştur. Bölgede, Pliyosen örtü tabakasının aşınmasının en belirgin izleri aşınım yüzeyleridir. Aşınım yüzeylerinin arasında dar ve derin genç vadilerin yerleşmiş olması bölgenin bir ya da birkaç aşınma dönemi geçirdiğini ve sonrasında da yeniden yükseldiğini işaret etmektedir. Benzer şekilde, çalışma alanının genelinde yoğun olarak görülen sığ dolinler; örtü tabakanın nispeten yeni sıyrıldığını ve karstlaşmada görülen gençleşmeye ayak uyduramayarak derinleşmeden yanal yönde uzamış sığ dolinler olarak kaldıklarını göstermektedir. Çiçek bölge ile ilgili yaptığı çalışmada, bölgede Üst Pliyosen'de gelişen bir aşınım yüzeyi ve bu aşınım yüzeyinden sonra epirojenik yükselme ile Göksu Nehri ve kollarının gençleşerek Pliyosen yaşlı yüzeyi parçaladığını, Üst Pliyosen ve Alt Pleistosen aşınımının flüviyal karakterde olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda yazar, bölgedeki Miyosen yaşlı birimler üzerinde görülen karstik şekillerin de Pliyosen ve hatta daha çok Kuvaterner dönemine ait olduğunu belirtmiş ve bölge ile ilgili diğer araştırmacıların sonuçlarıyla bu görüşünü desteklemiştir [Çiçek, 2001].

Bu dönemde Akdeniz su seviyesindeki değişimlerle birlikte; günümüzde, Üst Pliyosende etkili olan K-G yönlü sıkışmanın etkisi altında olan ve blok halinde yükselmeye devam eden bölgede, KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak karstlaşma derinleşmeye ve hızlı bir gelişim göstermeye başlamıştır. Bunun sonucu olarak bölgede, KB-GD yönlü süreksizliklere paralel gelişmiş genç yarılmalarda, mağara kanyon ve kanyonlarla birlikte; bölgenin tektonik hareketlere bağlı olarak yükselmesini ve iklimsel değişimlere bağlı olarak değişen morfolojik taban düzeyinin (MTD) kanıtını oluşturan, çok dönemli ve çok aşamalı bir gelişim gösteren mağaralar meydana gelmiştir. Benzer şekilde, çalışma alanının üst kotlarında yoğunlaşan dolinlerin genel gelişim hatlarının KD-GB yönlü olmasına karşın; derinleşebilen ve özellikle yağışlı dönemlerde düden olarak çalışan dolinlerin

derinleşme yönleri KB-GD doğrultusundadır. KB-GD yönlü süreksizlikler bölgede akaçlamanın yönünü de belirlemektedir. Karstlaşmanın derinleşerek hızlı gelişmesine bağlı olarak, bölgede akaçlama yönünde gelişmiş çok sayıda askıda kalmış geçit konumlu (conduit) mağaraların yanı sıra; çalışma alanının doğu sınırını oluşturan ve büyük oranda bir mağara kanyon konumunda olan Lamas Kanyonu da KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak şekillenmiştir. Nazik, mağara kanyonların başlangıç noktaları ile Pleistosen'in son buzul dönemi olan Würm vadi buzullarının arasında kesin bir ilişkinin olduğunu ve kanyonların büyük bir kısmının kozmojenetik yaşlandırmalara göre Würm Buzul Dönemi'nin gerileme dönemine karşılık gelen, günümüzden 15.000-9.000 yıl öncesinden itibaren gelişmeye başladıklarını belirtmiştir [Nazik, 2010].

Bölgede karstlaşmanın Pliyosen sonu-Pleistosen başlangıcında başlayıp, Pleistosen'de yoğun bir şekilde geliştiğinin bir diğer verisini, mağara çökelleri üzerinde yapılan U/Th yaş verileri oluşturmaktadır. Genel olarak mağaraların ilk oluşum ve gelişim dönemlerinde damlataş oluşumları gelişemez. Nitekim çalışma alanında hızlı ve derinlemesine gelişen karstlaşmaya bağlı olarak özellikle kuyu biçimli dikey mağaraların çoğunluğunda damlataş oluşumları gelişmemiştir. Bununla birlikte, gelişimlerini tamamlamış mağaralardan alınan dikit örnekleri üzerinde yapılan ve bölüm 4.2.3.1'de detaylı olarak verilen U/Th yaşlandırma verileri Pleistosen ve sonrasına aittir (bkz. Bölüm 4.2.3.1).

Çalışma alanını oluşturan Lamas Kanyonu ve Göksu Nehri arasında kalan bölgede karstlaşma sürecini etkileyen en önemli parametrelerden biri bölgenin tektonik yapısıdır. Araştırması tamamlanan mağaraların büyük çoğunluğunun, genç yükselim bölgelerini karakterize eden, boyuna kesitleri kuyu biçimli olan dikey mağaralardan oluşmasının yanı sıra; yatay kesitleri eğimli olan altı adet yarı yatay-yarı dikey gelişmiş mağara bölgenin tektonik olarak hareketli olduğunu göstermektedir. Bölgede, gerek yüzey karst yapılarının ve gerekse de karstik yeraltı boşlukları olan mağaraların belirgin hatlar üzerinde yoğunlaştıkları görülmektedir.



Şekil 4. 199. a) Çalışma alanına ait rölyef kazandırılmış sayısal yükseklik modelinden çıkarılmış ana fay ve çizgiselliklere ait gül diyagramı, b) Çalışma alanında, araştırılması tamamlanan mağaraların ana galeri ve yan kollarının gelişim yönleri ve yatay uzunluklarından oluşturulan gül diyagramı.

Bölgeye ait sayısal yüksek modeline süreksizlik düzlemleri bindirilerek oluşturulan çizgisellik haritasında süreksizliklerin, KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı faya dik bir şekilde, KB-GD yönünde geliştikleri görülmektedir (Şekil 4.199a). Bunun sonucu olarak; bölgede karstlaşma, özellikle mağaralar büyük oranda KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak gelişmiş ve şekillenmiştir. Tez kapsamında araştırması tamamlanan mağaraların büyük çoğunluğu KB-GD yönünde gelişmiş, KD-GB gelişmeye başlayan mağaralarda ise ya KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak yan kollar oluşmuş ya da mağara gelişim yönleri KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak değişmiştir. Mağara gelişim yönleri ile süreksizlik düzlemleri arasındaki ilişkinin değerlendirilebilmesi amacıyla, mağaraların ana galeri ve yan kollarının gelişim yönleri ve uzunlukları dikkate alınarak gül diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 4.199b). RockWorks15 yazılımı kullanılarak oluşturulan mağara gelişim yönlerine ait gül diyagramı ile çalışma alanına ait rölyef kazandırılmış sayısal yükseklik modelinden çıkarılmış ana fay ve çizgiselliklere ait gül diyagramı karşılaştırıldığında; mağaraların gelişim yönleri ile bölgedeki fay ve süreksizliklerin birebir örtüştüğü görülmektedir.

