

ÖNSÖZ

Yerbilimleri (Geosound)'nin birleştirilmiş 50-51.nci sayılarını da yayımlamaktan memnunuz. Son sayımızda dergi yayımlamanın güclüğünə degenmiş ve bundan sonraki sayıların yayımlanmasında güçlük içinde olduğumuzu belirtmiştim. Bu sorunlar devam etmekle beraber, dergimize 20 yılı aşkın bir süredir destek olan bir çok öğretim üyesi dostlarımızdan aldığımız destek ve teşvik içeren yorumlar ile 15 Ağustos 2007 de kaybettığımız Prof.Dr.Servet YAMAN adına bir özel sayı çıkışma arzumuz birleşince bir süre daha dayanmamız gerektiğini anladık. Servet YAMAN özel sayısı ölüm yıldönümü olan Ağustos ayında yayınlanabilecektir. Bu sebeple Servet beyin dostları ve öğrencileri başta olmak üzere arzu edenlerden makaleler beklediğimizi bir kez daha hatırlatalım.

Bu sayımızda 15 makaleye yer verilmiştir. Yazarlarımızın hepsine gösterdiği titizlik ve özveriden dolayı teşekkür ediyoruz. Ayrıca dergimizin basım masraflarını reklam logolarıyla destek olan tüm kuruluş yetkililerine ve bizzat baskı ve dizgi işlerinde özveride bulunan herkese teşekkür ederek "Servet Yaman Özel Sayısı"ndan buluşmayı diliyoruz.

Saygılarımla,

Mesut ANIL

Baş Editör



GEOSOUND



YERBİLİMLERİ

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

| | |
|--|----|
| Computing Excavated Volume in a Road Project Using GİS Programs: A Case Study from Şırnak, Turkey <i>Yol Projelerinde CBS Programları Kullanarak Kazı-Dolgu Hacimlerinin Hesaplanması :</i> <i>Şırnak-Türkiye'de Bir Çalışma</i> Doğan AYDAL, Olgun POLAT, Mustafa YANALAK, Yusuf Gökhan AYDAL | 1 |
| Trabzon Mineralli Suları ile Ayder (Çamlıhemşin-Rize) ve İlicaköy (İkizdere-Rize) Sıcak Su Kaynaklarının Hidrokimyasal ve İzotopik Özelliklerinin İncelenmesi <i>Hydrochemical and Isotopic Investigation of Trabzon Mineral Springs, Ayder</i> <i>(Çamlıhemşin-Rize) and İlicaköy (İkizdere-Rize) Hot Springs</i> Fatma GÜLTEKİN, Arzu FIRAT ERSOY, Hakan ERSOY | 11 |
| Uludağ (Bursa) Güneyindeki Maden Sularının Oluşumuna İlişkin Bir Yaklaşım <i>An Approach Occurrence of Mineral Water in the South Uludağ (Bursa)</i> Füsun Servin TUT HAKLIDİR, M. Yılmaz SAVAŞÇIN | 27 |
| Polijenetik Bir Volkanizma ve Petrografik-Jeokimyasal Özellikleri: Harput (Elazığ) Karataş Tepe Volkanizması <i>A Polygenetic Volcanism and Petrographic-Geochemical Characteristics:</i> <i>The Harput (Elazığ) Karataş Hill Volcanism</i> Sevcan KÜRÜM, Esen ÖZBULUT ve Melek URAL | 47 |
| Demirtaş-Sarımazi-Yumurtalık (Adana) Arasının Tektono-Stratigrafisi <i>Tectono-Stratigraphical Investigation of Demirtaş-Sarımazi -Yumurtalık (Adana)</i> Olga BOYRAZ, Ulvi Can ÜNLÜGENÇ | 65 |
| Demirhisar (Mersin KD'su) Civarı Tersiyer Birimlerinin Sedimentolojik ve Ortamsal Özellikleri <i>The Sedimentological And Environmental Characteristics of Tertiary Units around</i> <i>Demirhisar Town (NE of Mersin)</i> Ulaş İnan SEVİMLİ, Kemal GÜRBÜZ, Güldemin ÖĞRÜNÇ, Ulvi Can ÜNLÜGENÇ | 81 |
| Bağlum-Kazan (KB Ankara) Yöresi Orta Eosen (Lütesiyen) Sedimanlarının Bentik Foraminifer Biyostratигrafisi Ve Ortamsal Yorumu <i>Benthic Foraminiferal Biostratigraphy and Environmental Interpretation of the Middle</i> <i>Eocene (Lutetian) Sediments of the Baglum-Kazan (Nw Ankara) Region</i> Niyazi AVŞAR, Arzu ERASLAN ve Feyza DİNÇER, Zümra İÇ | 99 |

| | |
|--|---|
| Çamlıayla (Kd Mersin) Güneyinin Jeolojisi ve Güzeller Formasyonunun Tanımına Katkılar <i>Geology of the Southern Part of Çamlıayla (Ne Mersin) and Contributions on Description of The Güzeller Formation</i> | Ayhan BAŞALAN, Nurdan İNAN, Hayati KOÇ, Kemal TASLI ve Selim İNAN 115 |
| Handere Formasyonu (Kuzey Adana) Killi Seviyelerinin Şişme Özelliklerinin İncelenmesi <i>An Investigation of Swelling Properties of Handere Formation (Northern Adana) Clayey Levels</i> | İbrahim ÇOBANOĞLU, İsmail DİNÇER, Şaziye BOZDAĞ 139 |
| Niğde Sineksizayla Metagabrosunun Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi <i>Evaluation of Niğde Sineksizayla Metagabbro as Concrete Aggregate</i> | Ali GÖKOĞLU, Mustafa FENER, Mehmet SÖYLEMEZ 155 |
| Kemerhisar (Niğde) Yöresi Doğal Karbondiyoksit (CO_2) Gazının Özellikleri ve Üretim Tekniği <i>Features of Natural Liquid Carbon Dioxide in Kemerhisar (Niğde) and Its Production Technique</i> | M.Gürhan YALÇIN 167 |
| Suni Mermer Plakaların Donma-Çözülme Sonrası Dayanım ve Aşınma Özelliklerinin Araştırılması <i>The Investigation of Resistance and Abrasion Properties of Concrete Flooring Tiles After Freezing and Thawing</i> | M. Özgür KESKİN ve Ahmet M. KILIÇ 185 |
| Tanelerin Bilim ve Teknolojideki Önemi <i>The Importance of Particle on The Science and Technology</i> | Uğur ULUSOY 191 |
| Genetik Algoritma İle Sınır Tenörü Optimizasyonu <i>Optimisation of Cut-Off Grades by Means of Genetic Algorithms</i> | Erhan ÇETİN 207 |
| Konya-Çoraklıdere Grafit Cevherinin Flotasyonu ve Aşındırmanın Flotasyona Etkisi <i>The Flotation of Konya-Çoraklıdere Graphite Ore and The Effect of Scrubbing on Flotation</i> | Özlem KAYA, Mehmet CANBAZOĞLU 219 |

**COMPUTING EXCAVATED VOLUME IN A ROAD PROJECT USING GIS
PROGRAMS: A CASE STUDY FROM ŞIRNAK, TURKEY**

Doğan AYDAL

Ankara University, Faculty of Engineering, Ankara/Turkey

Olgı POLAT

Ankara University, Faculty of Humanity, Ankara/Turkey

Mustafa YANALAK

Istanbul Technical University, Faculty of Civil Engineering, İstanbul/Turkey

Yusuf Gökhan AYDAL

Istanbul Technical University, Faculty of Civil Engineering, İstanbul/Turkey

ABSTRACT : *It is well known that earthmoving operations represent a substantial amount of total road-construction costs. Accurate estimations of cut and fill quantities are essential to realistic cost estimates for road-construction projects*

At the core of this study is a comparison of cut-fill calculations done using classical methods with the same calculations done via GIS methods, both using the same original surficial measurements from a roadbuilding project in a mountainous part of Şırnak province. In this study, a digital elevation model derived from regional topographic data was used as the basis for the comparison of volume based on z values of floor contours with volume derived from a digital elevation model based on topographic data acquired following road and roadcut creation in the region. As a result, it has been demonstrated in this study that the total amounts of cut and fill can be thus calculated, and also that calculations for roads and roadcuts can be done separately. Values obtained via classical methods and those acquired by GIS calculations were compared in this study, revealing that values obtained from the two methods are similar. In particular, values from fill areas are quite close, but in cut areas values obtained using classical methods were seen to be somewhat higher than those from GIS methods due to poor tracking by contractors. Nevertheless, it has been demonstrated that these types of calculations – whether done prior to cut-fill work or after the work is finished, and whether done by the contractor/subcontractor or by the awarding institution – are important both for short-term benefits and for reliable financial estimates.

**YOL PROJELERİNDE CBS PROGRAMLARI KULLANARAK KAZI-
DOLGU HACİMLERİNİN HESAPLANMASI : ŞIRNAK-TÜRKİYE'DE BİR
ÇALIŞMA**

ÖZET: *Toprağı kaldırma işlemlerinin yol yapım projelerinde önemli bir miktar tuttuğu çok iyi bilinmektedir. Bu sebeple, bir yol projesinde, gerçekçi kazı ve dolgu miktarlarının bulunması, iyi bir maliyet tahmininin belirlenmesi için önemlidir. Bu*

çalışmanın özü, Şırnak İl’i dağlık bölgelerindeki bir yol projesinde, aynı yüzey ölçülerini kullanarak, klasik yollar ile hesaplanan kazı-dolgu hesaplarının, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) metodları kullanarak yapılan hesaplar ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, karşılaştırma yapabilmek için, bölgesel topografik verilerden üretilen ve belli bir Z taban konturundan itibaren oluşturulan sayısal yükseklik modeli ile bölgede yol ve yarma yapımından sonra oluşturulan sayısal yükseklik modelinin hacimleri kullanılmıştır. Sonuç olarak, bu çalışma ile, yarma ve dolgu hesaplamalarının yapılabileceği, hatta kazı ve dolgu hesaplarının ayrı ayrı olarak da hesaplanabileceği gösterilmiştir. Klasik yollar ve Coğrafi bilgi Sistemleri kullanılarak elde edilen hesapların genelde benzer olduğu görülmektedir. Özellikle, dolgu yapılan alanlardaki hesapların oldukça yakın olduğu, fakat her nasilsa, kazı yapılan yerlerde klasik yollar ile elde edilen değerlerin CBS ile elde edilen değerlerden yüksek olduğu görülmüştür. Mamafih, kısa sürede hazırlanabilen bu kazı-dolgu sonuçları bile, CBS teknikleri ile, kazı-dolgu öncesinde veya sonrasında hesaplamaların yapılabileceğini göstermiştir. Bunun, İhaleye giren müteahitler veya ihaleyi açan kurumlar tarafından hazırlanacak veya kontrol edilecek tekliflerin güvenilir ve önemli olmasını sağlayacağı gösterilmiştir.

1. INTRODUCTION

The estimation of cut-fill volumes is common in many surveying and highway applications. Several methods have been developed for computing the excavation volumes, ranging from a simple formula to more complex numerical methods. The trapezoidal method (rectangular or triangular prisms), classical cross sectioning (trapezoidal, Simpson, and average formula), and improved methods (Simpson-based, cubic spline and cubic Hermite formula) are found in the current literature. The trapezoidal method, which is the most common, approximates the ground surface of each grid cell by a plane and computes the volume as the product of the horizontal area of the cell and the average excavation heights of the cell corners (Anderson and Mikhail 1998). A triangular cell is used for data having a

scattered sampling pattern while the rectangular grid is preferred for regularly distributed surveying points. Delaunay triangulation of the surveying points in 2D creates a Triangular Irregular Network (TIN). Classical cross-sectioning methods compute the volume using the area of the each cross section (Yanalak and Baykal 2003).

The aim of the improved methods is to model the ground surface as non-linear profiles. They improve the results for surveying points having a regular sampling pattern but cannot be applied to scattered surveying points. The Simpson-based methods improve the approximation of ground surface by considering a second-degree polynomial in each direction of the grid (Easa 1988; Chambers 1989). The main difference between these two methods is the use of

COMPUTING EXCAVATED VOLUME IN A ROAD PROJECT USING GIS PROGRAMS: A CASE STUDY FROM ŞIRNAK, TURKEY

equal or unequal grid intervals. Both methods provide direct formulas for computing volumes, but the connections of the approximating surfaces are sharp.

To eliminate this drawback, Chen and Lin (1991) developed the cubic spline method, which provides smooth connections between the approximating third-degree polynomials. Easa (1998) presented a method based on the cubic Hermite polynomial. In this paper the trapezoidal, Simpson-based Easa (1988) and Chambers (1989), cubic spline Chen and Lin (1991), and cubic Hermite polynomial methods for estimating terrain surface were tested on three sets of grid data.

Yanalak and Baykal (2003) tested the accuracy of volume calculations on four theoretical test surfaces with the regular and scattered data. Trapezoidal (rectangular and triangular prisms) and classical cross-sectioning (trapezoidal formula) methods were applied. The study showed that when the multiquadric or minimum curvature interpolation is used for interpolating the grid heights (Gridding), the trapezoidal (rectangular prisms) method is better than the trapezoidal (triangular prisms) and cross sectioning (trapezoidal formula) methods for both data types. Transformation of scattered data to regular data (on the corners of regular rectangles) or of regular data to dense regular data is known as "Gridding". Sibson (natural neighbour) interpolation wasn't tested for gridding method in Yanalak and Baykal (2003). Yanalak (2005) compared the existing methods of volume determination with

volume found rectangular prisms using gridding methods of natural neighbour on example 2 of Chen and Lin (1991), which was also used by Easa (1998).

Various methods have been proposed in the past for nearly accurate estimation of cut and fill quantities. Geographic information system (GIS) methods can be used in many scientific disciplines; for example, for cut and fill calculations in the road/highway construction sector. This paper suggests a new GIS method for road/highway contractors, not only for earthmoving operations, but also for estimating the quantities of aggregates and asphalt/concrete required for the roadbase, and for paving operations where necessary.

Road construction involves large quantities of cut and fill. Some of the important optimization and calculation methods proposed for accurate estimation of cut and fill quantities are as follows: Stark and Mayer (1981); Nangaonkar (1981); Easa (1987); Siyam (1987); Christian and Caldera (1988); Alkass and Harris (1988); Epps and Corey (1990); Jayawardane and Harris (1990); Easa (1990-1991); She and Abourizk (1997); Shi (1999).

In the course of ground-checking the first 2.15 km of a 63 km road project in the Şırnak province, the present study was done using a combination of various geographic information system (GIS) programs. The study area is located within the borders of the 1:25000-scale N 49 b1 map (Figure1). During the study, 1:1000-scale topographic maps were used,

and rectification, digitization and digital elevation model (DEM) processes were performed using the TNTmips 6.4 program. All Z values from the excavated areas, including the road and roadcut areas, were to be given as points; accordingly, all digitized contours were converted from lines to points using the Poly2pnt program following export of all data from TNTmips into the Map Info 5 program. Finally, these points were imported to Arc View 3.2 in which all calculation procedures were performed.

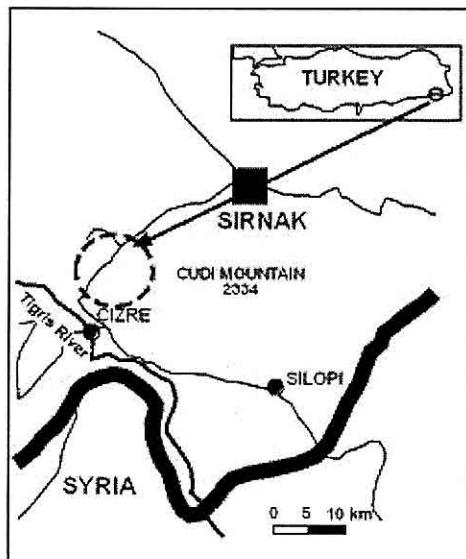


Figure 1. Location of the study area.

1.1.What are GIS, DEM and TIN?

GIS is a system of computer, software, hardware, data and personnel to help manipulate, analyze and present data that is tied to a spatial (usually geographical) location. Some of the civil engineering studies related to GIS, especially digital elevation models (DEM) and triangulated

irregular networks (TIN), will be explained below in order to clarify the purpose of the study. GIS has proven a versatile and effective tool in various civil engineering applications (Miles and Ho 1999). Relational databases are used to store both graphic and nongraphic data, and geocodes are utilized to link graphic and nongraphic attributes. GIS is employed to generate three-dimensional digital terrain models of the subject topography.

A digital terrain model can be generated and stored either as a grid or as TINs. Because of their higher modelling accuracy and superior ability to represent abrupt topography changes, TIN models are used to reflect the ground topography. Grids have been criticized for being too rigid, resulting in either an increase in computation time or lower accuracy (Oloufa 1991).

Triangular and rectangular grid-based DEMs are two general types of digital elevation models (Petrie and Kennie 1987). The surface is defined as a summation of triangles or rectangles which do not overlap and do not make a hole. The reference points can lie on the corners of triangles or rectangles depending on the data source and collecting method. The triangular grid-based DEM is generally used for scattered data patterns, while the rectangular grid-based DEM is used for either regular or scattered data patterns. Transformation of data either from a regular to a scattered pattern or from a scattered to a regular pattern is always possible by use of a

suitable interpolation algorithm (Yanalak and Baykal 2003).

DEM-based volume calculations have been used widely instead of the traditional handmade cross-sectioning method on contour maps. Cross sections are derived from a DEM performed on a computer. Calculation of a volume between a topographical surface and a horizontal reference plane in a bounded area has been a requirement of surveyors and civil engineers (Chen and Lin 1992; Easa 1992; Press et al. 1992; Kalmar et al. 1995).

Geoscientists have studied modeling of the earth's surface topography using a finite number of sampling points (Fiedler 1992; Fann 1998; Smith and Small 1999). The digital elevation model (DEM) is one of the products of these studies on the modeling of the earth's topography in local regions. The essential data of a DEM are a finite number of reference points, which have three-dimensional coordinates (x, y, z) in an orthogonal coordinate system, or two-dimensional horizontal coordinates (x, y) and height (h). If the curvature of the earth's surface is neglected for a local region, the height value h can be used as z . (Franke and Nielson (1980); Petrie and Kennie (1987); Watson (1992 and 1999); Sukumar et al. (2001). Although many studies on the accuracy of DEMs have been carried out by Li (1991, 1992, 1993 and 1994), the accuracy of volume calculations based on DEMs is still unfamiliar to most users.

2.MATERIAL AND METHODS

The methods used in the course of this

study are as follows. Scanned (300 dpi resolution) 1:1000-scale maps were rectified using the TNTmips program. Following production of a mosaic from cut maps, contours of the topography were digitized and entered into a database. The MapInfo 5 program was then used to obtain points from the contour lines of the digitized maps with the Poly2pnt software, which converted the contours into points. The points were later transferred back into the TNTmips environment. Values for the road and roadcuts, both pre- and post-excavation, were defined as point data in two groups within the TNTmips environment, and different values for these two groups were entered. Later, the road and roadcuts were prepared as polygons in order to accomplish masking. Subsequently, vectors thus derived were transferred into the Arc View environment. During work in Arc View, priority was given to development of a DEM based on the topography (Figure 2).



Figure 2. In the ArcView environment, digital elevation model (DEM) developed from topographic data from the study area.

The road and roadcut values were then overlain on the topography-derived DEM. At this juncture, the Road DEM and Roadcut DEM were constituted. Following preparation of masking images for the road and roadcuts using polygons therefrom, the Road DEM and Road Mask were subjected to the same procedure, yielding road-derived values termed "Map Calculation 1"; also, the Roadcut DEM and Roadcut Mask were subjected to the same procedure, yielding roadcut-derived values termed "Map Calculation 2" (Figures 3 and 4).

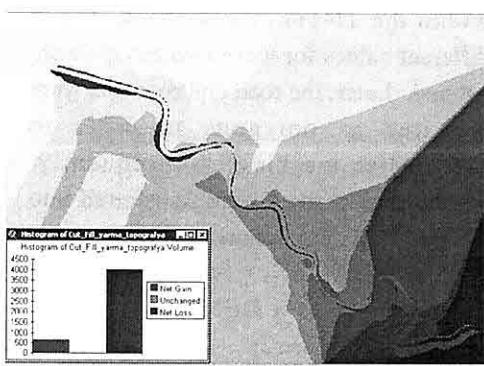


Figure 3. Projection of cut and fill areas developed along the road overlain on the DEM.

By subjecting the topography-derived DEM and Map Calculation 1 to the same procedure, cut and fill calculations for the road were obtained.

Similarly, cut and fill calculations for the roadcuts were obtained by subjecting Map Calculation 2 and the topography-derived DEM to the same procedure (Tables 1 and 2).

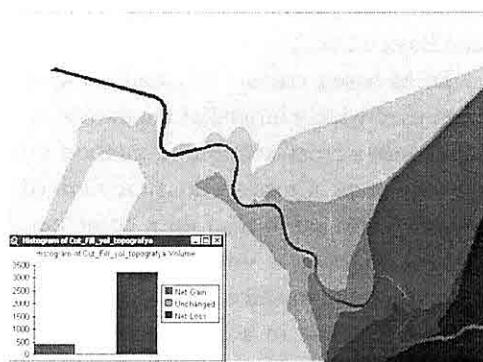


Figure 4. Projection of cut and fill areas developed along the roadcut overlain on the DEM developed from topographic data, together with cut-fill values.

Table 1. Within the road polygon, cut-fill values and total cut-fill values automatically calculated by the ArcView 3.2 program.

| VOLUME | AREA | Cut (m^3) | Fill (m^3) |
|-----------|----------|---------------|----------------|
| 68512.476 | 8743.750 | 68512.48 | 0 |
| -130.320 | 81.250 | 0 | -130.32 |
| -147.611 | 125.000 | 0 | -147.611 |
| -111.446 | 143.750 | 0 | -111.446 |
| 21821.756 | 4875.000 | 21821.76 | 0 |
| -0.047 | 6.250 | 0 | -0.047 |
| | | | |
| 31.290 | 37.500 | 31.29 | 0 |
| -0.155 | 6.250 | 0 | -0.155 |
| 0.343 | 12.500 | 0.343 | 0 |
| -2.326 | 6.250 | 0 | -2.326 |
| -2.308 | 6.250 | 0 | -2.308 |
| 45869.772 | 4343.750 | 45869.77 | 0 |
| | | 142964.4 | 4516.96 |
| continues | | | |

Obtained results were then transferred into Excel, allowing observation of both total cut-fill and separate cut and fill

calculations. Finally, Triangulated Irregular Network (TIN) of the excavated road are presented (Figure 5).

Table 2. Within the roadcut polygon, cut-fill values and total cut-fill values automatically calculated by the ArcView 3.2 program.

| VOLUME | AREA | Cut (m ³) | Fill (m ³) |
|-----------|----------|-----------------------|------------------------|
| 8483.217 | 1406.250 | 8483.217 | 0 |
| 28804.907 | 5125.000 | 28804.91 | 0 |
| -0.775 | 6.250 | 0 | -0.775 |
| -1.234 | 6.250 | 0 | -1.234 |
| 48.589 | 25.000 | 48.589 | 0 |
| 78.786 | 25.000 | 78.786 | 0 |
| 70.166 | 25.000 | 70.166 | 0 |
| continues | | | |
| 15640.721 | 2756.250 | 15640.72 | 0 |
| 49103.192 | 6631.250 | 49103.19 | 0 |
| -20.438 | 12.500 | 0 | -20.438 |
| -1.795 | 6.250 | 0 | -1.795 |
| -0.570 | 6.250 | 0 | -0.57 |
| | | 137946 | 10995.3 |

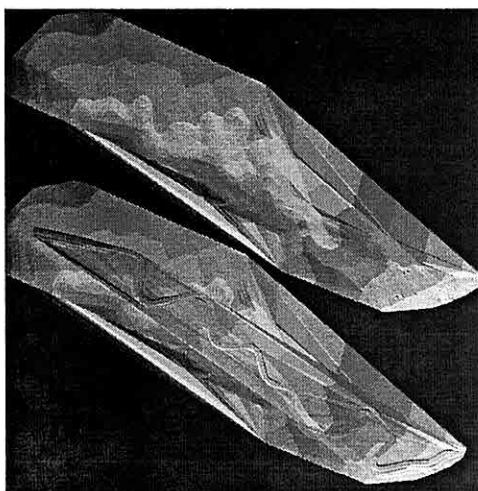


Figure 5. Triangulated Irregular Network (TIN) of the excavated road.

3.DISCSSION AND RESULTS

In the course of our investigations, it was observed that the subjects requiring the most attention are scanning at high resolution, rectification, mosaic production and reliable digitization. If, during rectification, the root mean square (RMS) values are not below a value of 1, major problems might be encountered during mosaic production from multi-pieced maps. Use of surficial coordinates while performing rectification reduced error to a minimum. A topography-derived DEM could then be obtained from digitized contours that were initially lines. But because values for the road and roadcuts are point data, line data values were converted to point data, with the thought that obtaining the topography-derived DEM, and showing point data from the road and roadcuts among the point data for the contours, were more appropriate. Different programs may have been preferred for this procedure, but the writers chose to use a variety of programs simultaneously in order to demonstrate ease of data transfer between programs. An ongoing study seeks to show whether or not there is a difference between a line-derived DEM and a point-date-derived DEM; thus, a comparative presentation is planned for the future.

When numbers obtained by the contractor using classical methods are compared with the results of this study, it is seen, in particular, that the fill calculations are quite close, but that total cut values are 10-15% below those given by the contractor. Insofar as the amount of

fill material in the area is limited, these numbers suggest that there was little "fudging" by the contractor; rather, that because it is not simple to keep track of the amount of materials taken from the cuts and then transported from the area, the amount reported by the contractor through classical calculation methods was indeed slightly in excess. In cut calculations on the 2 km-long road, an excess of approximately 50,000 m³ was found on the work-completion document submitted by the contractor.

The present study will especially be of assistance to official institutions who, knowing the pre- and post-excavation elevations for a project, will be able to provide reliable information to contractors prior to submission of tenders so that said information can be utilized in the preparation of proposals. Furthermore, if this method is used prior to the publication of tenders, official institutions who determine estimated costs will not be easily deceived by contractors.

4. ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank to Dr. Steve Mittwede (METU-Turkey) for his valuable criticism and suggestions during the preparation of the manuscript. The author also extended their appreciation and thanks to research assistant Sinan Akısa and Ali Uslu for their help in various ways.

5. REFERENCES

Anderson, J.M. and Mikhail, E. M., 1998, "Surveying: Theory and Practice",

McGraw-Hill Book Co., Inc., 7th Edition, New York, N.Y.

Yanalak, M. and Baykal, O., 2003, "Digital Elevation Model Based Volume calculation Using Topographical Data", ASCE, *Journal of Surveying Engineering*, 129(2):58-64

Yanalak, M., 2005, "Computing Pit Excavation Volume", ASCE, *Journal of Surveying Engineering*, 131(1):15-19

Easa, S.M., 1998, "Smooth surface approximation for computing pit excavation volume". ASCE, *J. Surveying Engineering*, 124(3), 125-133.

Chambers, D.W, 1989, "Estimating pit excavation volume using unequal intervals". ASCE, *J. Surv. Engng.*, , 115(4), 390-401.

Chen, C.S. and Lin, H.C., 1991, "Estimating pit excavation volume using cubic spline volume formula". ASCE, *J. Surv. Engng.*, ASCE, 117(2), 51-66.

Stark, R. and Mayer, R., 1981, "Earthmoving logistics". ASCE, *Journal of the Construction division*.107(CO2):297-312.

Nandgaonkar, S., 1981, "Earthwork transportation allocation: operation research". ASCE, *Journal of the Construction division*, 107(CO2):373-392.

Easa, S.M., 1988, "Estimating pit excavation volume using nonlinear ground profile". ASCE, *J. Surveying Engineering*, 114(2), 71-83.

Siyam, Y., 1987, "Precision in cross-sectional area calculation on earthwork determination". ASCE *Journal of Surveying Engineering*, 113(2):139-151.

Christian, J. and Caldera, H., 1988,

COMPUTING EXCAVATED VOLUME IN A ROAD PROJECT USING GIS PROGRAMS: A CASE STUDY FROM ŞIRNAK, TURKEY

- "Earthmoving cost optimization by operational research". *Canadian Journal of Civil Engineering*, 15:679-684.
- Alkass, S. and Harris, F., 1988, "Expert system for earthmoving equipment selection in road construction". ASCE, *Journal of Construction Engineering and Management*, 114(3):426-440.
- Epps, J. and Corey, M., 1990, "Cut and Fill calculation by modified average-end-area method". ASCE, *Journal of Transportation Engineering*, 116(5):683-689.
- Jayawardane, A., and Harris, F., 1990, "Further development of integer programming in earthwork optimization". ASCE, *Journal of Construction Engineering and Management*. 116(1):18-34.
- Easa, S., 1991, "Pyramid frustum formula for computing volumes at roadway transition areas". ASCE, *Journal of Surveying Engineering*, 117(2):98-101.
- Shi, J. and Abourizk, S., 1997, "Resource-based modelling for construction simulation". ASCE, *Journal of Construction Engineering and Management*, 123(1):26-33.
- Miles, S. and Ho, C., 1999, "Application and issues of GIS as tool for civil engineering modelling". ASCE, *Journal of Computing modelling in Civil Engineering*. 13(3): 144-152.
- Shi, J., 1999, "A neural network based system for predicting earthmoving production". *Construction Management and Economics*, 17: 463-471.
- Olooufa, A.A., 1991, "Triangulation application". ASCE, *Journal of Computing in Civil Engineering*. 5(1): 103-121.
- Petrie, G. and Kennie, T.J., 1987, "Terrain modelling in surveying and civil engineering". *Computer-Aided Design*. 19(4): 171-187.
- Chen, C.S. and Lin, H.C., 1992, "Estimating excavation volume using new formulas". *Survey Land Information System*. 104-111.
- Easa, S., 1992, "Estimating earthwork volumes of curved roadways: mathematical model". ASCE, *Journal of Transportation Engineering*, 118(6): 834-849.
- Kalmar, J., Papp, G. and Szabo, T., 1995, "DTM based surface and volume approximation, geophysical application". *Computer Geoscience*, 21(2), 245-257.
- Fiedler, J., 1992, "Orthometric heights from global positioning system". ASCE, *Journal of Surveying Engineering*, 118(3), 70-79.
- Fan, H., 1988, "On the Earth ellipsoid best fitted to the surface". *Journal of Geodesy*, 72(9), 511-515.
- Smith, D.A. and Small, H.J., 1999, "The Carip97 high-resolution geoid height model for the Caribbean Sea". *Journal of Geodesy*, 73(1), 1-9.
- Watson, D., 1992, "Contouring guide to the analysis and display of spatial data". Pergamon press, Oxford, England, 321.
- Li, Z., 1991, "Effects of check points on the reliability of DTM accuracy estimates obtained from experimental tests". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 57(10), 1333-1340.

- Li, Z., 1992, "Variation of the Accuracy of Digital Terrain Models With Sampling Interval", *Photogrammetric Record*, 14(79), 113-128.
- Li, Z., 1993, "Mathematical Models of The Accuracy of Digital Terrain Model Surfaces Linearly Constructed From Square Gridded Data", *Photogrammetric Record*, 14(82), 661-674.
- Li, Z., 1994, "A comparative study of the accuracy of digital terrain models(DTM)based on varios data models". *ISPRS, Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 49(1), 2-11.

**TRABZON MÍNERALLÍ SULARI İLE AYDER (ÇAMLIHEMŞİN-RÍZE) VE
ILICAKÖY (İKİZDERE-RÍZE) SICAK SU KAYNAKLARININ
HİDROKİMYASAL VE İZOTOPİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Fatma GÜLTEKİN, Arzu FIRAT ERSOY, Hakan ERSOY

KTÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon/Türkiye

ÖZET: İnceleme alanında genellikle yaşları Liyas ile Kuvaterner'e kadar değişen bazalt, andezit bileşiminde volkanik kayaçlar ve andezitik- bazaltik piroklastikler ile kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ara seviyeleri içeren volkano- tortul özellikli kayaçlar yüzeylenir. Mineralli suların yakın çevresini kapsayan alanda yüzeylenen volkanik birimler geçirimsilikleri düşük olduğu için akifer özelliğinde degildirler. Mineralli su kaynakları genelde faylanmalara ve dokanaklara bağlı olarak yeryüzüne çıkmaktadırlar. İncelenen soğuk mineralli su kaynaklarının pH değerleri 5.5- 6.23; elektriksel iletkenlik değerleri 506- 5070 $\mu\text{S}/\text{cm}$; toplam çözünmüş katı değerleri 374- 5098 mg/l arasında değişmektedir. Mineralli kaynaklardan Bereketli, Selimoğlu ve Duralı kaynakları karbonatlı ve sülfatlı; İkisu ve Kisarna kaynakları ise tuzlu ve sodalı sular sınıfında yer alır. Sıcak kaynaklardan 57°C sıcaklığı sahip Ayder'in pH değeri 9.07, 20-63°C sıcaklığındaki Ilicaköy'ün 6.5-6.78, elektriksel iletkenlik değerleri Ayder'de 211, Ilicaköy'de 4300-5500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, toplam çözünmüş katı değerleri Ayder'de 163, Ilicaköy'de 4012-4115 mg/l'dir. Ayder Kaplıcası CaHCO_3 , Ilicaköy Kaplıcası ise NaHCO_3 su tipindedir. Sıcak kaynaklarla soğuk kaynakların beslenme kotlarının, kökenlerinin ve sistemdeki geçiş sürelerinin belirlenmesi amacıyla kaynaklardan ve yüzey sularından örnekler alınmış, Oksijen-18, döteryum ve trityum analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarından kaynakların genel meteorik doğruya yakın konumlarda olduğu, ancak kendi aralarında kümelenmeler oluşturdukları, sıcak kaynakların daha derin bir dolaşma, diğer mineralli su kaynaklarının kışmen derin dolaşma sahip oldukları, Ayder kaplıcasının beslenme kotunun diğerlerinden oldukça yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Oksijen-18- Trityum ilişkisi bakımından; İkisu mineralli suyu soğuk sular içerisinde beslenme alanı yükseltisi ve yeraltıda kalış süresi en uzun olan kaynaktır. Kisarna mineralli suyu İkisu ile aynı beslenme yükseltisine sahip olmasına rağmen yeraltıda kalış süresi daha kısalır. Döteryum-Trityum ilişkisi bakımından; mineralli su kaynakları sıcak kaynaklara göre daha sig dolaşım izlemektedir.

**HYDROCHEMICAL AND ISOTOPIC INVESTIGATION OF TRABZON
MINERAL SPRINGS, AYDER (ÇAMLIHEMŞİN-RÍZE) AND ILICAKÖY
(İKİZDERE-RÍZE) HOT SPRINGS**

ABSTRACT: In the study area generally, basalt, andesite and basaltic-andesitic

pyroclastic and sandstone, sandy limestone and marl interbedded volcano-sedimentary rocks crop out. Age of these units ranged between Liassic and Quartenary. Volcanic rocks cropped out near the mineral springs are not aquifer because of the low permeability of volcanic rocks. Mineral springs generally are controlled with fault and contacts. The pH values of the cold mineral springs range from 5.5- 6.23, electrical conductivity values range from 506-5070 µS/cm, total dissolved solid values range from 374-5098 mg/l. Bereketli, Selimoğlu and Duralı mineral springs are in class of "carbonate and sulphate water", İkisu and Kisarna mineral springs are in class of "salty and sodic water". Ayder hot spring temperature is 57°C; pH value is 9.07; electrical conductivity value is 211 µS/cm; total dissolved solid value is 163 mg/l; the water type is CaHCO₃. İlıcaköy hot spring temperature range from 20-63°C; pH value range from 6.5-6.78; electrical conductivity values range from 4300-5500 µS/cm; total dissolved solid values range from 4012-4115 mg/l; the water type is NaHCO₃. Environmental isotopes ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$ and tritium) were analyzed to clarify the relationship between surface and groundwater circulation, and recharge- discharge condition of the aquifers. According to oxygen-18 and deuterium values, mineral springs are close to General Meteoric Water Line. Transit time of the hot spring is the longer than mineral springs. Recharge elevation of the Ayder hot spring is the highest of all springs. Recharge elevation and transit time of the water system of the İkisu mineral spring is the longest considering to oxygen-18 and tritium values. Although Kisarna mineral spring and İkisu mineral spring have the same recharge elevation Kisarna mineral spring has a shorter transit time of the water system. Mineral springs have shallow circulation based on deuterium and tritium values.

1. GİRİŞ

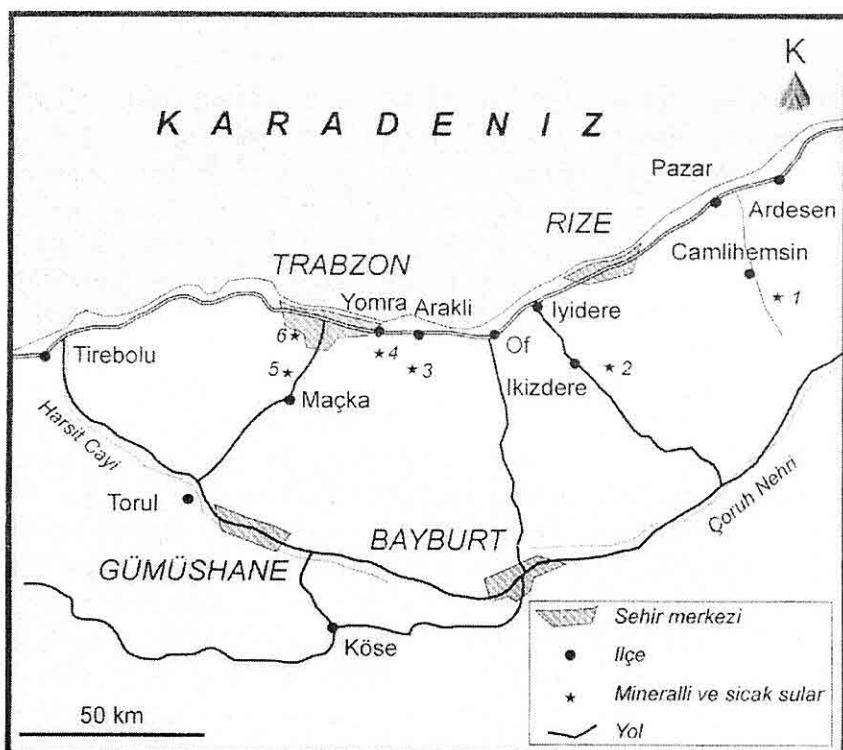
Trabzon ve yakın çevresindeki mineralli su kaynakları ile Ayder ve İlıcaköy sıcak su kaynakları Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nde yer alır (Şekil 1). Ayder Kaplıca Kaynakları Gültekin (1991), İlıcaköy Kaplıca kaynakları Fırat Ersøy (2001), Trabzon mineralli su kaynakları Kara (1997); Gültekin ve Dilek (2001) gibi değişik araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. Ancak bu çalışmalarla sıcak kaynaklar kimyasal ve jeotermal enerji açısından; soğuk kaynaklar ise kimyasal ve ekonomik değerleri açısından

incelemiştir. Bu çalışmada kaynakların hidrokimyasal özelliklerinin yanı sıra izotop değerlerinden de yararlanarak sıcak kaynaklar ile soğuk kaynakların göreceli olarak dolaşım derinliklerinin ve beslenme yükseltilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma alanında Rize ve Trabzon meteorolojik verilerine göre sıcaklık, sahil şeridi boyunca değişiklik göstermezken, yağış farklılık gösterir.

Batıda yıllık yağış yaklaşık 800-1000 mm iken, doğuda bu değer 2000 mm'nin üzerindedir.

Doğu Karadeniz Bölümü'nde deniz



Şekil 1. Çalışma alanı ve çevresinin yer bulduru haritası

1:Ayder, 2:Ilıcaköy, 3:Bereketli, 4:İkisu, 5:Duralı-Selimoğlu, 6:Kisarna

kıyısına paralel yüksek sıradagliar hakimdir. Doğu-Batı doğrultusundaki bu dağlar, Karadeniz kıyısının hemen gerisinde uzanmaktadır. Bu nedenle kıyı bölgelerdeki düz alanlar kısıtlıdır. Nüfusun çoğu dağlar ve kıyı şeridi arasında kalan dar ve düzlik alanlarında bulunmaktadır. Bununla birlikte sahile dik vadiler boyunca da yerleşim görülmektedir. Belli alanlardaki kısıtlı tarım uygulamalarına karşın biyolojik çeşitlilik ve değerli orman kaynakları bu doğal yapının bir sonucudur.

2. DENEL BÖLÜM (YÖNTEM)

İnceleme alanı ile ilgili arazi ve

örnekleme çalışmalarına 2003 yılı Temmuz ayında başlanmıştır, 2005 yılı sonunda tamamlanmıştır. Bu süre içerisinde inceleme alanında bulunan kaynaklara ait bilgiler derlenmiş ve kaynak çevrelerinde jeolojik çalışmalar yapılmıştır.

2003 Temmuz ayında Selimoğlu ve Duralı Kaynaklarında yerinde pH, Elektriksel iletkenlik (EC) ve Toplam çözünmüş katı madde miktarı (TDS) ölçümleri yapılmış, kaynaklardan alınan su örnekleri DSİ Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Daire Başkanlığı, Su Kimyası Laboratuvarında

analiz edilmiştir. Bereketli, İkisu ve Kisarna mineralli su kaynakları ile sıcak su kaynaklarından ise 2004 yılı yaz ve 2005 yılı bahar aylarında yerinde ölçüm ve örnekleme çalışmaları yapılmıştır. Çalışılan kaynaklardan ayrıca Oksijen-18, Dötryum ve Tritium izotoplari için kurak ve yağışlı mevsimlerde örnekler alınarak DSİ Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Daire Başkanlığı, İzotop Laboratuvarında analiz edilmiştir.

3. JEOLOJİ

Çalışma alanında sıcak su kaynaklarının yüzeye çıktıığı alanda Liyas yaşı volkano tortul kayaçlar, Geç Kretase yaşı volkano tortul kayaçlar ve Kretase'den Paleosen'e kadar gelişimini sürdürün granitik kayaçlar yüzeylenirken; Trabzon ve yakın çevresinde genellikle Geç Kretase ve Eosen yaşı volkano tortul kayaçlar yüzeylenmektedir (Şekil 2,3). Bu birimler yaşlıdan gence doğru aşağıda açıklanmıştır:

İnceleme alanında en alt seviyede gözlenen ve genellikle mor, yeşilimsi gri renkli bazalt, andezit, dasit, lav ve piroklastlarından oluşan birim Hamurkesen Formasyonudur (Ağar 1977). Birim içerisinde yer yer killi kireçtaşı, şeyl ve kumtaşları ara tabakaları bulunur. İntergranüler, mikrolitik, porfirik dokulu bazalt lavları bol olivinlidir. Bazatlarda albitleşme, serisitleşme ve kloritleşme yaygın olup seyrekl olarak yastık yapıları görülen birimin yaşı Liyas olarak kabul edilmiştir (Ağar 1977).

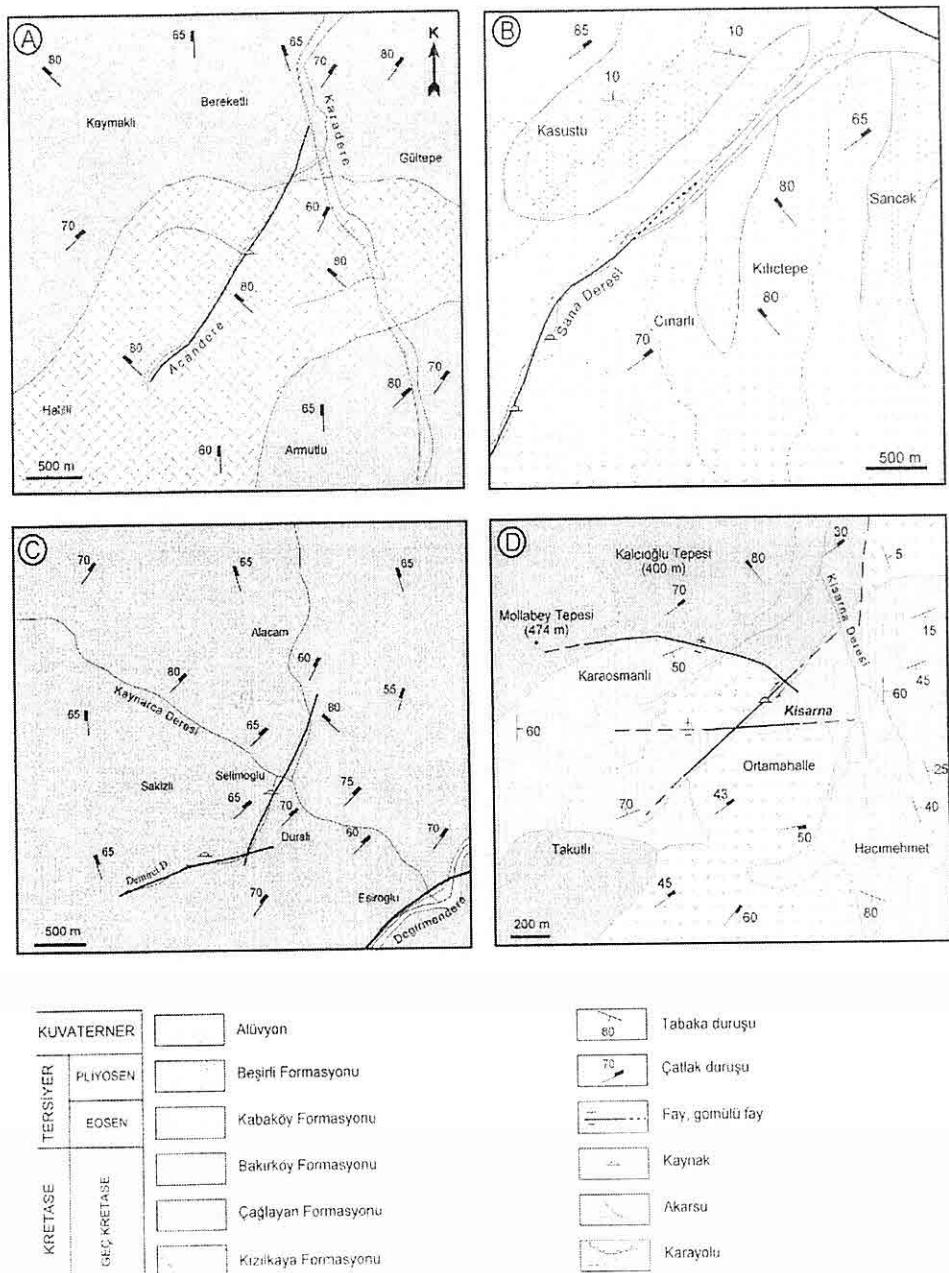
Çatak Formasyonu (Güven, 1993) başlica bazalt, andezit ve bazaltik,

andezitik piroklastlar ile kumtaşlı, silttaşlı, marn, şeyl ve kırmızı bordo renkli killi kireçtaşı tabaka veya seviyelerinin ardalanmasından oluşur. Volkanitler koyu gri, yer yer siyah, ayırtığında kahve renkli, genellikle kırıkkılı, çatıtlaklı ve boşluklu olup oldukça ayırmış ve kloritleşmişlerdir. Gri renkli kumtaşlı, marn ve şeyller düzenli ince tabakalanmalıdır. Bazı kesimlerde kırmızı-bordo renkli mikritler ve rekristalize kireçtaşları yaygındır. Kızılıkaya Formasyonu ile uyumlu olarak örtülen Çatak Formasyonu tektonik hareketliliğe bağlı olarak parçalanan ve aktivite kazanan karbonat platformu üzerinde çökelmıştır. Birim içerisindeki kırmızı-bordo renkli kireçtaşlarından alınan örneklerde tanımlanan mikro fauna yardımıyla birime Türoniyen- Konasiyen- Santonyen (Güven ve diğ., 1993) yaşı verilmiştir.

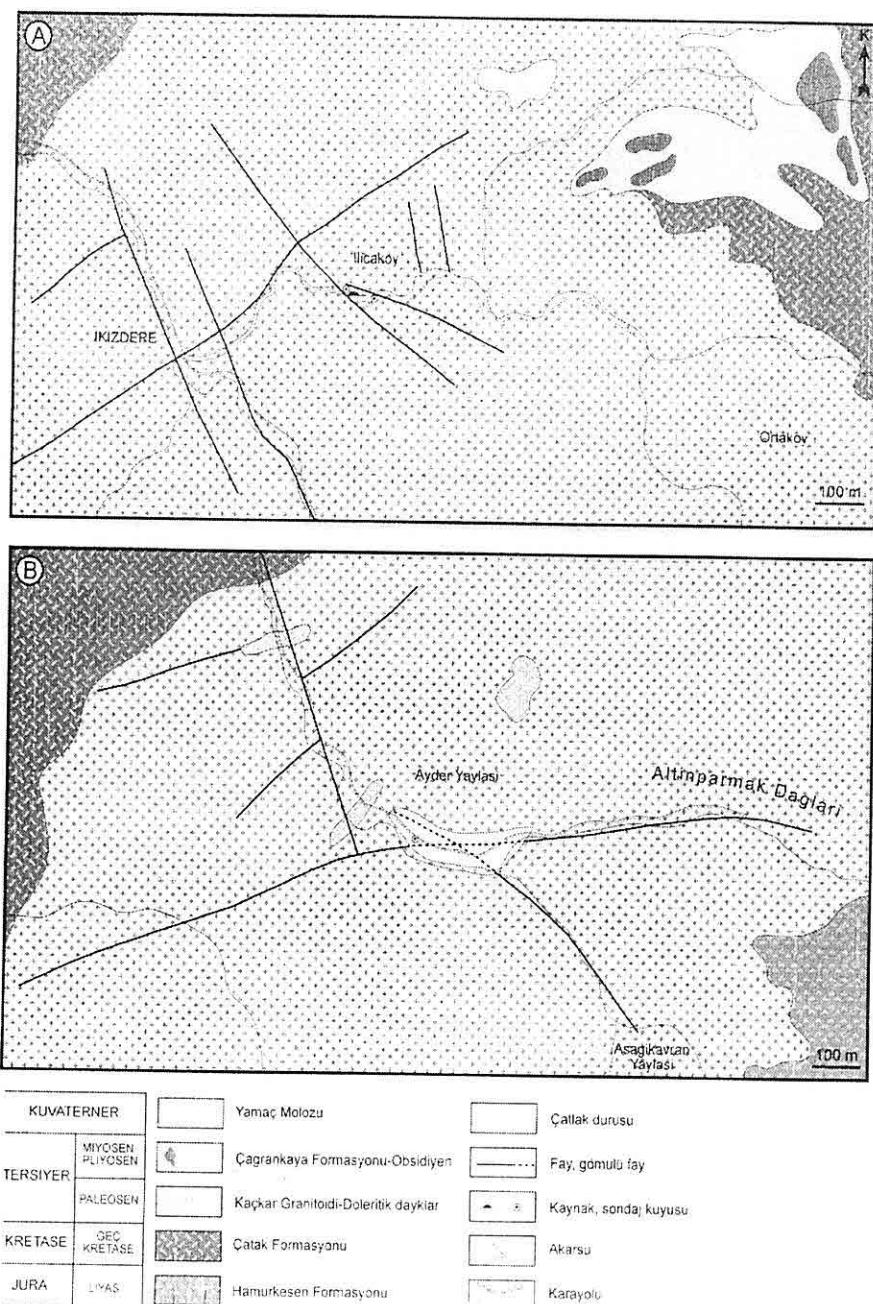
Kızılıkaya Formasyonu (Güven, 1993) çoğunlukla riyodasit- dasit ve riyodasitik dasitik piroklastlardan oluşur. Bölgede Çatak Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen riyodasit- dasitler, genellikle sarımsı gri renkli ve prizmatik kolon yapıları ile dikkati çeker. Yersel çok iri kuvarslı, porfiritik dokulu ve akma yapılıdır. Yersel ayırtma zonları içeren Kızılıkaya Formasyonu Doğu Karadeniz Bölgesi metalojenik provensi içinde yaygın olarak bulunan volkanojenik polimetetalik masif sülfid yataklarının oluşumunda önemli rol oynar. Birimin yaşı Santonyen'dir (Güven ve diğ., 1993).

Genellikle bazalt ve bazaltik piroklastiklerden oluşan Çağlayan

*TRABZON MİNERALLİ SULARI İLE AYDER VE İLÇAKÖYSİCAK SU KAYNAKLARININ
HİDROKİMYASAL VE İZOTOPİK ÖZELLİKLERİİN İNCELENMESİ*



Şekil 2. Trabzon mineralli su kaynaklarının jeoloji haritaları (A: Bereketli, B: İkusu, C: Selimoğlu-Duralı, D: Kisarna).



Şekil 3. Ayder ve Ilicaköy sıcak su kaynaklarının jeoloji haritaları,
(A: Ilicaköy, B: Ayder).

TRABZON MİNERALLİ SULARI İLE AYDER VE İLICAKÖYSİCAK SU KAYNAKLARININ HİDROKİMYASAL VE İZOTOPİK ÖZELLİKLERİİNİ İNCELENMESİ

Formasyonu (Güven, 1993), Kızılkaya Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Bazaltlar, bazaltik proklastikler ile iç içe bulunmakta olup, bazaltlar daha fazla alanda yüzeylenirler. Geç Kretase yaşı olan bu bazaltlar ve tüsleri arazide oldukça fazla ayrılmış kısmen sarı renkli killere dönüşmüş olarak gözlenmektedir. Bazalt içerisinde pillow lavaların bulunduğu bunların bir denizaltı volkanizması ürünü olduğunu belirtmektedir. Bazaltlar kısmen boşluklar içermekte olup, bu boşluklar kısmen kalsit ve zeolitle doldurulmuştur. Kayaç içerisinde ayrışma ürünü ve boşluk dolgusu şeklinde klorit, kalsit ve zeolit mineralleri bulunmaktadır.

Çağlayan Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelen Bakırköy Formasyonu (Güven, 1993); kumlu kireçtaşısı, kiltaşı, marn, tüfit ve kırmızı kireç taşı ardalanmasından oluşur. Tortul kayaçların tabaka doğrultu ve eğimleri yaklaşık K60D/28-32 GD'dur.

Genel olarak andezit, bazalt, andezitik-bazaltik piroklastikler ile kumtaşı kumlu kireçtaşısı ve marn ara seviyeleri içeren volkano-tortul karakterli kayaçlardan oluşan Kabaköy Formasyonu (Güven, 1993); Bakırköy Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelmiş arazide bey ve yeşilimsi gri renklerde gözlenir. Çok yoğun ayrımanın gözlentiği andezitler oldukça çatlaklıdır. Çatlaklar kısmen kalsit dolguludur. Bakırköy Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen Kabaköy Formasyonu Eosen yaşıdır (Yılmaz ve diğ., 1997).

Doğu Karadeniz Bölümü'nün doğu kesimlerinde yer alan Kaçkar Dağları,

granitoyidlerin en fazla yüzeylendiği bölgedir. Bu bölgede, genellikle Eosen yaşı birimlerin içine sokulan intrüzif kayaçlar, Güven ve diğ. (1993) tarafından Kaçkar Granitoyidi-I ve II olarak tanımlanmıştır. Geç Kretase boyunca gelişimini sürdürerek büyük ölçüde Paleosen sonunda yerleşimini tamamlayan granitoyidler ile Eosen yaşı birimler arasında bir aşınma düzlemi bulunmaktadır. Eosen döneminde yenilenen granitoyid intrüzyonları ise Eosen yaşı kayaçlarda kontakt etkiler yapmıştır.

İnceleme alanında İlıcaköy'ün Kuzey doğusunda Çağrankaya yaylasında andezit, andezitik piroklastikler ve obsidyenlerden oluşan Çağrankaya Formasyonu Güven(1993), Geç Kretase yaşı Çatak Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir ve Miyosen-Pliyosen yaşıdır (Yılmaz ve diğ., 1997).

Kabaköy Formasyonu üzerine uyumsuz olarak kötü tabakalanmalı, gevşek çimentolu, konglomera ve breslerden oluşan Pliyosen yaşı Beşirli Formasyonu (Güven ve diğ., 1993) gelir.

4. HİDROJEOLOJİ

Çalışma alanında yüzeylenen volkanik birimler geçirimlilikleri düşük olduğu için akifer özelliğinde değildirler. Bu kayaçların çatlaklarında bulunan az miktardaki sular, yol yarmalarında ya da yamaçlarda sızıntılar şeklinde görülür. Akifer özelliği taşıyan birimler genellikle dere kenarlarında dar şeritler şeklinde yüzeylenen alüvyon malzemelerdir.

İnceleme alanında volkanik kayaçların

çatlaklarından mevsimlere bağlı olarak sızan sular dışında önemli kaynaklar yoktur. Ancak debileri çok büyük olmayan mineralli su kaynakları vadi eteklerinde görülmektedir. Bunların bir kısmının iyon içeriği oldukça düşük, bir kısmı ise demirli olduğu için çok kullanılmamaktadır. Bu araştırmada önceki çalışmalarдан (Kara, 1997; Gültekin ve Dilek, 2001; Gültekin ve dig., 2005) yararlanarak iyon konsantrasyonu yüksek ve ekonomik değeri olabilecek kaynaklar incelenmiştir. Bunlar Küçükdere (Araklı) Havzasında yer alan Bereketli, Şana Deresi Havzasında yer alan İkisu, Değirmendere Havzasında yer alan Selimoğlu ile Durali ve Trabzon yerleşim yeri güneybatısında yer alan Kisarna mineralli su kaynaklarıdır.

İnceleme alanındaki mineralli su kaynakları genelde Orta- Geç Kretase yaşılı birimler içerisinde; sıcak su kaynakları ise Geç Kretase boyunca gelişimini sürdürün ve büyük ölçüde Paleosen sonunda yerleşimini tamamlayan granitoyidler içerisinde; kırık ve faylara bağlı olarak yüzeye çıkmaktadırlar.

5. SU KİMYASI

İncelenen kaynaklardan; mineralli su kaynaklarının 14-15°C sıcaklık ile "soğuk kaynaklar" (IAH, 1979) sınıfında olduğu, 0.2- 0.5 l/sn arasındaki debi değerleri ile "altıncı sınıf kaynaklar" (Meinzer, 1927), 20-21 °Fr sertlik derecesi ile Bereketli ve İkisu kaynakları "tatlı su", 25-29 °Fr sertlik derecesi Selimoğlu ve Kisarna Kaynakları "sert su" 39 °Fr sertlik derecesi ile Durali mineralli suyu "çok sert

su" sınıfındadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Kaynakların hepsi berrak, renksiz, kokusuz ve gazlı sudur.

Mineralli su kaynaklarında kurak ve yağışlı mevsimlerde yerinde pH, EC ve TDS ölçümü yapılmıştır. Kaynakların pH değerleri 5.45- 6.4 arasında, elektriksel iletkenlik değerleri 506-5070 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında, toplam çözünmüş madde miktarları ise 374- 5098 mg/l arasında değişir. Sıcak kaynaklardan Ayder Kaplıcası 9.07 pH, 211 $\mu\text{S}/\text{cm}$ EC; İlicaköy kaplıcası ise 6.5-6.78 arasında değişen pH, 4300-5500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ EC değerlerine sahiptir.

Kaynaklardan alınan suların kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde mek/l değerleri bakımından Bereketli, Selimoğlu ve Durali kaynaklarında Ca en yüksek katyon değerini, HCO_3^- ise en yüksek anyon değerini oluşturur. İkisu ve Kisarna kaynaklarında ise en yüksek değere sahip katyon Na, en yüksek değere sahip anyon HCO_3^- tır. Ayder ve İlicaköy kaynaklarında da Na en yüksek değere sahip katyon, HCO_3^- de en yüksek değere sahip anyondur.

İncelenen mineralli su kaynaklarının kimyasal açıdan sınıflarını ve kökenlerini belirlemek amacıyla Piper ve Schoeller diyagramları kullanılmıştır. Piper diyagramı (Şekil 4) incelendiğinde mineralli kaynaklardan Bereketli, Selimoğlu ve Durali kaynakları $\text{Ca}+\text{Mg} > \text{Na}^+ > \text{K}$ olan karbonatlı ve sülfatlı; karbonat sertliği % 50 den fazla olan sular bölgesinde; İkisu ve Kisarna kaynakları ise $\text{Na}^+ > \text{Ca}+\text{Mg}$ olan tuzlu ve sodalı

**TRABZON MİNERALLİ SULARI İLE AYDER VE İLÇAKÖYSİCAK SU KAYNAKLARININ
HİDROKİMYASAL VE İZOTOPİK ÖZELLİKLERİİN İNCELENMESİ**

Çizelge 1. İncelenen mineralli ve sıcak su kaynaklarının kimyasal analiz sonuçları.

| | Sıcak Sular | | | | | Mineralli Sular | | | |
|--------------------------------|-----------------|---------|-------|-------|--------|-----------------|---------------|--------------------|---------------------|
| | Ayder Sondaj | İlçaköy | | | | Kisarna | İkisu Şana | Selimoğlu Maçka | Bereketli Araklı |
| | | 1 | 2 | 3 | Sondaj | | | | |
| Sıcaklık(°C) | 57 | 20 | 30 | 24 | 63 | 15 | 19 | 15 | 14 |
| pH | 9.07 | 6.6 | 6.5 | 6.6 | 6.78 | 6.23 | 6.18 | 5.66 | 5.5 |
| EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 211 | 4500 | 4300 | 5500 | 4639 | 3890 | 5070 | 844 | 505 |
| Ca (mek/l) | 0.2 | 11.9 | 11.09 | 13.78 | 4.17 | 2.7 | 0.7 | 2.53 | 2.12 |
| Mg | 0.01 | 2.6 | 2.26 | 2.89 | 5.17 | 3.1 | 3.5 | 2.38 | 1.88 |
| Na | 1.43 | 28.77 | 32.62 | 40.13 | 40.87 | 23 | 47.5 | 1.8 | 1.75 |
| K | 0.04 | 4.04 | 3.91 | 4.88 | 4.36 | 13.4 | 19.8 | 0.06 | 0.03 |
| HCO_3^- | 1.1 | 35.44 | 34.95 | 41.88 | 33.71 | 25 | 40.2 | 4.7 | 4.4 |
| SO_4^{2-} | 0.9 | 4.62 | 4.4 | 5.3 | 6.63 | 13.2 | 16.8 | 1.44 | 0.35 |
| Cl | 0.2 | 9.4 | 9.7 | 10.9 | 13.5 | 5 | 13.2 | 0.28 | 0.25 |
| SiO_2 | | 37.8 | 35.98 | 40.93 | | | | | |
| B | | 37 | 37 | 43 | 58 | 0.44 | 1.4 | <0.1 | <0.1 |

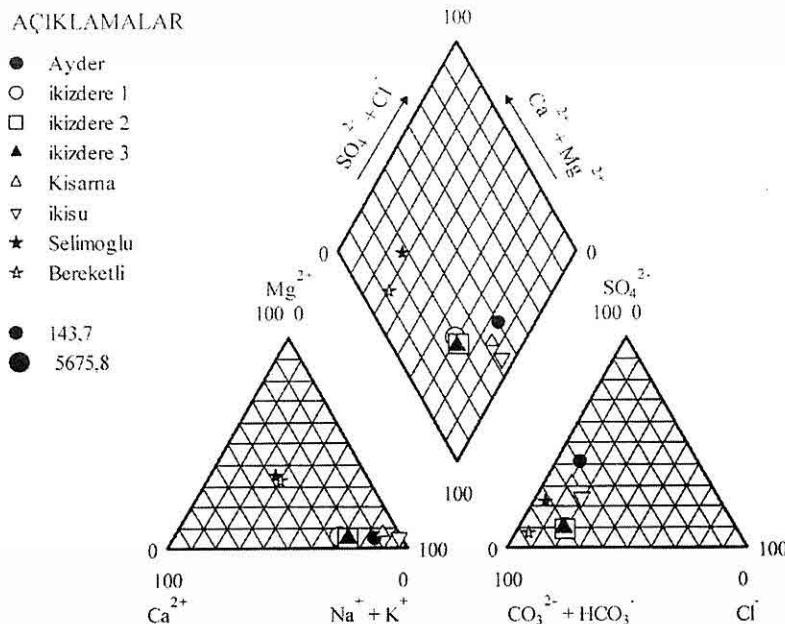
sular bölgesinde yer alır. Sıcak su kaynakları da $\text{Na}^+ \text{K} > \text{Ca}^+ \text{Mg}$ olan tuzlu ve sodalı sular bölgesinde yer alır.

Schoeller diyagramı (Şekil 5) incelendiğinde ise Bereketli, Selimoğlu ve Duralı kaynaklarına ait iyonların mek/l değerlerini birleştiren doğrular birbirine yakın ve paralel geçmektedir. Duralı ve Selimoğlu kaynaklarının iyon değerlerinin birbirine paralel olması bu iki kaynağın aynı kökenli olduğunu gösterir. Bereketli kaynağındaki Ca ve Mg değerlerinin birbirine yakın olması kaynak suyunun katyonları bakımından karışık sular sınıfında olduğunu gösterir. Piper diyagramında katyon küçük üçgeninde de bu durum gözlenmektedir. Kisarna ve İkisu kaynakları ise Ca iyonu dışında

birbirine paralellik gösterir. Sıcak sulardan İlçaköy kaynakları Kisarna ve İkisu kaynakları ile paralellik gösterirken, Ayder kaplıcası oldukça düşük iyon içeriğine sahiptir.

6. MİNERALLİ SU KAYNAKLARININ KÖKENLERİNİN DOĞAL İZOTOPLARLA BELİRLENMESİ

Son yıllarda hidrolojik ve hidrojeolojik araştırmalarda sudaki doğal izotoplar kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda genellikle radyoizotop olarak trityum (${}^3\text{H}$) ve karbon-14 (${}^{14}\text{C}$), kararlı (duraklı) izotop olarak da oksijen-18 (${}^{18}\text{O}$) ve döteriyum (${}^2\text{H}$) izotoplarından yararlanılmaktadır. Trityum ve karbon-14



Şekil 4. İncelenen mineralli su kaynaklarının Piper Diyagramındaki konumları.

yeraltı suyunun yaşının belirlenmesinde kullanılırken, oksijen-18 ve döteryum ise yeraltı suyunun beslenme alanını belirlemede ve yüzey su kütlelerinde buharlaşma göstergesi olarak kullanılmaktadır.

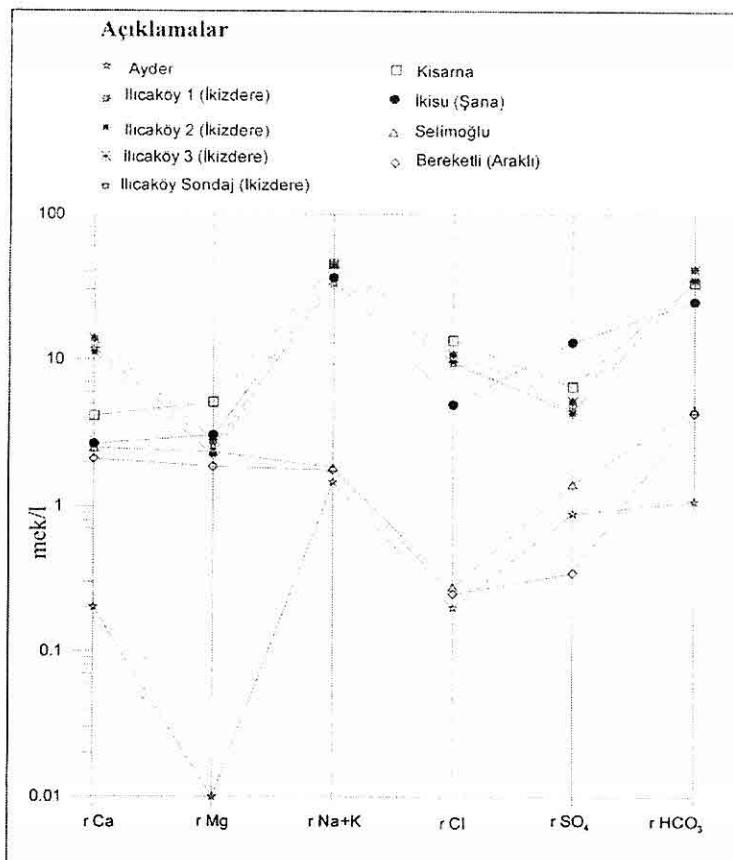
Oksijen ve hidrojen su molekülünü oluşturan iki element olduklarıdan dolayı oksijen-18, döteryum ve trityum izotoplari hidrolojik çevrimin çeşitli kesimlerindeki su hareketlerinin incelenmesi için izleyici olarak kullanılırlar. Bu doğal izotoplar, hidrolojik sistemlerle ilgili statik ve dinamik parametrelerin belirlenmesini sağlar.

Duraylı izotoplardan oksijen-18 ve

döteryumdan suların olası beslenme yükseltilerinin hesaplanmasında, trityumdan ise bağıl yaş ve geçiş sürelerinin belirlenmesi amacıyla yararlanılmıştır.

Yağışlardan alınan su örneklerinde duraylı izotoplardan oksijen-18 ve döteryum içerikleri arasındaki dünya yağışlarını temsil eden ilişkinin $\delta D = 8x \delta^{18}\text{O} + 10$ olduğu bilinmektedir (Craig, 1961; Yurtsever, 1978). Dünya Meteorik Doğrusu olarak adlandırılan bu doğruya göre mineralli sulardan alınan örneklerin konumları Şekil 5 de verilmiştir. Mineralli suların, sıcak mineralli sularla ve yüzey sularıyla olan

**TRABZON MİNERALLİ SULARI İLE AYDER VE İLİCAKÖYSİCAK SU KAYNAKLARININ
HİDROKİMYASAL VE İZOTOPİK ÖZELLİKLERİNİ İNCELENMESİ**

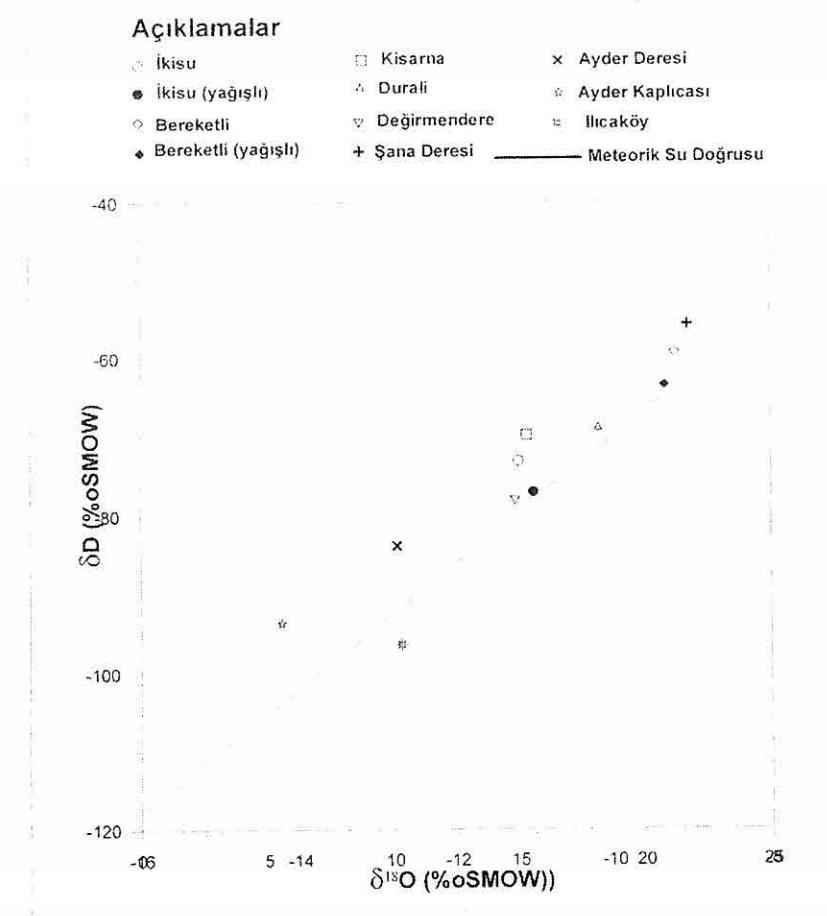


Şekil 5. İncelenen mineralli suların Schoeller diyagramındaki konumları.

ilişkilerini ortaya koymak amacıyla Şekil 6 da incelenen mineralli su kaynaklarının yanı sıra yüzey sularından ve bu bölgedeki sıcak mineralli sulardan alınan örnekler görülmektedir. Dünya Meteorik Doğrusuna göre; İlıcaköy sıcak su kaynaklarında izotopik yer değiştirmeye olayları gözlenmekte, Ayder sıcak su kaynaklarında yüzey veya sığ sularla karışım söz konusu, incelenen mineralli su kaynakları ve yüzey sularında herhangi bir değişim görülmemektedir.

