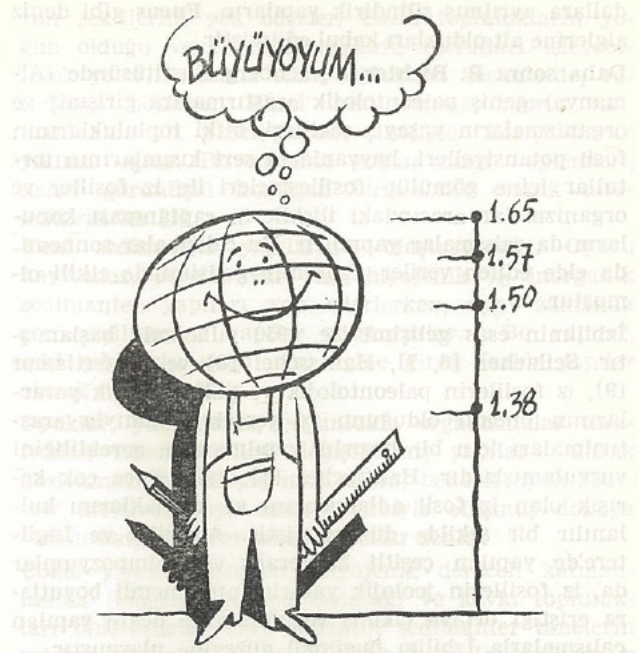


Yerkürenin yaşıyla ilgili sorun, radyoaktif mineraller sayesinde büyük ölçüde çözülmüştü. Artık bu genel zaman ölçüsünü bölmek ve daha küçük ve yerel zaman birimleri elde etmek gerekiyordu. Bu işi de jeolojinin hemen her dalında çeşitli eserler vermiş olan Arthur Holmes üstlendi ve ilk defa olarak jeolojik zaman tablosunu önerdi. Tüm jeologlar, kendi ülkelerinin kaya birimlerini genel zaman tablosu içinde vermeyi amaçlıyor ve tortul katmanların stratigrafik dizilimleri esas alınarak görece bir yaşlandırma-ya gidiliyordu. Bu katmanlar da radyometrik yolla kesin yaşları saptanmış olan katmanlarla denestiriliyordu. Özellikle tortul kayaların, magmatik kayalar tarafından kesildiği yerlerde, radyometrik yaşların stratigrafik yaşlara çevrilebilmesi daha rahat oluyordu. Söz konusu magmatik kayalardan pegmatit ve granitler bu konuda oldukça başarılı sonuçlar ver-
mekteydi.

Amerika'daki gelişmeler Avrupa'ya nazaran daha geç seyretmiştir. A.C. Lane ve Gregory P. Baxter atom ağırlıklarının gravimetrik yolla saptanması konusunda sağladıkları başarı ile radyometrik yöntem daha bir güç kazanmıştır. Halen günümüzde de süren radyometrik çalışmalar artık doruk noktasına ulaşmış olup hemen her sorun çözülmüştür. En son olarak, Alfred O. Nier'in Harvard Üniversitesinde Mass Spektrometreyi geliştirmesi ve aletini jeolojik zamanları ölçebilecek doğruluk ve yeterliliğe erdirmesiyle, dünyanın yaşı konusunda çok önemli bir noktaya ulaştırmıştır.

En geliştirilmiş tekniklerle yapılan yaş ölçümlerine göre, yerkürenin yaşı 4.6 milyar yıldır, yani yer-



kürenin güneşten kızgın bir lav halinde koparak soğumaya başlamasından bu yana tam 4.6 milyar yıl geçmiştir. İnsanoğlu, dünyanın yaşını, birkaç binden birkaç milyar yıla çıkararak, onu hergün biraz daha yaşlandırırsun, o, evrenin bu algılanması güç boyutunda, zamanı gergefinde nakış gibi işlemeye devam ediyor ve edecek.

İz Fosiller ve İzbilim

Sacit ÖZER Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Bölümü, İzmir.

GİRİŞ

Günümüzde jeologlar, eski yaşamların ve çökme ortamlarının yorumu konusunda, yalnızca paleontoloji, stratigrafi, sedimantoloji gibi birkaç disipline bağlı kalmanın yetersiz olduğu kanısındadırlar. Diğer yandan jeolojik çalışmalarla elde edilen verilerin, önce tek değerlendirilip sonra birleştirilerek, bir bütün halinde yeniden gözden geçirilmesi ile daha gerçekçi sonuçlar elde edildiğinin farkına varmışlardır.

Potansiyel olarak derece yararlı, ancak çoğu kez üstünkörü geçilen bu verilerden birisi de iz fosillerdir. İz fosiller ile, bireysel biyojenik yapıların incelemesini konu edinen İzbilim, yerbilimlerinin diğer dallarına oranla daha yavaş bir gelişim göstermiştir. Ancak, özellikle çökme ortamları ve paleoekolojik

yorumlarda katkıları, bu gelişimin son yıllarda hızlanmasına neden olmuştur.

TANIM

İz fosiller (trace fossils) deyimi altında, organizmalar tarafından yapılan izler (tracks), sürünme izleri (trails), oyuklar (burrows), delikler (borings) ve diğer bireysel biyojenik yapılar (lebenspuren) toplanmıştır [1, 2]. İz fosilleri konu edinen bilim dalına İzbilim (Ichnology) adı verilmiştir.

İZBİLİMİN GELİŞİMİ

İzbilimin kısa geçmişine ilişkin bilgileri Caster [3], Hantzschel [4] ve Osgood [5] vermişlerdir. Önceleri iz fosillerinin alg olduğu sanılmıştır. Özellikle bir çok

dallara ayrılmış silindirik yapıların, *Fucus* gibi deniz alglerine ait oldukları kabul edilmiştir.

Daha sonra R. Richter, Seckenberg Enstitüsünde (Almanya) geniş paleontolojik araştırmalara girişmiş ve organizmaların yaşayış şekilleri, bitki topluluklarının fosil potansiyelleri, hayvanların sert kısımlarının tortullar içine gömülüp fosilleşmeleri ile iz fosiller ve organizmalar arasındaki ilişkilerin saptanması konularını da çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, İzbilimin gelişiminde etkili olmuştur.

İzbilimin esas gelişimi ise, 1950 yıllarında başlamıştır. Seilacher [6, 7], Hantzschel [8] ve Lessertisseur [9], iz fosillerin paleontolojik ve paleoekolojik yararlarının önemli olduğunu ve gerçek anlamıyla araştırılmaları için bir hazırlık yapılmasının gerekliliğini vurgulamışlardır. Hantzschel [4], daha önce çok karışık olan iz fosil adlamalarını ve kaynaklarını kullanılır bir şekilde düzenlemiştir. Amerika ve İngiltere'de yapılan çeşitli konferans ve simpozyumlar da, iz fosillerin jeolojik yararlarının önemli boyutlara eriştiği ortaya çıkmış ve günümüze değin yapılan çalışmalarla İzbilim bugünkü düzeyine ulaşmıştır.

