Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi
14(3), 794-802, 2026
e-ISSN: 1308-6693

Journal of Engineering Sciences and Design
DOI: 10.21923/jesd.1997747

Araştırma Makalesi

Research Article

# MANAVGAT ALT HAVZASI (ANTALYA HAVZASI, GB TÜRKİYE) GEÇ ORTA PLEYİSTOSEN ÇÖKELLERİNDE *GLOBIGERINELLA CALIDA* (PARKER, 1962): TAKSONOMİ, MORFOLOJİ VE PALEOEKOLOJİK DEĞERLENDİRME

**Süheyla KANBUR**[1*]

[1] Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

**Anahtar Kelimeler**

*Globigerinella calida, Manavgat Alt Havzası, Geç Orta Pleyistosen, Apertural Morfoloji, Boyut Küçülmesi.*

**Öz**

Bu çalışma, Manavgat Alt Havzası'ndaki (Antalya Havzası) MNV kompozit kesitinden elde edilen *Globigerinella calida* (Parker, 1962) bireylerinin taksonomik ve morfolojik özelliklerini incelemektedir. Geç Orta Pleyistosen yaşlı ve yelpaze-delta önü ortamında çökelmiş sedimentlerden, 46 örneğin 14'ünde tespit edilen tür, radyal uzamış son loca, son turda beş loca, belirgin loblu periferi, ve dar dudaklı apertür gibi diyagnostik erişkin özelliklerinin tamamını taşımaktadır. Ancak incelenen tüm seviyelerde, apertürün ombilikten çevreye doğru uzamakla birlikte literatürde tanımlanan nihai ombilikal-ekstraombilikal konuma ulaşmadığı ve bireylerin literatür referanslarına kıyasla belirgin şekilde küçük boyutlu olduğu (en büyük birey dahi 200 µm) gözlenmiştir. Bu özelliklerin popülasyon genelinde tutarlı olması, izole bir tafonomik etkiden çok, bölgesel oligotrofi, dinamik yelpaze-delta ortam koşulları (ilerleyen-gerileyen-ilerleyen) ve Orta Pleyistosen buzul-buzularası döngülerin getirdiği sıcaklık ve tuzluluk dalgalanmaları ile birlikte oluşan çok faktörlü bir çevresel stres rejimine işaret etmektedir. Çalışma, *G. calida*'nın Doğu Akdeniz'deki morfolojik değişkenliğine dair yeni bir bölgesel kayıt sunmakta ve gelecekteki ekofenotipik araştırmalar için bir temel oluşturmaktadır.

# TAXONOMY, MORPHOLOGY, AND PALEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF *GLOBIGERINELLA CALIDA* (PARKER, 1962) FROM THE LATE MIDDLE PLEISTOCENE OF THE MANAVGAT SUB-BASIN (ANTALYA BASIN, SW TÜRKİYE)

**Keywords**

*Globigerinella calida, Manavgat Sub-basin, Late Middle Pleistocene, Apertural Morphology, Size Reduction.*

**Abstract**

This study investigates the taxonomic and morphological characteristics of *Globigerinella calida* (Parker, 1962) individuals recovered from the MNV composite section, Manavgat Sub-basin (Antalya Basin). Recorded in 14 out of 46 samples from the late Middle Pleistocene, fan-delta front succession, the species displays all diagnostic adult features, including radial elongation of the ultimate chamber, five chambers in the final whorl, a distinctly lobulate periphery and a narrow-lipped aperture. However, across all studied levels, the aperture extends from the umbilicus toward the periphery without reaching the final umbilical-extraumbilical position described in the literature, and individuals are markedly smaller than literature reference specimens, with even the largest specimen measuring only 200 µm. The consistency of these features throughout the population suggests a multifactorial environmental stress regime, combining regional oligotrophy, dynamic fan-delta depositional conditions, and Middle Pleistocene glacial-interglacial climatic fluctuations, rather than an isolated taphonomic effect. This study provides a new regional record of morphological variability in *G. calida* from the Eastern Mediterranean and establishes a basis for future ecophenotypic research.

**Alıntı / Cite**

Kanbur, S., (2026). Manavgat Alt Havzası (Antalya Havzası, GB Türkiye) Geç Orta Pleyistosen Çökellerinde *Globigerinella calida* (Parker, 1962): Taksonomi, Morfoloji ve Paleoekolojik Değerlendirme, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 14(3), 794-802

| Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number) |
|---|
| S. Kanbur, 0000-0002-5208-4379 |

| Makale Süreci / Article Process | |
|---|---|
| **Başvuru Tarihi / Submission Date** | 17.07.2026 |
| **Revizyon Tarihi / Revision Date** | 04.08.2026 |
| **Kabul Tarihi / Accepted Date** | 06.08.2026 |
| **Yayım Tarihi / Published Date** | 25.09.2026 |

[*] İlgili yazar / Corresponding author: suheylakanbur@sdu.edu.tr

# TAXONOMY, MORPHOLOGY, AND PALEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF *GLOBIGERINELLA CALIDA* (PARKER, 1962) FROM THE LATE MIDDLE PLEISTOCENE OF THE MANAVGAT SUB-BASIN (ANTALYA BASIN, SW TÜRKİYE)

Süheyla Kanbur[1†]
[1] Süleyman Demirel University, Engineering and Natural Sciences Faculty, Department of Geological Engineering, Isparta, Türkiye

**Highlights**

- *Globigerinella calida* documented from the late Middle Pleistocene MNV section, Antalya Basin.
- All individuals show adult diagnostic features but an incomplete apertural development.
- Specimens are markedly smaller than literature reference measurements
- Multifactorial environmental stress is proposed to explain the observed morphotype.