Duraylı izotoplardan oksijen-18 ile döteryum arasındaki ilişki belli yağış rejimleri için değişmez. Bu nedenle örneklerdeki döteryum fazlası kullanılarak farklı yağış rejimlerinin etkisi belirlenerek, beslenme alanlarına gelen yağışların kökeni hakkında bilgi edinilebilir. Döteryum fazlası parametresi $d_f = \delta D - 8x\delta^{18}\text{O}$ eşitliğinden hesaplanır (Dansgaard, 1964).

Döteryum fazlasının (d_f) yüksek değerler aldığı noktalarda denizel kökenli



Şekil 6. Sıcak ve mineralli suların Dünya Meteorik Doğrusuna göre konumları.

yaşışlar, düşük değerler aldığı noktalarda karasal kökenli yaşışlar hakimdir (Kehinde, 1993).

Çizelge 2 İncelendiğinde mineralli su kaynaklarının df değerlerinin 11.19 ile 18.98 arasında değiştiği görülür. En düşük df değeri 11.19 ile Bereketli Mineralli suyunda, en yüksek df değeri ise 18.98 ile Kisarna Mineralli suyundadır. Kurak mevsimde İkisu kaynaklarının daha çok karasal kökenli yaşışlarla beslendiği

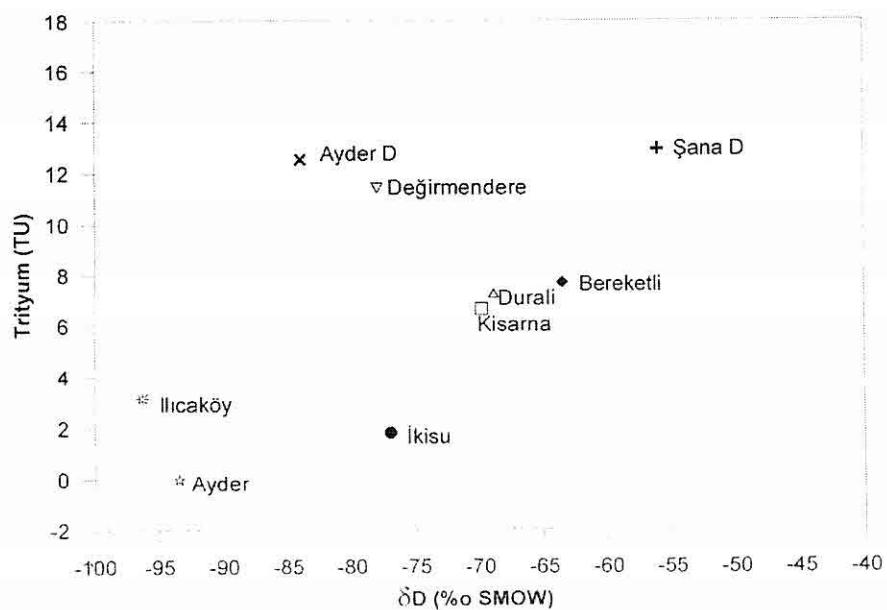
söylenebilir.

Aynı yağış rejiminden etkilenen sularda df değeri birbirine yakın değerde olacaktır. Ayrıca trityum içeriği yağışın katıldığı dolaşımı ifade edecektir. Döteryum –trityum ilişkisinden su noktalarının göreceli geçiş zamanları konusunda fikir edinilebilir (Şekil 7). İkisu (Şana) mineralli suyunun sıcak su kaynakları gibi derin dolaşım, Bereketli (Araklı), Duralı ve Kisarna mineralli sularının bunlara göre

*TRABZON MİNERALLİ SULARI İLE AYDER VE İLICAKÖYSİCAK SU KAYNAKLARININ
HİDROKİMYASAL VE İZOTOPİK ÖZELLİKLERİİN İNCELENMESİ*

Çizelge 2. İncelenen mineralli su kaynaklarının oksijen-18, döteryum, döteryum fazları (d_f) ve trityum değerleri

| | Kaynak adı | Tarih | Oksijen-18 | Döteryum | d_f | Trityum |
|----------------|-----------------------------------|------------|------------|----------|-------|------------------|
| Yüzey Suları | Değirmendere (Kanlıçelit Mev.) | 22.10.2003 | -11.25 | -78.13 | 11.87 | 11.30 ± 0.90 |
| | Şana Dere suyu | 20.09.2004 | -9.05 | -55.82 | 16.58 | 13.00 ± 2.05 |
| | Ayder Dere suyu | 19.09.2004 | -12.75 | -83.76 | 18.24 | 12.50 ± 2.20 |
| Minerali Sular | Bereketli (Araklı) M.S | 21.07.2004 | -9.34 | -63.53 | 11.19 | 7.7 ± 1.95 |
| | Bereketli (Araklı) M.S | 27.04.2005 | -9.22 | -59.35 | 14.41 | |
| | İkisu (Şana M.S) | 21.07.2004 | -11.02 | -76.96 | 11.2 | 1.70 ± 1.75 |
| | İkisu (Şana) M.S | 27.04.2005 | -11.21 | -73.08 | 16.6 | |
| | Duralı (Maçka) M.S | 22.10.2003 | -10.19 | -68.94 | 12.58 | 7.30 ± 0.75 |
| | Kisarna M.S | 22.09.2004 | -11.10 | -69.82 | 18.98 | 6.85 ± 2.05 |
| Sıcak Sular | İlıcaköy (İkizdere) Kaplıcası | 19.09.2004 | -12.70 | -96.34 | 5.26 | 3.10 ± 2.00 |
| | Ayder (Çamlıhemşin) Kaplıcası | 19.09.2004 | -14.22 | -93.61 | 20.15 | 0.00 ± 1.80 |
| | | | | | | |



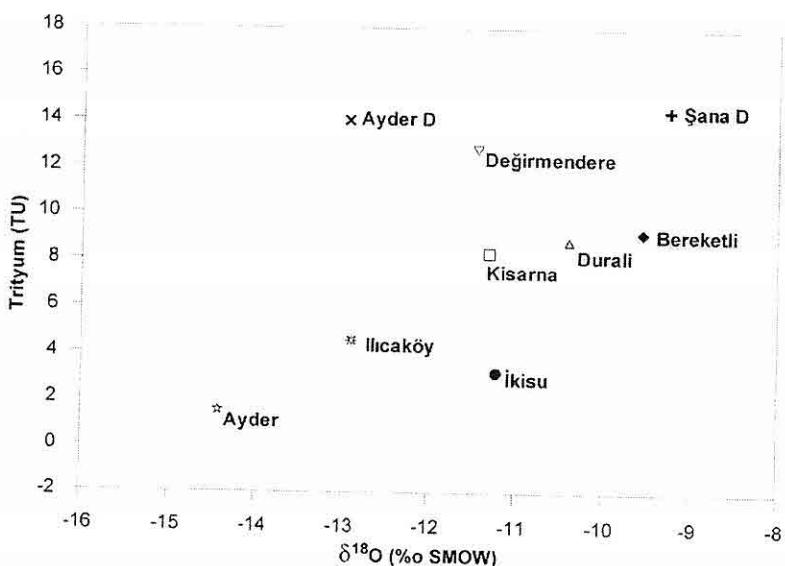
Şekil 7. İncelenen suların Döteryum - Trityum ilişkisi.

daha sıç bir dolaşım izlediği görülmektedir.

Oksijen-18- Tritium İlişkisi (Şekil 8) incelendiğinde İkisu (Şana) mineralli suyu soğuk sular içerisinde beslenme alanı yükseltisi ve yeraltında karış süresi en uzun olan kaynaktır. Kisarna mineralli suyu İkisu ile aynı beslenme yükseltisine sahip olmasına rağmen yeraltında karış süresi daha kısalıdır.

olarak yüzeye çıkmaktadır.

Trabzon mineralli su kaynaklarının pH değerleri 5.5- 6.23; elektriksel iletkenlik değerleri 506- 5070 $\mu\text{S}/\text{cm}$; toplam çözünmüş katı değerleri 374-5098 mg/l arasında değişmektedir. Ayder Sıcak su kaynağının sıcaklığı 57°C, pH değeri 9.07, elektriksel iletkenlik değeri 211 $\mu\text{S}/\text{cm}$, toplam çözünmüş katı değerleri 163 mg/l; İlıcaköy Sıcak su kaynağının



Şekil 8. İncelenen suların Oksijen-18- Tritium ilişkisi.

7. SONUÇLAR

Çalışma alanında Liyas'tan Kuvaterner'e kadar değişen zaman aralığında çökelmiş birimler yüzeylenir.

İncelenen sıcak su kaynakları Kretase'den Paleosen'e kadar gelişimini sürdürden granitik kayaçlardaki kırık hatları boyunca; mineralli su kaynakları ise genellikle Geç Kretase yaşlı bazalt, bazaltik piroklastiklerden oluşan birimler içerisindeki kırık ve fay hatlarına bağlı

sıcaklığı 20-63°C pH değeri 6.5-6.78, elektriksel iletkenlik değerleri 4300-5500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, toplam çözünmüş katı değerleri 4012-4115 mg/l'dir.

Mineralli kaynaklardan Bereketli, Selimoğlu ve Duralı kaynakları $\text{Ca}+\text{Mg} > \text{Na}+\text{K}$ olan karbonatlı ve sülfathi; İkisu ve Kisarna kaynakları ise $\text{Na}+\text{K} > \text{Ca}+\text{Mg}$ olan tuzlu ve sodalı sular sınıfında yer alır. Ayder ve İlıcaköy Kaplıcaları ise NaHCO_3 su tipindedir.

TRABZON MİNERALLİ SULARI İLE AYDER VE İLICAKÖYSİCAK SU KAYNAKLARININ HİDROKİMYASAL VE İZOTOPİK ÖZELLİKLERİNİ İNCELENMESİ

Mineralli su kaynakları Oksijen-18 - Döteryum ilişkileri açısından Genel Meteorik Doğru üzerinde yer alırlar. Bu nedenle meteorik kökenli sulardır. Oksijen-18 - Tritium ilişkisi bakımından; İkisu mineralli suyu soğuk sular içerisinde beslenme alanı yükseltisi ve yeraltında kalis süresi en uzun olan kaynaktır. Kisarna mineralli suyu İkisu ile aynı beslenme yükseltisine sahip olmasına rağmen yeraltında kalis süresi daha kısalıdır. Döteryum - Tritium ilişkisi bakımından; mineralli su kaynakları sıg dolaşım izlemektedir. Ayder ve İlicaköy sıcak su kaynakların daha derin bir dolaşımı, diğer mineralli su kaynaklarınınınca kısmen derin dolaşımı sahip oldukları, Ayder kaplicasının beslenme kotunun diğerlerinden oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir.

8. KATKI BELİRTME

Bu makale, Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen 2002.112.5.3 kod nolu proje bulguları çerçevesinde hazırlanmıştır.

9. KAYNAKLAR

Ağar, U. 1977, Demirözü (Bayburt) ve Köse (Kelkit) Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, KTÜ Matbaası, Trabzon, 58 s.

Craig, H., 1961, Isotopic variations in meteoric water, *Science* 133, 1702-1703.

Dansgaard, W., 1964, Stable isotopes in precipitation, *Tellus*, 16, 436-468.

Erguvanlı K. ve Yiğit, E., 1987, Yeraltı suları jeolojisi, 3. Baskı, İTÜ Maden

Fakültesi Yayın No 23, İstanbul, 339 s.

Gültekin, F. ve Dilek, R., 2001, Trabzon yakın çevresindeki mineralli su kaynaklarının hidrokimyası, *Yeraltı Suları ve Çevre Sempozumu*, 331-338, İzmir.

Gültekin F., Dilek, R., Fırat Ersoy, A., Ersoy, H., 2005, Aşağı Değirmendere (Trabzon) Havzasındaki Suların Kalitesi, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, Cilt 29, Sayı 1-2005, ISSN 10116-972, 21-35

Güven, İ.H., 1993, *Doğu Pontidlerin 1/25.000 Ölçekli Jeolojisi ve Komplikasyonu*, MTA, Ankara, (Yayınlanmamış).

Güven, İ.H., Nalbantoglu, A.K. ve Takaoglu, S., 1993, MTA Genel Müdürlüğü, 1/100.000 ölçekli açınsama Nitelikli Türkiye Jeolojisi Haritaları Serisi, Trabzon F43 ve G43 Paftaları, Ankara.

IAH, 1979, Comission of mineral and thermal waters, *Map of mineral and thermal water of Europe sc. 1/1500 000, Legend.*

Kara, İ., 1997, *Türkiye Termal Ve Mineralli Sular Envanteri*, MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Konya.

Kehinde, M.O., 1993, Preliminary Isotopic Studies in the Bida Basin, Central Nigeria, *Environmental Geology*, Volume 22, USA, 212-217.

Meinzer, O.E., 1927, Large springs in the United States, U.S. Geological Survey Water Supply Paper 557, Washington, D.C. 94 pp.

Yurtsever, Y., 1978, Tabii İzotopların Hidrojeolojide kullanımı Esasları ve Antalya Çivarı Karstik Bölgede Yerüstü-yeraltı Suyu İlişkisinin Tabii İzotoplarla Araç. Sonç. EİE Bülteni, 75-76, 1061-1080.

ULUDAĞ (BURSA) GÜNEYİNDEKİ MADEN SULARININ OLUŞUMUNA
İLİŞKİN BİR YAKLAŞIM

Füsun Servin TUT HAKLIDIR

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü,

Kocaeli/Türkiye

Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

M. Yılmaz SAVAŞÇIN

Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

ÖZET : Bursa ili yeraltı suyu, termal su ve maden suları bakımından oldukça zengin bir bölgedir. Bölgede soğuk sular yüksek kotlarda yoğun olarak bulunurken, termal kaynaklar daha çok şehir merkezine yakın bölgelerde, Uludağ'ın kuzeyinde düşük kotlarda gözlenmektedir. Bölgede maden sularının yerleşimi ise ağırlıklı olarak Uludağ'ın güneyinde, Nilüfer Çayına yakın bir vadi boyunca dir. Vadide yaklaşık 3.5 km'lik bir hat boyunca maden suyu çıkışları gözlenmektedir. Burada kurulu olan maden suyu fabrikaları bu suları şişeleyerek, piyasaya ullaştırmaktadır. Bu çalışma kapsamında maden suyu firmalarından biri olan "Uludağ Maden Suları" pilot bölge olarak seçilmiş ve bölgede uzun süreli su gözlemi yapılmıştır. Bölgede seçilen kaynak ve sondajdan bir yıl süre ile suda günlük Cl^- ve SO_4^{2-} analizleri yanı sıra aylık kimyasal analizler yapılmıştır. Sulardan alınan aylık ve haftalık örneklerle de δD - $\delta^{18}O$ analizleri yapılarak su- kaya etkileşimi irdelenmiştir. Pilot bölge çalışma süresince açılan sondajlarla birlikte bu kaynakların birbirleriyle etkileşimleri araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda Uludağ güneyinde dar bir alanda yer alan maden suyu kaynaklarının ve sondajların birbirleriyle ve farklı derinliklerdeki su girişimleriyle etkileşimi gözetilmiş, bu bölgedeki maden sularının çok dar bir alanda ve hassas dengeler esliğinde oluşumları modellenmiştir. Bu modele göre yükselen gaz fazı yeraltı suyunda çözünerek, çözelti katsayısını artırmakta ve konglomeratik kayalardan element çözerek maden suyuna dönüştürmektedir.

AN APPROACH OCCURENCE OF MINERAL WATER IN THE SOUTH
ULUDAĞ (BURSA)

ABSTRACT: Bursa city has rich thermal, mineral and ground water sources. Cold waters are generally located in high altitudes from plain to Mount Uludağ however thermal waters discharge are observed in low altitudes, especially near the city center. Mineral waters are located in along a valley in south of Uludağ. These mineral waters discharge are lined up along 3.5 km in the valley that is near the Nilüfer River. There

are a few mineral water companies in this region which are bottled mineral waters and transmitted to market. In this study, one of the mineral waters company "Uludağ Mineral Water" was selected pilot region for long time water monitoring in the region. Daily Cl^- , SO_4^{2-} analysis and monthly chemical analysis were done from the selected spring and drilling during a year in study area. Meanwhile weekly and monthly samples were taken from water springs and drilling for doing δD - $\delta^{18}O$ isotopes analysis to investigate water-rock interaction in the mineral water region. As a result, modeling of sensitive balance between mineral water springs and drillings interaction with both and the other waters interference, which are located in narrow area to each other in south of Mount Uludağ were realized. According to this model, ascending gas phase dissolves in groundwater and increases the solution coefficient so, resolves elements from conglomeratic rocks and turns to mineral water in this way.

1. GİRİŞ

Amacı Bursa yöresi jeotermal potansiyelinin değerlendirilmesi olan uluslararası bir proje kapsamında, bölgedeki jeotermal kaynakların yanı sıra yüzey suları, yeraltı suları ve kar örnekleri ile birlikte Uludağ güneyindeki bazı maden suları da proje kapsamında incelenmiştir. Bu çalışmada ise projenin salt maden sularını ilgilendiren bölümü değerlendirilmiştir.

Bu sulardan bazlarının günlük (Cl^- , SO_4^{2-}), özel seçilmiş olanlarının ise haftalık veya aylık periyotlarda anyon, katyon (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-}) analizleri, pH, sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EC), suda çözünmüş madde (TDS), suda çözünmüş oksijen, bikarbonat (HCO_3^-) ve $\delta^{18}O$, δD izotop analizleri ile kapsamlı bir veri bankası oluşturulmuştur.

Özellikle Uludağ Maden Suyu firmasının 2005 yılında gerçekleştirdiği sondajlardan sağlanan veriler de dikkate alınarak bölgedeki maden suyu oluşumuna ilişkin bir model ortaya konulmuştur.

2. MADEN SULARININ OLUŞUMU

Maden suları, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde uygun jeolojik şartlarda doğal olarak oluşan, en az 1000 mg/l çözünmüş mineraller ve/veya eser elementlerin yanı sıra, doğal yapısında karbondioksit ve radyoaktif elementler de içeren, yeryüzüne kendiliğinden çıkan veya teknik usuller ile çıkarılan, klinik yönden şifalı etkileri çeşitli yönetmeliklerde belirtilen nitelikleri taşıyan sıcak veya soğuk yeraltı suları olarak tanımlanır (Albu ve diğ. 1997). İçeriğinde 1000 mg/l'den fazla mineral çözeltisi olan ancak şifai etkisi olmayan sulara ise sadece yeraltı suyu denilmektedir.

Özellikle neo-tektonik aktiviteler açısından bakıldığından, Batı Anadolu bölgesindeki maden sularının hemen hepsinin potansiyel jeotermal alanlarda bulunması, Paleozoyik yaşılı mermere, kalkşist, Neojen kireçtaşı ve bazaltların yer aldığı, önemli grabenlerdeki akiferler, termal suların da depolandığı bölgelerdir. Batı ve Orta Anadolu'daki (Kula-Manisa

*ULUDAĞ (BURSA) GÜNEYİNDEKİ MADEN SULARININ OLUŞUMUNA İLİŞKİN BİR
YAKLAŞIM*

18.7 °C, TDS: 2366 mg/l), Salihli-Manisa (15.9 °C, 672 mg/l), Gazlıgöl-Afyon (18.5 °C, TDS: 4625 mg/l), Kızılcahamam-Ankara (27.9 °C, TDS: 5459 mg/l) maden sularının (MTA 2005), jeotermal alanlar ile ilişkisi, özünde yeraltı suyu, jeotermal akışkan ve maden suları etkileşimi yansımaktadır. Nitekim Möller ve dig. (2004) Kula'daki maden suyunun oluşumu ile ilgili olarak bu etkileşimi yansıtan bir model önermektedirler. Araştırmacılara göre Kula maden suları, derinden yükselen sıcak suların karbonatlarla (özellikle önceki jeotermal suların ürünü lokal jeotermal travertenler) etkileşimi sonucunda oluşup, CO₂ bakımından zengin yeraltı sularını yansımaktadırlar (Çizelge 1).

Başa bir örnek ise, Orta Anadolu'daki termal bir alanda fay boyunca çıkışı gözlenen CO₂ bakımından zengin Yeşilhisar (Kayseri) maden suyudur (13–16 °C - 6125 mg/l). CO₂ açısından zengin bu maden suyu, daha düşük sıcaklıkta yüksek mineral içeriğine sahiptir (Afşin ve dig. 2006). Düşen su sıcaklığı ile suda CaCO₃ ve buna bağlı olarak CO₂ çözünmesi artmakta ve su-kayaç etkileşimi ile yan kayaçtan daha fazla mineral çözümü de gerçekleşmektedir.

Özetlenirse, Batı Anadolu'daki olaylarda yeraltı suyu, jeotermal akışkan ve maden suyu bir aradalığı, neo-tektonik aktivitenin denetiminde işlevini sürdürmektedir (Başkan ve Canik 1983; Batlochetti 1990; Güleç 1993). Bursa'da Uludağ güneyinde bir vadi boyunca

Çizelge 1. Türkiye'deki çeşitli maden suları ve oluşum mekanizmaları

| Maden Suyu | Oluşum Mekanizması |
|----------------------------|---|
| Kula Maden Suyu | Derinden yükselen sıcak suların eski jeotermal kökenli traverten türü karbonatlarla etkileşimi sonucunda oluşmuştur. CO ₂ 'ce zengindir (Möller ve dig. 2004). Bu nedenle yan kayadan kolayca mineral çözülebilir. |
| Sarıkız Maden Suyu | Gediz Grabeni Alaşehir bölgesindeki çakan maden suyunun kökeni meteoriktir. Meteorik suların faylar boyunca sızması ve karstik kayalarla etkileşimi sonucu oluşur. Mg-Ca-HCO ₃ tipindedirler (Tarcan ve dig. 2005). |
| Kızılcahamam Maden Suyu | Kaynama sırasında buhar kaybına bağlı olarak uçucu bileşenlerle zenginleşme ve farklı derecelerde su karışımlarından oluşur. Mg-Ca-HCO ₃ tipindedirler (Güleç, 1993). |
| Afyon- Gazlıgöl Maden Suyu | Bölgedeki sular Na-HCO ₃ tipindedirler. Bu maden suyu, soğuk olmasına karşın diğer bölge sularından daha fazla çözülmüş madde içermektedir. Ortamda yüksek CO ₂ gazının maden sularına etki ettiği ve maden sularının sık kökenli olduğu düşünülmektedir (Mutlu, 1997). |

bulunan maden sularının da bu aktivitenin denetiminde yüzeye çıkmaktadır.

3. ULUDAĞ VE ÇEVRESİNİN JEOLOJİSİ

Marmara Bölgesinin en yüksek dağı olan Uludağ (2543 m), Bursa Ovasının güneyinde yer alan asidik bir plütonun yerleşimidir ve tektonik yükselme ile gelişmiştir. Zirvenin kuzeye bakan yamacında skarn tabakaları (Van der Kaaden 1958) içinde volfram içeren damarlar bulunmakta ve volfram madeni çıkarılmaktadır (İnan, 1980).

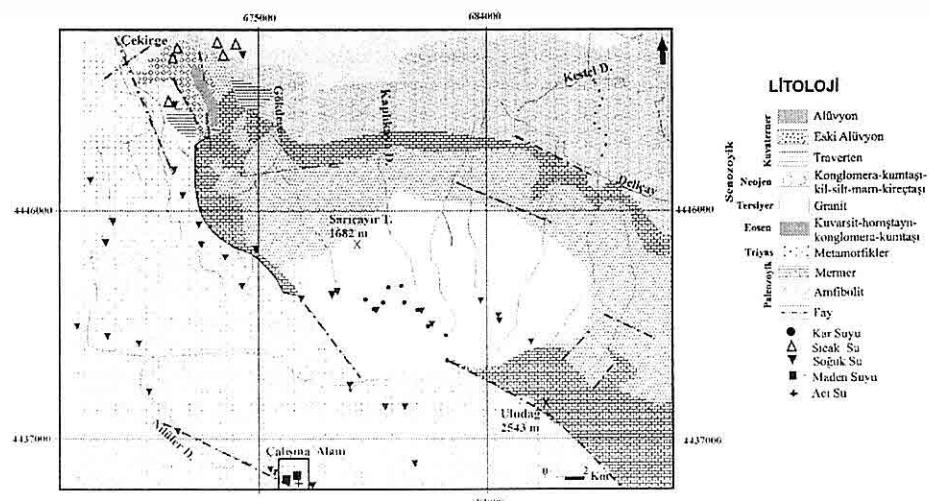
3.1. Stratigrafi

Uludağ temelde Paleozoyik yaşı metamorfik kayalardan oluşmaktadır (Ketin, 1947). Dağın merkezinde yer alan yüksek dereceli bölgesel metamorfizma kayaları, tektonik sınırlarla düşük dereceli metamorfik kayalardan ayrılır.

Oligosen yaşlı, açık renkli granitik ürünler, yüksek dereceli metamorfizma birimiyle Uludağ platosu içinde yer almaktadır (Bingöl ve diğ. 1982). Bursa Ovasının doğusunda kristalin temel üzerinde Paleozoyik yaşı sedimanter örtü gözlenmektedir. Burada kırılgan, deform olmuş bazaltlar, kumtaşları, marn ve Erken Permiyen yaşlı, fusilina içeren kireçtaşları yer almaktadır. Uludağ batısında, sıcak su kaynaklarına yakın bölgede Orta ve Geç Miyosen yaşlı volkanik kayalar ve Neojen sedimentler, düşük dereceli metamorfik kayalar üzerinde yer alırlar (Imbach, 1997); (Şekil 1).

3.2. Yapısal Jeoloji

Uludağ büyük bir tektonik yükselme zonudur. Fay düzlikleri boyunca yapraklı Neojen sedimentlerin varlığı, Miyosen sonrası süreçte de tektonik yükselmenin devam etmiş



Şekil 1. Uludağ-Bursa bölgesinin jeolojisi ve örneklemeye yapılan farklı su kaynaklarının lokasyon haritası (jeoloji haritası Imbach, 1992'den alınmıştır).

olabileceğini düşündürmektedir. Uludağ üzerindeki ana fayların yönelimleri KD-GB açılma ve KB-GD sıkışma olarak değerlendirilmektedir (Imbach, 1992).

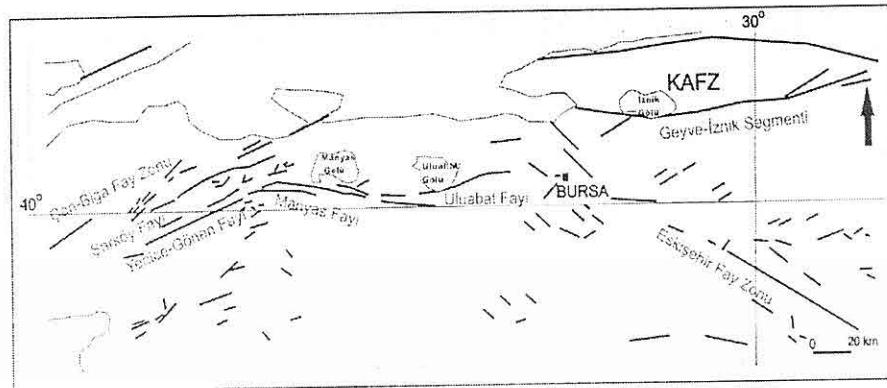
Eskişehir Fayının uzantısı görünümündeki KB yönlü faya paralel derin vadiler açılmış olup, Nilüfer Çayı da böyle bir doğrultuda yerini almıştır. Bu durumda KB yönlü uzanımlar Batı Anadolu'daki esas genleşmenin uzantısı olarak da düşünülebilir (Doglioni ve dig. 2002). Nitekim maden suları da, Nilüfer Çayı kenarında ve KB yönlü bir dizilim gösterirler (Şekil 1).

Daha kuzeyde ise GPSdataları, ana tektonik aktivitenin sağ atımlı tipte, Kuzey Anadolu Fay Zonunun güney kenarı boyunca Mudurnu Vadisinden Marmara Denizi yoluyla Saros Körfezine doğru yer aldığı göstermektedir (Imbach, 1997). Tokçaoer ve Savaşçın (2007) Kuzey Anadolu Fay Zonunu, Batı Anadolu'daki genleşme rejiminin sınırı olarak kabul ederler. Bu durumda Bursa ve çevresi,

değişik iki tektonik evrimin sınırında yer almaktır ve her iki yapısal ortamdan da etkilenen tipik bir sınır bölgesidir (Şekil 2).

3.3. Bölgede İncelenen ve Benzer Özellikteki Diğer Maden Suları

Proje kapsamındaki inceleme alanında, altı jeotermal doğal kaynak ve kuyu (Şekil 1), dört yeraltı suyu çıkıştı ile bir adet acı su çıkıştı, bir maden suyu yıl süresince sürekli olarak (2004 – 2006) farklı jeokimyasal yöntemlerle ve değişik periyotlarda (gündük, haftalık ve aylık analizler) detaylı biçimde incelenmiştir. Periyodik olarak izlenen su kaynakları yanı sıra, çalışma alanında bulunan ve 39 adet yeraltı suyu çıkıştı, 4 adet maden suyu ve Uludağ'ın farklı seviyelerinden alınan kar örnekleri de farklı dönemlerde hidrojeokimyasal amaçlı olarak incelenmiştir. Söz konusu lokasyonlar üç boyutlu topografya haritasında gösterilmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Bursa ve çevresinin etkilendiği tektonik hatlar (Şaroğlu ve dig. 1992; Bozkurt 2001, Yaltırak 2002; Selim ve dig. 2006'dan düzenlenerek).

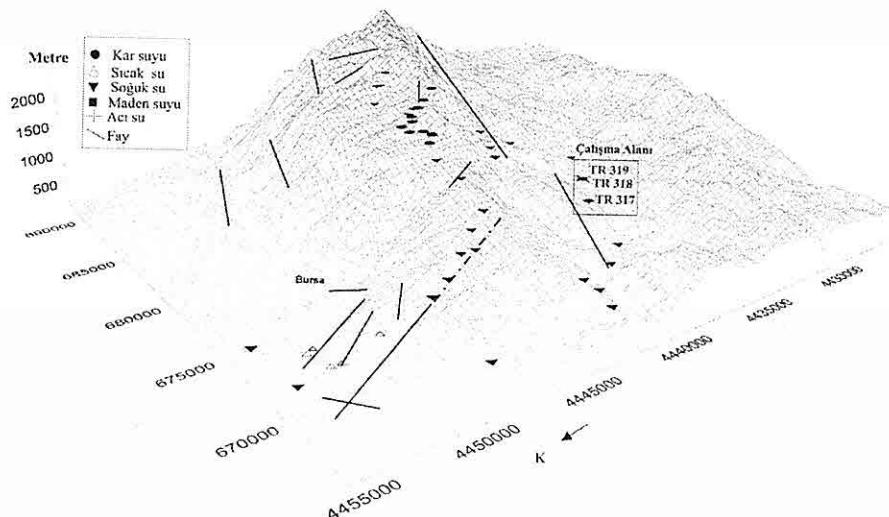
Bu çalışma kapsamında ise özellikle Uludağ maden suları bölgesi ön plana çıkartılmıştır (Şekil 1). Sürekli izleme yapılan eski kaynak olarak bilinen maden suyu kaynağı (TR317), acı su olarak tanımlanan sondajdan gelen su (TR319) ve sürekli izlenmemesine karşın dönemsel olarak incelenen yeni kaynak olarak adlandırılan (TR318) maden suyu çıkışı bu çalışma konusu içinde yer almaktadır. Bölgede Uludağ maden suları dışında yer alan Çınar ve Sırma maden sularından da farklı dönemlerde örnekleme ve analizler yapılmış olup, bu maden suları dışında bölgede Özkaynak ile yeni kurulan Sodaş firmaları maden suları da bulunmaktadır.

bir tektonik vadi içinde yer almaktadırlar. Ancak bu coğrafi kopukluk termal sular ile maden sularının farklı sistemleri yansittıkları anlamında değerlendirilemez.

4. ULUDAĞ MADEN SUYUNUN KONUMU

Çaybaşı Köyü güneyinde Nilüfer Çayı kuzey eteğinde yer alan Uludağ Maden Suyu, bölgedeki birkaç maden suyu işletmesinden biri olup, tüm maden sularının yerleşimleri Şekil 4'de gösterilmektedir.

Maden suyu çıkışları bölgede KB-GD doğrultuda yaklaşık 3.5 km boyunca gözlenmektedir.

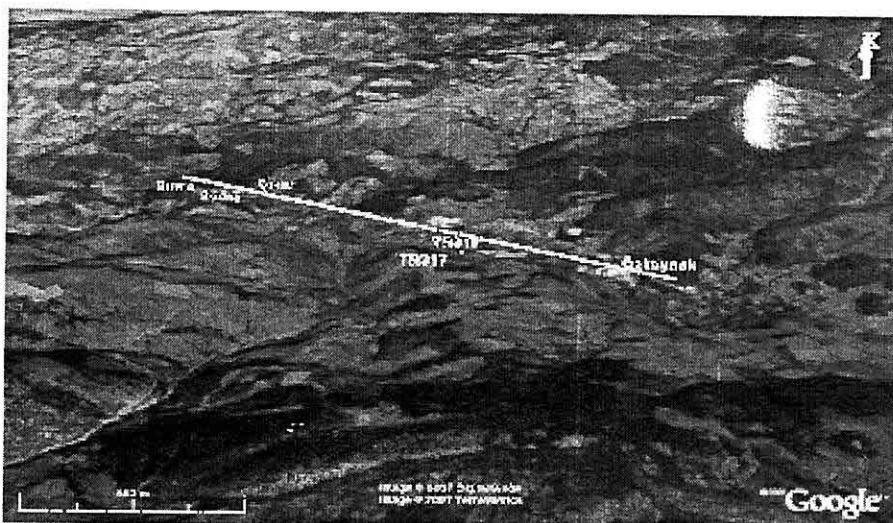


Şekil 3. Çalışma alanında örneklenen sıcak, soğuk, mineralli ve kar sularının üç boyutlu topografya haritasında faylarla ilişkili konumlarının gösterimi (fay verileri Imbach, 1997 ve Yaltırak, 2002'den alınmıştır).

Şekil 3'de görüldüğü gibi jeotermal kaynaklar Uludağ'ın kuzey batısında bulunurlarken, mineralli sular (TR317, TR318, TR319) güney batı uzanımlı derin

Bu su kaynaklarından alınan örneklerin analizleri Çizelge 2'de verilmiştir. Şekil 5a ve Şekil 5b'den görüldüğü üzere, bu sular aynı akiferden beslenen benzer

*ÜLUDAĞ (BURSA) GÜNEYİNDEKİ MADEN SULARININ OLUŞUMUNA İLİŞKİN BİR
YAKLAŞIM*



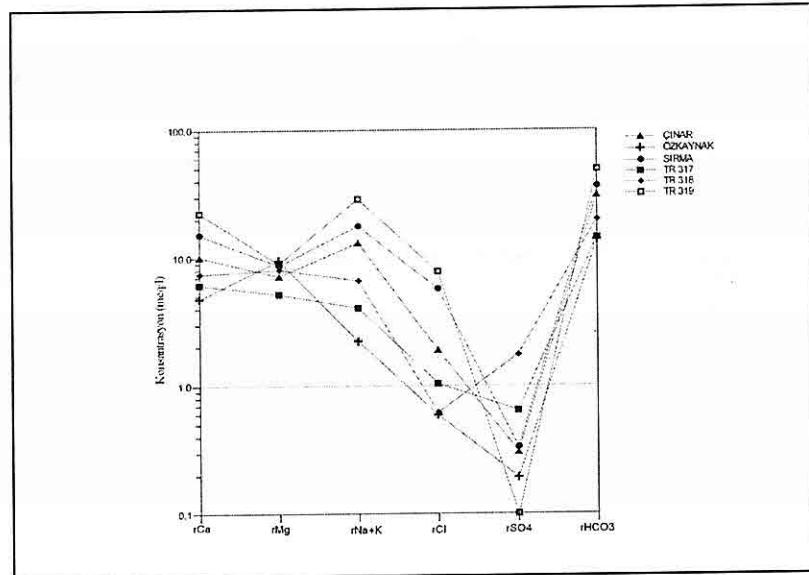
Şekil 4. Uludağ'ın güneybatısında bir vadi boyunca çıkışları gözlenen maden sularının dizilimleri (Şekilde Uludağ Maden Suları kaynakları, incelemesi yapılan TR317 nolu kaynak ve TR319 nolu sondaj ile temsil edilmektedir).

Çizelge 2. Uludağ Güneybatısında Yer Alan Maden Sularının Analizleri.

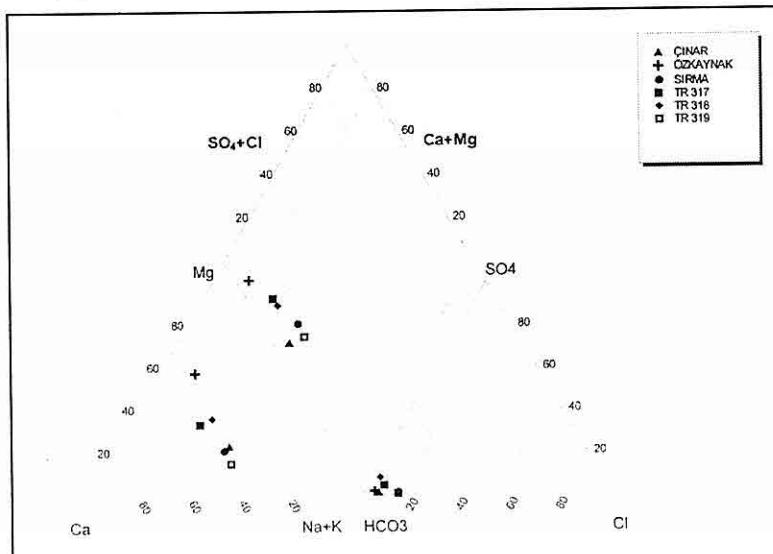
| Maden Suyu/ (mg/l) | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | SiO ₂ | Fe ²⁺ | NH ₄ ⁺ | Cl ⁻ | HCO ₃ ⁻ | NO ₃ ⁻ | NO ₂ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | pH | EC | δ _{18O} | δD |
|-------------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------|------|------------------|-------|
| TR317a (Eski kaynak) | 168 | 74 | 21 | 178 | 29.9 | 0.085 | 0.2 | 79 | 1154 | 0.0025 | B | 7,9 | 6,26 | 1479 | -8,38 | -66,7 |
| TR318c (Yeni kaynak) | 150 | 98 | 22 | 152 | 38,7 | 2 | B | 83 | 1204 | B | B | 22 | 5,9 | 1916 | -8,33 | -63,1 |
| TR319a Sondaj | 420 | 95 | 75 | 557 | 32,1 | 0,2 | B | 300 | 2964 | B | 0,005 | 4 | 6,4 | 4460 | -6,82 | -66,7 |
| Sırmab | 304 | 106 | 40 | 407 | 36 | 0,02 | B | 202 | 2196 | 1,947 | B | 16 | | | -7,83 | -64,8 |
| Özkaynakb | 96 | 87 | 8,21 | 51 | 35 | 0,10 | 0,12 | 21 | 834 | B | B | 9,25 | 6,5 | - | - | - |
| Çınar c | 204 | 106 | 41 | 302 | 24 | 0,03 | B | 67 | 1879 | 2 | B | 14,7 | 6 | 2580 | - | - |
| Maden Suyu/ (meq/l) | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Cl ⁻ | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | | | | | | | | | |
| TR317a (Eski kaynak) | 6,12 | 5,18 | 0,42 | 4,04 | 1,03 | 14,16 | 0,64 | | | | | | | | | |
| TR318c (Yeni kaynak) | 7,47 | 8,06 | 0,56 | 6,61 | 2,34 | 19,73 | 0,45 | | | | | | | | | |
| TR319a Sondaj | 22,52 | 8,96 | 2,1 | 28,97 | 7,75 | 48,58 | 0,09 | | | | | | | | | |
| Sırmab | 15,16 | 8,72 | 1,07 | 17,7 | 5,69 | 35,99 | 0,33 | | | | | | | | | |
| Özkaynakb | 4,78 | 8,72 | 0,21 | 2,21 | 0,59 | 13,67 | 0,19 | | | | | | | | | |
| Çınar | 10,17 | 7,15 | 1,04 | 13,14 | 1,89 | 30,79 | 0,30 | | | | | | | | | |

tipdeki sulardır. Şekil 5c'de bölgedeki suların ham yani su-kaya etkileşiminde dengeye ulaşmamış sular oldukları anlaşılmaktadır.

Uludağ Maden Suyunun çıktığı bölgedeki değişik kaynak ve sondajların, ölçekli topografik yerleşim biçimini ve ölçekli sondaj derinlikleri ise Şekil 6'da

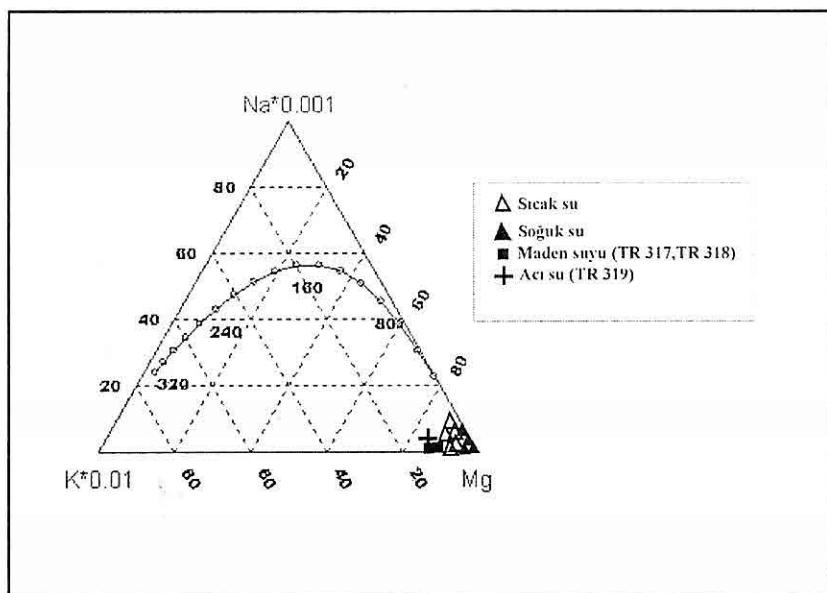


Şekil 5a. İnceleme alanı ve yakın çevresindeki diğer maden sularının Schoeller diyagramıyla değerlendirilmesi.

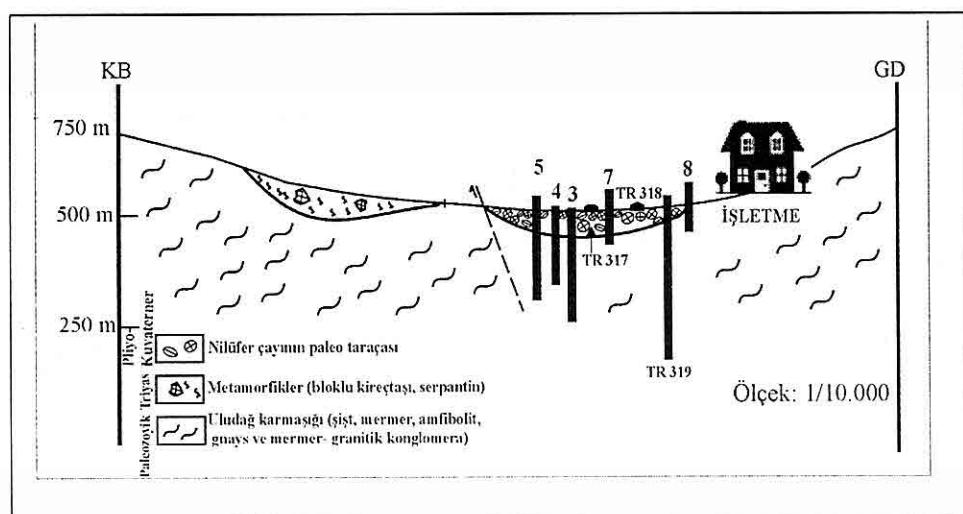


Şekil 5b. İnceleme alanı ve yakın çevresindeki diğer maden sularının Piper diyagramıyla değerlendirilmesi.

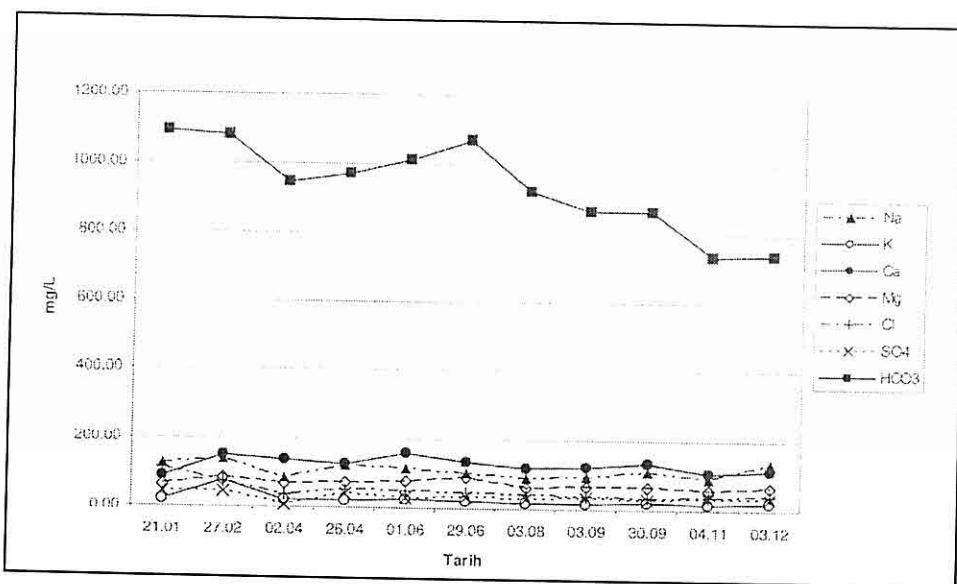
ULUDAĞ (BURSA) GÜNEYİNDEKİ MADEN SULARININ OLUŞUMUNA İLİŞKİN BİR YAKLAŞIM



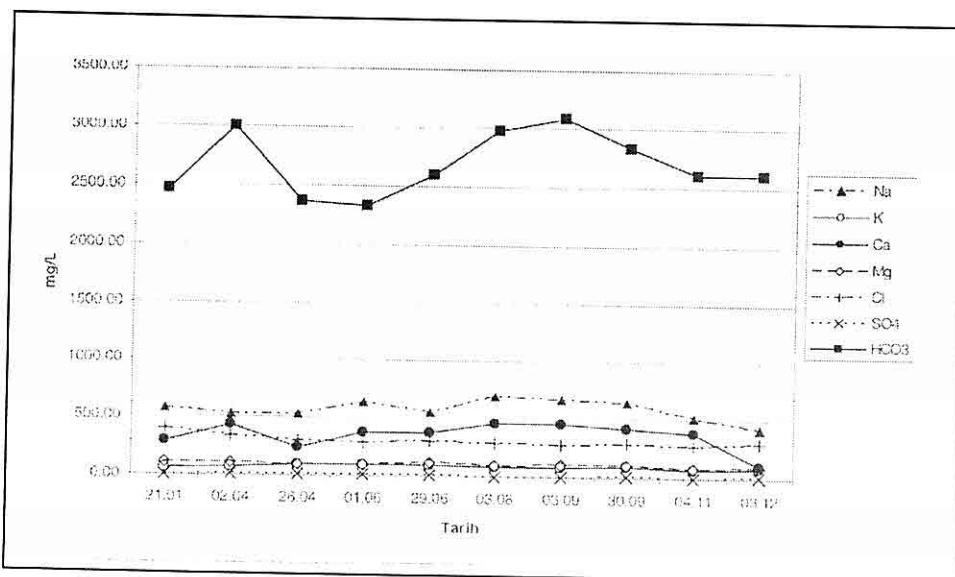
Şekil 5c. İnceleme alanındaki maden sularının Gigenbach diyagramıyla bölgdedeki diğer karakterdeki sularla karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesi.



Şekil 6. Uludağ maden suyu bölgesindeki sondajların ve mineralli suların konumu (3, 4, 5, 7, 8, TR319 numaraları sondaj lokalitelerini, TR317 ve TR318 ise doğal çıkışları temsil etmektedir. TR rumuzlu sular tarafımızdan numaralandırılmış, diğer lokasyonlar için ilgili şirketin verdiği numaralandırmalar kullanılmıştır).



Şekil 7. Uludağ maden suyu kaynağında (TR317) 2004 yılında aylara göre iyon değişimleri.



Şekil 8. Uludağ maden suyu (acı su) sondajında (TR319) 2004 yılında aylara göre iyon değişimleri.

Ca-HCO₃ tipinde olduğu belirlenmiştir. Bu sular karşılaştırıldığında TR319 sondajındaki Na⁺ ve HCO₃⁻ iyonlarının baskınlığı göze çarpmaktadır. Bölgede yer alan Çınar, Sırma ve Özkaynak firmalarına ait maden sularının da aynı akiferden geldiği gözlenmektedir (Şekil 5a).

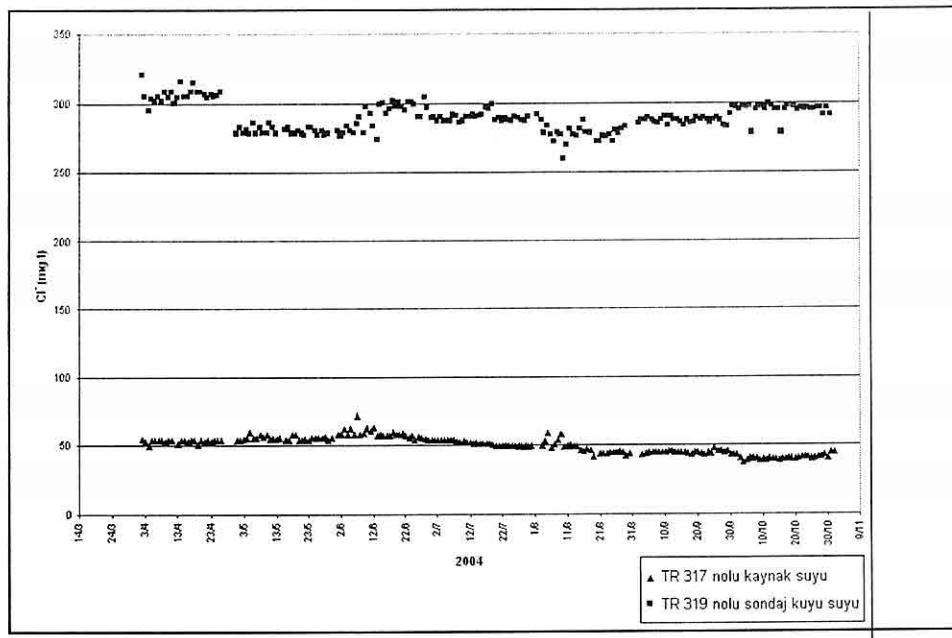
TR319 nolu sondaj kuyusu suyu çok konsantre olup (Çizelge 2), bölgede kendisine 200 m. uzaklıkta açılmış 134 m derinliğe sahip sondaj kuyu suyuna benzer kimyasal özellik gösterdiğinden, 134 m'den daha derindeki bir sıcak kapanının üst dolaşımını yansıttığı düşünülmektedir. Bölgede TR317 ile gösterilen maden suyu kaynağından ve acı su olarak adlandırılan TR319 sondajından yaklaşık bir yıl süreli günlük örnekler alınıp, Cl⁻ ve SO₄⁻² iyonları izlemesi yapılmıştır (Şekil 9 ve 10).

İzleme sonucunda maden suyu kaynağı Cl⁻ değerleri daha düşük ve düzenli bir eğilim gösterirken, TR319 sondajında kaynağı göre yaklaşık daha fazla Cl⁻ iyonu gözlenmiştir. SO₄⁻² iyonlarının günlük değişimine bakıldığına ise maden suyu kaynağında daha yüksek miktarlar görünürken, sondajla gelen suda ise daha düşük değerler gözlenmektedir.

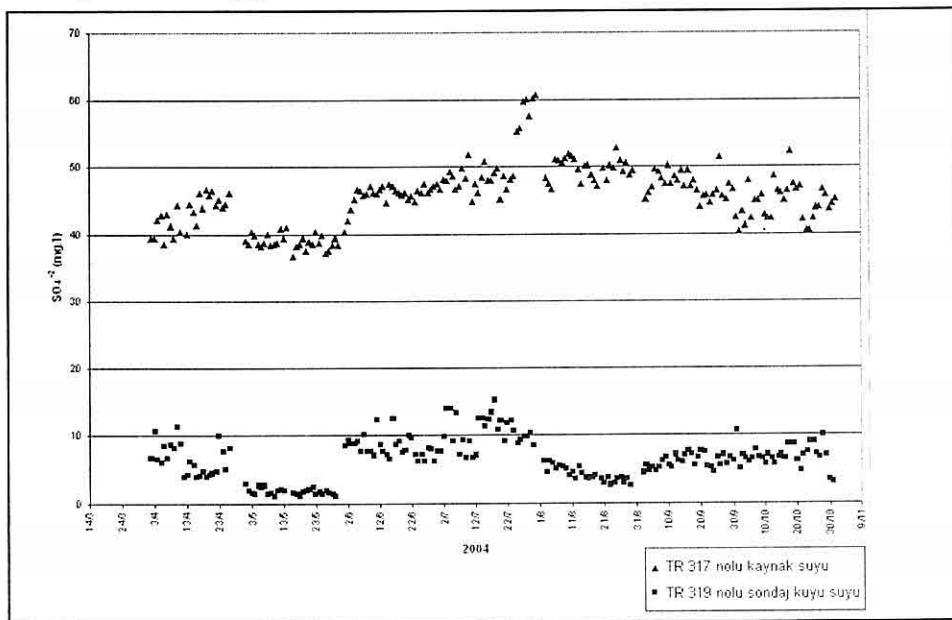
Bu alandaki yüksek sülfat değerleri, suların bölgedeki maden yatakları ile (Uludağ, Keles volfram yatakları; Van der Kaaden 1958; MTA 1980) etkileşimiğini yansıtmaktadır. Sülfat iyonundaki yıllık sapmalar, farklı konsantrasyonlarda olsalar bile acı suda ve maden suyunda benzer bir eğilimi yansıtmaktadırlar. Bu da aynı sistem içinde davranışlarını göstermektedir.

HCO₃⁻ ve Cl⁻ derin dolaşimdaki acı suda daha fazladır. Bunun nedeni Cl⁻'ün daha derin bir dolaşımından sürekli beslenmeyi yansıtmasıdır. Bu Cl⁻ zenginliği TR319 nolu acı su örneğinin tüm diğer anyon ve katyonları çok daha yüksek oranlarda çözebilmesini sağlamaktadır. Ancak 3 numaralı kuyuda gözlendiği gibi, derin kökenli acı su, özgül ağırlığı nedeniyle yükselemese de, kendi gaz fazını yukarılara gönderebilmektedir. Sülfatın bir bölümünü gaz olarak yükselse de (sondaj çevresinde hissedilir koku ile kendini göstermektedir) önemli bir bölümü alt katmanlardaki indirgen ortamda FeS₂ olarak çıktılarından TR319 (acı su) örneğinde düşük SO₄⁻² değerleri gözlenmektedir. Maden suyunda ise, gaz fazında yükselen sülfatın bir kısmı çözünerek bollaşmış, ancak maden suyu özelliğini etkilemeyecek oranda seyrelmiş biçimde yeniden görebilmekteyiz. Bu doğal jeokimyasal işlev, adeta içilebilir bir maden suyu üretmeye yöneliktir.

Günlük izleme ile ilgili sonuçlarda Cl⁻ 'ün daha derin kökenli sularda, SO₄⁻² 'in ise daha yüzeye yakın sularda bol olarak gözlenmesini ortaya koymaktadır. Ellis ve Mahon (1977)'de derin sondajlarla ilgili bir çalışmalarında yüzeye yakın sularda genelde SO₄⁻² bolluğu gözlenirken, daha derinlerde bikarbonat ve özellikle 500 m.'den daha derin sondajlarda ise baskın iyonun Cl⁻ olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada artan derinlikle Cl⁻ iyonu seviyesinin yükselmesi TR319 nolu sondaja ait kuyu suyunda gözlenmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. TR317 nolu kaynak ve TR319 nolu sondaj kuyusu sularında 2004 yılında günlük Cl^- değişimi



Şekil 10. TR317 nolu kaynak ve TR319 nolu sondaj kuyusu sularında 2004 yılında günlük SO_4^{2-} değişimi.

ULUDAĞ (BURSA) GÜNEYİNDEKİ MADEN SULARININ OLUŞUMUNA İLİŞKİN BİR YAKLAŞIM

İzotop Analizlerinden Sağlanan Veriler

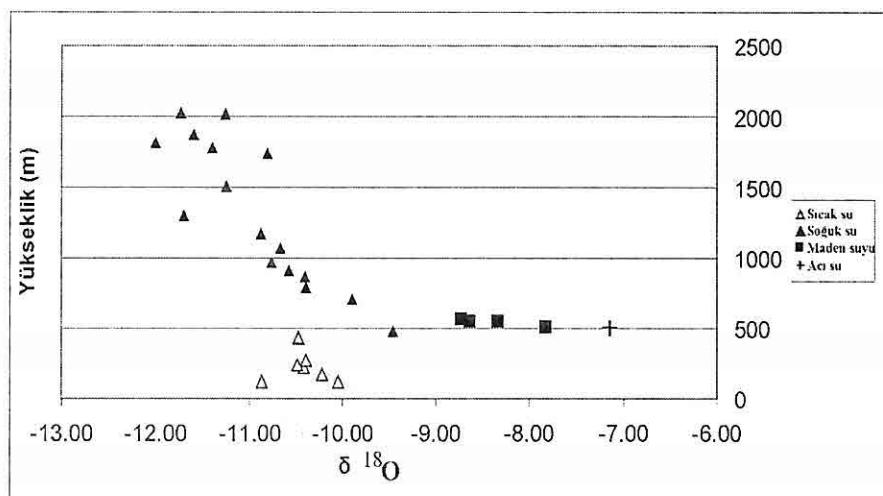
Bu çalışmayı da kapsayan söz konusu uluslararası proje (TÜBİTAK-JULICH) çerçevesinde; termal suların 1000–2000 m yüksekliklerdeki faylardan yeraltına girerek, fazla $\delta^{18}\text{O}$ değişimine uğramadığını ve çok derin dolaşılık bir ısnama yaşadıklarını göstermektedir (Şekil 11a). Maden sularının ise belirgin bir su-kaya etkileşimi yansıttığı görülmüştür (Şekil 11 a ve b).

sondaj niteliğinde olan bu sondaja ait suların derinlerde su-kaya etkileşimden yoğun olarak etkilendiği gözlenmektedir.

5. SONUÇLAR

5.1. Uludağ Maden Suyu İçin Oluşum Modeli Önerisi

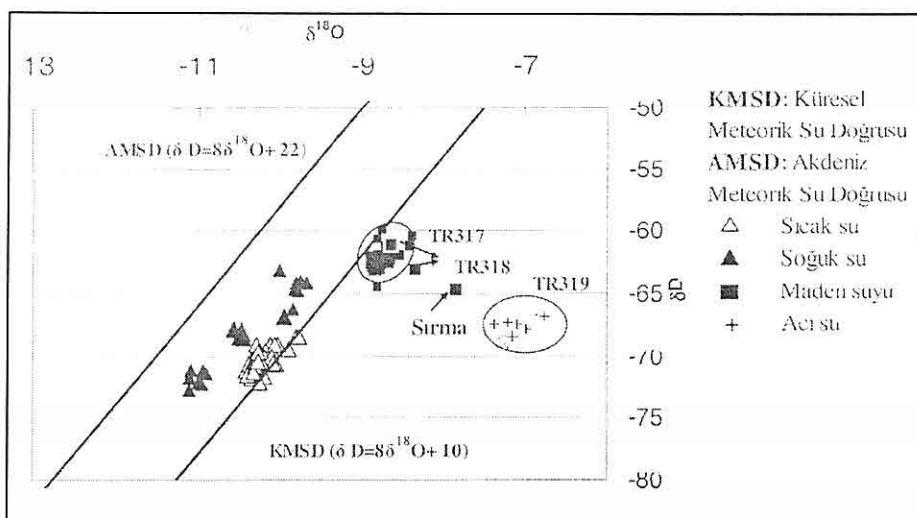
Bilindiği gibi, günümüzde sondajlarla da ulaşılabilen, derinliklerdeki, meteorik kökenli jeotermal kaynaklar, çok daha derinlerdeki daha da sıcak ve yer yer



Şekil 11 a. Geniş bir bölgede incelenmiş olan değişik karakterde suların $\delta^{18}\text{O}$ - yükseklik ilişkisi (Tut, 2007; Tut ve dig. 2008).

Bursa bölgesinde çıkış yapan farklı tip sulara bakıldığından TR317, TR318 ve TR319 maden sularında diğer bölgelere göre, özellikle Bursa içindeki termal (sıcak) su kaynaklarına göre $\delta^{18}\text{O}$ zenginleşmesi göze çarpmaktadır. Maden suyu bölgesinde en belirgin $\delta^{18}\text{O}$ zenginleşmesi ise TR319 sondajından alınan suda gözlenmektedir (Şekil 11.b). 64 m derinlikle bölgede açılmış en derin

kapan türündeki akışkanların yüzeye yakın bölgelerdeki devamları olup, belli bir yüksekliğe ulaştıklarında akışkanlık özelliklerini yitirerek sıvı ve gaz şeklindeki iki ayrı faz olarak (kaynama noktası) yollarına devam ederler. Akışkan faz gravitatif hafiflik nedeniyle kolay yükselirken, kaynama noktası sonrası gaz fazı sürekli olarak artık sıvı fazdan ayrılacak ve daha hızlı yükselecektir.



Şekil 11 b. Geniş bir bölgede incelenmiş olan değişik karakterde suların $\delta^{18}\text{O} - \delta\text{D}$ ilişkisi (Tut, 2007; Tut ve dig. 2008).

Geride kalan sıvı faz da bir yandan yükselseirken, kısmi basıncının da (iç basınç) azalması sonucu çözülü tuzlarının önemli bir bölümünü de yitirerek (çökelmeler) hafifleyecektir. Ancak bu süreçte buharlaşma da söz konusu olabileceğinden yeniden yoğunluk artışı ve buna bağlı karmaşık kimyasal – termodinamik tepkimeler de her zaman beklenen olaylardır.

Uludağ Maden Suyu ve çevresindeki özel durumda, değişik özelliklerdeki suların birbirlerine çok yakın kotlarda, neredeyse bir arada varlıklarını sürdürdüklerini ve bu değişik suların bir oluşum ilişkisi içinde olduklarını göstermektedir (Şekil 6). Bu çok dar ve sıç alanda, birbirlerine çok yakın kotlarda, üç ayrı tür su söz konusudur. Bunlar:

Açı Su : Su-kaya etkileşimi ile (büyük

olasılıkla sulfatlı cevherleşmeler veya skarn) derinlerde gelişmiş ve daha sonraki buharlaşmalarla yoğunlaşmış olup sürekli gaz çıkışını sağlayan en derindeki sudur. KB 'daki jeotermal sularдан farklı izotopik ve jeokimyasal değerler vermesi daha etkin bir tektonik bölgede yer almasının ve farklı su kaya etkileşiminin sonucu olmalıdır.

Maden Suları: Uludağ Maden Suyu kaynaklarının jeokimyasal verileri çevredekilerdeki diğer maden suları ile yakın benzerlik göstermesi (Çizelge 2) beklenen bir olgudur. Bu kaynaklar birbirlerine oldukça yakın mesafelerde yeryüzüne çıkmaktır ve akışkan aynı kayalarla etkileşimde bulunmaktadır. Diğerlerinden farklı olarak Uludağ maden suları bölgesinde yer alan TR 319 numaralı sondaj ile daha derinden gelen acı suyun

ULUDAĞ (BURSA) GÜNEYİNDEKİ MADEN SULARININ OLUŞUMUNA İLİŞKİN BİR YAKLAŞIM

da incelenmesi gerçekleşebilmiştir.

Normal Yeraltı Suları: Doğal olarak bölgede en üst kotlarda yer almaktadır ve su kaya etkileşimi ve diğer kimyasal işlevler neticesinde acı suyu oluşturdukları düşünülmektedir

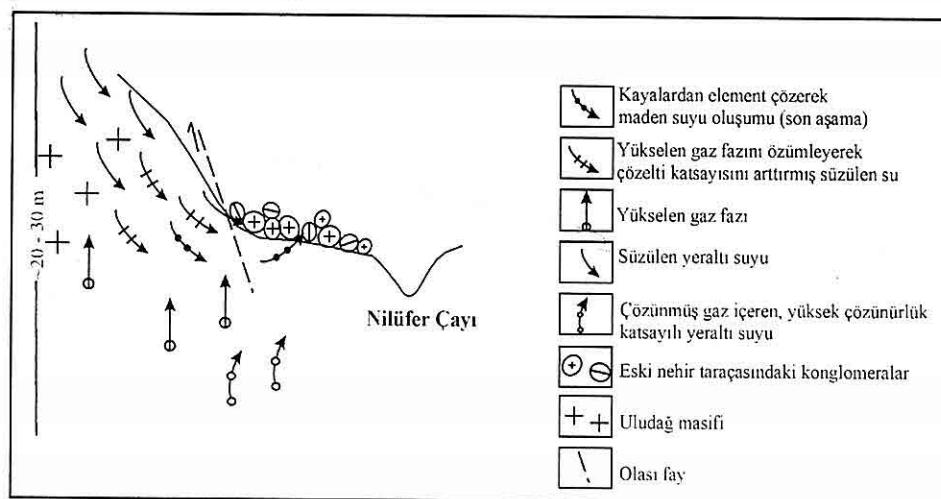
Gaz ile Su Yükselmeleri;

Uludağ maden suyu alanında yeni açılan 3 no'lu kuyunun kapağı açıldığında 45 m derinlikten gelen suyun yavaş yavaş bir gaz fazı yükselttiği ve yaklaşık yarım saat bir sürede en az 1,5 m yükselterek depoyu doldurduğu gözlenmektedir. Böyle bir ortamda, birbirlerine çok yakın derinliklerde bulunan ve yeraltı suları ile derindeki acı su arasında yer alan maden sularının oluşumları için;

a) Yükselen gaz fazının yeraltı suyunda çözünmesi ile artan PCO_2 (gaz) değerinin suyun çözme kapasitesini artırması sonucu yan kayadan çözünen elementler ile maden suyunun oluşumu veya

b) Yeraltı suyu ve jeotermal acı su karışımı sonucunda jeotermal akışkan seyrelemesi ve maden suyu oluşumu, ya da c) a ve b nin birlikte çalışması

gibi üç ayrı model teorik olarak düşünülebilir. Ancak b ve c şıklarında sürekli değişmez oranda kaliteli bir karışımın jeokimyasal yönden kontrolü olanaksızdır. Bu nedenle ağır acı su ve onun istenmeyen iyonları (anaerobik ortamda pirit çökelimi, kapatılmış olan acı su sondajından pirit mineralleri yüzelekmektedir) derinlerde kalmakta, yükselen, bikarbonatça zengin gaz fazı ise sıvı fazdan ayrılmış biçimde aşağı kotlara süzülen yeraltı suyunda çözülmektedir (a). Böylece iç basıncındaki artış ile yeraltı suyunun çözelti katsayısı artmakta ve çevredeki konglomeratik birimden (eski nehir yatağının metagranit, şist ve mermer çakılları) katyon çözerek maden sularını oluşturmaktadır (Şekil 12).



Şekil 12. Bursa –Uludağ bölgesindeki maden sularındaki su kaya etkileşimi ve oluşumu.

Nitekim maden sularının çıktıgı eski dere yatağı karbonatlardan, metamorfiklerden, metagranitlerden oluşmakta ve çözünmeler ve bozuşmalar sonucu neoform killerden oluşan bir matriks sunmaktadır. Bu durum bölgedeki maden suyu oluşumunun çok dar bir alanda (onbeş-yirmi metrelük kot farkları arasında) ve hassas dengelerde gerçekleştiğini göstermektedir.

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 102Y156 numaralı TÜBİTAK-JULICH ortak projesi kapsamında ve projenin ufak bir bölümünü olarak gerçekleştirılmıştır. Yazarlar çalışma süresince su örneklerinin toplanmasında destek veren Uludağ Maden Suları İşletme Müdürü Ercan Yiğit'e, proje kapsamında farklı aşamalarda değerli görüşlerini belirten Prof. Dr. Nilgün Güleç'e, Prof.Dr. Asaf Pekdeğer'e, Jeoloji Y. Müh. Selin Süer'e ve proje yöneticisi Prof. Dr. Mahmut Parlaktuna'ya teşekkür ederler.

7. KAYNAKÇA

Afsin, M., Kuşçu, İ., Elhatip, H., Dirik, K., 2006; Hydrogeochemical properties of CO_2 rich thermal-mineral waters in Kayseri (Central Anatolia), Turkey. *Environmental Geology*, 50, 24-36.

Albu, M., Banks, D., Nash, H., 1997; Mineral and Thermal Groundwater Resources. Chapman & Hall Press. London, 447.

Batlochetti M., 1990; *Geochimie des eaux incrustantes, formation des travertins et néotectonique: l'exemple des*

44

Corbieres, in: Actes Coll. Les tufs et travertines quaternaires, Rouen, 1989. Bull. Centre de geomorphologie de Caen, 38, 7-78.

Başkan,E., Canik, B.,1983; *Türkiye Sicak ve Mineralli Sular Haritası*, MTA Yayımları.

Bozkurt, E., 2001; *Neotectonics of Turkey-A Synthesis*. *Geodinamica Acta*, 14, -30.

Bingöl E., Delaloye, M., Ataman, G., 1982;. *Granitic intrusions in Western Anatolia:A contribution of the geodynamic study of this area*, *Elogae Geol. Helv.*, 75, 437-446.