İZ FOSİLLERİN JEOLÖJİK YARARLARI

İz fosillerden başlıca yararlananlar arasında paleontologlar, stratigraflar ve sedimentologlar bulunmaktadır. Her disiplin, İzbilimin belirli bazı bölümlerine ilgi duymasına rağmen, paleoekoloji ve çökeltme ortamı yorumlarında işbirliği yapmak gereksinimi duymuşlardır.

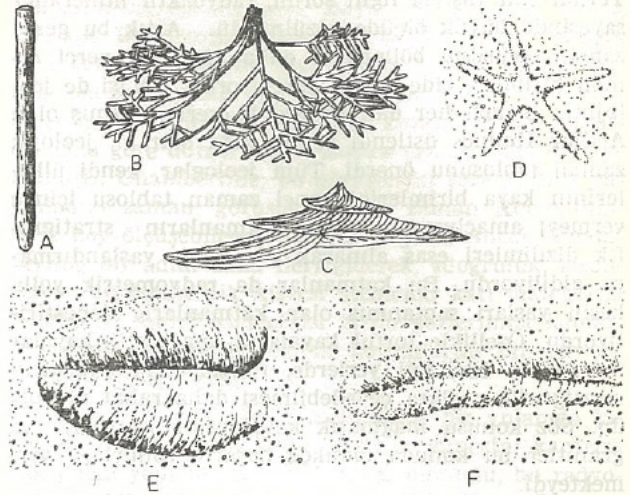
PALEONTOLOJİK UYGULAMALAR

Paleontologlar, ilk aşamada, İz fosiller ile hayvanlar arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Oyuklar içerisinde (örneğin *Thalassinoides* de ki callianassid parçaları gibi) hayvan kalıntılarının bulunuşu ve hayvan davranışlarının ayrıntılı incelenmesi, iz fosiller ile organizmalar arasındaki çok değerli ilişkileri ortaya koymaktadır. Bu nedenle iz fosiller, diyajenetik işlevler ve taşınma nedeniyle fosilleşmiş küçük parçaların bile yok olduğu ortamlarda, eski yaşam topluluklarını simgeleyebilecek kalıntılar olarak kabul edilmektedir. Bu kalıntılar «tamamlanmamış fosil kayıtları» sorununa büyük ölçüde açıklık getirebilirler [1].

Arthropoda ve Mollusca hayvan guruplarının, iz fosil oluşturmada önemli bir ağırlıkları vardır. Caster [10] ve Seilacher [11], Trilobit ve Limulid izleri ile büyük bir olasılıkla Callianassid decapodları tarafından oluşturulan *Ophiomorpha*, *Thalassinoides* ve *Spongeliomorpha* oyuklarının ana karakterlerini açıklamışlardır. Bazı yengeçlerin tipik oyuklar kazdıkları ve özel sürünme izleri oluşturdukları, hermit yengeçleri tarafından taşınan kavkuların, heykeltraş kalemile oyulmuş izlenimini veren oyuklar ve kazımlar yaptıkları belirlenmiştir [1].

Oyuk ölçü ve morfolojileri ile hayvan davranışları arasındaki ilişkiler gözetilerek, iz yapıcı hayvanların beş ana grupta toplanabilecek izler oluşturdukları saptanmıştır [1, 12] :

1) Yerleşim izleri (dwelling traces), 2) Beslenme izleri (feeding traces), 3) Konak izleri (resting tra-



Şekil 1 — İz yapan organizmaların sundukları davranış örnekleri: A) Yerleşim izi, *Scolithus*, B) Beslenme izi, *Chondrites*, C) Menderesli beslenme izi, *Zoophycus*, D ve E) Konak izleri, *Asteriacites* ve *Rusophycus*, F) Sürünme izi, *Cruziana*. [12].

ces), 4) Menderesli - spirall beslenme izleri (Meandering - spiral grazing traces) ve 5) Sürünme izleri (crawling traces) (şekil 1).

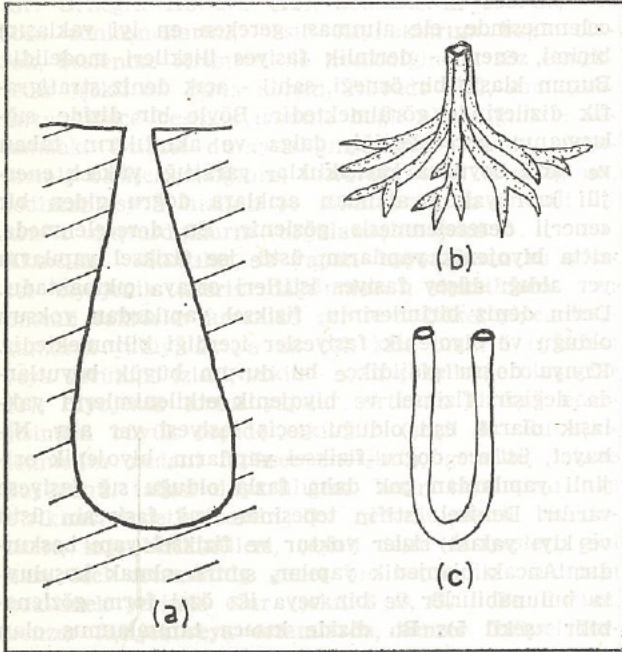
STRATİGRAFİK UYGULAMALAR

Genellikle, stratigraflar iz fosillere paleontologlardan daha da az önem vermişlerdir. Oysa iz fosillerin, stratigrafik uygulamalarda da yararlı sonuçlar verdiği kanıtlanmıştır [13].

Biyostratigrafi. İz fosiller hiç kuşkusuz ki, birbirine yakın zonların ayırtılmasında ve denestirilmesinde fosiller kadar önemli değillerdir. Ancak, fosil içermeyen kayalarda çok yararlıdırlar. Trilobit izlerinin biyostratigrafik çalışmalarda ki yararları önemli boyutlara erişmiştir. Trilobitin sürünme izi *Cruziana*, Paleozoyik kayaların bir belirtecidir. Kuzey Gallerde, *Cruziana semiplicata* Üst Kambriyen'in, *Cruziana furcifera* ise Alt Ordovisiyen'in belirleyicisidir [14]. Frey [1], *Rhizocorallium*'un, Avusturya'daki Alt Kretase kayaları için iyi bir belirteç olduğunu vurgulamıştır. Basan [2] ise, Amerika batısındaki Kretase'de, *Ophiomorpha*, *Asterosoma* ve *Arenicolites*'in biyostratigrafik açıdan önemli olduğunu belirtmiştir.

İşaretçi katmanlar. İz fosiller, içinde yoğun olarak buldukları birimlerin adlamalarına bile neden olmaktadır. *Scolithus*'lu kumtaşı, *Harlania*'lı kumtaşı ve *Fucoid*'li kumtaşı gibi stratigrafik adlamalar, bazı yerel denestirmelerde, kılavuz (işaretçi) düzey olarak yararlıdırlar [1]. Moussa [15], Utah'ın Green River Formasyonunda 25 milden daha uzun yatay yayılımı olan ve karakteristik iz fosil taşıyan bir düzey saptamıştır. *Scolithus*'lu kumtaşları ile İskoçya [16] ve Tenesse [1] Kambriyen'inde yapısal ve stratigrafik işaretçi olarak kullanılmıştır.