**Purpose and Scope**

This study aims to provide a detailed taxonomic and morphological characterization of individuals of species *Globigerinella calida* recovered from the late Middle Pleistocene MNV composite section (Manavgat Sub-basin, Antalya Basin, SW Türkiye). The study also aims to discuss the possible morphological and ecophenotypic significance of a recurrent, non-typical morphotype observed throughout the section.

**Design/methodology/approach**

Forty-six marl samples from the MNV composite section were wet-sieved using a 63 μm mesh. *G. calida* specimens were identified based on the original description of Parker (1962) and subsequent emendations (Kennett and Srinivasan, 1983; Weiner et al., 2015; Schiebel and Hemleben, 2017), before being imaged using scanning electron microscopy. Morphological features (chamber number, periphery outline, aperture position, shell dimensions) were systematically compared with descriptions and measurements in the literature

**Findings**

*G. calida* was identified in 14 of 46 samples, which were distributed throughout the MNV4, MNV1, and MNV2 sub-sections. All examined individuals displayed the full set of diagnostic adult characters of the species. However, at every studied level, the aperture consistently failed to reach the final umbilical-extraumbilical position described for typical adults, instead remaining in an intermediate position close to, but not crossing onto, the periphery. The individuals were also consistently smaller than literature reference specimens, with the largest measured individual (~200 μm height) falling below the reported minimum shell height range for the species (226–675 μm; Weiner et al., 2015). This size-reduction trend was also observed in the wider planktonic foraminiferal assemblage of the section and in the nearby Kargı section (Aksu Basin), suggesting a community-wide rather than species-specific pattern.

**Research limitations/implications**

The relationship between the observed apertural morphotype and reproductive maturity (secondary/gametogenic calcification) could not be evaluated in this study. However, future work involving comparative size-frequency analysis, high-resolution SEM assessment of secondary calcification, and genetic/molecular data would help clarify whether the observed morphotype reflects intraspecific variation or an ecophenotypic response.

**Originality**

This study provides the first detailed morphological documentation of *G. calida* from the Manavgat Sub-basin, contributing a new regional record to our understanding of morphological variability of the *G. calida/G. siphonifera* plexus in the Eastern Mediterranean.

† Corresponding author: suheylakanbur@sdu.edu.tr

## 1. Giriş (Introduction)

Planktonik foraminiferler, deniz suyu sütununda yaşayan, kalsit kavkılı tek hücreli protistler olup, kısa yaşam döngüleri, hassas ekolojik tercihleri ve geniş coğrafi dağılımları nedeniyle Neojen-Kuvaterner çökellerinin biyostratigrafik yaşlandırılmasında ve paleooşinografik/paleoekolojik yeniden yapılandırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Bé ve Tolderlund, 1971; Bé, 1977; Kennett ve Srinivasan, 1983; Hemleben, Spindler ve Anderson, 1989; Kucera, 2007; Aze vd., 2011; Schiebel ve Hemleben, 2017).

*Globigerinella* Cushman, 1927 cinsi; erken evrede düşük trokospiral, ergin evrede ise neredeyse planispiral sarılıma geçen, küresel ile ovate arası odacıklara, ombilikal-ekstraombilikal apertüre ve ince dikenli bir kabuk yüzeyine sahip planktonik foraminiferleri kapsamaktadır. Cinse ait güncel morfotürler arasında *Globigerinella siphonifera* (d'Orbigny, 1839), *Globigerinella calida* (Parker, 1962) ve *Globigerinella adamsi* (Banner ve Blow, 1959) yer almakta olup, Weiner vd. (2015) *Globigerinella radians* (Egger, 1893)'ı da cinsin ayrı bir güncel üyesi olarak değerlendirmiştir.

*G. calida*, Parker (1962) tarafından, düşük sarılımlı, belirgin loblu periferiye sahip, son turda hızla büyüyen ve radyal olarak uzayan 4-5 odacıklı bir tür olarak tanımlanmış; apertürün ontogenez boyunca ombilikal konumdan başlayıp çevreye (periphery) doğru uzayarak, bazı erişkin bireylerde periferik düzlemde yüksek kavisli, dar dudaklı (lip) bir ombilikal-ekstraombilikal konuma ulaştığı belirtilmiştir. Bu tanım, Kennett ve Srinivasan (1983) tarafından filogenetik atlaslarında aktarılmış; Weiner vd. (2015) genetik ve morfometrik verilerle türün *G. siphonifera* ile olan yakın ilişkisini ve tür-kompleksi içindeki taksonomik belirsizlikleri tartışmış; Schiebel ve Hemleben (2017) ise türün ontogenetik gelişimini detaylandırmıştır.

Bu çalışmanın materyalini oluşturan MNV kompozit kesiti (Manavgat Alt Havzası, Antalya Havzası; Şekil 1), Sarı vd., (2026) tarafından tanımlanmış ve kalkerli nannofosil biyostratigrafisine (Di Stefano vd., 2023 zonasyonu) dayanılarak geç Orta Pleyistosen (Chibaniyen) yaşı verilmiştir. Bu yaş modeli, planktonik foraminifer verileriyle de desteklenmektedir: Sarı vd., (2026), kesitte *Globigerinoides ruber* (pembe)'nin ~0,47 Ma'dan günümüze (Numberger vd., 2009) ve *G. calida*'nın ~0,53 Ma'dan günümüze (Lirer vd., 2019) uzanan stratigrafik aralıklara sahip olduğunu belirtmiş; bu iki türün varlığının, nannofosil verileriyle uyumlu şekilde kesite geç Orta Pleyistosen yaşını işaret ettiğini vurgulamıştır. Aynı çalışmada *G. calida*'nın MNV kesiti boyunca nispeten sık (frequently) bulunduğu bildirilmiştir. Mevcut çalışma, söz konusu kesitten elde edilen *G. calida* bireylerinin ayrıntılı morfolojik incelemesine odaklanmakta olup, Sarı vd., (2026)'nın sunduğu stratigrafik ve paleoortamsal çerçeveden yararlanılmıştır.