Doglioni, C., Agostini, S., Crespi, M., Innocenti, F., Manetti, P., Riguzzi, F., Savaşçın, M.Y., 2002; *On the Extension in Western Anatolia and the Aegean Sea*. *Journal Virtual Explorer*,117-131.

Ellis, A.J & Mahon,W.A., 1977; *Chemistry and Geothermal Systems*. Academic Press. New York.

Erguvanlı, K., 1987; *Yeraltı Suları Jeolojisi:Hidrojeoloji*. İTÜ Yayımları, İstanbul, 23.

Güleç, N., 1993; *Geochemistry of Thermal Waters and Its Relation to the Volcanism in the Kızılcahamam (Ankara) Area, Turkey. Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 59, 295-312.

Hıfzısthha, 2006; *Sırma ve Özkanak Maden Suları Kimyasal Analiz Raporları*, İzmir.

Imbach, T., 1992; *Thermalwasser von Bursa. Geologische und hydrogeologische Untersuchungen am Berg Uludağ (NW-Türkei)*. Ph.D. thesis, ETC Zurich, 178.

- Imbach, T., 1997; *Deep Groundwater*

**ULUDAĞ (BURSA) GÜNEYİNDEKİ MADEN SULARININ OLUŞUMUNA İLİŞKİN BİR
YAKLAŞIM**

- Circulation in the Tectonically Active Area of Bursa, Northwest Anatolia, Turkey. Geothermics, 26, 251-278.*
- İnan, K., 1980; Uludağ Skarn Kuşağının Petrojenez ve Jeokimyası. Teknik Rapor. İTÜ Maden Fakültesi, 131.*
- Ketin, İ., 1947; Uludağ Masifinin Tektoniği Hakkında (Über die Tektonik des Uludag-Massivs). Bull. Geol. Soc. Turk, 1, 61-88.*
- Van Der Kaaden, G., (1958); Bursa Uludağ Volfram Madeninin Jönez ve Mineralizasyonu Hakkında, MTA Dergisi, 50, 36-47.*
- Möller, P., Dulski, P., Savaşçın, Y., Conrad, M., 2004; Rare Earth Elements, Yttrium and Isotope Ratios in Thermal Spring and Well Waters of West Anatolia, Turkey: A Hydrochemical Study of Their Origin. Chemical Geology, 206, 97-118.*
- Mutlu, H., 1997; Gazlıgöl (Afyon) Termal ve Maden Sularının Jeokimyasal Özellikleri ve Jeotermometre Uygulamaları. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 50, 1-7.*
- MTA, 1980; Türkiye Maden Envanteri. MTA –Ankara, 179.*
- MTA, 2005; Türkiye Jeotermal Envanteri. MTA-Ankara, 842.*
- Özgül, M., 2005; Thermalwasser von Bursa Geothermische Untersuchungen im Raum Bursa, Turkei. Diplomarbeit im Studiengang. Freie Universität-Berlin, 153.*
- Selim H.S., Tüysüz, O., Barka, A., 2006; Güney Marmara'nın Neotektoniği. İTÜ. Mühendislik Dergisi, 5;1, 151-160.*
- Şaroğlu, F., Emre Ö., Kuşçu, İ., 1992; Türkiye Diri Fay Haritası, MTA Jeoloji Etüdleri Dairesi, Ankara.*
- Tarcan, G., Gemici, Ü., Aksoy, N., 2005; Hydrogeological and Geochemical Assessments of the Gediz Graben Geothermal Areas, Western Anatolia, Turkey. Environmental Geology, 47, 523-534.*
- Tokçaer, M., Savaşçın, M.Y., 2007; Batı Anadolu'daki Jeotermal Alanlar ve Jeodinamik Konumları, Yerbilimleri (Geosound), 49, 161-179.*
- Tut, Haklıdır, F.S., 2007; Bursa ve Çevresi Termal-Maden ve Yeraltı sularının Jeokimyasal İzlemesi, doktora tezi (yazım aşamasındadır).*
- Tut, Haklıdır, F.S., Pekdeğer, A., Süer, S., Savaşçın, M.Y., Güleç, N., Meyer, H., Woith, H., 2008; Hydrogeochemical Evaluation of Bursa thermal and mineral waters (hazırlanmaktadır).*
- Yaltırak, C., 2002; Tectonic Evolution of the Marmara Sea And Its Surrounding. Marine Geology, 190, 493-529*

**POLİJENETİK BİR VOLKANİZMA VE PETROGRAFİK-JEOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİ: HARPUT (ELAZIĞ) KARATAŞ TEPE VOLKANİZMASI****Sevcan KÜRÜM, Esen ÖZBULUT ve Melek URAL***Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ/Türkiye*

ÖZET: Elazığ ve çevresinde geniş yayılım sunan Üst Miyosen-Pliyosen yaşıtı volkanitler, Harput çevresinde daha çok piroklastik kayaç özelliğindedir. Şiddetli bir patlamaya sahip volkanizmanın ilk ürünlerine işaret eden bu piroklastikler, kahverengimsi kırmızı, koyu gri, siyah renkli olup, üst seviyelere doğru gidildikçe yoğun oksitlenme gösterirler. Bu seviyelerde sıklıkla gözlenen devamlı olmayan merceğimsi yapı şekillerinde gelişen blok ve lava larla birlikte, yuvarlaklaşmış ve değişik boyutlu tekil blokların bulunması ve bu blokların soğumaya bağlı olarak soğan kabuğu yapısı göstergeleri, volkanik aktivite sırasında malzemenin olasılıkları gölgesel ortamda çökelmiş olabileceğine işaret etmektedir. Piroklastiklerin çok geniş yayılmış olmaları, topografik şekilleri, istif içerisinde yer yer lav akıntılarıyla birlikte, toplanma-yapışma yapıları ve soğan kabuğu yapısı gösteren bombaların bulunması, volkanizmanın esas olarak stromboli ve eşlik eden vulcano? tipte patlamayla oluşmuş, polijenetic bir volkanizma şeklinde geliştiğinin göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Piroklastiklerin üstünde, kalınlıkları değişken olmakla birlikte, genellikle ince seviyeler halinde lav akıntıları bulunmaktadır. Bu lavlardan yapılan tüm kayaç kimyasal analiz sonuçları, bu kayaçların kabuksal kirlenmeye uğramış bir magmatik aktivite sonucunda oluşmuş alkali bazalt bileşiminde kayaçlar olduğunu göstermektedir.

**A POLYGENIC VOLCANISM AND PETROGRAPHIC-GEOCHEMICAL
CHARACTERISTICS: THE HARPUT (ELAZIĞ) KARATAŞ HILL
VOLCANISM**

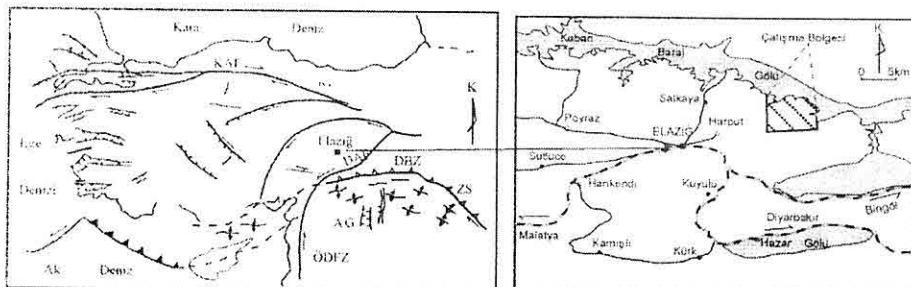
ABSTRACT: Upper Miocene-Pliocene volcanics widely exposing around Elazığ are represented by pyroclastic rocks in the vicinity of Harput. These pyroclastics that represent the first products of explosive volcanism are brownish red, dark gray, black colored and display intense oxidation to the upper levels. The presence of block and/or lavas developing as non-continuous lenticular forms and individual rounded blocks in various sizes, which display onion-shape structure depending due to cooling indicate that the volcanic materials were probably deposited in a lacustrine environment. The wide distribution and topographic features of pyroclastics as well as the presence of accretionary structures, lava flows and onion crust structure may imply that volcanism was mainly of strombolian and vulcanian type, which developed in a polygenetic character.

Pyroclastics are overlain by thin levels of lava flows. Results of whole rock analyses conducted on lavas indicate that they are alkali basalt type rocks that were affected from the crustal contamination.

1. GİRİŞ

Çalışma bölgesi Elazığ'a yaklaşık 20 km uzaklıkta ve Harput D'sunda bulunmaktadır (Şekil 1).

geniş olduğu bölgelerden birisi de çalışma bölgesinin olduğu yerdir. Bu nedenle bu çalışmada bu volkanik kayaçların petrografik ve litolojik özellikleri ile



Şekil 1. Çalışma bölgesi yer bulduru haritası. DAF: Doğu Anadolu Fay Zonu, KAF: Kuzey Anadolu Fay Zonu, ÖDFZ: Ölü Deniz Fay Zonu, BSZ: Bitlis Sütur Zonu, ZS: Zagros Zonu.

Bölgedeki en genç birimi oluşturan bu volkanitler Miyo-Pliyosen yaşı (Turan ve dig., 1993; İnceöz, 1994; Akgül ve dig., 2001) olup, lav akıntıları ve piroklastiklerden oluşmuştur. Literatürde daha çok Karabakır formasyonu (Naz, 1979; Bingöl, 1984; İnceöz, 1994) olarak isimlendirilen, ancak son çalışmaların bazlarında Elazığ volkanitleri (Ercan ve Asutay., 1993; Akgül ve dig., 2001) olarak da bahsedilen bu volkanitler kendisinden daha yaşlı birimleri uyumsuz olarak üzerlemektedir (Şekil 2).

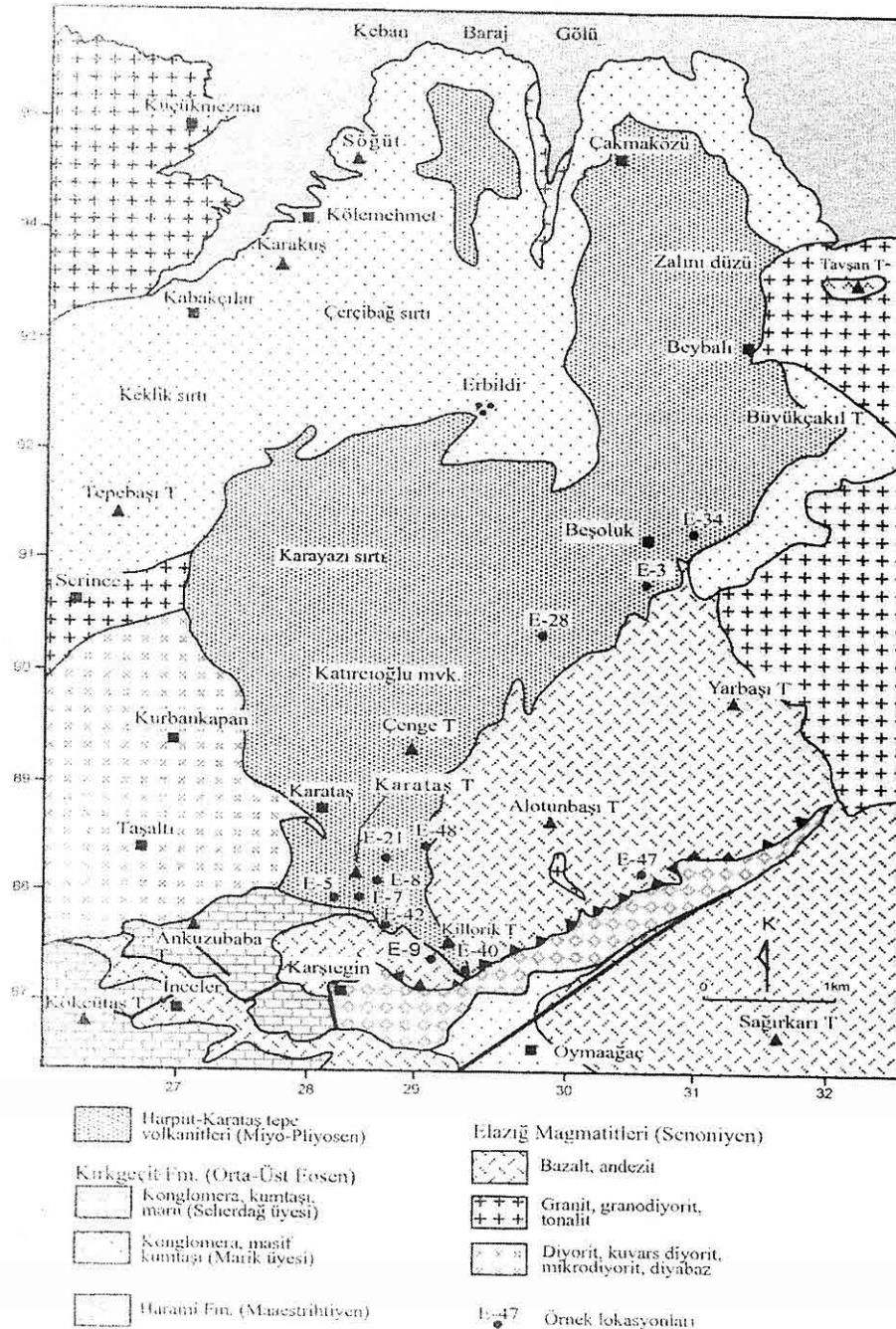
Elazığ ve çevresinde oldukça geniş yayılıma sahip bu volkanitler, yine Doğu Anadolu'da çok geniş yayılımlar sunan genç volkanitlerin batıdaki devamı olarak kabul edilmektedir. Bölgede çoğunlukla bazaltik daha az olarak da andezitik özellikteki lav akıntıları olan bu volkanitlerin, piroklastik yayılımlarının en

birlikte, volkanizmanın türü ve kökeninin belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda bu piroklastitlerin çimento hammaddesi olarak incelenmesi ve ekonomik önemi de bu çalışmanın bir devamı şeklinde düşünülmüştür. İnceleme konusu volkanitlerin hem bu litolojik farklılıklarını hem de hemen güneyinde ve çalışma alanı içerisinde bulunan Elazığ magmatitleri (Senonyien) ile kavram karışıklığını önlemek için, Elazığ volkanitleri tanımı yerine "Harput - Karataş tepe- volkanitleri" tanımlaması kullanımı tercih edilmiştir.

2. STRATİGRAFİ

Çalışma bölgesinde en üstte bulunan ve inceleme konusunu oluşturan Harput volkanitlerinden başka, tabanda çok geniş yayılmış ve magmatik bir birim olan, Senonyien yaşlı Elazığ magmatitleri

**POLİJENETİK BİR VOLKANİZMA VE PETROGRAFİK-JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ:
HARPUT (ELAZIĞ) KARATAŞ TEPE VOLKANİZMASI**



Şekil 2. Çalışma alanının jeolojik haritası (İnceöz, 1994'den sadeleştirilerek).

bulunmaktadır. Birim, farklı litolojik özellikteki plütonik ve yüzey kayaçlarından oluşmuştur (Beyarslan, 2000; Kürüm ve Taşkın, 2000; İnceöz, 2004). Lav akıntıları ve piroklastik bileşimli olan yüzey kayaçları, özellikle de piroklastikler, çalışma konusu (Harput volkanitleri) piroklastiklerden beyaz renkli olmalarıyla belirgin bir şekilde ayırmaktadır. Elazığ magmatitlerinin üstünde ve birimle uyumlu olarak bulunan ve çoğunlukla arazide masif kireçtaşı özelliğinde olan Maestrihtien yaşlı Harami formasyonu (Baykendi, 1998) yer almaktadır. Daha sonra ise yine sedimanter bir birim olan Orta Eosen-Üst Oligosen yaşlı Kırkçeçit formasyonu gelmektedir (Şekil 2).

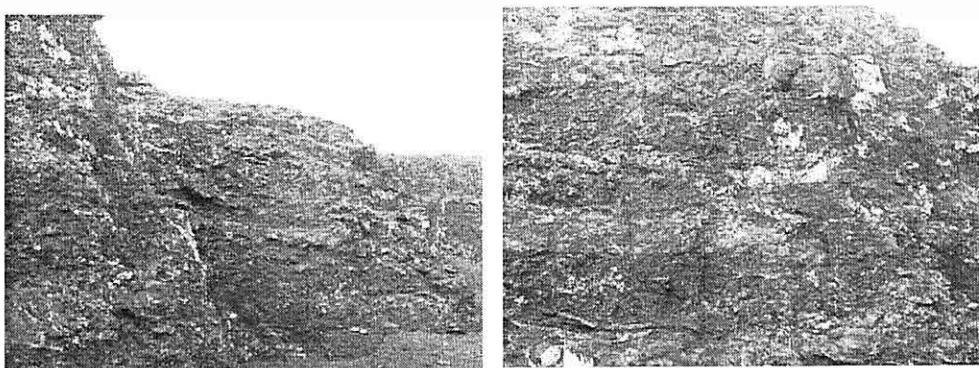
3. ARAZİ VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLER

3.1. Piroklastitlerin Arazi ve Petrografik Özellikleri

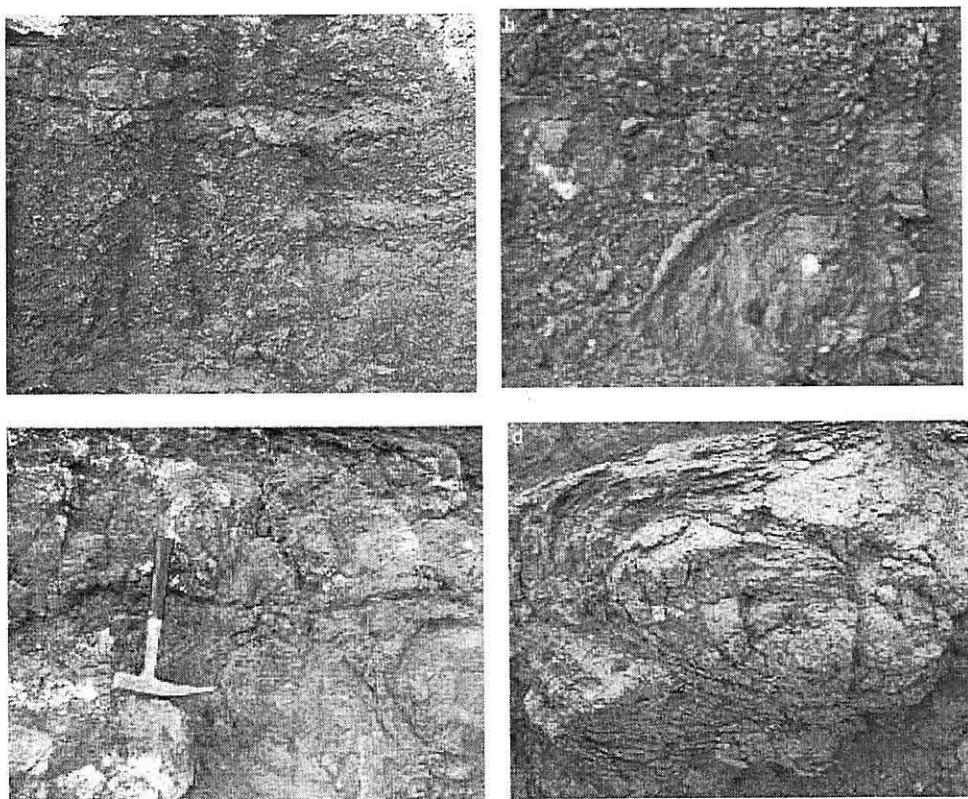
İnceleme alanında Karataş ve Beşoluk köyü ile Çenge tepe çevresinde yayılım gösteren piroklastitler (Şekil 2); değişik boyutlu, yer yer yoğun gaz boşluklu ve çatlaklı, gaz boşluğu ve çatlaklarda ikincil minerallerin (kalsit, zeolit) geliştiği, bu özelliklerinden dolayı dayanımsız, koyu renkli bazaltik çakıl ve bloklar ile okside olmuş tuf ve cürüfların bir arada bulunması ile oluşmuştur. Bu şekilde klasik anlamda aglomera, lapilliği, tuf vb. piroklastik kayaçlar şeklinde olmayıp çok şiddetli bir patlamaya sahip bir volkanizmanın ilk ürünlerine işaret eden volkanik malzeme (Fisher ve Schmincke, 1984) görünümündedirler (Şekil 3a).

Kahverengimsi kırmızı, koyu gri, siyah ve üst seviyelere doğru gidildikçe açık kahverengiye doğru değişen renk tonlarına sahiptirler. Üst seviyelere doğru daha gevşek tutturulmuş, yoğun bir oksitlenme ve buna bağlı olarak okside olmuş bir çimentolanma gözlenmektedir (Şekil 3b). Yine bu seviyelerde sıklıkla gözlenen devamlı olmayan merceğimsi yapı şekillerinde gelişen blok ve/veya lavlarla (Şekil 4a) birlikte, yuvarlaklaşmış ve değişik boyutlu tekil blokların bulunması ve bu blokların soğumaya bağlı olarak soğan kabuğu yapısı (Şekil 4b-d) göstergeleri, volkanik faaliyet sırasında malzemenin olasılıkla gölgesel ortamda çökelmiş olabileceği işaret etmektedir (Aydar, 2001). Bu piroklastik istif içerisinde merceğimsi yapıların düzenli olmaması, topografik olarak daha üst seviyelerde, yer yer içerisinde yaklaşık aynı boyutlarda yuvarlaklaşmış bloklar bulunduran düzenli tabakalı bir görünümde seviyelerin bulunması, bu seviyelerin de kendi içerisinde farklı kalınlıklarda laminalanma (Şekil 5) göstergeleri ve tabakalar arasında okside olmuş toplanma-yapışma (accretionary) zonlarının bulunması, volkanizmanın zaman içerisinde değişken olan patlamasına işaret etmektedir. Yine bütün bu özelliklerle birlikte piroklastitlerin bu kadar geniş yayılmış ve büyük bir koni şeklinde topoografik şekil sunması, ve bu istif içerisinde zaman zaman lav akıntılarının da bulunması ve piroklastitler içerisinde özellikle soğan kabuğu yapılarının varlığı ile toplanma-yapışma lapillilerine (accretionary lapili)

*POLİJENETİK BİR VOLKANİZMA VE PETROGRAFİK-JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ:
HARPUT (ELAZIĞ) KARATAŞ TEPE VOLKANİZMASI*



Şekil 3. Karataş tepe piroklastitlerinde patlamalı volkanizma (a) ve yoğun şekilde okside olmuş çimentolanmanın (b) görünümü. Karataş tepe güney yamacı.



Şekil 4. Piroklastitler içerisindeki devamlı olmayan merceğimsi yapılarla (a), soğan kabuğu yapısı gösteren blokların görünümü (b,c,d).

rastlanması (Şekil 6), buradaki volkanik faaliyetin esas olarak stromboli (strombolian) tipi ve ona eşlik eden vulkaniyen? (vulcaniyen) tipi patlamalarla oluşmuş polijenetik (Aydar, 2001) bir volkanizma olduğunu düşündürmektedir.

Soğan kabuğu yapısı gözlenen bu yuvarlaklaşmış blokların dış kısımları çok yoğun ve değişik boyutlu gözenekli iken, blokların iç kısımlarına doğru gözeneklilik azalmaktır.

Piroklastiklerde, değişik boyutlu blok ve çakıllarından alınan örneklerde yapılan ince kesitlerde, bunların olivin, plajiyoklas, piroksen ve opak mineralden oluşmuş, bazik bileşimli kayaç parçaları olduğu tespit edilmiştir. Olivinler genellikle diğer minerallere göre daha iri ve daha bol ve genellikle çatlaklı ve iddingsitleşmiş olarak bulunurlar. İnce mikrolitler halinde bulunan plajiyoklaslar çok küçük kristalli oldukları için türleri tespit edilememiştir. Daha iri olan prizmatik ve yönlenmiş olan plajiyoklas lataları çoğun zonlanmamış ve ikizlidirler. Piroksenler ise çok daha az olarak bulunurlar ve öz sekillidirler. Yoğun gaz boşluklarının gözlendiği kayaçta, gaz boşlukları genellikle birbiriley bağlıntılı, yuvarlağımış şekillidir. Hamur ya da bağlayıcı malzemenin tamamen okside olduğu bu kayaçlar bu nedenle kırmızımsı renktedir.

Orta ve iri taneli, gri, siyah ve kırmızımsı siyah renkli, belli bir tabakalanma göstermeyen, masif şekilli tüfler, yukarıda degenildiği gibi bu kalın piroklastik istif içerisinde blok ve lav ve/veya merceğimsi yapıların arasında

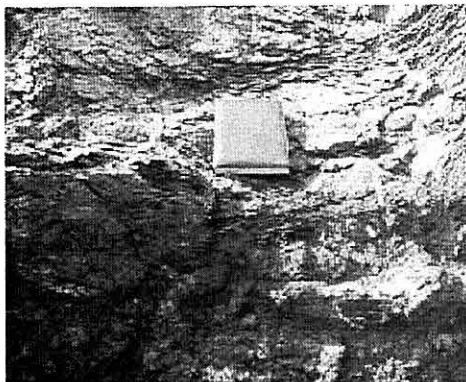
yer yer tamamen ayrılmış bir şekilde bulunmaktadır. Yoğun oksitlenmeyle birlikte camsı hamur malzemesi içerisinde genellikle küçük kayaç parçaları ve kristaller içeren bu kayaçların kristal ve litik tuf (Şekil 7a-b) bileşiminde olduğu belirlenmiştir.

3.2. Lavların Arazi ve Petrografik Özellikleri

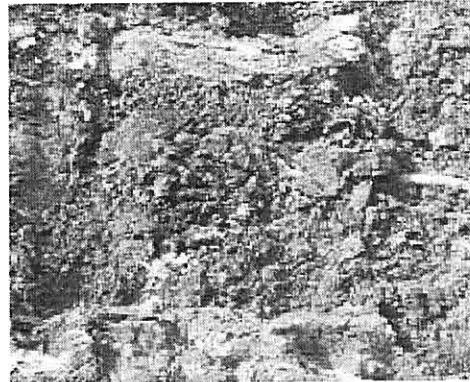
İnceleme bölgesindeki Harput Karataş tepe volkanizmasına ait lav akıntıları, daha çok Kilorik tepe, Beşoluk ve Beydali köyleri çevresinde yüzeyleme vermektedir (Şekil 2). Sert, siyah ve koyu gri renkli, yer yer değişik boyutlu ve genellikle elipsoidal şekilli yoğun gaz boşluklu, makro olarak akıntı ve porfirik dokunun gözlendiği bu kayaçlar, dayanımsız ve masiftirler. Coğunlukla lav akıntılarının kalınlığı fazla olmadığından alttaki piroklastitlerden dolayı yoğun bitki örtüsüyle birlikte bulunmaktadır.

Mikroskopik incelemelerde esas olarak plajiyoklas, olivin, piroksen ve amfibolden oluşan kayaçların bazaltik bileşimde olduğu saptanmıştır (Şekil 8). Ayrıca kayaçta ana bileşenlerin alterasyonu sonucu oluşan iddingsit ve karbonat minerali ile çatlak ve gaz boşluklarını dolduran kalsit ve epidot gibi ikincil minerallere de rastlanır.

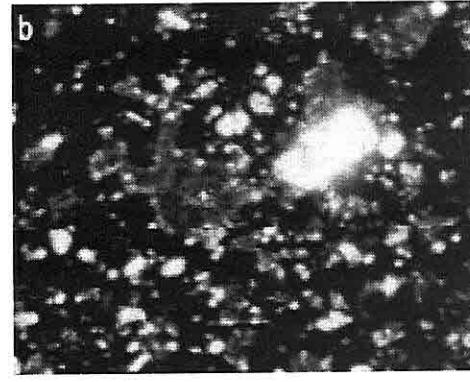
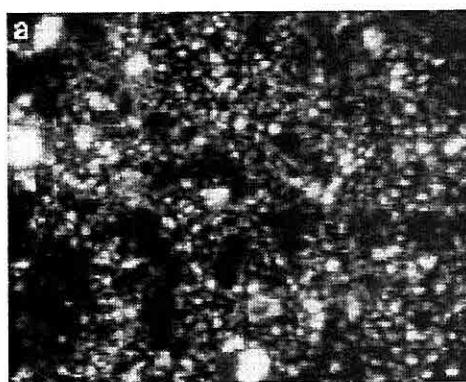
Plajiyoklaslar genellikle uzamiş küçük prizmatik latalar ve mikrolitler halinde olup, çoğunlukla zonlu yapılı ve ikizlenmeli, çok daha az oranda ise fenokristal oluştururlar. Plajiyoklasların ince taneli mikrolitleri diğer minerallerle birlikte porfirik dokunun hamur malzemesini oluşturmaktadır. Veziküler



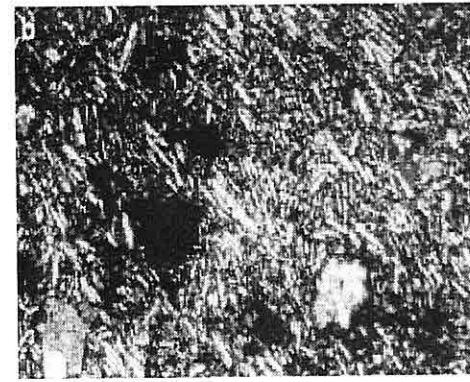
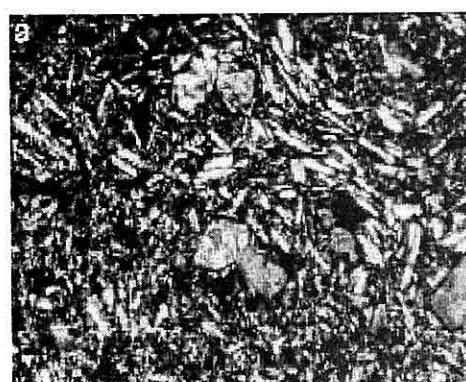
Şekil 5. Merceğimsi yapıların yer yer laminalanma şeklindeki görünümü.



Şekil 6. Toplanma-yapışma (accretionary lapilli) lapillilerinin görünümü.



Şekil 7. Piroklastitlerde kristal (a) ve litik tüflerin (b) mikroskopik görünümleri.



Şekil 8. Akıntı (a) ve veziküler dokulu (b) bazaltların görünümü. (Örnek no: (a) E-22; (b) E-21).

dokulu olan kayaçlardaki plajiyoklazlar uzamış, prizmatik latalar halinde, ikizlenmeli ve zonlanmalı ve yer yer gaz boşuklarına uygun bir yönelik gösterirler (Şekil 8). Akıntı dokusu gösteren kesitlerdeki plajiyoklaslar ise ince uzun latalar şeklinde olup, yönlenmiş durumdadırlar.

Bazaltlardaki olivinler fenokristal boyutundan mikrolit boyutuna kadar değişen kristaller halinde ve genelde öz şekilli veya yarı öz şekilli olarak bulunurlar (Şekil 8). Bu mineraller kenarları boyunca genellikle iddingsitleşme gösterirler. Bazı olivin fenokristallerinde iddingsitleşme mineralin kenarları boyunca gelişmişken, hamur içerisindeki mikrolitler halindeki olivinlerin çoğu tamamen iddingsite dönüşmüştür (Şekil 8). Piroksenler ise genellikle fenokristaller oluştururlar. Genellikle öz ve yarı öz şekilli ve çok çataklı olan bu fenokristallerle birlikte hamur içerisinde mikrolitler halinde olanları da mevcuttur.

4. JEOKİMYASAL İNCELEME

Çalışma bölgesinde yüzeyleyen volkanitlerin ana oksit (%), iz element (ppm) ve nadir toprak elementlerine dayalı jeokimyasal özelliklerin incelenmesi için, 2 örnek Elazığ magmatitlerinden olmak üzere, toplam 12 adet örneğin ana oksit, iz element ve nadir toprak element analizleri Kanada Acme Laboratuvarlarında XRF (X ışınları fluoresan) tekniğiyle ve ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer) aletleriyle

gerçekleştirilmiştir. İncelenen kayaçların ana oksit ve iz element içerikleri Çizelge 1'de, Nadir Toprak Element içerikleri ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Elazığ magmatitlerinden alınan 2 volkanik kayaç örneği her ne kadar yorum yapmak için yetersiz olsa da en azından bu iki volkanik birimin benzerlik ve farklılığının belirlenmesi açısından önemli olacağı düşünülmüştür. Bu amaçla örneklerin Winchester and Floyd (1977) diyagramındaki (Şekil 9) dağılımları incelendiğinde, her iki volkanik birimin birbirinden farklı olarak Elazığ magmatitlerinin andezit / bazalt ve Harput volkanitlerinin ise alkali bazalt bileşiminde olduğu görülmektedir.

Harput Karataş tepe volkanitlerine ait örneklerin Elazığ magmatitlerinden farklı olarak alkali özellikle oldukları toplam alkali-silis (Irvine and Baragar, 1971) diyagramında da (Şekil 10) belirgin bir şekilde görülmektedir. Ancak bu örneklerden sadece E-3 no'lu örnek subalkalin bölgede ancak alkalin bölgeye yakın bir alanda bulunmaktadır.

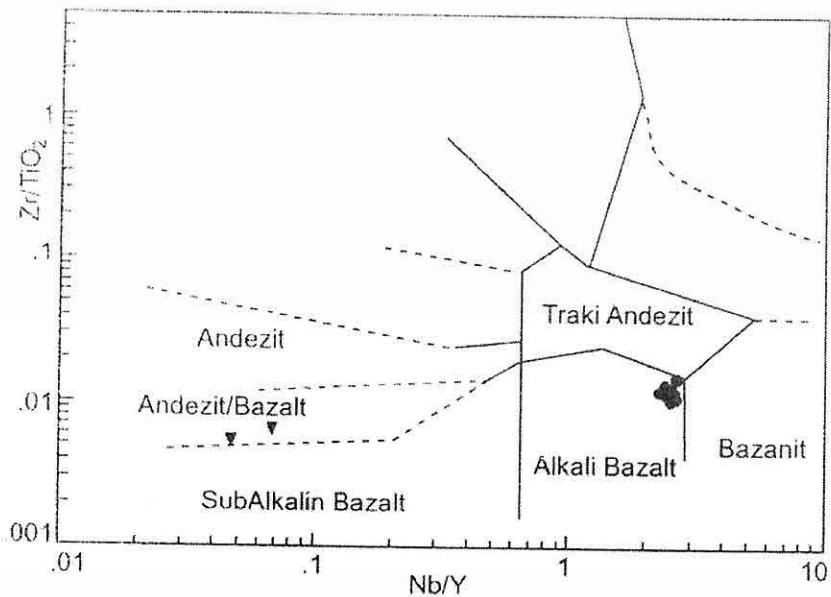
Verilen bu diyagamlarda her iki volkanik kayacın farklı özelliklerde olduğu açık bir şekilde görülür. Aynı farklılık Harker (1909) diyagamlarında da belirginleşmekte birlikte (Şekil 11), Harput Karataş tepe volkanitlerinin de kendi içinde iki farklı grup oluşturması açıkça görülmektedir. Ancak Elazığ magmatitlerine ait örnek sayısı yalnızca iki tane olması nedeniyle, bu iki örnekteki SiO_2 farklılaşmasından başka ne yazık ki diğer yorumlar için yeterli olmamaktadır.

**POLİJENETİK BİR VOLKANİZMA VE PETROGRAFİK-JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ:
HARPUT (ELAZIĞ) KARATAŞ TEPE VOLKANİZMASI**

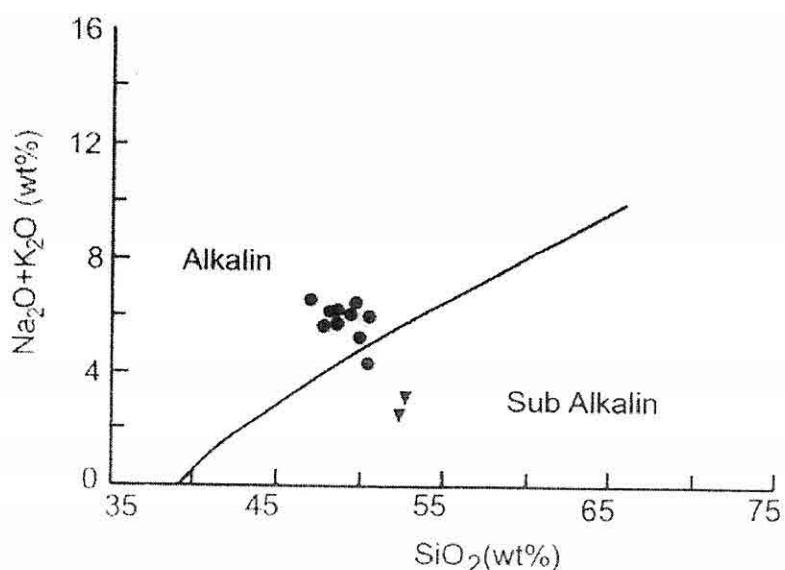
Çizelge 1. Kayaç örneklerine ait ana oksit (%) ve iz element (ppm) analiz değerleri

| Örnek | E-3 | E-5 | E-7 | E-8 | E-21 | E-28 | E-34 | E-40 | E-42 | E-48 | E-9* | E-47* |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 47,56 | 47,26 | 47,14 | 46,28 | 48,73 | 47,94 | 47,91 | 47,35 | 46,51 | 48,54 | 51,09 | 51,22 |
| Al ₂ O ₃ | 17,60 | 15,75 | 15,76 | 15,59 | 16,74 | 17,20 | 17,33 | 15,87 | 16,21 | 16,42 | 15,17 | 15, |
| Fe ₂ O ₃ | 9,83 | 9,67 | 9,77 | 9,93 | 9,07 | 9,52 | 9,52 | 9,81 | 9,85 | 9,02 | 10,65 | 9,24 |
| MgO | 5,92 | 8,04 | 8,00 | 8,24 | 6,82 | 7,22 | 6,60 | 7,65 | 8,47 | 7,72 | 6,97 | 7,65 |
| CaO | 7,15 | 8,96 | 9,01 | 9,18 | 7,26 | 7,26 | 7,69 | 8,99 | 8,88 | 7,68 | 9,53 | 10,7 |
| Na ₂ O | 2,92 | 4,44 | 4,64 | 4,16 | 3,62 | 3,06 | 3,44 | 4,62 | 3,83 | 3,83 | 2,84 | 2,39 |
| K ₂ O | 1,20 | 1,17 | 1,29 | 1,28 | 2,19 | 1,95 | 2,44 | 1,36 | 2,64 | 2,46 | 0,13 | 0,12 |
| TiO ₂ | 2,09 | 1,97 | 2,00 | 2,02 | 1,86 | 2,12 | 2,05 | 2,05 | 2,08 | 1,97 | 1,19 | 1,08 |
| P ₂ O ₅ | 0,81 | 0,69 | 0,70 | 0,69 | 0,84 | 0,73 | 0,76 | 0,70 | 0,62 | 0,72 | 0,12 | 0,10 |
| MnO | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,16 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,16 | 0,15 | 0,13 | 0,19 | 0,13 |
| LOI | 4,3 | 1,4 | 1,2 | 2,1 | 1,2 | 3,0 | 1,8 | 1,2 | 0,5 | 1,2 | 1,8 | 1,1 |
| Toplam | 99,58 | 99,55 | 99,71 | 99,68 | 99,71 | 99,75 | 99,72 | 99,81 | 99,79 | 99,74 | 99,71 | 99,69 |
| Ba | 540 | 538 | 534 | 527 | 750 | 485 | 485 | 579 | 521 | 567 | 31 | 20 |
| Be | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | <1 | 1 |
| Co | 40 | 40 | 41 | 51 | 35 | 40 | 38 | 40 | 39 | 35 | 40 | 33 |
| Cs | 0,2 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,6 | 0,3 | 0,9 |
| Ga | 20 | 19 | 19 | 19 | 20 | 18 | 19 | 19 | 19 | 18 | 17 | 18 |
| Hf | 5,8 | 4,9 | 5,1 | 5,4 | 6,1 | 5,6 | 5,6 | 5,0 | 5,0 | 5,5 | 2,2 | 2,3 |
| Nb | 72 | 63 | 65 | 67 | 72 | 67 | 65 | 68 | 63 | 65 | 1 | 2 |
| Rb | 5 | 100 | 49 | 51 | 35 | 31 | 42 | 64 | 74 | 44 | 2 | 4 |
| Sn | 2 | 5 | 6 | 25 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | <1 | 2 |
| Sr | 921 | 745 | 735 | 789 | 879 | 729 | 822 | 792 | 713 | 891 | 156 | 164 |
| Ta | 4,0 | 3,7 | 3,8 | 3,8 | 4,1 | 3,9 | 3,7 | 4,0 | 3,8 | 3,7 | <0,1 | 0,1 |
| Th | 6,0 | 4,7 | 7,2 | 5,7 | 6,4 | 5,4 | 5,5 | 6,7 | 5,8 | 0,6 | 0,2 | 0,6 |
| U | 1,6 | 1,6 | 1,9 | 1,8 | 1,9 | 1,5 | 1,3 | 1,7 | 1,8 | 1,6 | <0,1 | 0,2 |
| V | 195 | 196 | 206 | 180 | 153 | 160 | 184 | 214 | 199 | 160 | 339 | 292 |
| W | 0,6 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,9 | 0,7 | 0,1 | 0,2 |
| Zr | 276 | 227 | 227 | 231 | 281 | 257 | 256 | 231 | 221 | 249 | 64 | 69 |
| Y | 30 | 25 | 26 | 26 | 27 | 29 | 27 | 26 | 25 | 25 | 28 | 26 |
| La | 41,3 | 38,8 | 40,3 | 41,1 | 43,5 | 39,9 | 38,9 | 41,5 | 38,0 | 37,5 | 3,2 | 3,4 |
| Ce | 78,1 | 74,9 | 78,4 | 79,2 | 83,0 | 74,6 | 74,5 | 80,4 | 72,7 | 72,6 | 8,9 | 9,6 |
| Pr | 8,74 | 8,01 | 8,2 | 8,43 | 8,72 | 8,24 | 7,87 | 8,54 | 8,08 | 7,69 | 1,47 | 1,56 |
| Nd | 34,8 | 34,1 | 34,4 | 34,8 | 34,1 | 33,7 | 32,6 | 35,6 | 33,6 | 32,3 | 8,4 | 9,5 |
| Sm | 6,7 | 6,1 | 6,4 | 6,4 | 6,3 | 6,4 | 6,1 | 6,6 | 6,2 | 5,9 | 2,7 | 2,8 |
| Eu | 2,14 | 2,01 | 2,12 | 2,13 | 2,21 | 2,15 | 2,01 | 2,19 | 1,99 | 1,9 | 1,07 | 1,12 |
| Gd | 5,61 | 5,3 | 5,39 | 5,49 | 5,35 | 5,51 | 5,33 | 5,77 | 5,3 | 5 | 3,61 | 3,76 |
| Tb | 0,89 | 0,79 | 0,81 | 0,84 | 0,79 | 0,83 | 0,81 | 0,86 | 0,76 | 0,77 | 0,64 | 0,68 |
| Dy | 5,4 | 4,83 | 4,75 | 4,85 | 4,82 | 5,26 | 4,9 | 4,92 | 4,7 | 4,77 | 4,57 | 4,47 |
| Ho | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 1,0 |
| Er | 2,7 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,7 | 2,4 | 2,5 | 2,4 | 2,4 | 2,7 | 2,8 |
| Tm | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,5 |
| Yb | 2,6 | 2,0 | 2,2 | 2,1 | 2,5 | 2,5 | 2,4 | 2,4 | 2,1 | 2,3 | 2,7 | 2,6 |
| Lu | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 |

*: Elazığ magmatitleri örnekleri

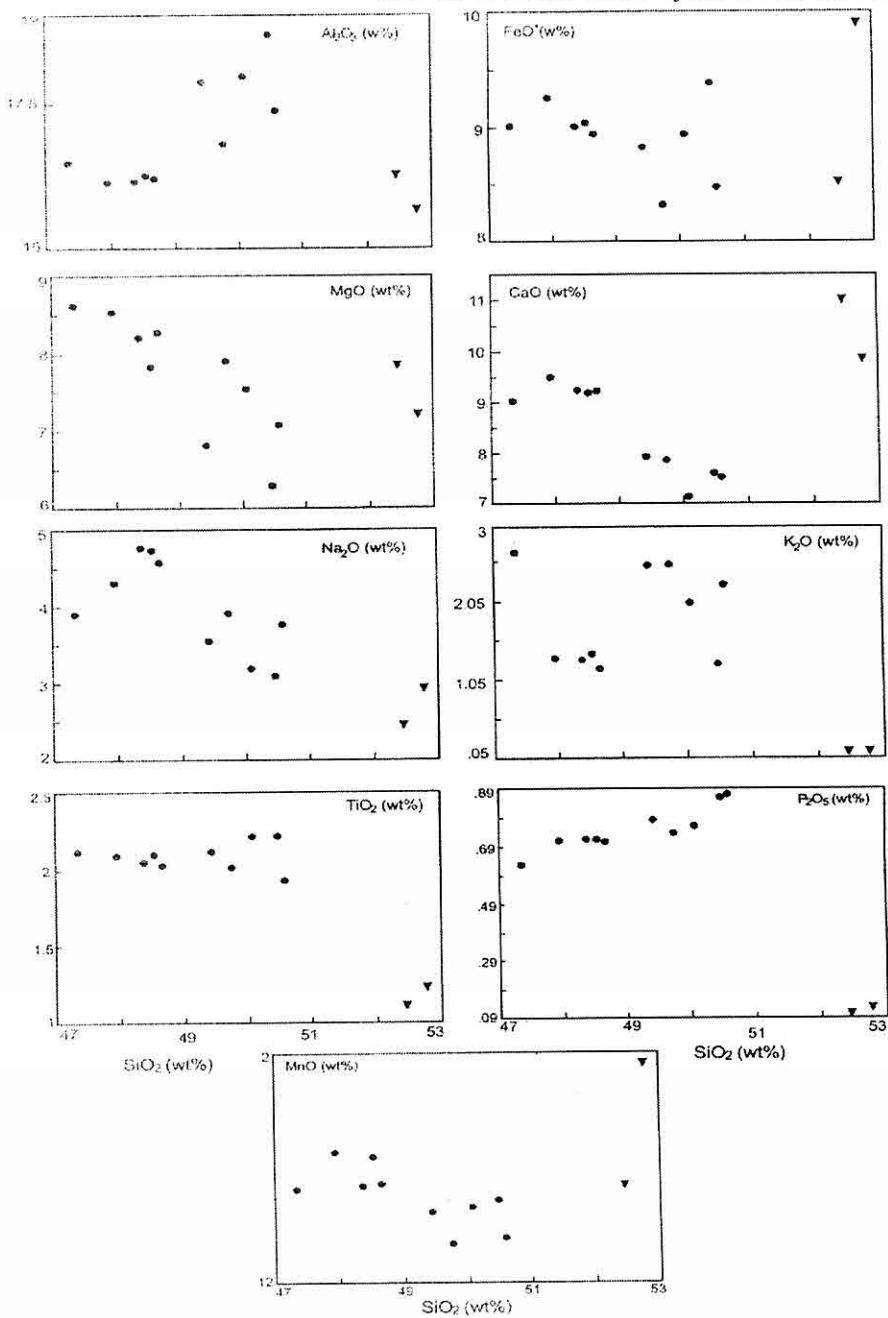


Şekil 9. İnceleme alanındaki kayaçların Zr/TiO_2 - Nb/Y diyagramındaki dağılımı.



Şekil 10. İncelenen volkanik kayaçların Irvine ve Baragar (1971) diyagramındaki dağılımları. ●: Harput Karataş tepe volkanitleri, ▼: Elazığ magmatitleri

*POLİJENETİK BİR VOLKANİZMA VE PETROGRAFİK-JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ:
HARPUT (ELAZIĞ) KARATAŞ TEPE VOLKANİZMASI*



Çizelge 2. Kayaç örneklerine ait nadir toprak element (ppm) analiz değerleri

| Örnek | E-3 | E-5 | E-7 | E-8 | E-21 | E-28 | E-34 | E-40 | E-42 | E-48 | E-9* | E-47* |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| Mo | 1,6 | 2,8 | 2,4 | 2,8 | 2,3 | 0,8 | 1,9 | 3,0 | 4,1 | 3,2 | 0,6 | 0,5 |
| Cu | 339 | 86 | 50 | 104 | 38 | 31 | 42 | 43 | 37 | 38 | 112 | 55 |
| Pb | 1,4 | 1,4 | 0,7 | 0,4 | 0,8 | 1,1 | 3,3 | 1,4 | 1,1 | 2,1 | 0,4 | 0,6 |
| Zn | 42 | 46 | 35 | 37 | 48 | 43 | 53 | 66 | 49 | 54 | 34 | 15 |
| Ni | 139 | 120 | 111 | 111 | 118 | 156 | 124 | 105 | 118 | 125 | 27 | 17 |
| As | 2,0 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | < 0,5 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 0,9 | 0,7 | <0,5 | 0,5 |
| Cd | 0,1 | 0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Sb | 0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,1 | <0,1 | 0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Bi | 0,4 | 0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Ag | 0,7 | 0,1 | <0,1 | 0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Au | 121 | 19,9 | 1,0 | 6,1 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | 1,9 | <0,5 | <0,5 | 0,7 | 0,5 |
| Hg | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Tl | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 |
| Se | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |

*: Elazığ magmatitleri örnekleri

Harput Karataş tepe volkanitlerinde bu iki grup içerisindeki değişim genelde tüm oksitlerin SiO_2 ile olan değişimlerinde birbiriyle uyumluken Na_2O - SiO_2 değişim diyagramında farklılık göstermekte ve SiO_2 oranı düşük olan örneklerde artan SiO_2 'e bağlı olarak Na_2O değeri artarken, SiO_2 değeri daha yüksek olan örneklerde bu değişim azalma şeklinde olmaktadır. Ancak bütün olarak bakıldığından SiO_2 'in artışıyla birlikte FeO , MgO , TiO_2 , MnO , CaO , K_2O azalarak negatif korelasyon, P_2O_5 ve Na_2O artarak pozitif korelasyon göstermektedir. Bu şekildeki, pozitif ve negatif korelasyonlar fraksiyonel kristalleşme süreci ile açıklanabilir.

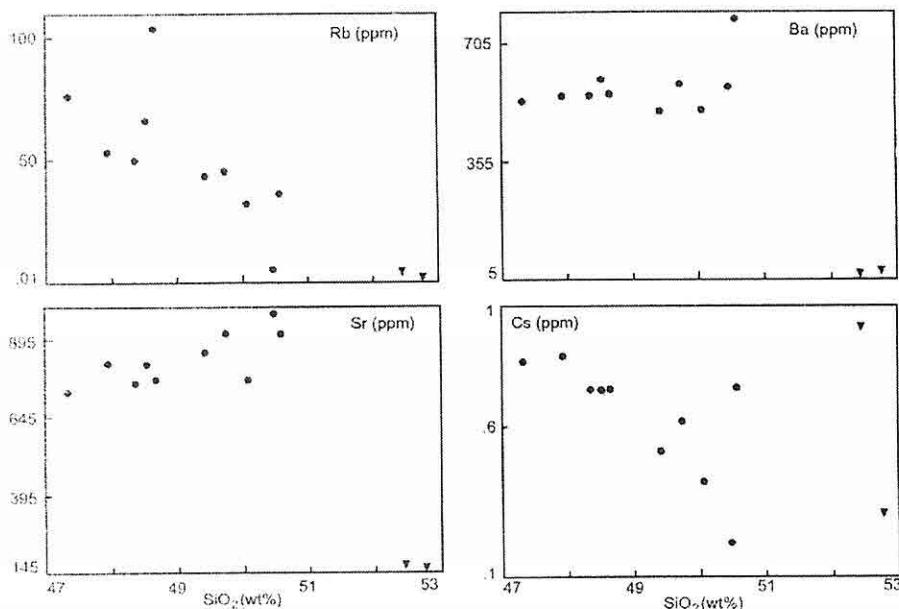
CaO 'da gözlenen azalmalar, kalsik plajyoklasların fraksiyonlanması ile MgO 'daki azalmalar olasılıkla klinopiroksen fraksiyonlanması ile, Fe_2O_3 ve TiO_2 'deki azalmalar ise, piroksen ve Fe-Ti oksit fraksiyonlanması ile ilişkili olabilir.

İz element Harker (1909) diyagramlarına bakıldığından, ana oksitlerde olduğu gibi her iki volkanik birim arasındaki farklılık gibi, Harput Karataş tepe volkanitlerinin de kendi içerisinde yine iki grup halinde farklılığı az da olsa görülmektedir. Büyük iyon yarıçaplı litofil elementlerden (LILE) olan Rb, Ba, Sr ve Cs'un SiO_2 ile değişim diyagramlarında (Şekil 12); Rb'un

**POLİJENETİK BİR VOLKANİZMA VE PETROGRAFİK-JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ:
HARPUT (ELAZIĞ) KARATAŞ TEPE VOLKANİZMASI**

K içeriği ile uyumlu olarak SiO_2 ile negatif ilişki gösterdiği görülmektedir. Bilindiği gibi Rb elementi başlıca K-feldspat ve biyotit minerallerinde bulunan K ile birlikte davranış gösterir (Wilson, 1989). Dolayısıyla çalışma bölgesindeki kayaçların bazik bileşimli olması K-feldspat minerallerinin az olması ve kayaçtaki mafik minerallerin amfibol ağırlıklı olmasıyla pozitif ilişkilidir.

volkanitlerine ait örneklerdeki dağılımları ise 485-750 ppm arasında değişmektedir. Benzer şekilde olan Sr da Elazığ magmatitlerinde 156 ve 164 ppm iken Harput volkanitlerinde 713-921 ppm arasında değişir. Ba ve Sr'un dağılımı Harput volkanitlerinde silis değeri düşük olan örneklerde değişmezken silisi biraz daha yüksek örneklerde artan SiO_2 ile az da olsa artması bu örneklerin feldspat ve biyotitce zenginleştiğine ya da bu



Şekil 12. Kayaçlardaki Rb, Ba, Sr, Cs içeriklerinin SiO_2 içeriğine karşı değişim diyagramları. ●:Harput Karataş tepe volkanitleri , ▼:Elazığ magmatitleri

Örneklerin Ba ve Sr dağılımlarına bakıldığından her iki elementin davranışları birbirine çok benzemekte ve bu iki birim arasındaki fark çok belirgin olarak gözlenmektedir. Örneğin Ba'un Elazığ magmatitlerine ait volkanitlerdeki dağılımı 20 ve 3 ppm değerindeyken Harput

zenginleşmeyi sağlayan kirlenmeye bağlı olduğu düşünülmektedir.

Cs değerindeki negatif dağılım ise özellikle Ba ve Sr ile uygunluk göstermediğinden yani biyotit artışıyla değil daha çok magma kirlenmesine bağlı olabilir.

İz elementlerden kalıcılığı yüksek element (Hf, Zr, Sc, Y, Th, U) olarak tanımlanan (Rollinson, 1993) elementlere genel olarak bakıldığından, Elazığ magmatitleri volkanitlerinin Sc ve Y değerleri yüksek iken, Harput volkanitleri bu elementlerce daha fakirdirler. Bu durumun Elazığ magmatitlerine ait volkanitlerin granatça zengin bir magma ya da kayaç olarak aksesuar minerallerce (apatit, sfen) daha zengin bir kayacını temsil edebileceğini düşündürmektedir (Wilson, 1989). Bu elementlerin iki grup kayaç içerisinde SiO_2 ile olan değişimlerine bakıldığından (Şekil 13) Sc dışındaki diğer elementlerin benzer davranışları sergiledikleri görülmektedir. Harput Karataş tepe volkanizmasına ait örneklerden SiO_2 değeri düşük olanlar zayıf bir azalma gösteriyorken SiO_2 değeri daha yüksek olan örneklerde ise pozitif bir ilişki görülür. Elazığ magmatitlerine ait iki örnek ise yorum yapmak için yetersiz olsa da Y dışındaki elementlerde SiO_2 ile negatif bir ilişki sergilemektedir.

Eser elementler içerisinde geçiş metalleri (Transitional Metal Elements, TME) olarak bilinen Co, Ni, Cu ve Zn (Rollinson, 1993) elementlerinin dağılımlarında (Şekil 14), Elazığ magmatitleri volkanitlerinin benzer özellik gösterdikleri ancak Ni ve Zn değerlerinin Harput volkanitlerine ait örneklerden az olmasına karşın, Co ve Cu değerlerinin Harput volkanitleriyle aynı oldukları görülmektedir. Bilindiği gibi Ni'in yüksek değerlerde olması (250-300 ppm) ana magmanın peridotitik bir manto kaynağına

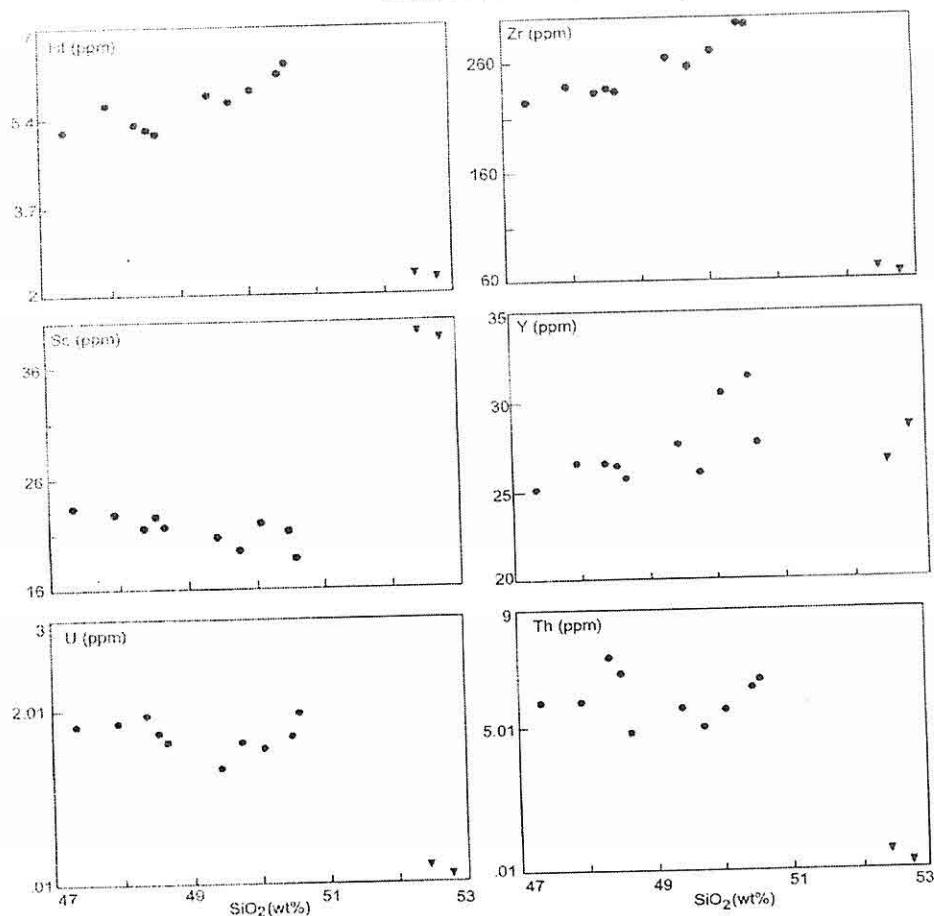
işaret ettiğini belirtmektedir (Wilson, 1989). Ancak bu elementlerden hiçbirinin yüksek değerlerde olmaması hatta Elazığ magmatitlerine ait volkanitlerde bu değerlerin daha düşük olması böylece daha önce verilen element dağılımlarıyla uyumlu olmadığını göstermekte ve bunun da magma karışımı ile ilgili olabileceğini düşündürmektedir.

Tüm örneklerin MORB'a normalize edilen iz element dağılımlarında (Sun, 1982), Elazığ magmatitlerine ait volkanitlerle, Harput Karataş tepe volkanitlerinin çok belirgin bir farklılık gösterdikleri görülmektedir (Şekil 15). Harput volkanitleri K_2O 'deki negatif anomalije karşın, Elazığ magmatitleri volkanitlerinin ise Rb, Th, ve Nb'deki negatif anomalileri ve ağır nadir toprak elementlerinin dışındaki tüm elementlerin çok daha az zenginleşme göstermesi bu iki kayaç arasında magma kaynağı ve oluşumunun farklı olduğunu göstergesi可以说吧。

Aynı örneklerin Kondrite normalleştirilen (McDonough and Frey, 1989) diyagramına bakıldığından ise (Şekil 15) benzer durum burada da çok belirgin bir şekilde görülmektedir. Her iki birimde de negatif ve pozitif anomalilerin olmadığı, ancak hafif nadir toprak elementlerine (LREE) göre çok daha zenginleşmiş Harput Karataş tepe volkanitlerinin ise ağır nadir toprak elementlerce (HREE) Elazığ Magmatitlerinden az da olsa daha fakir olduğu görülmektedir.

Her iki normalleştirme diyagramında benzer şekilde Harput Karataş tepe

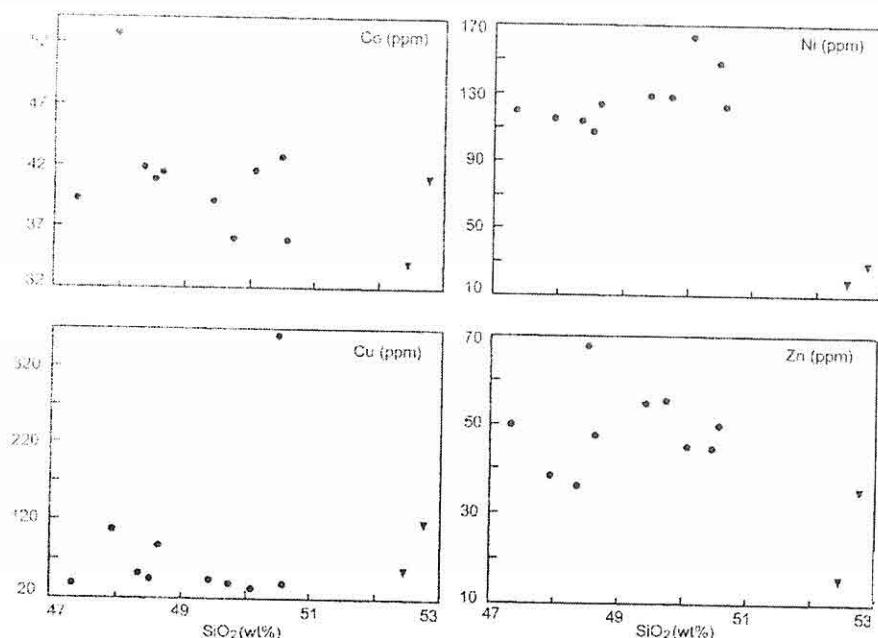
**POLİJENETİK BİR VOLKANİZMA VE PETROGRAFİK-JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ:
HARPUT (ELAZIĞ) KARATAŞ TEPE VOLKANİZMASI**



Şekil 13. Kayaçlardaki Hf, Zr, Sc, Y, Th, U içeriklerinin SiO_2 içeriğine karşı değişim diyagramları. ●:Harput Karataş tepe volkanitleri , ▼ :Elazığ magmatitleri

volkanitlerinin hafif nadir toprak elementlerinden (LREE), orta nadir toprak elementlerine (MREE) doğru belirgin bir fraksiyonlanma gösterdiği görülmektedir. Böylece arazi verileriyle de daha genç olduğu belirlenen Harput Karataş tepe volkanitlerinin, Elazığ magmatitlerine ait geç evre diferansiyasyon ürünü olamayacağı belirlenmiş olmaktadır. Çünkü böyle bir olasılık olsaydı Lu elementinin Kondrite göre zenginleşme

oranı yaşlı fazlı birimde belirgin şekilde daha fazla olması gerekiirdi (Rollinson, 1993). Yine bu birimlerde belirgin bir Eu anomalisinin gözlenmemesi bu birimleri oluşturan magma kaynaklarının daha önce bir plajiyoklas fraksiyonlaşmasına uğramadığını göstermektedir. Bütün bu özelliklere genel olarak bakıldığından Elazığ magmatitleri volkanitlerinin yaklaşık yatay bir trend sunması, karakteristik olarak manto kayaçlarına



Şekil 14. Kayaçlardaki Co, Ni, Cu, Zn gibi geçiş metallerin SiO_2 içeriğine karşı değişim diyagramları. ● :Harput Karataş tepe volkanitleri , ▼ :Elazığ magmatitleri

benzeyen bir davranış gösterdiği söylenebilir. Harput Karataş tepe volkanitlerinin ise mafik bir magmanın diferansiyasyonu ile meydana gelmesinden çok, kirlenmeye uğramış bir magmanın katılıması ile oluşmuş olduğu söylenebilir.

5. SONUÇLAR

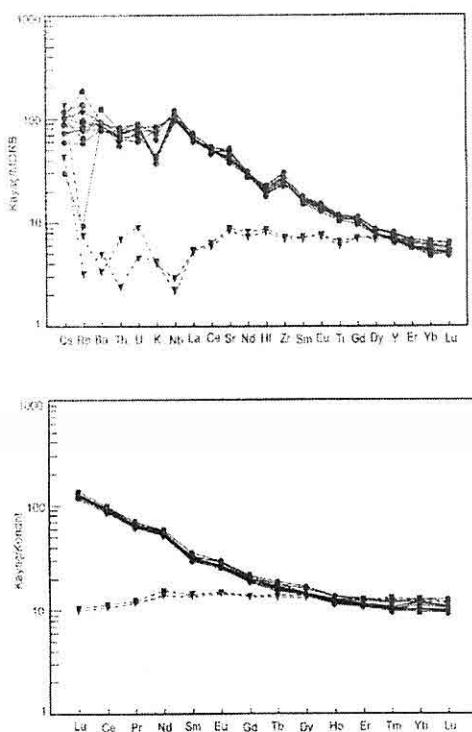
Miyo-Pliyosen yaşı olarak bilinen bu volkanizmanın Harput-Karataş tepe ve çevresinde çoğun piroklastitlerden oluşu belirlenmiştir. Polijenetik bir volkanizma ürünü olduğuna işaret eden verilere sahip birim, hemen güneyinde yayılım gösteren Senonyien yaşı Elazığ magmatitleri piroklastitlerinden renk ve litolojik özellik bakımından belirgin bir

şekilde ayrılmaktadır. Her iki birime ait lav akıntıları ise makroskopik ve petrografik olarak birbirine çok benzerlik göstermesine rağmen, jeokimyasal veriler oldukça farklı olduklarını göstermektedir. Genç volkanitlerin alkalen özellikte olmalarına karşın, Senonyien yaşı Elazığ magmatitleri volkanitlerinin toleyitik özellikte olduğu belirlenmiştir. Aynı farklılık kaynak alanlar bakımından da çok belirgin şekilde görülmektedir.

6. KATKI BELİRTME

Yazarlar, bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde maddi destek sağlayan Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP Proje No: 1050) birimi'ne teşekkür ederler.

**POLİJENETİK BİR VOLKANİZMA VE PETROGRAFİK-JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ:
HARPUT (ELAZIĞ) KARATAŞ TEPE VOLKANİZMASI**



Şekil 15. Kayaçların MORB (Sun, 1982).ve Kondrite (McDonough and Frey, 1989). oranlanmış nadir toprak element dağılımları. ● :Harput Karataş tepe volkanitleri , ▼ :Elazığ magmatitleri.

7. REFERANSLAR

- Akgül, B., 1993, Piran Köyü (Keban) çevresindeki magmatik kayaçların petrografik ve petrolojik incelenmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 128s.
- Akgül, B., Kürüm, S. ve Erdem, E., 2001. Elazığ volkanitlerinin petrografik ve jeokimyasal özellikleri, Yerbilimleri/Geosound. 39, 69-83.
- Aydar, E., 2001. Fiziksel ve dinamik volkanizma, Magmatik Petrojenez (ed:Boztuğ, D. ve Otlu, N.) 220-244.
- Baykendi, O., 1998. Tadım, Dedeyolu, Badempinari (Elazığ) köyleri çevresinin jeolojisi ve magmatik kayaçların petrografik özellikleri. Fırat Univ. Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. Yılı Sempozyumu Bild., 345-355.
- Beyarslan, M., 2000. Serince-Harput (Elazığ) çevresindeki granitik kayaçlar ve kökeni, Yerbilimleri/Geosound. 37, 105-117.
- Bingöl, A. F., 1984, Geology of the Elazığ area in the Eastern Taurus region. Proceedings of the Intern. Symp. on the Geol. of the Taurus Belt, 209-217.
- Ercan, T. ve Asutay, H.J., 1993, Malatya-Elazığ-Tunceli-Bingöl-Diyarbağı dolaylarındaki Neojen-Kuvaterner yaşı volkanitlerin petrolojisi. Suat Erk Semp. Ankara Univ. Fen Fak. Jeoloji Müh. Böl. 291-303.
- Fisher, R.V. and Schmincke H.U., 1984. Pyroclastic rocks. Springer-Verlag. New York. 472pp.
- Harker, A., 1909. The natural history of igneous rocks. Methuen, London.
- Irvine, T. N. and Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. Can. Jour. Earth Sciences 8: 523-548.
- İnceöz, M., 1994. Harput (Elazığ) yakını kuzeyi ve doğusunun jeolojik özellikleri. Doktora tezi, Fırat Univ. Fen Bil. Enst., 112s.
- Kürüm, S. ve Taşkın, A.H., 2000. Elazığ yakın kuzeyindeki magmatitlerin petrografik ve jeokimyasal özellikleri. Yerbilimleri/Geosound. 36, 53-64.

- McDonough, W.F. and Frey, F.A., 1989. Rare earth elements in upper mantle rocks. In: Lipin BR and McKay GA (eds), *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements*. Reviews in Mineralogy 21, Mineralogical Society of America, Washington DC., 99-145.
- Naz, H., 1979, Elazığ-Palu dolayının jeolojisi. TPAO. Rapor No: 1360. (yayınlanmamış).
- Turan, M., Aksoy, E., ve Bingöl, A.F., 1993, Doğu Torosların jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri. Hacettepe Univ. Yer Bil. 25. Yıl Semp.
- Rollinson, H.R., 1993. Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation. Longman Scientific and Technical, John Wiley and Sons, 352p.
- Sun, S.S., 1982, Chemical composition and origin of the earth's primitive mantle. *Geochem. Cosmochim. Acta*, 46, 179-192.
- Wilson, M., 1989. Igneous Petrogenesis. Unwin Hyman, London. 466pp.
- Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different Magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343.