Yapısal. İz fosillerin oluşturdukları yapılar arasında yer alan, yol yukarı (jeopetal) ölçütü, katmanların alt ve üst yüzeylerinin saptanmasında yararlıdır. Warne ve McHuron [17], bazı özel fosil oyukların, dip kısımlarının daha geniş olduğunu ve «aşağı yönü» belirlediğini kanıtlamışlardır (Şekil 2 a). Ayrıca U şeklindeki boruların açık uçlarının ve Chondrites'teki gibi oyuk kolları arasındaki dar açının yukarıyı (katman üstünü) işaretlediği belirlenmiştir (Şekil 2 b,c). Gyrolithes ve Daimonlix gibi helezoni oyuklardaki, iki hareketin bileşenlerinden birisinin, gravite sonucu yataya eğimlendiği saptanmıştır. Bu belirlemeye göre, helezoni oyukların ortam koşullarına uyumu, bu oyukların oluşturulduğu zamandaki gravitenin yönü hakkında duyarlı bir belirteç olabilir. Bu nedenle iz fosiller, yapısal jeoloji ve katmanların ilkeleri birikim doğrultuları kollarında veri oluştururlar.



Şekil 2 — Katmanların alt ve üst yüzeylerinin saptanmasında yararlı olan jeopetal ölçütü. a) Penitella, b) Chondrites, c) Arenicolites.

Katmanların sıkışması. Katmanların diyajenez veya tektonik sırasında etkilendiği sıkışma miktarı, stratigrafların ve yapısal jeologların ilgisini çeken bir konudur. Plessman [18], Almanya Üst Kretase tortullarındaki yan-dikey sıkışmayı ve San Remo filişindeki tektoniği, deforme oyukları kullanarak ortaya çıkarmıştır.

SEDİMANOLOJİK UYGULAMALAR

İz yapıcı organizmaların, tortulları değiştirme işlevleri üç yolla gelişebilir :

Sedimanter yapıların yok edilmesi. İz yapıcı organizmalar, yaşamlarını sürdürdükleri tortul içindeki yarıp geçme veya oyuk açma işlevlerini yaparken sedimanter yapıları parçalar ve birinci stratifikas-

yon şekillerini yok ederler. Canlı toplulukların yoğun olduğu veya organizmaların tortulları işleyebilecek yeterli zamana sahip oldukları kesimlerde, bulunması beklenen ilksel laminalanma, çapraz katmanlanma vb. ilksel yapılar tümüyle karıştırılarak yıkıma uğrar. Bu nedenle yoğun canlı eylemleri, masif görünüşlü homojen birikintiler olarak nitelendirilirler [1].

Yeni sedimanter yapıların oluşturulması. Oyucu hayvanlar, evvelce var olan biyojenik ve inorganik sedimanter yapıları yok ederlerken, aynı zamanda yeni sedimanter yapılar oluştururlar. Bu yapılar, eski şekillerin (yapıların) içine giren farklı yapılar olarak varsayılabilir.

Oyuklar, yüzlelerde, çoğunlukla organizmalar tarafından ilksel şekilleri değiştirilmiş yapılar olarak gözlenmektedir. Böyle mostralara, benekli oyuk (burrow mottled) veya canlı eylemiyle oluşmuş dokuya (bioturbate texture) sahip tortullar denir.

Çökel yiyen hayvanlar, biyojenik dereceli katmanlanma (biogenic graded bedding) ve kavkı toplulukları oluştururlar [19]. Kırıntılı sedimanter tanelerin yığılıp birikmesi ve bir alg tabakası ile kaplanması sonucu oluşan stromatolitlerin, biyostratifikasyon yapıları arasında önemli bir yeri vardır [1]. Stromatolitler, tortul dizilerin evrimlerinin araştırılmasında, çökme ve su yüzüne çıkma endisleri, erken diyajenez ve ortamların ilişkilerinin saptanmasında yerel olarak kesin bilgiler sağlar [20].

Sedimanların alterasyonu. Holathurit'lerin ve bazı hayvanların, karbonat kayaları midelerinde öğüterek tane boylarını küçülttükları bilinen bir gerçektir. Hayvanların sedimanları yemeleri sonucu oluşturdukları boşaltım maddeleri ile oluşan birikintiler ve oyuk kalıplarında gözlenen renk farklılıkları, hayvanlar tarafından yapılan bir biyokimyasal alterasyondur [1].

ÇÖKELME ORTAMLARI VE PALEOEKOLOJİK UYGULAMALAR

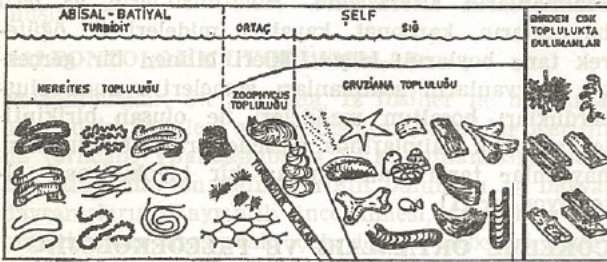
Richter [21], jeolojide ilk kez iz fosillerin, fasiyes analizleri konusunda başarıyla kullanıldığını ve çok yararlı sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Seilacher [7], Alpin filiş ve molaslarında ki iz fosil topluluklarını, Pakistan'daki Kambriyen toplulukları ile karşılaştırmış ve filişte bol miktarda gözlediği menderesli - spirall beslenme izlerinin molasta çok kıt olduğunu saptamıştır. Farrow [22] ve Frey [23], yerel iz fosil dağılımlarını çökelme koşullarıyla karşılaştırmışlar, benzer uygulamaları güncel biyojenik izler üzerinde de kanıtlamışlardır.

İz fosillerin, fasiyes ölçütleri olarak önem kazanmasıyla, İzbilim, jeolojinin diğer disiplinlerine göre, çökelme ortamları ve paleoekolojide geniş bir uygulama kazanmıştır.

Batimetri. Frey [1], Seilacher'in ilk kez 1963 ve 1964'te, filiş ve Molaslardaki iz fosil dağılımlarına göre yaklaşık su derinliği konusunda veriler elde ettiğinden, 1967'de ise iz fosil topluluklarına göre altı batimetrik fasiyes ayırtladığından ve bu fasiyesleri kullanarak bentonik ortamların sınıflanması yaptığından söz etmektedir.

Rhoads [19], oyuk derinliklerinin batimetriye ve dolayısıyla kıyı açık deniz ilişkilerinin saptanmasına potansiyel bir anahtar olabileceğini vurgulamıştır. Bu konuda benzer bir yaklaşımda bulunan Frey [1], supralitoral ve litoral bölgelerde hayvanların tipik olarak dik oyuklar, sublitoral ve derin bölgelerde ise sıg ve yatay oyuklar oluşturduğunu belirtmiştir.

