



Belemnitlerin ontojenezinde iz element dağılımları

Trace element distributions in belemnite ontogenesis

Saday Azadođlu ALİYEV

Ankara Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi, 06100 Beşevler, ANKARA

Ali SARI

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Beşevler, ANKARA

Geliş (received) : 18 April 2005

Kabul (accepted) : 8 July 2005

ÖZ

Bu çalışmada, Kretase yaşlı belemnitlerin kafeslerini oluşturan mevsimsel tabakalardan alınan karbonat bileşikli örnekler araştırılmıştır. Belemnitlerin ontojenez gelişimi boyunca oluşan bu tabakalarda Mg, Mn, Fe, Cu ve Sr elementlerinin dağılımı Neohibolites ve Belemnitella cinslerine ait bireylerin kafeslerinde incelenmiştir. Belemnitlerin aynı ve farklı cinslerine ait olan türler, çeşitli cinsler ve filojenetik kollar arasındaki taksonomik ilişkiler bu elementlerin konsantrasyonları kapsamında araştırılmış olup, değişik taksonların farklı element içeriklerine sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Taksonlar arasındaki süre arttıkça, bu farklılıkların da arttığı saptanmıştır. Başka bir ifadeyle, bireylerden cinslere ve ailelere doğru gittikçe morfolojik farklılıklarla beraber, kimyasal bileşimine yönelik olarak farklılıklar da artmaktadır. Dolayısıyla, incelemeler sonucunda elementlerin belemnitler için dağılım özelliklerinin taksonomik açıdan gösterge özellikleri taşıdıkları belirlenmiştir. Belemnitlerin kavkılarını oluşturan tabakalar değişik renk fonları ile belirlenirler. Değişik koyu ve açık renklerde olan bu tabakalar, araldanma özelliği taşımaktadır. Bu özellik ise, yaşamsal ortamın paleocoğrafik durumunun çeşitliliğine, sürekliliğine ve şiddetine bağlıdır. Değişik renk fonlarının oluşumu ortamın organik madde ve kil miktarıyla ilişkilidir. Tabakaların değişik renklerde olması, aynı zamanda belemnitlerin yaşının belirlenmesinde de kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Belemnitella, filojenez, iz element, ontojenez, taksonomi.

ABSTRACT

In this study, carbonate compounds within samples taken from seasonal layers, which constitute the skeleton of belemnites from the Cretaceous age, were examined. The distribution of Mg, Mn, Fe, Cu, and Sr in these layers which formed during the ontogenetical formation of belemnites were examined through the skeletons of Neohibolites and Belemnitella species. The taxonomical relationships between individuals belonging to the same and different species and phylogenetical branches were examined within the context of the concentration of these elements, and it was found that the different taxons have different element contents. It was found that these differences become greater as the duration between the taxons increases. In other words, as the taxonomy changes from individuals to species and from species to families, the morphological differences as well as the chemical differences become greater. Thus, it can be stated that the distribution of elements within belemnites skeletons has certain implications with respect to taxonomical considerations. The layers forming the shells of belemnites are distinguished by different color scales. These layers, with different tonnes of dark and light colors, are of alternating character which depend upon the physical variability, temporal continuity and the intensity of the paleogeographical habitat. The occurrence of different tones is related to the amount of organic matter and clay content. The different colors of the layers could also be used for determining the ages of belemnites.

Key Words: Belemnitella, ontogenez, phylogenese, trace element, taxonomy.

GİRİŞ

Denizel omurgasız organizmaların kavkılarının kimyasal bileşimine yönelik olarak yapılan biyojeokimyasal çalışmalar; bir yönden çökel oluşumunun ve biyonomik ortam koşullarının belirlenmesi, diğer taraftan da, organizmaların filojenez ve ontojenez evrimi süresince elementlerin niceliksel olarak davranışlarının izlenmesi ve ayrıca diyajenetik süreçlerin incelenmesi gibi konuları kapsamakta olup, önemli katkı sağlamaktadır. Bu tür incelemeler çevresel kirlenme ve metal zenginleşme zonlarının ortaya çıkarılması açısından da çok önemlidir.

Bu çalışmada, Kretase yaşlı 5 adet belemnit bireylerinin (*Neohibolites aptiensis ewaldisimilis* (Stoll.), *Neohibolites strombecki* (Müll.), *Belemnitella mucronata mucronata* (Schl.), *Belemnitella mucronata parva* Naid. ve *Belemnitella mucronata senior*.Now.) kafesleri kullanılmıştır. Çalışmanın konusuna ait daha ayrıntılı bilgiler elde etmek açısından, kafesin iç morfolojik özellikleri, başka bir deyişle, onların yaşantıları boyunca oluşturdukları mevsimsel tabakaların rengi, kalınlığı, sayısı, tabakaların muhafazası (birincil durumu), kristal yapısı, özellikle, Mg, Sr, Mn, Fe ve Cu gibi biyofil elementlerin dağılım özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Denizel molluskların kafeslerini aragonit ve kalsit mineralleri şeklinde oluşturan karbonatlar kristal yapı ve kimyasal-element bileşimi açısından iyi taksonomik özelliğe sahiptirler. Jura ve Kretase denizlerinde yaygın olarak yaşamış belemnitlerin iskeletleri (rostrumları) tıkHz ve sağlam yapıya sahip olup, % 96-98.8 CaCO₃'den oluşmaktadır. Belemnitlerin ilk mineralojik yapısının kalsit veya aragonit bileşimli olduğuna ilişkin değişik görüşler (Fabriçius vd., 1970; Berlin ve Habakov, 1970; Teys ve Naydin, 1973; Kozlova

vd., 1973; Ali-Zade vd., 2002) mevcut olup, bu konuyla ilgili çalışmalar ve tartışmalar halen devam etmektedir.

Farklı veya aynı cinse mensup olan değişik türlerin farklı kimyasal bileşime sahip oldukları saptanmıştır (Kabanov, 1967; Maklin, 1971; Kozlova vd., 1973; Aliyev, 1982). Daha ayrıntılı incelemeler, belemnit bireylerinin ontojenezi süresince oluşan mevsimsel tabakaları üzerinde jeokimyasal ve biyojeokimyasal yöntemlerle Mg, Sr, Mn, Fe ve Cu metallerinin dağılımına ilişkin ilk kez olarak bu çalışmada yapılmış olup, elde edilen sonuçların sistem ve havzanın jeokimyasal evrimi açısından önemli olduğu görülmüştür. Ayrıca, bu çerçevede yapılan çalışmalar diyajenez süreçlerini niceliksel olarak izleme olanağını da sağlamaktadır. Mg, Sr, Mn, Fe ve Cu değerlerinde ortaya çıkan farklılıklar, bir cinsi temsil eden bireylere oranla, değişik cinse mahsus olan bireyler için taksonomik açıdan özgün değer oluşturmaktadır.