**DEMİRTAŞ-SARIMAZI-YUMURTALIK (ADANA) ARASININ
TEKTONO-STRATİGRAFİSİ**

Olga BOYRAZ, Ulvi Can ÜNLÜGENÇ
Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET: Adana ili, Ceyhan ilçesinin güneyinde ve Misis-Andırın yapısal yükseltim alanının doğu-güneydoğusunda yer alan inceleme alanı; kuzeybatıda Aslantaş doğrultu atımlı fay zonu, doğu-güneydoğusunda Amanoslar, güneyde Akdeniz-İskenderun körfezi, güneydoğu'da Yumurtalık fayıyla sınırlandırılmaktadır. Bu alan aynı zamanda Anadolu levhacığı ile Afrika-Arap levhalarının birleştiği kenet kuşağının yakın kısımında yer almaktadır. Bu çalışma ile bölgede yer alan farklı tektonostratigrafik birlüklerin tanınması, birbirleriyle olan ilişkilerinin ortaya çıkarılması ve buna bağlı olarak bölgenin geçirdiği jeolojik evriminin öğrenilmesi amaçlanmıştır. Özellikle tektonik açıdan oldukça aktif ve önemli konumda bulunan bu bölgede, mevcut litostratigrafik birimler genel olarak terslenmiş konumdadır. Buna göre; en genç istif, tektonostratigrafik konumu itibarı ile en alta, en yaşlı istif ise en üstte gözlenmektedir. Çalışma alanında yüzeyleyen en yaşlı birim Üst Kretase-Alt Eosen yaşlı Andırın Formasyonu'nun Dokuztekne üyesidir. Andırın Formasyonu'ndaki volkano-sedimanter fasiyesteki birimin yaşı da Üst Kretase-Alt Eosen'dir. Tektonik dokanakla üzerlenen Alt-Orta Miyosen yaşlı Karataş Formasyonu; türbiditik karakterli kumtaşı, kumlu kireçtaşı, marn, kireçtaşı ve konglomera ardalanması ile birlikte yer yer değişik boyutlarda olistolitlere ait blokları içermektedir. Karataş Formasyonu tektonik dokanakla Tortoniyen yaşlı sığ denizel-deltaik karakterli Kızıldere Formasyonu üzerinde bindirmeli bir dokanağa sahiptir. Pliyo-Kuvaterner yaşlı Delihalil Bazaltı, bölgenin son tektonizma ürünü olup, levha içi gelişen volkanizma karakterini taşımaktadır. Bu volkanik aktivite, Doğu Anadolu Fay sisteminin uzantısı boyunca gelişen fay uzanımlarına yaklaşık paralel yüzleklər sunmakla beraber, gelişen doğrultu atımlı faylanma dönemi sırası ve sonrasında oluşmuşlardır. Bölgedeki en genç çökeller Kuvaterner yaşlı alüvyonlar olup, diğer bütün birimleri açısal uyumsuzlukla üzerlemektedir.

**TECTONO-STRATIGRAPHICAL INVESTIGATION OF
DEMİRTAŞ-SARIMAZI -YUMURTALIK (ADANA)**

ABSTRACT: The investigated area, which takes place to the east and southeast of Misis Structural High in the south of Ceyhan town (Adana), is limited by Aslantaş strike-slip fault zone to the northwest, the Amanos mountains to the east and southeast, Mediterranean-İskenderun bay to the south and Yumurtalık Fault to the southeast. This

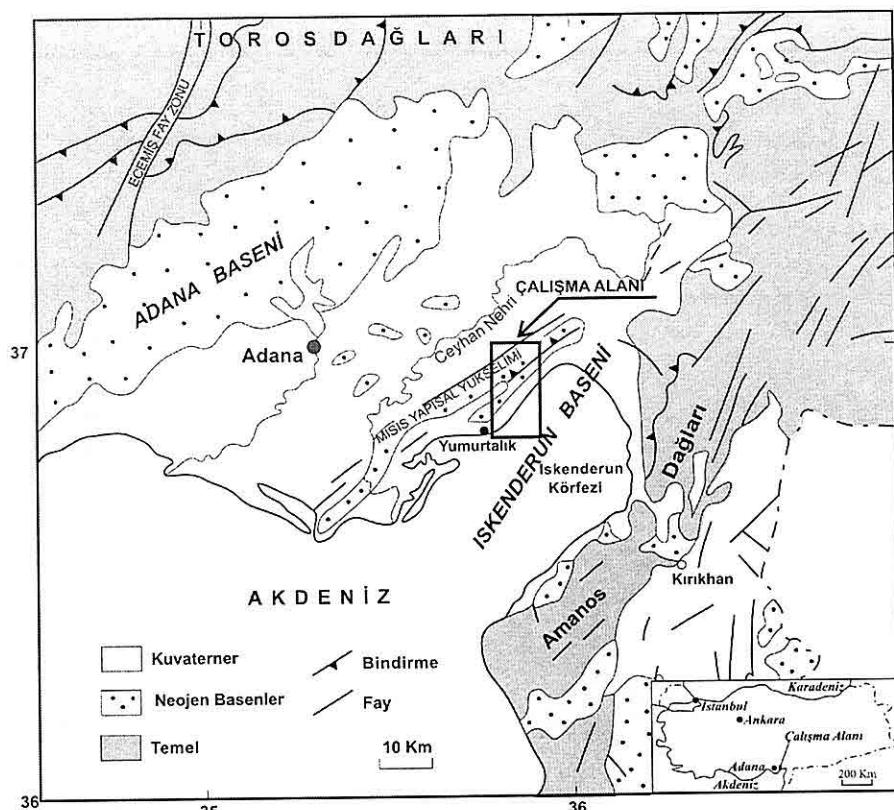
area is also located to the north of suture zone between the Anatolide platelet and Afro-Arabian plates. Definition of geological evolution of the different tectonostratigraphic units which crop out in the area and their structural relations with one another were aimed in this study. Present lithostratigraphic units are generally seen as overturned in such a very tectonically active setting area in particular. Therefore, tectonostratigraphically the youngest unit at the base and the oldest unit is seen on the top. The oldest unit of the investigated area is represented by Upper Cretaceous-Lower Eocene age Dokuztekne member of Andırın Formation. The age of the volcano-sedimentary facies (melange unit) included within the Andırın Formation Facies (Melange) is also Upper Cretaceous- Lower Eocene. The Karataş Formation is of early to mid Miocene in age, which is tectonically overlain in the area, is mainly made up of turbiditic sandstone, sandy limestone, marl, limestone and irregular different size olistolithes as well as conglomerate sequences. Karataş Formation tectonically overlies the younger shallow marine-deltaic sediments of Tortonian age Kızıldere Formation. Delihalil Basalts are of Plio-Quaternary in age is the last tectonic activity and has the characteristics of within plate type within this suture zone. This volcanic activity formed approximately parallel to the faults, which are the extend of the East Anatolian Fault System, during and soon after the formation of this strike-slip faulting. The youngest units of the area are alluviums that rest on the all older units with angular unconformity.

1. GİRİŞ

Adana ili, Ceyhan ilçesi'nin güneyinde yer alan inceleme bölgesi, Mersin O35 b1-b2-b3-b4 topografik pafta sınırları içerisinde yer almaktır olup, Anadolu levhacığı ile Afrika-Arap levhalarının birleştiği kenet kuşağının yakın kuzey kısmında yer almaktadır (Şekil 1). Bölgede yer alan başıca yerleşim birimleri; Demirtaş (A11), Hamzah (D7), Kurtkulağı (E4), Sarıköçeli (F1), Sarımazi (J2), Yüceören (G3), Narlıören (B8) köyleri ile Sağırlar (G1) ve Herekli (B10) mahalleleridir (Şekil 2).

Çalışma alanı ve yakın çevresinde değişik amaçlı birçok jeolojik incelemeler yapılmış olup, bunlar bölgenin jeolojisini aydınlatmada önemli katkılar sağlamıştır.

Schmidt (1961), Adana baseninde yapmış olduğu incelemelerde Misis bölgesinin de jeolojisini ele alarak iki ayrı fasyes ayırt etmiştir. Bilgin ve diğ. (1981) MTA projesi kapsamında yapmış oldukları araştırmada inceleme alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlayarak; Andırın Formasyonu, Dokuztekne üyesi ve Karataş Formasyonu gibi birimleri ayırt etmişlerdir. Bilgin ve Ercan (1981), Misis karmaşığı ile ilgili olduğu düşünülen, Kuvaterner yaşı bazaltlar üzerine araştırma yaparak levha tektoniğine göre bunların kökenlerini yorumlamışlardır. Buna göre bölgede gözlenen bazaltların toleyitik bazaltlara karşılık geldiği fikrini savunmuşlardır. Kozlu (1987), Misis-Andırın dolaylarının

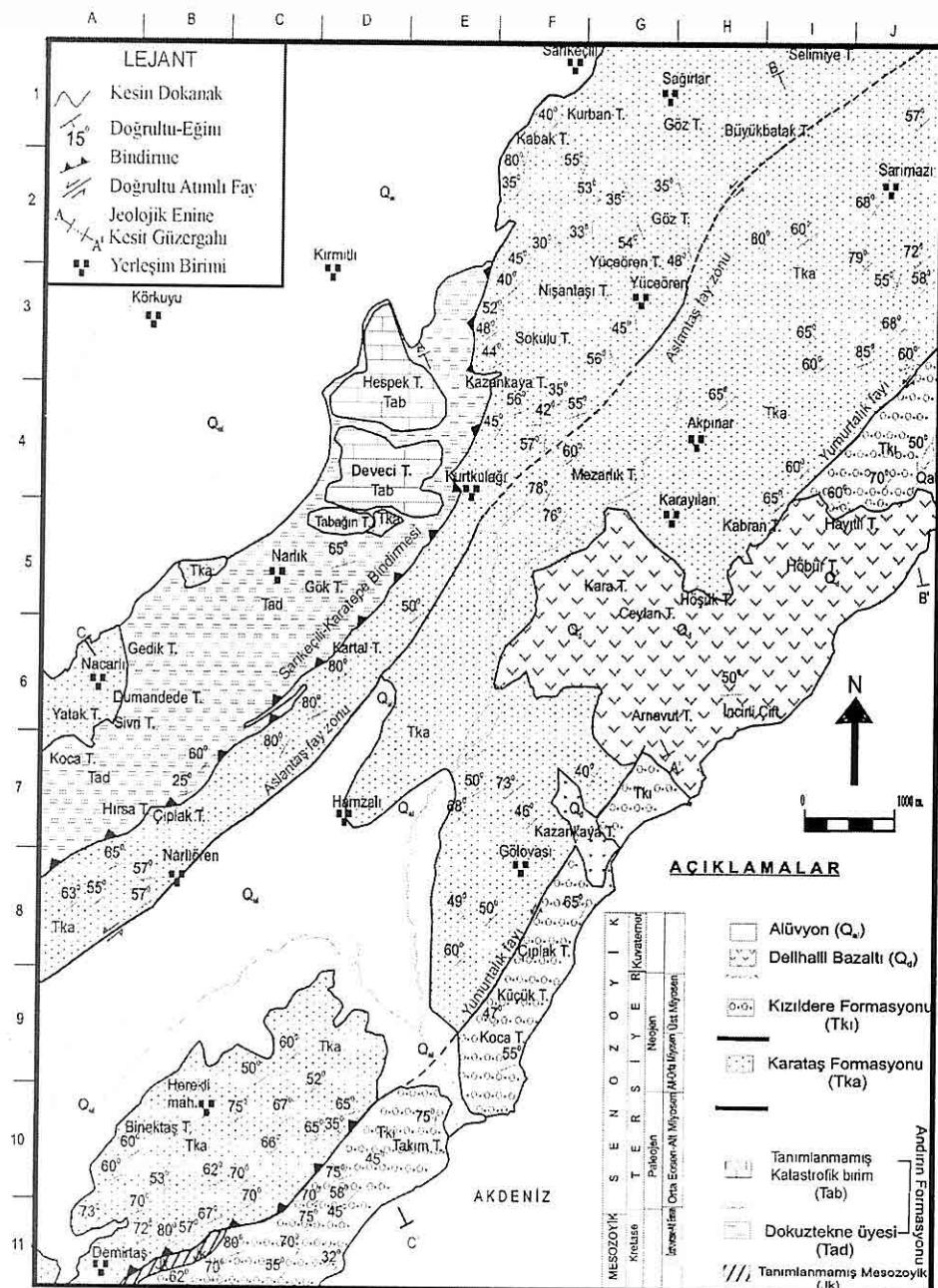


Şekil 1. Yer bulduru haritası.

stratigrafisi ve yapısal evrimi üzerine çalışmış ve inceleme alanı ile ilgili temel yapısal ve jeolojik unsurları ortaya koymuştur. Aynı yıllarda Kelling ve diğ. (1987) ve Gökçen ve diğ. (1988) Misisler bölgesindeki yapıtlarını çalışma ile bölgenin sedimentolojik ve tektonik özelliklerini paleontolojik verilerle destekleyen çalışmalar yapmışlardır. İnceleme bölgesi tektonik yönden oldukça aktif ve levha sınırlarına yakın olduğundan dolayı son yıllarda birçok araştırmacı bu alandaki tektono-stratigrafik çatayı, bölgenin modellemesini yapmak üzere

çalışmalar yapmışlar (Şengör ve Yılmaz, 1983; Ünlügenç, 1993; Kozlu, 1997; Robertson ve diğ., 2004).

Bu araştırmmanın amacı; çalışma bölgesinde yer alan çökellerin stratigrafik incelenmesi ve yapısal özelliklerinin açığa çıkarılmasıdır. Çalışma alanı ve çevresinde değişik amaçlı jeolojik incelemeler yapılmış olup, bunlar bölgenin jeolojisini aydınlatmada önemli katkılar sağlamıştır. Bu çalışma, bölgenin tektonik durumunun aydınlatılmasına katkıda bulunma amacını taşımaktadır.



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası.

2. BÖLGESEL JEOLOJİ VE STRATİGRAFI

2.1. Mesozoyik

2.1.1. Andırın Formasyonu

(**Tanımlanmamış Katastrofik Birim**)

(**Tab**)

Eroskay ve dig. (1978) Andırın dolayında en geniş yüzeylemeleri bulunan birim için Andırın kireçtaşları terimini kullanmışlardır. Andırın Formasyonu içerisinde irili-ufaklı bloklar şeklinde tanımlanan bu kireçtaşları yer almaktadır. Formasyon içindeki bir birim için yapılan bu adlama tüm formasyon için kullanılmak üzere değiştirilerek benimsenmiştir (Şekil 3). Schmidt (1961) İsalı 'Katastrofik' fasiyesi terimini; bu formasyonun Misis'lerde görüldüğü bölüm için kullanmıştır. Schiettecatte (1971) ise Dokuztekne üyesi ile İsalı 'Katastrofik' fasiyesini deneştirmiştir. Formasyonu adı altında yeni bir adlama yapmıştır. Bu adlama ile belirtilen birim, Andırın Formasyonu ve bunun Dokuztekne üyesine karşılık gelmektedir. Bazen çok iri olistolitleri kapsayan olistostromal seviyeler, taşınmış ofiyolitik kayaçlar, bu ofiyolitik kayaçlarla birlikte taşınmış çeşitli yaşlarda kireçtaşları blokları ve bu karışık birimin matriksi olarak düşünülen filiş, Andırın formasyonunu oluşturmaktadır. Çalışma alanında gözlenen tanımlanmamış katastrofik birim (Tab) ve sadece çalışma alanının güney kesimlerinde çok sınırlı bir alanda Demirtaş mahallesi doğu kesiminde (B11) yüzeyleyen oldukça tektonize olmuş ve tanımlanmamış olan Mesozoyik (Jk) yaşılı birim olarak

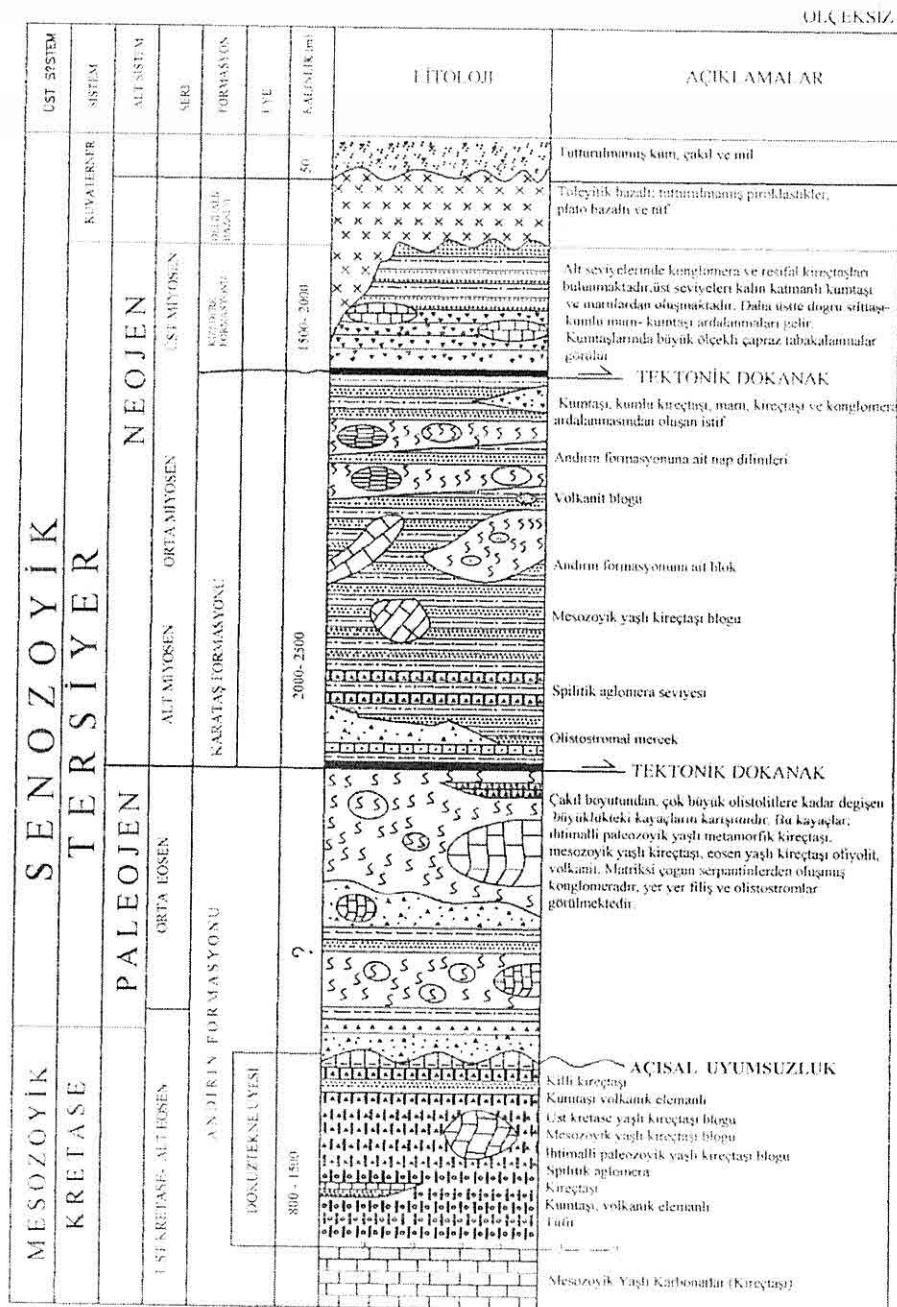
adlandırılan kireçtaşları blokları da Andırın Formasyonuna dahil edilmiş olup, bölgeye tektonik olarak yerleşmiştir (Şekil 2).

2.1.2. Dokuztekne Üyesi (KTad)

Kozlu (1987) tarafından, çalışma alanının kuzeyinde bulunan Dokuztekne Köyü'nden esinlenerek Andırın Formasyonu içerisinde Dokuztekne üyesi olarak adlandırılan birim, şarabi, mor ve yeşilimsi renklerde görülmekte olup, tabanda spilitik yapıda volkanitlerle başlamaktı, daha sonra ortaç volkanitlere, üstte doğru tüfit ve aglomeralara geçmektedir (Şekil 3). Yukarıda tanımlanan istif içinde; yer yer marn, killikumlu kireçtaşları ve olistostromal çakıltı-kumtaşı seviyeleri bulunmaktadır. Birim bir bütün olarak değerlendirildiğinde, bazik volkanitlerin egemenliğinde, kırmızı-koyu kırmızı-kahve renkli, yer yer manganlı, çörtlü ve globotruncana'lı mikrit ara seviyeleri içeren, volkanit-tüfit-aglomera ardalanımından oluşmaktadır. Formasyonun alt dokanağı tektonik olup, Karataş Formasyonu üzerine bindirme ile gelmiştir (Şekil 2, 3). Formasyonun üst dokanağı ise, tedrici geçişli olarak killi kireçtaşlarına geçmektedir. Birimin yaşı Maestrihtiyen-Alt Eosen olarak belirlenmiştir (Eroskay ve dig., 1978).

2.1.3. Tanımlanmamış Mesozoyik (Jk)

Çalışma alanının güneyinde, Demirtaş civarında; çok iri olistolitleri kapsayan olistostromal seviyeler, taşınmış ofiyolitik kayaçlar ve bu ofiyolitik kayaçlarla birlikte taşınmış çeşitli yaşlarda kireçtaşları blokları gözlenmektedir. Bu kireçtaşları



Şekil 3. Demirtaş-Sarımaç Dolayının Genelleştirilmiş Stratigrafi Kesiti (Kozlu, 1987). blokları merkezsel geometrili olup,

oldukça yoğun tektonizmaya uğramışlardır. Bölgedeki tektonizmanın yoğun etkisiyle bu kireçtaşları bloklarında sıkça kıvrımlanmalar ve faylanmalar gözlenmektedir. Fosil edinilemeyen bu birimin yaşı Kretase olarak rapor edilmiştir (Kelling ve diğ., 1987; Gökçen ve diğ., 1988).

2.2.Senozoyik (Tersiyer)

2.2.1.Karataş Formasyonu (Tka)

Karataş Formasyonunun adı Schmidt (1961) tarafından inceleme bölgesinin yakın batı kesimindeki Karataş ilçesinden alınarak verilmiştir. İnceleme alanında bu formasyon derin denizel (turbiditler) istiflerle temsil edilmektedir. Formasyonun yayılım alanı, kuzeyde Sarıköy-Karatepe bindirmesi; güneyde ise Yumurtalık fayı ile sınırlanmıştır (Şekil 2). Birimin egemen litolojisi başlıca kumtaşı ve şeyl olup, yer yer de ince marn ve kireçtaşları arabantlarına ve volkanoklastik kumtaşı-silttaşları aratabakalarına rastlanılmaktadır. Kumtaşının taze kırık yüzeyi gri, ayırmış yüzeyi kahverengisiyah, genellikle belirgin, orta-kalın tabakalı ve belirgin derecelenmelidir. İnce kum boyu taneler karbonat çimento ile sıkı pekişmiştir. Şeyl litolojisi ise gri rengiyle ayırtman olup, ince tabakalı ve yumuşak yapıdadır (Şekil 3). Formasyon içerisinde merkezsel konumda olistostromal seviyeler bulunmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1983). Formasyonun alt ve üst sınırları tektonik dokanaklı olup (Şekil 2), birim güneyde ters fayla Tortoniyen yaşı Kızıldere Formasyonu ile kuzeyde ise Dokuztekne üyesi ile

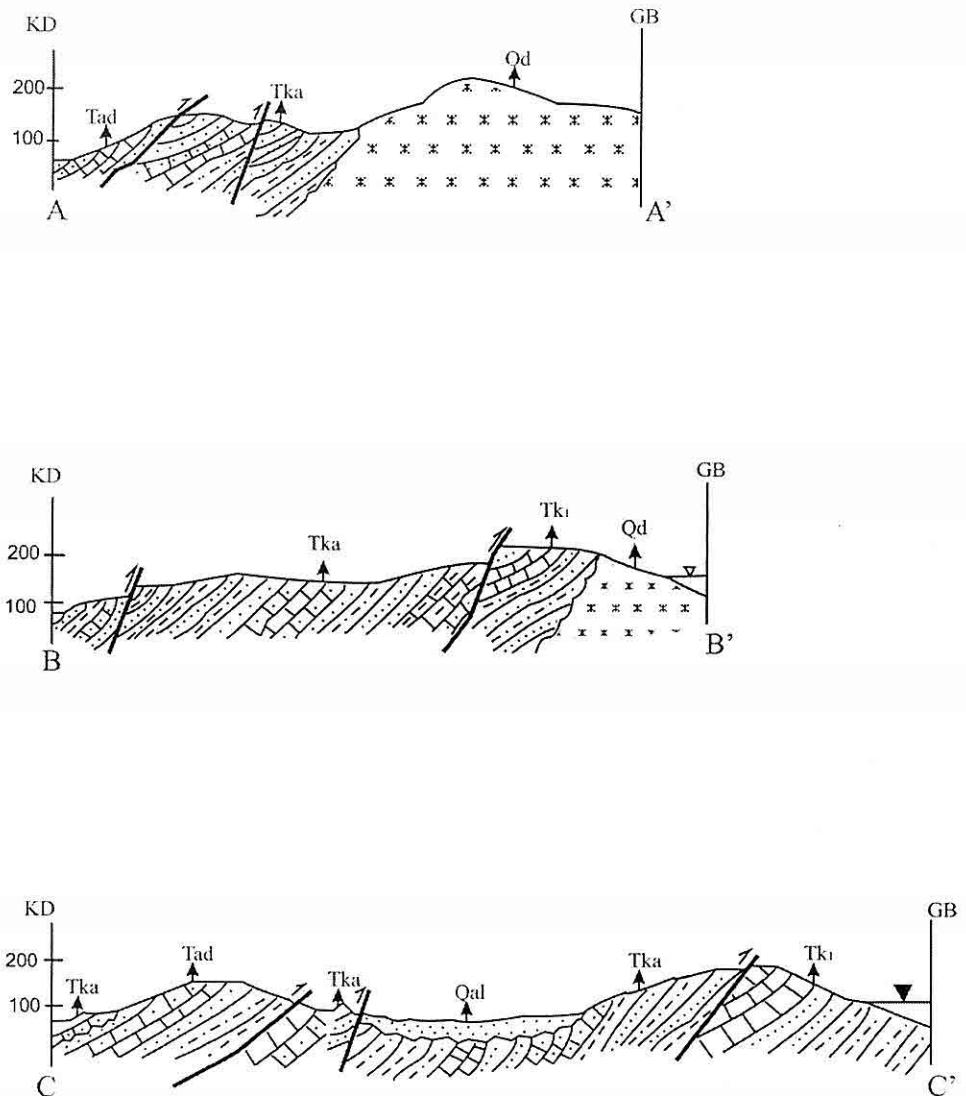
bindirmeli dokanak ilişkisine sahiptir. Andırın formasyonu ve onun bir üyesi olarak kabul edilen Dokuztekne üyesi, Karataş formasyonu üzerine bindirme ile gelmiştir (Şekil 3 ve 4). Bölgenin kuvvetli bir tektonizma etkisiyle KB-GD yönündeki sıkıştırma rejimi (kompresif) etkisi ile deformasyona uğraması nedeniyle, Karataş Formasyonu içinde çok sık ters faylar, oblik faylar, izoklinal kıvrımlar ve kıvrımların kırılmasıyla da kıvrımlar bulunmaktadır.

Yapılan incelemelere göre birimin yaşı Burdigaliyen-Langhiyen-Serravaliyen olarak belirlenmiştir (Gökçen ve diğ., 1988).

2.2.2.Kızıldere Formasyonu (Tkı)

Schmidt (1961) tarafından adlandırılan formasyon, çalışma alanının güney kesimlerinde pek geniş olmayan bir alanda yüzlek vermektedir (Şekil 2). Çalışma bölgesinde tabanda kırmızı renkli konglomeralar mevcuttur. Kızıldere Formasyonunun tabanında yer-yer görülen resifal kireçtaşları; bol alg, tekçe mercan, koloni halinde mercan, gastropod vb. gibi makrosossilidir. Daha üst seviyeleri oluşturan kumtaşı, marn ve seyrek görülen killi kireçtaşlarındaki makro gözlemler şu şekildedir;

Kumtaşı; ayırmış yüzeyi koyu grimsi, açık siyahımsı, boz renkli, taze kırık yüzeyi ise grimsi renkli, ince ve kaba taneli, az dayanıklı, bazen çok gevşek çimentoludur. Çakıllar; az köselidir. Maximum çakıl büyüğünü 30 cm.'ye kadar varmaktadır. Marnlar; koyu grimsi, grimsi renktedir.



Şekil 4. Çalışma alanına ait jeoloji enine kesitleri (Tad: Dokuztekne üyesi, Tka: Karataş Fm., Tkı: Kızıldere Fm., Qd: Delihalil Bazaltı, Qal: Alüvyon).

Killi kireçtaşı; açık krem renkli, kırılgan, düzensiz laminalı ve bol killidir. Formasyonun taban dokanağı sahada açık olarak görülememektedir. Üst dokanağı ise çalışma sahasının her kesiminde faylıdır (Şekil 2). Formasyona ait istif kırmızı renkli konglomeralarla başlamaktadır. Bunlar olasılıkla sığ denizel bir ortamı karakterize etmekte ve malzemesini de muhtemelen üzerinde çökelmiş olduğu ofiyolitik kayaçlardan almaktadır. Konglomeraların üzerinde resifal nitelikli kireçtaşları bulunmaktadır. Daha üstte doğru ise silttaşlı-kumlu marn-kumtaşı ve konglomeratik kumtaşı ardalanmaları gelmektedir. Birimde rastlanan kalın kumtaşı ve marn ardalanması ortamın sığ olduğunu göstermektedir. Birimin yaşı Serravaliyen-Messiniyen olarak rapor edilmiştir (Kozlu, 1987).

2.3. Senozoyik (Kuvaterner)

2.3.1. Delihalil Bazaltı (Qd)

Kozlu (1982) tarafından isimlendirilen bu formasyon adını Delihalil Tepe'den almıştır. Genelde genç tektonik hatlar boyunca yarık erüpsiyonu şeklinde çıkan bu volkanitler; gözenekli, siyah renkli bazaltlar ve kırmızımsı-gri ve siyah renkli tüfleri ardalanması şeklindedir. Saha verilerine göre bu volkanitler, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından örtülmektedirler. Çalışma alanındaki Kuvaterner yaşlı bazaltlar, yaklaşık KD-GB yönlü bir doğrultuda tektonik hatlara paralel şekilde yüzeylemektedir (Şekil 2). Bölgedeki volkanik bazaltlar yüzleklerini koni kapsamayacak akıntılar şeklinde

sunmakta olup lav akıntılarının altında yatay tabakalı tüfler yer almaktadır. Pembe renkli, çok gevşek olan bu tüfler, bazaltik lavların hemen oluşumu öncesinde çökelmişlerdir. Üstteki lav akıntıları ise çok dayanıklı olup akıntı izlerini taşımaktadırlar. Delihalil bazaltının yaşı Kuvaterner olarak düşünülmektedir. Daha önceki çalışmalarda Schmidt (1961) birimin yaşı Pleistosen olarak belirtmiştir. Çalışma alanında yüzeleyen bazaltların kıtasal kabuk kökenli oldukları belirlenmiştir (Parlak ve dig., 1997).

2.3.2. Alüvyon (Qal)

Yörede gözlenen en genç Kuvaterner birimi kum, çakıl, silt, kilden oluşan alüvyonlar olup geç tektoniğin izlerini örtecek şekilde morfolojik düzlük alanlarda yüzeylemektedirler. Kuvaterner yaşlı, oldukça az pekişmiş alüvyonlar bölgedeki diğer tüm birimleri açısal uyumsuzlukla üzerlemektedir.

3. YAPISAL JEOLOJİ

Biju-Duval ve dig., (1974), Doğu Akdeniz Neojeni üzerine yapmış oldukları jeolojik incelemelerinde, Misis Dağları'nın jeolojisini araştırmış, bu bölgenin Antalya'dan başlayarak, Kıbrıs'ın kuzeyini de içine alacak şekilde uzanan, Misisler'den Andırın ve Bitlis'e kadar uzanan yapısal bir hat olduğunu belirtmişlerdir. Misis-Andırın Karmaşığı, Misis dağları, Ceyhan ilçesinin güney kesimini, Aslantaş yörenini, Kadırılı-Andırın-Göksun ilçeleri ve çevrelerini kapsamakta olup, güneybatıda Kıbrıs-Beş

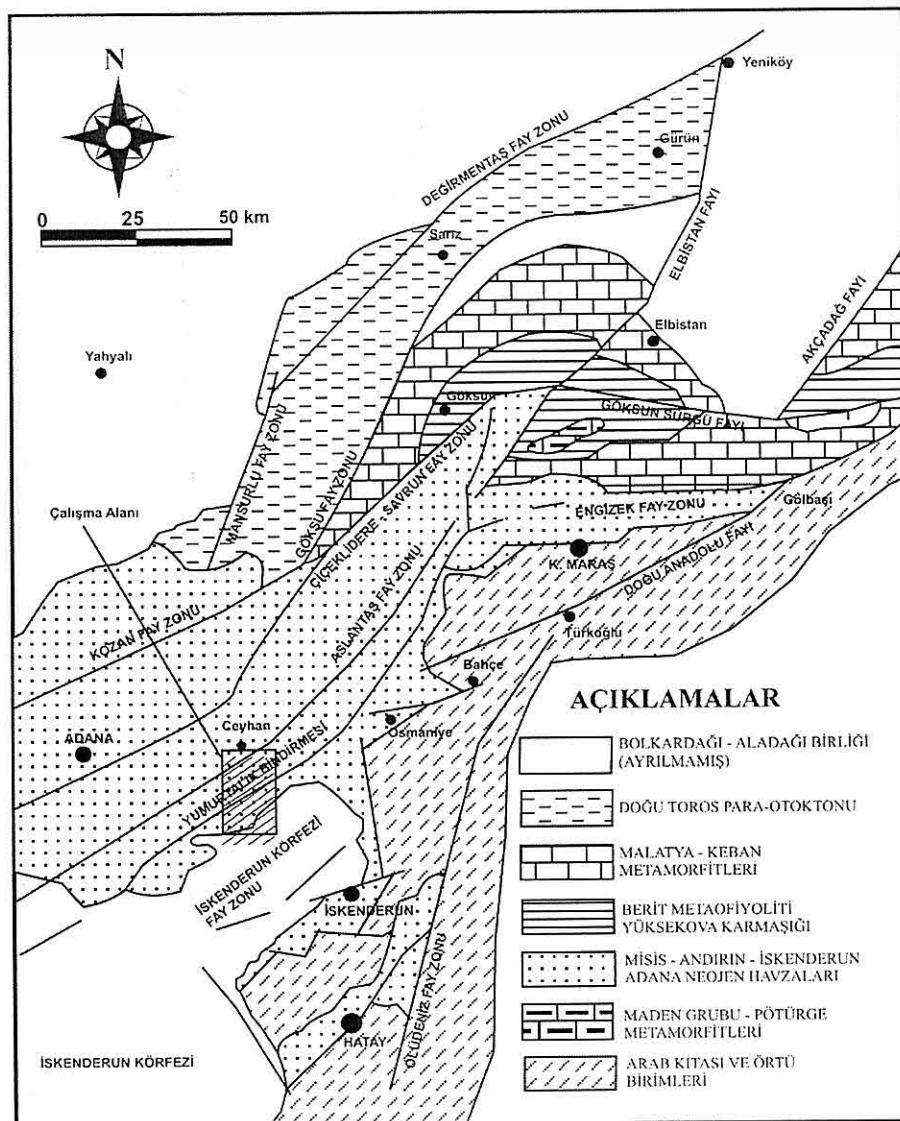
parmak dağlarına kadar uzanmaktadır.

Misis-Andırın yapışal yükseltim alanının doğusunda yer alan inceleme alanı, kuzeybatıda Aslantaş doğrultu atımlı fayıyla, güneydoğudan Yumurtalık fayı ile sınırlanmış olup, bu bölge Türkiye'deki önemli tektonik dokanak ilişkilerinin gözlendiği bir alandır. Levha sınırlarına yakın bölgede yer alan inceleme alanında değişik bölgelere ait jeolojik-tektonik birlikler birbirleriyle kenetlenmekte olup, Doğu Anadolu Fay sisteminin güneybatı kesiminde yer almaktadır. Tektonikçe aktif olması konumuyla, KB-GD yönlü sıkıştırmalar etkisiyle, çalışma bölgesinde KD-GB doğrultulu fay hatları meydana gelmiştir (Şekil 5).

İnceleme alanı, değişik bölgelere ait jeolojik birliklerin birbirleriyle kenetlendiği yerin yakın kuzey kısmında bulunmaktadır. Güneydoğu Anadolu'ya ait Tersiyer sürüklendirme küteleri, Toros kuşağına ait birlikler ve Amanos birliği, Misis-Andırın hattı boyunca birleşip, karmaşık bir yapı oluştururlar. Güneydoğu Anadolu'ya ait Tersiyer sürüklendirme hatları, çalışma alanında doğrultu atımlı faylara dönüşmekte veya bu tip faylarla birleşerek sonlanmaktadır (Şekil 6). Çalışılan bölge, güney Tetis koluna ait kenet kuşağının geçtiği yere karşılık gelmekte ve bu nedenle Geç Kretase'den günümüze kadar çok aktif bir tektonizma geçirmiştir (Kozlu, 1987). Misis-Andırın kompleksi'nin güney Tetis'in kuzeye doğru dalmasının geç evresinde gelişen ve aynı zamanda Toros (Eurisia) ve Arap (Afrika) levhalarının Orta Eosen'den erken Miyosen dönemindeki kita-kita

çarpışması nedeniyle bir yığışım prizması şeklinde geliştiği şeklinde yorumlanmaktadır (Robertson ve dig., 2004).

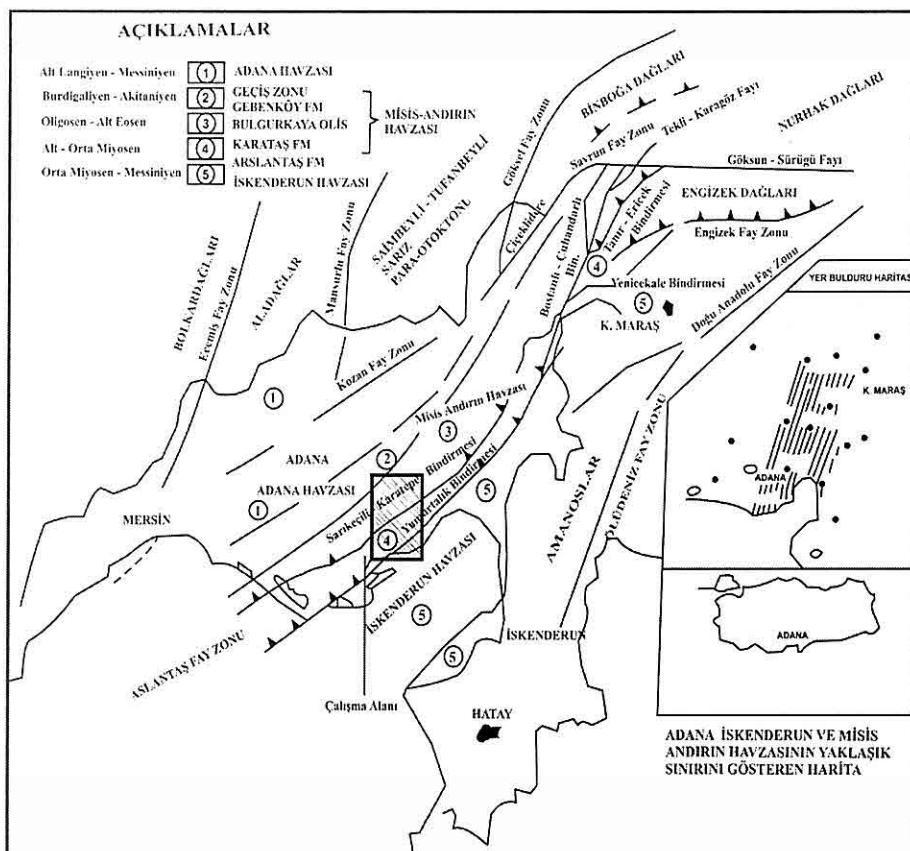
Güneydoğu Anadolu'daki 'alloktonların' egemen tektoniğini oluşturan Miyosen sürüklendirme hatları, Amanosların kuzey ve batı yöresindeki Andırın-Misis bölgelerine uzandığında, yanal atımlı fay sistemleri tarafından karşılanmaktadır. Çalışma alanı, doğu ile batı birliklerin geçiş kuşağının yakınında yer almaktadır. Bu nedenle hem Toroslar'daki hem de Güneydoğu Anadolu bölgesine ait etkin tektoniğin izlerini taşımaktadır (Kozlu, 1982). Bu bağlamda, çalışma bölgesi ve yakın civarlarında oluşan havzalar arasındaki tektonik hatlar Şekil 6'da gösterilmektedir. Burada belirlenen bu bölgedeki tektonik hatları ayrı ayrı Aslantaş Fay Zonu, Yumurtalık Fayı (Bindirme), Sarıköprü-Karatepe Fayı (Bindirme), Karataş ve Zeytinbeli Fayları olarak tanımlanarak haritalanmıştır (Kozlu, 1982; Karig ve Kozlu, 1990). Misisler'in kuzey kesimlerindeki Alt Miyosen yaşlı basenler normal faylanma açılma rejimine (doğrultu boyunca açılma doğrultu boyunca açılma) yönelik bir tektonik yerleşme sunmaktadır (Ünlügenç, 1993; Robertson ve dig., 2004). KD-GB uzanımlı Misis-Andırın segmenti, muhtemelen Toros kenarının Mesozoyik'teki paleocografik ötelenmesi olarak meydana gelmiştir. Bu tektonik konum, Tersiyer süresi sonlarında gelişen çarpaşma ile aktive olarak, doğrultu atım ve doğrultu boyunca açılma konumuna dönüşmüştür. Pliyo-Kuvaterner dönem, Doğu Anadolu transform fayı boyunca sol



Şekil 5. Çalışma alanında ve yakın çevresinde yer alan bölgesel ölçekteki "Tektonik Hatları" gösteren harita (Kozlu, 1987).

yanal doğrultu atımlı faylarla baskın olarak temsil edilmekte ve bu hatlar Misis-Andırın kompleksini kesmektedirler (Robertson ve diğ., 2004).

İnceleme alanında fay, bindirme ve çekim kaymaları gibi her türlü tektonik izlere rastlanılmaktadır. Faylar ve bindirmeler aynı sistemin bileşkesi olarak



Şekil 6. Çalışma bölgesinde Havzalar arasındaki önemli tektonik hatları gösterir sematik harita (Kozlu, 1987).

birlikte gelişmiştir. İnceleme alanının tektonik çatısını oluşturan yapısal unsurlar aşağıda tanıtılmıştır.

3.1.Yumurtalık Fayı

Yumurtalık yöresinde bindirme karakterli olan bu tektonik hat, İskenderun Neojen havzası istifile, Misis-Andırın havzasının sınırını oluşturacak şekilde gelişmiştir (Kozlu, 1987), (Şekil 6). Çalışma bölgesinde yaklaşık olarak KD-

GB uzanımında gelişen bu tektonik hattın adı belirgin olarak gözlendiği Yumurtalık ilçesinden esinlenerek adlandırılmıştır (Kozlu 1982, 1987). Bindirmenin eğimi, bazı alanlarda 60-70 dereceye kadar yükselmekte olup, eğim yönü KB'ya doğrudur. Bu bindirmenin yaşı, bölgedeki en genç birimin yaşı sonrasında geliştiği düşünülerek Üst Miyosen sonu-Üst Pliyosen öncesioluştuğu düşünülmektedir. Yumurtalık fayı, bazı alanlarda Üst

Pliyosen-Kuvaterner yaşlı bazaltlarla da örtülmektedir. Yumurtalık fayı, Aslantaş fayının bindirme bileşenlerinden biri olarak kabul edilebilir. Bu fayın geçtiği tektonik kuşak, Geç Pliyosen döneminde açılma rejiminin etkisine girerek, yeniden hareket kazanmıştır. Bu olay, Aslantaş fayının yanal hareketine bağlı olarak, Yumurtalık tektonik hattının genleşmeli konuma geçmesiyle ilişkili olmalıdır.

3.2. Aslantaş Fay Zonu

Bu tektonik hat, inceleme alanında yaklaşan ve sıkışan levha hareketlerine bağlı olarak Anadolu levhacığı ve Afrika levhası kenarı boyunca gelişmiş sol yönlü doğrultu atımlı bir fay zonudur (Kozlu, 1987; Karig ve Kozlu, 1990; Şekil 5). Fay KD-GB uzanımlı olup, Amanoslar'a doğru çatallanarak devam eder. Aslantaş fayının sol yanal atımı etkisiyle bölgede Sarıköy-Karatepe bindirmesi ve Yumurtalık fayı bu esas fayın bileşenleri olarak gelişmiştir (Şekil 6). Aslantaş fayı, söz konusu bindirme bileşenleri ile birlikte tipik bir Pozitif çiçek yapısı sunmaktadır (Kozlu, 1987). Bu tektonik hat, Misis-Andırın havzası içinde geniş bir fay zonu şeklinde geliştiği için söz konusu havzadaki istifleri aşırı şekilde makaslamaya da ugratmıştır. Fayın, oluşum yaşı muhtemelen Oligosen-Erken Miyosen'dir. Ancak bu tektonik hat, aktif kıta kenarında geliştiği için Neojen döneminde de sürekli aktif konumda bulunmuştur.

3.3. Sarıköy-Karatepe Bindirmesi

Bu bindirme, Kozlu (1987) tarafından

Misis ve Andırın yöresinde tanımlanarak isimlendirilmiştir. Bu tektonik hat KD-GB uzanımında olup, yaklaşık olarak Yumurtalık bindirmesine paralel bir şekilde uzanmaktadır. Bu tektonik hat, çalışma bölgesinde Doruk nahiyesinden sonra bindirme karakterine dönüşerek kuzeydoğu Sarıköy köyü civarından geçmekte ve Karatepe'ye kadar devam etmektedir (Şekil 6). Sarıköy-Karatepe bindirmesi buradan sonra, kuzeydoğuya devam ederek Bostanlı-Çuhadarlı bindirmesiyle devam etmektedir (Kozlu, 1987).

4. SONUÇLAR

Çukurova basen kompleksi içinde yer alan Misis yapısal yükseliminde sınırlı alanda gerçekleştirilen ve özellikle tektono-stratigrafik amaçlı olarak Mersin O35 b1-b2-b3-b4 topografik paftalarında yürütülen bu çalışmada, aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir.

1. Bölgede ayırtlanıp haritalanan en yaşlı birimin Andırın Formasyonu'nun Dokuztekne üyesine ait olduğu belirlenmiştir.

2. Bölgede Kuvaterner yaşlı alüvyonlar öncesinde çökelmiş olan tabakaların yaklaşık olarak kuzeybatıya yönelik eğimler kazanması Miyosen sonu ve sonrasında süregelen aktif tektonik nedeniyle olduğu sonucuna varılmıştır.

3. Çalışma alanındaki formasyonların dokanak ilişkileri incelendiğinde; Üst Kretase-Eosen yaşlı Dokuztekne Üyesinin (Andırın Formasyonu) alt dokanağı tektonik olup, Alt-Orta Miyosen yaşlı Karataş Formasyonu üzerine bindirme ile

gelmektedir. Çalışma alanında, Karataş Formasyonu da kendisinden daha genç olan Kızıldere Formasyonu üzerine bindirmeli ve doğrultu atımlı say dokanağı ile gelmektedir. Üst Miyosen yaşlı Kızıldere Formasyonu'nun alt dokanak ilişkileri sahada net olarak görülememektedir. Stratigrafik olarak en üst seviyeler Kuvaterner yaşlı altıvyonlarla temsil edilmekte olup, diğer bütün birimler üzerinde açısal uyumsuzlukla bulunmaktadır.

4. Bölgedeki KD-GB uzanımlı tektonik hatların gelişmesinin, Güneydoğu Anadolu bölgesindeki K-G yönlü sıkışma ve D-B uzanımlı bindirme ve sürükleme tektoniği kapsamında geliştiği ve dolayısıyla bölgedeki Aslantaş Fay Zonu'nun da, Anadolu-Afrika kıta kenarını oluşturacak şekilde geliştiği sonucuna varılmıştır.

5. Çalışma alanındaki istiflerin tamamıyla ters bir şekilde görülmesinin bölgedeki yoğun tektonik olaylar nedeniyle olduğu bu durumunda çalışma bölgesinin levha sınırına yakın olması nedeniyle geliştiği ve bu şekilde inceleme bölgesinin sismik aktivitesinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

6. İnceleme alanı, bölgede Eosen havzalarının kapanmasını sağlayan sürükleşim tektoniğinin hemen devamında Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) tektoniğinin etkisi altında kalarak gelişim gösterdiği ve bölgede bindirme tektoniğinin Geç Miyosen-Pliyosen döneminde geliştiği sonucuna varılmıştır.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen FBE. 2002.YL100 nolu projeden üretilmiş olup, yazarlar desteklerinden dolayı Çukurova Üniversitesi, Araştırma Fonu'na, teşekkürü bir borç bilir.

6. KAYNAKLAR

Biju-Duval, B., Courrier, P., and Letouzey, J., 1974, Inter-Pretation De La Structure Des Monts De Misis, Turquie (Chevauchement Pliocene Et Masses Allochtones Mises En Place Au Miocene) Et Son Extension En Mediterranee Orientale: Deuxieme Reunion Ann. Sci. Tere. Nancy, P.4.

Bilgin, A.Z., Elibol, E., Bilgin, Z.R., Beğenilmiş, S., 1981, Ceyhan-Karataş-Yumurtalık-Osmaniye-Haruniye-Kadirli dolayının jeoloji raporu. M.T.A. Genel Müd. Rapor no:7215.

Bilgin, A.Z. ve Ercan, T., 1981, Ceyhan-Osmaniye yöresindeki Kuvaterner bazaltlarının petrolojisi. T.J.K. Bült.24: 25-30.

Eroskay, O., Yılmaz, Y., Gürpinar, O., Yalçın, N., Gözübol, A.M., 1978, Ceyhan-Berke Rezervuarının Jeolojisi ve Mühendislik Jeolojisi: TJK Bült., 21,1, 51-66.

Gökçen, S.L., Kelling, G.,Gökçen, N. and Floyd, P.A., 1988, Sedimentology of a Late Cenozoic collisional sequence: The Misis Complex, Adana, southern Turkey. Sedimentary Geology, 59, 205-235.

Karig, D.E. and Kozlu, H., 1990, Late Paleocene evolution of the triple junction

DEMİRTAŞ-SARIMAZI-YUMURTALIK (ADANA) ARASININ TEKTONO-STRATİGRAFİSİ

- region near Maraş south-central Turkey, *Journal of the Geological Society, London*, 147, 1023-1034.
- Kelling, G., Gökçen, S.L., Floyd, P.A and. Gökçen N., 1987 Neogene tectonics and plate convergence in the Eastern Mediterranean: new data from southern Turkey, *Geology* 15, 425-429.
- Kozlu, H., 1982, *İskenderun Basenin Jeolojisi ve Petrol Olanakları*, TPAO Rapor No: 1921, Ankara.
- Kozlu, H., 1987, Misis-Andırın dolaylarının stratigrafisi ve yapısal evrimi. *Türkiye 7. Petrol Kongresi Dergisi*. 104-116, Ankara.
- Kozlu, H., 1997. Doğu Akdeniz Bölgesinde yer alan Neojen basenlerinin (İskenderun-Misis-Andırın) tektono-stratigrafi birimleri ve bunların tektonik gelişimi. Ç.Ü. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 189 s., Adana.
- Parlak, O., Kozlu, H., Demirkol, C. and Delaloye, M., 1997, Intracontinental Plio-Quaternary volcanism along the African-Anatolian plate boundary, southern Turkey. *Ophioliti*, 22 (1), 111-117.
- Robertson, A., Ünlügenç, U.C., İnan, N., Tash, K., 2004, The Misis-Andırın Complex: a Mid-Tertiary melange related to late-stage subduction of the Southern Neotethys in S Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 22, 413-453.
- Schittecatte, J.P., 1971, *Geology of the Misis Mountain. The Petroleum Exploration Society of Libya, Tripoli-Libya*, 305-312.
- Schmidt, G.,C., 1961, Stratigraphic nomenclature of the Adana region, *Petroleum District VII: Petr. Ada. Publ. Bull.*, Ankara, 6 , 49-62.
- Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., 1983, Türkiye'de Tetisin Evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım, *Türkiye Jeo. Kur. Yer Bil. Özel Dizisi No:1*, 75s, Ankara.
- Ünlügenç, U.C., 1993, Controls on Cenozoic sedimentation in the Adana Basin, Southern Turkey, *Unpublished Ph.D. Thesis, Keele University, UK*. Two Vol., 229 p., UK.

DEMİRHİSAR (MERSİN KD'SU) CİVARI TERSİYER BİRİMLERİNİN SEDİMANTOLOJİK VE ORTAMSAL ÖZELLİKLERİ

Ulaş İnan SEVİMLİ

Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

Kemal GÜRBÜZ

Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

Güldemin ÖĞRÜNÇ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü,

Kahramanmaraş/Türkiye

Ulvi Can ÜNLÜGENÇ

Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET: Çalışma alanı, Mersin ilinin yaklaşık 20 km KD'sunda bulunan Demirhisar beldesi ve civarındaki yaklaşık 145 km^2 lik bir alanı kapsamaktadır. Bu çalışmada, bölgede, Paleozoyik ve Mesozoyik bir temel üzerine açısal uyumsuzlukla gelen Karaisali (Burdugaliyen-Serravaliyen), Güvenç (Langiyen-Serravaliyen), Kuzgun (Serravaliyen-Tortoniyen) ve Handere (Messiniyen-Pliyosen) formasyonları ayrı edilerek, bunların sedimentolojik ve ortamsal özellikleri araştırılmıştır. İnceleme alanında geniş yüzlekliler veren Karaisali ve Kuzgun formasyonlarından birer adet stratigrafik kesit ölçülererek bunlara ait 50 örneğin sedimentolojik ve paleontolojik incelemesi yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar tespit edilmiştir.

Resifal kireçtaşlarından oluşan Karaisali formasyonu Miyosen dönemi öncesi resifal organizmaların yaşamlarına uygun olan paleotopografik yükseltilerin üzerinde gelişmeye başlamıştır. İnceleme alanında yer alan Karaisali formasyonu bünyesindeki resifte yersel küçük ölçekli deniz seviyesi değişikliklerine bağlı olarak bağıtaş/tanetaş-taşiftaş/vaketaş ardalanmaları tespit edilmiştir. Bu ardalanmalar içinde yer yer yüksek enerjili dönemlerde tanetaş çökelimi gözlenmiştir. Enerjinin azaldığı, nisbeten daha derin ve durgun kısımlarda vaketaş çökelimleri bu ardalanmaları örtmüştür. Petrografik çalışmalar sonucunda bu olayın çalışma bölgesinde beş kez tekrarlandığı tespit edilmiştir.

Karaisali Formasyonuna ait resifal özellikli kireçtaşları yanal ve düşey olarak Güvenç Formasyonu'na ait ince taneli (kiltası-silttaşlı ve kısmen ince taneli kumtaşlı) kirintılı kayaçlara geçmektedir. Petrografik ve paleontolojik çalışmalar sonucunda, Güvenç formasyonunun, resif ilerisi ve kısmen de derin denizel bir ortamda çökeldiği belirlenmiştir.

Kiltası, silttaşlı, ince-orta taneli karbonat çimentolu kumtaşlarıyla başlayan Kuzgun formasyonu ise masif, büyük ölçekli çapraz tabaklı kaba taneli çakılı kumtaşları ile devam etmektedir. Kuzgun formasyonu bölgedeki mevcut denizin güneye doğru çekilmesine bağlı olarak gelişmiş olan sıçan deniz-plaj ortamında çökelmiştir. Bu sıçan denizel ortam içinde üstte doğru ise kalınlığı on metreyi geçmeyen resifal kireçtaşı

merceklerinin varlığı tespit edilmiştir. Tersiyer istifinin en üst kesimlerde yer alan ve siğ denizel ortamda çökelmanış olan Handere formasyonu, kilitaşı, marn ve silttaşları birimleriyle temsil edilmektedir.

THE SEDIMENTOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS OF TERTIARY UNITS AROUND DEMİRHİSAR TOWN (NE OF MERSİN)

ABSTRACT: *The study area, which covers an area of approximately 145 km square, is located in and around the Demirhisar town to the situated 20 km northeast of Mersin. Sedimentological and environmental characteristics of Karaisali, Kuzgun and Handere formations that unconformably overlie the Paleozoic and Mesozoic basement have been investigated.*

Two sections measured from Karaisali and Kuzgun formations those covering extensive areas in the study area. Sedimentological and paleontological characteristics of these formations were evaluated from fifty samples collected in the field, results are given below.

Boundstone/Grainstone and Packstone/Wackestone alternations have been observed with in the Karaisali Formation depending on local sea level fluctuations. Grainstone/Boundstone sedimentation has been observed where the environment approaches the wave base. Wackestones/ Packstone deposited were the sea-level rise. As a result of the petrographical study; it is determined that this alternations repeated five times in the study region.

The Karaisali Formation reefal limestone laterally and vertically passes into the fine detritics (claystone-siltstone and partly fine grained sandstone) of Güvenç Formation. Paleontological and petrographical studies show that the Güvenç formation deposited in fore-reef and partly deep sea environment.

Kuzgun Formation starts with siltstone, claystone, fine-medium grained carbonate cemented sandstone and continues with massive, large scaled cross bedded, coarse grained pebbly sandstones. These parts of the formation deposited shallow sea-beach environment. Towards upper reefal limestone lense deposited, thickness of it is not exceed 10m. at the top of the Tertiary sequence. Handere formation contains claystone marl and siltstone and deposited in shallow sea.

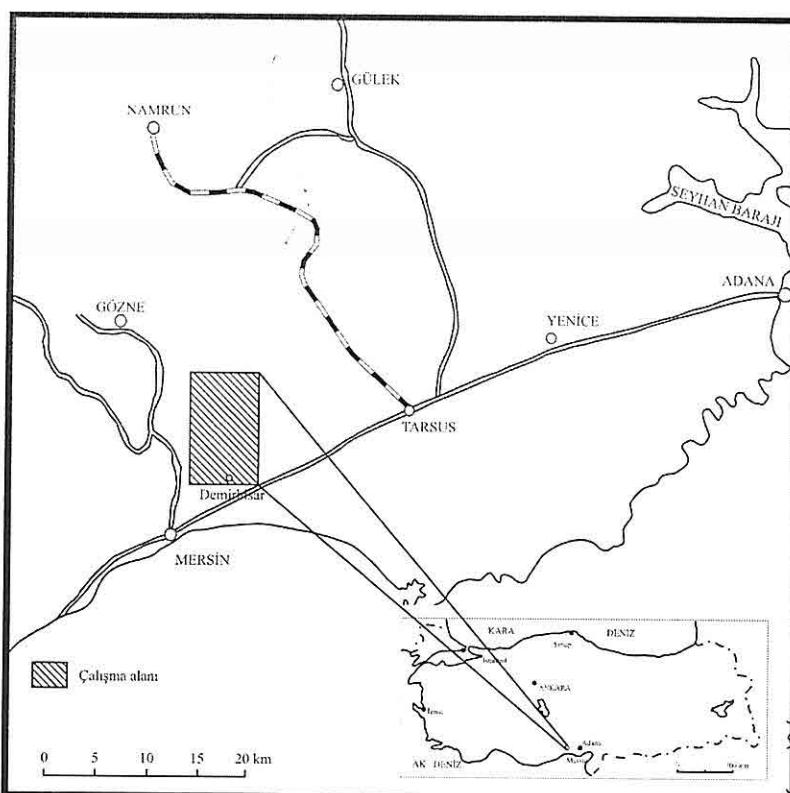
1. GİRİŞ

Bu çalışma, Adana Baseninin, Mersin'in kuzey doğusunda bulunan Demirhisar beldesi ve civarındaki yüzleklерinin genel jeolojik özelliklerinin

ortaya çıkarılması amacıyla hazırlanmış olup, 1/25.000 ölçekli Mersin O33 a2 pastasında yer almaktadır (Şekil 1).

Adana baseni, çeşitli amaçlarda çok sayıda araştırmaya konu olmuştur.

DEMİRHİSAR (MERSİN KD'SU) CİVARI TERSİYER BİRİMLERİNİN SEDİMANTOLOJİK VE ORTAMSAL ÖZELLİKLERİ



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru haritası.

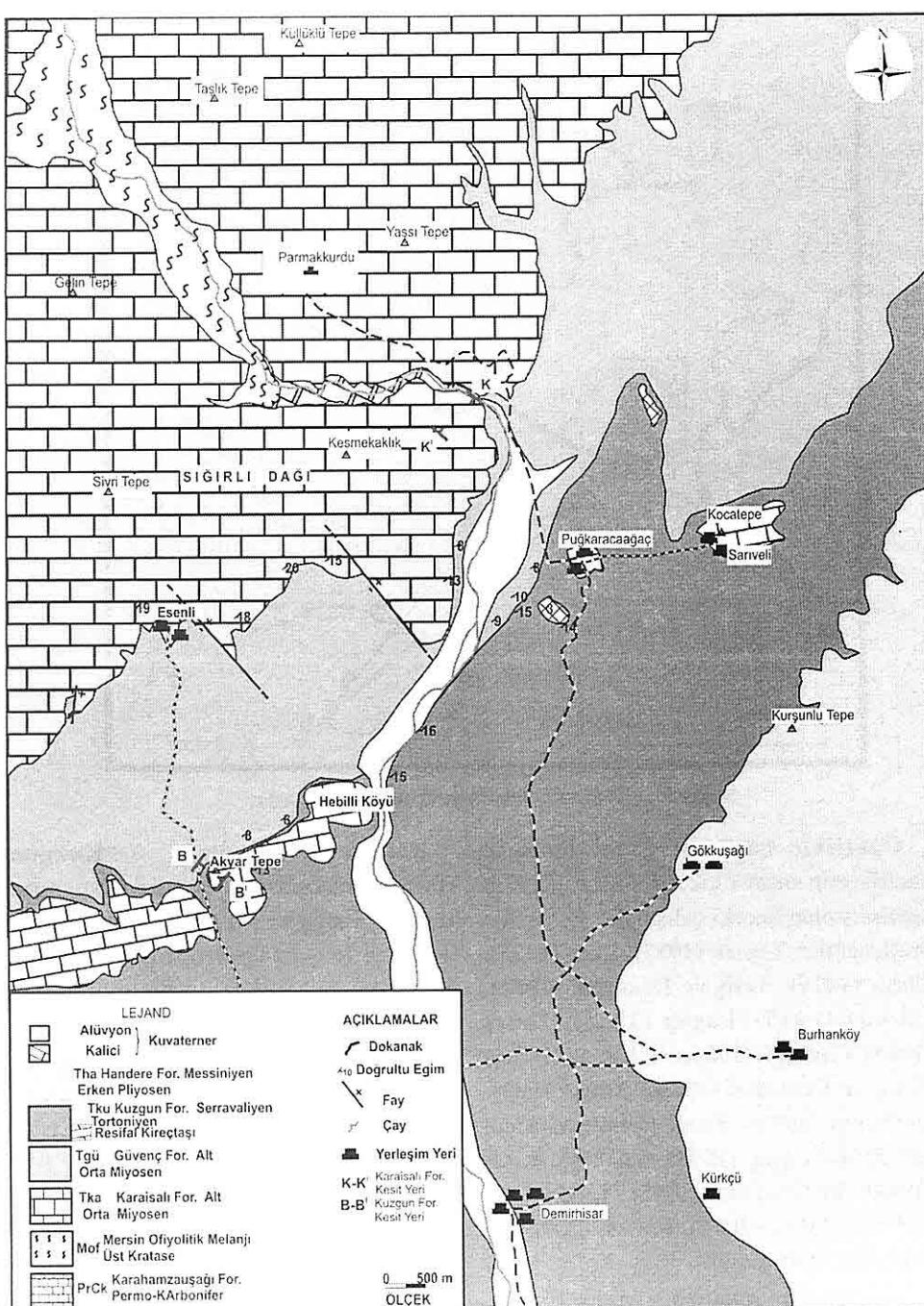
Özellikle basenin, genel jeolojik özelliklerin ortaya çıkarılmasına yönelik yapılmış olan önceki çalışmalar şu şekilde özetlenebilir: Ternek (1957), İlker (1975), Görür (1979), Yetiş ve Demirkol (1984), Gürbüz (1985), Lagap (1985), Tanar (1985), Çavuşgil (1985), Ünlügenç (1986); Yetiş ve Demirkol (1986), Yetiş (1988), Demirkol (1989), Şenol (1989), Gürbüz (1993), Ünlügenç (1993), Şafak ve Nazik (1994), Şenol ve diğ. (1995), Yetiş ve diğ (1995), Öğrünç (2001), Karaca (2002) ve Yılmazer (2003).

Çalışmanın amacına yönelik olarak, bölgedeki hakim formasyonları olan

Karaaisalı ve Kuzgun
Formasyonlarından birer adet stratigrafik
kesit ölçülmüş ve 50 örnek derlenmiştir.
Örneklerin petrografik ve
mikropaleontolojik incelemeleri
sonucunda, inceleme alanının
paleocoğrafičeský evrimi belirlenmiştir.

2. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN GENEL İEOLQİSİ

İnceleme alanında Paleozoyik'ten günümüze kadar devam eden oldukça geniş bir yaş aralığında çökelmiş jeolojik birimlerin varlığı tespit edilmiştir (Şekil 2). Bunlar yaslıdan gence doğru sırasıyla:



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası.

Permo-Karbonifer yaşı Karahamzauşağı Formasyonu, Geç Kretase yaşı Mersin ofiyoliti, Erken-Orta Miyosen yaşı Kaplankaya ve Karaisalı formasyonları, Tortoniyen yaşı Kuzgun Formasyonu, Messiniyen-Pliyosen yaşı Handere formasyonu ile Kuvaterner yaşı alüvyonlar ve kalislerdir (Şekil 3). Ancak Karaisalı ve Kuzgun formasyonları inceleme alanında geniş yüzleklər vermektedirler ve ayrıntılı olarak incelenmişlerdir.

2.1. Paleozoyik ve Mesozoyik

2.1.1. Karahamzauşağı Formasyonu

(PrCk) ve Mersin Ofiyolitik Melanjı (Mom)

Karahamzauşağı formasyonu, ilk kez Ünlügenç (1986) tarafından ayrırlanmış ve adlandırılmıştır. Formasyon, inceleme alanında sadece Sığırlı Dağı kuzeyinde yer alan dar ve derin vadide içerisinde gözlenmektedir. Hakim litolojisini, gri-koyu gri renkli, oldukça kıvrımlı, kırıkkılı kristalize kireçtaşları oluşturur. Birim içerisinde herhangi bir fosil içeriği saptanamamıştır. Ancak önceki çalışmalarında (Schmidt, 1961; Ünlügenç, 1986) bölgesel deneştirmeye dayanılarak birimin yaşıının Permo-Karbonifer olması gerektiği ifade edilmiştir.

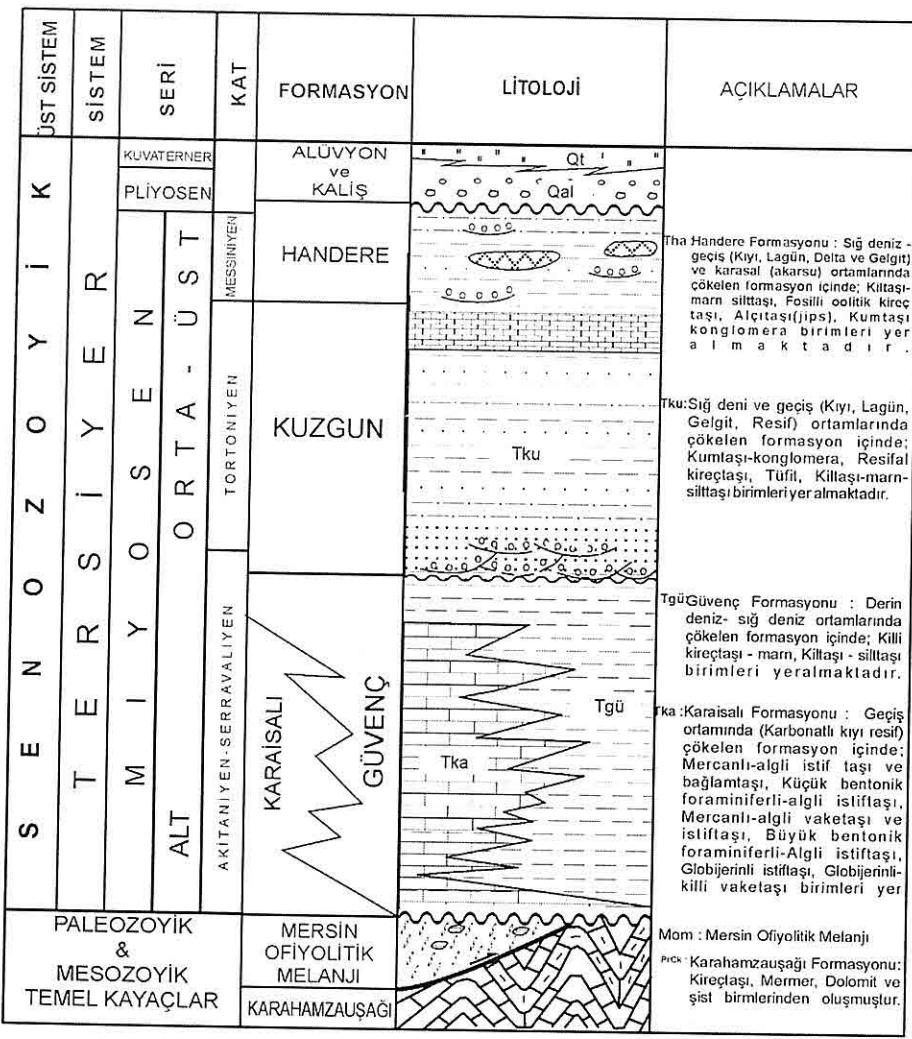
Mersin Ofiyolitik Melanjı terimi ise ilk kez Şenol ve diğ. (1995) tarafından kullanılmıştır. Birim, Karahamzauşağı formasyonu ile tektonik dokanaklı olup, inceleme alanında sadece Deliçay vadisinde, dar bir alanda görülmektedir. Yayıılma alanı Parmakkuru köyü kuzeybatısında KB-GD yönelikli dar bir

kuşak şeklindedir. Birim içerisinde koyu gri, mor, leylak, yeşil renkli aşırı derecede altere olmuş, serpantinleşmiş ofiyolitik kayaçlar (gabro, harzburjit, dunit, özellikle diyabaz) ile Permiyen, Jura, Kretase yaşılarındaki kireçtaşçı blokları bulunmaktadır. Birimler tektonizmanın etkisiyle ilksel konumunu kaybetmiştir. Özer ve diğ. (2004) birimi Fındıkpinarı Karışığı olarak ayırip Maastrihiyen – Paleosen yaşı olistostromal melanj ve geç Senomaniyen yaşı tektonik melanjından oluştuğunu belirtmiştir. Önceki çalışmalarında ise ofiyolitik karışığının yerlesim yaşı Geç Kretase olarak ifade edilmiştir (Ünlügenç, 1986; Yaman, 1991).