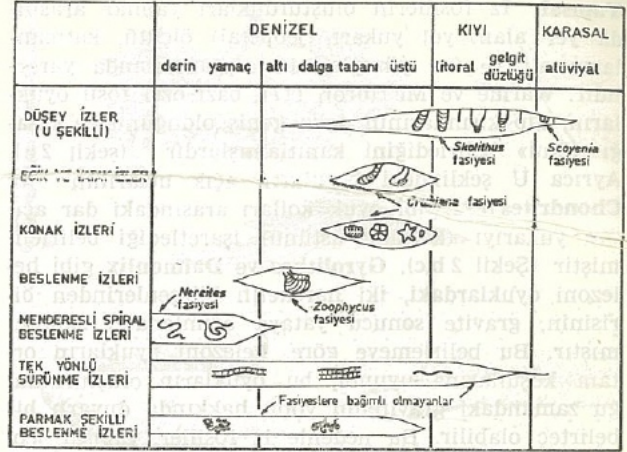
Batimetri konusuna başka araştırmacılar da eğilmiştir : Howard [24], iz fosillerden yararlanarak derin ve sıg deniz birimlerini ayırdedebilmiştir. Crimes [25], Kuzey İspanya'da, iz fosil dağılımlarına dayanarak distal ve proksimal türbiditleri ayırtlamış ve olasılı su derinliklerini belirtmiştir. Ayrıca, proksimal fasiyeste bulunduğu *Zoophycus* ve *Rhizoco-rallium* gibi iz fosillerin distal fasiyeste bulunmadığına değinmiştir. Crimes [26], ilke olarak kabul ettiği batimetri kavramından hareketle, bölgesel fasiyes yorumları da ortaya koymuştur. Seilacher [27], ayırtladığı iz fosil topluluklarına göre ortamları belirlemiştir: *Cruziana* topluluğunun sıg ortamı, *Zoophycus* topluluğunun sıg-derin deniz geçit ortamını ve *Nereites* topluluğunun da abisal-batiyal ortamı simgelediğini saptamıştır (şekil 3). Potter ve diğerleri [28], iz fosil toplulukları ile çökeltme ortamları arasındaki ilişkileri, batimetri ve tortul yapılar, çamur-kum oranı, ortam basıncı, organizma yoğunluğu ve çeşitliliği, canlı işlevleri yoğunluğu gibi ölçütlerle denetlemiştir.



Şekil 3 — İz fosil topluluklarının ortamlara göre dağılımları [27].

Batimetri konusundaki çalışmalar iz fosil topluluklarının, beş izfasiyeste toplandığını ve bunların belirli çökeltme ortamlarını simgelediğini göstermektedir. Ayrıca, iz fasiyesleri oluşturan iz fosillerin morfolojileri ile, çökeltme ortamlarının saptanması büyük ölçüde mümkün olmaktadır. Buna göre; düşey izlerin, litoral ve gelgit düzlüğü ile karasal ortamlarda, yatay izlerin sıg ortamlarda, menderesli-spiral izlerin kıta yamacı ve derin deniz ortamında bulunduğu belirlenmiştir (şekil 4).

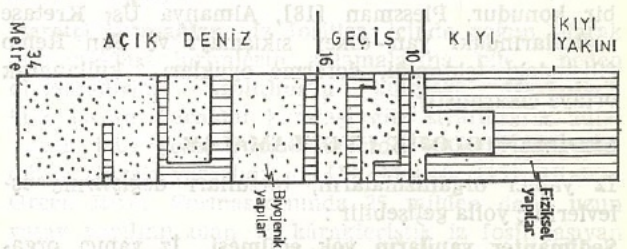
İz fosillerden derinlik belirteçleri olarak yararlanırken yaklaşımlar dikkatle seçilmelidir. Bazı olumsuz koşulları ve sınırlamaları bilinçli bir şekilde kavramak gerekmektedir. Herşeye karşın bu sınırlandırmalar sorunu çözümsüz hale getiremezler ve iz fosiller çökeltme koşullarının belirteçleri olarak kalmadırlar. İz fosiller, dolaylı veya dolaysız olarak ortamın fiziksel enerjisi ile, daha ayrıntılı olarak ortamın fiziksel, biyojenik ve kimyasal özelliklerinin denetimi altında oluşurlar. Denize dizilerin in-



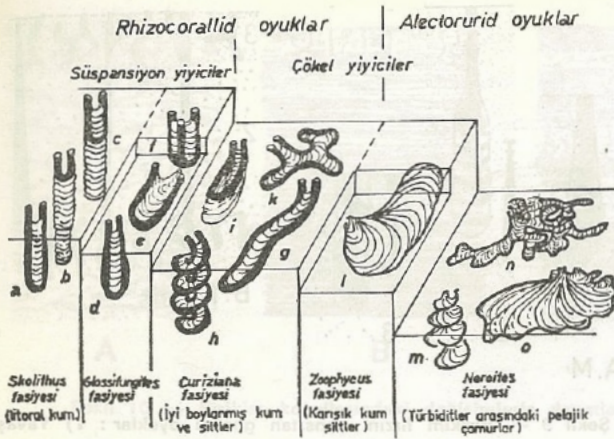
Şekil 4 — İz fasiyeslerin çökeltme ortamlarına göre dağılımları (Heckel [34] den değiştirilerek).

celenmesinde, ele alınması gereken en iyi yaklaşım biçimi, enerji - derinlik fasiyes ilişkileri modelidir. Bunun klasik bir örneği, sahil - açık deniz stratigrafik dizilerinde görülmektedir. Böyle bir dizide, sıglaşmanın gerçekleştiği, dalga ve akıntılarının taban ve sahil boyunca karışıklıklar yarattığı yüksek enerjili kıyı yakını alandan açıklara doğru giden bir «enerji derecelenmesi» gözlenir. Bu derecelenmede, altta biyojenik yapıların, üstte ise fiziksel yapıların yer aldığı düşey fasiyes istifleri ortaya çıkmaktadır. Derin deniz birimlerinin, fiziksel yapılardan yoksun olduğu ve biyojenik fasiyesler içerdiği bilinmektedir. Kıyıya doğru gidildikçe bu durum büyük boyutlarda değişir, fiziksel ve biyojenik etkilenimlerin yaklaşık olarak eşit olduğu geçiş fasiyesi yer alır. Nihayet, üstlere doğru fiziksel yapıların, biyojenik orijinli yapılardan çok daha fazla olduğu sıg fasiyese varılır. Denizel istifin tepesinde (sıg fasiyesin üstü ve kıyı yakını) izler yoktur ve fiziksel yapı baskındır. Ancak biyojenik yapılar, sınırlı olmak koşuluyla bulunabilirler ve bir veya iki özel form gözlenebilir (şekil 5). Bu dizide kısaca tanımlanmış olan fasiyesler üzerinde, fiziksel ve biyojenik yapılar birlikte ele alınarak daha ileri bölümlenmeler yapılabilir [12].