Örnekleme ve laboratuvar hazırlığında, 63 µm'lik elek kullanılmıştır. Örneklerin elemesinde 63µm'lik elek tercih edilmesi, Doğu Akdeniz'in ultra-oligotrofik karakteri nedeniyle bölgede küçük boyutlu foraminiferlerin yaygın olduğunu ve yalnızca >125 µm fraksiyonla çalışmanın önemli veri kaybına yol açabileceğini gösteren Kanbur (2025)'un komşu Aksu Havzası (Kargı kesiti) bulgularıyla da desteklenmektedir.

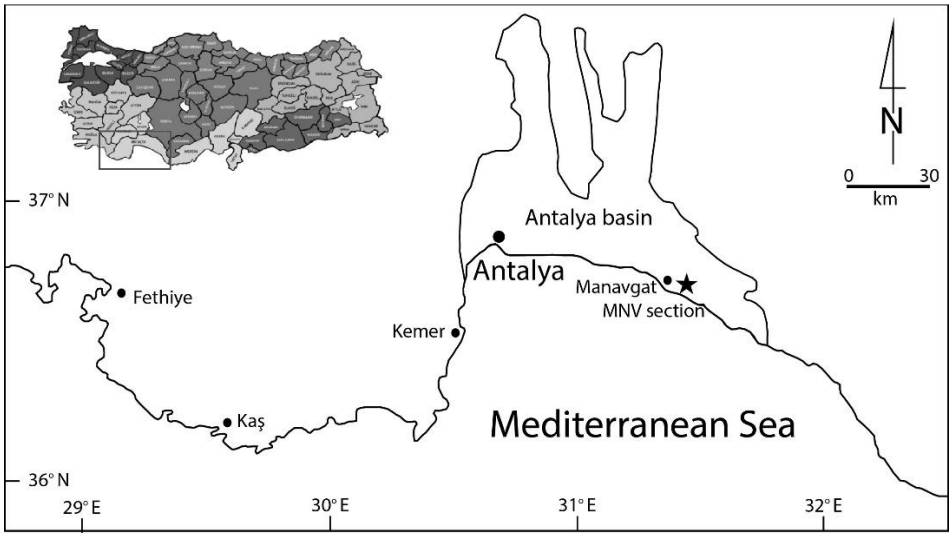
Bu çalışmada tanımlanan *G. calida* bireyleri, türün diyagnostik erişkin özelliklerinin (son odacıkta radyal uzama, 5 odacıklı son tur, belirgin loblu periferi, dar dudaklı apertür) tamamını taşımaktadır. Ancak popülasyonda baskın olan morfotipte apertür, ombilikten çevreye doğru belirgin şekilde uzamakla birlikte, literatürde tanımlanan nihai ombilikal-ekstraombilikal konuma (periferik düzlemde tam kavisli son evre) ulaşmamakta; periferiye yakın ancak ombilikal tarafta kalan bir ara/geçiş konumunda sonlanmaktadır. Bu özellik, incelenen 14 seviyenin tamamında tutarlı şekilde gözlenmiştir. Çalışmanın amacı, bu baskın morfotipin ayrıntılı tanımını literatürdeki klasik tanımlarla karşılaştırmalı olarak sunmak ve olası morfolojik/ekofenotipik anlamını tartışmaktır.

## 2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

*Globigerinella calida*, ilk kez Parker (1962) tarafından Güney Pasifik yüzey sedimanlarından (14°44′ G, 112°06′ B) tanımlanmış olup; holotipi USNM no. 638685 olarak kayıtlıdır. Orijinal tanıma göre tür; düşük sarılımlı, yuvarlak ve belirgin loblu periferiye sahip trokoid (trochoid) formda bir kavkıya sahiptir. Odacıklar hızla büyür; erken odacıklar küresel, geç odacıklar ise radyal olarak uzamıştır. İlk turda 5, son turda 4-5 odacık bulunur; erişkin kavkıda toplam odacık sayısı 15'e kadar çıkabilir. Süturlar belirgin, çökük ve her iki yüzde de radyaldir. Duvar kalkerli, radyal, gözenekli ve hispiddir; canlı bireylerde ince uzun dikenler bulunur. Apertür başlangıçta ombilikal ve yarım daire şeklindeyken, bazı erişkin bireylerde ombilikal-ekstraombilikale dönüşür ve periferik düzlemde yüksek kavisli, dar dudaklı bir forma ulaşır (Parker, 1962).

Kennett ve Srinivasan (1983), bu tanımı filogenetik atlaslarına aktarmış ve türü *Globigerinella* cinsi içinde, *G. siphonifera*'nın Erken Pliyosen'de meydana gelen bir türevi olarak yorumlamıştır. Yazarlar, *G. calida*'yı *G.*

*siphonifera*'dan daha az involüt bir kavkı, düşük trokospiral (low trochospiral) bir sarılıma ve daha loblu bir dış hat ile ayırt etmiştir.




**Şekil 1.** Çalışma alanının yer bulduru haritası; Antalya Havzası, Manavgat Alt Havzası ve MNV kompozit kesitinin konumu gösterilmektedir (Sarı vd., 2026'dan modifiye edilmiştir). (Location map of the study area, showing the Antalya Basin, the Manavgat Sub-basin, and the position of the MNV composite section; modified from Sarı et al., 2026.)