2.2. Senozoyik

2.2.1. Karaisalı Formasyonu (Tka)

Formasyona ilk olarak Schmidt (1961) tarafından ‘Karaialı Kalkeri’ adı verilmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalarla Görür (1979), Yetiş ve Demirkol (1984, 1986), Demirkol (1989), Ünlügenç (1986), Şenol ve diğ. (1995) tarafından ‘Karaialı formasyonu’ olarak kullanılmıştır. Formasyona ait birimler, inceleme alanının kuzeyi ve kuzeybatısındaki önemli yükseltiler üzerinde gözlenmektedir. Formasyon, bazı yerlerde Karahamzauşağı formasyonu üzerine açısal uyumsuzluk ile bazı yerlerde de Mersin Ofiyolitik melanjı üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Birimin üst sınırını ise Sığırlı Dağının güney eteklerinden başlayarak KD'ya doğru uzanan Güvenç formasyonu ile oluşturduğu yanal ve düşey geçişli sınır oluşturmaktadır ve bu dokanak boyunca



Şekil 3. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.

küçük ve büyük ölçekli faylar tespit edilmiştir. formasyonun kalınlığı inceleme alanı dışında, bazı yerlerde 300 m, bazı yerlerde ise 700 m yi bulmaktadır. Bu kalınlığın resif çekirdeğinde arttığı, kenarlara doğru ise azaldığı tespit edilmiştir.

Formasyonun genel litolojisini; beyaz, açık gri, bej renkli, orta-kalın tabakalı, sert, yer yer alaklı, mercanlı, gastropodlu, pelesipodlu ve ekinitli killi biyoklastik kireçtaşı ile dolomitik kireçtaşı oluşturur (Görür, 1979; Demirkol, 1989).

Formasyon üzerinden bir adet

stratigrafik kesit ölçüler (Deliçay Ölçülü Stratigrafi kesiti), 21 adet örnek derlenmiş ve bu örneklerden ince kesit hazırlanmıştır (Şekil 4).

2.2.1.1. Deliçay Ölçülü Stratigrafi Kesiti

Bu kesit, Deliçay vadisi dolaylarından ölçülmüştür (Başlangıç: 93500;47600 Bitiş: 47750;93600) (Şekil 7).

Kesitin tabanındaki ilk 50 metrelük kısmında gri – koyu gri renkli, bol kıvrımlı, çatıtlaklı, laminalı mikritik kireçtaşından oluşan Karahamzauşağı formasyonu yer alır (Şekil 4). Bunun üzerine Karaisali formasyonuna ait kireçtaşı uyumsuzlukla gelir. İnce kesitlerin petrografik analizleri yapılarak Folk (1962) ve Dunham (1962), sınıflama sistemlerine göre sınıflamaları yapılmıştır. Ayrıca Wilson (1975) standart mikro fasyeler tespit edilerek çökelme ortamındaki değişiklikler incelenmiştir (Şekil 4).

Buna göre en alta, 20 m kalınlığında bol fosilli gri renkli, taze kırık, yüzeyi krem renkli kırmızı alglı bağıtaşı (SMF 5) (Dunham, 1962) – Biyomikrit (Folk, 1962) yer alır. Bunun üzerine ise kırmızı alglı vaketaşı (SMF 8) gelir. Daha sonra gelen 40 m lik kısmında alttan üste doğru kırmızı alg + mercan oranının arttığı (%25 den %55-60'a) krem – bej renkli kalın tabakalı yer yer masif görünüslü bol fosilli bağıtaşlı (SMF 5) kireçtaşı çökelleri bulunmuştur. Bu seviyede dalga tabanına yaklaşımın etkisiyle ilk önce bol intraklaslı seviyeler tane içi boşluklarda eş boyutlu kalsit çimento çökelimine, üste doğru ise yer yer tanetaşı (SMF 5)

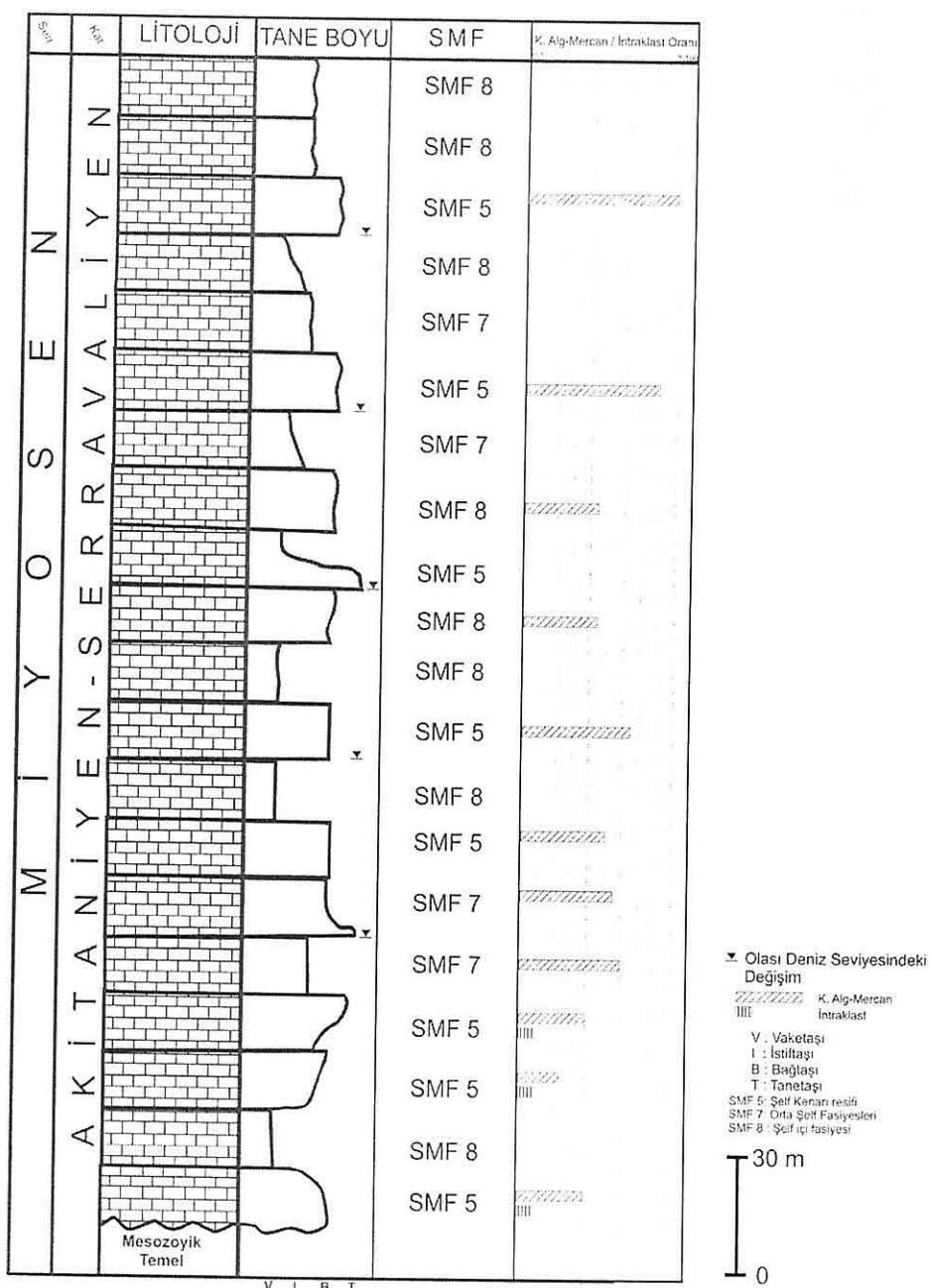
gelişimine rastlanmıştır. Daha sonra 2 seviye halinde 25 m kalınlığında art arda vaketaşı ve kırmızı alglı mercanlı bağıtaşı (SMF 5) bulunmuştur. Bunların üstüne dalga tabanına bağlı olarak 10 m kalınlığında vaketaşı (SMF 8) – tanetaşı (SMF 5) çökelimi gelişmiştir. Krem – bej renkli 10 m kalınlığında istiftaşı (SMF 7) – vaketaşı (SMF 8) gelişimi, kırmızı alglı, mercanlı bağıtaşı (Dunham 1962) ile kırmızı alg – mercan oranını %80 lere çıktıığı bağıtaşı (SMF 5) arasında yer alır. Bu birimlerin üzerinde 60 metre kalınlığında kalın tabakalı masif görünüslü istiftaşı ve sonrasında istiftaşı – vaketaşı gözlenmiştir. En son 50 m kalınlığındaki masif görünüslü kısmında mercan oranının %90 lara ulaştığı bağıtaşı gelişimi tespit edilmiştir. Tüm masif görünümlü resif gövdesini örten 10 m kalınlığındaki ince orta tabakalı krem renkli örtü birimleri ise istiftaşı (SMF 7) – vaketaşı (SMF 8)'dır.

Fosil İçeriği ve Yaş

Karbonatlardan yapılan ince kesitlerde Miliolidae, Rotalidae *Sphaerogypsina* sp., *Amphistegina* sp., *Textularia* sp., *Gypsinia* sp., *Peneroplis* sp., *Borelis* sp. ve *Sorites* sp. gibi bentonik foraminiferler tespit edilmiş olup, bu fosil topluluğu Karaisali formasyonu'nun yaşının çalışma bölgesinde Erken Miyosen olduğunu göstermiştir.

Çökelme Ortamı

Karaisali formasyonu'nun, Burdigaliyen'de kuzeye doğru ilerleyen transgressif Miyosen denizinin Miyosen



Şekil 4. Deli Çay vadisinde Karaisali formasyonunda ölçülen sedimentolojik kesit.

öncesi topografik yükseltiler üzerinde oluşturmuş olduğu; sığ çalkantılı, temiz, sıcak denizel bir ortamda resif kompleksi (bariyer ve yama resifleri) şeklinde oluştuğu önceki çalışmalarдан beri bilinmektedir (Görür, 1979; Yetiş ve Demirkol, 1986; Demirkol, 1989; Yetiş, 1988; Yetiş ve dig., 1995). Birim; topografik durum, deniz seviyesi salınımları ve sediman giriş oranındaki değişimler nedeniyle diğer formasyonlarla yanal ve düşey geçişe sahiptir.

İnceleme alanında, Miyosen'de başlayan transgresyon sonucu, Karahamzaşağı formasyonu üzerinde açısal uyumsuzlukla gelen Karaisali formasyonu (Şekil 5), resifal kireçtaşlarından oluşan bir paleotopoğrafyanın üzerinde, uygun derinlik, sıcaklık ve ışığa bağlı olarak kırmızı alg ve mercanların gelişimi ile oluşmaya başlamıştır (Şekil 6). Bundan sonraki gelişimleri ise daha önceki çalışmalarda belirtildiği gibi östatik deniz seviyesi salınımlarından fazlaca etkilenmiştir (Görür, 1979; Tanar, 1985; Gül ve Koç, 2003). Bu durum alınmış olunan sedimentolojik kesitte de (Şekil 4) açıkça görülmektedir.

Wilson (1975)'te belirten standart mikro fasiyelere (SMF) bakıldığından SMF 5 in dış şelf ortamında bulunduğu, yüksek enerjili bu ortamda ya tane taşları yada yama resifi – set resifini oluşturan bağıtaşlarının bulunduğu anlaşılmaktadır. SMF 7 (istiftası) SMF 8 (vaketası) fasiyeleri ise iç şelf ortamında bir birleri ile yanal ve düşey geçişli olarak bulunmaktadır. İnceleme alanımızda

alınmış olan sedimentolojik kesitteki SMF ardalanmaları deniz seviyesinin salınımlarına bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir. Benzer şekilde deniz seviyesi salınımlarının resif fasiyeleri üzerindeki etkileri önceki çalışmalarda açıkça ifade edilmiştir (Franseen and Mankiewicz, 1991).

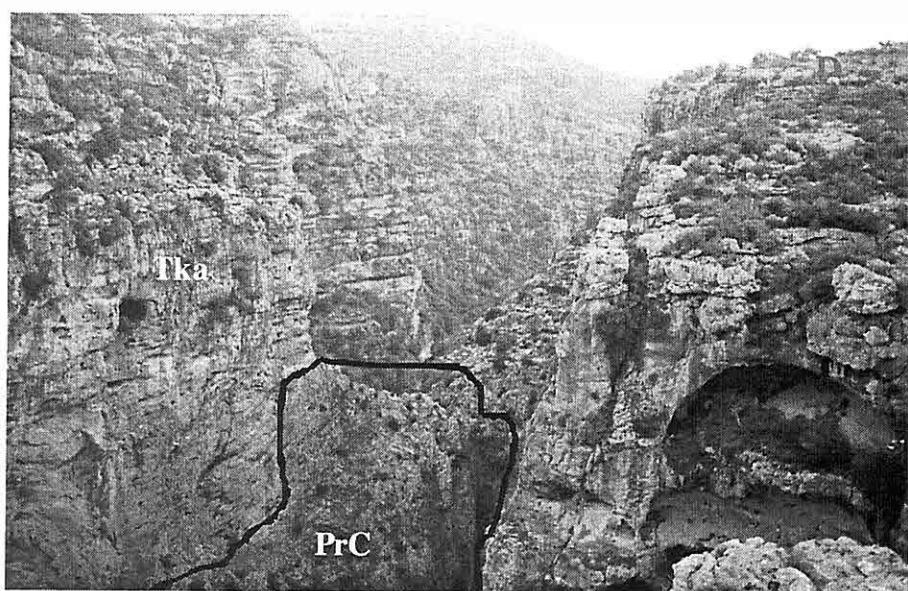
2.2.2. Güvenç Formasyonu (Tgü)

İlk olarak Schmidt (1961) tarafından adlandırılan Güvenç formasyonu, inceleme alanında Esenli Köyü civarında yüzlek vermektedir.

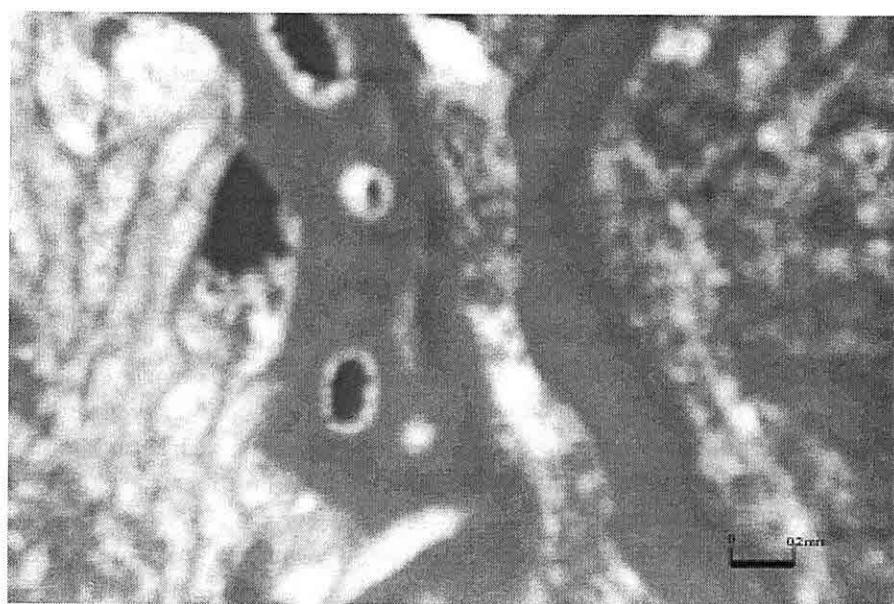
Erken-Orta Miyosen zamanında bölgede oluşan resif önü, sığ-deerin deniz ortamlarında çökelen Güvenç formasyonu içinde killi kireçtaş-marn ve kiltaşı-sittaşı ardalanmalarından oluşan 4 farklı litolojiden oluştuğu tespit edilmiştir. Bunlar, çoğu yerde bunlar birbirleri ile geçişli olduklarından ayrı bir litostratigrafi birimi olarak ayrılamamıştır. Dolayısıyla, hepsi bir formasyon altında haritalanmıştır.

Killi kireçtaş - marn

Karaçalı formasyonu ile yanal ve düşey geçişli olan Güvenç formasyonu, 0.5 – 200 cm kalınlıkta killi kireçtaş ve marn katmanlarından oluşmuştur. Fasiyes beyazimsi sarı, açık gri renklerde sert ve bazı bölgelerde yumuşak, yer yer kum serpintili ve resifal kireçtaşlarından kopmuş parçalar içerir. Çok sıkı tutturulmuştur. Fasiyeste lamelli, gastropod ve mikro fosil mevcuttur. Katmanlanma ve laminalanma iyi gelişmiş, bazı bölgelerde yoğun organizma yaşam izlidir.



Şekil 5. Deli Çay vadisinde Karahamzauşağı formasyonu (PrC) ve Karaaisalı formasyonu (Tka) dokanak ilişkisi.



Şekil 6. Karaaisalı Formasyonundan alınan numunenin ince kesitteki Kırmızı algın görünümü.

Kiltaşı – Silttaşı

Yeşilimsi gri, gri renklerde kiltaşı ve silttaşlarından oluşan bu birim bazı bölgelerde çakıl ve kum boyutu kırıntıları içerir. Özellikle formasyonun üst bölgeleri daha kumlu ve Kuzgun formasyonu ile geçişli durumdadır. Birim bazı bölgelerde lamelli branş, gastropod ve mikro fosillidir.

Karaalisalı formasyonu ile yanal ve düşey geçişli olan Güvenç formasyonu, üstüne gelen Kuzgun formasyonu ile düşük açılı açısal uyumsuzdur. Formasyonun kalınlığı ise 50-600 m arasında değişmektedir (Şenol ve diğ., 1995).

İnceleme alanındaki Esenli Köyü civarında yapılan sondajlardan elde edilen karot örneklerinden saptanan planktonik foraminiferlerden *Orbulina bilobata* (d'Orbigny), *Orbulina suturalis* Brönniman, *Orbulina universa* d'Orbigny, *Globigerinoides trilobus* (Reuss), *Globoratalia obesa* Bolli, *Globigerinoita tokorea* (Nazik ve Gürbüz, 1992), *Globigerinoides ruber* (d'Orbigny) gibi fosillere göre, bu bölgede yüzlek veren Güvenç formasyonunun yaşı Orta Miyosen'dir.

Birim, içermiş olduğu Karaalisalı formasyonu resifal kireçtaşları parçaları nedeniyle resif öarı (Wilson, 1975) ve planktonik foraminiferli daha ince taneli kısımlar da havza düzüğünde çökelsmiştir (Nazik ve Gürbüz, 1992).

2.2.3. Kuzgun Formasyonu (Tku)

İlk kez Schmidt (1961) tarafından adlandırılan Kuzgun formasyonu, Güvenç

ve Handere formasyonları arasında güneye doğru uzanan bir kuşak şeklindedir. Çalışma alanının güneyinde oldukça fazla alanlar kaplayan Kuzgun formasyonu tipik olarak Pugkaracadağ, Hebilli, Sarıveli köyleri çevresinde yüzlek vermektedir. Hebilli Köyü civarında Kale Maden Kum Ocağından ölçüülü stratigrafik kesit alınarak paleontolojik olarak incelenmiştir. Deliçay vadisi güney kenarında, Puğkaracadağ ve Sarıveli Köyünde 150-200 metre yükseklikteki tepelerde belirgin olarak gözlenen birim güneybatıya doğru daha az eğimli tarım alanlarıyla kaplı bölgelere geçiş göstermektedir.

Birim Deliçay vadisi güney kenarı ve vadi tabanında Güvenç formasyonunu düşük dereceli açısal uyumsuzlukla üzerlemektedir. Aynı birime ait daha ince taneli kumtaşısı, silttaşısı ve kiltaşları Handere formasyonu tarafından Gökkuşağı Köyü, Kurşunlu T., Burnak Sırtı, Çiplakyurdu Sırtında uyumlu olarak üzerlenmektedir. Birime ait çapraz tabakalı iyi boylanmış kumtaşları paralel bir kuşak şeklinde uzanmaktadır. Üzerinde yer alan resifal kireçtaşlarında benzer bir şekilde bir yayılım göstermektedir. Hebilli kum ocağı civarında ölçülen kesitte birimin kalınlığının 80 metreden fazla olduğu tespit edilmiştir. Ancak daha önceki çalışmalarda formasyonun kalınlığının 50-1500 metre arasında değiştiği ifade edilmiştir (Şenol ve diğ., 1995).

Genel olarak akarsu, kıyı, delta, lagün, gelgit ve resif ortamlarda oluşan Kuzgun formasyonu: Yetiş ve Demirkol (1986) tarafından üç üyeye ayrılarak

incelenmiştir: Bunlar, Kuzgun, Salbaş Tüfit ve Memişli Kumtaşı Üyeleridir. formasyonda genel litoloji, kumtaşı, kilitaşı, silttaşları, siltli marn, marn, çamurtaşları ve çakıltaşlarıdır. Kuzgun formasyonu, bir çok yerde biyotürbasyonlu yapılar bulundurmaktadır, zengin ostrea seviyeleri ile gastropod ve pelesipod kavkı kıritmaları içermektedir.

Kuzgun formasyonu üzerinde yapılan bir diğer çalışmada (Şenol ve diğ., 1995), formasyonun, östatik deniz seviyesindeki oynamalara (transgresyon ve regresyonlar) bağlı olarak oluşan sıçan deniz ve geçiş ortamlarında (kıyı, lagün, delta, gelgit ve resif) çökeldiği ve içinde dört birim olduğu belirtilmiştir. Bunlar, Kumtaşı-konglomera birimi; resifal kireçtaşları birimi; tüfit birimi ve kilitaşı (şeyl)-marn-silttaşları birimidir.

Kuzgun formasyonunun çalışma arazi içerisindeki özelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için Kale Madencilik şirketinin açmış olduğu kum ocağından bir adet stratigrafik kesit ölçülmüştür.

2.2.3.1. Kale Kum Ocağı Ölçülü Stratigrafi Kesiti

Bu kesit, 87200;46050 – 87300;46250 koordinatları arasında yer almaktadır (Şekil 2).

İnceleme alanında kalan bu kısım; daha önceki çalışmalarında Kuzgun formasyonu'nun Memişli üyesi olarak adlandırılan bölümne karşılık gelmektedir (Şekil 7). Birimin ilk 20 m lik kısmında genelde laminalı dağılgan kilittaşları, silttaşları ve ince taneli karbonatlı kumlar yer almaktadır. Bu bölümde kalınlığı 6 m. yi geçmeyen tabanı

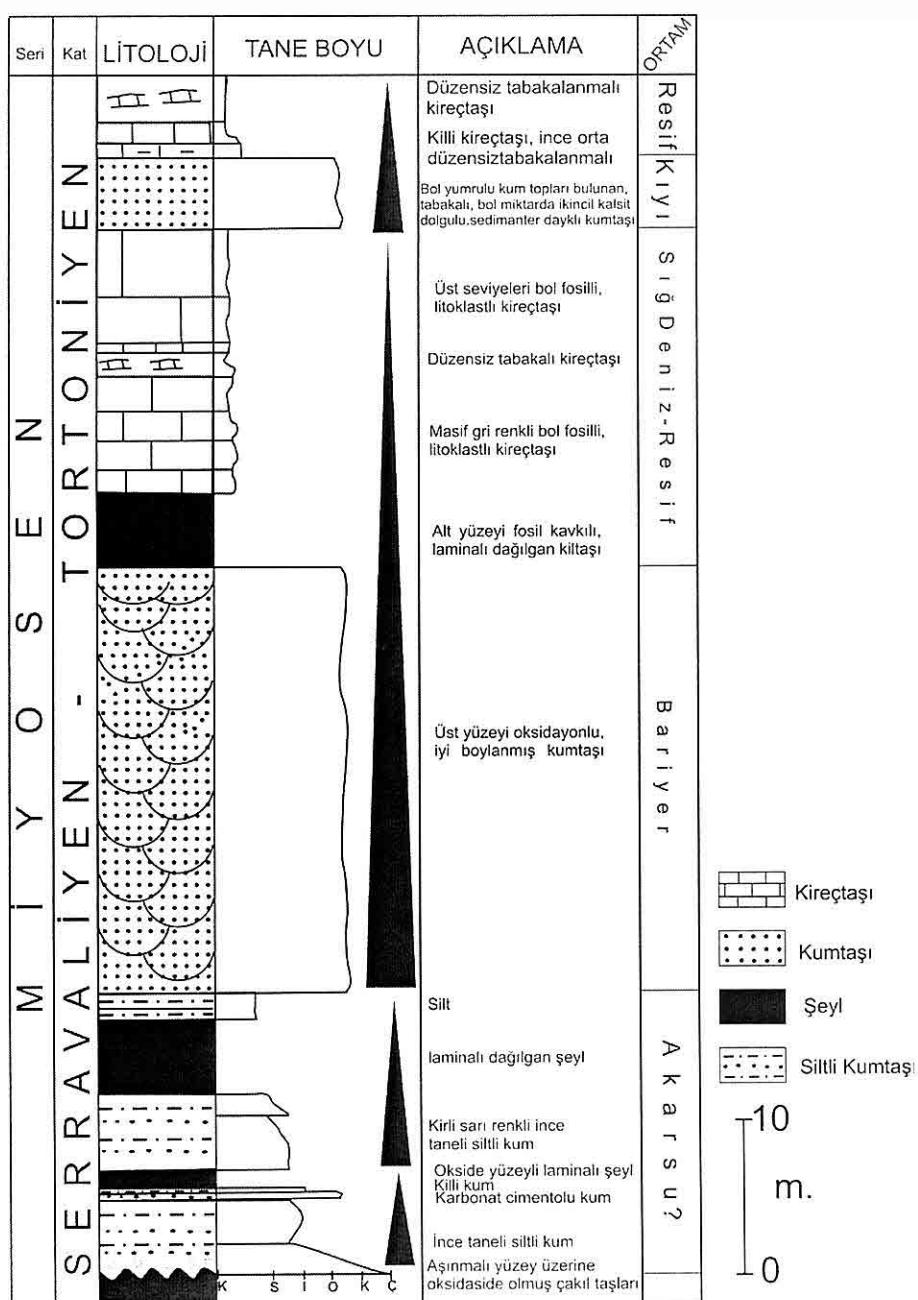
erozyonel iyi yuvarlanmış, orta iyi boyanmış, genelde ofiyolitik kayaçlara ait çakılları içeren küçük konglomeratik kanalların varlığı tespit edilmiştir. Bu akarsu çökelleri üzerine gelen 30 m. düşük açılı çapraz tabakalı, iyi boyanmış, orta kaba taneli kumtaşları ve uzunlamasına kıyıya paralel uzanan dar kuşak şeklindeki geometrileri ile tipik bariyer ortamını karakterize ettiği düşünülmektedir (Şekil 8.) Güneye doğru gidildikçe bu kumtaşı ile geçişli olan planktonik foraminiferli ince taneli kumtaşı, silttaşları ve kilitaşı ardalanmaları, offshore (kıyı ötesi) denizel çökellere karşılık geldiği düşünülmektedir (Şekil 8).

İnceleme alanına ait alınmış olan enine kesitte, Boggs (1987), Lewis ve McConchie (1993) ve Prothero and Schwab (1996) çizilmiş olan kıyı bölgesindeki kum bariyerleri ve bunlarla ilişkili fasiyelere benzer bir dağılım sunduğu tespit edilmiştir (Şekil 8-9).

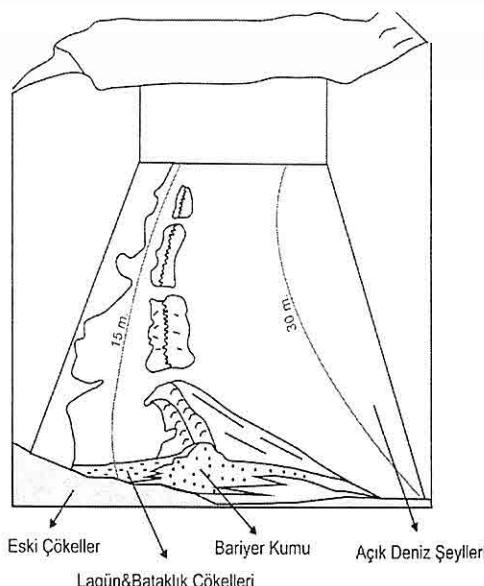
Fosil içeriği ve yaş

Çalışma alanı sınırları içerisinde Kuzgun formasyonun gözlendiği Gökkuşağı, Çiftlikköy batısı, Ziyarettepe, Adiyoktepe ve Narlıca KB dolaylarından alınan örneklerde yapılan incelemeler sonucunda ostrakodlardan 18 cins ve 24 tür ayırt edilmiştir. *Aurila albicans* (Ruggieri), *A. convexa* (Baird), *Loxoconcha rhomboidea* (Fischer), *Xestoloberis glabrescens* (Reuss), *X. ventricosa* Mueller, *Pontocythere elongata* (Brady), *Cprideis torosa* (Jones), *Quadracythere salebrosa* Uliczny, *Urocythereis seminulum* Seguenze,

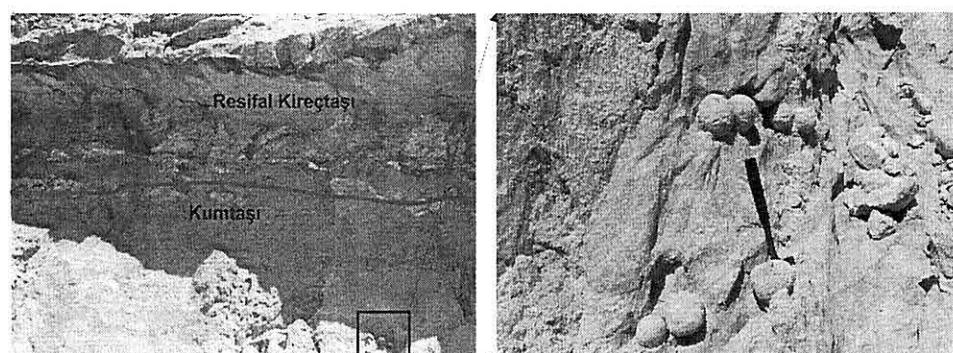
**DEMİRHİSAR (MERSİN KD'SU) CİVARI TERSİYER BİRİMLERİNİN SEDİMANTOLOJİK
VE ORTAMSAL ÖZELLİKLERİ**



Şekil 7. Kale Kum Ocağı civarında kuzgun formasyonuna ait ölçülu sedimentolojik kesit.



Şekil 8. Sığ Deniz ortamında bariyer resifinin gelişimi (Boggs Jr, 1987).



Şekil 9. Kuzgun formasyonuna ait kumtaşları, kumtaşları içerisinde görülen yapılar ve resifal özellikli kireçtaşları.

Cyamocytheridea dertonensis (Ruggieri), *Cytherelloidea glypta* Doruk, *Neomonoceratina mouliana* Sissingh gibi ostracod türleri, çalışma alanında tanımlananlar arasında yaygın türler olarak bulunmuştur. Fosil türleri, Kuzgun formasyonunun, Tortoniyen'de

deniz ortamı koşullarında çökeldiğini söyleyebilir. Bu ortamda deniz altı morfolojisinin uygun olduğu kesimlerde resifal kireçtaşları oluşmuştur. Deniz duraylı olmayıp sık sık seviyesinde alçalıp yükselmeler ve dalgalanmalar meydana gelmiştir. Ortam içinde mercanların ve

Ostreaların gelişmesi deniz suyu sıcaklığının ılık ($30 - 40^{\circ}\text{C}$) olduğunu göstermektedir (Şenol ve diğ., 1995). Alınmış olan ölçülü sedimentolojik kesitlerden elde edilen veriler değerlendirildiğinde daha önceki çalışmalarında elde edilen sonuçları destekleyici veriler sağlanmıştır. Buna göre Kale kesitin tabanındaki oksidasyonlu ince taneli kiltaşı – şeyl ve ince taneli kumtaşı ardalanmaları bir taşın düzlüğü çökelini işaret etmektedir. Bunun üzerine gelen 30 m kalınlığındaki düşük açılı çapraz tabakalı iyi boylanmış orta – kaba taneli kumtaşlarının varlığı bir deltayik ortamın gelişliğini göstermektedir. Daha üstteki resifal kireçtaşlarının varlığı ise sıç denizel bir ortamı varlığını gösterir. Resiflerin bariyer kumlarının oluşturmuş olduğu göreceli olarak yüksek ve ortamın uygun olduğu alanlarda geliştiği gözlenmiştir. İstifin üst kısımlarında yeniden bir deltayik istif gelişimi ve sonrasında da sıç denizel bir istif gelişimi söz konusudur. Bu da Kuzgun formasyonunun gelişimde sıç denizel, akarsu ve delta ortamlarının etkin olduğunu göstermektedir.

2.2.4. Handere Formasyonu (Tha)

İlk kez Schmidt (1961) tarafından isimlendirilen Handere formasyonu, çalışma alanında sınırlı bir bölgede (Burhanköy ve Gökkuşağı köyleri) yüzlek vermektedir. Bu nedenle ayrıntılı çalışılamamıştır. Formasyon, altındaki Kuzgun formasyonunu uyumlu üzerler ancak üzerindeki Kuvaterner yaşı alüvyon ve kaliçilerle uyumsuzdur. Formasyonun

her ne kadar evaporitlerden oluşan Gökkuyu alçıtaşı üyesi olduğu belirtilse de (Yetiş ve Demirkol, 1986) inceleme alanında sadece oolitik kireçtaşları ve sıç denizel fosilli marn, kiltaşı, silttaş ve kumtaşları gözlenmiştir.

2.3. Kuvaterner

2.3.1. Alüvyon (Qa) ve Kaliş (Qk)

Kuvaterner yaşı alüvyonlar, çalışma arazisini boydan boya geçen Deli Çay civarında gözlenmektedir. Alüvyon içinde gözlenen çakıllar ise ofiyolitik melanj'dan ve temeli oluşturan kayaçlardan oluşmaktadır. Çalışma alanında kalişler ise Puğkaracaşağa köyünün KKD ve GGB'sında gözlenmektedir.

3. SONUÇLAR

Mersin'in kuzeydoğusundaki Demirhisar dolaylarında Adana Havzasının geri kalan alanlarında olduğu gibi Miyosen dönemi başında gelişen bölgesel ölçekli transgresyon sonucu Paleozoyik (Karahamzaşağı formasyonu) ve Mesozoyik (Mersin Ofiyoliti) yaşı paletopografik yükseltiler üzerinde Karaisalı formasyonu resifal kireçtaşları gelişmeye başlamıştır. Birim içindeki SMF değişimleri küçük ölçekli deniz seviyesi salınımlarına bağlı olarak gelişmiştir. Karaisalı formasyonu aynı denizin nisbeten derin kısımlarında çökelmiş olan Güvenç formasyonu çökelleri ile yanal ve düşey geçişler göstermektedir. Bu denizin geri çekilmesine bağlı olarak sıç denizel deltayik ortamda çökelmiş bariyer

kumtaşlarından oluşan Kuzgun formasyonu gelişmeye başlamıştır. Bu bariyer kumlarının oluşturmuş olduğu topografik yükseltiler üzerinde Karaisali formasyonu kapsamında gelişmiş resifal kütlelerden daha az kalınlığa sahip resifal kütleler gelişmiştir. Ortamin Messiniyen-Pliyosen döneminde güneye doğru çekilmeye devam etmesi ile sıç denizel fosilli kiltaşı ve kumtaşları ile oolitik kireçtaşlarından oluşan Handere formasyonu gelişmiştir.

4. TEŞEKKÜR

Yazarlar, projeye destek veren Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu ile fosil tayinlerinde yardımcı olan Prof. Dr. Niyazi AVŞAR (Ç.Ü.) teşekkür ederler.

5. KAYNAKLAR

Boggs, Jr. S., (1987), *Sedimentology and Stratigraphy*, New York, Mcmillan Publsh., p:314.

Cabioch, G., Camoin, G.F. and Montaggioni, L.F., (1999), *Postglacial History of a French Polynesian Barrier Reef Tract, Tahiti, Central Pacific*, *Sedimentology*, 46, 985-1000.

Calvet, F. and Tucker, M. E., (1995), *Mud Mounds with Reefs Caps in the Upper Muschelkalk (Triassic), Eastern Spain*, in Monty, C. L. V., Bosence, D. W. J., Bridges, P. H. And Pratt, B. R. (eds) *Carbonate Mud Mounds Their Origin and Evolution*, Blackwell Science, Oxford, 311-333.

Çavuşgil, V. L., (1985): Adana - Kurttepe Akarsu Sekülerinde Yer Alan Ve Akdeniz Kırmızı Topraklarının Oluşumları

Ve Birbirleri İle Olan İlişkisi Üzerinde Bir Araştırma (Doktora Tezi) Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana

Demirkol, C., (1989): *Pozanti-Karsanti-Karaisali (Doğu Toros) Arasında Yer Alan Karbonat Platformunun Stratigrafisi ve Jeolojik Gelişimi*, M.T.A. Dergisi, No:109 (Ayri Baskı), Ankara

Dunham, R. J., (1962): *Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture.*, In W. E. Ham (Ed), *Classification of Carbonate Rocks.*, Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 1, 108-21.

Duran, O. ve Şengündüz, N., (1993), "Karbonat Kayaları ve Rezervuar Özellikleri" TPAO Ar. Mer. Gr. Baş. Eğt. Yay. No: 24.

Folk, R. L., (1962): *Spectral Subdivision of Limestone Types.*, In W.E. Ham (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks.*, Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 1, 62 - 84.

Franseen, E. K. And Mankiewicz, C., (1991), "Depositional Sequences and Correlation of Middle (?) to Late Miocene Carbonate Complexes, Las Negras and Nijar Areas, South Eastern Spain", *Sedimentology*, 38, 5, 871-898.

Görür, N., (1979): *Karaisali Kireçtaşının (Miyosen) Sedimentolojisi* T. J. K. Bülteni, c. 22/2, S.227 - 234, Ankara

Gül, M., ve Koç, H., (2003), "Karaisali Kireçtaşı Gözne Resifinin (Gözne-Mersin) Sedimentolojik Özellikleri", *Yerbilimleri (Geosound)*, 42, s. 53-59.

Gürbüz, K., (1985): *Karaömerli - Akkuyu - Balcalı Bölgesi (Adana) Tersiyer İstifinin Sedimanter Jeolojik İncelemesi*:

**DEMİRHİSAR (MERSİN KD'SU) CİVARI TERSİYER BİRİMLERİNİN SEDİMANTOLOJİK
VE ORTAMSAL ÖZELLİKLERİ**

- Ç. Ü. Fen Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi, 77 S., Adana
- Gürbüz, K., (1993), *Identifacition and Evolution of Miocene Submarine Fans in the Adana Basin, Turkey*, Ph.D. Thesis, Keele University, 327 P., England.
- Hayward, A. B., Robertson, A.H.F. and Scoffin, T.P., (1992), *Miocene Patch Reefs From a Mediterranean Marginal Terrigenous Settings in SW Turkey*, SEPM Concep Sed. Pal. 5.
- İlker, S., (1975): *Adana Baseninin Kuzey-Batısının Jeolojisi ve Petrol Olanakları*, T.P.A.Ş. Raporu, 973, 63 S., Yayımlanmamış, Ankara.
- Karaca, C., (2002): *Mersin Kenti İçin Esenli Köyü ve Civarının Kali Atık Deponi Alanı Olarak Jeolojik ve Jeoteknik Yönden Değerlendirilmesi*, M.Ü. Fen Bil. Enst., Jeoloji Müh. Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 45 S., Mersin
- Lagap, H., (1985): *Kıralan-Karakılıç-Karaçalı (KB Adana) Alanının Litostratigrafik-Kronostratigrafik incelemesi*, Ç.Ü. Fen Bil. Enst., Jeoloji Müh. Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 77 S., Adana
- Nazik, A. & Gürbüz, K., (1992). Karaçalı-Çatalan-Eğner yörensi (KB Adana) Alt-Orta Miyosen yaşı denizaltı yelpazelerinin planktonik foraminifer biyostratigrafisi, T.J.K. Bült., c. 35, no. 1, S. 67-80, Ankara.
- Öğrönç, G., Gürbüz, K. & Nazik, A. (2000): *Adana Baseninin Üst Miyosen-Pliyosen istifinde "Messiniyen tuzluluk krizine ait bulgular"*. Yerbilimleri, 22 (2000), S. 183-192, Ankara
- Öğrönç, G., (2001): *Messiniyen Yayla (Adana) Dolayının Jeolojik Tuzluluk Krizi Sirasındaki ve Sonrasındaki Çökellerin Stratigrafisi ve Paleoekolojisi*, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi, Adana
- Özer, E., Koç H., Taslı K., Zorlu K., (2004), *Origin of the Fındıkpinarı melange (S Turkey)*, 5th International Syposiom Eastern Mediterraen Geology, 150-152, Chatzipetros A.A. and Pauldekk S.B., Greece.
- Schmidt, G., (1961): VII. Adana Petrol Bölgesinin Stratigrafik Nomenklatürü, Petrol Der. Yay. 6. S. 47- 63, Ankara
- Şenol, M., (1989): *Adana -Balcalı/Çatalan Bölgesi Geç Tersiyer -Kuvaterner İstifinin Lito - Pedolojik ve Sedimentolojik İncelemesi (Doktora Tezi)*. Ç. Ü. Fen. Bil., Adana.
- Şenol, M., Şenol, Ş. & Duman, T. Y., (1995): *Adana-Mersin Dolayının Jeoloji Etüd Raporu (Mersin O33 Paftası)*, 45 S, (Yayımlanmamış), MTA Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, Adana.
- Şafak, Ü. ve Nazik, A., (1994): *Eshab -ı Kehf (Tarsus - Mersin) Dolayı Neojen İstifinin Ortamsal Yorumu*, Ç. Ü. 15. Yıl Sempozyumu, S. 291 – 300, Adana
- Tanar, Ü., (1985): *Körlü (Tarsus - Mersin) Bölgesi "Karaçalı, Kuzgun, Memişli Formasyonları"nın Molluska Faunası*: Jeo. Müh. Derg., 24 s., S. 17 - 31, Ankara.
- Ternek, Z., (1957): *Adana Havzasının Alt Miyosen (Burdigaliyen) Formasyonları ve Bunların Diğer Formasyonlarla Münasebetleri ve Petrol İmkanları*, MTA, Dergisi, c. 49, S. 65 - 78.. Ankara
- Ünlügenç, U. C., (1986): *Kızıldağ Yayla (Adana) Dolayının Jeolojik*

- Incelemesi, Ç. Ü. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, 77 S., Adana.*
- Ünlügenç, U. C., (1993): *Controls on Cenozoic Sedimentation in the Adana Basin, Southern Turkey; Ph. D. Thesis, Keele University, Two Volumes, 229 P., England.*
- Yaman, S., (1991): *Mersin Ofiyolitinin Jeolojisi ve Metallojenisi, Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu Bildirileri, s. 225 – 267., Adana.*
- Yetiş, C. ve Demirkol, C., (1984): *Adana Baseni Kuzey – Kuzeybatı Kesiminin Temel Stratigrafisine İlişkin Bazı Gözlemler: T. J. K. 38. Bilimsel ve Teknik Kurultayı Bildiri Özetleri, S. 59 – 61, Ankara.*
- Yetiş, C. ve Demirkol, C., (1986): *Adana Baseni Battı Kesiminin Detay Jeoloji Etüdü MTA. Rap. No: 8037 (Yayınlanmamış).*
- Yetiş, C., (1988): *Reorganization of the Tertiary Stratigraphy in the Adana Basin, Southern Turkey, Newslet. Stratigr., 20, S. 43 – 58, Berlin.*
- Yetiş, C., Kelling, G., Gökçen, S.L., & Baroz, F., (1995): *A revised stratigraphic framework for Later Cenozoic sequences in the northeastern Mediterranean region, Geol Rundsch, 84, S. 794 – 812, Germany.*
- Yılmazer, D., (2003): *Adana Baseni ve Evaporitli Serilerinin (Neojen) Mineralojisi, Petrografisi ve Jeokimyası, Ç.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, Adana.*

BAĞLUM-KAZAN (KB ANKARA) YÖRESİ ORTA EOSEN (LÜTESİYEN)
SEDİMANLARININ BENTİK FORAMİNİFER BİYOSTRATİGRAFİSİ VE
ORTAMSAL YORUMU

Niyazi AVŞAR, Arzu ERASLAN ve Feyza DİNÇER

Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

Zümra İÇ

Karayolları 8. Bölge Müdürlüğü, Elazığ/Türkiye

ÖZET: İnceleme alanı, Bağlum ve Kazan (KB Ankara) arasında yer almaktadır. Bölgedeki stratigrafik istif; temelde Mesozoyik yaşı ophiolitik melanjla başlayıp, daha sonra Tersiyer yaşı karbonatlı kayalarla devam etmektedir. Bu çalışma; kumtaşı, marn, killi kireçtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan Orhaniye formasyonu içerisinde gerçekleştirılmıştır. Orhaniye formasyonuna ait çökeller içerisindeki iri bentik foraminiferlerin biyostratigrafisi ve ortamsal yorumlarını ortaya koymak amacıyla Bağlum-Kazan ilçeleri arasındaki bölgeden, üç stratigrafik kesit ölçülerek 8 cins ve 14 tür tayin edilmiştir. Bu türlerden; *Alveolina elliptica elliptica* Hottinger, *A. elliptica nuttalli* Davies, *A. cf. callosa* Hottinger, *A. cf. tenuis* Hottinger, *Assilina exponens* (Sowerby), *Nummulites beaumonti d'Archiac* ve *Haime N. millecaput* Boubée, *N. praeaturicus* Schaub orta Lütesiyen'i belirtmektedir. *Alveolina elliptica elliptica* Hottinger, *Fabiania cassis* (Oppenheim), *Gyroidinella magna le Calvez*, *Assilina exponens* (Sowerby), *Nummulites aturicus* Joly ve Leymerie ve *N. beaumonti d'Archiac* ve *Haime* ise geç Lütesiyen tabakalarından elde edilmiştir. Tayin edilen bu bentik foraminiferlere göre, orta Lütesiyen içinde SB-14 ve SB-15 biyozonları, geç Lütesiyen içerisinde ise SB-16 biyozonu ayırtlanmıştır. Litolojik özellikleri ve bentik foraminifer içeriklerinin değerlendirilmesi sonucu bölgedeki birimlerin resifal ortamda "normal tuzlulukta sınırlı şelf" ve "açık deniz iç şelf" fasiyeslerinde çökeldiği anlaşılmaktadır.

BENTHIC FORAMINIFERAL BIOSTRATIGRAPHY AND
ENVIRONMENTAL INTERPERATATION OF THE MIDDLE EOCENE
(LUTETIAN) SEDIMENTS OF THE BAGLUM-KAZAN (NW ANKARA)
REGION

ABSTRACT: The study area is situated between the Bağlum and Kazan (NW Ankara). The stratigraphic sequence of the region has Mesozoic ophiolitic melange at the base and Tertiary carbonates from bottom to top. This study was completed in the

Orhaniye formation containing sandstone, marl, clayey limestone and limestone. Three measured stratigraphic sections were taken from the region for the purpose of the biostratigraphy and paleoenvironmental interpretations of the larger benthic foraminifera in the sediments of the Orhaniye formation. 8 genera and 14 species systematically were identified. Presence of Alveolina elliptica elliptica Hottinger, A. elliptica nuttalli Davies, A. cf. callosa Hottinger, A. cf. tenuis Hottinger, Assilina exponens (Sowerby), Nummulites beaumonti d'Archiac & Haime, N. millecaput Boubée and N. praetauricus Schaub point out the middle Lutetian age. Alveolina elliptica elliptica Hottinger, Fabiania cassis (Oppenheim), Gyroidinella magna le Calvez, Assilina exponens (Sowerby), Nummulites aturicus Joly & Leymerie and N. beaumonti d'Archiac & Haime occur within the late Lutetian layers. Based on the identified benthic foraminifera, the biozones SB 14 and SB 15 of middle Lutetian and SB 16 of late Lutetian, were determined. Due to assessment of the lithological characteristics and benthic foraminiferal content, it is concluded that the study area has formed under a reefal environment in the "restricted shelf with normal salinity" and "open marine inner shelf" facies.

1. GİRİŞ

Çalışma, Ankara iline bağlı Bağlum-Kazan ilçeleri arasında yer alan Orhaniye formasyonunda gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı; Bağlum-Kazan (KB Ankara) arasındaki yörenin Eosen (Lütesiyen) istisinin bentik foraminifer topluluğunu incelemek ve biyostratigrafik bulguları sunmak ve ortamsal yorumu yapmaktır (Şekil 1).

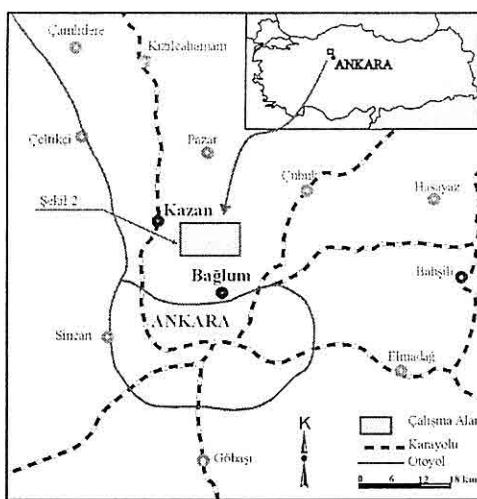
İnceleme alanı ve yakın civarında stratigrafik, tektonik ve paleontolojik amaçlı çalışmalar yapılmış olup, Dizer (1968), Norman, (1972), Sirel (1975, 1976), Gökçen (1976), Sirel ve Gündüz (1976), Ünalan vd. (1976), Özyegin (1978), Ünalan (1981), Okan, (1982), Akyürek vd., (1984), Gökten vd. (1988) bunlardan bazlarıdır. Bölgedeki Eosen (Lütesiyen) yaşılı çökellerin bentik foraminifer içeriğinin, çökelme ortamlarının ve yaşlarının ortaya konulması Eosen dönemi jeolojik

tarihçenin açıklanması açısından önemlidir. Bu amaç doğrultusunda Orhaniye formasyonundan üç adet stratigrafi kesiti ölçülmüş ve yönlü kaya örnekleri, yumuşak litolojilerden yıkama örnekleri ile tane fosil içeren noktalı ve sistematik örnekler derlenmiştir. Örneklerdeki bentik foraminiferleri elde etmek amacıyla laboratuvara H_2O_2 (hidrojen peroksit) kullanılarak yıkama yöntemi uygulanmış, binoküler mikroskop altında ayıklandıktan sonra tanımlanmıştır. Gerek bentik foraminiferlerin, gerekse de kayaç ince kesitleri araştırma mikroskoplarında görüntü analiz yöntemi ile incelenerek bentik foraminiferlerin fotoğrafları çekilmiştir. Bentik foraminifer örnek ve ince kesitleri Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde saklanmaktadır.

2. STRATİGRAFİ

İnceleme alanı ve yakın civarında

BAĞLUM-KAZAN YÖRESİ EOSEN (LÜTESİYEN) SEDİMANLARININ BENTİK FORAMİNİFER BIYOSTRATİGRAFİSİ VE ORTAMSAL YORUMU



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

Mesozoyik ve Tersiyer yaşı birimler yer almaktadır. İstif alta Üst Kretase ofiyolitli melanji, Üst Kampaniyen-Maastrichtiyan filiş, kumlu şeyl ardalanmalı ve denizel karakterli (Dikmendede Tepe), Paleosen karasal klastikli (Uzunçarşidere), Eosen (Lütesiyen) karbonatlı, bol fosilli ve sıçan deniz karakterli (Orhaniye), Üst Eosen-Oligosen örgülü akarsu konglomeralı (Parmaklıtepe), sarımsı kahve renkli kumtaşları, yer yer silislesmiş kireçtaşlarından oluşmaktadır. Pliyosen akarsu göl karakterli, beyazımı, kumlu kireçtaşlarıyla, silt ve tüfiterden (Memlik) oluşmuştur. En üstte ise Kuvatemer yaşı güncel alüvyonlar ve taraçalar bulunmaktadır (Şekil 2 ve 3).

2.1. Litostratigrafi

Çalışma, Eosen (Lütesiyen) yaşı Orhaniye formasyonunun en güzel yüzük verdiği Bağlum-Kazan ilçeleri arasındaki

Eosen karbonatlarının bentik foraminifer içeriği üzerinde gerçekleştirildiğinden, bu kısımda Orhaniye formasyonunun litostratigrafik özellikleri aşağıdaki gibidir.

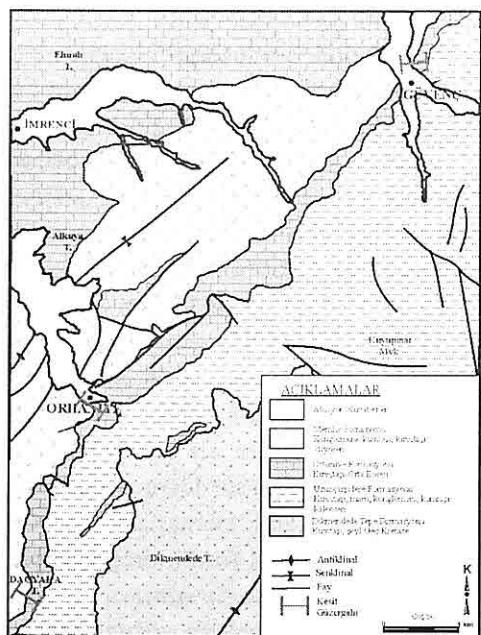
Tanım ve yayılım: Formasyon ilk olarak Gökten vd. (1988) tarafından en iyi yüzeylediği Orhaniye köyü ve çevresinde tanımlanmıştır. Birim inceleme alanında, Orhaniye köyü civarı ile birlikte Dağyaka ve Memlik köyü kuzeyindeki Karyağılı Tepeleri civarında geniş alanlarda yüzeylemektedir (Şekil 2).

Litoloji: Birimin alt seviyelerinde fosilsiz olup, ancak üstte doğru sarımsı, bol fosilli, gevşek yapılı kumtaşlarıyla başlar ve sonra sarımsı bol fosilli kireçtaşlarıyla devam eder. Üst kısımlara doğru beyazımı, silislemelerin yoğun olduğu, az fosilli bir kesimden sonra gri, karbonat çimentolu kumtaşları gelmektedir. Daha sonra birim görünür fosilsiz ve kırıntılı bir duruma geçer.

Dokanak ilişkisi: Birim, alta bulunan Paleosen yaşı karasal klastiklerle, üst sınırında ise geç Eosen-Miyosen yaşı karasal karakterli serilerle normal geçişlidir.

Kalınlık: Bağlum-Kazan arasındaki inceleme alanında yapılan ölçülü stratigrafi kesitlerinde formasyonun kalınlığı Güvenç köyünde 105 m, Dağyaka köyünde 65 m ve Orhaniye köyünde 120 m civarında ölçülmüştür.

Fosil ve yaşı: Güvenç, Dağyaka ve Orhaniye köylerinde birimin çeşitli seviyelerinden alınan örneklerden aşağıdaki bentik formlar tayin edilmiştir. Bunlar sırasıyla; *Alveolina elliptica elliptica* Hottinger, *A. elliptica nuttalli*



Şekil 2. İnceleme alanının Jeoloji haritası
(Gökten vd., 1988'den basitleştirilerek alınmıştır).

Davies, A. cf. *callosa* Hottinger, A. cf. *tenuis* Hottinger, *Orbitolites complanatus* Lamarck, *Fabiania cassis* (Oppenheim), *Gyroidinella magna* le Calvez, *Sphaerogypsina globula* (Reuss), *Asterigerina rotula* (Kaufmann), *Assilina exponens* (Sowerby), *Nummulites aturicus* Joly ve Leymerie, *N. beaumonti* d'Archiac ve Haime, *N. millecaput* Boubée ve *N. praeaturicus* Schaub'dur (Çizelge 1, Levha 1-2). Tayin edilen bu bentik foraminifer topluluğuna göre Orhaniye formasyonunun yaş aralığı orta-geç Lütesiyen'dir.

2.2. Ölçülü Stratigrafik Kesitler

Bağlum-Kazan yöresindeki Orhaniye

Şekil 3. Orhaniye ve yakın civarının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (Gökten vd., 1988'den basitleştirilerek alınmıştır).

formasyonundan üç adet ölçülu stratigrafi kesiti alınmıştır. Kesitlerin başlangıç koordinatları, litolojik ve paleontolojik özellikleri aşağıda verilmiştir.

2.2.1. Güvenç Köyü Ölçülü Stratigrafi Kesiti

Kesit Bolu H 29 d2 pastasında

BAĞLUM-KAZAN YÖRESİ ORTA EOSEN (LÜTESİYEN) SEDİMANLARININ BENTİK FORAMİNİFER BİYOSTRATİGRAFİSİ VE ORTAMSAL YORUMU

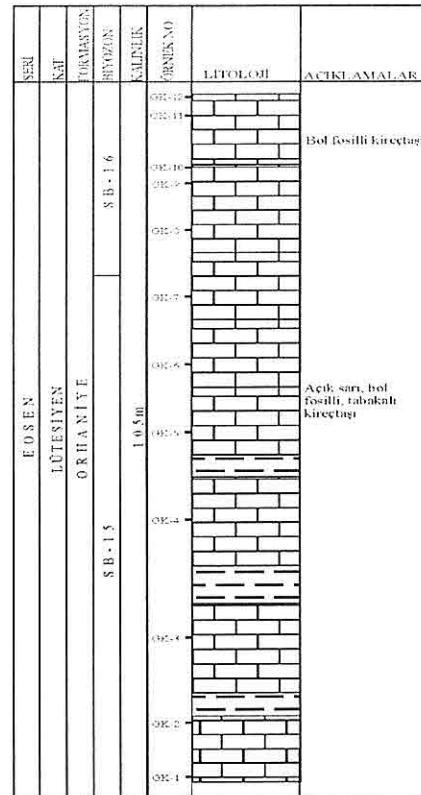
Çizelge 1. Bentik foraminiferlerin stratigrafik kesitlere göre dağılımı.

| Bentik Foraminiferler | Stratigrafik Kesitler | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------|-------------|--|--|
| | Orhaniye köyü | Dağyaka köyü | Güvenç köyü | | |
| <i>Alveolina elliptica elliptica</i> | * | * | * | | |
| <i>Alveolina elliptica nuttalli</i> | * | * | * | | |
| <i>Alveolina cf. callosa</i> | * | * | * | | |
| <i>Alveolina cf. tenuis</i> | * | * | * | | |
| <i>Orbitolites complanatus</i> | * | * | * | | |
| <i>Fabiania cassis</i> | * | * | * | | |
| <i>Gyroidinella magna</i> | * | * | * | | |
| <i>Sphaerogypsina globula</i> | * | * | * | | |
| <i>Asterigerina rotula</i> | * | * | * | | |
| <i>Nummulites beaumonti</i> | * | * | * | | |
| <i>Nummulites millecaput</i> | * | * | * | | |
| <i>Nummulites aturicus</i> | * | * | * | | |
| <i>Nummulites praeturicus</i> | * | * | * | | |
| <i>Assilina exponens</i> | * | * | * | | |

yer almaktadır. Formasyon içerisindeki kalınlığı 105 m olarak ölçülmüştür. Başlangıç $44^{\circ} 44' 31''$ K, $47^{\circ} 66' 25''$ D ve bitiş $44^{\circ} 44' 27''$ K, $47^{\circ} 67' 50''$ D koordinatları arasındadır. Ölçülen bu kesitin tabanında orta-kalın tabakalı kireçtaşları yer almaktadır. Bu birimi açık sarı renkli, bol fosilli, tabakalı kireçtaşları izlemektedir. Bu kesitten elde edilen örneklerden tayin edilen bentik foraminiferler; *Alveolina elliptica elliptica* Hottinger, *Asterigerina rotula* (Kaufmann), *Numulites beaumonti* d'Archiac ve Haime, *Nummulites millecaput* Boubée, *Nummulites aturicus* Joly ve Leymerie, *Assilina exponens* (Sowerby) dir (Şekil 4 ve Çizelge 1).

2.2.2. Dağyaka Köyü Ölçülü Stratigrafi Kesiti

Kesit Bolu H 29 d3 pastasında



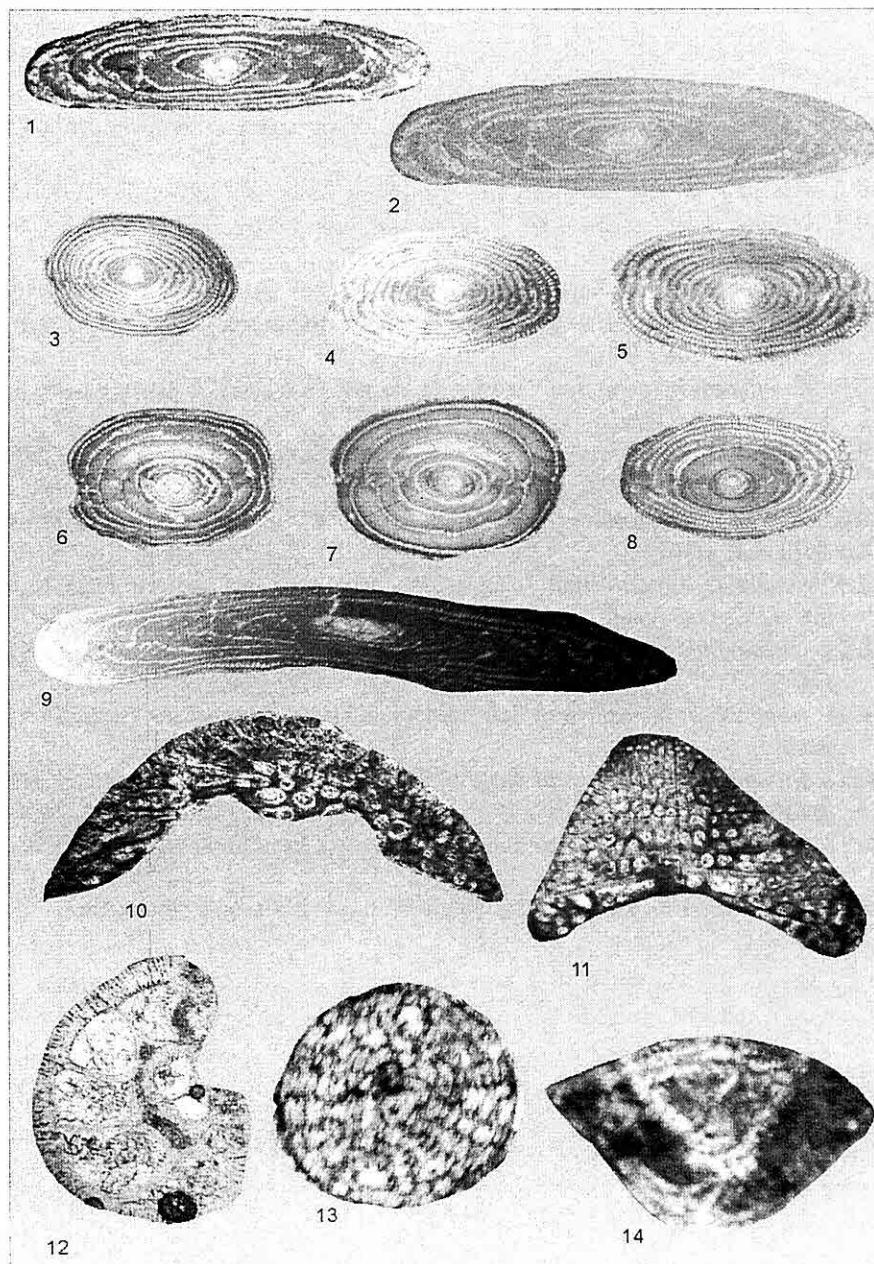
Şekil 4. Güvenç köyü ölçülü stratigrafik kesiti.

yer almaktadır. Formasyon içerisindeki kalınlığı 65 m olarak ölçülmüştür. Başlangıç $44^{\circ} 36' 39''$ K, $47^{\circ} 03' 70''$ D ve bitiş $44^{\circ} 36' 35''$ K, $47^{\circ} 04' 30''$ D koordinatları arasındadır. Ölçülen bu kesit tabanda kireçtaşı-marn ardalanımı ile başlamakta bu birimin üzerine bol *Alveolina*'lı killi kireçtaşı gelmektedir. Bu kesitten elde edilen örneklerden tayin edilen bentik foraminiferler: *Alveolina elliptica elliptica* Hottinger, *Alveolina elliptica nuttalli* Davies, *Alveolina cf. callosa* Hottinger, *Alveolina cf. tenuis* Hottinger, *Orbitolites complanatus*

- Şekil 1.** *Alveolina cf. callosa* Hottinger. Eksenel kesit, X10, GK-6/2.
- Şekil 2.** *Alveolina cf. callosa* Hottinger. Eksenel kesit, X10, GK-6/1.
- Şekil 3.** *Alveolina elliptica elliptica* Hottinger. Eksenel kesit, X10, DK-4/47.
- Şekil 4.** *Alveolina elliptica elliptica* Hottinger. Eksenel kesit, X10, DK-4/79.
- Şekil 5.** *Alveolina elliptica elliptica* Hottinger. Eksenel kesit, X15, DK-4/77.
- Şekil 6.** *Alveolina elliptica nuttalli* Davies. Eksenel kesit, X15, DK-4/58.
- Şekil 7.** *Alveolina elliptica nuttalli* Davies. Eksenel kesit, X10, DK-4/78.
- Şekil 8.** *Alveolina elliptica nuttalli* Davies. Eksenel kesit, X15, DK-4/62.
- Şekil 9.** *Alveolina tenuis* Hottinger. Eksenel kesit, X10, GK-6/3.
- Şekil 10.** *Fabiania cassis* (Oppenheim). Eksenel kesit, X30, OR-14.
- Şekil 11.** *Fabiania cassis* (Oppenheim). Eksenel kesit, X35, DK-14.
- Şekil 12.** *Gyroidinella magna* le Calvez. Eksenel kesit, X55, OR-9.
- Şekil 13.** *Sphaerogypsina globula* (Reuss). Ekvatoryal kesit, X60, DK-14.
- Şekil 14.** *Rotalia* sp. Düşey kesit, X65, OR-6.

BAĞLUM-KAZAN YÖRESİ ORTA EOSEN (LÜTEŞİYEN) SEDİMANLARININ BENTİK
FORAMİNİFER BIYOSTRATIGRAFİSİ VE ORTAMSAL YORUMU

LEVHA I



LEVHA 2

Şekil 1. *Assilina exponens* (Sowerby). Ekvatoryal kesit, makrosferik form, X6, GK-11/1.

Şekil 2. *Assilina exponens* (Sowerby). Eksenel kesit, makrosferik form, X6, GK-11/2.

Şekil 3. *Assilina exponens* (Sowerby). Ekvatoryal kesit, makrosferik form, X6, GK-11/5.

Şekil 4. *Assilina exponens* (Sowerby). Eksenel kesit, makrosferik form, X6, GK-11/6.

Şekil 5. *Nummulites beaumonti* d' Archiac & Haime. Ekvatoryal kesit, makrosferik form, X15, GK-3/171.

Şekil 6. *Nummulites beaumonti* d' Archiac & Haime. Ekvatoryal kesit, makrosferik form, X15, GK-4/955.

Şekil 7. *Nummulites beaumonti* d' Archiac & Haime. Ekvatoryal kesit, makrosferik form, X15, GK-9/102.

Şekil 8. *Nummulites beaumonti* d' Archiac & Haime. Eksenel kesit, makrosferik form, X15, GK-9/101.

Şekil 9. *Nummulites praetauricus* Schaub. Ekvatoryal kesit, makrosferik form, X10, GK-8/96.

Şekil 10. *Nummulites praetauricus* Schaub. Ekvatoryal kesit, makrosferik form, X10, GK-3/177.

Şekil 11. *Nummulites praetauricus* Schaub. Eksenel kesit, makrosferik form, X10, GK-9/101.

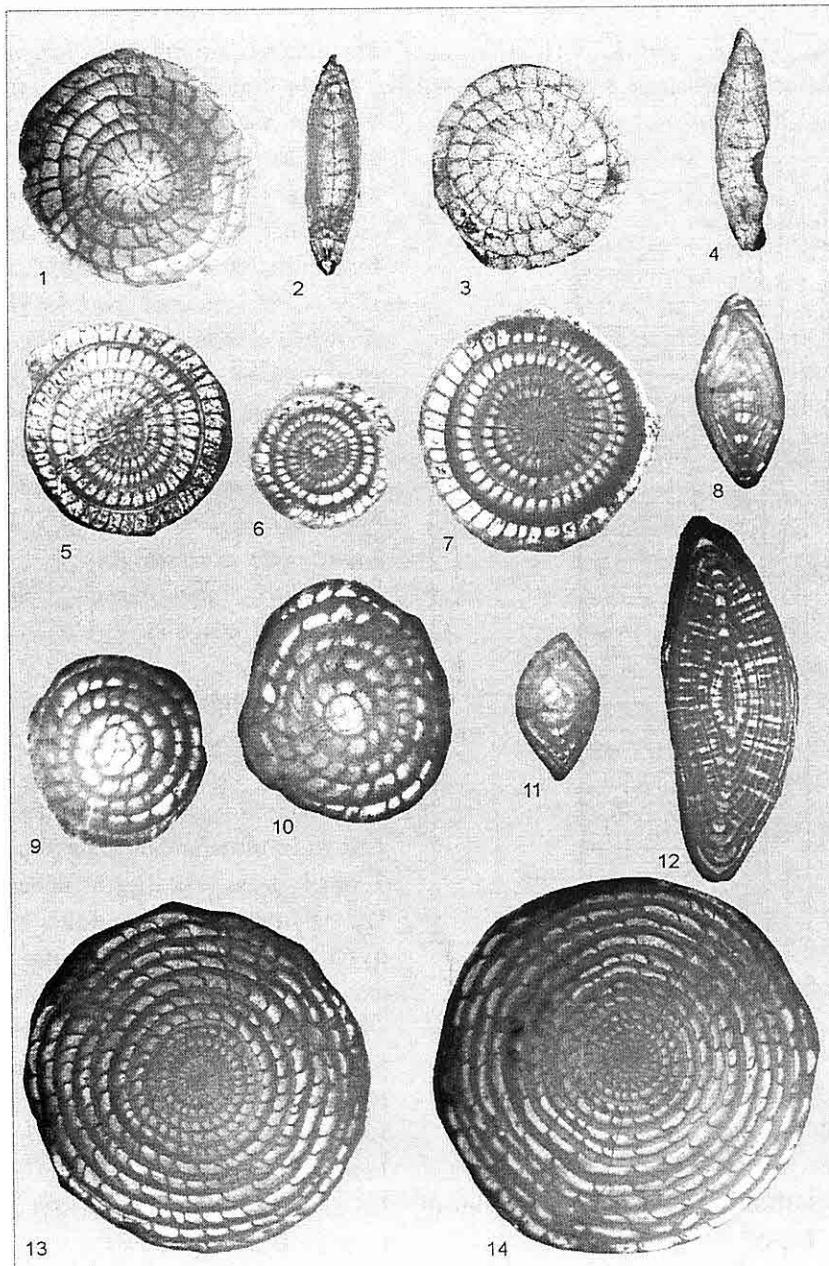
Şekil 12. *Nummulites praetauricus* Schaub. Eksenel kesit, mikrosferik form, X5, OR-3/133.

Şekil 13. *Nummulites praetauricus* Schaub. Ekvatoryal kesit, mikrosferik form, X5, GK-3/28.

Şekil 14. *Nummulites praetauricus* Schaub. Ekvatoryal kesit, mikrosferik form, X5, GK-3/31.