İz fosillerden yararlanarak batimetrik yaklaşımlar yapılması sırasında, değişik yönlü ve ilginç sonuçlara da varılabilmektedir. Bu sonuçlar, iz fosil topluluklarının dağılımlarını denetleyen etkenlerle ilgili-



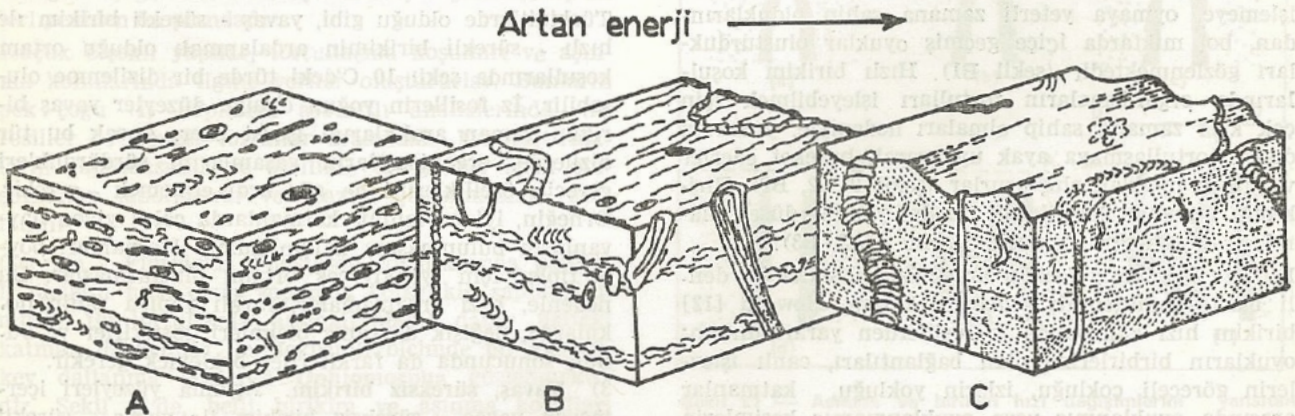
Şekil 5 — Sahil - açık deniz dizilerinde gözlenen fiziksel ve biyojenik tortul yapıların düşey dizilimi (Howard [12] dan basitleştirilerek).



Şekil 6 — İz fasiyelerin derinliğe göre zonlaşmalarını denetleyen beslenme koşulları [27].

dir. Örneğin Howard [12], Seilacher'in 1967'de, iz fosil zonlaşmalarını, besin kaynaklarına bağlı olarak, beslenme terimleri ile irdilediğinden söz etmektedir (şekil 6). Buna karşın, Rhoads [29], zonlaşmaların sadece besin ayırımına bağlı olmadığını ve tabandaki fiziksel duraysızlığın, derin sularda çözülmemiş oksijen azlığının, tuzluluk ve su sıcaklığının, sedimentasyon hızının ve akıntılarının da önemli etkiler oluşturduklarını vurgulamıştır (şekil 7).

Akıntılar. Akıntılar, iz yapan hayvanların ve güncel biyojenik izlerin dağılımlarını denetleyen en önemli faktörler arasında yer alır. Çökel yiyen hayvanların yatay, az ya da çok kısa ömürlü oyukları veya sürünme izleri, sakin - sulu çökellerde oluşurlar [1]. Biyojenik tortul yapılar, ortamın fiziksel enerjisinden büyük ölçüde etkilenir (şekil 8). Bu etkilenmenin nedeni fiziksel enerjinin, genelde, tane boyutunu, taban duyarlılığını, besin taşınmasını ve birikimi denetlemesidir. Bu nedenle, sahil birikintileri, kıyı birikintileri, çeşitli delta fasiyelerleri gibi bazı özel ortamlarda genel bir benzerlik bulmayı beklemek yerinde olur (şekil 8 B, C). Bu durum, benzer fasiyeler veya ortamlarda, benzer fiziksel tortul yapıları bulmayı beklemekten farklı değildir. Biyojenik yapılarıdaki benzerlikleri aynı şekilde açık



Şekil 8 — Çökeltme ortamlarındaki enerji artımına bağlı olarak değişen iz fosil dağılımları [1, 12].

Gelgit üstü	Şelf	Yamaç Havza	Ender karışım
Gelgit arası			Karışimsız (anoxic) Havza
Günlük tuzluluk, sıcaklık ve ışık değişimleri; tabanda gelgit akıntıları ve ufak dalgalar	Normal tuzluluk; mevsimlik sıcaklık değişimleri, yüksek oksijen içeriği. Büyük dalgalar dışında du-raylı bir taban.	Az fakat sınır düzeyi üzerinde oksijen. Türbidit çökeltimi	Oksijen (az veya yok) Türbidit çökeltimi Azoik
Egemen düzey oyuklar:	Yatay izler, düşey oyuklara baskın	Ufak yatay beslenme izleri	Menderesli spiral beslenme izleri
Scyenia izfasiyesi	Cruziana izfasiyesi	Zoophycus izfasiyesi	Nerites izfasiyesi
Skolithus izfasiyesi			

Şekil 7 — İz fosil topluluklarının dağılımlarını denetleyen ekolojik parametreler (Howard [12] dan değiştirilerek).

deniz ortamlarında (şekil 8 A) bulabilmek doğaldır [12].

İz fosil yönelmeleri, akıntı yönlerinin bulunmasında önemli delil oluştururlar [6]. Organizmaların, akıntılarla, gıdalarını çoğaltmak, evvelce parçalanmış tortulları kullanabilmek ve çalkantıların salınmalarına uyabilmek için yönlendikleri belirlenmiştir. İz yapan organizmalar tarafından oluşturulan oyuklar ve sürünme, beslenme ve konak izleri akıntı yönlerini yansıtır. Trilobitlerin konak ve beslenme izleri çok iyi yönelme göstermektedir. Farrow [22], Jura kayalarındaki *Arenicolites*, *Thalassinoides* ve *Rhizocorallium* topluluklarından, yararlanarak gelgit akıntılarını ayırtlayabilmiştir. Güncel ortamlarda da, iz fosillerin tüpleri (oyukları), güncel akıntı yönlerini bulmak için kullanılmaktadır [23]. Crimes ve Crossley [30], Galler'deki Silüriyen türbiditlerindeki dip akıntılarının (bottom current) yönlerini, iz fosillerinden yararlanarak bulmuşlardır. Dip akıntısı ile türbidit akıntısı arasındaki ilişkileri de yansıtan bu çalışmada aşağıdaki ilginç sonuçlar alınmıştır: 1) *Paleodictyon* ve *Squamodictyon* izleri tortul-su düzeyinin altındaki türbidit çamurları içinde, bilinmeyen hayvanlarca bir tünel sistemi olarak oyulmuş ve daha sonra bu tünelleri, bir türbidit akıntısıyla