Belemnit kafeslerini oluşturan tabakaların sayısı 54-409 arasında değişmektedir (Kabanov, 1967; Kozlova vd., 1973). Gerek tabakaların, gerekse bunlardan oluşan serilerin (en büyük belemnit rostrumlarında 205'i geçmemektedir) sayısının, çeşitli belemnit türlerine özgü olan kafeslerin çapına bağlı olmaksızın değiştiği görülmektedir (Çizelge 1). Aslında, ardalanmalı açık, açık-boz ve koyu renkli tabakaların oluşumu, mevsimsel değişikliklere ilişkin kafes maddesinin yığılması ile açıklanabilir. Böyle bir sonuç değişik tabakalar üzerinde ¹⁸O/¹⁶O oranlarının belirlenmesiyle varılmıştır. Koyu renkli serilerin, organizma tarafından yazın, yani daha sıcak (¹⁸O/¹⁶O oranlarına göre: 20.8° C ve daha yüksek sıcaklıkta) aylarda oluşturulduğu düşünülmektedir (Stevens ve Clayton, 1971; Ali-Zade vd., 2002). Tabaka serilerine dikkat edildiğinde,

Çizelge 1. Belemnit kafeslerindeki açık ve koyu tabakaların sayısı (Kozlova vd., 1973).

Table 1. Number of light and dark coloured layers in belemnite skeletons (Kozlova et al., 1973)

Takson	Çap (mm)	Tabakaların sayısı		
		Koyu	Açık	Toplam
<i>Acroteuthis magna</i> Sachs.	8-25	47-100	42-76	89-176
<i>Acroteuthis magna</i> Sachs.	10-30	59-187	59-222	118-409
<i>Brachybelus</i> sp.	12	29	25	54
<i>Neohibolites ewaldi</i> (Stromb.)	7-11	35	75	110
<i>Neohibolites montanus</i> (Ak. Aliz.)	5-12	44	88	132

Kretase belemnitlerinin ortalama yaş süresinin 2-4 yıl, Geç Jura yaşlı en büyük belemnitlerin yaşam süresinin ise 6 yıla kadar uzadığı düşünülmektedir (Saks ve Nalnyayeva, 1964; Naidin, 1969).

MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada, 1989-1993 yılları arasında "Büyük Kafkasya'nın Kretase Havzalarının Paleontolojisi, Stratigrafisi ve Paleobiyojeokimyası" başlıklı proje kapsamında elde edilen malzemeler kullanılmıştır. Belemnitlerin ontogenez gelişim süresince Mg, Mn, Fe, Sr ve Cu metallerinin dağılım özellikleri belirlenmesi için Erken Kretase yaşlı *Neohibolites aptiensis ewaldsimilis* (Stoll), *Neohibolites strombecki* (Müll.) ve Geç Kretase yaşlı *Belemnitella mucronata mucronata* (Schl.), *Belemnitella mucronata parva* Naidin ve *Belemnitella mucronata senior* Nowak gibi değişik yaşlı belemnit bireylerinin kafesleri kullanılmıştır (Çizelge 2 ve Levha 1).

Araştırmalar, en duru ve berrak belemnit kafesleri üzerinde yapılmıştır. Kafesler, yapısal olarak mineral-organik bileşimindeki net ve daha iyi okunan koyu ve açık renkli halka şekilli birbirleriyle ardalanmalı mevsimsel tabakalardan ve bunların serilerinden ibarettir (bkz. Levha 1). Kalsiyum karbonattan (% 96-98.8) oluşan kafes maddesi 780-920°C'de ısıtıldığında, % 56 CaO ve % 44 CO₂'ye ayrılmaktadır.

Örnek alma işlemlerinden önce kafes bir bütün halinde 100-110°C'de ısıtılarak kurutulmuş ve enine kesilerek parlatma örnekleri hazırlanmıştır. Daha sonra x100 büyütme stereomikroskop altında temizlendikten sonra örnekler alınmıştır. Örnekler, mikroskop altında koyu ve açık renkte olan tabakalardan ve bunların sınır zonlarından alınmıştır. Levha 1'de görülen ince halka şekilli hatlar ve bunlardan oluşan seriler, organizmaların belli bir zaman diliminde (ontogenezinde) oluşturdukları mevsimsel tabakalardır.

Elementlerin yüzde değerleri ise, atomik-absorbsiyon ve röntgen-spektral analiz yöntemleri ile saptanmıştır. Kontrol için spektral analiz sonuçları da kullanılmıştır. Elementlerin tayini için etalon olarak kimyasal bileşimce temiz CaCO₃ kullanılmıştır. Daha sonra bu maddeye % 0.05 Fe ve Mg, % 0.001 Mn ve Cu elementlerinin oksitleri eklenmektedir. Madde tam karışım haline

gelene değin etil alkolde 30 dakika ezildikten sonra 110-120°C'de etüvde bir saat boyunca kurutulmuş ve 10-15 dakika süreyle bir kez daha ezilmiştir. Spektral analizler, PGS-2 spektrografında gerçekleştirilmiş ve alınan sonuçlar atomik-absorbsiyon analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Elementler için dalga boyları (Å ile): Fe-2720.91; Mg-2779.83; Mn-2801.06; Sr-2931.83 olarak seçilmiştir. Kalsiyum'un dalga boyu olarak 2721.65Å kullanılmıştır. Bu elementlerin ölçümündeki hata % 7.5-8.5'dir.

BELEMNİTLERİN MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Sefalopoda sınıfına ait olan Belemnitler nektolik organizmalardır. Sefalopoda'lar gelişme seviyesi açısından da diğer omurgasızlara nazaran daha gelişkindirler ve başlarının etrafında sıralanmış olan dokunaçları vardır (Levha 2 A: e). Bu dokunaçların sayısı 8 (Octopoda), 10 (Decapoda) ve hatta Nautilidae'lerde olduğu gibi, daha çok sayıda olabilmektedir.

Vücudun ön tarafında omurgalıların gözlerine benzeyen iki büyük göz bulunur (bkz. Levha 2 A: f). Belemnitlerin kafesleri (iskeletleri) yumuşak bedeninde bulunduğu için, kafesin artık hiç bir koruyucu rolü kalmamıştır. Dibranchia'lara ait olan bu molluskların kafesleri rostrum, phragmocon ve proostracum olarak adlandırılan üç kısımdan meydana gelir (bkz. Levha 2 A: a, d, g). Bu kısımlar yapılarına göre çeşitli türler için çok değişik olup, ciddi sistem özelliği taşırlar. Bu üç kısım içerisinde rostrum en belirgin kısımdır (bkz. Levha 2 A: a). Rostrumun dış ve iç özelliklerine göre belemnitlerin taksonomik ve filogenetik durumu belirlenir. Rostrumları uçları şiş (ya da yonutulmuş ve sivri), puroya benzer ve bazen ucu kesik veya küt şekillerde olabilir (Levha 2: B, C). Bu kısım oka benzetildiği için bunlara Yunanca'dan gelen bir deyim olarak "Belemnites" adı verilmiştir. Bu özelliğin günümüzde yaşayan Dibranchia'lardaki dahili kafesin ucundaki sert kısma karşılık geldiği anlaşılmaktadır.

Rostrum kafesin sivri ucunu teşkil eder (bkz. Levha 2 A: a). Levha 2 B'den de görüldüğü gibi, rostrum uzunlamasına kesitte V şekilli yapraklar birbirlerinin üstüne oluşmuştur. Rostrumun üst tarafındaki koni şeklinde boşluk alveol olarak adlandırılır (bkz. Levha 2 A: b). Belemnitler ilk

Çizelge 2. Belemnitlerin mevsimsel tabakalarındaki Mg, Mn, Fe, Cu ve Sr dağılımları.
Table 2. Distributions of Mg, Mn, Fe, Cu and Sr in the seasonal layers of belemnites.