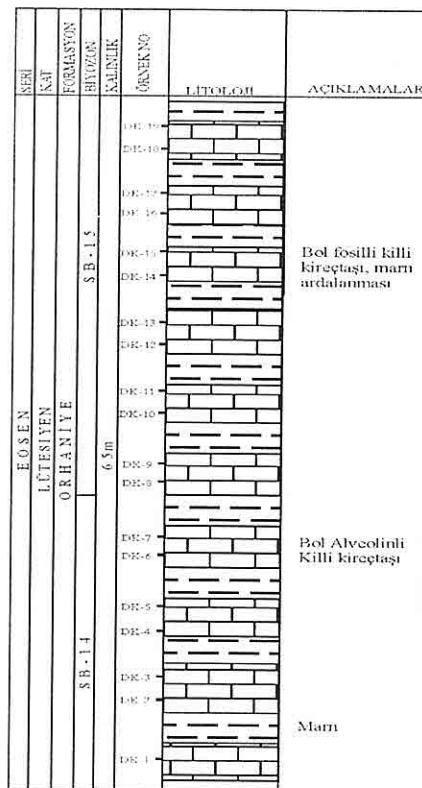
BAĞLUM-KAZAN YÖRESİ ORTA EOSEN (LÜTESİYEN) SEDİMANLARININ BENTİK
FORAMİNİFER BİYOSTRATİGRAFİSİ VE ORTAMSAL YORUMU

LEVHA 2



Lamarck, *Fabiania cassis* (Oppenheim), *Gyroidinella manga* le Calvez, *Sphaerogypsina globula* (Reuss), *Asterigerina rotula* (Kaufmann), *Nummulites aturicus* Joly ve Leymerie, *Nummulites praeturicus* Schaub, *Assilina*

kalınlığı 120 m olarak ölçülmüştür. Başlangıç $44^{\circ} 39' 10''$ K, $47^{\circ} 20' 50''$ D ve bitiş $44^{\circ} 39' 02''$ K, $47^{\circ} 21' 50''$ D' koordinatları arasındadır. Ölçülen bu kesit tabanda kumtaşı ile başlamakta bunun üzerine marn gelmektedir, bunu killi kireçtaşının ve marn ardalanmalı fosilli kireçtaşının izemektedir. Bu kesitten elde edilen örneklerden tayin edilen bentik foraminiferler: *Alveolina elliptica nuttalli* Davies, *Alveolina cf. callosa* Hottinger, *Alveolina cf. tenuis*, Hottinger *Orbitolites complanatus* Lamarck, *Fabiania cassis* (Oppenheim), *Gyroidinella manga* le Calvez, *Asterigerina rotula* (Kaufmann), *Numulites beaumonti* d'Archiac ve Haime, *Nummulites millecaput* Boubée, *Nummulites aturicus* Joly ve Leymerie, *Nummulites praeturicus* Schaubdur (Şekil 6 ve Çizelge 1).



Şekil 5. Dağyaka köyü ölçülu stratigrafi kesiti.

exponens (Sowerby) dir (Şekil 5 ve Çizelge 1).

2.2.3. Orhaniye Köyü Ölçülü Stratigrafi Kesiti

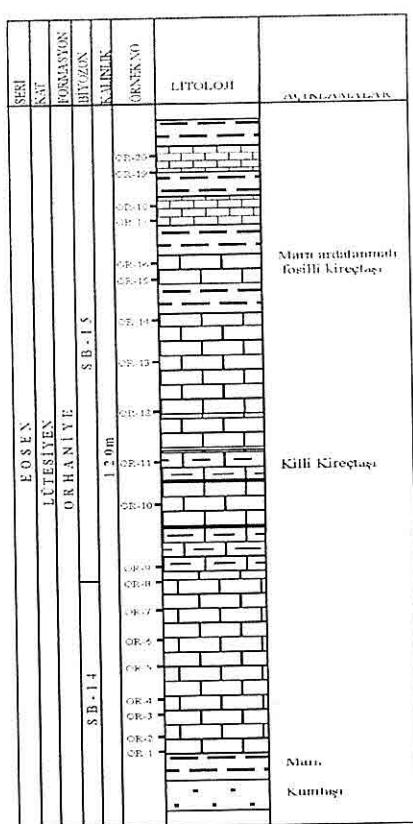
Kesit Bolu H 29 d3 pastasında yer almaktadır. Formasyon içerisindeki

2.3. Biyostratigrafi

İnceleme alanı içerisinde derlenen örneklerde yapılan mikropaleontolojik çalışmalarda bentik foraminiferlerden 8 cins ve 14 tür tanımlanmıştır (bkz. Çizelge 1, Şekil 7). Bu fosil topluluğundan üç adet sig bentik foraminifer biyozonu ayırtlanmıştır. Bu biyozonların ayrılığında Serra-Kiel vd. (1998a ve 1998b)'nin Tetis Paleosen ve Eosen'i için hazırlamış olduğu sig bentik foraminifer biyozonları esas alınmıştır. Ayrıca, Berggren vd. (1995) tarafından hazırlanan Paleosen-Eosen zaman ölçüği ve sig bentik foraminifer biyozonları (SB) arasında karşılaştırma yapılmıştır.

SB: 14 Biyozonu (orta Lütésyen 1): Bu biyozon: *Alveolina munieri* Hottinger,

BAĞLUM-KAZAN YÖRESİ ORTA EOSEN (LÜTESİYEN) SEDİMANLARININ BENTİK FORAMİNİFER BIYOSTRATİGRAFİSİ VE ORTAMSAL YORUMU



Şekil 6. Orhaniye köyü ölçülü stratigrafi kesiti.

Nummulites beneharnensis de la Harpe, *N. gratus* Schaub, *N. aspermontis* Schaub, *N. hilarionis* Schaub, *N. stephani* Schaub, *N. boussaci* Rozloznik ve *Assilina spira* de Roissy'nin varlığı ile sınırlanmaktadır (Serra-Kiel vd., 1998a). Bu biyozonun alt sınırı Samso vd. (1994) ile Benthan ve Burbank (1996)'a göre yaklaşık olarak P10-P11 sınırına uyum sağlamaktadır. SB 14 biyozonu NP 15'in orta kısmına karşılık gelmektedir (Kapellos ve Schaub, 1973). İnceleme alanında Orhaniye,

| LÜTES YEN | | | YAS |
|---------------------------------------|--------|--------|-----------------------|
| ORTA 1 | ORTA 2 | ORTA 3 | |
| SB14 | SB12 | SB16 | FORAMINIFERLER |
| <i>Alveolina atlantica atlantica</i> | | | |
| <i>Alveolina elliptica natalensis</i> | | | |
| <i>Alveolina cf. callosa</i> | | | <i>Alveolina</i> |
| <i>Alveolina cf. venusta</i> | | | |
| <i>Orbitolites complanatus</i> | | | <i>Orbitolites</i> |
| <i>Fabiania cassis</i> | | | <i>Fabiania</i> |
| <i>Gyroidinella magna</i> | | | <i>Gyroidinella</i> |
| <i>Sphaerogypsina globula</i> | | | <i>Sphaerogypsina</i> |
| <i>Asterigerina rotula</i> | | | <i>Asterigerina</i> |
| <i>Nummulites besaumonti</i> | | | |
| <i>Nummulites millexcaput</i> | | | |
| <i>Nummulites praecaucasicus</i> | | | <i>Nummulites</i> |
| <i>Nummulites atavicus</i> | | | |
| <i>Assilina exponens</i> | | | <i>Assilina</i> |

Şekil 7. İnceleme alanındaki iri bentik foraminiferlerin stratigrafik dağılımı

Dağyaka ve Güvenç Köyler’inde yapılan çalışmalarında *Alveolina elliptica elliptica* Hottinger, *A. elliptica nuttalli* Davies, *A. cf. callosa* Hottinger, *A. cf. tenuis* Hottinger, *Orbitolites complanatus* Lamarck, *Sphaerogypsina globula* (Reuss), *Asterigerina rotula* (Kaufmann) ve *Nummulites praetauricus* Schaub gibi fosil topluluğu tayin edilmiştir (Şekil 5-6-7, Levha 1-2).

SB: 15 Biyozonu (orta Lütesiyen 2): Bu biyozon; *Alveolina prorecta* Hottinger,

Nummulites sordensis Herb ve Schaub, *N. crassus* Boubée, *N. millecaput* Boubée, *N. taveretensis* Reguant ve Clavell, *N. crusafonti* Reguant ve Clavell ve *Orbitoclypeus douvillei chudeoui* (Schlumberger)'in varlığı ile sınırlanmaktadır (Serra-Kiel vd., 1998a).

Bu biyozonun alt sınırı, NP 15'in en üst kısmından başlamakta ve NP 16'nın içine kadar erişmektedir (Kopellos ve Schaub, 1973). Bağlum-Kazan bölgesinde yapılan çalışmada SB 15 biyozonuna karşılık gelen *Alveolina elliptica elliptica* Hottinger, *Orbitolites complanatus* Lamarck, *Fabiania cassis* (Oppenheim), *Gyroidinella magna* le Calvez, *Sphaerogypsina globula* (Reuss), *Asterigerina rotula* (Kaufmann), *Assilina exponens* (Sowerby), *Nummulites beaumonti* d'Archiac ve Haime ve *N. millecaput* Boubée gibi foraminifer türleri bulunmuştur (Şekil 4-5-6, ve 7, Levha 1-2).

SB: 16 Biyozonu (geç Lütesyen): Bu biyozon; *Nummulites herbi* Schaub, *N. deshayesi* d'Archiac ve Haime, *N. praepuschi* Schaub, *N. aturicus* Joly ve Leymerie, *N. carpenteri* d'Archiac ve Haime, *N. puigsecensis* Reguant ve Clavell, *Assilina gigantea* de la Harpe ve *Discocyclina pulchra balatonica* Less'in varlığı ile sınırlanmaktadır (Serra-Kiel vd., 1998a). SB 16 biyozonu NP 16'nın içinde yer almaktadır (Kopellos ve Schaub, 1973). Bölgede yapılan çalışmada SB 16 biyozonuna karşılık gelen *Alveolina elliptica elliptica* Hottinger, *Orbitolites complanatus* Lamarck, *Fabiania cassis* (Oppenheim), *Gyroidinella magna* le

Calvez, *Sphaerogypsina globula* (Reuss), *Assilina exponens* (Sowerby), *Nummulites aturicus* Joly ve Leymerie ve *N. beaumonti* d'Archiac ve Haime gibi bentik foraminifer türleri tayin edilmiştir (Şekil 4 ve 7, Levha 1-2).

3. ORTAMSAL YORUM

Bölgesel olarak, havzadaki Eosen (Lütesyen) yaşılı birimler çalışma alanında Bağlum-Kazan arasında yüzeylemektedir. Orhaniye Köyü, Dağyaka Köyü ve Güvenç Köyü kesitlerinde genelde tabanda kireçtaşları litolojisinin hakim olduğu ve üste doğru yer yer kumlu killi kireçtaşları şeklinde devam ettiği izlenmektedir.

Tabandaki kireçtaşları içerisinde iri bentik foraminiferlerden alveolinidler ve ayırmış kumlu-killi kireçtaşları içerisinde ise bol miktarda nummulit türleri bulunmaktadır. Orta-geç Lütesyen yaş aralığı için karakteristik olan bu bentik foraminiferlere göre, Orhaniye formasyonu'nun taban kısmının içerdiği alveolinidlerin bolluğu genel olarak resifal ortamda "Normal Tuzlulukta Sınırlı Şelf'i" belirtmektedir. Bu fasiyese ait sedimanlar düşük ortamsal enerjiyi gösterir ve alveolinid kavşıkları mikritik sedimanlar içerisinde hafif akıntılar ile yoğunlaştırılmış ve taşınmışlardır (Hottinger, 1960; Romero vd., 2002; Cosovic vd., 2004).

Diğer taraftan; inceleme alanındaki kesitlerin üst kısımlarına doğru ayırmış kumlu-killi kireçtaşlarında ki nummulit

BAĞLUM-KAZAN YÖRESİ ORTA EOSEN (LÜTESİYEN) SEDİMANLARININ BENTİK FORAMİNİFER BİYOSTRATİGRAFİSİ VE ORTAMSAL YORUMU

grubu içerisinde bulunan fosiller resifal ortamda ‘‘Açık Deniz İç Şelf’’ fasiyesinin varlığına işaret etmektedir. Bu fasiyeste yer alan sıg platformdaki sedimanlarda genellikle merceksi-yassılaşmış ve büyük boy foraminiferler ile küçük bentik foraminiferlerin zengin bir topluluğuna rastlanmaktadır (Hottinger, 1960; Romero vd., 2002).

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Bağlum-Kazan (KB Ankara) bölgesinde yüzlek veren Orhaniye formasyonunda *Alveolina elliptica elliptica* Hottinger, *A. elliptica nuttalli* Davies, *A. cf. callosa* Hottinger, *A. cf. tenuis* Hottinger, *Orbitolites complanatus* Lamarck, *Sphaerogypsina globula* (Reuss), *Asterigerina rotula* (Kaufmann), *Assilina exponens* (Sowerby), *Nummulites beaumonti* d'Archiac & Haime, *N. millecaput* Boubée ve *N. praeaturicus* Schaub gibi orta Lütesiyen'i; *Alveolina elliptica elliptica* Hottinger, *Orbitolites complanatus* Lamarck, *Fabiania cassis* (Oppenheim), *Gyroidinella magna* le Calvez, *Sphaerogypsina globula* (Reuss), *Assilina exponens* (Sowerby), *Nummulites aturicus* Joly & Leymerie ve *N. beaumonti* d'Archiac ve Haime gibi geç Lütesiyen'i karakterize eden bentik foraminiferler tanımlanmıştır. Belirlenen bu bentik foraminiferlere dayanarak orta Lütesiyen için SB 14 ve SB 15 biyozonları, geç Lütesiyen içinde ise SB 16 biyozonu ayrılmıştır. İnceleme alanında yapılan çalışmalar sonucunda resifal ortamda çökelen kayaçların fosil içeriği ve litolojik

ozelliği dikkate alındığında taban kısmındaki karbonatlı kayaçların ‘‘Normal Tuzlulukta Sınırlı Şelf’’ fasiyesinde, üst kısımlardaki kumlu-killi kireçtaşları litolojisinde olanların ise ‘‘Açık Deniz İç Şelf’’ fasiyesinde çökeldiği söylenebilir.

5. KATKI BELİRTME

Yazarlar; araştırmaya destek veren Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi Başkanlığı'na, laboratuvar olanaklarını sağlayan aynı üniversitenin Jeoloji Mühendisliği Bölümü Başkanlığı'na ve katkılarından dolayı Şükrü ACAR (MTA) ve Mehmet DURU (MTA)'ya teşekkür ederler.

6. KAYNAKLAR

Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağer, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y., 1984. Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının temel jeoloji özellikleri. Jeoloji Mühendisleri Dergisi, 20, 31-46.

Bentham, P., and Burbank, D. W., 1996. Chronology of Eocene foreland basin evolution along the western oblique margin of the south Central Pyrenees. In: P. F. Friend and C. J., Dabrio, (eds.),, Tertiary Basin of Spain, Cambridge University Press, Chapter E 11, 144-152.

Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C., and Aubry M. P., 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In: W. A. Berggren, D. V. Kent, and C. J. Dabrio, (eds.),, Tertiary Basin of Spain, Cambridge University Press, Chapter E, 11, 144-152.

**ÇAMLİYAYLA (KD MERSİN) GÜNEYİNİN JEOLOJİSİ VE GÜZELLER
FORMASYONUNUN TANIMINA KATKILAR**

Ayhan BAŞALAN, Nurdan İNAN, Hayati KOÇ, Kemal TASLI ve Selim İNAN
Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mersin/Türkiye

ÖZET : Çamlıyayla (KD Mersin) güneyinde toplam 30 km^2 'lik bir alanda gerçekleştirilen bu çalışmada, Jura-Erken Senoniyen yaşı Cehennemdere formasyonu, Maastrichtyen yaşı Fındıkpinarı karışığı, Erken Eosen yaşı Güzeller formasyonu, Erken-Orta Miyosen yaşı Kaplankaya formasyonu ve Erken-Orta Miyosen yaşı Karaisahı formasyonu olmak üzere 5 lithostratigrafik birim belirlenmiştir. Bunlardan, Güzeller formasyonu ayrıntılı olarak çalışılmış ve standartlara göre tanımlanmıştır. Formasyonu temsil eden tip ve yardımcı kesitler belirlenmiş ve 3 adet ölçülu stratigrafi kesiti alınmıştır. Formasyon, tabanda kalın bir konglomera seviyesi ile başlamakta, üst düzeylerde kumlu kilittaşları, yer yer yumrulu, bol fosilli killi kireçtaşları, masif kireçtaşları ve bol fosilli kireçtaşları ile son bulan transgresif bir istif sunmaktadır. Formasyonun kireçtaşlarında, SBZ 5'den SBZ 11'e kadar 7 sıç bentik biyozon tespit edilmiştir. Bu foraminifer biyozonlarına göre formasyon Erken İlerdiyen-Orta Küviziyen yaşı olup, açık şelften-sınırlı şelfe değişen bir ortamda çökelmıştır.

**GEOLOGY OF THE SOUTHERN PART OF ÇAMLİYAYLA (NE MERSİN)
AND CONTRIBUTIONS ON DESCRIPTION OF THE GÜZELLER
FORMATION**

ABSTRACT : Five lithostratigraphic units; the Jurassic-Lower Senonian Cehennemdere formation, Maastrichtian Fındıkpinarı complex, Lower Eocene Güzeller formation, Lower-Middle Miocene Kaplankaya formation and Lower-Middle Miocene Karaisahı formation have been delineated in this study. The study area, is located in the southern part of the Çamlıyayla (NE Mersin) and covers a total of 30 km^2 area. Among these units, the Güzeller formation is studied in detail and described based on the standards. The type and reference section localities of this formation were determined and three stratigraphic sections were measured. This formation begins with a thick conglomerate level and continues with sandy claystone, locally nodular, abundant fossiliferous clayey limestone, massive limestone, and ends with dominantly fossiliferous limestone, and reveals characteristics of a transgressive sequence. Seven shallow benthic biozones such as SBZ 5 to SBZ 11 are defined in the limestones. This formation was deposited in environments varying from the open shelf to restricted shelf during the Early İlerdian-Middle Cuisian, based on the foraminiferal biozones.

1. GİRİŞ

Çalışma alanı, Mersin ilinin kuzeydoğusunda bulunan Çamlıayyla ilçesi güneyinde yer almaktır (Şekil 1a), 1/25.000 ölçekli Adana N32-d1 ve d2 pastaları içerisinde $37^{\circ}10'10''$ - $37^{\circ}08'02''$ kuzey enlemleri ile $34^{\circ}36'35''$ - $34^{\circ}39'48''$ doğu boylamlarının sınırladığı 30 km²'lik bir alanı kaplamaktadır (Şekil 1b).

Bölge, değişik amaçlı bir çok jeolojik çalışmanın konusu olmuştur. Bunlardan Demirtaşlı, 1973; Özgül 1976; Demirtaşlı ve diğ., 1984; Pampal, 1984; Yetiş ve Demirkol, 1986; İşler, 1989/1990 ile Ünlügenç ve diğ., 1990 bölgenin genel jeolojisini, İlker, 1975; Gül ve diğ., 1984 bölgenin petrol potansiyelini; Nazik, 1990 ve Avşar, 1992 bölgenin stratigrafik özelliklerini; Şafak 1998, bölgenin ostracod topluluğunu incelemiştir.

Bu çalışmanın amacı; Çamlıayyla (KD Mersin) ilçesi güneyinin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasının hazırlanması ve alanda iyi tabakalanmalı geniş yüzleklere veren Güzeller formasyonu'nun tanımına katkı koymaktır.

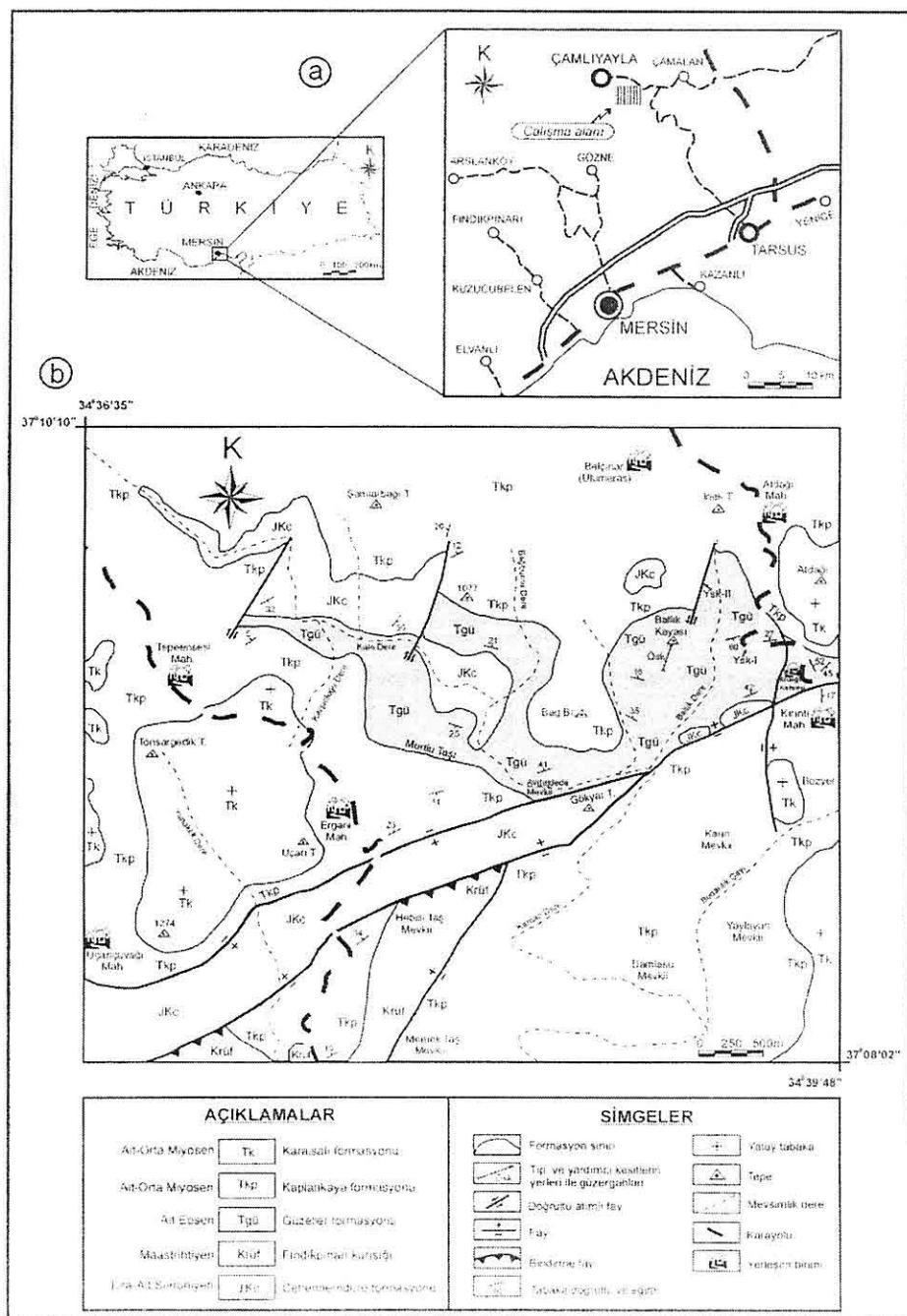
Bu amaçla, çalışmanın ana konusunu oluşturan Güzeller formasyonu'ndan biri tip kesitinden, ikisi formasyonun alt ve üst sınırlarından yardımcı kesitler olmak üzere toplam 3 stratigrafi kesiti ölçülmüştür. Çalışma alanında yüzlek veren diğer birimlerden 42 nokta, Güzeller formasyonu'ndan 30 nokta ve 34 seri olmak üzere toplam 106 örneğin ince kesitleri üzerinde çalışılmıştır. Güzeller formasyonu'ndan alınan örneklerin bentik foraminifer içeriği sıg bentik zonasyon - SBZ (Serra-Kiel ve diğ..1998) olarak kodlanmıştır.

116

2. STRATİGRAFİ

Çalışma alanında, Jura-Orta Miyosen zaman aralığında çökelsiz 5 farklı birim yüzeylemektedir (Şekil 1b). Tabanda, dolomit-dolomitik kireçtaşısı-kireçtaşısı ardalanmasından oluşan Jura-Erken Senonyen yaşlı Cehennemdere formasyonu (Demirtaşlı ve diğ., 1984) yer almaktır olup çalışma alanında formasyonun sadece üst seviyeleri yüzlek vermektedir. Alınan örneklerde Apsiyen yaşı veren *Praechrysalidina infracretacea* (LUPERTO-SINNI), *Voloshionides murgensis* (LUPERTO-SINNI ve MASSE) ve Erken Senonyen'e işaret eden *Rotorbinella scarsellai* TORRE ve *Anomalina* sp. bentik foraminifer türleri tespit edilmiştir (Levh 1, Şekil 1-4). Fındıkpinarı karışığı, Cehennemdere formasyonu'nu tektonik dokanakla üzerler. Bu karışık, ofiyolitik seri, ofiyolitik melanj ve Permiyen-Jura-Kretase yaşlı kireçtaşısı blokları içermekte olup, bölgeye yerleşme yaşı Maastrichtyen olarak gösterilmiştir (İşler, 1989/1990). Karışıkta bulunan kireçtaşısı bloklarından alınan örneklerde Permiyen yaşı veren, *Fusulina* sp., *Paleofusulina* sp. ve *Globivalvulina* sp. bentik foraminifer türleri tespit edilmiştir (Levh 1, Şekil 5-7). Fındıkpinarı karışığı'nın üzerine uyumsuzlukla kalın konglomera, kumtaşı, kilitaşı, killi kireçtaşısı, masif kireçtaşısı ve kireçtaşlarından oluşan Erken Eosen yaşlı Güzeller formasyonu (Demirtaşlı, 1973) gelmektedir. Güzeller formasyonu'nun üzerinde açısal uyumsuzlukla, konglomera, çakılı kumtaşı, kumlu kilitaşı ve marn litolojisinden oluşan Erken -Orta

ÇAMLIYAYLA (KD MERSİN) GÜNEYİNİN JEOLOJİSİ VE GÜZELLER FORMASYONUNUN TANIMINA KATKILAR



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru (a) ve jeoloji haritaları (b).

LEVHA 1

Şekil 1. *Praechrysalidina infracretacea* (LUPERTO-SINNI). Boyuna kesit,
Örnek no. 54.

Şekil 2. *Voloshionides murgensis* (LUPERTO-SINNI ve MASSE). Boyuna kesit,
Örnek no. 54.

Şekil 3. *Anomalina* sp., Eksenel kesit, Örnek no. 54.

Şekil 4. *Anomalina* sp., Ekvatoryal kesit, Örnek no. 54.

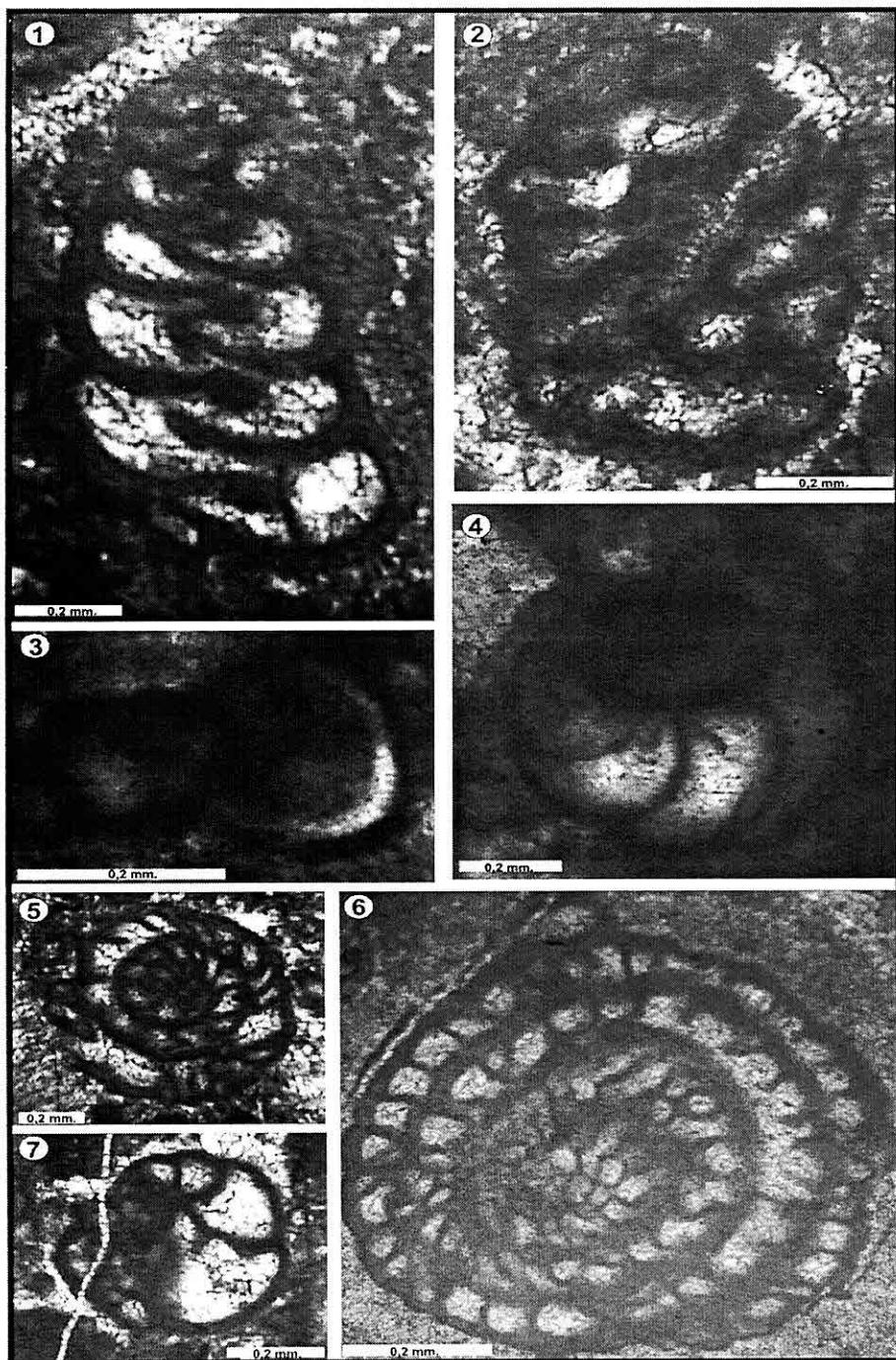
Şekil 5. *Paleofusulina* sp., Ekvatoryal kesit, Örnek no. 57.

Şekil 6. *Fusulina* sp., Ekvatoryal kesit, Örnek no. 5.

Şekil 7. *Globivalvulina* sp., Ekvatoryal kesit, Örnek no. 57.

ÇAMLIYAYLA (KD MERSİN) GÜNEYİNİN JEOLOJİSİ VE GÜZELLER
FORMASYONUNUN TANIMINA KATKILAR

LEVHA 1



Miyosen yaşı Kaplankaya formasyonu (Yetiş ve Demirkol, 1986) bulunmaktadır. Çalışma alanındaki tüm birimlerin üzerinde açısal uyumsuzlukla Erken-Orta Miyosen yaşı Karaisalı formasyonu (İlker, 1975) bulunmaktadır. Karaisalı formasyonu bazı alanlarda Kaplankaya formasyonu ile yanal-düşey geçişler sunmakta olup, konglomera ve resifal kireçtaşlı litolojileriyle temsil edilmektedir (Şekil 2).

3. GÜZELLER FORMASYONU

Güzeller formasyonu Orta Toroslar'ın farklı bölgelerinde her zaman sınırlı yüzlekler vermekle birlikte, tüm Orta Troslar'da sürekli olarak da izlenmektedir. Bu formasyon, çalışma alanında da sınırlı yüzlekler sunmaktadır. Ancak, bu yüzleklerin formasyonunun birim ve sınır stratigrafi kesitlerini almaya uygun olması, formasyonun önceki çalışmalarda yapılan eksik tanımının; tip ve yardımcı kesitler, bunların başlangıç ve bitiş koordinatları, fosil içeriği ve bunlara göre verilen yaş bakımından Türkiye Stratigrafi Komitesi (1986) adlama kuralları standartlarına uygun hale getirilmesine olanak sağlamaktadır.

3.1. Birimin Adı

Güzeller formasyonu adı, ilk kez Demirtaşlı (1973) tarafından, Ayrancı'nın (Niğde) 20 km güneyindeki Güzeller köyü civarında yüzlek veren birimler için kullanılmıştır. Bu çalışmanın yapıldığı aynı alanda Gül ve dig., 1984 çalışmasında da birimin adı Güzeller formasyonu olarak değiştirilmeden

kullanılmıştır. Avşar (1992) da, aynı litolojileri formasyon adı kullanmadan, foraminiferleri bakımından çalışmıştır.

3.2. Tip Yeri

Güzeller formasyonu çalışma alanında, doğuda Atdağı, kuzeyde Ballık Kayası, Bağ Burnu ve 1077 yükseltisi, güneyde Gökyar Tepe ve Murtlu Taşı, batıda da Tepeenesesi mahallesinin sınırladığı, 1/25.000 ölçekli Adana N32 d2 pastasında yaklaşık 4,5 km²,lik bir alanda D-B uzanımlı olarak sınırlı yüzlekler vermektedir (Şekil 1b).

3.3. Tip Kesiti

Çalışma alanında Güzeller formasyonu'nu en iyi temsil eden istif, Gül ve dig., 1984 çalışmasında da belirtildiği gibi, Ballık Kayasının doğu yamacında yüzeylemekte olup, buradan bir adet ölçülü kesit, birimi temsil eden tip kesit olarak alınmıştır. Tip kesit olarak seçilen Ballık Kayası ölçülü stratigrafi kesitinin başlangıç noktasının koordinatları, 37° 09' 08" kuzey enlemleri ve 34° 39' 38" doğu boyamları, bitiş noktasının koordinatları ise 37° 09' 19" kuzey enlemleri ve 34° 39' 43" doğu boyamlarıdır. Kesit güzergahı K20°D doğrultusunda yaklaşık 200 metre devam etmektedir (Şekil 1b, Şekil 3).

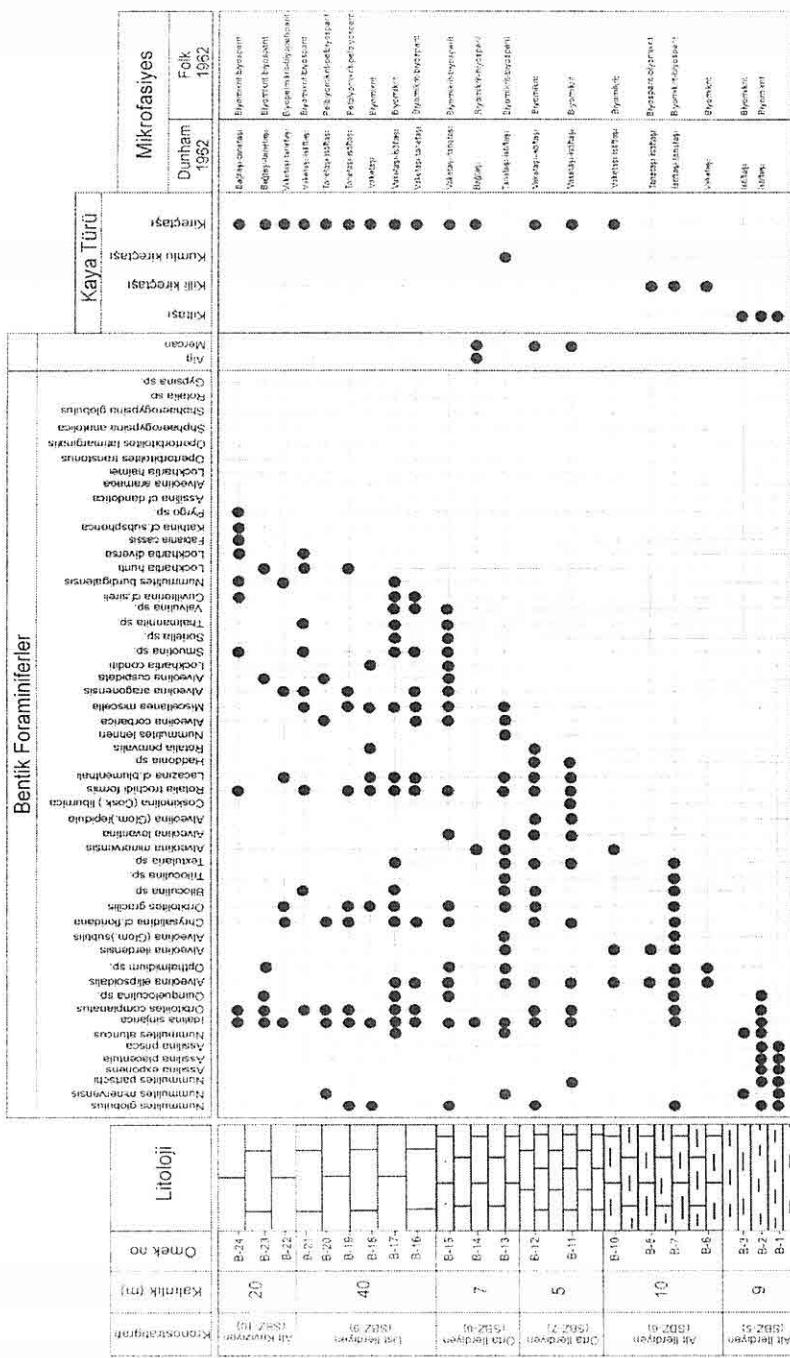
3.4. Yardımcı Kesitler

Güzeller formasyonunun altında yer alan, Jura- Erken Senonyien yaşı Cehennemdere formasyonu ile olan taban sınırını temsil eden Atdağı ölçülü stratigrafi kesitinin başlangıç noktasının

ÇAMLIYAYLA (KD MERSİN) GÜNEYİNİN JEOLOJİSİ VE GÜZELLER FORMASYONUNUN TANIMINA KATKILAR

| MESOZOYIK | | SENOZOYIK | | ÜST SİSTEM | | AÇIKLAMALAR | |
|--------------|--------------------------|-----------------|---------------|-------------------------------|--------------------|---|----------|
| JURA | KRETASE | ÜST | ALT | TERSIYER | SİSTEM | SİSERİ | KAT |
| ? ALT | ? | Alt Senonyen | Maastrichtyen | Alt İeridyen - Orta Küviziyen | Alt - Orta Miyosen | Kalın tabakalı,masif,resifal kireçtaşları Yanal ve düşey dokanak | |
| Cehennemdere | Fındıkpinarı Karışığı | Güzeller | Kaplankaya | FORMASYON VE LİTODEM | KALINLIK (m) | Çakıltaşları,killi kireçtaşları,killi kumtaşı,marn fosili kireçlesi ardalanması | |
| 750-1000 | ? | 224 | Tgü | Tkp | Tk | Açısal Uyumsuzluk Açık gri renkli, üst düzeyi bol Nummulites fosili kireçtaşları Yer yer dağılgan seviyeler içeren,fosilli erime boşluklu,masif kireçtaşları | |
| JKc | Krif | | SİMGE | | | Bol fosilli,kalın tabakalı,yer yer kumtaşı seviyeli, killi kireçtaşları | |
| | | | | | | Sert ve gevşek seviyeli,bol fosilli kilittaşları | |
| | | | | | | Gevsek kumtaşları Karbonat çimentolu polijenik konlomeralar | |
| | | | | | | Masif konglomeralar Karbonat çimentolu polijenik konlomeralar | |
| | | | | | | Uyumsuzluk Ofiyolitik kaya parçaları,derin deniz sedimanları, Permien-Triyas-Jura-Kretase yaşılı kireçlaşı blokları içeren karışık | |
| | | | | | | → Tektonik Dokanak Orta-kalın tabakalı kireçtaşları | |
| | | | | | | Kalın tabakalı dolomitik kireçtaşları | |
| | | | | | | Kalın tabakalı kireçtaşları | |
| | | | | | | Kalın tabakalı dolomitler | Ölçeksiz |

Şekil 2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti.



Şekil 3. Güzeller formasyonu tip kesiti: Ballık kayası ölçüleri stratigrafî kesiti.

koordinatları, $37^{\circ} 09' 20''$ kuzey enlemleri ve $34^{\circ} 39' 30''$ doğu boyamları, bitiş noktasının koordinatları ise $37^{\circ} 09' 21''$ kuzey enlemleri $34^{\circ} 39' 32''$ doğu boyamlarıdır. Bu kesit, K25°D doğrultusunda 10 metre devam etmektedir (Şekil 1b, Şekil 4a).

Güzeller formasyonunun üstünde yer alan Erken-Orta Miyosen yaşı Kaplankaya formasyonu ile olan tavan sınırını temsil eden Bozöküz Burnu ölçülü stratigrafi kesitin başlangıç noktasının koordinatları, $37^{\circ} 09' 37''$ kuzey enlemleri ve $34^{\circ} 39' 23''$ doğu boyamları, bitiş noktasının koordinatları ise $37^{\circ} 09' 41''$ kuzey enlemleri ve $34^{\circ} 39' 21''$ doğu boyamlarıdır. Bu kesit, K70°B doğrultusunda 20 metre devam etmektedir (Şekil 1b, Şekil 4b).

3.5. Litoloji

Güzeller formasyonu, tabanda kalın, kırmızı-pembe renkli konglomera, gri renkli konglomera ve sert, pembe-beyaz renkli konglomera ardalanması ile başlamaktadır. Bu kalın konglomeraların üzerinde krem renkli, gevşek, kumtaşı ara seviyeli, bol Assilina ve Nummulites iri bentik foraminifer türlerini içeren kumlu kilitaşları, bu seviyenin üzerinde kalın tabaklı, yine Alveolina ve Nummulites gibi iri bentik foraminifer türlerini içeren killi kireçtaşları bulunmaktadır. Formasyonun tavanına doğru, sarı-bej renkli, tabakasız, masif, yer yer yumrulu, bol kırık ve çatlaklı, erime boşluklu, çıplak gözle görülebilen iri bentik foraminifer türlerini içeren masif kireçtaşları gelmektedir. Formasyon, dış

yüzeyi açık gri-bej renkli, sert, üst seviyeleri bol, iri Nummulites'li kireçtaşları ile sonlanmaktadır (Şekil 5).

Litolojilerin tabaka kalınlıkları çok değişken olup, 10 cm-30 m arasında değişmektektir. Tabaka durumları KB-GD doğrultulu ve genellikle 15° - 30° KD'ya eğimlidir.

3.6. Kalınlık

Formasyonun kalınlığı, jakop çubuğu kullanılarak, toplam 224 metre ölçülmüştür (Şekil 5).

3.7. Alt ve Üst Sınırlar

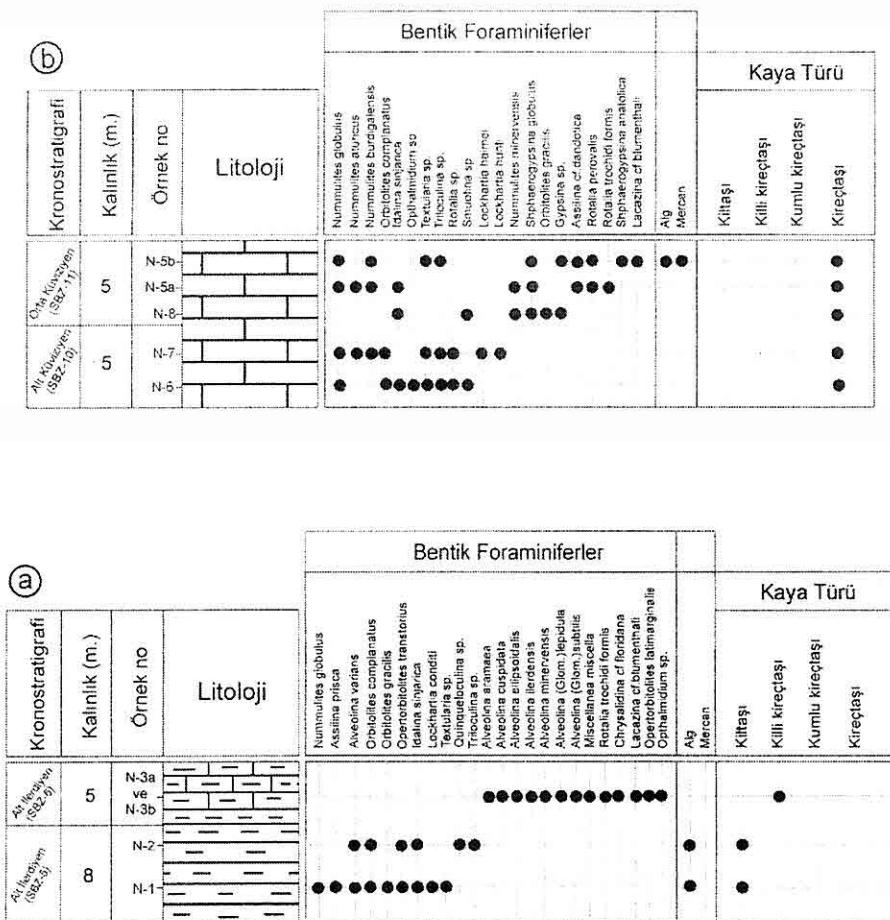
Güzeller formasyonu, Jura-Erken Senonyen yaşı Cehennemdere formasyonu üzerinde, açısal uyumsuz olarak bulunmaktadır. Çalışma alanının orta kesimlerde ve kuzeyinde Güzeller formasyonu üzerinde Erken -Orta Miyosen yaşı Kaplankaya formasyonu, açısal uyumsuz olarak yer almaktadır (Şekil 5).

3.8. Yanal Sınırlar

Güzeller formasyonu, çalışma alanının batısında ve güneyinde Erken-Orta Miyosen yaşı Kaplankaya formasyonu ile faylı dokanakla sınırlanmakta, alanın kuzeyinde ve doğusunda ise, yine Kaplankaya formasyonu Güzeller formasyonu'nun üzerini açısal uyumsuzlukla überlemekte ve bu nedenle de formasyonun yanal devamlılığı izlenmemektedir (Şekil 1b).

3.9. Fosil Topluluğu

Güzeller formasyonu'ndan alınan nokta

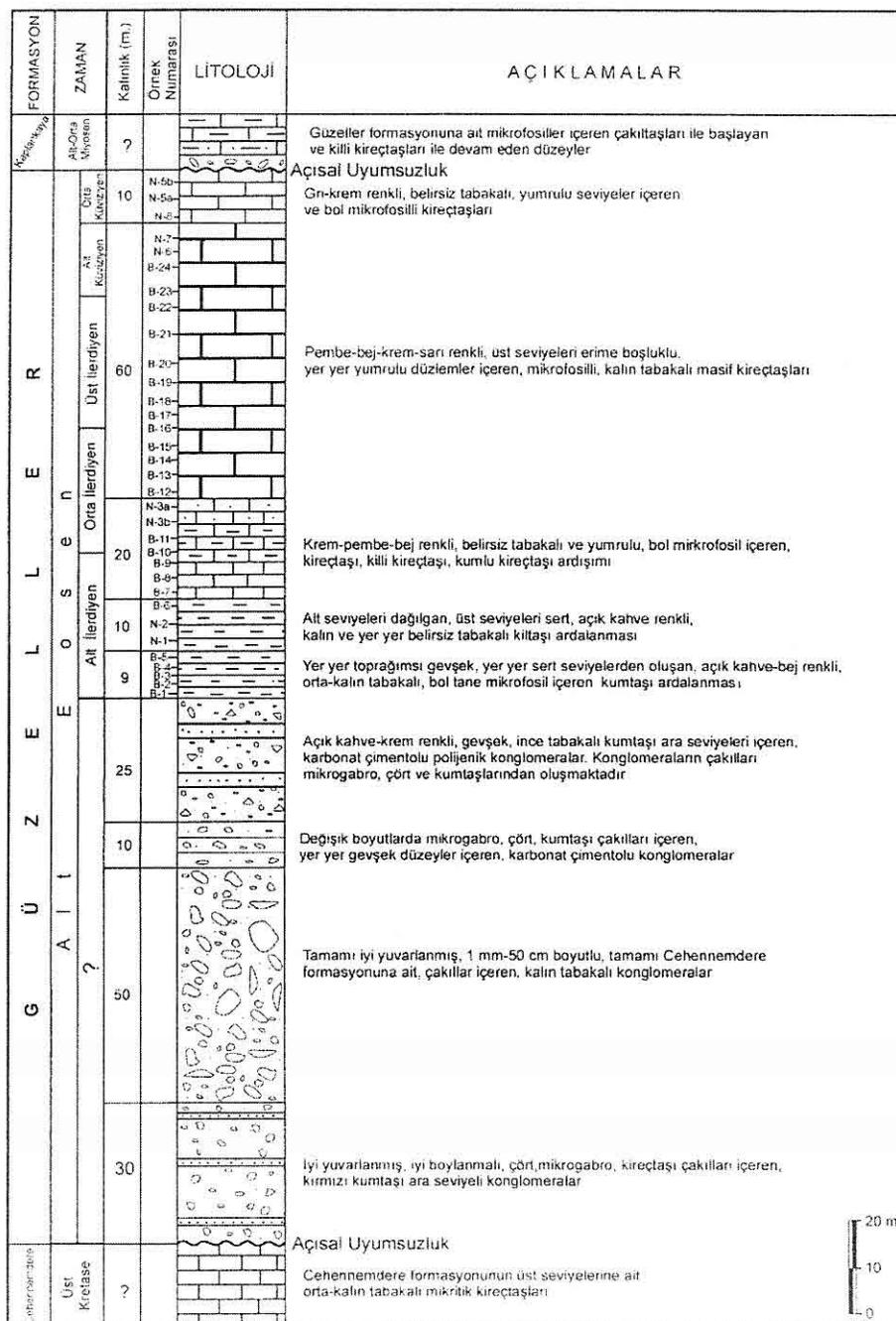


Şekil 4. Güzeller formasyonu yardımcı kesitleri: (a) Güzeller formasyonu'nun Jura-Alt Senonyen yaşlı Cehennemdere formasyonu ile olan alt sınırından alınan taban kesiti : Atdağı Ölçülü Stratigrafi Kesiti, (b) Güzeller formasyonunun Alt Orta Miyosen yaşlı Kaplankaya formasyonu ile olan üst sınırından alınan tavan kesiti : Bozöküz Burnu Ölçülü Stratigrafi Kesiti.

ve seri örneklerin mikroskopik incelemesi sonucunda; elde edilen bentik foraminifer sonuçları SBZ (Sığ Bentik Zonasyon) olarak kodlanmış ve tabanda SBZ 5'den, tavanda SBZ 11'e kadar, formasyonu temsil eden 7 biyozon tespit edilmiştir.

Alt İlerdiyen-1'de (SBZ 5); *Assilina exponens* (SOWERBY), *Assilina placentula* (DESHAYES) (Levha 2, Şekil 2), *Assilina prisca* (SCHAUB) (Levha 2, Şekil 1), *Nummulites aturicus* (JOLY ve LEYMERIE), *Nummulites globulus*

ÇAMLIYAYLA (KD MERSİN) GÜNEYİNİN JEOLOJİSİ VE GÜZELLER FORMASYONUNUN TANIMINA KATKILAR

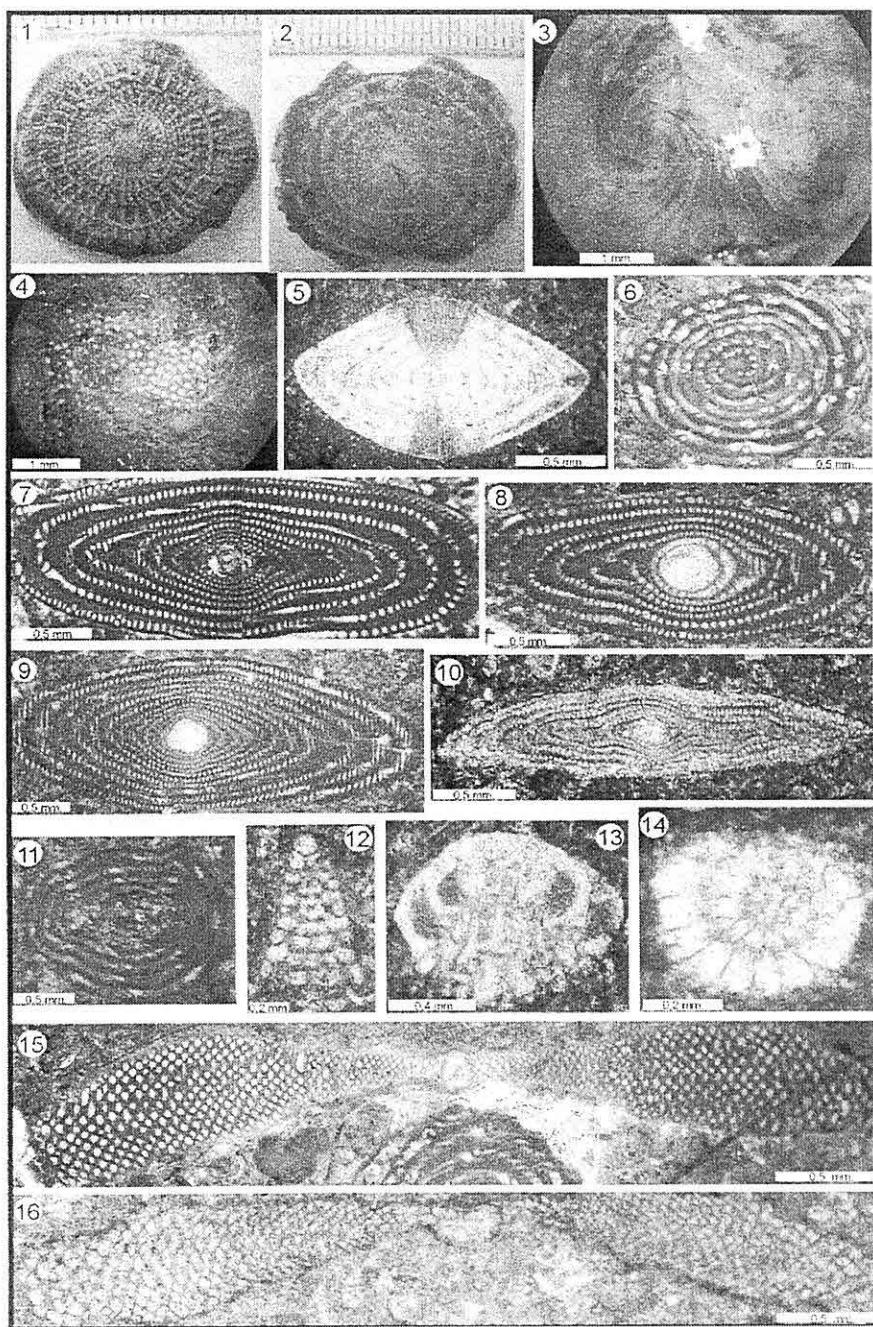


Şekil 5. Güzeller formasyonu'nun birleşik ölçülü stratigrafi kesiti.

- Şekil 1.** *Assilina prisca* (SCHAUB). Dış görünüm, Örnek no. B-4.
- Şekil 2.** *Assilina placentula* (DESHAYES). Dış görünüm, Örnek no. B-1.
- Şekil 3.** *Nummulites minervensis* (SCHAUB). Dış görünüm, Örnek no. B-1.
- Şekil 4.** *Nummulites burdigalensis* (DE LA HARPE). Dış görünüm, Örnek no. B-4.
- Şekil 5.** *Nummulites globulus* (LEYMERIE). Eksenel kesit, Örnek no. 24.
- Şekil 6.** *Alveolina corbarica* (HOTTINGER). Ekvatoryal kesit, Örnek no. B-13.
- Şekil 7.** *Alveolina ilerdensis* (HOTTINGER). Eksenel kesit, Örnek no. N-3b.
- Şekil 8.** *Alveolina cuspidata* (DROBNE). Eksenel kesit, Örnek no. 22.
- Şekil 9.** *Alveolina corbarica* (HOTTINGER). Eksenel kesit, Örnek no. B-10.
- Şekil 10.** *Alveolina aragonensis* (HOTTINGER). Eksenel kesit, Örnek no. B-15.
- Şekil 11.** *Lacazina cf. blumenthali* (REICHAL ve SIGAL). Ekvatoryal kesit, Örnek no. B-16.
- Şekil 12.** *Coskinolina (Coskinolina) liburnica* (STACHE). Boyuna kesit, Örnek no. 27
- Şekil 13.** *Lockhartia conditi* (NUTTALL). Eksenel kesit, Örnek no. B-15.
- Şekil 14.** *Cuvillierina cf. sireli* (İNAN). Ekvatoryal kesit, Örnek no. B-11.
- Şekil 15.** *Orbitolites complanatus* (LAMARCK). Eksenel kesit, Örnek no. B-7.
- Şekil 16.** *Opertorbitolites latimarginalis* (LEHMANN). Eksenel kesit, Örnek no. 33.

ÇAMLIYAYLA (KD MERSİN) GÜNEYİNİN JEOLOJİSİ VE GÜZELLER
FORMASYONUNUN TANIMINA KATKILAR

LEVHA 2



(LEYMERIE), *Nummulites minervensis* (SCHAUB) (Levha 2, Şekil 3), *Nummulites partschi* (DE LA HARPE), *Opertorbitolites latimarginalis* (LEHMANN) (Levha 2, Şekil 16), *Opertorbitolites transitorius* (HOTTINGER), *Orbitolites complanatus* (LAMARCK) (Levha 2, Şekil 15), *Orbitolites gracilis* (LEHMANN), *Alveolina minervensis* (HOTTINGER), *Alveolina varians* (HOTTINGER), *Idalina sinjarica* (GRIMSDALE), *Lockhartia conditi* (NUTTALL) (Levha 2, Şekil 13).

Alt İlerdiyen-2'de (SBZ 6); *Alveolina aramaea* (HOTTINGER), *Alveolina cuspidata* (DROBNE) (Levha 2, Şekil 8), *Alveolina ellipsoidalis* (SCHWAGER), *Alveolina ilerdensis* (HOTTINGER) (Levha 2, Şekil 7), *Alveolina minervensis* (HOTTINGER), *Alveolina (Glomalveolina) subtilis* (HOTTINGER), *Alveolina (Glomalveolina) lepidula* (SCHWAGER), *Orbitolites complanatus* (LAMARCK), *Orbitolites gracilis* (LEHMANN), *Idalina sinjarica* (GRIMSDALE), *Nummulites globulus* (LEYMERIE), *Opertorbitolites latimarginalis* (LEHMANN) (Levha 2, Şekil 16), *Rotalia trochidiformis* (LAMARCK), *Chrysalidina cf. floridana* (COLE), *Lacazina cf. blumenthali* (REICHEL ve SIGAL) (Levha 2, Şekil 11),

Orta İlerdiyen-1'de (SBZ 7); *Alveolina ellipsoidalis* (SCHWAGER), *Alveolina levantina* (HOTTINGER), *Alveolina (Glomalveolina) lepidula* (SCHWAGER), *Orbitolites complanatus* (LAMARCK), *Orbitolites gracilis* (LEHMANN),

Nummulites globulus (LEYMERIE) (Levha 3, Şekil 1), *Nummulites partschi* (DE LA HARPE), *Idalina sinjarica* (GRIMSDALE), *Rotalia trochidiformis* (LAMARCK), *Rotalia perovalis* (TERQUEM), *Chrysalidina cf. floridana* (COLE), *Lacazina cf. blumenthali* (REICHEL ve SIGAL), *Coskinolina (Coskinolina) liburnica* (STACHE) (Levha 2, Şekil 12), *Quinqueloculina* sp. (Levha 3, Şekil 9).

Orta İlerdiyen-2'de (SBZ 8); *Alveolina aragonensis* (HOTTINGER) (Levha 2, Şekil 10), *Alveolina corbarica* (HOTTINGER) (Levha 2, Şekil 9), *Alveolina cuspidata* (DROBNE) (Levha 2, Şekil 8), *Alveolina ellipsoidalis* (SCHWAGER), *Alveolina ilerdensis* (HOTTINGER) (Levha 2, Şekil 7), *Alveolina levantina* (HOTTINGER), *Nummulites aturicus* (JOLY ve LEYMERIE), *Nummulites globulus* (LEYMERIE), *Nummulites lehneri* (SCHAUB), *Nummulites minervensis* (SCHAUB) (Levha 3, Şekil 2), *Orbitolites complanatus* (LAMARCK) (Levha 2, Şekil 15), *Orbitolites gracilis* (LEHMANN), *Lockhartia conditi* (NUTTALL) (Levha 2, Şekil 13), *Lockhartia diversa* (NUTTALL), *Asterigerina rotula* (KAUFMANN), *Idalina sinjarica* (GRIMSDALE), *Miscellanea miscella* (RAHAGHI), *Rotalia trochidiformis* (LAMARCK), *Chrysalidina cf. floridana* (COLE), *Cuvillierina cf. sireli* (İNAN) (Levha 2, Şekil 14), *Lacazina cf. blumenthali* (REICHEL ve SIGAL) (Levha 2, Şekil 11).

ÇAMLİYAYLA (KD MERSİN) GÜNEYİNİN JEOLOJİSİ VE GÜZELLER FORMASYONUNUN TANIMINA KATKILAR

Üst İlerdiyen'de (SBZ 9); *Alveolina aragonensis* (HOTTINGER) (Levha 3, Şekil 8), *Alveolina corbarica* (HOTTINGER) (Levha 2, Şekil 6), *Alveolina cuspidata* (DROBNE), *Alveolina ellipsoidalis* (SCHWAGER), *Alveolina minervensis* (HOTTINGER), *Nummulites aturicus* (JOLY ve LEYMERIE), *Nummulites burdigalensis* (DE LA HARPE) (Levha 2, Şekil 4; Levha 3, Şekil 4)), *Nummulites globulus* (LEYMERIE) (Levha 2, Şekil 5), *Nummulites minervensis* (SCHAUB), *Lockhartia conditi* (NUTTALL), *Lockhartia hunti* (OVEY), *Rotalia perovalis* (TERQUEM), *Rotalia trochidiformis* (LAMARCK), *Idalina sinjarica* (GRIMSDALE), *Miscellanea miscella* (RAHAGHI), *Chrysalidina cf. floridana* (COLE), *Cuvillierina cf. sireli* (İNAN), *Lacazina cf. blumenthalii* (REICHEL ve SIGAL), *Textularia* sp. (Levha 3, Şekil 7),

Alt Küviziyyen'de (SBZ 10); *Nummulites aturicus* (JOLY ve LEYMERIE), *Nummulites burdigalensis* (DE LA HARPE), *Nummulites globulus* (LEYMERIE), *Nummulites minervensis* (SCHAUB), *Alveolina aragonensis* (HOTTINGER), *Alveolina cuspidata* (DROBNE), *Lockhartia diversa* (NUTTALL), *Lockhartia haimei* (DAVIES), *Lockhartia hunti* (OVEY), *Orbitolites complanatus* (LAMARCK), *Orbitolites gracilis* (LEHMANN), *Asterigerina rotula* (KAUFMANN), *Idalina sinjarica* (GRIMSDALE), *Rotalia trochidiformis* (LAMARCK) (Levha 3, Şekil 6). *Chrysalidina cf. floridana* COLE.

Cuvillierina cf. sireli (İNAN) (Levha 2, Şekil 14), *Kathina cf. subsphaerica* (SİREL), *Lacazina cf. blumenthalii* (REICHEL ve SIGAL) (Levha 2, Şekil 11), *Fabiania cassis* (OPPENHEIM) (Levha 3, Şekil 5),

Orta Küviziyyen'de (SBZ 11); *Nummulites aturicus* (JOLY ve LEYMERIE), *Nummulites burdigalensis* (DE LA HARPE) (Levha 2, Şekil 4), *Nummulites globulus* (LEYMERIE), *Nummulites minervensis* (SCHAUB), *Sphaerogypsina anatolica* (İNAN ve ÖZGEN-ERDEM), *Sphaerogypsina cf. globulus* (REUSS), *Orbitolites complanatus* (LAMARCK) (Levha 2, Şekil 15), *Rotalia peravalis* (TERQUEM), *Rotalia trochidiformis* (LAMARCK), *Assilina cf. dandotica* (DAVIES), *Idalina sinjarica* (GRIMSDALE), *Gypsina* sp. bentik foraminifer türleri tespit edilmiştir.

3.10. Yaş

Tespit edilen bentik foraminifer türleri, Güzeller formasyonu'nun Erken İlerdiyen-Orta Küviziyyen yaş aralığında çökeldiğini göstermektedir.

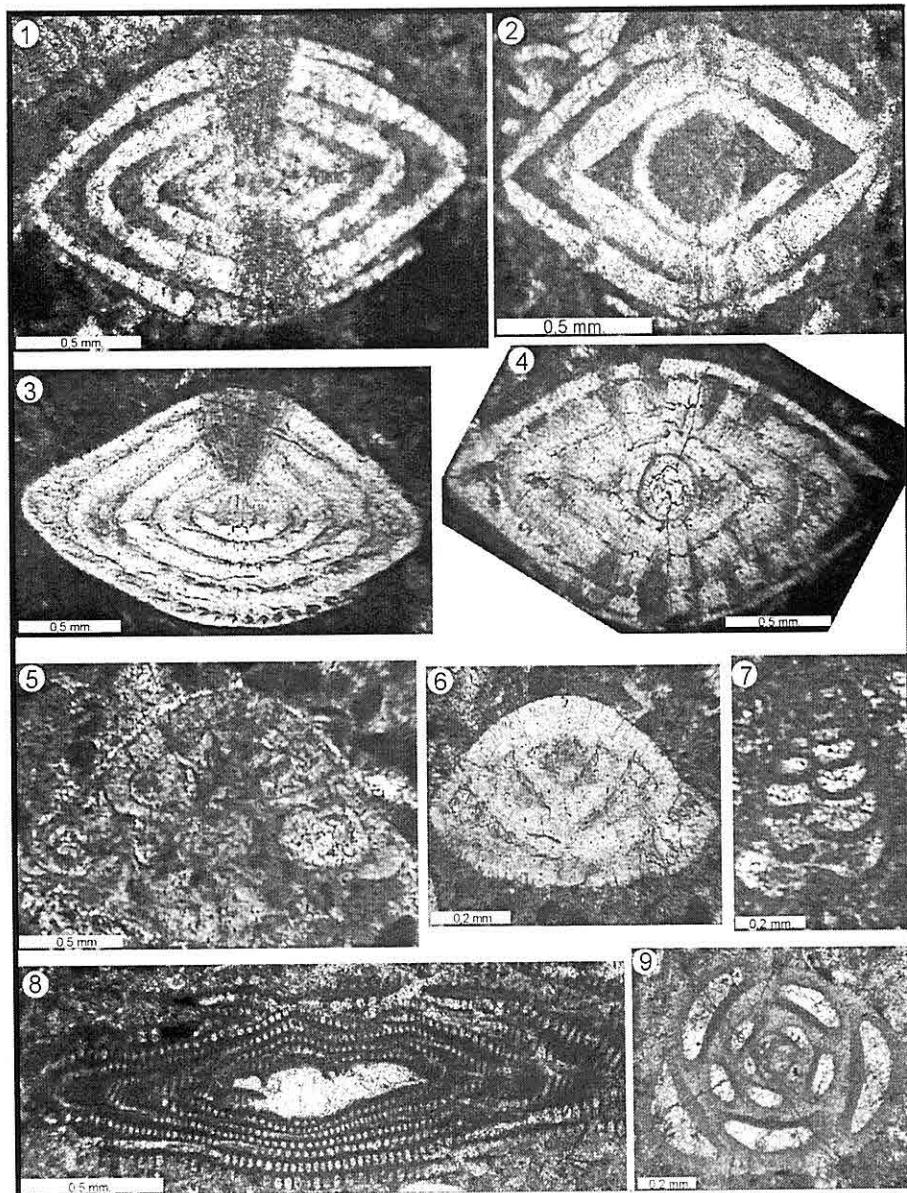
3.11. Denetirme

Orta Toros'ların farklı bölgelerinde aynı litolojik özellikleri gösteren, geniş yayılmış yüzleklər sunan tüm benzer birimler için Güzeller formasyonu adı kullanılmıştır (Demirtaşlı, 1973; İlker, 1975; Gül ve diğ., 1984). Bolkar Dağları güneybatı kesimi, Yüzlük Dağı civarında çalışan Bilgiç (2003) Tanesijen-Lütesiyen birimlerini Güzeller grubu adı altında incelemiştir. Grubun alt kesimini oluşturan

LEVHA 3

- Şekil 1.** *Nummulites globulus* (LEYMERIE). Eksenel kesit, Örnek no. 18.
- Şekil 2.** *Nummulites minervensis* (SCHAUB). Eksenel kesit, Örnek no. N-8.
- Şekil 3.** *Nummulites globulus* (LEYMERIE). Eksenel kesit, Örnek no. N-6.
- Şekil 4.** *Nummulites burdigalensis* (DE LA HARPE). Eksenel kesit,
Örnek no. N-5a.
- Şekil 5.** *Fabiania cassis* (OPPENHEIM). Eksenel kesit, Örnek no. 29.
- Şekil 6.** *Rotalia trochidiformis* (LAMARCK). Eksenel kesit, Örnek no. B-19.
- Şekil 7.** *Textularia* sp. Boyuna kesit, Örnek no. 37.
- Şekil 8.** *Alveolina aragonensis* (HOTTINGER). Eksenel kesit, Örnek no. B-22.
- Şekil 9.** *Quinqueloculina* sp. Ekvatoryal kesit, Örnek no. B-22.

LEVHA 3



Berçin formasyonu akarsu konglomeraları, orta kesimini oluşturan Tosuntaş formasyonu lagün-resif ortamlarında çökelmiş fosilli kireçtaşları ile temsil edilir. Bu iki birim inceleme alanındaki Güzeller formasyonunun eşdeğeridir. Bilgiç (2003)'ün Güzeller grubunun Küçükkoraş formasyonu havza yamacında çökelmiş kumtaşı-kireçtaşlı-marn ardisiminden oluşur.

3.12. Yüzey Şekli

Güzeller formasyonu 800-1100 metre yükseltilerinde D-B uzanımlı olarak yüzlek vermektedir ve güneyden kuzeye doğru giderek sarp bir topografya sunmaktadır.

3.13. Ortamsal Yorum

Güzeller formasyonunda saptanan foraminiferlerin paleoekolojik özellikleri, Henson (1950), Blondeau (1972), IGCP Project 286. (1990), Hottinger (1997), Romero ve diğ. (2002) ve Cosovic ve diğ., 2004 gibi çalışmalar temel alınarak, formasyonun çökelme ortamları yorumlanmıştır.