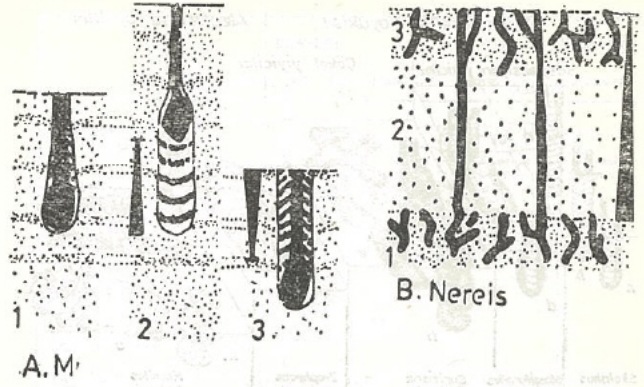
sürüklenen kumlar doldurmuştur. 2) Bu izlerin özel bir yönelme gösterdikleri saptanmıştır. 3) Tektonik veya tortul deformasyonu ile hiçbir bağlantısı olmayan bu yönelme, oyukların açılması sırasında dip akıntı yönelmesini göstermektedir. Bu yönelme, oyuklar sistemi içinde akıntı akışını kolaylaştırılmış olmalıdır. 4) İz fosilleri dip akıntılarının, taban izlerini ise türbidit akıntılarının belirteci olarak kullandığımızda; distal bölgede dip akıntıları ile türbidit akıntılarının koşut oldukları, paroksimal bölgede ise türbidit akıntılarının batıdan yamaç aşağı indikleri, dip akıntılarının da güney - güneybatı, kuzey - kuzeydoğu yönünde sınırlandıkları belirlenmiştir. 5) Türbidit akıntıları için taban izleri ve dip akıntıları için iz fosillerden çıkarılan Silüriyen eski akıntı modeli, günümüzdeki okyanuslarda görülen akıntılarla kıyaslanabilir. Güncel olarak, derin deniz kum yelpazeleri yamaç aşağı ve dip akıntıları eşyükselti eğrilerine uygun olarak oluşmaktadır.

Sıcaklık ve tuzluluk. İz yapan hayvanların, gelgit arası ortamlarda derin ve düşey oyuklar yapmaları bunların sıcaklık ve tuzluluk değişimlerine uyabildiklerini gösterir. Derin deniz biyojenik yapıları ise sabit sıcaklık ve tuzluluk rejimlerini açıklar. Sıcaklık ve tuzluluk denizel ortamlarda iz yapan organizmaların yersel dağılımlarını denetleyen bir etken değildir.

Genelde, iz yapan hayvanlar denizel sulaarda, tatlı sulara oranla daha bol ve çeşitli olarak bulunurlar. Gelgit sığırlarındaki tortullar ve tortul yapılar, karasal bölgedekilere çok benzerler. Ancak her iki ortamın biyojenik tortul yapıları çok farklıdır [1]. Siemers [31], Dakota Formasyonunda tatlı, acı ve deniz suyu ile dolmuş bir delta karmaşığının denetirmesinde, üç iz fosil topluluğunun kullanılabilceğini kanıtlamıştır.

Birikim tarihi. Midlemis [32], bir birikim topluluğu içinde gözlenen farklı oyukların birikim hızını yansıtabileceğini belirlemiştir. Goldring [33], Frey [1] ve Howard [12] birçok endo-bentosun belirli derinliklerde bulunduğunu ve bunların biyojenik izlerinin birikim hızı ile yakından ilişkili olduğunu vurgulamışlardır. Çökelmenin yavaş olduğu zaman tekçe oyukların ani değişiklikler olmaksızın korundukları (şekil 9 A1) veya organizmaların tortulları işlemeye, oymaya yeterli zamana sahip olduklarından, bol miktarda içiçe geçmiş oyuklar oluşturdukları gözlenmektedir (şekil B1). Hızlı birikim koşullarında organizmaların tortulları işleyebilmek için çok kısa zamana sahip olmaları nedeniyle, yukarıya doğru tortullaşmaya ayak uydurarak hareket ederler ve dikey oyuklar oluştururlar (şekil 9 A2, B2). Birikimin olmadığı koşullarda ise, bu yapılar düşey olarak aşağıya doğru uzanırlar (şekil 9 A3, B3).

Birikim hızı ve iz fosiller arasındaki ilişkiler bu denli basite indirgenmiş olmasına karşın, Howard [12] birikim hızı konusunda iz fosillerden yararlanırken; oyukların birbirlerine olan bağlantıları, canlı işlevlerin göreceli çokluğu, izlerin yokluğu, katmanlar arasında oyuklanmış veya oyuklanmamış kesimlerin değişimi gibi özelliklerin de gözetilmesi gerektiğini



Şekil 9 — Birikim hızını yansıtan güncel oyuklar : 1) Yavaş birikim, 2) Hızlı birikim, 3) Birikimsiz [1].

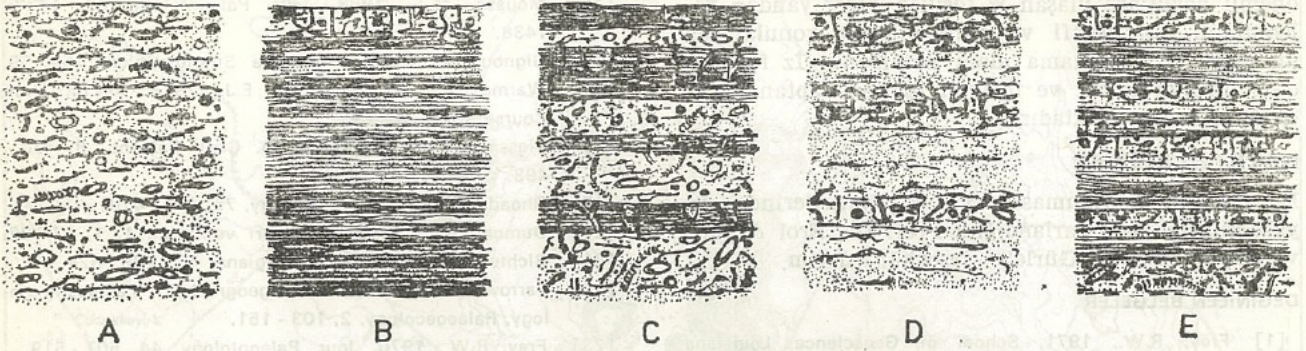
vurgulamıştır. Bu çerçevede, fiziksel ve biyojenetik tortul yapılar arasındaki ilişkilerin ve birbirlerine göre konumlarının özenle incelenmesini önermiş ve iz fosillerin aşınma ve depolanma ile ilgili ilişkilerini üç bölümde irdelemiştir :

1) **Yavaş, sürekli birikim.** Yavaş, kesintisiz birikim koşulları altında, kıta yokuşlarının derin kısımlarında veya derin denizlerde, yoğun canlı işlevleri bulmak olağandır (şekil 10 A). Bu tür koşullarda tortullar, organizmalar tarafından parçalanır, kırıntılı bir şekle sokulur ve birincil stratifikasyon yapılar bozulur veya tümüyle yok edilir. Bu tip bir «ufalama - hazım - boşaltım»ın defalarca yinelenmesi, iz fosillerin karmaşık bir düzen göstermesine neden olur. Bu tür ortamlarda, yoğun iz fosillerin bulunması, pek çok organizmanın varlığı yerine, yavaş birikim hızı olmasına ve bu nedenle organizmaların işlevlerine yeterli kadar zaman bulmalarına işaret eder.