Bölgede karstlaşmanın gelişim sürecinde KB-GD yönlü süreksizliklerinin etkisine en güzel örneklerden birini Sason Kanyonu oluşturmaktadır. Çalışma alanının kuzey sınırını oluşturan Sason Kanyonu bölgedeki ana tektonik hatta uygun olarak KD-GB

yönünde gelişmeye başlamış; ancak, bölgenin epirojenik yükselimi ve yeraltı su seviyesindeki değişimler ile birlikte ana tektonik hata dik gelişen KB-GD süreksizliklere bağlı olarak Göksu Nehri tarafından kapılmış ve gelişimi KB-GD yönünde devam ederek sönümlenmiştir.

Bu veriler ışığında; doğuda Lamas Kanyonu, kuzeyde Sason Kanyonu ve batıda ise Göksu Nehri ile sınırlanan çalışma alanında karstlaşma, Orta Toroslar karst gelişimine uygun olarak Pliyosen sonu-Pleistosen başlangıcında gelişmeye başlamış olmalıdır. Pleistosen buzul dönemleri ve bu buzul dönemleri arasındaki (interglasial) sıcak iklim değişimleri ile birlikte KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak şekillenmiştir. Bölgede, özellikle Würm Buzul Dönemi sonrasında gelişmiş, genç karstlaşma hakimdir.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Doğuda Lamas Kanyonu, batıda Göksu Nehri ve kuzeyde Sason Kanyonu ile sınırlanan bölgenin karst evriminin açıklanmasının amaçlandığı çalışmada; temel olarak mağaralar, mağara çökelleri, karstik yüzey şekilleri, litoloji, su kimyası ve izotop verileri birlikte değerlendirilmiştir. Çalışmaya ilişkin sonuç ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

6.1. SONUÇLAR

- Çalışma alanında hakim litolojiyi resifal kireçtaşlarından oluşan Alt-Orta Miyosen yaşlı Karaisalı Formasyonu ve kumtaşı, silttaşı, killi kireçtaşı, marn ve kireçtaşı araldanmasından oluşan Alt-Orta Miyosen yaşlı Kaplankaya Formasyonu oluşturmaktadır.

- Karstlaşmanın yoğun bir şekilde görüldüğü Karaisalı Formasyonu içerisinde yatay-yarı yatay, dikey-yarı dikey, yarı aktif, düden ve geçit konumlu çok sayıda mağara gelişmiştir. Formasyon içerisinde karstik yeraltı boşlukları olan mağara ve dolinler tür ve sayı olarak yoğun bir şekilde gelişmiş olmasına karşın, karstik yüzey şekillerinden lapyaların neredeyse hiç gelişmemiş olması litolojiden ziyade, Pliyosen örtü tabakasının sıyrılması ile ilgilidir.

- Kaplankaya Formasyonu'nun killi seviyeleri, yüzlek verdikleri alanlarda ve Karaisalı Formasyonu ile geçişli olduğu bölgelerde karst taban düzeyini (KTD) oluşturarak, karstlaşmanın düşey yönlü gelişiminde sınırlayıcı bir rol oynamıştır.

- Çalışma alanında, karstik yüzey şekilleri olan lapyaya gibi mikro karstik yüzey şekilleri yapıları yalnızca dolomit, dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan Jura-Kretase yaşlı Çamlık Formasyonu içerisinde gelişmiştir. Çamlık Formasyonu içerisinde gelişmiş mağaraların tamamının genç yükselim bölgelerini karakterize eden, kuyu şeklinde ve büyük oranda düz duvarlara sahip dikey mağara özelliğinde olması, lokal olarak karst taban düzeyinin derinde olduğunu ve bölgenin yükselim halinde olduğunu göstermektedir.

- Karstlaşmanın son derece yoğun bir şekilde geliştiği çalışma alanında akiferlerin hidrojeokimyasal özellikleri ile kaynak-beslenme havzası arasındaki ilişkilerin saptanabilmesi amacıyla kaynak, sondaj, mağara sifon ve kuyulardan alınan su örneklerinin izotop analizleri ile fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Su numunelerinin anyon ve katyon analiz sonuçlarına göre sular, karstlaşmanın yoğun geliştiği bölgede beklenildiği üzere büyük oranda CaHCO_3 fasiyesindedir. Suların fiziksel

ve kimyasal özelliklerinden yararlanılarak oluşturulan Piper diyagramına göre sular karbonatlı sudur. Schoeller diyagramına göre de kıyı şeridinde bulunan Narlıkuyu, Yapraklıkoy ve Atayurt örnekleri dışındaki sular aynı akiferden beslenmektedir.

- Kıyı şeridinde yakın kaynaklarda deniz suyu girişimine bağlı olarak fasiyeste Na ve Cl iyonlarında belirgin artışlar görülmüştür. Kıyı şeridinde bulunan Yapraklıkoy örneğinde Mg, Na, Cl, SO₄, B, Zn, As, Cd, Cr, Ni ve Fe değerlerinde, Küpeli Mağarası sifon örneğinde NO₃ ve Ovacık-Tekkadın kaynağı, Kocaoluk çeşme, Kocaoluk kaynak ve Kocaoluk düden kaynaklarında Pb değerlerinde görülen belirgin artışlar antropojenik kirlenmeyi göstermektedir.

- Hidrojeokimyasal ortam yorumunun yapılabilmesi amacıyla suların mineral doyumluk indisleri hesaplanmış ve Aksıfat kaynağı haricindeki suların anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, jips ve kuvars bakımından aşırı doymun olduğu görülmüştür. Aksıfat kaynağı mineral doyumluk değerlerine göre; aragoniti çözebilecek nitelikte, kalsit ve dolomit bakımından ise dengededir.