Weiner vd. (2015), genetik (moleküler filogenetik) ve morfometrik verileri bir araya getirerek *Globigerinella* cinsi içindeki tür sınırlarını yeniden değerlendirmiştir. Bu çalışma, *G. calida* ve *G. siphonifera*'nın morfolojik olarak örtüşen ama genetik olarak ayrılabilen karmaşık bir tür kompleksi oluşturduğunu göstermiştir. Yazarlara göre, testin planispirallikten sapma derecesi ve apertürün konumu (özellikle lateral görünümde), iki tür arasındaki en güvenilir ayırt edici karakterlerdir; *G. calida* morfolojisi, Parker (1962)'in orijinal tanımına uygun şekilde daha yüksek trokospirallik sapma gösteren genetik Tip IIIb/IIIc bireyleriyle ilişkilendirilmiştir. Weiner vd. (2015), değiştirilmiş (emended) tanımlarında son turda tipik olarak beş odacık bulunduğunu, apertürün interiomarginal konumda olup spiral taraftan görülemediğini vurgulamıştır.

Schiebel ve Hemleben (2017), *G. calida*'nın ontogenetik gelişimini ayrıntılandırmıştır. Buna göre erken evrede küresel olan odacıklar, geç ontogenide (özellikle son ve sondan bir önceki odacıklarda) ovate bir şekil almaktadır; erken erişkin evrede son turda ortalama 4,5 odacık bulunurken, geç ontojenik evrelerde bu sayı 4,5-6 arasına çıkabilmektedir. Apertür, gelişim boyunca ombilikalden ekstraombilikale doğru genişleyen bir konum sergilemekte; yaşam döngüsünün sonunda ise odacıkların önceki turdan ayrılabildiği (detachment) belirtilmektedir.

*G. calida*'nın tanımlanmasındaki en önemli güçlük, morfolojik olarak yakın akrabası *G. siphonifera* ile olan benzerliğidir. Mikrotax veritabanına göre (Kennett ve Srinivasan, 1983'e dayanarak), *G. siphonifera* nerdeyse tam planispiral bir erişkin test, 5-6 odacıklı bir son tur ve dudaksız, geniş, simetrik ekvatoral bir apertüre sahiptir. Bu apertür periferde konumlanır ve hem ombilikal hem de spiral görünümden eşit şekilde görülebilir. Buna karşılık *G. calida*'da apertür her zaman interiomarginal kalır, yani spiral taraftan görünmez (Weiner vd., 2015). Schiebel ve Hemleben (2017) de bu iki türün test ve diken mimarisinin ontogeni boyunca büyük ölçüde örtüştüğünü, özellikle pre-adult ve erken erişkin evrelerde ışık mikroskobu altında neredeyse ayırt edilemez olduklarını belirtmiştir. Bu nedenle, tür teşhisinde apertürün kesin konumu ve simetrisi kritik bir rol oynamaktadır.

## 3. Materyal ve Metot (Material and Method)

### 3.1. Çalışma Alanı ve Örnekleme (Study Area and Sampling)

Çalışma materyalini, Antalya Havzası'nın Manavgat Alt Havzası'nda yer alan MNV kompozit kesitinden elde edilen örnekler oluşturmaktadır (Şekil 1). Kesit, birbirini stratigrafik olarak takip eden üç ölçülü kesitin (MNV4, MNV1 ve MNV2) birleştirilmesiyle oluşturulmuş bir kompozit istif olup, toplam kalınlığı yaklaşık 100 m'dir. MNV4 kesiti deniz seviyesinden ~50 m yükseklikte olup, MNV1 ve MNV2 kesitleri ise MNV4'ün üzerinde stratigrafik olarak yer almaktadır (Sarı vd., 2026). Mikropaleontolojik analizler için kompozit kesit boyunca marn seviyelerinden sistematik olarak toplam 46 örnek alınmıştır (25 MNV4, 9 MNV1, 12 MNV2; Sarı vd., 2026).

### 3.2. Laboratuvar Hazırlığı ve Foraminifer Analizi (Laboratory Preparation and Foraminiferal Analysis)

Tüm örnekler, önceden herhangi bir asit muamelesi uygulanmaksızın, tazyikli su kullanılarak 63 µm'lik elekten yıkanmış ve yıkama sonrası oda sıcaklığında kurutulmuştur. Örnek hazırlığı Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) Jeoloji Mühendisliği Bölümünde, tür teşhisleri Leica M205C Stereo Mikroskop altında ve seçilen bireylerin fotoğraflanması SDÜ Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında FEI Quanta FEG 250 taramalı elektron mikroskobunda (SEM) gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Planktonik foraminifer topluluklarına dayalı biyostratigrafik yorumlar, Lirer vd., (2019) tarafından önerilen standart Akdeniz foraminifer biyozonasyonu ile karşılaştırılarak yapılmıştır (Sarı vd., 2026).

*Globigerinella calida* bireylerinin tür düzeyinde teşhisi, Parker (1962)'in orijinal tanımı ile Kennett ve Srinivasan (1983), Loeblich ve Tappan (1994), Weiner vd. (2015) ve Schiebel ve Hemleben (2017)'in emended ontogenetik tanımlamaları esas alınarak yapılmış; ayrıca mikrotax (www.mikrotax.org) ve WoRMS (www.marinespecies.org) gibi veritabanları karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır.

### 3.3. Sistematik Paleontoloji (Systematic Paleontology)

**Şube (Phylum)** Foraminifera d'Orbigny, 1826

**Takım (Order)** Rotaliida Lankester, 1885

**Aile (Family)** Globigerinidae Carpenter, Parker ve Jones, 1862

**Cins (Genus)** *Globigerinella* Cushman, 1927

**Tür (Species)** *Globigerinella calida* (Parker, 1962)

**Sinonimi:**
*Globigerina calida* Parker, 1962, s. 221, levha 1 (Şekil 9-13, 15)
*Globigerinella calida praecalida* Blow, 1969, s. 380, levha 13 (Şekil 7,8); s. 381 levha 14 (Şekil 3)