Takson	Mevsimsel tabakalar	Mg (%)	Mn (%)	Fe (%)	Cu (%)	Sr (%)
<i>Neohibolites aptiensis ewaldsimilis</i> (Stoll.)	1	0.11	0.004	0.001	0.0001	0.17
- " -	2	0.15	0.004	0.001	0.0001	0.12
- " -	3	0.07	0.003	0.001	0.0001	0.25
- " -	-4	0.14	0.003	0.001	0.0001	0.22
- " -	5	0.20	0.005	0.003	0.0006	0.22
- " -	6	0.30	0.005	0.003	0.0011	0.32
- " -	7	0.12	0.005	0.001	0.0006	0.10
- " -	8	0.11	0.004	0.0015	0.0004	0.15
Ortalama	8	0.15	0.0041	0.0015	0.00039	0.194
<i>Neohibolites strombecki</i> (Müll.)	1	0.20	0.018	0.06	0.00025	0.28
- " -	2	0.18	0.019	0.01	0.0003	0.30
- " -	3	0.16	0.014	0.009	0.0002	0.23
- " -	4	0.14	0.011	0.005	0.0003	0.18
- " -	5	0.16	0.018	0.002	0.0002	0.25
- " -	6	0.16	0.009	0.03	0.0002	0.25
- " -	7	0.16	0.04	0.09	0.0003	0.18
- " -	8	0.10	0.008	0.001	0.0001	0.33
- " -	9	0.12	0.025	0.006	0.0002	0.10
- " -	10	0.13	0.010	0.003	0.0003	0.15
- " -	11	0.064	0.005	0.001	0.0003	0.10
- " -	12	0.12	0.03	0.003	0.0003	0.13
- " -	13	0.13	0.010	0.002	0.0005	0.14
- " -	14	0.12	0.011	0.005	0.0003	0.12
- " -	15	0.12	0.010	0.002	0.0005	0.12
- " -	16	0.10	0.005	0.001	0.0002	0.14
- " -	17	0.12	0.003	0.001	0.0007	0.16
- " -	18	0.096	0.001	0.001	0.0003	0.13
- " -	19	0.10	0.0022	0.001	0.0003	0.11
- " -	20	0.11	0.0065	0.003	0.00075	0.08
- " -	21	0.10	0.001	0.001	0.0005	0.12
- " -	22	0.10	0.0025	0.001	0.0004	0.12
Ortalama	22	0.127	0.0125	0.011	0.00048	0.169
<i>Belemnitella mucronata mucronata</i> (Schl.)	1	0.14	0.001	0.002	0.0001	0.14
- " -	2	0.11	0.003	0.001	0.0005	0.25
- " -	3	0.205	0.0035	0.001	0.0001	0.32
- " -	4	0.175	0.003	0.001	0.0001	0.29
- " -	5	0.18	0.003	0.001	0.0001	0.305
- " -	6	0.21	0.004	0.001	0.00015	0.30
Ortalama	6	0.246	0.0044	0.0012	0.000175	0.267
<i>Belemnitella mucronata parva</i> Na id.	1	0.13	0.002	0.008	0.0001	0.25
- " -	2	0.11	0.003	0.003	0.0001	0.35
- " -	3	0.15	0.0025	0.008	0.0008	0.35
- " -	4	0.11	0.0025	0.001	0.0008	0.28
- " -	5	0.12	0.0028	0.0085	0.0009	0.25
- " -	6	0.16	0.002	0.009	0.0009	0.33
- " -	7	0.08	0.003	0.0085	0.0011	0.40
- " -	8	0.13	0.004	0.001	0.0001	0.23
- " -	9	0.15	0.004	0.005	0.0001	0.25
- " -	10	0.14	0.0028	0.0085	0.0001	0.20
- " -	11	0.14	0.003	0.001	0.0001	0.30
Ortalama	11	0.129	0.0053	0.0056	0.00027	0.29
<i>Belemnitellamucronata</i> Senior Now.	1	0.082	0.0035	0.0085	0.0001	0.30
- " -	2	0.19	0.0035	0.0085	0.0001	0.28
- " -	3	0.12	0.003	0.001	0.0001	0.19
- " -	4	0.09	0.0025	0.0085	0.0001	0.19
- " -	5	0.11	0.0025	0.014	0.0001	0.18
- " -	6	0.13	0.005	0.012	0.0003	0.25
- " -	7	0.11	0.004	0.020	0.0001	0.23
Ortalama	7	0.12	0.00343	0.012	0.00023	0.23

kez Triyas'da meydana gelmiş, Mesozoyik'in sonunda ise yok olmuşlardır. Bu çalışmada Kre-tase yaşlı *Neohibolites* ve *Belemnitella* cinslerine ait bireylerin kafesleri incelenmiştir.

Belemnitlerin kafesleri değişik renklerde (koyu, koyu-kahve, açık, açık-sarı ve şeffaf) ve arda-lanmalı halka şekilli kalınlıkları 0.02- 0.3 mm arasında değişen tabakalardan oluşmaktadır. Ultraviyole mikroskop ML-2 altında organik maddenin floresansına yönelik yapılan incele-mede açık ve koyu tabakaların sınırları kesin olarak seçildiğinden, bu tabakaların sayısı daha iyi belirlenmiş olup, 54-409 arasında değiştiği saptanmıştır (Kabanov,1967; Maklin, 1971; Kozlova vd., 1973). Kalsiyum karbonatın açık duru levha şekilli kristalleri, kalınlığı 0.1 mm ve daha küçük ince tabakalar oluşturmaktadırlar. Koyu ve açık renkteki kafes oluşturan tabakalar paket halinde izlenebilmektedir (bkz. Levha 1). Tabakaların değişik renkte olmasının nedeni kil, demir ve organik maddenin konsantrasyonuna bağlıdır.

BELEMNİT KAFESLERİNDEKİ MEVSİMSEL TABAKALARIN İZ ELEMENT DAĞILIMLARI

Belemnit kafeslerinde Mg, Sr, Fe, Cu ve Mn dağılımı hakkında ayrıntılı bilgi elde etmek için onların yaşantıları boyunca geliştirdikleri halka şe-killi mevsimsel tabakalar üzerinde jeokimyasal ve biyojeokimyasal incelemeler yapılmıştır. Bu incelemeler ayrı ayrı belemnit bireylerinin kafes-lerinde gerçekleştirilmiştir (bkz. Çizelge 2 ve Levha 1).