- Çalışma alanından alınan su örneklerinin izotop analiz değerlerinin Dünya Meteorik Su Doğrusu (DMSD) ve Akdeniz Meteorik Su Doğrusu (AMSD) ile olan ilişkilerinin saptanması amacıyla oluşturulan grafikte sular, DMSD ile AMSD arasında iki grup halinde kümelenmektedir. Oluşturulan grafiğe göre; kaynaklar doğrudan yağışlardan beslenmekte ve yeraltına süzülme sırasında izotopik süreçlerden etkilenmemektedir. Sömek örme kuyu, Sömek roma kuyu, Gözlüce roma kuyu, Ovacık kaynağı, Küpeli Mağarası sifon ve Demircili kaynakları ilkbahar ve yağ yağışları ile birlikte alt kotlardaki yağışlardan beslenirken, diğer örnekler sonbahar ve kış yağışları ile topografik olarak üst kotlardaki yağışlardan beslenmektedir.

- Beslenim yüksekliği ile yeraltı suyu temas sürelerinin belirlenebilmesi amacıyla oluşturulan EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) - $\delta^{18}\text{O}$ ve Cl - $\delta^{18}\text{O}$ grafiklerine göre; çalışma alanının üst kotlarında yer alan suların karbonatlı kayalarla temas süreleri diğerlerine oranla daha azdır ve kısa sürede kaynak olarak yeryüzüne çıkmaktadırlar.

- Çalışma alanında mağaralar ve karstik yüzey şekilleri belirgin bir şekilde fay, kırık ve çatlak sistemleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Mağaraların gelişim yönleri ile tektonik hatlar arasındaki ilişkinin saptanabilmesi amacıyla, çalışma alanının sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş ve oluşturulan sayısal yükseklik modeli üzerine süreksizlik düzlemleri bindirilerek çizgisellik haritası üretilmiştir. Oluşturulan çizgisellik haritasına

göre, çalışma alanında ana tektonik hat KD-GB yönlü sol yanal doğrultu atımlı fay olmakla birlikte; mağaraların gelişim yönleri bu hata dik gelişen KB-GD yönlü süreksizlikleri takip etmektedir.

- Çalışma alanında karstlaşma, genel akaçlama yönünü de belirleyen KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak şekillenmiştir. Araştırılması tamamlanan mağaraların büyük çoğunluğu KB-GD yönünde gelişmiş, KD-GB yönünde gelişmeye başlayan mağaralarda ise KB-GB yönlü süreksizliklere bağlı olarak ana galeriye dik gelişen yan kollar oluşmuş ya da KD-GB yönlü gelişimleri KB-GD yönlü olarak değişmiştir. KB-GD yönlü süreksizlikler mağaralarda olduğu gibi, derinleşebilen ve özellikle yağışlı dönemlerde düden olarak çalışan dolinlerin derinleşme yönlerinde de etkili olmuş ve bu tür dolinler KB-GD yönünde derinleşmiştir.

- Çalışma alanında karstlaşmayı sınırlayan nihai morfolojik taban düzeyi (MTD) Akdeniz'dir. Bölgede MTD; Messiniyen, Pliyosen dönemi transgresyon ve regresyonları, Pleistosen buzul dönemleri ve buzularası (interglasiyel) dönemleri ile birlikte Würm Buzul Dönemi ve epirojenik yükselime bağlı olarak defalarca değişmiştir. Bölgenin blok halinde yükselmesi ve MTD değişimlerine bağlı olarak karstlaşma derinleşerek hızlı bir gelişim sürecine girmiştir. Hızlı ve derinleşerek gelişen karstlaşma sonucu, bölgede genç yarılımlar, mağara kanyon ve kanyonlarla birlikte çok dönemli ve çok aşamalı (kökenli) gelişim gösteren mağaralar gelişmiştir.

- Bölgede, Pliyosen dönemi sonuna kadar tektonik süreçler ile birlikte Messiniyen döneminde Akdeniz su seviyesindeki düşüm ve Pliyosen dönemi transgresyon ve regresyonlarının etkisinde gelişmeye başlayan karstlaşma, Pleistosen döneminde şiddetlenerek artmıştır. Pleistosen dönemindeki iklimsel dalgalanma ile birlikte Pleistosen'in son buzul çağı olarak bilinen Würm Buzul Döneminde Akdeniz su seviyesinin ortalama 120 m düşmesi, bölgede karstlaşmanın gelişiminde en etkili rolü oynamıştır.

- Çalışma alanında, Orta Torosların karst gelişimine uygun olarak Pliyosen sonu-Pleistosen başlangıcında gelişmeye başlayan karstlaşmanın gelişim sürecinde Pleistosen buzul dönemleri ve bu buzul dönemleri arasındaki sıcak iklim değişimleri ile birlikte KB-GD yönlü süreksizlikler belirleyici olmuştur.

- Bölgedeki karst gelişim sürecinin en önemli göstergelerinden olan dolinlerin gelişim mekanizmaları dikkate alınarak çalışma alanındaki dolinler ilk kez belirli bir

sistematiik içerisinde sınıflandırılmıştır. Buna göre, çalışma alanında baskın türün çökme tipi dolinler olduğu ve bölgenin karst yapısının genellikle ılıman iklimlerde görülen karışık karst sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

- Hızlı ve derinleşerek gelişen karstlaşmanın bir ürünü olan vadi ve kanyonlar gelişim mekanizmaları dikkate alınarak değerlendirilmiş; yatay tabakalı Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları içerisinde KD-GB yönünde gelişmeye başlayan vadi ve kanyonların, KB-GD yönlü süreksizliklere bağlı olarak yön değiştirdiği ve çalışma alanının doğu ve batısında KB-GD yönünde gelişen Lamas Çayı ve Göksu Nehri tarafından kapıldığı belirlenmiştir. Lamas Kanyonu, literatüre yeni yeni girmeye başlayan bir terim olan mağara kanyon özelliğindedir. İlk kez, tez kapsamında mağara kanyonların şematik gelişim modeli oluşturulmuştur.

- Çalışma alanında, bölgenin yükselmesi ve Akdeniz su seviyesindeki değişimlere bağlı olarak hızlı ve derinleşerek gelişen karstlaşma sonucu farklı gelişim dönemlerini karakterize eden çok dönemli ve çok aşamalı mağaralar gelişmiştir. Bu çalışma kapsamında, mağaralar boyutları dikkate alınarak elimine edilmiş ve bölgede 50 adet mağaranın detay etütleri yapılmıştır. Bu mağaralardan 44 adedi ilk defa detaylı olarak araştırılmış ve mağaraların plan ve kesitleri hazırlanmıştır.