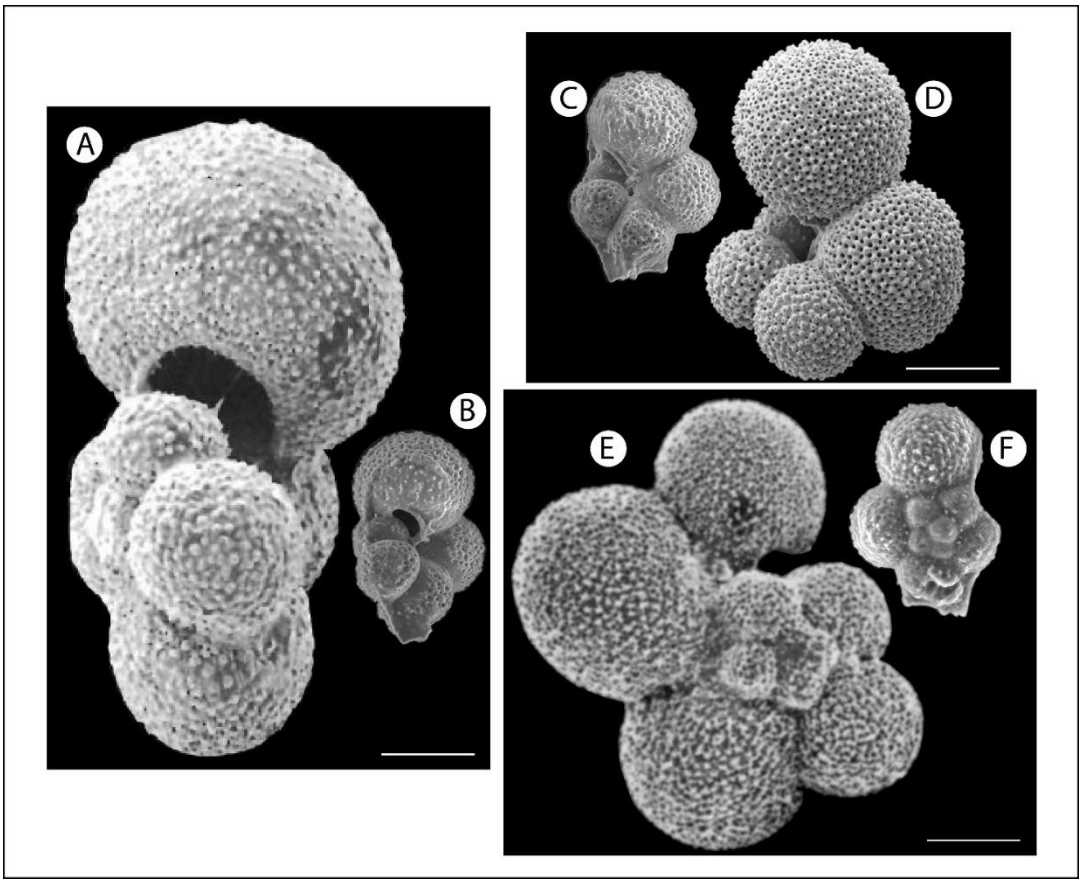
**Tip örnek:** Holotip, USNM no. 638685 (Parker, 1962).

**Tip lokalitesi:** Orta-Güney Pasifik Okyanusu yüzey sedimanları (14°44′ G, 112°06′ B; 3120 m su derinliği), Downwind BG 130 (Parker, 1962).

**Orijinal tanım (Parker, 1962, s. 221-222):** Kavkı düşük trokospiral ve yuvarlak, belirgin loblu bir periferiye sahiptir. Odacıklar hızla büyür; erken odacıklar küresel, geç odacıklar ise radyal olarak hafifçe uzamıştır. İlk turda 5, son turda 4-5 odacık bulunur; erişkin testte toplam odacık sayısı 15'e ulaşabilir. Suturlar belirgin, çökük, her iki yüzde de radyaldir. Duvar kalkerli, radyal, gözenekli ve hispiddir. Apertür başlangıçta ombilikal ve yarım daire şeklindeyken, bazı erişkin bireylerde ombilikal-ekstraombilikale dönüşerek periferik düzlemde yüksek kavisli, dar dudaklı bir forma ulaşır.

**Emended tanım (Weiner vd., 2015):** Hafif trokospiral sarılımlı, evolut bir test; son turda tipik olarak beş odacık bulunur. Son tur, yuvarlak uçlu, radyal olarak uzamış odacıklarla karakterizedir. Apertür interiomarginal konumdadır ve spiral görünümden görülemez.

**İncelenen materyal:** MNV kompozit kesitinin 14 seviyesinden (MNV4-1, MNV4-6, MNV4-8, MNV4-10, MNV4-11, MNV 4-15, MNV4-19, MNV4-21, MNV4-22, MNV4-23; MNV1-3, MNV1-12; MNV2-4, MNV2-11) elde edilen bireyler.
**Manavgat kesiti bireylerinin tanımı:** İncelenen bireyler, son turda beş odacık, belirgin loblu periferi, son odacıkta radyal uzama ve dar dudaklı bir apertür ile türün diyagnostik erişkin özelliklerini taşımaktadır (Şekil 2, B-C-F). Ancak apertür, ombilikten çevreye doğru belirgin şekilde uzamakla birlikte, Parker (1962)'in tanımladığı nihai ombilikal-ekstraombilikal konuma (periferik düzlemde tam kavisli son evre) ulaşmamaktadır; periferiye yakın ancak ombilikal tarafta kalan bir ara konumda sonlanmaktadır. Bu özellik incelenen tüm seviyelerde tutarlı şekilde gözlenmiştir. Ayrıca bireylerin boyutu, Loeblich ve Tappan (1994), Weiner vd. (2015) ve Kennett ve Srinivasan (1983)'te resimlenen referans bireylere kıyasla belirgin şekilde küçüktür (Şekil 2). Şekil 2'de gösterilen birey (MNV4-19), kompozit kesitte tekrarlayan *G. calida* bireyleri arasından temsili ve nispeten en büyük boyutlu örnektir.