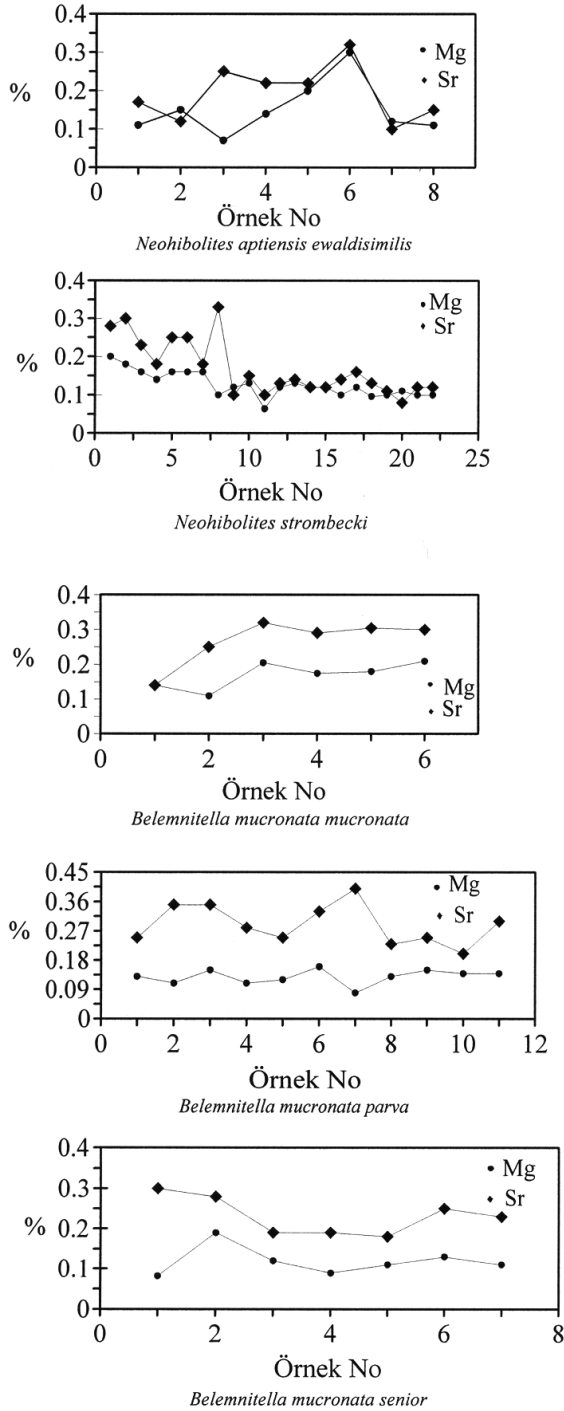
Gerek bu çalışmada, gerekse Kozlova vd.(1973) ile Aliyev (1994)'in verilerine göre, ba-zen koyu ve bazen de açık tabakaların kimyasal element bileşiminde benzerlik izlenmektedir. Renklerin kil, demir ve organik malzemenin kon-santrasyonuna bağlı olarak değiştiği varsayılmaktadır. Organik maddeye bağlı olarak açık şeritler şeklinde meydana gelen tabakalar ultra-viyole ışığında krem, açık-sarı, ender olarak tu-runcu renklerden ibaret tonlar oluştururlar. Koyu tabakalar ise sarı kestane rengi, kestane rengi ve kahvemsi renkler içerirler. Koyu ve açık taba-kalar kimyasal element bileşimlerinde birbirlerinden farklıdırlar. Koyu tabakalar açık tabakalara göre Al, Fe ve Si elementleri yönünden zengin-dirler. Örneğin, Toarsiyen yaşlı belemnit rost-ruklarında (kafeslerinde) koyu tabakalar Fe, Ti,

Al ve Si elementleri açısından daha zengindirler (Kozlova vd., 1973). Genetik olarak, birbirine çok yakın veya tek bir türe ait bireyler yakın ele-ment içeriklerine sahiptirler. Mg ve Sr element-leri genellikle kafes karbonat mineralleri açısın-dan yapısal özelliklerle beraber (Ali-Zade vd., 2002), Jura ve Kretase belemnit kafesleri içeren bu elementleri yaşamsal ortamın sıcaklık değer-lerinin belirlenmesi için kullanmışlar (Berlin ve Habakov, 1970; Saks vd., 1972).

Bu çalışmada, belemnitlerin ontojenezinde Mg, Sr, Mn, Fe ve Cu metallerinin dağılımı Çizelge 2'de ve Şekil 1, 2, 3 ve 4'de verilmiştir. Adı ge-çen her bir elementin değişimine gerek zaman (ontojenez) açısından, gerekse bireyler açısın-dan bakıldığında, metallerin dağılımına yönelik davranışları belirlemek mümkündür.

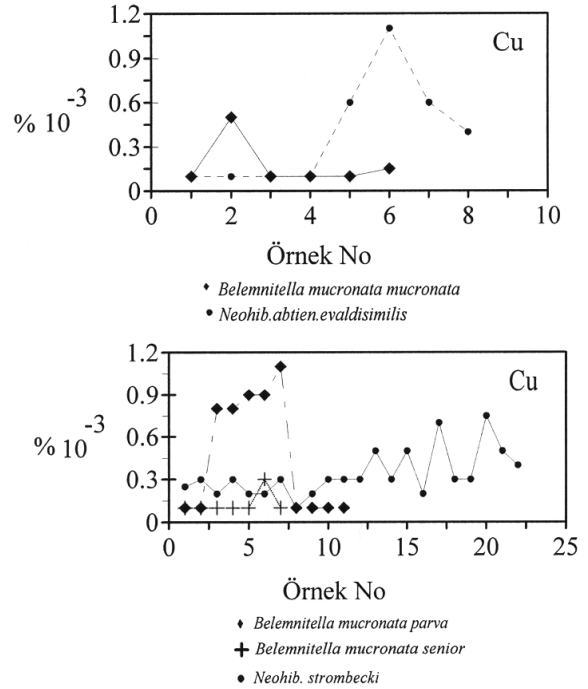
Neohibolites aptiensis ewaldsimilis (S t o l l.) alt türünün mevsimsel tabakalarından alınan ör-neklerde Mg'un ortalama değeri % 0.15 olarak belirlenmiş olup, değişim aralığı ise % 0.2-0.07'dir. Sr'un ortalama miktarı % 0.194, deği-şim miktarı ise % 0.32-0.10 'dur. *Neohibolites strombecki* (M ü l l.) bireyine ait mevsimsel taba-kalarda Mg'un ortalama bolluğu % 0.127, deği-şim aralığı ise % 0.20-0.064'tür. Bu bireyin Sr değerleri ortalama olarak % 0.169, değişim ara-lığı da % 0.33-0.08'dir. *Belemnitella mukronata mukronata* (S c h l.) alt türüne ait mevsimsel ta-bakaların Mg değerleri ortalama olarak % 0.17, değişim aralığı ise % 0.21- 0.11'dir. Bu alt türün Sr değeri ortalama % 0.267, değişim aralığı da % 0.32-0.14'dir. *Belemnitella mukronata parva* N a i d. alt türüne ait mevsimsel tabakaların Mg değerleri ortalama olarak % 0.129, değişim ara-lığı ise % 0.16-0.08'dir. Sr'un ortalama değeri bu tür için % 0.29 olup, değişim aralığı % 0.40-0.20 'dir. *Belemnitella mukronata senior* N o w. alt türünün mevsimsel tabakalarının Mg ortala-ması % 0.129, değişim aralığı ise % 0.19 - 0.082'dir. Aynı türde Sr'un ortalama miktarı % 0.23, değişim aralığı ise % 0.30-0.18'dir (bkz. Şekil 1).

Bütün belemnit fertlerinin kafeslerinde Cu, Fe ve Mn metallerinin dağılım aralığı (bkz. Çizelge 2 ve Şekil 2, 3, 4) ve aralık farkı (Çizelge 3) aşağıda-ki gibidir. Mn'un yüzdesi 0.04 ile 0.001 (aralık farkı % $39-2 \times 10^{-3}$), Fe'in yüzdesi 0.09 ile 0.001 (aralık farkı % $89-1 \times 10^{-3}$) ve Cu'ın yüzdesinin ise 0.0011-0.0001 (aralık farkı % $1-0.2 \times 10^{-3}$) arasın-da değiştiği görülmektedir.