2) **Hızlı, sürekli birikim.** Hızlı, sürekli birikim koşulları altında, biyojenik kayıtlar ya yok olur, veya çok özel şekiller sunar. Birimlerin iz fosil içermemesi, genellikle birikim hızlı olduğunu belirtir. Bununla beraber, organizmaların yaşamlarını sürdürmek için gösterdikleri çabalar nedeniyle, hızlı birikim alanlarında da birtakım yapılar gözlenebilir. Örnek olarak biyojenik yapıların genellikle katmanların yukarı kısımlarında toplandığı göze çarpar (şekil 10B).

Türbiditlerde olduğu gibi, yavaş - sürekli birikim ile hızlı - sürekli birikimin araldanmalı olduğu ortam koşullarında şekil 10 C'deki türde bir dizilenme oluşabilir. İz fosillerin yoğun olduğu düzeyler yavaş birikim zaman aralıklarını işaret eder. Ancak bu tür dizilerde, organizmaların yaşamlarını sürdürdükleri gerecin özelliklerini de göz ardı etmemek gerekir. Örneğin, iyi boylanmış katmanlarda çökeci yiyen hayvanların bulunmasına karşın kumlu katmanlar, böyle tipler için iyi yiyecek ortamı oluşturmazlar. Bu nedenle, bazı organizmalar, farklı yapıya sahip dokularda, değişik davranış biçimleri gösterirler ve bunun sonucunda da farklı izler beklemek gerekir.

3) **Yavaş, süreksiz birikim.** Aşınma yüzeyleri içermeyen yavaş - süreksiz birikim ile yavaş - sürekli birikimi birbirinden ayırmak zordur. Bunun nedeni,



Şekil 10 — Birikim koşullarındaki değişimlerle denetlenen canlı işlevleri (Açıklama için metine bakınız) [12].

her iki koşulda da organizmaların tortullaşma hızına uyum sağlamalarıdır. Ancak süreksizlik eklenmeleri gerçekten devirsel ise, her birikim kesimi için ayrıca, kesin bazı veriler olmalıdır (şekil 10 D). Özellikle birçok açık deniz silta taşı dizilenmelerinde bu tipte yapılar gözlenmektedir.

Tortullaşma genellikle büyük aşınma aralıklarıyla salınım içinde olan koşullar altında gerçekleşir. Bu koşullar, oyuklanmış veya oyuklanmamış birimlerin çeşitli kombinasyonlarını veya canlı işlevlerinde çeşitli aşamaları sonuçlar. Kıyı açığı dizilerde sıkça görülen, oyuklanmış birimlere koşut, laminlanmış katmanlar bu duruma örneklerdir. Bu tip katmanlar, çeşitli kalınlıklarda olabilmelerine karşın genellikle 10-15 cm kalınlığındadır ve aşınma dokanakları, tabanda paralel laminasyon, tavanda yoğun oyuklar ile birbirlerine bağlıdır. Bazı canlı işlevlerinin bütün katmanlanma boyunca bulunmalarına karşın, oyuklarda yukarıya doğru açık bir artma söz konusudur (şekil 10 E). Bu durum, hemen dalga tabanının veya dalga tabanı altındaki fırtınalı ve fırtınasız koşulların sürekli değişim aralıklarını simgeler.

Fırtına anında, deniz tabanı aşınması gerçekleşir ve tortullar karaya doğru taşınırlar. Fırtına dinmeye başladığında ve hemen onun sonrasında aşınmış yüzeyde tortul kesiti yeniden oluşur. Bazı durumlarda bu olayın hızı azdır veya sahil boyunca suda büyük boyutlarda gerçekleşen ters akıntılar nedeniyle hızlı olabilir. Normal koşullar yeniden ortama egemen olduğunda, gelecek fırtınaya kadar, organizma işlevleri yeniden ön plandadır.

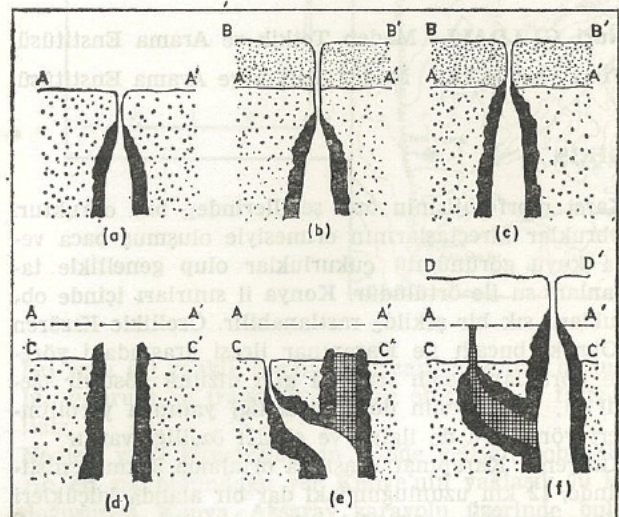
Küçük ölçekli yapılar, tortullaşma koşulları ve aşınma konularında ilginç veriler oluştururlar. Bunların pek çoğu (1) yapıların ayrıntılı analizlerinde, (2) fosiller ve güncel tortullar arasındaki karşılaştırmaların yapılmasında ve özellikle (3) güncel oyuk oluşumunun laboratuvar ve arazide gözlenmesinde kullanılır.

Georgia - Florida'da Pleistosen tortullarında görece birikim hızı, oyuk yapılarla kolaylıkla saptanabilmiştir. Bu tortullarda, aşamalı olarak daha üstteki katman düzlemleri ile, değişimli biçimde bir kaç dikey dallanma gösteren *Ophiomorpha* gözlenmektedir. Şekil 11'de, belli birikim ve aşınma koşulları altında bu oyukların başından geçen olayların bir dizisi sunulmuştur. Bu dizide, şekil 11A dirençli,

kalın duvarlı oyukun üst kısmını göstermektedir. Bu oyukun yüzeye yakın kısmı, ana kayaç yüzeyinde sonuçlanan, güzelce oyulmuş, ince tüplerle belirlenir. Birikim koşulları altında, oyuk tüp bölümünün genişletilmesiyle büyür (şekil 11B). Daha sonra oyuk geniş bölümü de yukarıya doğru büyütülür (şekil 11C). Aşınma olduğunda oyukun tüp bölümü ve hatta oyukun esas bölümü, tamamen aşınabilir (şekil 11D). Oyukun üst bölümü kapatıldığı zaman organizma ara geçiş bölümü ile katman yüzeyine bağlanmak için çaba gösterecektir (şekil 11E). Eğer tortullaşma tekrar başlarsa, eski yapılar yeniden etkin olacak ve geçiş yapısı kapanacaktır (şekil 11F).