- Çalışma alanında araştırması tamamlanan mağaraların 35 adedi dikey, 11 adedi yatay ve 6 adedi ise yarı yatay-yarı dikey olarak gelişmiştir. Bölgede dikey olarak gelişmiş en derin mağara -135 m derinliğe sahip olan Ekizin Düdeni, en uzun yatay mağara ise 120 m'ye ulaşan Uyuzini I Mağarası'dır. 370 m uzunluğa ve -66 m derinliğe ulaşan ve yarı yatay-yarı dikey olarak gelişen Kepez Mağarası ise bölgedeki en büyük mağarayı oluşturmaktadır.

- Çalışmanın amacına uygun olarak, mağara çökellerinden paleosismoloji ve paleoiklim verilerinin elde edilebilmesi amacıyla çalışma alanında yer alan dört farklı mağaradan 14 dikit örneği alınmış ve yapılan değerlendirmede alınan örneklerden dördünün paleosismoloji araştırmaları için uygun, paleoiklim araştırmaları için ise uygun olmadıkları saptanmıştır. Seçilen örneklere ait U/Th analiz sonuçlarına göre; örneklerdeki U seviyeleri düşüktür. Seçilen örneklerden U değeri 300-500 ppb arasında değişen Güvercinlik Mağarası örneği yaşlandırma için iyi bir örnek olmakla birlikte, yüksek Th değerinden dolayı bu örneğe ait analiz sonuçları güvenli bulunmamıştır.

- Değerlendirmeye alınan örneklerin lamina kalınlık ve renk değişimleri ile birlikte gelişim eksen açılarındaki değişimlerin nedenleri irdelenmiş ve bu değişimlerin sismik aktivitelere bağlı olarak gelişmiş olabilecekleri sonucuna varılmıştır.

- U/Th yaşlandırma verilerine bağlı olarak, seçilen dikit örnekleri Pleistosen ve sonrasında çökelmiştir. Örneklerin çökme zamanları, örnekleme noktaları arasındaki uzaklık ve dikit gelişim çaplarına bağlı olarak, seçilen örneklerin ortalama büyüme hızları hesaplanmış ve lamina kalınlık ve renk farklılıkları ile birlikte dikit gelişim eksen açılarındaki sapmaların meydana geldiği zaman aralıkları belirlenmiştir. Buna göre; Sakarlak I örneği, Pleistosen'de 9310 yıllık bir zaman aralığında gelişmiş ve gelişim eksen açısında altı farklı döneme ait sapma meydana gelmiştir. Sakarlak II örneği, Pleistosen'de yaklaşık 49985 yıllık bir zaman aralığında yavaş bir gelişim göstermiştir. Açık ve koyu olmak üzere belirgin iki farklı laminadan oluşan örnekte laminalar arası çökel farklılığının, dikit gelişim eksen açısındaki sapma noktasından itibaren başlaması, laminalar arasındaki çöküm farklılığının sismik aktivitelere bağlı olarak geliştiğini göstermektedir. Kepez örneği, Pleistosen'de yaklaşık 27111 yıllık bir zaman aralığında yavaş bir gelişim göstermiştir. Dikit gelişim eksen açısında üç farklı döneme ait sapma meydana gelmiştir. Kepez örneğinin eksen açısındaki 18°'lik en büyük sapma ile Sakarlak I örneğinde eksen açısındaki 21°'lik en büyük sapmanın öngörülen zaman aralığının birbirine yakın olması, her iki örneğin aynı dönemdeki sismik aktiviteden etkilendiğini göstermektedir.

- Öngörülen zaman aralıklarına bağlı olarak; Pleistosen dönemine ait olan örneklerde görülen koyu renkli laminaların, Pleistosen'in buzularası (interglasyel) dönemlerini yansıttığı düşünülmektedir.

- Seçilen örneklerin U/Th yaş verilerine göre en genç gelişim Sakarlak IV örneğine aittir. Hesaplanan ortalama büyüme hızı, örnekleme noktaları arasındaki uzaklık ve örneğe ait U/Th yaş verileri birlikte değerlendirildiğinde; örnek, M.S. 55 ile M.S. 313 yılları arasında yaklaşık 258 yıllık bir aralıkta hızlı bir gelişim göstermiştir. Bu zaman aralığı, küresel hava sıcaklığının genel bir artış eğiliminde olduğu Milat başlangıcı ile M.S. 1000 yılları arasında yer almaktadır.

- Sakarlak IV örneğinin dikit gelişim eksen açılarındaki sapmalara ait öngörülen oluşum zamanları ile Akdeniz'deki tarihsel depremler karşılaştırılmış ve eksen açılarındaki sapmaların tarihsel depremlerin oluşum zamanları ile büyük oranda çakıştığı görülmüştür. Dikit gelişim eksen açısındaki 16°'lik sapmanın öngörülen oluşum zamanı olan M.S. 115

yılı; 8 şiddetinde olduğu belirtilen M.S. 110 Antakya depremi ve 9 şiddetinde gelişen ve yaklaşık 26000 kişinin ölümüne neden olduğu belirtilen M.S. 115 Antakya depremi ile örtüşmektedir. M.S. 147 olarak öngörülen eksen açısındaki 4°'lik sapma, şiddeti 8 olarak belirtilen M.S. 142 Rodos ve M.S. 144 Fethiye depremleri ile örtüşmektedir. Öngörülen oluşum zamanı sırasıyla M.S. 226 ve M.S. 241 yılı olan, dikit gelişim eksen açısındaki 17°'lik ve 9°'lik sapmalar; 8 şiddetinde gerçekleştiği belirtilen M.S. 226 Rodos depremi ile 10 şiddetinde gerçekleştiği belirtilen M.S. 245 Antakya depremleri ile örtüşmektedir. Sakarlak IV örneğinin uç kesimlerinde görülen lamina kalınlık ve renk farklılıkları ile dikit gelişim eksen açısındaki sapmalar; sırasıyla 9 ve 8 şiddetindeki M.S. 334 ve M.S. 341 Antakya depremleri ve Rodos'un büyük oranda yıkılmasına neden olduğu belirtilen 9 şiddetindeki M.S. 344 Rodos depremi ile birlikte, yaklaşık 9 m yüksekliğinde tsunami dalgalarının oluştuğu belirtilen 9 şiddetindeki M.S. 364 Kıbrıs-Girit depremi ile büyük oranda paralellik göstermektedir.