Şekil 1. Farklı belemnit bireylerinde Mg ve Sr elementlerinin dağılımı.
Figure 1. Distribution of Mg, and Sr elements in different individuals of belemnites.

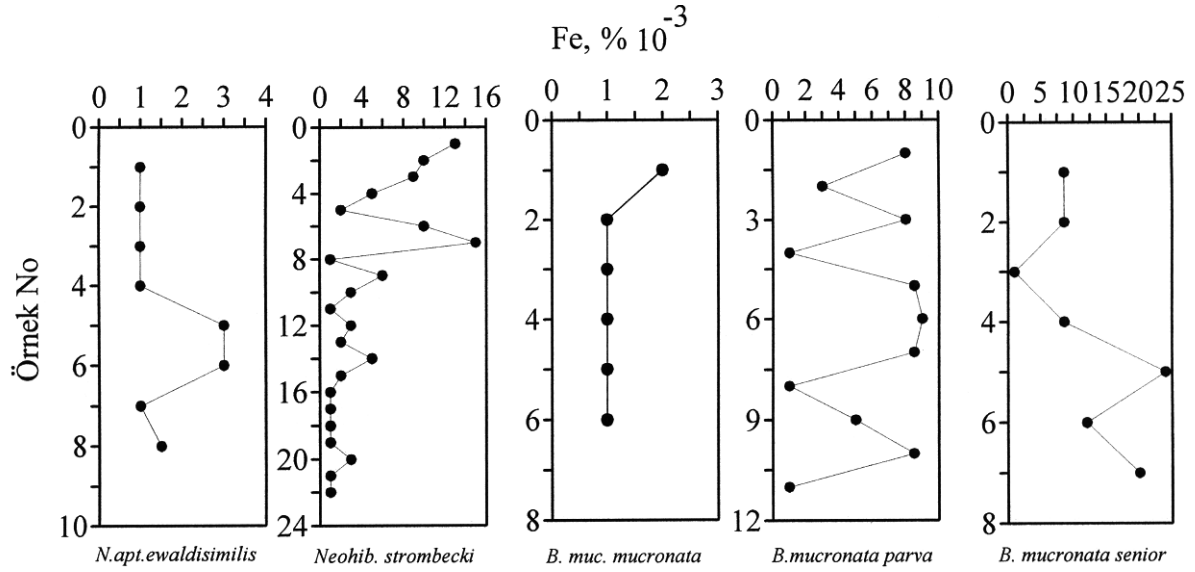
Ayrıca, belemnit bireyleri için Mn, Fe ve Cu elementlerin ortalama değerleri hesaplanmıştır (bkz. Çizelge 2). *Neohibolites aptiensis ewaldi-*



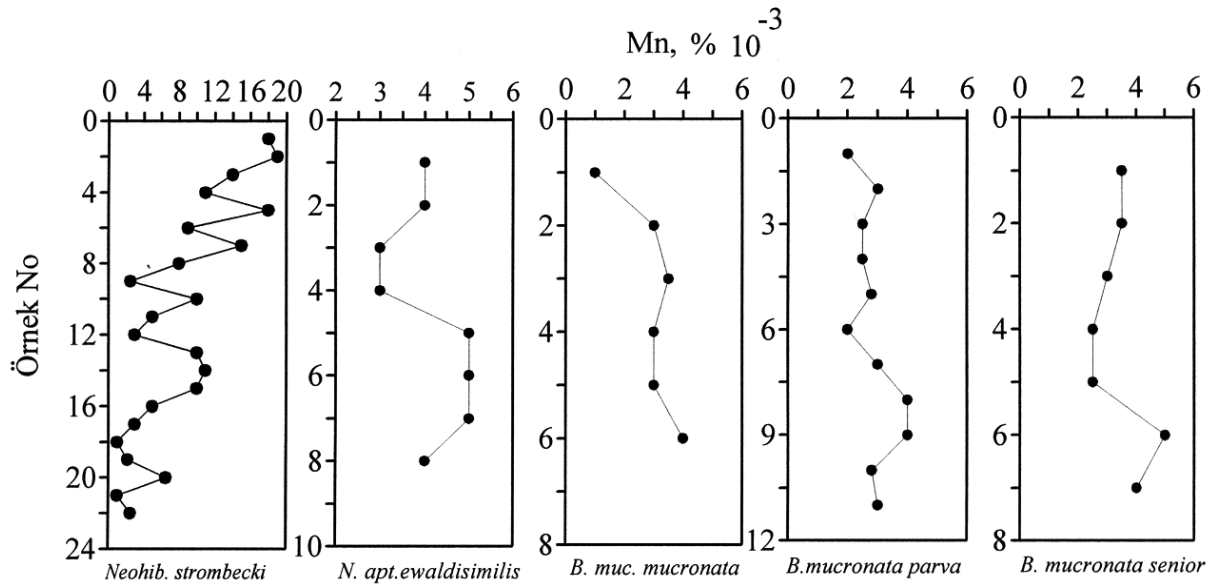
Şekil 2. Farklı belemnit bireylerinde Cu elementinin dağılımı.
Figure 2. Distribution of Cu element in different individuals of belemnites.

similis (S t o l l.) alt türün mevsimsel tabakaları % 0.15 Mg, % 0.00041 Mn, % 0.0015 Fe, % 0.00039 Cu ve % 0.194 Sr içermektedir. Bu cinsin diğer türü *Neohibolites strombecki* (M ü l l.), ise % 0.127 Mg, % 0.0125 Mn, % 0.011 Fe, % 0.0048 Cu ve % 0.169 Sr içermektedir. *Belemnitella* cinsine ait olan belemnitler ise, farklı özellikler göstermektedirler. Örneğin, *Belemnitella mukronata mukronata* (S c h l.) % 0.246 Mg, % 0.0044 Mn, % 0.0012 Fe, % 0.000175Cu ve % 0.267 Sr içermektedirler. Aynı cinsi temsil eden *Belemnitella mukronata parva* N a i d. ise *Neohibolites*'lere göre Mn, Fe ve Cu elementlerinde daha düşük (sırasıyla % 0.0053; % 0.0056 ve % 0.00027) değerlere sahiptir. Magnezyumun ortalama değeri ise % 0.129'dur. Bu cinsin başka bir bireyi olan *Belemnitella mukronata senior* N o w. ise, % 0.12 Mg, % 0.0034 Mn, % 0.012 Fe, % 0.00023 Cu ve % 0.23 Sr içermektedir. Görüldüğü gibi, belemnit bireylerinin ontogenez gelişimi süresince bu metallerin ortalama bolluklarında da ilginç farklılıklar vardır.

Elementleri hesaplanmış aralık farkları yönünden karşıtık durumuna göre de Mg, Sr ve Mn,



Şekil 3. Farklı belemnit bireylerinde Fe elementinin dağılımı.
Figure 3. Distribution of Fe element in different individuals of belemnites.



Şekil 4. Farklı belemnit bireylerinde Mn elementinin dağılımı.
Figure 4. Distribution of Mn element in different individuals of belemnites.