**Şekil 2.** *Globigerinella calida*'nın karşılaştırmalı morfolojisi. A) Loeblich ve Tappan (1994), lateral görünüm; B-C-F) MNV4-19 (MNV kompozit kesiti, Manavgat Alt Havzası), sırasıyla lateral, ombilikal ve spiral görünüm; D) Weiner vd., (2015), ombilikal görünüm; E) Kennett ve Srinivasan (1983), spiral görünüm. Tüm bireyler için ölçek 100 µm. (Comparative morphology of *Globigerinella calida*. A) Loeblich and Tappan (1994), lateral view; B-C-F) specimen MNV4-19 (MNV composite section, Manavgat Sub-basin), lateral, umbilical and spiral views, respectively; D) Weiner et al. (2015), umbilical view; E) Kennett and Srinivasan (1983), spiral view. Scale bar for all specimens is 100 µm.)

## 4. Bulgular (Findings)

### 4.1. MNV Kompozit Kesitinde Dağılım (Distribution in MNV Composite Section)

*Globigerinella calida*, MNV kompozit kesitinin toplam 46 örneğinden 14'ünde tespit edilmiştir (Tablo 1). Tür, her üç alt kesitde de (MNV4, MNV1, MNV2) kayıtlıdır: MNV4 stratigrafik kesitinde 10 seviyede (MNV4-1, MNV4-6, MNV4-8, MNV4-10, MNV4-11, MNV4-15, MNV4-19, MNV4-21, MNV4-22, MNV4-23), MNV1 stratigrafik kesitinde 2 seviyede (MNV1-3, MNV1-12) ve MNV2 stratigrafik kesitinde 2 seviyede (MNV2-4, MNV2-11). Bu dağılım, türün kompozit kesitin tabanından (MNV4-1) tepesine (MNV2-11) kadar aralıklı ve tekrarlayan bir varlık gösterdiğini ortaya koymaktadır; belirli bir stratigrafik aralıkla sınırlı kalmamıştır. Bu durum türün geniş stratigrafik aralığıyla (~0,53 Ma'dan günümüze; Lirer vd., 2019) uyumludur.

*G. calida*'nın MNV4 kesitinde (10/25 örnek, %40) MNV1 (2/9, %22) ve MNV2'ye (2/12, %17) kıyasla daha yüksek bir görülme sıklığına sahip olması dikkat çekicidir; ancak bu çalışmanın niteliksel (varlık/yokluk) örnekleme yaklaşımı göz önüne alındığında, bu farkın istatistiksel bir popülasyon yoğunluğu değişiminden mi yoksa korunma/örnekleme farklılıklarından mı kaynaklandığı kesinleştirilememiştir.

**Tablo 1.** *Globigerinella calida*'nın MNV kompozit kesitindeki varlığı (kesit bazında). (Table 1. Occurrence of *Globigerinella calida* in the MNV composite section, by sub-section.)

| Stratigrafik kesit | Toplam örnek | *G. calida* içeren örnek sayısı | Seviyeler |
|---|---|---|---|
| MNV2 | 12 | 2 | MNV2-4, 11 |
| MNV1 | 9 | 2 | MNV1-3, 12 |
| MNV4 | 25 | 10 | MNV4-1, 6, 8, 10, 11, 15, 19, 21, 22, 23 |
| Toplam | 46 | 14 | |

### 4.2. Morfolojik Bulgular (Morphological Findings)

İncelenen 14 seviyedeki tüm *G. calida* bireyleri, tutarlı bir morfotip sergilemektedir (Şekil 2):

• Son loca/localarda radyal uzama,
• Son turda beş loca,
• Belirgin loblu periferi,
• Dar dudaklı apertür,
• Apertürün ombilikten çevreye doğru uzamakla birlikte nihai ombilikal-ekstraombilikal konuma ulaşmaması (ara/geçiş konumu),
• Küçük kavkı boyutu (Loeblich ve Tappan (1994), Weiner vd. (2015), Kennett ve Srinivasan (1983) ve diğer referans bireylere göre)
Bu özelliklerin tüm seviyelerde tekrarlanması, gözlenen morfotipin izole/rastlantısal bir tafonomik artefakt olmadığını, kesit genelinde tutarlı bir popülasyon özelliği olduğunu düşündürmektedir.

## 5. Tartışma (Discussion)

MNV kompozit kesitinden incelenen *Globigerinella calida* bireyleri, türün Parker (1962) tarafından tanımlanan ve sonraki çalışmalarla (Kennett ve Srinivasan, 1983; Weiner vd. 2015; Schiebel ve Hemleben, 2017) doğrulanan diyagnostik erişkin özelliklerinin (son loca/localarda radyal uzama, son turda beş loca, belirgin loblu periferi, , dar dudaklı apertür) tamamını taşımaktadır. Bu, incelenen bireylerin ontogenetik olarak tamamlanmış, tür teşhisi açısından şüpheye yer bırakmayan erişkin *G. calida* örnekleri olduğunu göstermektedir.