6.2. ÖNERİLER

- Karstlaşmanın son derece yoğun bir şekilde geliştiği çalışma alanında, kıyı şeridi dışında kaynak sayısı son derece azdır. Bölgede, mevcut durumda içme ve tarımsal amaçlı su ihtiyacı, 1500 m kotunda bulunan yerleşim alanlarında dahi, çalışmaları devam eden şehir şebeke suyu ve Lamas Çayı'ndan borularla taşınarak giderilmeye çalışılmaktadır. Su ihtiyacının artan nüfusa bağlı olarak her geçen gün arttığı bölgede, yeraltı suyu büyük bir önem arz etmektedir. Buna karşın; özellikle dolin, düden ve mağaraların bulunduğu alanlarda tarım zararlısı böcek ve yabancı otların temizlenmesi ve ürün hastalıklarını engellemek amacıyla yöre halkı tarafından bilinçsizce yoğun olarak kullanılan pestisit, böcek ilaçları, herbisit vb ilaçlar yüzey suları ile birlikte, yetersiz veya hiçbir doğal filtrasyona uğramadan yeraltı sularına ulaşmaktadır. Benzer biçimde; çalışma alanında sık karşılaşılan bir diğer durum, özellikle yerleşim alanlarının yakınlarında bulunan düden, obruk ve dikey mağaraların vahşi çöp depolama alanları olarak kullanılması ile birlikte yer yer, bu yapıların yöre halkı tarafından bilinçli olarak kapatılmış olmasıdır. Özellikle evsel atıklar ile tarımsal amaçlı kullanılan ilaç atıkları; doğal filtrasyonun neredeyse olmadığı ve kirlenmeye karşı oldukça duyarlı olan bölgedeki karstik akiferler için risk oluşturmaktadır. Diğer yandan, düzenli bir kanalizasyon sisteminin bulunmadığı ve açılan çukurların kanalizasyon görevi gördüğü çalışma alanının

kırsal kesiminde, olası bir sızıntı akiferlerin kirlenmesinin yanı sıra oldukça hassas bir dengeye sahip olan mağara ekosistemleri üzerinde de oldukça ağır sonuçlara neden olabilecektir. Çalışma alanında bulunan dolin, obruk, düden ve mağaraların konum ve gelişim yönleri ile KB-GD yönlü genel akaçlama birlikte değerlendirildiğinde; nüfusun yoğun olarak görüldüğü kıyı şeridindeki karstik kaynaklardaki antropojenik kirlenme insan sağlığı açısından risk oluşturacaktır. Bu nedenlere bağlı olarak; özellikle çalışma alanın üst kotlarındaki bu tür alanları daimi ya da geçici olarak kullanan yöre halkının acil bir şekilde dolin ve mağaralar gibi karstik yapılar hakkında bilinçlendirilmesi ve doğal sistemlere mümkün olduğunca az müdahale edilmesinin sağlanması gerekmektedir.

- Çalışma alanında yeraltı sularında izleyici testlerinin yapılması, beslenme-boşalım ve olası koruma alanlarının saptanmasında oldukça faydalı verilerin elde edilmesini sağlayacaktır.

- Çalışma alanında sınırlı sayıda mağarada bulunan ve paleosismoloji ve paleoiklim verilerin elde edilmesi amacıyla alınan dikit örneklerinden U/Th yaş verileri Pleistosen dönemini işaret eden örneklerin gelişim eksen açılarındaki sapmalar ile lamina kalınlık ve renk değişimlerine bağlı olarak yapılan geçmiş ortam yorumlarının, aynı bölgeden edinilecek ek örnekler üzerindeki benzer çalışmalarla karşılaştırılması faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akay, E., Uysal, Ş., “Orta Toroslar’ın Post-Eosen Tektoniği”, MTA Dergisi, no: 108, 57-68, (1988).
- Alan, İ., Şahin, Ş., Elibol, H., Altun, İ., Keskin, H., Bakırhan, B., Balcı, V., Böke, N., Esirtgen, T., Kop, A., Hanılçı, N., “Orta Torosların Jeodinamik Evrimi (Bozyazı-Aydıncık-Gülnar-Silifke (Mersin) Yöresi)”, MTA Raporu, no:11462, 201s, (2011).
- Altın, V., “İklim Dinamikleri”, Bilim ve Teknik Dergisi, Ücretsiz Ek, (2007).
- Altınok, Y., Alpar, B., Özer, N., Aykurt, H., "Revision of the Tsunami Catalogue Affecting Turkish Coasts and Surrounding Regions", Natural Hazards and Earth System Sciences, v. 11, 273-291, (2011).
- Antonopoulos, J., "Data From Investigation on Seismic Sea-waves Events in the Eastern Mediterranean from the Birth of Christ to 500 A.D.", v. 33, 141-161, (1980).
- Atalay, İ., “Kuvaterner’deki İklim Değişimlerinin Türkiye Doğal Ortamı Üzerindeki Etkileri”, Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, (2005).
- Atilla, A.Ö., “İzotop Teknikleri Kullanılarak Antalya Traverten Platosu yeraltı suyu Kaynaklarının Sınıflandırılması”, Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu, Adana, 243-256, (2002).
- Bayarı, S., ve Özyurt, N., “Mağara Çökellerinden Geçmiş Ortam Koşullarının Belirlenmesi”, Ulusal Mağara Günleri Sempozyumu, Konya, 19-29, (2005).
- Becker, A., Davenport, C. A., Eichenberger, U., Gilli, E., Jeannin, P. Y., Lacave, C., "Speleoseismology: A Critical Perspective", Journal of Seismology, v. 10, 371-388, (2006).
- Boch, R., "Stalagmites from Katerloch Cave, Austria: Growth Dynamics and High-resolution Records of Climate Change", Leopold-Franzens Universität Institut für Geologie und Palaontologie", Doktora Tezi, 235 s., (2008).
- Bradley, S. R., "Paleoclimatology, 2nd ed.", International Geophysics Series, USA, 631 s., (1999).
- Carayannis, G. P., "The Earthquake and Tsunami of July 21, 365 AD in the Eastern Mediterranean Sea - Review of Impact on the Ancient World - Assessment of Recurrence and Future Impact", Science of Tsunami Hazards, v. 30, 253-292, (2011).
- Craig, H., “Isotopic Variations in Meteoric Waters”, Science, 133, p. 1833-1834, (1961).