Güzeller formasyonu kireçtaşlarındaki, iri *Assilina* ve *Nummulites* türleri bank modeli oluşturan açık deniz şelfini, miliolidal, rotaloidal türler sığ korunmalı (sınırlı) şelfi, *Alveolina* (*Glomalveolina*) türleri ve floskülinize *Alveolina* türleriyle, *Kathina*'lar ve *Idalina*'lar korunmalı ve sığ resifal şelfi, *Orbitolites* ve *Opertorbitolites* türleri çok sığ korunmalı ve sığ resifal şelfi, *Chrysalidina*'lar ve *Coskinolina*'lar ise korunmalı şelfi işaret etmektedirler (IGCP Project 286.,

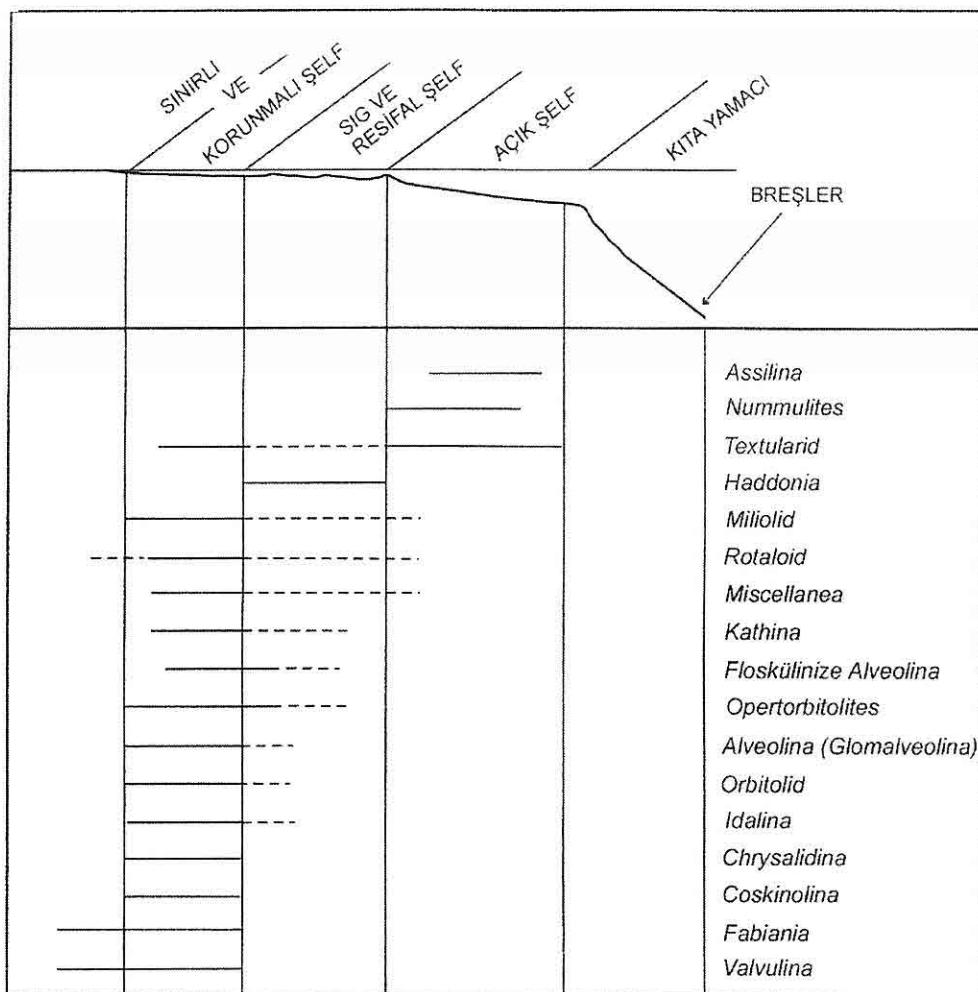
1990; Romero ve diğ., 2002, Cosovic ve diğ., 2004) (Şekil 6).

Formasyonun tip kesitinde (Şekil 3), Alt İlerdiyen-1'de (SBZ 5), tabanda açık şelfi gösteren (Hottinger, 1997) *Assilina* ve *Nummulites* türleri bollukla bulunur, az sayıda *Alveolina minervensis* (HOTTINGER) gibi minik formlar da mevcuttur. Yardımcı kesit-I'de ise (Şekil 4a) tabanında, *Orbitolites* ve *Opertorbitolites* türleri bollukla, *Assilina* ve *Nummulites* türleri daha az sayıda bulunmaktadır. *Alveolina varians* (HOTTINGER) gibi floskülinize türler de bu seviyede enderdir. *Orbitolites*, *Opertorbitolites* ve floskülinize *Alveolina* türlerinin varlığı daha sığ (korunmalı şelf) ortamı temsil eder (Henson, 1950, Blondeau, 1972, Cosovic ve diğ., 2004). Bu durumda Güzeller formasyonunda, tip kesitin yer aldığı güneybatıdan yardımcı kesit-I' in yer aldığı kuzeydoğuya doğru (Şekil 1b) yanal fasiyes değişimlerinin sığ yöne doğru olduğu görülmektedir.

Dolomitize seviyelerle başlayan Alt İlerdiyen-2 (SBZ 6), tip kesitte (Şekil 3) bol *Alveolina ellipsoidalis* (SCHWAGER) gibi floskülinize *Alveolina*'lar ve bunlara eşlik eden korunmalı şelfi simgeleyen (Hottinger, 1997) *Orbitolites*'leri bolca bulundurur. Yardımcı kesit-I'de (Şekil 4a) bulunan türler, tip kesitte bulunan türlerle aynıdır. Bu biyozonda, *Nummulites* türlerinin azalması ve *Lacazina* gibi miliolidal formların gözükmeye başlaması da korunmalı şelf ortamını karakterize etmektedir (Romero ve diğ., 2002, Cosovic ve diğ., 2004)

Orta İlerdiyen-1'de (SBZ 7), tip kesitte (Şekil 3) Alt İlerdiyen-2'den (SBZ 6) farklı

ÇAMLİYAYLA (KD MERSİN) GÜNEYİNİN JEOLOJİSİ VE GÜZELLER
FORMASYONUNUN TANIMINA KATKILAR



Şekil 6. Güzeller formasyonu'nun Alt Eosen bentik foraminifer dağılımı (IGCP Project 286., 1990'dan değiştirilerek).

olarak miliolidal ve rotaloidal formlar belirgin olarak fazlalaşmaktadır. *Coskinolina* gibi aglütine formlar da gözükmeye başlamakta, mercanların eşlik ettiği bu fasiyes korunmalı şelfin sığ sakın koylarını (Hottinger, 1997) işaret etmektedir.

Orta İlerdiyen-2'de (SBZ 8), tip kesitte

(Şekil 3), *Alveolina corbarica* (HOTTINGER), *Alveolina levantina* (HOTTINGER), *Alveolina aragonensis* (HOTTINGER) gibi floskulinize *Alveolina* türleriyle birlikte, az sayıda *Nummulites* türlerinin, miscellinid ve rotaloidal formlarının varlığı, bu biyozonun korunmalı şelf ortamını

karakterize ettiğini göstermektedir (Romero ve diğ., 2002, Cosovic ve diğ., 2004).

Üst İlerdiyen'de (SBZ 9), tip kesitte (Şekil 3), baskın olan rotaloidal ve miscellinid formlarla, az sayıda *Nummulites* ve *Alveolina* türlerinin varlığı biyozonun, korunmalı şelf ortamını karakterize ettiğini göstermektedir (IGCP, 1990, Hottinger, 1997, Romero ve diğ., 2002, Cosovic ve diğ., 2004).

Alt Küviziyen'de (SBZ 10), tip kesitte (Şekil 3) bulunan, bol *Lockhartia*, *Nummulites* türleri, miliolidal ve rotaloidal formların baskınlığı, yardımcı kesit-II'de de (Şekil 4b) aynıdır. Bu türlerin varlığı, çökelme ortamının açık şelf olduğunu göstermektedir (Henson, 1950, Blondeau, 1972, Cosovic ve diğ., 2004).

Orta Küviziyen'de (SBZ 11), tip kesitte (Şekil 3), bollukla *Nummulites* türlerini, rotaloidal formlarını, alg ve bryozoan içermektedir, yardımcı kesit-II'de (Şekil 4b) bulunan türler tip kesitte bulunan türler ile aynıdır. Bollukla bulunan *Nummulites* türlerinin varlığı da, biyozonun çökelme ortamının açık şelf olduğunu göstermektedir (IGCP, 1990, Hottinger, 1997, Romero ve diğ., 2002, Cosovic ve diğ., 2004).

Bu durumda Güzeller formasyonunun, güneybatıdan-kuzeydoğuya doğru, açık şelften, sınırlı şelfe ve sakin koylara得分 giderek sıqlaşan, Erken İlerdiyen'de sakin koylar, Orta ve Geç İlerdiyen'de tamamen sınırlı şelf, Erken ve Orta Küviziyen'de ise tamamen açık şelf ortamında olmak üzere; Erken İlerdiyen-Orta Küviziyen'de

çökelmiş olduğu söylenebilir.

4. BÖLGENİN JEOLOJİK EVRİMİ

Çalışma alanındaki en yaşlı kaya birimi platform karbonatlarından oluşan Cehennemdere formasyonunun (Demirtaşlı ve diğ., 1984) üst kesimini oluşturan Kretase (Apsiyen ve Alt Senonyen) kireçtaşları ile temsil edilir. Cehennemdere formasyonu üzerinde Fındıkpinarı karışığı İç Torid Okyanusunun kapanması sırasında oluşan ofiyolitik melanj, Menderes-Toros bloğu üzerine Geç Kretase döneminde bindirmiş ve günümüzdeki konumunu almıştır. Fındıkpinarı karışığı ofiyolitik kayalar ve Permiyen-Jura-Kretase yaşlı büyük kireçtaşı bloklarını içermektedir. Fındıkpinarı karışığı, Geç Kretase döneminde havzadaki tektonik hareketliliğin göstergesidir (Özer, 2004). Erken Eosen yaşlı tortul birimlerin transgresif olarak Mesozoyik yaşlı birimler üzerine açısal uyumsuzlukla gelmesi, bölgenin Senozoyik başlangıcından Erken Eosen dönemi sonuna kadar su üstü olduğunu göstermektedir (Şengör, 1980). Güzeller formasyonunun transgresif bir istif sunması ve çökel özellikleri, Erken Eosen döneminin deniz seviyesinin açık şelften-korunmalı şelfe değişen sig deniz nitelikli olduğunu ve bölgede tektonizmanın etkin olmadığını vurgulamaktadır. Bölgede Erken Eosen sonrası ile Erken Miyosen dönemleri arasında denizel çökellerin olmayışı, Erken Eosen döneminden sonra uzunca bir zaman su üstü olmuş, aşınma dönemi geçirmiştir ve tektonizmaya uğramış

olduğunun göstergesidir. Erken Eosen yaşlı Güzeller formasyonunun üzerine açısal uyumsuzlukla Erken-Orta Miyosen yaşlı Kaplankaya formasyonu gelmektedir. Kaplankaya formasyonunun transgresif seri sunması, Erken-Orta Miyosen döneminde bölgenin tekrar su altı olduğunu gösterir. Kaplankaya formasyonu üzerinde Erken-Orta Miyosen yaşlı Karaisalı formasyonunun düşey ve yanal geçişli olarak yer alması, çökelme ortamının resif ile kıyı arasında olduğunu gösterir (Yetiş ve Demirkol, 1986; Nazik, 1990; Ünlügenç ve diğ., 1990). Bölgede diğer tüm birimleri açısal uyumsuzlukla örten Erken-Orta Miyosen yaşlı Karaisalı formasyonu sığ bir Miyosen denizindeki paleocoografik yükseltiler üzerinde gelişmiş resifal bir ortamda çökelmiştir (Yetiş, 1978; Nazik, 1990; Ünlügenç ve diğ., 1990).

5. SONUÇLAR

Çamlıyayla (KD Mersin) güney yöresinde, 30 km²'lik bir alanın 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası yapılmış, Jura-Erken Senonyen yaşlı Cehennemdere formasyonu, Maastrichtyen yaşlı Fındıkpinarı karışığı, Erken Eosen yaşlı Güzeller, Erken-Orta Miyosen yaşlı Kaplankaya ve Erken-Orta Miyosen yaşlı Karaisalı formasyonları ayırtedilmiştir.

Güzeller formasyonu'nun eksik olan tanımı Türkiye Stratigrafi Komitesinin belirlediği (1986) standartlara göre tamamlanmış, birimi temsil eden tip kesit ve taban/tavan sınır özelliklerini belirten 2 adet yardımcı kesit belirlenmiştir.

Güzeller formasyonunun kireçtaşlarında

bentik foraminiferlere göre tabanda SBZ 5'den, tavanda SBZ 11'e kadar 7 biyozon tesbit edilmiş, böylece önceki çalışmalarda Üst Paleosen-Orta Eosen'e yerleştirilen (Demirtaşlı, 1973; İlker, 1975; Gül ve diğ., 1984; Avşar, 1992) formasyonun, çalışma alanındaki yaşı Erken İlerdiyen-Orta Küviziyen olarak belirlenmiştir.

Formasyonu temsil eden bentik foraminiferler, transgresif bir istif sunan formasyonun Erken İlerdiyen'de sakin koylar, Orta ve Geç İlerdiyen'de tamamen sınırlı şelf, Erken ve Orta Küviziyen'de ise tamamen açık şelf ortamında olmak üzere; açık şelften, sınırlı şelfe ve sakin koylara degen giderek sıslaşan, tektonik duraylılığı sahip bir ortamda çökeldiğini göstermektedir.

6. KATKI BELİRTME

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından Proje No: FBE JM (AB) 2005-3 olarak desteklenmiştir.

7. KAYNAKLAR

Avşar, N. 1992. *Namrun Yoresinin Bentik Foraminifer Faunası. MTA Dergisi*, 114, 127-144.

Bilgiş, T., 2003. *Bolkar Dağları güneybatı kesiminin jeolojisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Jeoloji Anabilim Dalı*, Ankara, 136 s.

Blondeau,A., 1972, *les Nummulites : Paris Lib. Vulbert, 72p., Paris.*

Cosovic,V., Drobne, K. and Moro, A., 2004, *Paleoenvironmental model for Eocene foraminiferal limestones of the Adriatic carbonate platform (Istrian*

- Peninsula). Facies*, 50, 61-75.
- Demirtaşlı, E., 1973. Bolkar Dağlarının Jeolojisi. Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğler Kitabı, 42-56, Ankara.
- Demirtaşlı, E., Turhan, N., Bilgin, A.Z., and Selim, M., 1984. Geology of the Bolkar Mountains. In: *Geology of the Taurus Belt, Proceedings of International Symposium on the Geology of the Taurus Belt*, 125-141, Ankara.
- Gül, M.A., Çuhadar, Ö., Özbaş, Y., Alkan, H. ve Efeçinar, T., 1984. Bolkar-Belemedik Yöreninin Jeolojisi ve Petrol Olanakları. TPAO Arşivi, Ankara, Rapor No: 1972, 159 s.
- Henson, F.R.S., 1950, Cretaceous /Tertiary deep formation and associated sediments in the Middle East: *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists*, 34, 215-238.
- Hottinger, L., 1997, Shallow benthic foraminiferal assemblages as signals for depth of their deposition and their limitations. *Bulletin Société Géologique*, 168,(4), 491-505.
- IGCP Project 286., 1990. *Introduction to the early Paleogene of the South Pyrenean Basin, Field-Trip Guidebook, Early Paleogene Benthos First Meeting, Jaca (Spain), October 16-20.*
- İlker, S., 1975. Adana Baseni Kuzey-Kuzeybatısının Jeolojisi ve Petrol Olanakları. TPAO Arama Arşiv Rapor No: 973 (yayınlanmamış).
- İşler, F., 1989/1990. Fındıkpinarı Yöreni (Mersin) Ofiyolitlerinin Jeolojisi. Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Dergisi, Seri A, Yerbilimleri, 45-53.
- Nazik, A., 1990. Gözne (Mersin) Yöresi Kirıntılı İstifinin Ostracod Biyostratigrafisi ve Ortamsal Yorumu. *Doğa-Türk Yerbilimleri Dergisi* 2, 167-173.
- Özer, E., Koç, H. and Özsayar, T. Y., 2004. Stratigraphical Evidence for The Depression of The Northern Margin of the Menderes-Tauride Block (Turkey) During The Late Cretaceous, *Journal of Asian Earth Sciences*, 401-412.
- Özgül, N., 1976. Torosların Bazı Temel Jeoloji Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 65-78.
- Pampal, S., 1984. Arslanköy-Tepeköy (Mersin) Yöreninin Jeolojisi. S.Ü., Fen-Edebiyat Fak. Fen Dergisi, 237-258, Konya.
- Romero, J., Caus, E. and Rosell, J., 2002. A model palaeoenvironmental distribution of Larger foraminifera based on late Middle Eocene deposits on the margin of the South Pyrenean basin, *Palaeo, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 179, 43-56. Spain.
- Şafak, Ü., 1998, Çamlı yayla (İÇEL) Yöreni Tersiyer Ostrakod Topluluğu, Fırat Ü., Jeoloji Mühendisliği Eğitiminin 20. yılı bildirileri, 183-199, Elazığ.
- Serra-Kiel, J., Hottinger, L., Caus, E., Drobne, K., Fernandez, C., Jauhri, A. K., Less, Patlovic, R., G., Pignatti, J., Samso, J.M., Schaub, H., Sirel, E., Strougo, A., Tambareau, Y., Tosquella and J., Zakrevskaya, E., 1998. Larger Foraminiferal Biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene, *Soc.Geol*, t.169, no 2, 281-299, France.

**ÇAMLIYAYLA (KD MERSİN) GÜNEYİNİN JEOLOJİSİ VE GÜZELLER
FORMASYONUNUN TANIMINA KATKILAR**

- Şengör, A.M.C., 1980. Türkiye Neotektoninin Esasları, Türkiye Jeoloji Kurultayı Konferans dizisi, 40s., Ankara.
- Türkiye Stratigrafi Komitesi, 1986, *Stratigrafi sınıflama ve adlama kuralları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, 28s. , Ankara
- Ünlügenç, U. C., Kelling, G. and Demirkol, C., 1990. *Aspects of Basin Evolution in the Neogene Basin; SE Turkey*. Savaşçın M. Y. and Eronat, A. H. (eds) Proc. Int. Earth Science Congress on Aegean Region, 353-370, İzmir.
- Yetiş, C., 1978. Çamardı (Niğde) Yakın ve Uzak Dolayının Jeoloji İncelemesi ve Ecemış Yarılım Kuşağının Maden-Boğaz-Kamışlı arasındaki özellikleri, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Fakültesi, İstanbul, 164 s.
- Yetiş, C. ve Demirkol, C., 1986. Adana Basenİ Batı Kesiminin Detay Jeolojik Etüdü. MTA Raporu, Rapor No: 8037-8037a., 187 s., (yayınlanmamış).

HANDERE FORMASYONU (KUZEY ADANA) KİLİ SEVİYELERİNİN ŞİŞME ÖZELLİKLERİİN İNCELENMESİ

İbrahim ÇOBANOĞLU

Pa. Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli /Türkiye

İsmail DİNÇER, Şaziye BOZDAĞ

Ç.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balcalı, Adana /Türkiye

ÖZET: Handere Formasyonu Adana ili yerleşim alanı içerisinde kıl, silt ve kiltası litolojilerindeki ince taneli malzemelerden oluşmaktadır. Çeşitli killerin su ile temaslarında şışme göstererek üzerlerinde bulunan yapılarda hasarlara neden oldukları eskiden beri bilinmektedir. Kilin şışme özelliği ve şışme parametrelerinin belirlenmesi amacıyla ortaya konulmuş çeşitli deneysel yöntemler bulunmaktadır. Bu çalışma ile Adana ili yerleşim alanı içerisinde yer alan Handere Formasyonu içerisindeki toplam 11 ayrı noktada incelenen killi birimlerin şışme özellikleri araştırılarak değerlendirilmiştir.

Handere Kili, CH, MH, CL ve ML zemin sınıfında (USCS) yer alan birimlerden oluşmaktadır. Birimlerin katyon değişim kapasitesi (KDK) değerleri 19.02 mek/100 gr ile 42.14 mek/100 gr arasında değişmekte olup, bunların illit, kaolinit veya halloysit grubuna ait killer olabileceği belirlenmiştir.

Killerin şışme potansiyelleri değişik araştırmacıların öngörülerine göre farklılık sunmaktadır. Ancak, aynı lokasyona ait farklı seviyelerde bile farklı şışme potansiyeli değerlerinin bulunması killerin davranışının seviyeler mertebesinde değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Zeminlerin şışme indisi değerleri 0.16 – 0.57 aralığında ve büzüülme limiti değerleri % 10.8 – % 29.2 aralığında yayılmış sunmaktadır.

AN INVESTIGATION OF SWELLING PROPERTIES OF HANDERE FORMATION (NORTERN ADANA) CLAYEY LEVELS

ABSTRACT: Handere Formation which is located in Adana settlement area is composed of fine grained materials such as clay, silt and claystone. It is well known fact that, when several types of clay come in contact with water they swell up and they can cause damage to structures built on clay materials. There are several experimental methods to determine the swelling properties of clay. With this study, the evaluation of swelling properties of Handere clays sampled at 11 locations in Adana settlement area were carried out.

The Handere clay, is made up of CH, MH, CL and ML types clay according to soil classification (USCS). Values of cation exchange capacity vary between 19.02

meq/100gr - 42.14 meq/100gr and those are determined as illite, kaolinite or halloysite types of clay.

Swelling potentials of clays differ depending on the approach defined by researchers. But, swelling potentials of clays show different values at different levels even in one location. It can be said that, clay properties show some differences even at the same location. It can be concluded that swelling index values of soils vary between 0.16 - 0.57 range and shrinkage limits vary between 10.8 % - 29.2 % range.

1. GİRİŞ

Yüksek plastisiteli zeminler tane yapılarına, kil mineralinin türüne ve miktarına, doğal su muhtevasına ve boşluk oranı değerlerine bağlı olarak hacim değişimleri gösterirler. Bu tür zeminler su ile temaslarında duraylı yapılarını kaybederek bazı olumsuz davranış şıkları sergilerler. Bunlara genel olarak "problemlı zeminler" denilmektedir. Sridharan vd., (1986) şişen zeminleri, yarı kurak ve kurak iklim bölgelerinde oluşan, suyla temaslarında hacim değişimleri göstererek üstlerindeki hafif yapılara ve kazı destek sistemlerine zarar veren killer olarak tanımlanmışlardır.

Son yıllarda, bütün dünyada şişen killer ile ilgili araştırmalar genişleyerek artmaktadır. Atterberg limitleri, kil fraksiyonu, kılın türü ve serbest şişme gibi bilinen indeks özellikler kullanılarak geliştirilmiş basit sınıflama yöntemleri bulunmaktadır. Ancak ileri araştırmalar bu tür zeminler için kimyasal ve mineralojik incelemelerin de vazgeçilmez ve önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Adana ilinde mevcut yapılaşma da dahil olmak üzere yeni yerleşme açılacak alanların bir bölümü Handere Formasyonu olarak adlandırılan birimin killi seviyeleri üzerinde bulunmaktadır. Bu çalışmada,

Handere Formasyonu'na ait killi birimler içerisinde 11 ayrı noktadan sistematik örnek alımı gerçekleştirılmıştır (Şekil 1). Alınan örnekler üzerinde temel fiziksel özellikleri belirlemeye yönelik deneylerle birlikte değiştirilmiş (modifiye) şişme ve bir boyutlu konsolidasyon deney aletinde serbest şişme deneyleri yapılmıştır.

Başta Amerika olmak üzere, Avusturya, Hindistan, Sudan, Mısır, Etiyopya ve Küba şişen zeminlerin yaygın olarak bulunduğu ülkeler arasında yer almaktadır. Skempton'ın 1953 yılında "Aktivite" kavramını ortaya atması bu konudaki araştırmaların başlangıç noktasını oluşturmuştur. 1956 yılında Holtz ve Gibbs'in Batı Amerika'daki şişen zeminler üzerinde yaptıkları çalışmalarla, zeminlerin potansiyel hacim değişimlerinin kıl içeriği ve plastisite indisi değerlerine bağlı olduğu tespit edilmiştir. Gill ve Reaves (1957) yaptıkları çalışmalarla katyon değişim kapasitesi (KDK), özgül yüzey alanı, su içeriği ve plastisite indisi değerleri arasındaki ilişkileri incelemiştir. Ardından kıl minerali türünün önemi anlaşılmış ve şişmede rol oynayan mineralin smektit olduğu belirlenmiştir (Thomas, 1998). Günümüzde çoğu geçmişte yapılan çalışmaların ışığında

olmak üzere, şişen zeminlerin birçok özellikleri bilinmektedir. Özet olarak, yüksek KDK, yüksek özgül yüzey alanı ve yüksek likit limit değerine sahip smektit grubu killerin şişen zeminler olarak tanımlanması uygun olmaktadır.

2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI VE GENEL JEOLOJİ

İnceleme alanı, Adana ili yerleşim alanı içerisinde yer almaktadır. İlk olarak Schmidt (1961) tarafından adlandırılan Handere Formasyonu, Üst Miyosen-Pliyosen yaşılı olup ilin kuzeyinde geniş bir yayılım sunmaktadır (Şekil 1).

Formasyon, başta kilitaşı ve marn olmak üzere kumtaşı, çakılı kumtaşı, silttaşı litolojilerinde yayılım sunmaktadır. Birimin tabandan tavana doğru sıç deniz, akarsu ve göl ortamlarını karakterize eden istifler sunduğu bilinmektedir (Yetiş ve Demirkol, 1986).

Birim, Seyhan ilçesinde, yeni yapılaşmanın olduğu Kuzey Adana bölgesinde, Seyhan baraj gölü güney sahil boyunca ve doğu-batı uzanımında yayılım sunmaktadır. Şekil 2, Handere Formasyonu'na ait killi birimleri ve örneklemelerin yapıldığı tipik 2 ayrı yerdeki kesiti göstermektedir.

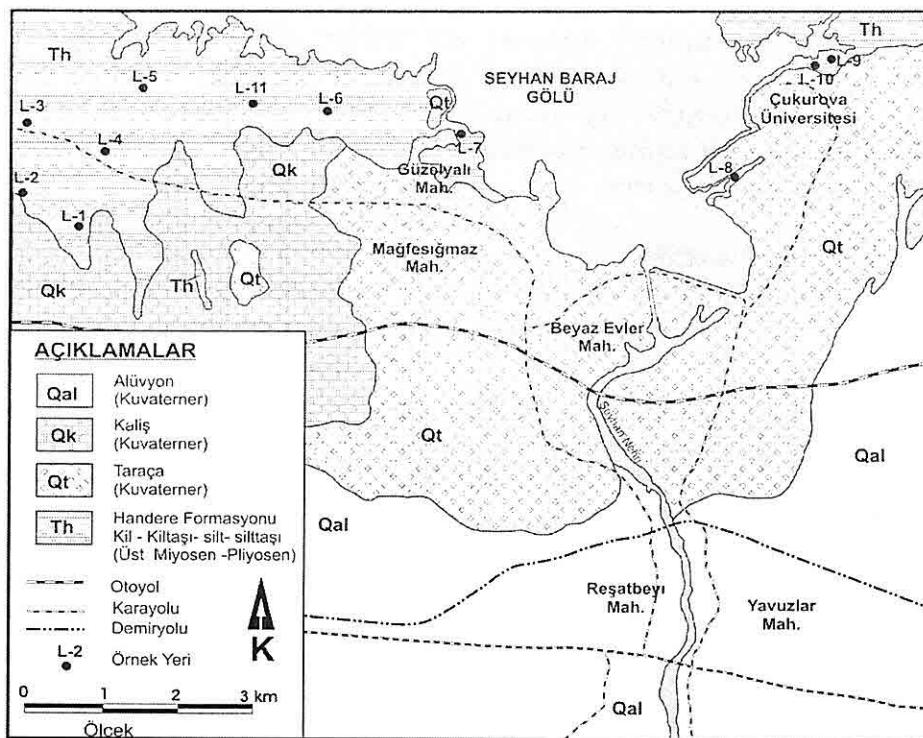
3. HANDERE KİLİNİN KİMYASAL VE MİNERALOJİK ÖZELLİKLERİ

Şişme, büzülme ve sıkışma özelliğine sahip zeminlerin büyük çoğunluğu kimyasal ve mineralojik özelliklerine bağlı olarak diğer fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olurlar. Bu durum, ince taneli zeminler için ayrıca önem

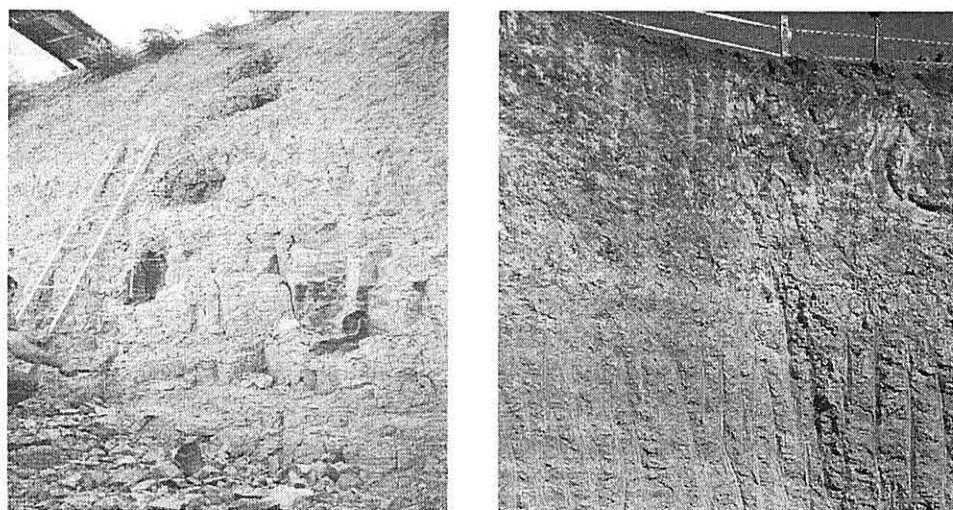
kazanmaktadır. Özellikle Fe_2O_3 ve CaO, kil taneleri arasındaki tutucu bağı kuvvetlendirdiğinden hem kuru mukavemeti hem de şışmeye karşı direnci artırmaktadır (Shi vd., 2002). Benzer şekilde SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO ve MgO yüzde değerlerinin yüksek olması smektit türü kil muhtevasının ve buna bağlı olarak yüksek şışme potansiyelinin varlığına işaret etmektedir (Ergüler ve Ulusay, 2002'de yer alan Abduljawad, 1993 kaynağından alınmıştır).

Bu çalışma kapsamında alınan örneklerin kimyasal analizleri yapılmış ve elde edilen değerler Çizelge 1'de gösterilmiştir. Tablo incelendiğinde L-2, L-6 ve L-7 noktalarından alınan kil örneklerinin diğerlerine göre daha düşük CaO değerlerine sahip oldukları görülmektedir. Bununla birlikte MgO değerlerinin çok büyük farklılara sahip olmadığı görülmektedir.

Katyon değişim kapasitesi (KDK) değerlerinin büyüklüğü ile şışme ilişkisinin incelenmesi amacıyla yapılan deneyler, incelenen zemin örneklerinin KDK değerlerinin 19.02 mek/100 gr ile 42.14 mek/100 gr arasında değişim gösterdiklerini ortaya koymuştur. L-6 ve L-8 noktaları ile CH grubu zeminlerde KDK'nın en yüksek, L-3 ve L-7 noktalarının ise ML grubu zeminlerde en düşük değerleri verdiği tespit edilmiştir. Bu değerlerin, Yılmaz (2000) tarafından belirtilen sınıflamaya göre Çizelge 2'de görüldüğü gibi illit, klorit veya halloysite ait KDK değerleri ile uyumlu oldukları görülmektedir.



Şekil 1. İnceleme alanının genel jeoloji haritası ve örnekleme yerleri (Çobanoğlu, 2005).



Şekil 2. L-4 ve L-7 örnekleme yerlerindeki Handere kilinin görünümü.

*HANDERE FORMASYONU (KUZEY ADANA) KİLLİ SEVİYELERİNİN ŞİŞME
ÖZELLİKLERİNN İNCELENMESİ*

Çizelge 1. Örnekleme yapılan killere ait kimyasal analiz sonuçları (%).

| Lokasyon | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO |
|----------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|
| L1 | 38.3 | 7.2 | 6.4 | 18.7 | 9.1 |
| L2 | 39.2 | 8.5 | 8.0 | 12.5 | 9.5 |
| L3 | 34.2 | 6.6 | 7.9 | 20.9 | 10.2 |
| L4 | 38.6 | 5.6 | 4.6 | 19.5 | 8.2 |
| L5 | 34.4 | 7.7 | 6.7 | 18.2 | 9.1 |
| L6 | 44.9 | 8.7 | 8.9 | 9.0 | 11.3 |
| L7 | 43.4 | 8.1 | 6.0 | 11.0 | 9.5 |
| L8 | 26.3 | 5.9 | 6.0 | 22.1 | 12.2 |
| L9 | 33.9 | 6.6 | 5.7 | 20.2 | 9.1 |
| L10 | 32.6 | 6.6 | 3.9 | 20.9 | 9.9 |
| L11 | 24.6 | 4.6 | 2.9 | 34.2 | 6.9 |

Çizelge 2. Bazı kil minerallerinin KDK değerleri (Yılmaz, 2000'de yer alan Grim, 1968; kaynağından alınmıştır).

| Kil minerali | Katyon değişim kapasitesi (mek/100 gr) |
|--------------|--|
| Kaolinit | 3 – 15 |
| Smektit | 80 – 150 |
| İllit | 10 – 40 |
| Klorit | 10 – 40 |
| Vermikülit | 100 – 150 |
| Halloysit | 10 - 40 |

Kilde pH artışı karbonat miktarı artışına bağlı olduğu için normal olarak pH değeri yüksek olan kilde şişmenin daha az olması beklenecektir. İncelenen killi zeminlerde 1/1 karışım ile hazırlanan çözeltiler ve sayısal pH metre kullanılarak hesaplanan pH değerlerinin 8.25 – 8.91 gibi dar aralıkta değişiyor olması

zeminlerin tamamının bazik özellikte olduğunu göstermektedir (Çizelge 3). Çizelge 3, örnek noktalarına ait kıvam parametrelerinden, likit limit değerlerine ait ortalamaları da göstermektedir.

Yılmaz (2006) tarafından önerilen şışme potansiyeli değerlendirme abağı likit limit (%) ve katyon değişim kapasitesi değerlerini kullanmaktadır. Bu çalışmada elde edilen değerler kullanılarak inceleme alanındaki killere ait şışme potansiyeli tanımlaması yapılmış ve Şekil 3'de sunulmuştur.

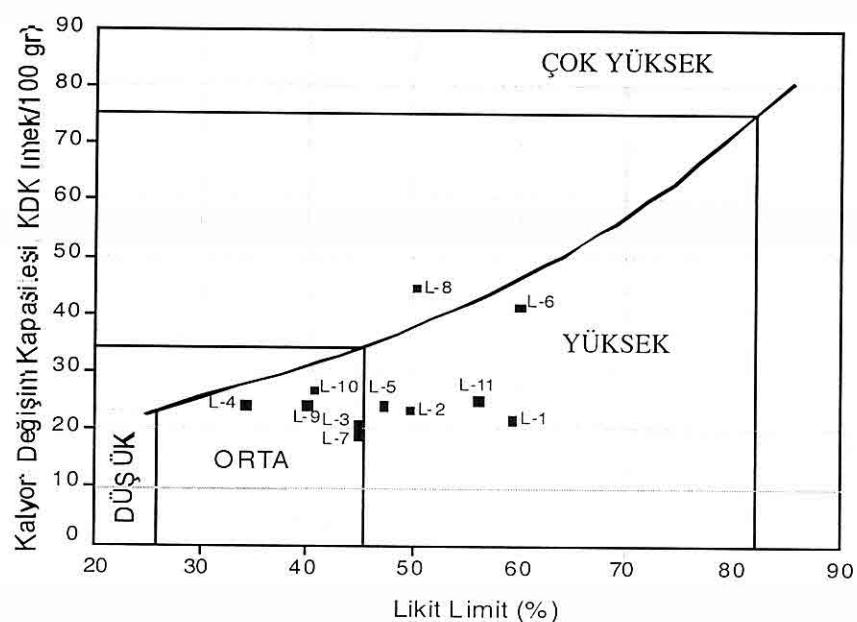
Bu abaga göre L-3, L-4, L-7, L-9 ve L-10 "orta" ; L-1, L-2, L-5, L-6, L-8 ve L-11 ise "yüksek" şışme potansiyeline sahip zeminler olarak görülmektedirler.

4. ŞİŞME DENEYLERİ

Zeminlerin şışme ve büzülme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ortaya konulmuş çeşitli deney yöntemleri

Çizelge 3. İnceleme yerleri için elde edilmiş pH ve KDK değerleri ve deneyler için toz haline getirilmiş örneklerin görünümleri.

| Lokasyon | pH | K.D.K (mek/100 gr) | Likit Limit (%) | Zemin sınıfı |
|----------|------|-----------------------|--------------------|--------------|
| L-1 | 8.91 | 21.89 | 59.50 | CH |
| L-2 | 8.60 | 23.25 | 50.00 | CH |
| L-3 | 8.25 | 21.08 | 44.50 | ML |
| L-4 | 8.63 | 24.03 | 34.50 | ML |
| L-5 | 8.30 | 23.00 | 47.50 | ML |
| L-6 | 8.60 | 42.14 | 60.00 | CH |
| L-7 | 8.73 | 19.02 | 45.00 | ML |
| L-8 | 8.56 | 45.07 | 51.20 | CH |
| L-9 | 8.59 | 23.77 | 40.00 | CL |
| L-10 | 8.47 | 27.05 | 41.50 | CL |
| L-11 | 8.53 | 23.13 | 57.25 | CH |



Şekil 3. Likit limit ve KDK değerlerine göre ayrı noktalardan alınan killerin şişme potansiyelinin tanımlanması.

*HANDERE FORMASYONU (KUZEY ADANA) KILLİ SEVİYELERİNİN ŞİŞME
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ*

bulunmaktadır. Bu yöntemler doğrudan ve dolaylı yöntemler şeklinde esas olarak 2 gruba ayrılabilir (Çizelge 4). Bunların içinden, kıvam limitleri ve aktivitenin tespiti en fazla değerlendirmede kullanılan dolaylı yöntemlerdir. Serbest şışme ve şışme indisinin bulunması ise aynı şekilde en fazla kullanılan doğrudan yöntemlerdir. Bu çalışmada, inceleme alanındaki killi zeminlerin şışme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla iki ayrı deney yöntemi uygulanmıştır. Bunlardan ilki serbest şışme deneyi olup sonradan değiştirilmiş (modifiye) serbest şışme deneyi olarak bir başka biçimde de ifade edilmiştir. Diğer ise, konsolidasyon cihazıyla elde edilen serbest şışme deneyidir.

$$\text{Serbest Şışme (\%)} = \frac{V_{\text{son}} - V_{\text{ilk}}}{V_{\text{ilk}}} * 100 \quad (1)$$

Serbest şışme değerinin < % 50 olması şişmenin düşük, > % 100 olması ise yüksek olduğunu ifade eder. Bu aralıktaki değerler için şışme potansiyelinin orta olduğu belirtilmiştir (Holtz ve Gibbs, 1956).

Değiştirilmiş (modifiye) şışme indisi deneyi ise Sivapullaiah vd. (1987) tarafından önerilmiş olup, bu deney için kurutulan ve daha sonra öğütülen 10 gramlık numuneler kullanılmaktadır. 100 cc'lik saf su dolu dereceli silindir içine aktarılan numunelerin 24 saat sonundaki hacimleri ölçülerek serbest şışme indisi değerleri aşağıdaki bağıntı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 4).

Çizelge 4. Zeminlerin şışme ve büzülmesinin tespitinde kullanılan yöntemler.

| ŞİŞME – BÜZÜLME POTANSİYELİ | | | |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|
| <i>İndirekt Metotlar</i> | | <i>Direkt Metotlar</i> | |
| Smektit içeriği tespiti | LL ve PI tespiti | Serbest şışme | Modifiye serbest şışme |
| Özgül yüzey alanı tespiti | Büzülmeye limiti tespiti | Potansiyel Hacim Değişimi | Şışme indisi CBR |
| KDK tespiti | Aktivite | | |

Holtz ve Gibbs (1956) tarafından önerilen şışme deneyinde 10 cm^3 kuru zemin 100 cm^3 su dolu dereceli silindire konur ve şışerek dengeye varan zeminin son hacmi ölçülür. Aşağıdaki bağıntı kullanılarak serbest şışme yüzdesi belirlenir.

$$\text{MSŞİ} = \frac{V - V_s}{V_s} \quad (2)$$

Bu bağıntıda,

MSŞİ = değiştirilmiş (modifiye) serbest şışme indisi

V = şışme sonrası zemin hacmi.

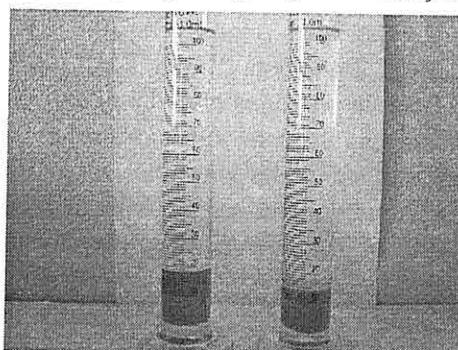
V_s = zeminin tane hacmi = $W_s / G_s \cdot \gamma_w$

W_s = etüvde kurutulmuş zemin ağırlığı,

G_s = zeminin özgül ağırlığı,

γ_w = suyun birim hacim ağırlığıdır.

Değiştirilmiş serbest şışme deneyinde kullanılan iki ayrı örneğin deney sonu durumları Şekil 4'de görülmektedir. Elde edilmiş değiştirilmiş serbest şışme değerleri Çizelge 5'e göre yorumlanmıştır.



Şekil 4. Şışme deneyine tabi tutulmuş 2 farklı kil numunesinin deney sonundaki durumları.

Çizelge 5. Değiştirilmiş serbest şışme indisine bağlı olarak şışmenin tanımlanması (Sivapullaiah vd., 1987).

| MSŞİ | Şışme Potansiyeli Tanımı |
|----------|--------------------------|
| < 2.5 | Düşük |
| 2.5 – 10 | Orta |
| 10 – 20 | Yüksek |
| > 20 | Çok yüksek |

Bu çalışmada yapılan deneyler ile ortaya konulan serbest şışme ve değiştirilmiş serbest şışme değerleri ile

146

şışmenin değer olarak tanımlanması Çizelge 6'da görülmektedir. Buna göre incelenen killerin tamamı "orta" derecede şışme özelliği göstermektedirler.

5. ŞİŞME POTANSİYELİ

Zeminlerin şışmesi konusunda ilk ortaya konulan parametre "*şışme potansiyeli*" olmuştur. Ancak şışme potansiyelinin tek başına şışmenin boyutu ile ilgili fikir veremeyeceği anlaşıldığında diğer şışme parametrelerinin de oluşturulması sağlanmıştır. Başlangıçta Holtz (1959) şışme potansiyelini havada kurutulmuş zemin numunelerinin hacim değişimi olarak ele almıştır. McCormack ve Wilding (1975), kil muhtevasının şışmenin güvenilir bir şekilde belirlenmesinde önemli olduğunu belirterek bu amaçla Atterberg limitlerini kullanmıştır. Yule ve Ritchie (1980) ile Gray ve Allbrook (2002) ise bunun tersine bir fikir bildirerek kil yüzdesi ile şışme arasında hiçbir ilişkinin olmadığını savunmuşlardır. Gill ve Reaves (1957) katyon değişim kapasitesi, su muhtevası ve plastisite indisi parametrelerinin şışme potansiyelini belirlemede kullanılabilceğini belirtmiştir. Karathanasis ve Hajek (1985) smektit içeriğinin diğer laboratuvar deneylerine göre şışme potansiyeli açısından daha önemli olduğunu ifade etmiştir. Parker vd. (1977), şışme indisi ve plastisite indisi değerlerinin diğer parametrelerden daha fazla önem taşıdığını belirtmiştir.

Zeminin su muhtevası farklılıklarına bağlı olarak şışmesini ya da büzülmesini tespit edebilmek için "*şışme potansiyeli*

*HAN DERE FORMASYONU (KUZEY ADANA) KİLLİ SEVİYELERİNİN ŞİŞME
ÖZELLİKLERİİNİN İNCELENMESİ*

Çizelge 6. Örnek alınan noktalardaki killere ait bazı fiziksel özellikler ile şişme değerlerinin tanımlamaları.

| Lokasyon | Özgül Ağırlık | Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³) | Serbest Şişme Değeri (%) | Değiştirilmiş Serbest Şişme | Şişmenin Tanımı |
|----------|------------------|--|-----------------------------|--------------------------------|--------------------|
| L1 | 2.58 | 1.73 – 1.84 | 50 - 81 | 3.64 | Orta |
| L2 | 2.68 | 1.61 – 1.67 | 60 - 80 | 2.62 | Orta |
| L3 | 2.60 | 2.00 – 2.02 | 40 - 60 | 2.38 | Orta |
| L4 | 2.68 | 1.66 – 1.72 | 50 - 70 | 2.22 | Orta |
| L5 | 2.63 | 1.56 – 1.60 | 40 - 60 | 2.42 | Orta |
| L6 | 2.60 | 1.67 – 1.69 | 60 - 90 | 3.42 | Orta |
| L7 | 2.50 | 1.75 – 1.78 | 50 - 74 | 2.75 | Orta |
| L8 | 2.68 | 1.71 – 1.76 | 55 - 75 | 2.62 | Orta |
| L9 | 2.58 | 1.61 – 1.69 | 71 - 90 | 2.61 | Orta |
| L10 | 2.61 | 1.71 – 1.73 | 50 - 100 | 2.52 | Orta |
| L11 | 2.65 | 1.81 – 2.00 | 60 - 90 | 3.38 | Orta |

"testi" yapılmaktadır. Şişme potansiyeli, kompaksiyon testine tabi tutularak (2.5 kg tokmak yöntemi) (BSI, 1975) optimum su muhtevası ve kuru birim hacim ağırlığı elde edilmiş zeminin konsolidasyon cihazında 6.9 kN/m²'lik (1 psi, 0.07 kg/cm²) düşük bir sürşarj yükü altında şışmesine müsaade edilmesiyle bulunur.

Çizelge 7'de farklı araştırmacılar tarafından ortaya konulan plastisite indisleri değerlerine göre tanımlanmış olan şişme potansiyeli değerleri görülmektedir. Çizelge 8 ise, likit ve plastik limit değerlerine göre şişme potansiyeli sınıflandırmasını göstermektedir.

Çizelge 7 ve Çizelge 8'de kullanılan sınıflandırma parametreleri ile bu çalışmada araştırılan yerlere ait değerler incelendiğinde, Çizelge 9'da görülen şişme potansiyeli dereceleri elde

edilmiştir. Bu çizelge, şişme potansiyeli derecelendirmeleri arasındaki farkları ortaya koyması açısından önem taşımaktadır.

Farklı araştırmacılar tarafından ortaya atanın değerlendirme kriterleri aynı yer için bile oldukça büyük farklılıklar sunabilmektedir.

Likit limit (%) değerlerinin ≥ 50 olduğu zeminlerin, CH grubu yüksek plastisiteli killere oldukları görülmektedir. Bu, bazı araştırmacılara göre montmorillonitin varlığına işaret etmektedir ki bu sebeple şişme potansiyeli yükselmektedir (Ergüler ve Ulusay, 2002). Literatürde bildirilen bu durum açısından da ele alındıklarında L-1, L-2, L-6, L-8 ve L-11 noktalarının şişme potansiyellerinin diğer örnek noktalarına göre daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur.

Çizelge 7. Plastisite indisine bağlı olarak şişen zeminlerin tanımlanması.

| Şişme Potansiyeli | Plastisite İndisi (Seed vd, 1962) | Plastisite İndisi (Krebs ve Walker, 1971)* |
|---------------------|--------------------------------------|---|
| Düşük (% 0 – 1.5) | 0 – 15 | 0 – 15 |
| Orta (% 1.5 – 5) | 10 – 30 | 15 – 24 |
| Yüksek (% 5 – 25) | 20 – 55 | 25 – 46 |
| Çok Yüksek (> % 25) | > 40 | > 46 |

*Carter ve Bentley, (1991) kaynağından alınmıştır.

Çizelge 8. USAEWES şişme potansiyeli sınıflaması (O'Neill ve Poormoayed, 1980).

| Likit Limit (%) | Plastik Limit (%) | Şişme Potansiyeli (%) | Sınıflandırma |
|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------|
| < 50 | < 25 | 0 – 1.5 | Düşük |
| 50 – 60 | 25 – 35 | 1.5 – 5 | Orta |
| > 60 | > 35 | 5 – 25 | Yüksek |

Literatürde şişme yüzdesini veren çok sayıda empirik bağıntı olduğu bilinmektedir. Bunlardan en yaygın olanları Çizelge 10'da verilmiştir. Bu çalışmada, bu bağıntılardan ilk 6 tanesi kullanılmış ve elde edilen değerlerin inceleme yerlerine bağlı olarak değişimleri grafik halinde Şekil 5'de gösterilmiştir.

Vijayvergiya ve Ghazzaly (1973) tarafından önerilmiş olan iki ayrı bağıntı sadece parametrelerinde değişkenlik sunmaktadır. Önerilen bu bağıntılarda likit limitin her iki bağıntıda da kullanıldığı bunun yanında birinde doğal su içeriğinin diğerinde ise kuru birim hacim ağırlığının kullanıldığı görülmektedir. Şekil 5'deki değerlendirmelerde bu bağıntılardan ilki kullanılmıştır.

Şekil 5, önerilmiş bağıntılar arasındaki farklılıklar açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Sonuçların genelini bir değişim aralığı içerisinde ele allığımızda, bazı örnek noktalarında farkların oldukça aryttığı dikkati çekmektedir. İncelenen bağıntılar içerisinde oldukça güncel olan Yılmaz (2006) bağıntısının ise ortalamayı yansitan değerler verdiği görülmektedir. L-4 ve L-9 örnek noktalarında meydana gelen dalgalanmaların, bağıntıların bir kısmının geniş bir aralıkta değişen değerlerden aşırı derecede etkilendiği şeklinde yorumlanmıştır.

6. ŞİŞME İNDİSİ (C_s)

Şişme indisi ile sıkışma indisi değerleri genellikle birbirleri ile yakın ilişkide olan

*HANDERE FORMASYONU (KUZEY ADANA) KİLLİ SEVİYELERİNİN ŞİŞME
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ*

Çizelge 9. Farklı araştırmacılarla göre incelenen zemin örneklerinin şişme potansiyelleri.

| Lokasyon | LL (%) | PL (%) | PI (%) | Şişme Potansiyeli Derecesi | | | |
|-----------|--------|--------|--------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------|
| | | | | Seed vd. (1962) | O'Neill ve Poormoayed, 1980 | Krebs ve Walker, 1971* | Zemin Sınıfı |
| L1 - SM2 | 59.1 | 26.88 | 32.22 | Yüksek | Orta | Yüksek | CH |
| L1 - SM3 | 52.0 | 25.10 | 26.90 | Yüksek | Orta | Yüksek | CH |
| L1 - SM4 | 59.5 | 27.51 | 31.99 | Yüksek | Orta | Yüksek | CH |
| L1 - SM5 | 56.8 | 28.76 | 28.04 | Yüksek | Orta | Yüksek | CH |
| L2 - SM1 | 56.5 | 27.04 | 29.46 | Yüksek | Orta | Yüksek | CH |
| L2 - SM2 | 50.0 | 23.50 | 26.50 | Orta | Orta | Yüksek | CH |
| L2 - SM3 | 51.0 | 28.00 | 23.00 | Orta | Orta | Orta | CH |
| L3 - SM2 | 44.5 | 33.97 | 10.53 | Düşük | Düşük | Düşük | ML |
| L4 - SM2 | 34.5 | 25.74 | 8.76 | Düşük | Düşük | Düşük | ML |
| L5 - SM2 | 47.5 | 28.72 | 18.78 | Orta | Orta | Orta | ML |
| L5 - SM3 | 48.7 | 28.83 | 19.87 | Orta | Orta | Orta | ML |
| L5 - SM5 | 41.0 | 27.93 | 13.07 | Düşük | Düşük | Düşük | ML |
| L6 - SM1 | 60.0 | 30.60 | 29.40 | Yüksek | Orta | Yüksek | CH |
| L6 - SM2 | 58.0 | 35.47 | 22.53 | Orta | Orta | Orta | MH |
| L7 - SM3 | 45.0 | 33.92 | 11.08 | Düşük | Düşük | Düşük | ML |
| L8 - SM2 | 51.2 | 26.31 | 24.89 | Orta | Orta | Yüksek | CH |
| L9 - SM3 | 40.0 | 19.75 | 19.35 | Orta | Düşük | Orta | CL |
| L10 - SM3 | 41.5 | 22.00 | 25.30 | Orta | Düşük | Yüksek | CL |
| L11 - SM1 | 57.25 | 26.32 | 30.93 | Yüksek | Orta | Yüksek | CH |
| L11 - SM2 | 55.88 | 26.30 | 29.58 | Yüksek | Orta | Yüksek | CH |

* Carter ve Bentley (1991) kaynağından alınmıştır.

deney işlemleri uygulanarak $C_S = 0.0463 e_O$ (e_O , boşluk oranı) (3)
belirlenebilmektedir. Genel olarak zeminin veya,

şişme indisinin sıkışma indisinin $1/5 - 1/10$ 'u arasında değerler aldığı $C_S = 0.0463 * (LL / 100) * G_s$ bilinmektedir. Nagaraj ve Murthy (1985) (LL , likit limit; G_s , özgül ağırlık) (4)
şişme indisinin belirlenmesi için aşağıdaki Literatürde serbest şişme değerleri ile
bağlılığını kullanılmamasını önermişlerdir. şişme indisleri arasında yapılmış

Çizelge 10. Serbest şışme değerinin hesaplanması sırasında kullanılan bazı empirik bağıntılar.

| No | Kaynak | Serbest Şışme Bağıntısı (%) |
|---|------------------------------------|--|
| 1 | Johnson ve Snethen (1979)* | $\log S_p = 0.0367 LL - 0.0833 w_n + 0.458$ |
| 2 | O'Neill ve Ghazzaly (1977)* | $S_p = 2.27 + 0.131 LL - 0.27 w_n$ |
| 3 | Vijayvergiya ve Ghazzaly- 1(1973) | $\log S_p = 1/12 (0.4 LL - w_n + 5.5)$ |
| 4 | Vijayvergiya ve Ghazzaly- 2 (1973) | $\log S_p = 1/19.5 (6.242 \gamma_k + 0.65 LL - 130.5)$ |
| 5 | Seed vd. (1962) | $S_p = 2.16 \times 10^{-3} IP^{2.44}$ |
| 6 | Yılmaz (2006) | $S_p = 0.155 LL - 0.00763 KDK - 2.04$ |
| 7 | Chen (1988) | $S_p = 0.2558 * e^{0.0838 * Ip}$ |
| * Bowles (1996) kaynağından alınmıştır. | | |

Bu bağıntılarda,

S_p = serbest şışme yüzdesi,

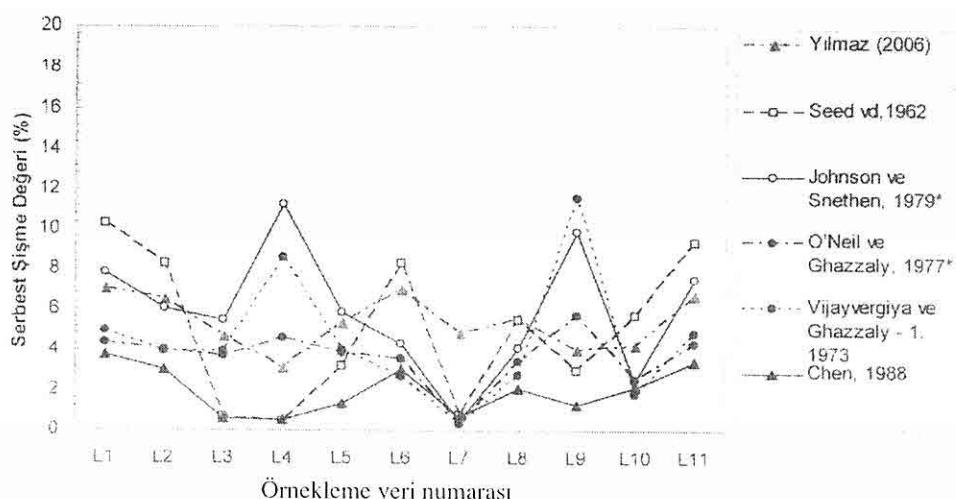
LL = likit limit (%) değeri,

w_n = doğal su içeriği (%)

KDK = katyon değişim kapasitesi (mek/100 gr)

Ip = plasitisite indisi (%) ve

γ_k = kuru birim hacim ağırlığı değerleridir.



Şekil 5. Önerilmiş şışme yüzdesi bağıntılarıyla hesaplanan şışme yüzdelerinin lokasyonlara bağlı olarak değişimleri.

*HANDERE FORMASYONU (KUZEY ADANA) KİLLİ SEVİYELERİNİN ŞİŞME
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ*

korelasyonlar bulunmamaktadır. Bununla birlikte bu çalışmada bu tür bir ilişkinin varlığı araştırılmış ancak elde edilen ilişkilerin zayıf kaldığı görüldüğünden metin içinde yer almamıştır.

Konsolidasyon deneyleri sırasında elde edilmiş olan (deneye bulunan) ve yukarıda belirtilen ilk bağıntı (3) kullanılarak elde edilmiş olan (formülle bulunan) şışme indisi değerleri Çizelge 11'de gösterilmiştir.

Çizelge 11. Konsolidasyon deneyleri sırasında deneye hesaplanan ve formülle bulunan sıkışma indisi değerlerinin veri noktalarına göre değişimleri.

| Lokasyon | CC | CS (deney) | CS (formül) | Fark Değer | Zemin Türü |
|----------|-------|------------|-------------|------------|------------|
| L1 | 0.142 | 0.050 | 0.035 | 0.015 | CH |
| L2 | 0.132 | 0.035 | 0.046 | 0.011 | CH |
| L3 | 0.065 | 0.036 | 0.023 | 0.013 | ML |
| L4 | 0.040 | 0.017 | 0.033 | 0.016 | ML |
| L5 | 0.066 | 0.034 | 0.044 | 0.010 | ML |
| L6 | 0.076 | 0.042 | 0.048 | 0.006 | CH |
| L7 | 0.079 | 0.031 | 0.042 | 0.011 | ML |
| L8 | 0.139 | 0.047 | 0.040 | 0.007 | CH |
| L9 | 0.126 | 0.050 | 0.031 | 0.019 | CL |
| L10 | 0.073 | 0.039 | 0.038 | 0.001 | CL |
| L11 | 0.149 | 0.038 | 0.033 | 0.005 | CH |

Bulunan her iki değerin örnek yerlerine göre değişimlerinin kıyaslanması amacıyla ortaya konmuş grafik Şekil 6'da verilmiştir. Deney ile bulunan değerlerin bazı veri noktaları için daha düşük bazları için ise daha yüksek değerler verdikleri görülmektedir. Her iki değerlendirme için en büyük fark değeri 0.019 olarak görülmektedir. Çizelge'de konsolidasyon deneyleri ile hesaplanmış olan Cc sıkışma

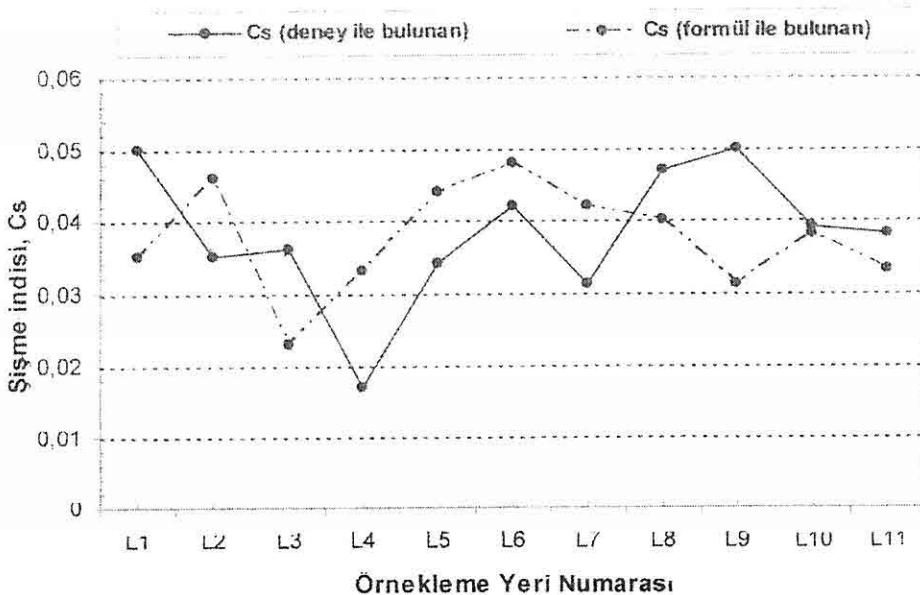
indisi değerleri de görülmektedir. Şekil 6'da, deney ile bulunan şışme indisi değerleri ile ampirik bağıntılar kullanılarak bulunan değerler arasında yorum yapılabilecek belirgin bir ilişki görülmemektedir. Bazı yerlerde deney ile bulunan değerler bazlarında ise formül ile bulunan değerlerin yüksek çıktığı görülmektedir. Bu durumun esas olarak kılıç iç yapısı ve kıl türü ve mineralojik özellikleri ile ilgili olabileceği düşünülmüştür.

7. SONUÇLAR

1- Literatürde sıkça karşılaşılan serbest şışme, şışme potansiyeli, şışme yüzdesi, şışme indisi parametreleri aslında zemine ait aynı özelliği tanımlamada kullanılan parametrelerdir.

2- Handere Kili CH, MH, CL ve ML grubunda yer alan ince tanelli birimlerden oluşmaktadır.

3- Farklı yerlerden alınan örneklerin



Şekil 6. Deney ve formülle bulunan sıkışma indisi değerlerinin örnek yerlerine göre dağılımları.

katyon değişim kapasitesi (KDK) değerlerinin 19.02 mek/100 gr ile 42.14 mek/100 gr arasında değişim gösterdikleri belirlenmiştir. L-6 ve L-8 örnek noktaları ile CH grubu zeminlerde KDK'nın en yüksek, L-3 ve L-7 örnek yerlerinin ise ML grubu zeminlerde en düşük değerleri verdiği tespit edilmiştir.

4- Killerin pH değerlerinin 8.25 – 8.91 gibi dar bir aralıkta değiştiği belirlenmiştir.

5- Deneyle belirlenmiş olan değiştirilmiş serbest şişme indisi değerlerine göre tüm örnekleme yerlerinde şişmenin derecesi "orta" olarak tanımlanmıştır.

6- Tek bir parametreye bağlı olarak yapılan şişme tanımlamalarının

güvenirliliklerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Değerlendirmelerde birden fazla etkin parametrenin kullanılması daha doğru sonuçların elde edilmesi açısından önem taşımaktadır.

7- İnceleme alanında yapışmanın yüksek katlı binalardan olması, yapıların Handere kilinin olası şişme etkisine maruz kalmasını engellemektedir. Ayrıca, killerin inceleme alanındaki dağılımlarına ve derinliklere bağlı olarak farklı şişme özelliklerini gösterebilecekleri de uygulamalarda dikkate alınmalıdır.

8. KAYNAKLAR

Bowles, J.E., 1996. *Foundation Analysis and Design, 5th Edition, McGraw-Hill Companies Publication,*

HANDERE FORMASYONU (KUZEY ADANA) KİLLİ SEVİYELERİNİN ŞİŞME
ÖZELLİKLERİİNİN İNCELENMESİ

- 1175 s.
- British Standards Institution (BSI), 1975. Methods of Test For Soils, Charles E. Merrill, Columbus, Ohio, 476 s.*
- Carter, M., Bentley, S.P., 1991. Correlations of Soil Properties, Pentech Press, London, 128 p.*
- Chen, F.H., (1988). Fondations on Expansive Soils, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.*
- Ergüler, Z.A., Ulusay, R., 2002. A Simple Test and Predictive Models for Assessing Swell Potential of Ankara (Turkey) Clay, Engineering Geology, 67, 331-352.*
- Gill, W.R., Reaves, C.A., 1957. Relationships of Atterberg limits and cation-exchange capacity to some physical properties of soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21, 491-494.*
- Gray, C.W., Allbrook, R., 2002. Relationships between shrinkage indices and soil properties in some New Zealand soils. Geo-derma 108 (3-4), 287-299.*
- Holtz, W.G., Gibbs, H. J., 1956. Engineering Properties Of Expansive Clays, Asce Transaction, 121, S. 641-663.*
- Holtz, W.G., 1959. Expansive clays—properties and problems. Q. Colo. Sch. Mines 54 (4), 89-117.*
- Karathanasis, A.D.. Hajek, B.F., 1985. Shrink-swell potential of montmorillonitic soils in udic moisture regimes. Soil Sci. Soc. Am. J. 49, 159-166.*
- McCormack, D.F., Wilding, L.P., 1975. Soil properties influencing swelling in Canfield and Geeburg soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39, 496-502.*
- Nagaraj, F., Murthy, B.R.S., 1985. Prediction of preconsolidation pressure and recompression index of soils, Geo. Tech. Journal, ASTM, Vol 8, No. 4, pp. 199-202.*
- O'Neill, M.W., Poormoayed, A.M., 1980. Methodology for foundations on expansive soils. Proc. Am. Soc. Civ. Eng., Journal Geotechnical engineering division, 106, 1345-1467.*
- Parker, J.C., Amos, D.F., Raster, D.L., 1977. An evaluation of several methods of estimating soil volume change. Soil Soc. Am. J. 41, 1059-1064.*
- Schmidt, G.C., 1961. Stratigraphic Nomenclature For The Adana Region Petroleum District, 7. Petroleum Administration Bull., 6, Ankara, s. 47-63.*
- Seed, H.B., Woodward, R.J., Lundgran, R., 1962. Prediction of swelling potential of compacted clays. Proc. ASCE Journal of Soil Mech. And Foundation Division, 88, 107-131.*
- Shi, B., Jiang, H., Liu, Z., Fang, H.Y., 2002. Engineering geological characteristics of expansive soils in China. Engineering Geology, 67, 63-71.*
- Sridharan, A., Prakash, K., 1986. Mechanism Controlling the Shrinkage Limit of Soils, Geotechnical Testing Journal 10 (2), 80-85*
- Sivapullaiah, P.V., Sitharam, T.G., Rao, K.S., 1987. Modified free swell index for clay. Geotechnical Testing Journal, ASTM, Vol 11, No. 2, p 80-85.*
- Thomas, P.J., 1998. Quantifying properties and variability of expansive soils in selected map units, Ph.D. Thesis, Virginia, 191 s.*
- Vijayvergiya, N.N., Ghazzaly, O.I.,*

1973. *Prediction of swelling potential for natural clays*. Proceedings of ASCE *Journal of Soil Mechanics and Foundation Division*, 90, 197-20.
- Yetiş, C., Demirkol, C., 1986. Adana Basenî Batti Kesiminin Detay Jeoloji Etüdü, MTA Derleme Rapor No. 8037, Ankara, 187s. (yayınlanmamış).
- Yılmaz, I., 2000. *Mühendislik Jeolojisinde Alan Araştırması*, Teknik Yayınevi, 216 s., Ankara.
- Yılmaz, I., 2006. Indirect estimation of the swelling percent and a new classification of soils depending on liquid limit and cation exchange capacity, *Engineering Geology*, 85, pp. 295-301.
- Yule, D.F, Ritchie, J.T., 1980. Soil shrinkage relationships of Texas vertisols: 1 small cores. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, 1285-1291.

NİĞDE SİNEKSİZYAYLA METAGABROSUNUN BETON AGREGASI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Ali GÖKOĞLU

Ç.Ü., Ceyhan Meslek Yüksekokulu, İnşaat Programı, Adana /Türkiye

Mustafa FENER

N.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde/Türkiye

Mehmet SÖYLEMEZ

Celal Bayar Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Manisa/Türkiye

ÖZET: Bu makale Niğde ili sınırları içerisinde geniş bir yayılım gösteren Sineksizyayla Metagabrosu üzerinde yapılmış bir çalışmayı kapsamaktadır. Bu metagabronun agrega olarak kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla bir seri analiz ve test yapılmıştır. İnce kesitler üzerinde mineralojik-petrografik analiz yapılmış ve kimyasal analiz ile bileşimleri belirlenmiştir. Kuru birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, görünür porozite, su emme gibi fiziksel özellikler ve tek eksenli sıkışma dayanımı, agrega darbe dayanımı (AIV), Los Angeles aşınma kaybı, sodyum sülfat çözeltisindeki don kaybı gibi mekanik özellikler tespit edilmiştir. Analiz ve test sonuçlarının değerlendirilmesiyle Sineksizyayla Metagabrosunun alkali reaktivitesi düşük çimentolarla kullanılması durumunda beton agregası olarak kullanılmasında bir sakınca olmayacağı anlaşılmıştır.

EVALUATION OF NİĞDE SİNEKSİZYAYLA METAGABBRO AS CONCRETE AGGREGATE

ABSTRACT: This paper describes a study carried out on Sineksizyayla Metagabbro spreading in Niğde Area. Numerous analyses and tests were performed on Sineksizyayla Metagabbro to investigate the possibility of using it as aggregate. Mineralogical-petrographical analysis were conducted on thin sections and chemical compositions was obtained by chemical analysis. Physical properties such as dry unit weight, specific gravity, effective porosity, water absorption and mechanical properties such as uniaxial compressive strength, aggregate impact value (AIV), Los Angeles abrasion value, sodium sulphate soundness were determined. According to the results of the analyses and the tests were evaluated, it was concluded that Sineksizyayla Metagabbro can be used as concrete aggregate by cement that has low alcali reactivity.

1. GİRİŞ

Teknolojinin hızla ilerlemesi ve bununla beraber nüfusun önemli ölçüde artması, dünyada ve ülkemizde yapı sektöründe önemli derecede değişikliğe sebep olmuştur. Önceleri tek katlı olarak yapılan konutların yerini çok katlı binalara bırakması, otobanlar, barajlar, tüneller, nükleer enerji santralleri gibi endüstriyel amaçlı inşaa edilen binaların hızla artması, bu gelişmelere paralel olarak beton agregasına olan gereksinimi doğurmuştur. Önceleri yapı malzemesi olarak kullanılan dere ve ırımkumlarının bu gereksinime cevap vermede yetersiz kalması ve kullanımından kaynaklanan bazı dezavantajların (Alkali Silis Reaktivitesi gibi) laboratuvar deneyleriyle ispatlanması, yapı sektörünü alternatif beton agregası üretme yoluna itmiştir.

Bu çalışmada; Sineksizayla Metagabrosunun beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Sineksizayla Metagabrosunun mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek için ince kesitleri hazırlanmış ve jeokimyasal analizleri ile birlikte alkali-silis reaktivitesi (ASR) değerlendirilmesi yapılmıştır. Fiziksel özelliklerinden; kuru birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, görünürlük porozite, hacimce ve ağırlıkça su emme ve don kaybı değerleri belirlenmiştir. Mühendislik özelliklerinden tek eksenli sıkışma dayanımı, agrega darbe dayanımı (AIV), Los Angeles aşınma kaybı (LA), Schmidt çekici geri tepme sayısı (sertlik değeri) ölçülmüştür.

Laboratuvar deneylerinde kullanmak amacıyla yaklaşık 40x40x20 cm boyutlarında 6 adet blok alınmıştır. Ayrıca bazı deneyleri yapabilmek için araziden blok olarak alınan numuneler değişik çaplardaki eleklerden geçerek şekilde çeneli konkasörle kırılmıştır.