Fe, Cu şeklinde iki gruba ayırmak mümkündür (Çizelge 3). Çeşitli cinslere bağlı olmaksızın Mg ve Sr dağılımındaki zayıf kontrast (karşıtlık) her iki elemente özgüdür ve aynı zamanda her iki cinse göre Mg'un karşıtlık değeri 0.03'tür. Sr'un karşıtlık değeri *Neohibolites*'ler için yine 0.03, Belemnitella'lara göre ise 0.02'dir. Yalnızca *Belemnitella mucronata senior* N o w. bireyinde Sr'un kontrastı 0.08'dir. Bu elementlerin dağılımları arasında gözlenen bu yakınlık, doğrudan herhangi bir biyolojik ilişkinin kanıtı olmasa bile,

kavkının oluşumunda katkıda bulunmasına olanak sağlamaktadır.

Mg ve Sr elementleri, Ca seviyesinde olmasa da, ona benzer şekilde kristal kafesinde ve kavkı yapıcı özelliği taşımaktadırlar. Bu metallerin bollukları da diğer metallere nazaran daha yüksektir. Ayrıca, Mg ve Sr organizmaların gelişme, büyüme ve üreme ortamına ilişkin sıcaklığın ve tuzluluğun gösterge elementleri oldukları için (düz orantılı olarak) de çok önemlidir (Berlin vd.,

Çizelge 3. Belemnitlerin mevsimsel tabakalarında elementlerin değişim aralığı, aralık farkı ve karşıtlık değerleri.
Table 3. The distribution range, difference between the minimum and maximum values (i.e. the range difference), and the contrast values of elements in the seasonal layers of belemnites.

Takson	Fe 10 ⁻³ (%)		Mn 10 ⁻³ (%)		Cu 10 ⁻³ (%)		Mg (%)		Sr (%)	
	Değişim aralığı	Aralık farkı	Değişim aralığı	Araralık farkı	Değişim aralığı	Aralık farkı	Değişim aralığı	Aralık farkı	Değişim aralığı	Aralık farkı
<i>N. aptiensis ewaldisimilis</i>	3-1	2	5-3	2	1.1-0.1	1	0.2-0.07	0.13	0.32-0.1	0.22
<i>N. strombecki</i>	90-1	89	40-1	39	0.75-0.1	0.65	0.2-0.096	0.10	0.33-0.08	0.25
<i>Bel. mucronata mucronata</i>	2-1	1	4-1	3	0.5-0.1	0.4	0.21-0.11	0.10	0.32-0.14	0.18
<i>Bel. mucronata parva</i>	9-1	8	4-2	2	1.1-0.1	1	0.16-0.08	0.08	0.4-0.2	0.2
<i>Bel. mucron. senior</i>	20-8.5	11	5-2.5	2.5	0.3-0.1	0.2	19-0.08	0.11	0.30-0.18	0.12

Takson	Karşıtlık				
	Mn 10 ⁻³ (%)	(%)Cu 10 ⁻³ (%)	(%)Fe 10 ⁻³ (%)	Mg (%)	Sr (%)
<i>N. aptiensis ewaldisimilis</i>	37	0.35	87	0.03	0.03
<i>Neohibolites strombecki</i>					
<i>Bel. mucronata mucronata</i>					
<i>Bel. mucronata parva</i>	1	0.8	10	0.03	0.02
<i>Bel. mucronata senior</i>					

1970; Teys ve Naydin, 1973; Zolotaryov, 1975; Aliyev, 1984; Aliyev ve Büyüktoku, 1999; Ali-Zade vd., 2002). Bu elementlerin değişimleri hem biyolojik, hem de biyolojik olmayan unsurlara bağlıdır.

Diğer bir husus, omurgasızların kafeslerinde benzersiz biyolojik özellik sergileyen Fe, Mn ve Cu gibi ağır metallerin değerlerinin özgün bir şekilde değişmesine bağlıdır (Aliyev ve Sarı, 2002). Bunların yüzde değerleri 10⁻² ile 10⁻⁴ arasında değişmektedir (bkz. Çizelge 2). Genç belemnit türlerine ait kafeslerde Fe, Ti, Mn, Al ve Si içerikleri, boyutları büyük olan yaşlı belemnitlerdekine göre daha yüksektir. Genç türlerin ka-

fesleri bolluk oluşturan ağır metallerin dışında, çoğu miktarda hem organik madde, hem de bitüm bileşenleri bakımından da zengindirler. Bu kafesler çoğu kez Sr ve Ba yönünden de zengindirler. Sonuç olarak; daha genç belemnit kafeslerinde ağır metal ve organik maddece zengin içeriklerin bulunması, genç belemnitlerin sahile daha yakın zonlarda yaşadıklarını göstermektedirler.

Sahil zonu veya sığ deniz bölgelerinde delta ortamının her alanda potansiyeli ile derin zonların potansiyeli çok farklıdır. Sığ deniz alanları çözeltili ve asılı durumlardaki değişik parçacıkların yüksek konsantrasyonuna sahip olduklarından,

burada farklı yaşam ortamı vardır. Halka şekilli açık ve koyu renkteki mevsimsel tabakaların farklı miktarda metal-organik bileşime sahip olmasının da böyle bir yaşamsal ortamdan kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Belemnit kafesini oluşturan açık gri ve koyu renkli halkaya benzer tabakaların ise, mevsimsel ortam koşullarının değişimine bağlı olarak kafes yapıcı maddenin (karbonat, organik madde, kil vd. bileşenlerden ibaret) birikimi nedeniyle oluştuğu düşünülmektedir. Bu özellik ayrıca, belemnit kafeslerini oluşturan yaşamsal tabakalar üzerinde yapılan $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ analiz sonuçlarına göre de saptanmıştır (Stevens and Clayton, 1971). Dolayısıyla, nispeten kalın koyu renkli tabakalardan ibaret serilerin organizma tarafından yaz aylarında, daha sıcak mevsimde (adı geçen bileşenlerin verimliliği daha yüksek olduğu dönemlerde) oluşturulduğu görülmektedir. Elde edilen bu sonuçlar Kozlova vd. (1973) tarafından elde edilen sonuçlarla uyumludur.