Buna karşılık, incelenen 14 seviyenin tamamında tutarlı şekilde gözlenen iki özellik, literatürdeki tipik erişkin tanımından belirgin bir sapmayı işaret etmektedir. Birincisi, apertür ombilikten çevreye doğru uzamakla birlikte, Parker (1962)'in tanımladığı nihai ombilikal-ekstraombilikal konuma (periferik düzlemde tam kavisli son evre) ulaşmamaktadır. İkincisi, bireylerin boyutu literatürdeki referans ölçümlere kıyasla belirgin şekilde küçüktür: Weiner vd. (2015), *G. calida* için lateral görünümde 226–675 µm (ortalama 417 µm, n=11) bir kabuk yüksekliği aralığı bildirmektedir. Buna karşılık, MNV kesitinde tekrarlayan bireyler arasından en iyi korunmuş temsili ve en büyük boyutlu birey (MNV4-19; Şekil 2, B,C,F) yaklaşık 200 µm yükseklik × 150 µm genişlik ölçülerindedir ve bu değer, Weiner vd. (2015)'in bildirdiği aralığın alt sınırının dahi altında kalmaktadır. Bu iki özelliğin birlikte ve tekrarlayan şekilde gözlenmesi, izole bir tafonomik veya örnekleme artefaktından çok, MNV popülasyonuna özgü tutarlı bir morfolojik ifadeye işaret etmektedir. Sarı vd., (2026)'nın, kesitte kimi taksonlar için işaret ettiği taşınma (reworking) olasılığının, stratigrafik aralığı (~0,53 Ma-günümüz) kesit yaşıyla (geç Orta Pleyistosen) tam örtüşen *G. calida* için geçerli olmadığı değerlendirilmektedir; dolayısıyla gözlenen morfotipin taşınmadan değil, otokton bir popülasyon özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Bu morfotipin olası nedenleri şu şekilde tartışılabilir:**

**Tür içi normal varyasyon aralığının bir parçası olabilir**. Weiner vd. (2015), *G. calida*/*G. siphonifera* kompleksinin genetik olarak farklı, ancak morfolojik olarak örtüşen çok sayıda tipten (Ia, IIa, IIIb/c vb.) oluştuğunu göstermiştir. Apertürün konumu ve simetrisi, bu genetik tipler arasındaki en ayırt edici karakterlerden biri olarak tanımlanmıştır. Ancak mevcut çalışmada moleküler/genetik veri bulunmadığından, MNV bireylerinin bu genetik tiplerden hangisine karşılık geldiği belirlenememektedir; bu nedenle, gözlenen apertural ara-konumun spesifik bir genetik hatla ilişkilendirilmesi bu aşamada spekülatif kalmaktadır.

**Çok faktörlü bir çevresel stres rejimi olabilir.** MNV kesitinin küçük boyut eğilimi, tek bir faktörle değil, birbiriyle örtüşen birkaç çevresel etkenle açıklanabilir. İlk olarak, Doğu Akdeniz'in bölgesel oligotrofik-ultra oligotrofik karakteri, küçük vücut boyutunun enerji verimliliği ve besin bakımından zengin derinliklere negatif kaldırma sağlama gibi avantajları nedeniyle yaygın bir strateji olduğunu göstermektedir (Zarkogiannis vd., 2019, 2020; Kanbur, 2025). İkinci olarak, MNV kesitinin kendine özgü çökelim ortamı da bu tabloya katkı sağlıyor olabilir: Sarı vd., (2026), kesidi ilerleyen-gerileyen-ilerleyen (prograding-retrograding-prograding) bir yelpaze-delta sistemi (fan delta front / fan delta front-prodelta) olarak yorumlamış; sık ve kalın slump seviyeleri, türbidit ve debris-flow depozitleri ile karakterize edilen bu ortamın, değişken tuzluluk, bulanıklık ve düzensiz sedimantasyon oranlarıyla genel bir çevresel instabiliteye işaret ettiğini belirtmiştir. Üçüncü olarak, kesidin geç Orta Pleyistosen yaşı, bu dönemde sık aralıklarla yaşanan buzul-buzularası (glacial-interglacial) döngülere denk gelmekte olup, bu döngülerin getirdiği sıcaklık ve tuzluluk dalgalanmaları da ilave bir stres kaynağı oluşturmuş olabilir. Alan çalışmaları, bu küçük boyut eğiliminin *G. calida* ile sınırlı olmayıp, hem Manavgat hem de komşu Aksu Havzası'ndaki (Kargı kesiti; Kanbur, 2025) planktonik foraminifer topluluklarının genelinde olduğu yönündedir; bu da boyut küçüklüğünün tür-spesifik bir mekanizmadan çok, topluluk-genelinde bir çevresel baskıya işaret

ettiğini desteklemektedir. Ancak bu gözlemin sistematik boy-frekans (size-frequency) verileriyle nicel olarak doğrulanması gelecekteki çalışmalar için önerilmektedir.

## 6. Sonuç (Conclusion)

MNV kompozit kesitinden (Manavgat Alt Havzası, Antalya Havzası; geç Orta Pleyistosen, yelpaze-delta önü ortamı) tanımlanan *Globigerinella calida* bireyleri, türün tüm diyagnostik erişkin özelliklerini taşımakla birlikte, kesit genelinde tutarlı olarak (i) apertürün nihai ombilikal-ekstraombilikal konuma ulaşmadığı bir ara morfotip ve (ii) literatür referanslarının (Weiner vd., 2015, Loeblich ve Tappan (1994) ve diğer çalışmalar) altında kalan, belirgin küçük boyut sergilemektedir. Bu küçük boyut eğiliminin topluluk genelinde (yalnızca *G. calida*'da değil) gözlemlenmesi, bölgesel oligotrofi, dinamik yelpaze-delta ortam koşulları ve Orta Pleyistosen iklim dalgalanmalarının birlikte oluşturduğu çok faktörlü bir çevresel stres rejimini işaret etmektedir. Bu bulgular, türün Doğu Akdeniz'deki morfolojik değişkenliğine dair yeni bir bölgesel kayıt sunmakta ve gelecekteki taksonomik/ekofenotipik çalışmalar için bir başlangıç noktası oluşturmaktadır.

## Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma Süleyman Demirel üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FUA-2024-9246 nolu proje ile destektenmiştir. Bu çalışmaya konu *Globigerinella calida* türünün teşhisini teyit eden Prof. Dr. Michal Kucera'ya teşekkür ederim. This study was supported by the Süleyman Demirel University Scientific Research Projects Coordination Unit under project number FUA-2024-9246. I would like to thank Prof. Dr. Michal Kucera for confirming the identification of the *Globigerinella calida* species, which is the subject of this study.

## Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the author.