- Çiçek, İ., “Mut ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi”, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 11: 1-20, (2001).
- Demirkol, C., “Sultandağ ve Dolayının Tektoniği”, MTA Dergisi, no: 107, 111-118, (1986).
- Demirtaşlı, E., “Silifke Batısında Hacısaklı, Büyükeceli, Korucuk ve Akdere Köyleri Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi”, MTA Raporu, 123 s, (1987).
- Doğan, U., “Dolin Sınıflamasında Yeni Yaklaşımlar”, Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24: 249-269, (2004).
- Ekmekçi, M., “Jeolojik Geçmişten Günümüze İklim Değişiklikleri”, İklim Değişimi Sempozyumu, Ankara, (2008).
- Ekmekçi, M., “Karst in Turkish Thrace: Compatibility Between Geological History and Karst Type”, Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.), 14: 73-90, (2005).
- Erel, T. L., Adatepe, F., “Traces of Historical earthquakes in the ancient city life at the Mediterranean region”, J. Black Sea/Mediterranean Environment, vol. 13: 241-252, (2007).
- Eroskay, S. O., Günay, G., “Tecto-genetic Classification and Hydrogeological Properties of the Karst Regions in Turkey”, Proceedings, International Seminar on Karst Hydrogeology, Antalya, 1-41, (1980).
- Fairchild, I. J., Spötl, C., Frisia, S., Borsato, A., Susini, J., Wynn, P. M., Cauzid, J., EIMF, "Petrology and Geochemistry of Annually Laminated Stalagmites from an Alpin Cave (Obir, Austria): Seasonal cave physiology", Geological Society, v. 336, 295-321, (2010).
- Fleitmann, D., Burns, S. J., Neff, U., Mudelsee, M., Mangini, A., Matter, A., "Palaeoclimatic Interpretation of High-resolution Oxygen Isotope Profiles Derived from Annually Laminated Speleothems from Southern Oman", Quaternary Science Reviews, v. 23, 935-945, (2004).
- Forti, P., “Seismotectonic and Paleoseismic Studies From Speleothems: The State of The Art”, Geologica Belgica (vol. Karst & Tectonics), 175-185, (2001).
- Frisia, S., Borsato, A., Preto, N., McDermott, F., “Late Holocene Annual Growth in Three Alpine Stalagmites Records The Influence of Solar Activity and The North Atlantic Oscillation on Winter Climate”, Earth and Planetary Science Letters, 411-424, (2003).
- Genty, D., Baker, A., Vokal, B., "Intra-and Inter-annual Growth Rate of Modern Stalagmites", Chemical Geology, v. 176, 191-212, (2001).

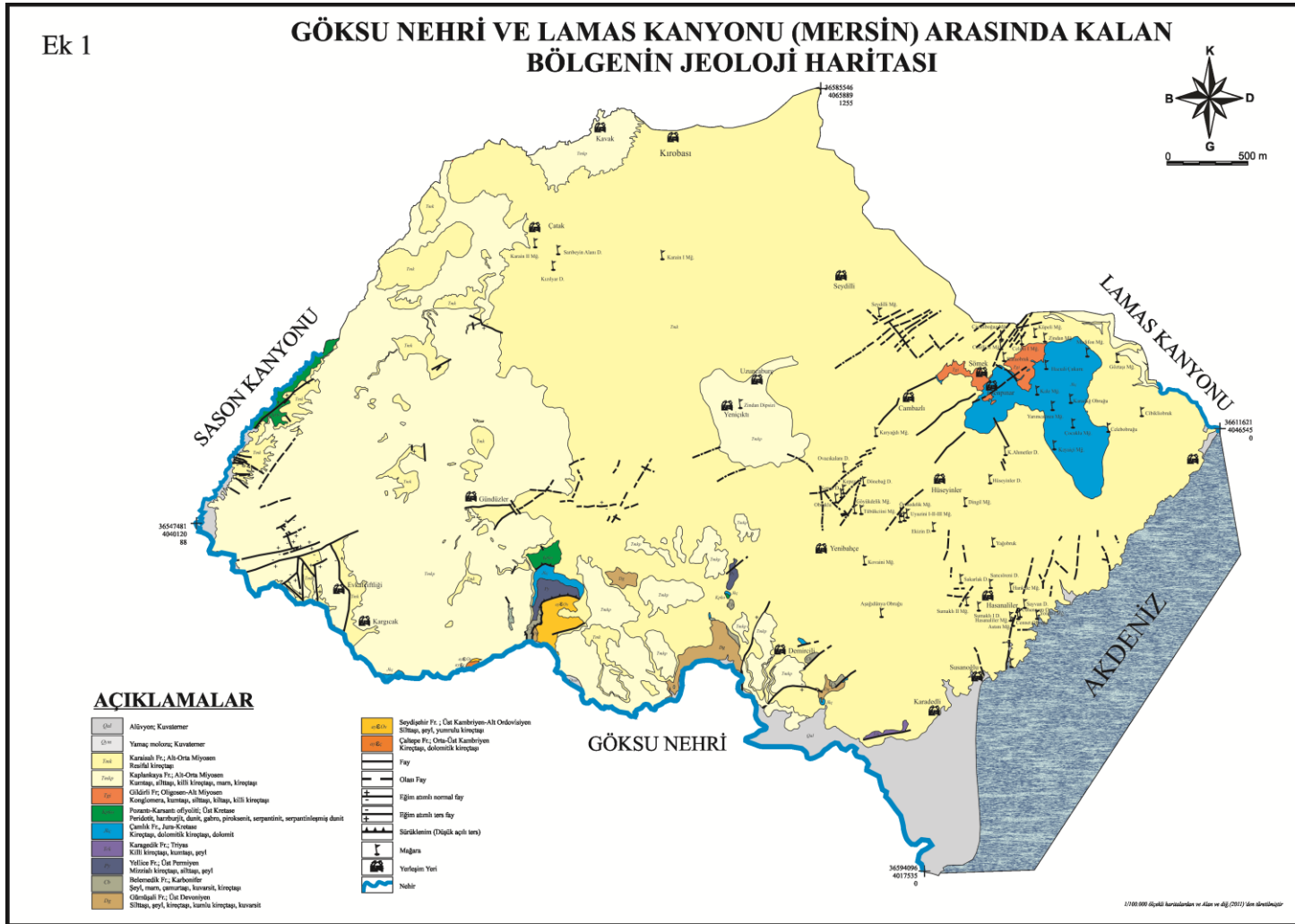
- Gilli, E., "Review on the use of natural cave speleothems as palaeoseismic or neotectonics indicators", UMR Espace 6012, 98, bd Édouard-Herriot, France, (2005).
- Güldalı, N., Önal, Ö., Nazik, L., "Narlıkuyu (Astım) Mağarası (Silifke-Mersin)", MTA Raporu, 12 s, (1982).
- Güner, F., Güner, İ. N., "Sakarbaşı Karstik Kaynakların (Çifteler-Eskişehir) Hidrojeolojisinin Hidrokimya ve Çevresel İzotop Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi", Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu, Adana, 199-213, (2002).
- IAEA, "Stable Isotope Hydrology, Deuterium and Oxygen-18 in Water Cycle", Ed. J.R. Gat, R. Gonfiantini, International Atomic Energy Agency, Vienna, Technical Reports, No: 210, p. 1-339, (1981).
- İzbırak, R., "Jeomorfoloji", Ankara Üniversitesi, Ankara, 287 s., (1962).
- Kalelioğlu, Ö., "Landsat 5 TM Uydu Görüntüleri Kullanılarak Arslanköy-Güzelyayla (Mersin) Yöresinin Tektonostratigrafik İncelenmesi", Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87 s, (2005), (yayınlanmamış).
- Katalin, K., Kiss, A., "About The Speleological Investigations Carried Out By The Cave Researcher Group Bekey in The Area of Silifke in 1990", Hungarian Speleological Society Cave Researcher Group BEKEY, (1991).
- Kaufmann, G., "Stalagmite Growth and Palaeo-climate:The Numerical Perspective", Earth and Planetary Science Letters, 214: 251-266, (2003).
- Ketin, İ., "Anadolu'nun Tektonik Birlikleri", MTA Dergisi, no:66, 20-34, (1966).
- Kurttaş, T., "Karışım Sularında Kökensele Katkıların Belirlenmesi", Hidrolojide İzotop Tekniklerinin Kullanılması Sempozyumu, Adana, 287-302, (2002).
- Lacave, C., Koller, M. W., Eichenberger, U., Jeannin, P. Y., "Prevention of Speleothem Rupture During Nearby Construction", Environmental Geology, v. 43, 892-900, (2003).
- Learn About Sinkholes:Construction and Development Practices Induce Sinkholes, <http://www.sinkhole.org/facts6.php>
- Meyer, M. C., Spötl, C., Mangini, A., "The Demise of the Last Interglacial Recorded in Isotopically Dated Speleothems from the Alps", Quaternary Science Reviews, v. 27, 476-496, (2008).
- Nazik, L., "Türkiye Morfolojisinde Kanyonlara Yeni Bir Yaklaşım: Mağara Kanyonlar", Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, (2010).