SONUÇ

Derleme niteliğindeki bu çalışma, iz fosillerin, jeolojik veriler arasında önemli bir yeri olduğunu kanıtlamaktadır. Özellikle çökeltme ortamlarının saptanmasında iz fosillerden büyük ölçülerde yararlanılmaktadır. Düşey oyuklar karasal ve litoral ortamları, yatay oyuklar ve konak izleri kıta yamacı ve sığ deniz ortamlarını, menderesli - sipsiral izler abisal - batıyal ortamları simgelemektedir. Paleoeolojik parametrelerin açıklanmasındaki yararları



Şekil 11 — Aşınma ve birikim hızı değişimlerini yansıtan *Callianassa* oyukları (Açıklama için metine bakınız) [12].

önemli boyutlara ulaşan iz fosiller, diğer yandan paleontoloji, stratigrafi ve sedimantoloji konularında da geniş bir uygulama alanı kazanırlar. İz fosillerden, birikim tarihi ve birikim hızının saptanmasında da yararlanılmaktadır.

KATKI BELİRTME

Bu yayının hazırlanması sırasında eleştirilerinden ve yardımlarından yararlandığım Prof. Dr. Erol Akyol'a ve ressam Mualla Gürle'ye teşekkür ederim.

DEĞİNİLEN BELGELER

- [1] Frey, R.W., 1971, School of Geoscience, Louisiana State Univ. Miscel. Publ., 71, 1, 91 - 125.
- [2] Basan, P.B., 1978, SEPM, Short Course, No. 5, 1 - 4.
- [3] Caster, K.E., 1957, Geol. Soc. America Bull. Mem., 67, 2, 1025 - 1032.
- [4] Hantzschel, W., 1966, Univ. Kansas Paleontological Contr., 10 - 17.
- [5] Osgood, R.G., 1970, Palaeontographica Americana, 6, 41, 281 - 444.
- [6] Seilacher, A., 1953, N. Jb. Geol. Palaont., 98, 87 - 124.
- [7] Seilacher, A., 1954, Deutsche Geol. Gesell. Zeit., 105, 214 - 227.
- [8] Hantzschel, W., 1955, Geol. Rundsch., 43, 551 - 562.
- [9] Lessertisseur, J., 1955, Soc. Géol. France, Mèm., No 74, 150 s.
- [10] Caster, K.E., 1938, Jour. Paleontology, 12, 3 - 60.
- [11] Seilacher, A., 1959, Naturwissenschaften, 12, 389 - 393.
- [12] Howard, J.D., 1978, SEPM, Short Course, No. 5, 13 - 46.
- [13] Crimes, T.P., 1970, Geol. J., Spec. Issue No. 3.
- [14] Crimes, T.P., 1968, Geol. Mag., 105, 360 - 364.

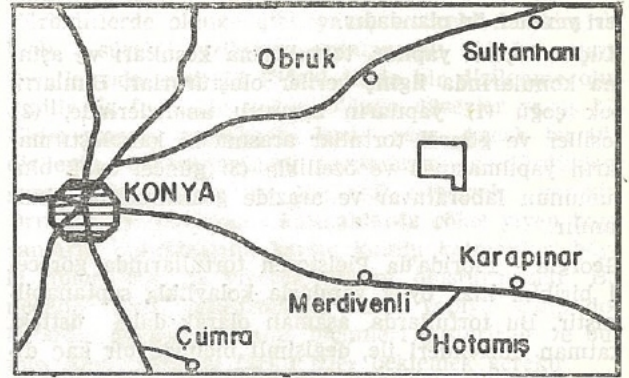
- [15] Moussa, M.T., 1968, Jour. Paleontology, 42, 1433 - 1438.
- [16] Gignoux, M., 1960, Géologie Stratigraphique, 58 - 59.
- [17] Warme, J.E., ve Mc Huron, E.J., 1978, SEPM, Short Course, No. 5, 92 - 93.
- [18] Plessmann, W., 1966, N. Jb. Geol. Palaont., 8, 480 - 493.
- [19] Rhoads, D.C., 1967, J. Geology, 75, 461 - 476.
- [20] Dumont, J.F., 1976, Yeryuvarı ve İnsan, 1, 1, 21 - 22.
- [21] Richter, R., 1931, Seckenbergiana, 13, 299 - 324.
- [22] Farrow, G.E., 1966, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2, 103 - 151.
- [23] Frey, R.W., 1970, Jour. Paleontology, 44, 507 - 519.
- [24] Howard, J.D., 1972, SEPM, Spuc. publ., No. 16, 215 - 225.
- [25] Crimes, T.P., 1973, Sedimentology, 20, 105 - 131.
- [26] Crimes, T.P., 1975, The Study of trace fossils, 109 - 130.
- [27] Seilacher, A., 1978, SEPM, Short Course, No. 5, 185 - 200.
- [28] Potter, P.E., Maynard, J.B., ve Pryor, W.A., 1980, Sedimentology of shale, 41 - 43.
- [29] Rhoads, D.C., 1975, The Study of trace fossils, 147 - 160.
- [30] Crimes, T.P. ve Crossley, J.D., 1980, Jour. Sed. Petrology, 50, 3, 821 - 830.
- [31] Siemers, C.T., 1970, Geol. Soc. America Bull., 81, 683 - 684.
- [32] Midlemis, F.A., 1962, Geol. Mag., 99, 33 - 40.
- [33] Goldring, R., 1964, Developments in Sedimentology, 1, 136 - 143.
- [34] Heckel, P.H., 1972, SEPM, Spec. Publ., No. 16, 243 - 246.

Konya Yöresi Obrukları

Nuri GÜLDALI, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Temel Araştırmalar Dairesi, Ankara.
Fuat ŞAROĞLU, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Temel Araştırmalar Dairesi, Ankara.

GİRİŞ

Karst morfolojisinin özel şekillerinden biri obruktur. Obruklar kireçtaşlarının erimesiyle oluşmuş baca veya kuyu görünümüne çukurluklar olup genellikle tabanları su ile örtülüdür. Konya il sınırları içinde obruklara sık bir şekilde rastlanabilir. Özellikle Kızören (Obruk) bucağı ile Karapınar ilçesi arasındaki yörede obruklar tesbih taneleri gibi dizilim gösterir (şekil 1). Bu yörenin doğal güzelliği yanında yer bilimlileri yönünden de ilginç ve eğitici özelliği vardır. Kızören - Karapınar arasında ortalama 3 km genişliğinde, 12 km uzunluğundaki dar bir alanda küçükler göz ardı edilirse 23 adet sulu veya susuz obruk bulunmaktadır (şekil 2). Bu dar alanda oluşum aşamasından olgunluk aşamasına kadar gelişimleri tamamlanmış olanları görülebilir. Obrukların duvarlarında



Şekil 1 — Kızören - Karapınar obruklar alanı yer belirleme haritası.