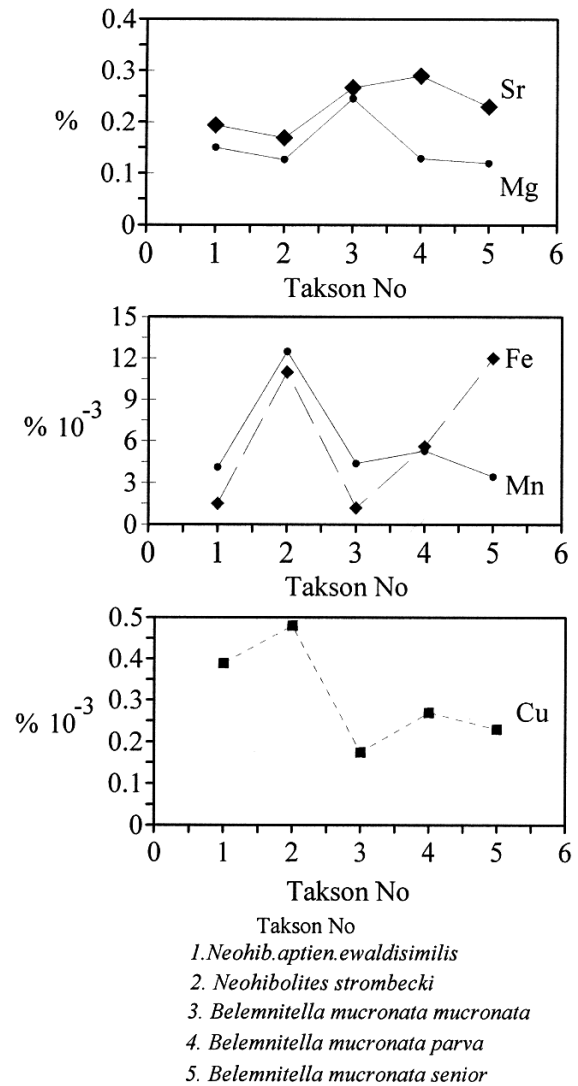
KİMYASAL ELEMENT-TAKSONOMİ İLİŞKİSİ

Son yıllarda yapılan çalışmalarda paleontolojide sistem ve filojetik yönden klasik morfolojik karşılaştırma yöntemlerinin yaygın olarak kullanılmasıyla beraber, yeni değişik yöntemler de kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan biyojeokimyasal, paleobiyojeokimyasal, izotopik ve mikroyapısal yöntemler söz konusudur. Bu yöntemlerde fosilleşmiş bitki ve hayvan kalıklarının kimyasal element, mineralojik, biyojeokimyasal bileşiminin ve mikroyapısal (dokubilim, ultrayapısal) özelliklerinin saptanmasına dayanmaktadır. Günümüzde doğal seçme ile saptanmış genetik mutasyon, yani evrimsel süreç meydana getiren özellik yalnızca dış morfolojide değil, aynı zamanda bir çok diğer mikro ve ultrayapısal seviyelerden başlayarak organizmaların eski kalıntılarının mineralojik ve element-kimyasal bileşenlerine yansımaktadır (Kolesnikov, 1974).

Bu nedenle, bu çalışmada Kretase belemnitlerinde Mg, Sr, Mn, Fe ve Cu elementlerin dağılımı esas alınarak belirtilen elementler ile taksonomi arasındaki ilişki de incelenmiştir. Bu elementler açısından taksonomik belirtiler daha dikkat çekicidir. Her bir taksona özgü olan element bileşimi seviyesi belli bir metabolizmaya bağlı olarak, uzun süreli evrimsel süreç sonucunda oluşmaktadır. Evrimsel süreçlerin değişik evrelerinde canlı maddenin maddi bileşimi değişik taksonomik özellik taşır. Diğer bir ifadeyle, farklı filojetik evrelerde oluşan yeni bireyler,

türler ve cinsler morfolojik olarak (iç ve dış yapısı açısından) farklılıklar içerdiği gibi, element bileşimi seviyesinde de, yani kimyasal bileşimlerinde de farklılıklar ortaya koymaktadırlar.

Adı geçen elementlerin her bir birey için ortalama ve karşıtlık (çeşitli cinslere özgü aralık farkına göre hesaplanmış değerler) değerleri tek tek incelendiğinde, fertler arasındaki farklılıklar somut olarak gözükmemektedir. Bu farklar değişik cinslere ait bireylerde aynı cinse ait bireylere oranla daha yüksektir (bkz. Çizelge 2, 3; Şekil 5). Bu bakımdan *Neohibolites* cinsine ait olan



Şekil 5. Farklı belemnit bireylerinde Sr, Mg, Fe, Mn ve Cu'nun ortalama olarak birikimi.
Figure 5. The average accumulation of Mg, Sr, Fe, Mn and Cu in different individuals of belemnites.

belemnitlerde Fe, Mn, Cu, Mg ve Sr aralık farklarına yönelik olarak hesaplanmış karşılık değerleri sırasıyla 87; 37; 0.35; 0.03 ve 0.03'dir. *Belemnitella* cinsine ait bireyler için bu değerler sırasıyla 10, 1, 0.8, 0.03 ve 0.02'dir. Elementlerin ortalama bolluklarına göre Erken Kretase yaşlı *Neohibolites* cinsi Mg'u % 0.14, Mn'i % 0.0083, Fe'i % 0.0062, Cu'ı % 0.00043 ve Sr'u % 0.181 dolayında içerirken, Geç Kretase yaşlı *Belemnitella* cinsi ise Mg'u % 0.165, Mn'i % 0.0044, Fe'i % 0.0063, Cu'ı % 0.00022 ve Sr'u % 0.26 miktarında içermektedir (Şekil 5). Böylece, yukarıda adı geçen elementlerin değişik belemnit cinslerine ait türlerinin kafesleri içeren Mg, Sr, Mn, Fe ve Cu değerleri bir cins dahilindeki bireylerde az, değişik cinse ait belemnit kafeslerinde ise, daha farklı olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, değişik belemnit kafesleri bu metaller açısından daha farklı özellikler göstermektedirler.

SONUÇLAR

Bu çalışmada; belemnitlerin ontojenezine yönelik olarak yapılan biyojeokimyasal incelemeler sonucunda değişik cins ve filojetik birimlere özgü olan morfolojik, biyolojik ve mikrodokusal farklılıkların Mg, Mn, Fe, Cu ve Sr element miktarlarında da varlığı belirlenmiştir. Bu elementlerin değerlerindeki fark aynı cinsin türleri arasında düşük, değişik cinslere ait olan türler arasında ise daha yüksektir. Diğer bir ifadeyle, her bir taksonomi, çeşitli morfolojik (dış ve iç) özelliğe sahip olduğu gibi, farklı kimyasal bileşime de sahiptir. Bu tür incelemelerin paleontolojide ayrı- ayrı grupların (cins, aile, takım vd.) taksonomik açıdan farklılıklarının belirlenmesinde ayrıca önemli katkı sağlayacağı ortaya çıkmaktadır.

Tabakaların çeşitli renklerde olması, mevsimsel koşulların değişimine bağlıdır. Sıcak ortamda bileşenlerin kütlesi yüksek ve bileşimi de kış aylarındakine nazaran daha farklı olmaktadır. Tabakaların koyu renkli olmaları, ortamın genellikle organik madde ve kil içeriğiyle ilgilidir. Kış aylarında oluşan tabakalar açık ve şeffaf, sıcak aylarda ise tabakalar koyu renge sahiptirler. Koyu tabakalar Fe, Mn ve Al metallerince daha zengindirler. Koyu ve açık renkli tabakaların zamansal olarak sıralanması, aynı zamanda, belemnitlerin yaşının tayininde de kullanılabilir.

Belemnitlerin kafeslerini içeren tabakalarının sayısı havzanın paleocoğrafik koşullarının sü-

rekli olarak değişimine ve şiddetine bağlıdır. Ayrıca, burada belemnitlerin taksonomik özellikleri ve buna bağlı olarak da kafeslerinin çapları etken faktörlerden birisidir.