- Nazik, L., Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, lutfinazik@gmail.com (13 Ağustos 2012) [Görüşme].
- Öğrünç, G., Gürbüz, K., Nazik, A., “Adana Baseni Üst Miyosen-Pliyosen istifinde “Messiniyen Tuzluluk Krizine” ait bulgular”, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, no: 22, 183-192, (2000).
- Özbek, O., “Mağaracılık-Mağarabilim (Speleoloji)”, Kuru Mağaracılık Eğitimi, ODTÜ-SAT MADAG Mağara Dalışı Eğitim Programı, (1994).
- Özen, T., Tarcan, G., “Dikili-Kaynarca (İzmir) Jeotermal Sistemlerinin Hidrojeolojik ve Jeokimyasal Değerlendirilmesi”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 7: 87-100, (2005).
- Özgüm, C., Gökmenoğlu, O., Erduran, B., “Ankara, Beypazarı Doğal Soda (Trona) Sahası İzotop Hidrolojisi Çalışmaları”, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 27, (2003).
- Papadopoulos, G. A., Daskalaki, E., Fokaefs, A., Giraleas, N., "Tsunami Hazard in the Eastern Mediterranean Sea: Strong Earthquakes and Tsunamis in the West Hellenic Arc and Trench System", Natural Hazards and Earth System Sciences, v. 7, 57-64, (2007).
- Polyak, V. J., and Asmerom, Y., "Late Holocene Climate and Cultural Changes in the Southwestern United States", Science, v. 294, 148-151, (2001).
- Postpischl, D., Agostini, S., Forti, P., Quinif, Y., "Palaeoseismicity from Karst Sediments: the "Grotta del Cervo" Cave Case Study (Central Italy)", Tectonophysics, v. 193, 33-44, (1991).
- Resmi Gazete, “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”, 17 Şubat 2005 Perşembe, Sayı: 25730, Değişiklik: 24.07.2005, 25885 Sayı
- Resmi İstatistikler (İl ve İlçelerimize Ait İstatistik Veriler), www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=MERSIN, (2012).
- Sbeinati, M. R., Darawch, R., Mouty, M., "The Historical Earthquakes of Syria: An Analysis of Large and Moderate Earthquakes from 1365 B.C. to 1900 A.D.", Annals of Geophysics, v. 48, 347-435, (2005).
- Schmidt, G. C., “Stratigraphic Nomenclature for the Adana Region”, Petroleum District 7. Petroleum Administration Bull, Ankara, 47-63, (1961).
- Sebela, S., “Broken Speleothems As Indicators Of Tectonic Movements”, Acta Carsologica, Postojna, 51-62, (2008).
- Shebalin, N. V., Karnik, V., Hadzievski, D., "Catalogue of Earthquakes", UNDP/UNESCO Survey of the Seismicity of the Balkan Region, Skopje, 606 s., (1974).