## Kaynaklar (References)

Aze, T., Ezard, T., Purvis, A., Coxall, H., Stewart, D., Wade, B., Pearson, P., 2011. A phylogeny of Cenozoic macroperforate planktonic foraminifera from fossil data. Biological Reviews, 86, 900-927. 10.1111/j.1469-185X.2011.00178.x.

Banner, F. T. and Blow, W. H., 1959. The classification and stratigraphical distribution of the Globigerinaceae. Palaeontology. 2(1): 1-27.

Bé, A.W.H., and Tolderlund, D.S., 1971. Distribution and ecology of living planktonic foraminifera in surface waters of the Atlantic and In dian Oceans. B.M. Funnel, and W.R. Riedel (eds.), In Micropaleontology of Oceans, London, Cambridge University Press, 105-149.

Bé, A.W.H., 1977. Chapter 1: An Ecological, Zoogeographic and Taxonomic Review of Recent Planktonic Foraminifera, in: Ramsay, A.T.S. (Ed.), Oceanic Micropaleontology. Academic Press, London, 1–100.

Blow, W. H., 1969. Late middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In, Bronnimann, P. & Renz, H. H. (eds) Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils, Geneva, 1967, 199–421.

Carpenter, W. B.; Parker, W. K.; Jones, J. R., 1862. Introduction to the Study of the Foraminifera. 319 pp. The Ray Society, London. https://www.biodiversitylibrary.org/item/37432

Cushman, J. A., 1927. An outline of a re-classification of the Foraminifera. Contributions from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research. 3(1): 1-105. https://business.cushmanfoundation.org/ap/CloudFile/Download/P7DeWv4L

Di Stefano, A., Baldassini, N., Raffi, I., Fornaciari, E., Incarbona, A., Negri, A., Bonomo, S., Villa, G., Di Stefano, E., Rio, D., 2023. Neogene-Quaternary Mediterranean calcareous nannofossil biozonation and biochronology: a review. Stratigraphy, 20(4), 259-302.

d'Orbigny, A. D., 1826. Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes. Annales des Sciences Naturelles. 7: 96-128 [96-120 by Férussac]; (2): 129-169, fold-out table; (3): 245-314, pls. 10-17.

d'Orbigny, A., 1839. Foraminifèrs. In: de la Sagra, R. (Ed.), Histoire Physique et Naturelle.de L'ile de Cuba. Bertrand A, Paris, p. 82.

Egger, J. G., 1893. Foraminiferen aus Meeresgrundproben, gelothet von 1874 bis 1876 von S. M. Sch. Gazelle. Abhandlungen der königlichen bayerischen Akademie Wissenschaften zu München. 18(2): 195-457.

https://www.marinespecies.org

http://www.mikrotax.org

Hemleben, C., Spindler, M. and Roger Anderson, O., 1989. Modern Planktonic Foraminifera. Springer, New York, 363 p. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3544-6

Kanbur, S., 2025. Neglected small foraminifers of the Eastern Mediterranean and their paleoecological importance. Journal of Foraminiferal Research, 55(2), 218-232.

Kennett, J.P., Srinivasan, M.S., 1983. Neogene Planktonic Foraminifera: A Phylogenetic Atlas. Hutchinson Ross Publishing Co., Stroudsburg, Pennsylvania, 265 s.

Kucera, M., 2007. Chapter Six Planktonic Foraminifera as Tracers of Past Oceanic Environments. Developments in Marine Geology, 1, 213-262. 10.1016/S1572-5480(07)01011-1.

Lankester, E.R., 1885. Protozoa. In: Anon (ed.): Encyclopaedia Britannica, 9th ed. 19: 830-866. https://digital.nls.uk/encyclopaedia-britannica/archive/194071193

Lirer, F., Foresi, L.M., Iaccarino, S.M., Salvatorini, G., Turco, E., Cosentino, C., Sierro, F.J., Caruso, A., 2019. Mediterranean Neogene planktonic foraminifer biozonation and biochronology. Earth-Science Reviews, 196.

Loeblich, A.R., Jr., Tappan, H., 1994. Foraminifera of the Sahul Shelf and Timor Sea. Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication, 31, 661 s.

Numberger, L., Hemleben, C., Hoffmann, R., Mackensen, A., Schulz, H., Wunderlich, J.-M., Kucera, M., 2009. Habitats, abundance patterns and isotopic signals of morphotypes of the planktonic foraminifer *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny) in the eastern Mediterranean Sea since the Marine Isotopic Stage 12. Marine Micropaleontology, 73, 90-104.

Parker, F.L., 1962. Planktonic foraminiferal species in Pacific sediments. Micropaleontology, 8(2), 219-254.

Sarı, S., Cipollari, P., Faranda, C., Kanbur, S., Racano, S., Cosentino, D., 2026. Tectono-sedimentary evolution and uplift of the Antalya Basin (Southern Türkiye) during the late Middle Pleistocene: Insights from the Manavgat fan-delta complex. Marine Geoscience and Energy Resources, 192, 207810.

Schiebel, R., Hemleben, C., 2017. Planktic Foraminifers in the Modern Ocean. Springer, Berlin, Heidelberg, 358 s.

Weiner, A.K.M., Weinkauf, M.F.G., Kurasawa, A., Darling, K.F., Kucera, M., 2015. Genetic and morphometric evidence for parallel evolution of the *Globigerinella calida* morphotype. Marine Micropaleontology, 114, 19-35.

Zarkogiannis, S.D., Antonarakou, A., Tripati, A., Kontakiotis, G., Mortyn, P.G., Drinia, H., Greaves, M., 2019. Influence of surface ocean density on planktonic foraminifera calcification. Scientific Reports, 9.

Zarkogiannis, S., Kontakiotis, G., Antonarakou, A., 2020. Recent planktonic foraminifera population and size response to Eastern Mediterranean hydrography. Revue de Micropaléontologie, 69.