KAYNAKLAR

- Ali-Zade, A.A., Aliyev, S.A. ve Sarı, A., 2002. Belemnit kafeslerinin mineralojik bileşiminin ayrıntılı öğrenilmesi. *Yerbilimleri*, 1, 48-60.
- Aliyev, S.A., 1982. Belemnitlerin filoenez gelişimine yönelik kimyasal element bileşiminin değişimi. *Azerbaycan Devlet Üniversitesi, Paleobiyojeokimyanın Sorunları Dergisi*, 1, 13-20.
- Aliyev, S.A., 1984. Azerbaycanın Kretase belemnitlerinin ontojenezinde Sr/Mg oranı. *Azerbaycan Bilimler Akademisi, Yerbilimleri, Jeoloji serisi*, 5, 205-212.
- Aliyev, S.A., 1994. Kretase belemnitlerinin bireysel olarak kafeslerindeki Sr/Mg oranının değişimi. *Azerbaycan İlimi-Tekniki İnfomasyon Enstitüsü Dergisi*, 2, 90-102.
- Aliyev, S.A. ve Büyükkutku, A., 1999. Doğu Azerbaycan'ın Ponsiyen havzalarının fasiyes özelliklerinin biyojeokimyasal kriterleri. *MTA Dergisi*, 121, 175-183.
- Aliyev, S.A. ve Sarı, A., 2002. Holosen mollusklarında iz element birikimi (GB Marmara). *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1, 153-162.
- Berlin, T.S. ve Habakov, A.V., 1970. Jura ve Erken Tebaşir belemnit kafeslerinin mineralojik bileşimi. *Geokhimiya Dergisi*, 12, 1511-1519.
- Fabriçius, F., Friedrichsen, H., und Jacobshagen, V., 1970. Palaotemperaturen und palaoklima in Ober Trias und Lias der Alpen. *Geologie Rundschau*, 59, 805-826.
- Kabanov, G.K., 1967. Belemnit kafesleri. *SSRİ, Paleontologiya Dergisi*, 114, 114-123 (Rusça).
- Kolesnikov, Ç.M., 1974. Paleontolojide paleobiyojeokimyasal ve mikroyapısal incelemeler. *Nauka Yayınevi, Moskova*, 158 s (Rusça).
- Kozlova, L.Y., Kiprikova, Y.L., Naydin, D.P. ve Saks, V.N., 1973. Belemnit kafeslerinde halka şeklindeki tabakaların tabiati hakkında. *Geologiya ve Geofizika Dergisi*, 9, 38-49 (Rusça).
- Maklin, V.Z., 1971. Belemnitlerin incelenme yöntemleri. *Geologiya ve Geofizika*, 6, 292-303 (Rusça).
- Naydin, D.P., 1969. Geç Kretase Belemnitlerinin Morfolojisi ve Paleobiolojisi. *Moskova Devlet Üniversitesi Yayınevi, Moskova* (Rusça).
- Saks, V.N. ve Nalnyayeva, T.İ., 1964. Kuzey SSRİ Geç Jura ve Erken Kretase belemnitleri. *Nauka Yayınevi, Moskova* (Rusça).

- Saks, V.N., Anikina, G.A., Kiprikova, E.L. ve Polyakova, İ. D., 1972. Belemnit rosumlarında Mg ve Sr eski deniz havzaları sularının sıcaklık göstergesidir. *Geologiya ve Geofizika Dergisi*, 12, 103-110 (Rusça).
- Stevens, G.R., and Clayton, R.N., 1971. Oxygen isotope studies on Jurassic and their biogeographic significance. *Journal of Geology and Geophysics*, 4, 151-169.

- Teys, R.V. ve Naydin, D.P., 1973. Organojen Karbonatlarda Oksijenin İzotopik Bileşimi ve Paleotermometriya. *Nauka Yayınevi, Moskova* (Rusça).
- Zolotaryov, V.N., 1975. Mollusk kavkılarının yapısı ve paleosıcaklık analizi. *Deniz Biyolojisi Enstitüsü Dergisi*, 4, 114-140 (Rusça).

LEVHA 1 / PLATE 1

Çeşitli birey kafeslerinin enine kesiti boyunca gözükten mevsimsel tabakalar.

Seasonal laminations observed with the skeletons of different individuals.

a. *Neohibolites aptiensis ewaldsimilis* (Stoll.).

b. *Neohibolites strombecki* (Müll.).

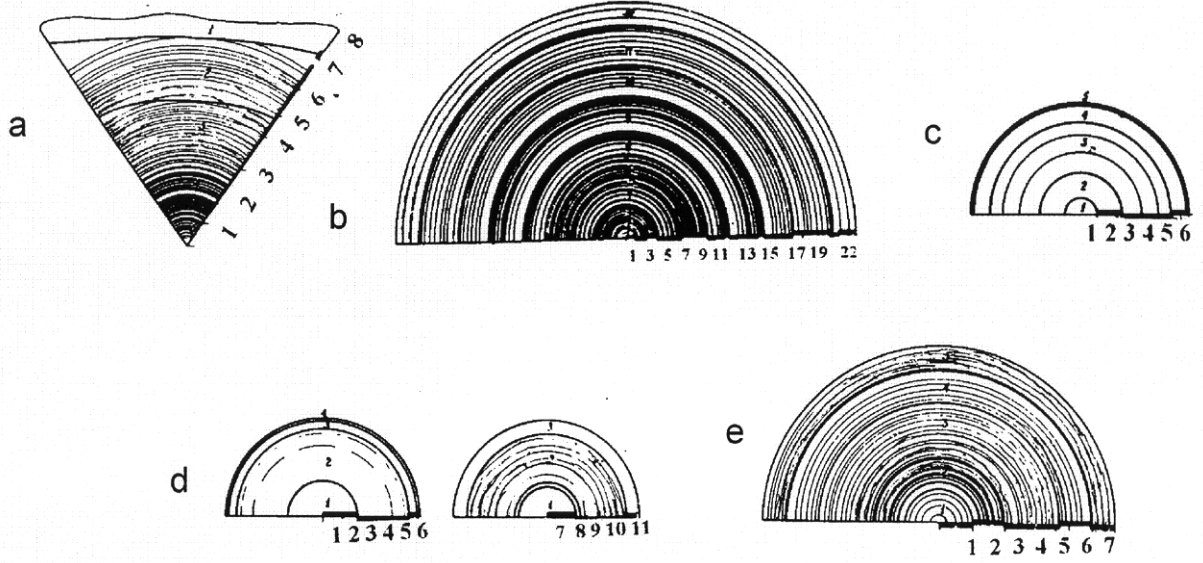
c. *Belemnitella mucronata mucronata* (Schl).

d. *Belemnitella mucronata parva* Naid.

e. *Belemnitella mucronata senior* Now.

Rakamlar örnek alınan mevsimsel tabakaları ifade etmektedir. (*The numbers indicate the seasonal layers from which the samples were taken*).

LEVHA 1/ PLATE 1



LEVHA 2 / PLATE 2

Belemnites'in onarılmış görüntüsü ve kafesi.

The restored view and skeleton of belemnites.

- A. Onarılmış (restorason olunmuş) görüntüsü (*The restored view*).
 - B. Belemnit kafesi veya rostrumu (*The skeleton and rostrum for belemnites*).
 - C. Belemnites'in uzunlamasına kesiti (*Longitudinal section for belemnites*).
- A:
- a. Rostrum veya kafesi (*Rostrum or sekeleton*).
 - b. Alveola (*alveola*).
 - c. Kafası (*head*).
 - d. Phragmocon (*Phragmocon*).
 - e. Duyarga (*antenna*).
 - f. Gözü (*eye*).
 - g. Proostracum (*Proostracum*).

LEVHA 2 / PLATE 2