- Shen, C-C (R), National Taiwan University, Taiwan, river@ntu.edu.tw (10 Temmuz 2012) [Görüşme].
- Soloviev, S. L., Solovieva, O. N., Go, C. N., Kim, K. S., Shchemikov, N. A., "Tsunamis in the Mediterranean Sea 2000 BC - 2000 AD", Advances in Natural and Technological Hazards Research, Kluwer Academic Publishers, 244 s., (2000).
- Spötl, C., Mangini, A., "Speleothems and Paleoglaciers", Editor: H. Elderfield, (2007).
- Stumm, W., Morgan, J. J., "Aquatic chemistry: an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters", New York: Wiley-Interscience, 780 p., (1981)
- Şenoğlu, G., "Mağara Çökellerinin İz Element İçeriğinden Paleoiklim Koşullarının Belirlenmesi", Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 118 s., (2006).
- Şenol, M., Şahin, Ş., Duman, T. Y., "Adana-Mersin dolayının jeoloji etüt raporu", MTA Raporu, 46 s., (1998).
- Tinti, S., Armigliato, A., Pagnoni, G., Zaniboni, F., "Scenarios of Giant Tsunamis of Tectonic Origin in the Mediterranean", Journal of Earthquake Technology, v. 42, 171-188, (2005).
- Todd, D.C., "Groundwater Hydrogeology", John Wiley & Sons., New York, 336 s., (1980).
- Törk, K., Savaş, F., Akçakaya, U.T., Akgöz, M., "Mağaralarda Paleosismoloji Araştırmaları (Spil Dağı, Manisa, Türkiye)", 63. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, (2010).
- Törk, K., Tuncer, K., Savaş, F., Özel, E., Akgöz, M., Acar, C., Akçakaya, U., Kahraman, İ., İnan, H., Gürçay, B., "Mağaralarda Paleosismoloji Araştırmaları", MTA Raporu, Ankara, 92 s., (2009).
- Treble, P., Shelley, J.M.G., Chappell, J., "Comparison of High Resolution Sub-annual Records of Trace Elements in a Modern (1911-1992) Speleothem With Instrumental Climate Data From Southwest Australia", Earth and Planetary Science Letters, 141-153, (2003).
- Van Beynen, P. E., Schwarcz, H. P., Ford, D. C., "Holocene Climatic Variation Recorded in a Speleothem from McFail's Cave", Journal of Cave and Karst Studies, v. 66, 20-27, (2004)
- Veni, G., DuChene, H., Crawford, N. C., Groves, C. G., Huppert, G. N., Kastning, E. H., Olson, R., Wheeler, B. J., "Environmental & Engineering Concerns", Living With Karst A Fragile Foundation, (Editör: Veni, G., DuChene, H.), CLB Printing Company, American Geological Institute, 24-34, (2001).

- Waltham, A. C., Fookes, P. G., “Engineering classification of karst ground conditions”, *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers*, 36, 101-118, (2003).
- Webster, J. W., Brook, G. A., Railsback, L. B., Cheng, H., Edwards, R. L., Alexander, C., Reeder, P. P., "Stalagmite Evidence from Belize Indicating Significant Droughts at the Time of Preclassic Abandonment, the Maya Hiatus, and the Classic Maya Collapse", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 250, 1-17, (2007).
- White, W. B., “Cave sediments and paleoclimate”, *Journal of Cave and Karst Studies*, v. 69: 76–93, (2007).
- Wynn, P.M., Fairchild, J.J., Baker, A., Baldini, J.U.L., McDermott, F., “Isotopic Archives of Sulphate in Speleothems”, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72: 2465-2477, (2008).
- Yetiş, C., Demirkol, C., “Adana Baseni Kuzey-Kuzeybatı Kesiminin Temel Stratigrafisine İlişkin Bazı Gözlemler”, *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, Ankara, 59-61, (1984).
- Yüce, G., “Determination of The Recharge Area and Salinization Degree of Karstic Springs in The Lamas Basin (Turkey)”, *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 41: 391-404, (2005).

EKLER



ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

Adı Soyadı: Murat Akgöz

Doğum Tarihi: 15/01/1977

Öğrenim Durumu:

Derece	Bölüm/Program	Lise/Üniversite	Yıl
Lise	Fen Bilimleri	Anıttepe Lisesi	1991-1994
Lisans	Jeoloji Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	1999-2003
Yüksek Lisans	Jeoloji Mühendisliği A.B.D.	Mersin Üniversitesi	2004-2007

Görevler:

Görev Ünvanı	Görev Yeri	Yıl
Araştırma Görevlisi	Mersin Üniversitesi	2004-2007
Jeoloji Yüksek Mühendisi	MTA (Maden Tetkik ve Arama) Genel Müdürlüğü	2007-

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1. Akgöz, M., Demirel, Z., “Investigation Of Geology And Hydrogeology Of The Gilindere Cave, Mersin (S Türkiye)”, Karst 2005-International Conference and Field Seminar, Belgrade&Kotor, (2005) (In English).
2. Akgöz, M., “Karaman Mağaraları ve Karaman Karst Coğrafi Bilgi Sistemi”, 61. Türkiye Jeoloji Kurultayı, (2008)
3. Akgöz, M., “Karst Coğrafi Bilgi Sistemi ve Erdemli-Silifke Bölgesinin Karstik Özellikleri”, 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, (2009)
4. Törk, K., Savaş, F., Akçakaya, U.T., Akgöz, M., “Mağaralarda Paleosismoloji Araştırmaları (Spil Dağı, Manisa, Türkiye)”, 63. Türkiye Jeoloji Kurultayı, (2010)
5. Gürçay, B., Törk, K., Kurttaş, T., Akçakaya, U.T., Akgöz, M., Savaş, F., “ASTER TIR Verisi ile Köyceğiz Körfezi Kaynak Boşalım Noktalarının Belirlenmesi”, 63. Türkiye Jeoloji Kurultayı, (2010)
6. Çakır, K., Akgöz, M., “Karstlaşma İle İlgili Yeraltı Sularının Korunması”, Ulusal Ekoloji Kongresi, Aksaray Üniversitesi, (2010)
7. Akgöz, M., “Mağara Ekosistemi ve Biospeleoloji”, Ulusal Ekoloji Kongresi, Aksaray Üniversitesi, (2010)
8. Akgöz, M., “Karstik Çöküntü Alanları: Obruklar”, Ulusal Ekoloji Kongresi, Düzce Üniversitesi, (2011)

9. Akgöz, M., Çakır, K., “Turizm Amaçlı Değerlendirilmek İstenen Mağaralar ve Karşılaşılan Sorunlara İki Örnek: Taşkuyu ve İnaltı Mağaraları”, 1st Balkan Speleological Symposium/6. Ulusal Mağarabilimi Sempozyumu, Eskişehir, (2012)
10. Akgöz, M., “Doğal Çöp Depolama Alanları: Mersin Obruk ve Mağaraları”, 1st Balkan Speleological Symposium/6. Ulusal Mağarabilimi Sempozyumu, Eskişehir, (2012)
11. Akgöz, M., Savaş, F., “Tehlike Altındaki Termal Mağara”, 1st Balkan Speleological Symposium/6. Ulusal Mağarabilimi Sempozyumu, Eskişehir, (2012)
12. Törk, K., Kürçer, A., Akgöz, M., “Batman Şehir Merkezinde Oluşan Karstik Kökenli Çöküntünün Araştırması”, 1st Balkan Speleological Symposium/6. Ulusal Mağarabilimi Sempozyumu, Eskişehir, (2012)