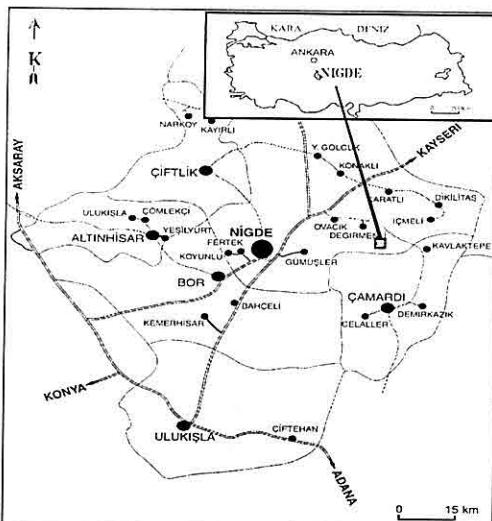
Sineksizayla Metagabrosunun mühendislik özelliklerini belirleyebilmek için yapılan laboratuvar çalışmalarında ISRM (1981) ve TSE standartlarına bağlı kalılmıştır.

2. SİNEKSİZYAYLA

METAGABROSUNUN KONUMU VE KAYA BİRİMLERİNİN JEOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Çalışma alanı Orta Anadolu'nun güneyinde Niğde il sınırı içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Kaya birimini temsil eden metagabro Niğde'nin doğusunda, Çamardı'nın kuzeyinde yer almaktadır. Niğde Grubu kayalarını kesen Sineksizayla Metagabrosu'nun yaşı Senomaniyen ve öncesidir (Korkanç ve Gürel, 2001). Çalışma alanı Kozan J19 paftası içerisinde bulunmaktadır. Niğde bölgesindeki metamorfikler içerisinde birçok kesimlerde irili ufaklı kütler halinde bulunan gabro ailesinden kayaçlar ilk kez Göncüoğlu (1977) tarafından isimlendirilmiştir. Bu kayaçların en büyüklerinden birisi Sineksizayla'da gözlenir ve birim adını da buradan almıştır. Sineksizayla Metagabrosu çeşitli aşamalarda deformasyon ve metamorfizma geçirmiş gabrolardan oluşmaktadır (Şekil 2).

NİĞDE SİNEKSİZYAYLA METAGABROSUNUN BETON AGREGASI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

3. MİNERALOJİK-PETROGRAFİK VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİN ANALİZİ

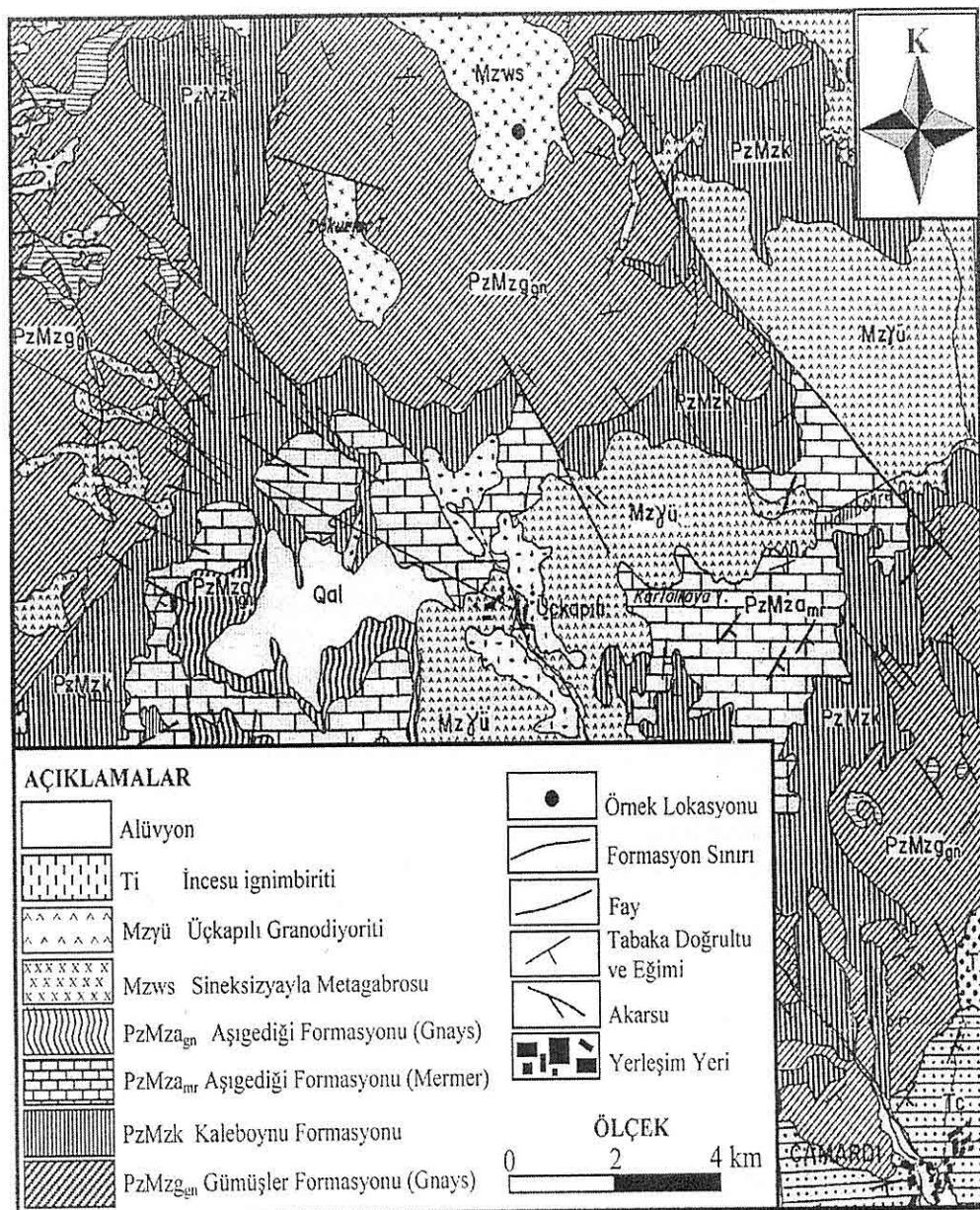
Sineksiz yayla Metagabrosuna ait örneklerin, mineralojik bileşim, doku, boşluk oranı ve ayrışma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hazırlanan ince kesitler petrografi laboratuvarında polarizan mikroskop altında incelenmiştir.

Sineksiz yayla Metagabrosu makroskobik olarak koyu gri ve siyah renk tonlarında, masif, boşluksuz, yüzey kısımlarında yer yer biyotitleşme ve milonitleşmenin görüldüğü, tanelenme derecesine göre faneritik, kristallenme derecesine göre holokristalin özellikli bir dokuya sahip olduğu gözlenmiştir. Mikroskop altında yapılan incelemelere göre kayaç piroksen, amfibol, feldispat ve çok az miktarda bulunan klorit ve serizitten oluşmaktadır (Çizelge 1).

Bileşiminde belirli mineraller (opal, çört, kalsedon, tridimit, kristobalit, mikro kristalli kuvars, doğal volkanik camlar) bulunan agregalar, betonda oluşan alkali hidroksitlerle reaksiyona girer ve beton genleşmesine neden olurlar (Arslan, 2001). Reaksiyonun neden olduğu beton genleşmesi, belirli sınırları aştiği zaman beton içerisinde potansiyel bir tehlike oluşturur. Yaygın olarak kullanılan beton agregalarının bünyesinde reaktif silis mineralleri bulunma olasılığının daha fazla olması nedeniyle alkali-silos reaktivitesi (ASR) ile karşılaşma olasılığı yüksektir.

Betondaki alkali miktarı arttıkça alkali-silos reaktivitesi (ASR) potansiyeli de artar. ASR'nin artması sülfat etkileri, tabii don, donma ve çözünmenin etkilerinin hızlanarak artmasına neden olur (Arslan, 2001).

Yapılan petrografik çalışmalarlığında metagabrodan alınan kaya numunelerinin kimyasal analizleri ICP metodu ile, alkali-silos reaktivitesi (ASR) (kimyasal metod) ise ASTM C289-94 (1997) standartına uygun olarak belirlenmiştir. Alkali-silos reaktivitesi deney sonuçlarına göre Sineksiz yayla Metagabrosunun çözünmüş silis konsantrasyonu (Sc) 78.3 mmol/l, alkalinitet azalması (Rc) ise 87.3 mmol/l olarak bulunmuştur. Bu değerlerin Şekil 3'teki konumu kontrol edildiğinde söz konusu metagabronun alkali-silos reaktivitesi (ASR) yönünden zararlı agregalar sınıfına girdiği gözlenmektedir. Sineksiz yayla Metagabrosunun içerisindeki Na_2O ve K_2O bileşimlerinin fazla olması nedeniyle uygun çimento

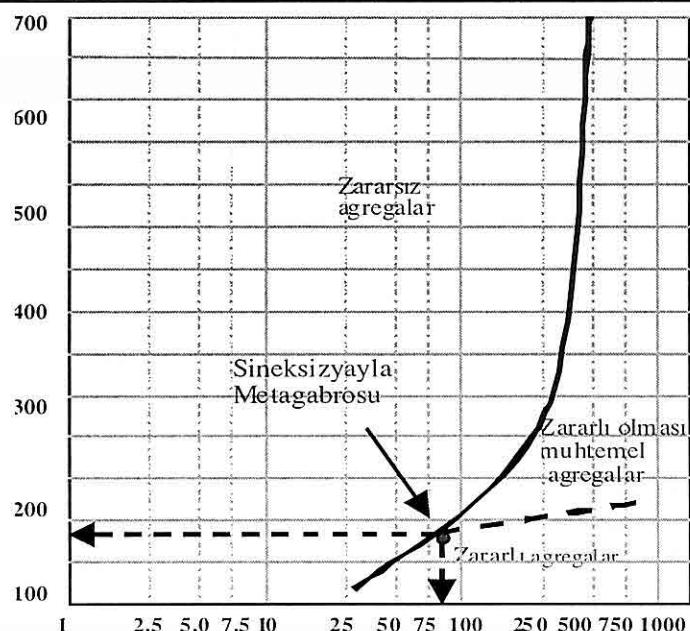


Şekil 2. Çalışma alanının jeolojik haritası (MTA, 1990).

*NİĞDE SİNEKSİZYAYLA METAGABROSUNUN BETON AGREGASI OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ*

Çizelge 1. Sineksiz yayla Metagabrosunun makroskobik ve mikroskobik özelliklerı.

| MAKROSKOBİK ÖZELLİKLER | | MİKROSKOBİK ÖZELLİKLER | | |
|-------------------------------|--|------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Renk | Koyu gri- Siyah | Mineraller | Modal Sınıf. | Göz. Dokular |
| Mineral Dizilimi (Yönlenmesi) | Çok iri taneli amfiboller, piroksenlerde çok az yönlenme | K. Piroksen | % 50 | İdioblastik Doku |
| Yapısal Özellikler | Masif | Amfibol | % 25 | İdioblastik Doku |
| Ayırışma | Yüzey kısımlarında yer yer biyotitleşme | Plajiyoklas | % 15 | |
| Çatlaklıklık | Yok | Klorit | % 4 | |
| Mineraller | Piroksen, Amfibol | Titanit | % 2 | Holokristalin Doku İri Taneli Doku |
| Dokusal Öz. | Faneritik Doku Holokristalin Doku | Serizit | % 2 | Anhedral Doku |
| Yerleşim Biçimi | Dayk | Rutil | % 1 | |



Çözünen Silis (SiO_2) (Sc) mmol/lt

Sekil 3. Sineksiz yayla Metagabrosunun alkali azalması (Rc) ve çözümmüş silis orası (Sc) diyagramı (Neville, 2003) üzerindeki konumu.

türleri (düşük Na₂O ve K₂O) kullanılması durumunda beton agregası olarak kullanılmasında bir sakınca olmayacağı anlaşılmıştır.

Metagabroya ait kimyasal analiz sonuçlarının ortalaması Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Kayacın ortalama kimyasal analiz sonuçları

| Ana element oksitleri | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | CaO | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | Top. |
|---|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------------------|-------------------|------|------------------|-------------------------------|------|-------|
| Yüzde Dağılım (%) Sineksizıyla Metagabrosu | 44.56 | 19.59 | 8.24 | 1.24 | 5.59 | 6.65 | 1.79 | 0.65 | 7.79 | 3.88 | 99.98 |

Bu sonuçlardan metagabro içerisinde SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, P₂O₅ bileşimlerinin yoğun olduğu belirlenmiştir. Kayacın SiO₂ değerinin düşük olması nedeniyle Al₂O₃ ve Fe₂O₃ bileşimleri yüksek bir yüzde değerine sahiptir. Kayacın piroksen ve amfibol gibi yoğunluğu yüksek minerallerden oluşması bu bileşimlerin (Al₂O₃, Fe₂O₃) yüksek olma nedenini ve aynı zamanda kayacın bazik olduğunu ortaya koymaktadır. Apatit minerali kor kırıntılı kayaçlar ve metamorfizmaya uğrayan kayaçlar içinde birincil aksesuar minerali olarak bulunur. Kayaçların metamorfizmaya uğraması sırasında kimyasal bileşim taşınması söz konusu olabilir. Bu nedenle, P₂O₅ değerinin metagabronun metamorfizmaya uğraması sırasındaapatit minerallerinin bileşiminde taşıdığı fosfor (P) elementinden dolayı yüksek çıktıığı düşünülmektedir.

Kayaç içerisindeki TiO₂ elementinin kaynağı olan, kalkalen ve alkalen kayaçlar içerisinde birincil aksesuar minerali olarak bulunan titanit (sfen) apatit ve nefelin ile birlikte ana bileşende bulunabilir.

4. FİZİKSEL VE MEKANİKSEL

ÖZELLİKLER

Sineksizıyla Metagabrosuna ait fiziksel ve mekaniksel özellikler laboratuvara ISRM (1981) yöntemine ve ASTM D2938-95 (2003), ASTM D2845-00 (2003), ASTM C289-94 (1997), TS 699 (1987), TS 707 (1980), TS EN 1097-6 (2002), TS EN 1097-2 (2000), TS EN 1367-1 (2001), BS 882 (1992), TS 706 (1980), TS 706 EN 12620 (2003) standartlarına uygun olarak incelenmiştir. Metagabronun özgül ağırlık (G), kuru birim hacim ağırlık (γ_k), görünür porozite (gözeneklilik) (n_g), ağırlıkça su emme (A_w), hacimce su emme (H_w) gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 3).

Metagabronun tek eksenli sıkışma dayanımı, Schmidt çekici geri tepme sayısı, Los Angeles aşınma değeri, agrega

NİĞDE SİNEKSİZYAYLA METAGABROSUNUN BETON AGREGASI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

darbe dayanımı (AIV), don kaybı, ultrasonik ses dalga hızı ayrı ayrı başlıklar altında ele alınmıştır.

Metagabronun Moos ve Quervain (1948)'in porozite sınıflandırma sistemine göre "Çok Kompakt Kaya; $n < 1$ " sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir. CIRIA / CUR (1991; Acir ve Topal, 2005)'un ağırlıkça su emme sınıflandırmasına göre metagabronun "Çok İyi Kaya; $A_w \leq 0.5$ " sınıfında; özgül ağırlık sınıflandırmasına göre "Çok İyi Kaya; $G \geq 2.9$ " sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Kayacın özgül ağırlığının 2.94 olması, beton agregası olarak kullanılacak malzemelerin özgül ağırlığının $G \geq 2.6$ olması koşulunu (Arioglu ve diğ., 1999) sağlamaktadır. Metagabro, Anon (1979)'un kuru birim hacim ağırlığını baz alarak yapmış olduğu sınıflandırmada kuru birim hacim ağırlığı "Çok Yüksek Kaya; $\gamma_k \geq 2.75$ " sınıfında yer almaktadır. Cormon (1973)'ün kuru birim hacim ağırlığı baz alarak yapmış olduğu sınıflandırmaya göre ise "Yarı Ağır Yapı Malzemeleri ($\gamma_k : 2.92 \text{ gr/cm}^3$; 28.64 kN/m^3 ; $2.5 > \gamma_k > 3.00$ " sınıfına girmektedir.

Kayacın hacimce su emme ortalama değeri % 0.38, ağırlıkça su emme ortalama değeri ise % 0.13 olup (Çizelge 3) standartlarda belirtilen % 1'lik sınır değerinin altında kaldığı belirlenmiştir. Kayacın su emme değerinin düşük olması kayacın dayanımını pozitif yönde etkilemesi nedeniyle son derece önemlidir.

Schmidt Çekici Sertliği

Arazi çalışmaları sırasında kaya blokları yüzeyinde N tipi Schmidt çekici

yatay düzleme dik kullanılarak kayacın sertlik değerleri ISRM (1981) yöntemine uygun olarak belirlenmiştir. Deney sonucunda Metagabronun Schmidt çekici geri tepme sayısına göre (sertlik değeri) De Beer (1967)'in yapmış olduğu sınıflandırmada "Fevkalade Sert Kaya" sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Metagabrodan konkasör yardımıyla kırılarak hazırlanan agreganın sertlik derecesinin fazla olması, köşeli-kübik tane şeklinde ve pürüzlü olması çimento harcı ile olan aderansının yüksek olabileceğini işaret etmektedir.

Na_2SO_4 Çözeltisinde Don Kaybı

Sineksizyayla Metagabrosunun sodyum sülfat çözeltisindeki don kaybı TS 699 (1987) standardına göre belirlenmiş olup, don kaybının % 6.34'lük değerle TS 706 (1980)'de belirtilen %18'lik sınır değerinin altında kaldığı gözlenmiştir. Buna ek olarak Metagabronun ASTM C33 (1987) standardında (Arioglu, 2001) belirtilen % 12'lik sınır değerinin de altında kaldığı tespit edilmiştir. Metagabronun su emme değerinin standartlarda belirtilen sınır değerinin altında olması (su emme<1) dona dayanıklılığının çok yüksek olduğunu göstermektedir.

Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı

Tek eksenli sıkışma deneyi ASTM D2938-95 (2003) standardına uygun olarak yapılmış olup, kayacın tek eksenli sıkışma dayanımı 73.22 MPa olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4). Kuru birim hacim ağırlığının ($28.64 \text{ kN/m}^3 : 2.92 \text{ gr/cm}^3$) yüksek olması kayacın porozitesinin

Çizelge 3. Metagabronun fiziksel özelliklerı.

| | Deney sayısı | Sineksizıyla Metagabrosu | Standart sapma |
|--|--------------|-----------------------------|-------------------|
| Özgül ağırlık (G) | 17 | 2.94 | ± 0.038 |
| Kuru birim hacim ağırlık (γ_k), kN/m ³ | 17 | 28.64 | ± 0.006 |
| Görünür porozite (n_g), (%) | 17 | 0.38 | ± 0.120 |
| Ağırlıkça su emme oranı (A_w), % | 17 | 0.13 | ± 0.106 |
| Hacimce su emme oranı (H_w), % | 17 | 0.38 | ± 0.042 |

Çizelge 4. Metagabroya ait mekaniksel özellikler.

| Parametreler | Deney Sayısı | Sineksizıyla Metagabrosu | Standart Sapma |
|---|--------------|-----------------------------|----------------|
| Tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa) | 25 | 73.22 | ± 8.160 |
| Schmidt çekici geri tepme sayısı | 18 | 64 | |
| Ultrasonik ses dalga hızı (m/sn) | 10 | 5946 | |
| Na_2SO_4 çözeltisindeki don kaybı (%) | 3 | 6.34 | |
| Los Angeles aşınma kaybı (100 Devir), (%) | 3 | 2.56 | |
| Los Angeles aşınma kaybı (500 Devir), (%) | 3 | 10.16 | |
| Darbe kaybı, (%) | 3 | 22.47 | ± 0.642 |

düşük olduğunu ve buna bağlı olarak tek eksenli sıkışma dayanımının yüksek olduğunu göstermektedir. Deere ve Miller (1966)'ın tek eksenli sıkışma dayanımını baz alarak yapmış olduğu sınıflandırmaya (Ulusal, 2001) göre metagabronun "Orta Dayanımlı Kaya" sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

Los Angeles Aşınma Kaybı

Metagabronun Los Angeles aşınma kaybı TS EN 1097-2 (2000)'e uygun olarak yapılmış olup, kayacın 100 devir ve 500 devir sonundaki aşınma kaybı

belirlenmiştir. Kayacın 100 devir sonundaki aşınma kaybı (LA_{100}) % 2.56; 500 devir sonundaki aşınma kaybı (LA_{500}) ise % 10.16 olarak bulunmuştur (Çizelge 4). Aşınma kayıpları ilgili sonuçlar TSE 706 EN 12620 (2003) "Beton Agregatları" standartları ve ASTM C33 (1987) standartlarına (Arioglu ve dig., 2001) göre değerlendirilmiştir.

Los Angeles aşınma kaybı (LA) ne kadar küçükse, agreganın aşınmaya karşı direnci o kadar yüksektir. Metagabronun düşük poroziteye sahip olması, sertlik derecesi orta derecede olan minerallerden

NİĞDE SİNEKSİZYAYLA METAGABROSUNUN BETON AGREGASI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

(piroksen, amfibol vb.) oluşması aşınma dayanımını artırılmış ve Los Angeles aşınma kaybı değerinin düşük çıkışmasına neden olmuştur. Kayacın Schmidt çekici geri tepme sayısının (sertlik değerinin) fazla olması da Los Angeles Aşınma Kaybının düşük çıkma nedenini ortaya koymaktadır. Beton agregası olarak kullanılacak malzemede 100 devir sonundaki Los Angeles Aşınma Kaybı (L_{100}) sınır değeri $\leq \% 10$; 500 devir sonundaki Los Angeles Aşınma Kaybı (L_{500}) sınır değeri $\leq \% 50$ olmalıdır. ASTM C33 (1987) standardına göre kayacın 500 devir sonundaki aşınma kaybı sınır değeri $\leq \% 50$ olmalıdır. Yol, havaalanı agregası olarak kullanılacak malzemede 500 devir sonundaki Los Angeles Aşınma Kaybı sınır değeri $\leq \% 30$ olmalıdır (Arioglu ve dig., 1999).

Los Angeles aşınma deneyi sonucuna göre 500 devir sonundaki aşınma kaybının $\% 10.16$ olduğu ve standartlarda belirtilen sınırın ($L_{500} \leq \% 30$) altında kaldığı belirlenmiş olup, Sineksiziyayla Metagabrosunun aşınma dayanımı açısından agreya ve yapı malzemesi olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Agrega Darbe Katsayısı (AIV)

Metagabronun agrega darbe katsayısı (AIV), TS EN 1097-2 (2000)'e standardına uygun olarak belirlenmiştir. İnceleme sonucunda kayacın agrega darbe katsayısı (darbe kaybı)'nın $\% 22.47$ olduğu (Çizelge 4) ve standartlarda (BS 882, 1992) belirtilen sınırın ($\leq \% 45$) altında kaldığı tespit edilmiştir. Kayacın

sertlik değeri orta derecede olan (sertlik:5-6) minerallerden (piroksen, amfibol, plajiyoklas) oluşması aggregaların darbe katsayıları (darbe kaybı) değerinin düşük çıkma nedenini ortaya koymaktadır.

Ultrasonik Dalga Hızı

Metagabronun ultrasonik ses dalga hızı ASTM D2845-00 (2003) standardına uygun olarak belirlenmiştir. Kayaca ait silindirik numuneler üzerinde elastik boyuna ses dalgasının karot örneklerini kat etme zamanı ölçülerek ultrasonik ses dalga hızı tespit edilmiştir. Elastik boyuna ses dalgasının metagabroya ait karot numunesini geçisi 18.6 μ sn gibi bir sürede gerçekleşmiş ve hızı 5.9 km/sn olarak belirlenmiştir. Su emme ve ultrasonik ses dalga hızı arasında negatif bir ilişki vardır. Metagabronun porozitesinin ve buna bağlı su emme oranın düşük olması ultrasonik ses dalga hızının yüksek çıkma nedenidir. Kayaçlarda ultrasonik ses dalga hızı ile tek eksenli sıkışma dayanımı arasında pozitif yönde bir ilişki vardır. Kayacın porozitesinin düşük olması nedeniyle kuru birim hacim ağırlığı yüksektir. Kayacın kuru birim hacim ağırlığının yüksek olması, tek eksenli sıkışma dayanımını artırmakta ve aynı zamanda ultrasonik ses dalga hızının yüksek çıkışmasını sağlamaktadır. Metagabro IAEG'nin ultrasonik ses dalga hızını baz alarak yapmış olduğu sınıflandırmada (Al Zou'bi, 1993) "Çok Yüksek Kaya; >5000 m/sn-5 km" sınıfına girmektedir.

5. SONUÇLAR

Sineksiziyayla metagabrosunun

mineralojik-petrografik, kimyasal ve mühendislik özellikleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

-Alkali silis reaksiyonu yönünden metagabronun zararlı agregalar sınıfında yer aldığı; alkali reaktivitesi düşük çimentolarla kullanılması durumunda beton agregası olarak kullanılmasında bir sakınca oluşturmayacağı anlaşılmıştır.

- Kayacın özgül ağırlığı 2.94, kuru birim hacim ağırlığı 28.63 kN/m^3 (2.92 gr/cm^3), görünürlük porozitesi % 0.38'dir. Kuru birim hacim ağırlığının fazla olması kayacın dayanımı açısından önemlidir. Kayaç, kuru birim hacim ağırlığı göz önünde bulundurularak yapılan sınıflandırma sonucunda kuru birim hacim ağırlığı "Çok Yüksek Kaya" sınıfına; porozite (gözeneklilik)'ye bağlı kalınarak yapılan sınıflandırma sonucunda ise "Çok Kompakt Kaya" sınıfına girdiği tespit edilmiştir.

-Kayacın ağırlıkça su emme oranı % 0.13, hacimce su emme oranı % 0.38'dir. Kayacın su emme oranının düşük olması kayacın sodyum sülfat çözeltisindeki don kaykı değerinin düşük olmasını sağlamaktadır.

-Kayaç, Schmidt çekici sertliğine göre "Çok Sert Kaya" sınıfındadır. Kayacın orta sertlikteki mineralerden (piroksen, amfibol, feldispat) oluşması ve kuru birim hacim ağırlığının yüksek bir değere sahip olması sertlik değerinin yüksek çıkma nedenidir. Ayrıca Metagabro'nun sertlik değerinin yüksek, Los Angeles aşınma kaykı değerinin ise düşük çıkması birbirini desteklemektedir.

- Na_2SO_4 çözeltisi içerisindeki %

6.34'lük don kaybının standartlarda belirtilen sınırın altında kaldığı belirlenmiştir. Don kaybının düşük olması kayacın porozitenin düşük olması ve buna bağlı olarak su emme özelliğinin düşük olmasından ileri gelmektedir.

-Kayaç, tek eksenli sıkışma dayanımına göre "Orta Dayanımlı Kaya" sınıfına girmektedir.

-Los Angeles aşınma deneyi sonucuna göre 500 devir sonundaki aşınma kaybının % 10.16 olduğu ve standartlarda belirtilen sınırın ($L_{500} \leq \% 30$) altında kaldığı belirlenmiştir. Kayacı oluşturan mineralerlerin sertlik derecesinin fazla olması nedeniyle aşınma değeri çok düşük çıkmıştır.

-Agrega darbe katsayısı (AIV)'nin % 22.47 olduğu ve standartlarda belirtilen sınırın ($AIV \leq \% 45$) altında kaldığı belirlenmiştir.

Yukarıda analizi yapılan özellikler ISRM yöntemi ve TS standartlarında belirtilen özelliklere uygun olduğundan kayacın beton agregası olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

6. TEŞEKKÜR

Yazarlar "Niğde Bölgesindeki Kaya Birimlerinin Jeolojik ve Mekanik Özellikleri ile Bu Birimlerin Alternatif Beton Agregası Olarak Kullanıma Uygunluğunun Araştırılması" adlı projeye sağladığı maddi destekten dolayı Niğde Üniversitesi Rektörlüğüne ve Araştırma Fonuna teşekkür ederler.

7. KAYNAKLAR

Acır, Ö., ve Topal, T., 2005. Helaldi

*NİĞDE SİNEKSİZYAYLA METAGABROSUNUN BETON AGREGASI OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ*

- (Sinop) Dalgakıranında Dolgu Malzemesi Olarak Kullanılacak Kayaların Kalitelerinin Belirlenmesi. Mühendislik Jeolojisi Bülteni, sayı:21, 1-17.
- Al-Zou'bi, M., 1993. Evaluation of the Physical and Properties of some Selected Northern Limestone rocks in Jordan (M.Sc. Thesis), Jordan University of Science and Technology, Irbid, Jordan, 250p.
- Anon, 1979. Classification of Rocks and Soil for Engineering Geological Mapping. Part:1, Rock and Soil Materials, Report of the Commision of Engineering Geological Mapping, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, No:19, pp. 364-371.
- Arslan, M., 2001. Beton (Dökümü, Kalıpları, Kusurları, Dayanıklılığı). Atlas Yayın, 237s., İstanbul.
- Arioglu, E., Arioglu, N., ve Yilmaz, A., O., 1999. Çözümlü Beton Agregatları. Evrim Yayinevi, 178s., İstanbul.
- ASTM C33, 1987. Standard Specification for Concrete Aggregates. In: Annual Book of ASTM Standards, PA.
- ASTM C289-94, 1997. Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method). In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.02, West Conshohocken, PA., 157-163.
- ASTM D2845-00, 2003. Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock. In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, Conshohocken, PA., 292-297.
- ASTM D2938-95, 2003. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens. In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, Conshohocken, PA., 323-325.
- BS 882, 1992. Specification for aggregates from natural sources for concrete. British Standards Institution, 14p.
- CIRIA/CUR, 1991. Manual on the Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering. CIRIA Special Publication 83, Report:154, London, 607p.
- Cormon, P., 1973. Beton de Granulats Legers, Edition Eyrolles, Paris.
- Deere, D. U., and Miller R., P., 1966. Engineering Classification and Index Properties of Intact Rock. Tecchnical Report No: AFNL-TR-65-116, Kirtland Air Force Base Weapons Laboratory, New Mexico.
- De Beer, J.H., 1967. Subjective classification of the hardness of rocks and the associated shear strength. 4th. Regional African Congress. Soil Mechanics, Foundation Engineering. Cape Town, 396-398.
- Göncüoğlu, M. C., 1977. Niğde Masifinin Jeolojisi. M.T.A. Yayınları Derleme Raporu, No: 7856, Ankara, 7-80s.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. Rock Characterization, Testing and Monitoring: ISRM Sugested Methods. E.T. Brown (ed), Pergamon Pres, 211pp., Oxford.
- Korkanç., M., ve Gürel., A., 2001. Ecemış Fay Kuşağı Boyunca Eynelli-Bademdere (Niğde) Bölgesinin tektonik

- İncelemesi. Niğde Üniversitesi, Müh-Mim. Fakültesi Ecemis Fay Kuşağı Çalışma Grubu Workshop-I Bildiriler, s.171-181.*
- Moos, A.V. and Quervain, F.De., 1948. Technische Gesteinkunde, Verlag Birkhauser, Basel.*
- MTA, 1990. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Türkiye Jeolojisi Haritaları Serisi. Kozan J19 Paftası.*
- Neville., A., M., 2003. Properties of Concrete. Pearson-Prentice Hall, Fourth Edition, pp.144-147.*
- TS 699 / Ocak 1987. Tabi Yapıtaşları Muayne ve Deney Metotları. TSE, Ankara, 84s.*
- TS 706, 1980. Beton Agregatları. TSE, Ankara, 46s.*
- TS 706 EN 12620 / Nisan 2003. Beton Agregatları. TSE, Ankara.*
- TS 707/Aralık 1980. Beton Agregalarından Numune Alma ve Deney Numunesi Hazırlama Yöntemi", TSE, Ankara, 9s.*
- TS EN 1097-2, 2000. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini için Metotlar, TSE, Ankara, 29s.*
- TS EN 1097-6, 2002. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini. TSE, Ankara, 29s.*
- TS EN 1367-1, 2001. Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 1: Donma ve Çözünmeye Karşı Direncin Tayini. TSE, Ankara, 11s.*

KEMERHİSAR (NİĞDE) YÖRESİ DOĞAL KARBONDİYOKSİT (CO_2) GAZININ ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM TEKNİĞİ

M.Gürhan YALÇIN

N.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde/Türkiye

ÖZET: Kemerhisar (Niğde) Bölgesi, Bahçeli ve Havuzlu mevkilerinde volkanizmaya bağlı, doğal olarak oluşan karbondiyoksit, renksiz, kokusuz, havadan daha ağır, ekşimsi ve su ile birleştiğinde zayıf asit özelliğinde, karbonik asit oluşturan bir gazdır. Bu çalışma, buradaki jeolojik özelliklerini, uygun sondaj yöntemlerini, su+ CO_2 çıkarılmasını, üretim tesislerine aktarılmasını, CO_2 elde edilmesi için uygulanan üretim teknolojisinden oluşan bir sürecin ayrıntılı incelenmesini kapsamaktadır.

Karbondiyoksit, gri renkli killi kireçtaşı, çamurtaşısı, kil ve marn arдалanmasına sahip Gökbez Formasyonu içerisinde yer almaktadır. Sondaj kuyularından en az 700 kg/saat en fazla 1.100 kg/saat olarak çıkarılan karbondiyoksit+su, kuyu başında ilk ayırm işlemeye tabii tutulur. Daha sonra kalan kısım yine karbondiyoksit+su şeklinde, gaz toplama borularıyla ara kollektörlere toplanır. Rutubeti alınan karbondiyoksit gaz itici kompresörlerle (blower) fabrikaya nakledilir. Fabrika girişinde tekrar rutubeti alınır ve CO_2 kompresörüne nakledilir. Sıkıştırılan gaz ilk soğutma sistemi olan 3 adet kondanserden geçirilir. Buradan gazın nemini almak üzere kurutucu sisteme gönderilir. Daha sonra, yağ tutucu olan aktif karbondan geçirilen gaz, evaporatöre gönderilir. Evaporatörde NH_3 kompresörü vasıtıyla son soğutmadan geçirilir ve gaz, stok tanklarına ilettilir.

% 95 randimanla çalıştığı zaman karbondiyoksit fabrikasının kapasitesi, yapılan saatlik kronometrajda 4.4 ton olarak belirlenmiştir. CO_2 gazi için görünüş, asitlik, indirgen maddeler ve CO uygundur. CO_2 , % 99.9-99.4, ve nem, % 0.02-0.03 arasındadır. Toplam kükürt bileşikleri (kükürt cinsinden), arsenik, yağ, azot oksitleri (NO_2 cinsinden) bulunmamaktadır. Karbondiyoksit gazi, 11 bar basınç ve -35°C'de sıvı hale dönüştürüülür. Ayrıca 15 bar basınç altındaki gaz yaklaşık -80°C sıkıştırılma ile kuru buz haline getirilmiştir.

Kemerhisar karbondiyoksiti gıda sektörü, yangın söndürme cihazları, alkali nötralizasyonu, kalıp ayarları, bitki yetiştirme, meşrubatlar, kozmetik sanayi, deodorantlarda taşıyıcı gaz olarak ve kimyasal madde üretiminde sıkça kullanılmaktadır.

FEATURES OF NATURAL LIQUID CARBON DIOXIDE IN KEMERHİSAR (NİĞDE) AND ITS PRODUCTION TECHNIQUE

ABSTRACT: Carbon dioxide obtained in Bahçeli and Havuzlu in Kemerhisar, Niğde, Turkey, is colorless, odorless and sourish gas which naturally occurs and forms

carbonic acid and which is heavier than air and slightly acidic when combined with water. The aim of this study was to investigate geological features of the region, appropriate drilling methods, taking water plus carbon dioxide out, their transportation to production plants and the process used to obtain liquid carbon dioxide.

CO₂ takes part in Gökbez Formation which contains grey colored limestone, mudstone, clay and marn. CO₂+water which obtain minimum 700 kg/h and maximum 1100 kg/h are divorced at entrance of well, firstly. Then other part of CO₂+water is collected at distance collector with gas pipes. CO₂ is gas, which contains no humid, transport to fabric with blowers. Humid of CO₂ is taken at entrance of fabric and it sent to CO₂ compressor. Pressed gas is passed from 3 condensers. Gas sent to drying system for taking it's humid. Then gas, which passed oil conservative active carbon, sent to evaporator. Here, it is passing last cooling with NH₃ compressor and licit gas sent to stock tanks.

When output of CO₂ fabric is %95, capacity of fabric determinated as 4.4 tones with cronometrage at hour. For licit CO₂ appearance, acidity, CO is suitable but there are no CO₂ (%99.9-99.4), humid (%0.02-0.03), compound of sulphur, arsenic, oil, azoth oxides. CO₂ gas transforms to liquid at 11 bar pressure and -35°C. In addition CO₂ transform to dry ice at 11 bar pressure and nearly -80°C.

Carbon dioxide obtained in Kemerhisar is frequently used in food industry, in fire extinguishers, neutralization of alkaline substances, mould adjustments, growing plants, drinks, cosmetics, deodorants and production of chemicals.

1. GİRİŞ

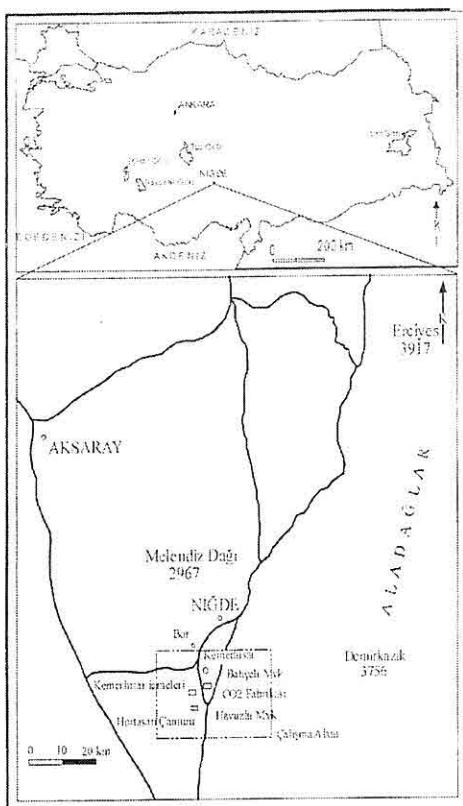
Kemerhisar Karbondiyoksit Fabrikası, Niğde'nin Kemerhisar kasabasının yaklaşık 3 km. güneydoğusunda bulunur. Karbondiyoksit yatakları, Hortasan içmelerinin yakınındaki Bahçeli kasabası ve Havuzlu köyü mevkilerinde (Şekil 1), Kayseri İ-19 pastası içerisinde yer alır. Fabrika, Bor tren istasyonuna yaklaşık 6 km. mesafede bulunması nedeniyle gaz nakliyatı, kolaylıkla yapılabilmektedir.

KARBONDIYOKSIT (CO₂). renksiz, kokusuz, yanma özelliği olmayan, özgül ağırlığı 1 atm basınç ve 0°C sıcaklık 1.964 kg/m³ özellikle olup, havada yaklaşık bir buçuk kat daha ağırdır (Gönenç, 1990; Yılmaz, 1994).

Herhangi bir basınç altında sıvı karbondiyoksit serbest basınçta kavuştuğunda buharlaşarak soğumaya başlar. Böylece bir kısmı gaz olarak uçarken sıcaklık -56.8 °C'ye düşüğü zaman geri kalan sıvı, beyaz renk alarak donar. Bu şekilde oluşan katı karbondiyoksite kuru buz denir. Karbondiyoksit genel olarak okyanuslardan, fosil yakıtlardan (Doğal gaz, Kömür, Petrol ürünleri vb.), volkanik faaliyetlerden ve canlı solunumlarından oluşur. Atmosferde yaklaşık olarak 23 milyon ton karbondiyoksit vardır. Dünya üzerinde tüm canlılar: % 3; cansız ve çürülmüş materyaller: %3; fosil yakıtlar: % 22; atmosfer: % 1 ve okyanuslar: % 71

KEMERHİSAR (NİĞDE) YÖRESİ DOĞAL KARBON DİYOKSİT (CO_2) GAZININ ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM TEKNİĞİ

karbondiyoksit bulundurur (Temur, 2001).



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

İnceleme alanı ve yakın civarında bugüne kadar çeşitli bilimsel çalışmalar yapılmıştır. Karbondiyoksit ile ilgili çalışmalar, çalışma alanı civarında ilk kez Konya, Niğde, Isparta üçgeni içerisinde yapılmıştır (Kleinsorge, 1939). Daha sonra bu konuda, Calvi (1939) MTA için araştırma raporu hazırlamıştır. Bu raporda karbondiyoksit gazının, Bor ovasının büyük alüvyonal düzüğünde görüldüğü ve ana damarın Hortasan bölgesinde olduğu belirtilmiştir. İlk gaz bulgularının yüzeyden 6 m derinde olduğu ve gaz

bulunduran yüzeyin sulu olduğu belirlenmiştir. Gazın derinlikten küçük bir delik vasıtasyyla hafif bir sesle yukarı doğru kokusuz olarak ve kaynayarak çıktıgı, morfolojik olarak gazın çıkarıldığı havza içerisinde, bataklıklı çayırların dikkat çektiği, ana damara yakın bölgede yaklaşık 250 m mesafede bir maden suyu membası bulunduğu, bu suyun ekşi olduğu ve bir miktar gaz bulundurduğu belirtilmiştir. Sularda yapılan analizler sonucu gazın kökeni, mağmatik olarak verilmiş ve buradaki rezervin çok uzun süre devam edeceğini vurgulanmaktadır. İşletme ilk ciddi çalışmalarını bu raporlar doğrultusunda başlatmıştır. Genel jeoloji ve jeolojik harita çalışmaları ise, Atabey ve Ayhan (1986); Boran ve diğ., (2005), Şahin ve diğ., (2005) ve Yalçın ve Şahin (2005) tarafından gerçekleştirilmiştir. Can ve diğ., (2005)'nin Kemerhisar (Niğde) karbondiyoksit yatak ve tesislerinin durumlarının belirtilmesi dışında, Kemerhisar karbondiyoksitin elde edilmesini açıklayan bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca karbondiyoksitin kaynağının belirlenmesinde duraylı izotop verileriley ilgili bir çalışmaya da rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, diğer çalışmacılardan farklı olarak karbondiyoksitin Kemerhisar üretim tesislerinde elde edilmesi işleminin her bir basamağı ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Karbondiyoksit çıkarıldıkten sonra karbondiyoksit elde edilinceye kadar yapılan teknik işlemler anlatılarak bu çalışmalara ait bir modelinin oluşturulması düşünülmüştür. Numunelerde TS2603 ve TS11336 analizleri yaptırılmıştır. Kemerhisar CO₂

fabrika kapasitesi, CO₂ gaz örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Ayrıca CO₂'in kullanım alanları ve bunlarla ilgili güncel hususlarda belirtilmiştir. Bu çalışma ile elde edilen karbondiyoksit üretim modeli, karbondiyoksit üretimi yapılacak diğer bölgeler için önemli bir veri olacaktır.

2. KEMERHİSAR (NİĞDE) KARBONDİOKSİT ÜRETİMİ

Güney Doğalgaz A.Ş. (Parlak, 2000) tarafından Kemerhisar (Niğde) bölgesinde toplam 26 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Bunlardan 5 tanesi Kemerhisar (Bahçeli) Aşık İbrahim mezarlığı, 11 tanesi ise Hüseyin Çavuş ezarlığı ve kalan 10 tanesi Havuzlu bölgesindedir. Bu kuyulardan 13'ünde halen üretim yapılmaktadır. Halen bölgede yeni sondaj çalışmaları yürütülmektedir.

2.1. Jeolojik Özellikler

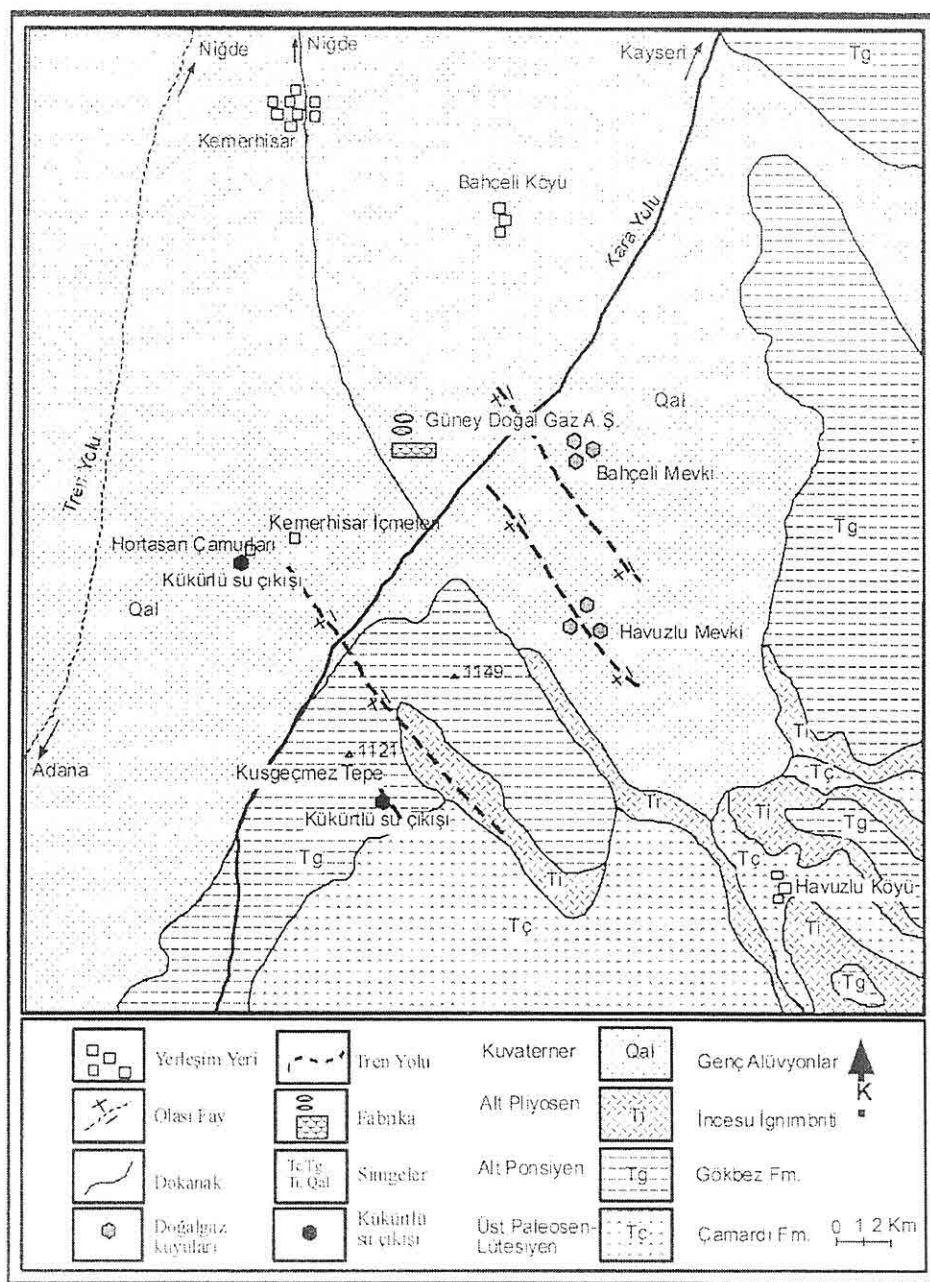
Güney Doğalgaz A.Ş. tarafından bölgede karbondiyoksit gazının üretimini artırmak, mevcut üretim noktalarına ilave üretim yeri bulmak, su+gaz karışımının en az olacağı kesimleri belirlemek amacıyla jeoloji ve jeofizik (rezistivite) çalışmaları yapılmıştır. Jeofizik çalışmalarında, 3 ayrı hat üzerinde 8850 metrelük profil ölçüsü ve 16 Düşey Elektrik Sondaj ölçüsü tespit edilmiştir (Termal Şirket Grubu raporu, 1998). Bu çalışmalara göre bölgenin jeolojik yapısına açıkkık getirilmeye çalışılmıştır.

Boran ve diğ.. (2005) Kemerhisar karbondiyoksit yatağının jeolojisini ile ilgili çalışmaları sonucu, inceleme alanında

Senozoyik yaşlı birimlerin yüzeylendiği belirlenmiştir. Buna göre, Tersiyer'e ait birimlerin alt seviyeleri Üst Paleosen-Lütesyen yaşlı olup, bu birimler Çamardı formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Çamardı formasyonu üzerine uyumsuz olarak Alt Ponsiyen yaşlı, Gökbez formasyonu gelir. Oldukça geniş bir alanda yüzeylenen bu formasyon ve karbondiyoksit oluşumunu içerir. Bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak Alt Pliyosen yaşlı İncesu İgnimbriti gelir. Tüm bu birimler Kuvaterner yaşlı güncel alüvyonlar tarafından örtülü (Şekil 2).

Çamardı Formasyonu, fliş karakterli kumtaşı-kireçtaşı ardalanımı, şeyl, çamurtaşısı ve silttaşından oluşmaktadır. Kumtaşları ince-orta tabakalı ve yer yer konvolüt tabakalanmalıdır. Tabaka altlarında akıntı yapıları görülmektedir. Kumtaşları ile killi-kumlu kireçtaşı tabakaları arasında laminali silttaşları ve lav arakatkıları vardır (Keskin, 1998). Çamardı formasyonunun taban kısımları sığ denizel ortamda hızlı çökelmenin olduğunu ortaya koyar. Orta ve üst kısımlara doğru türbiditik birimler ile kiltaşı-marn-çamurtaşısı-yastık lav ara katkalarının varlığı ve pelajik fauna kapsamı, denizin giderek derinleştiğini göstermektedir. Birimin kalınlığı 200-900m. arasında değişmektedir (Kleyn, 1968). Formasyon yer yer volkanik malzeme ile ara katkılıdır. Birim Niğde metamorfitleri üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Çakıltaşlarındaki kırıntılar kötü boyanmalı olup, kum boyutu ile 1 m'ye varabilen blok boyutu arasında değişir. Taneler genellikle killi-kumlu bir matriksle, yer yer de üst kesimlerde

KEMERHİSAR (NİĞDE) YÖRESİ DOĞAL KARBONDİYOKSİT (CO_2) GAZININ
ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM TEKNİĞİ



Şekil 2. İnceleme alanı jeoloji haritası (Atabay ve Ayhan, 1986; Boran ve diğ, 2005; Yalçın ve Şahin, 2005).

kalsitle tutturulmuştur. Matriks, metamorfizma nedeniyle yapraklanmıştır. Metamorfizmanın yüksek olduğu kesimlerde tanelerde yönlenme gelişmiştir. Kuvars çakıltaşının kırıntılarını ise, süt kuvars ve kalsit çakılları oluşturur. Metaçakıltaşları içinde çakıllar genellikle köşelidir, yer yer yuvarlak çakıllar da gözlenir. Genellikle tabakalanma düzlemleri belirgin değildir. Ancak yer yer, iyi tabakalanma gösterirler. Tabaka kalınlıkları 10 cm^2 m arasında değişir. Birimin içindeki metakumtaşları ise, genellikle gri, yeşil ve yer yer pembemsi kırmızı renklidir (Atabey ve Ayhan, 1986).

İyi tutturulmuş kumtaşlarının tanelerini, yine metamorfitlerden türeme her türlü kırıntı ile ince kesitte dalgalı sönme sunan kuvars taneleri oluşturur. Kuvars kumtaşları ise genellikle pembe, açık gri ve beyaz renktedir. Metakumtaşları ince-orta tabakalı olup tabaka kalınlıkları 10-40 cm arasında değişir ve bazen laminalı yapı da gösterirler. Birim içindeki çamurtaşları genelde yeşil, gri, sarı ve bazen kahve ve mor renklidir. Metamorfizma ve deformasyonun etkisiyle sleyt ve fillite dönüşmüşlerdir. Çamurtaşlarında tabakkalı vaj ilişkisi mevcuttur. Birimin yaşı Üst Paleosen-Lütesiyen olarak benimsenmiştir (Şatır ve Gürel, 2001).

Gökbez formasyonu, göl kalkeri, marn ve çamurtaş ile temsil edilmektedir. Batıda marnlar yeşil-beyazımı renkli kireçtaşı ile ardalanılmıştır. Gökbez yöresi geniş yüzeylenimi olan birim orta-kalın tabakalı, organizma yaşam izli, gözenekli, gastropodalı kireçtaşından oluşmuştur.

Tabaka eğimleri yatay ve yataya yakındır ve yörede düz bir topografa görünümü sunar. Batıda iyi laminalı, gri-kahverencli bitümlü çamurtaşlı arakatkıları bulunur. Birimin kalınlığı 50-150 m arasındadır. Marn ve çamurtaş yer yer 2-10 m arasında değişen seviyeler halinde görülür. Gökbez formasyonunu oluşturan kireçtaşı, orta-kalın tabakalı, hayvan yaşam izli, gözenekli ve gri renklidir (Atabey ve Ayhan, 1986). İncesu ignimbriti ile yanal ve düşey geçişli olan birimin üst seviyelerindeki travertenler bol miktarda tuf boyutunda volkanik materyal içerir. Gökbez formasyonunun alt seviyelerinde bol miktarda gözlenen karbondiyoksit gazı, yer yer orta seviyelerde de görülmektedir. Bölgede karbondiyoksit, Havuzlu ve Bahçeli bölgesinde yapılan sondaj çalışmalarıyla çıkartılmıştır. Ayrıca inceleme alanının güneybatısında kaytlarda bulunmayan kaynak suya rastlanmıştır. Söz konusu seviye Gökbez formasyonunun kireçtaşları içerisindeindir.

İncesu ignimbriti üç seviye halinde yüzeyleşmektedir. En alt seviye pembe tuf ve kiremit kırmızısı renkli çamurtaş ve koyu gri renkli kaynaklı ignimbrit, orta seviye pembemsi renkli sıkı kaynaklanmış ignimbrit, üst seviye ise, açık gri renkli zayıf kaynaklanmış ignimbritten oluşmaktadır. Dış etkenlerle temasta olan yüzeyleri pembe-kırmızımsı, alterasyona uğramamış kısımları ise, açık pembemsi veya beyazımı gri renklidir. Genellikle sütunsal bir yapıya ve belirgin bir kaynaklanmaya sahiptir. İncesu ignimbriti trakidasit bileşimindedir (Batum, 1978). İncesu ignimbriti, Kızılıkaya ignimbritine

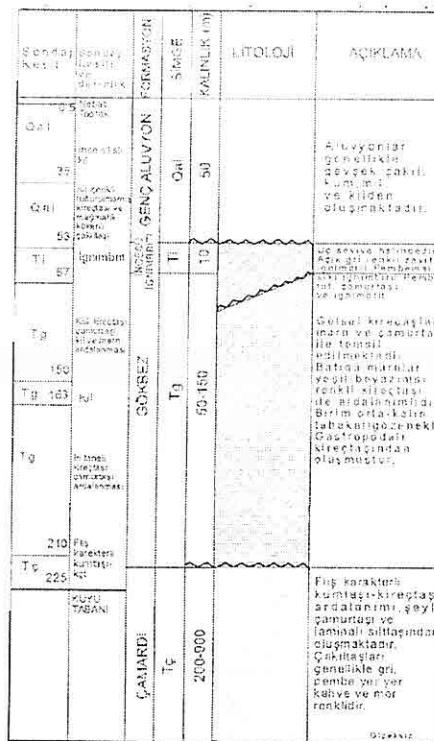
karşılık gelmektedir. Birim inceleme alanında Gökbez formasyonunun travertenleri ile yanal ve düşey yönde geçişlidir (Pasquare, 1968).

Kuvaterner'e ait genç alüvyon, az oranda eski alüvyon çökelleri, yamaç molozu ve bol miktarda güncel alüvyon bütün birimleri örter. Alüvyonlar genellikle gevşek çakıl, kum, mil ve kilden oluşmaktadır.

2.2. Kemerhisar CO_2 Gazının Çıkarılması

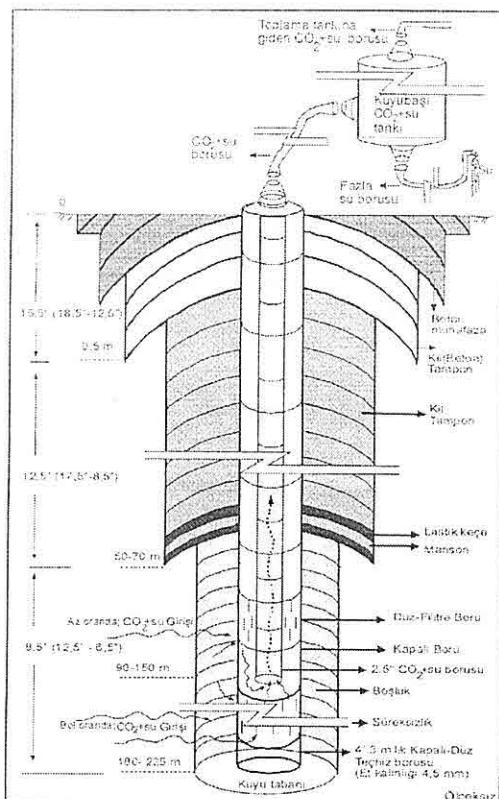
Yalçın ve Şahin (2005) Kemerhisar bölgesi CO_2 gazının çıkarılması ile ilgili yaptıkları sondaj çalışmalarında kesilen tüm birimleri ve sondaj özelliklerini belirlemiştir. Bu çalışmaya göre kesilen ilk birim, bölgede geniş yayılımı gözlenen Kuvaterner'e ait genç alüvyondur (Şekil 3). Yapılan sondajda üst seviyelerde 0-0.5 m arası nebatı (yüzey) toprak, 0.5 m-35 m arası genç alüvyonlardan tutturulmamış ince silisli kil ve silt kesilmiştir. Çok az oranda gaz gözlenmiştir. 35 m- 53 m arası yine genç alüvyonlara ait tutturulmamış iri mağmatik kökenli çakıltalar ile kireçtaşları kayaç parçaları bulunmaktadır (Şekil 3). İnceleme alanının sondaj kayıtlarına göre hazırlanan kolon kesiti (Boran ve diğ., 2005; Yalçın ve Şahin, 2005)'den derlenmiştir.

Alt seviyelerdeki gazın yukarıya kaçışı 53 m-67 m arası yer alan İncesu ignimbriti ile engellenmektedir. 67 m-150 m arası Gökbez formasyonunun killi kireçtaşı, çamurtaşısı, kil ve marn ardalanması kesilmiştir. Sondaj çamurunda 67 m-100 m arasında kısmen, 100 m-150 m arası



Şekil 3. İnceleme alanının sondaj kayıtlarına göre hazırlanan kolon kesiti (Atabey ve Ayhan, 1986; Boran ve diğ., 2005; Yalçın ve Şahin, 2005'den derlenmiştir.)

ise, üst seviyelere göre daha yoğun gaz çıkışları gözlenmiştir. Yer yer çamurda gaz kabarcıkları oluşmakta ve çamur havuzundaki seviyeyi artırmaktadır. 150 m-163 m arası killi seviye geçilmiştir. Bu seviye yüksek gaz basıncının olduğu kesimin sınır seviyesi olarak düşünülebilir. 163 m-210 m arası iri taneli kireçtaşçı, çamurtaşçı ardalanması şeklindedir. Bu seviyede gaz ve su girişi şiddetli olmaktadır. Sondaj çamuru seviyesinde yükselme olmuştur. Hava



Şekil 4. Kemerhisar CO₂ sondaj kuyu düzeneği (Yalçın ve Şahin, 2005).

kabarcıkları fazlalaşmıştır. 210 m-225 m arasında üst seviyelerde kırittı numuneye göre birim değişikliği başlamıştır. Birim Çamardı formasyonuna ait fliş karakterli kumtaşı-kireçtaşı ardalanımı şeklindedir. Bu seviyelerde CO₂ etkisi azalmış ve bunun üzerine kuyu ilerlemesi durdurulmuştur. Daha önceki sondaj çalışmasında yaklaşık 500 m'lik ilerleme yapılmış, ancak herhangi bir gaz bulgusuna rastlanmadığı belirlenmiştir. Kuyu delme işlemi tamamlandıktan sonra kuyu başı deneyleri yapılmıştır. Kuyu verimliliği %15 su ve %85 CO₂ olarak

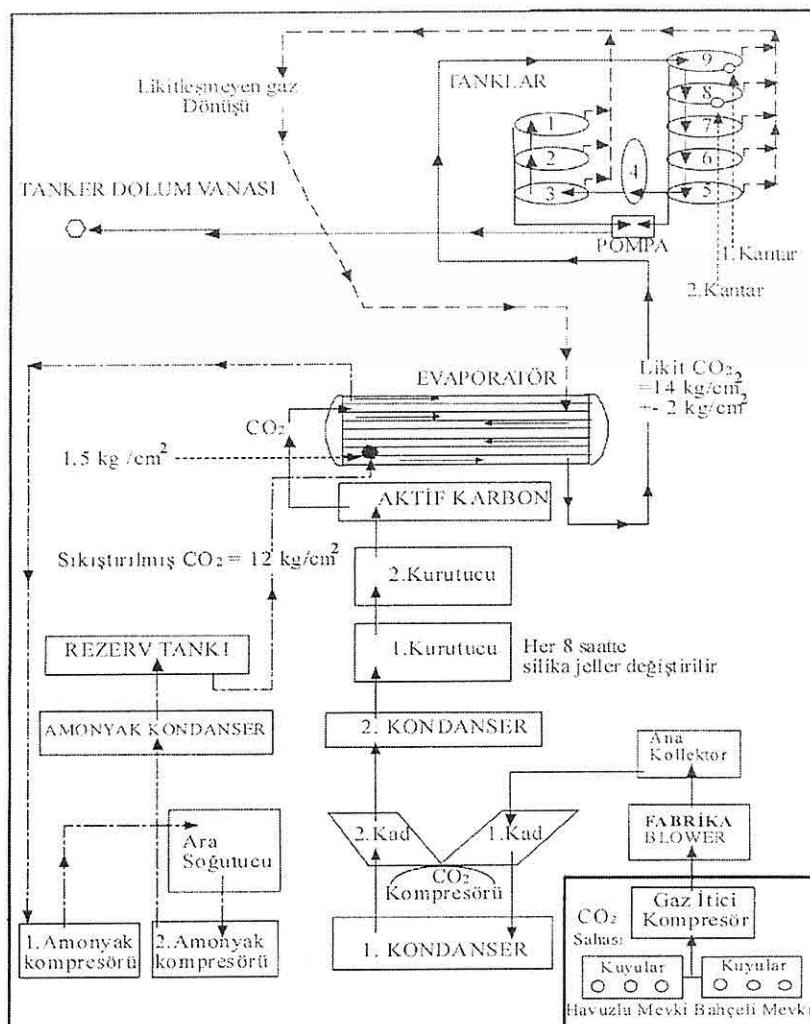
belirlenmiştir (Yalçın ve Şahin, 2005).

Sondajın delme işlemlerinde rockbitt matkaplar kullanılmıştır. Delme işlemi sırasında ağırlık kullanma gereği duyularak, ilerleme hızı sabit ve normal hızda gerçekleştirilmiştir. 0-0.5 m arası 15,5" rockbitt matkapla delinmiştir (Şekil 5). Bu seviyeye muhafaza borusu konularak tecrit yapılmıştır. İnceleme alanında 0.5-67 m'lik kısım, ilk etapta 8.5"lik rockbitt matkapla delinip daha sonra bu seviyelerde 12.5"lik tarama yapılmıştır. Kalan diğer kısım yani 67 m - 225 m arası ise 8.5" lik matkap ile delinerek tamamlanmıştır. Teçhiz, 0-66 m arası 4" düz-kapaklı boru (22 boy), 66 m-225 m arası bir boy 4" düz-kapaklı boru ile bir boy 4" düz-filtre boru sırasıyla kullanılmıştır. 0-67 m arası geçirimsiz kiltampon bölge oluşturulmuştur. Kuyunun tamamında (0-225 m), paslanmaz çekme çelikten yapılmış 4"lik (dört inç) düz-kapaklı ve düz-filtre boru kullanılmıştır. Et kalınlığı 4,5mm'dir. Toplam 75 boy teçhiz borusu kullanılmıştır. Borulama işlemi tamamlandıktan sonra teçhiz boruları içerisindeki gaz borusu, kuyu başına yerleştirilen ayırisim tanklarına bağlanmıştır. Kuyu ağzından itibaren 92 m olacak şekilde 2.5 lik su borusu kullanılarak kuyudan CO₂+su alınmıştır. Tamamlanan kuyu düzeneğinden sonra CO₂+su şeklindeki doğalgaz kuyu başı toplama tanklarında kısmen ayrılmakta ve borular aracılığı ile toplama tanklarına gönderilmektedir (Şekil 4; Yalçın ve Şahin, 2005).

2.3. Karbondiyoksit Üretimi

Toplama tanklarına rutubeti alınmış

KEMERHİSAR (NİĞDE) YÖRESİ DOĞAL KARBON DİYOKSİT (CO_2) GAZININ ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM TEKNİĞİ



Sekil 5. Kemerhisar CO₂ fabrikası gaz akış şeması (Can ve diğ., 2005).

olan karbondiyoksit, CO_2 haline dönüştürmek üzere gaz itici kompresörlerle (blower; Şekil 5) fabrikaya nak edilir (Resim 3). Fabrikaya gönderilen gaz ana kollektörde sıkıştırılır. Sıkıştırılan karbondiyoksit gazi birinci kademe CO_2 kompresöründen soğutma sistemi olan birinci kondansere gönderilir (Resim 4).

Birinci kondanserden sonra ikinci kademe CO_2 kompresörüne buradan da ikinci kondansere gider. Daha sonra gazın nemi alınmak üzere sırasıyla birinci ve ikinci kurutucu sisteme gönderilir (Resim 5). Kurutucu sistemden sonra yağ tutucu olan aktif karbondan (Resim 6) geçirilen gaz, evaporatörün en üst seviyesinden

tankın içeresine gönderilir. Evaporatörde NH₃ (Resim 7) kompresörü vasıtası ile son soğutmadan geçirilir, buradan da CO₂ olarak 14 kg/cm² ± 2 kg/cm² şeklinde stok tanklarına ilettilir (Can ve diğ., 2005).

Stok tankları içerisinde halde bulunmayan gaz, farklı bir borulama sistemiyle geri döndürülerek evaporatör tankına üstten aktarılır. Bu işlemede amaç stok tanklarında bulunan likitleşmemiş gazın likit hale dönüştürülmesidir. CO₂ üretimi sırasında evaporatör içerisinde gaz sıkıştırıma bağlı olarak sıcaklığını artırr. Sıcaklığın düşürülmesi ve üretim kolaylığının sağlanması için mevcut sisteme amonyak içerikli farklı bir sistem eklenmiştir. Bu sistem evaporatöre üst (gaz geliş yolu) ve alttan (amonyak sistemi gazı giriş yolu) bağlantılıdır. Evaporatörün üst seviyesinden gelen gaz, birinci amonyak kompresörüne gönderilir. Birinci amonyak kompresöründen ara soğutmaya, buradan da ikinci amonyak (Resim 8) kompresörüne giden gaz daha sonra amonyak kondanserine gönderilir. Amonyak kondanserinden çıkan gaz rezerv tanklarında toplanır. Buradan da farklı bir borulama sistemi ile evaporetöre alt seviyeden likit olarak giriş yapılır. Bu sistemdeki likit gaz 12 kg/cm²'dir. Sıkıştırılmış gaz evaporatör içeresine girdiği zaman serbestleşir ve hemen burada gaz 1.5 kg/cm²'olur. Karbondiyoksit evaporetörde ani olarak serbestleştiği için evaporatör içinde soğutma işlemi (Resim 9) gerçekleştirilir. Evaporatör içindeki fazla amonyak gazı üst seviyeden tekrar birinci amonyak kompresörüne gönderilir. Amaç amonyak gazın döngüye tekrar katılması ve soğutma

işleminin devam etmesidir (Can ve Diğ., 2005).

Tanklara stoklanan CO₂ gazı, satın alma talebi doğrultusunda kantar yardımı ile sekizinci ve dokuzuncu tanklarda (Resim 10) tartılır. Tanklardan pompa yardımı ile tanker dolum vanasına aktarılır. Buradan likit gaz olarak nakledilmek üzere tankerlere doldurulur.

Herhangi bir basınç altındaki sıvı karbondiyoksit serbest basınçta kavuştuğunda buharlaşarak soğumaya başlar. Böylece bir kısmı uçarken sıcaklık -56.8 °C'ta düşüğü zaman geri kalan sıvı beyaz renk alarak donar. Bu şekilde oluşan katı karbondiyoksit kuru buz haline geçer. Elde edilen kuru buz soğutma işlemlerinde kullanılır (Can ve diğ., 2005).

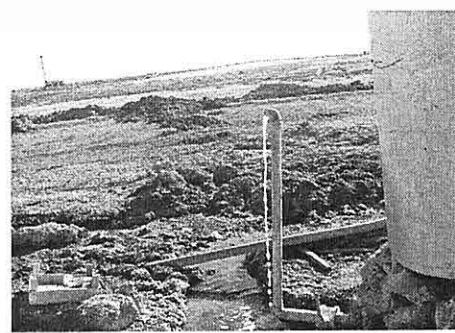
2.4. Karbondiyoksit (CO₂) Ürününün Kalitesi

Kemerhisar'da bulunan karbondiyoksit gazi 11 bar basınç ve -35°C'de sıvı hale dönüşür. 15 bar basınç altında da yaklaşık -80°C'de sıkıştırılma ile kuru buz haline getirilir. Fabrikadan likit karbondiyoksit olarak nakledilir (Can ve diğ., 2005). Karbondiyoksit fabrikası % 95 randimanla çalışmaktadır. Fabrika kapasitesi yapılan 1 saatlik kronometrajda 4.4 ton olarak belirlenmiştir. Kimyasal analizlerde karbondiyoksit gazının saflığı %99.8 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1-2). Fabrika kapasitesi yaklaşık olarak 10.032 ton/yıl olarak belirlenmiştir. Bölgede bulunan sondaj kuyularından ortalama olarak 8.640 ton/yıl karbondiyoksit çıkartılmaktadır. Bölgedeki sondaj kuyularından en az 700 kg/saat en çok

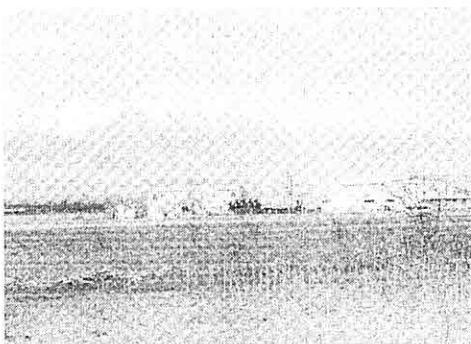
*KEMERHİSAR (NİĞDE) YÖRESİ DOĞAL KARBON DİYOKSİT (CO_2) GAZININ
ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM TEKNİĞİ*



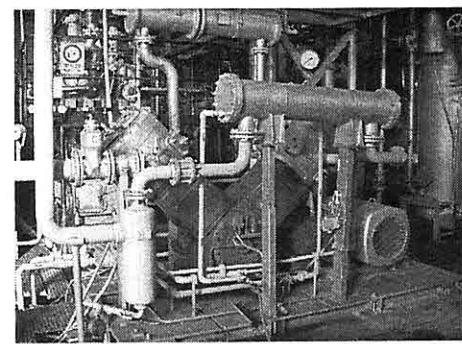
Resim 1. CO_2 kuyu ağzından görünüm



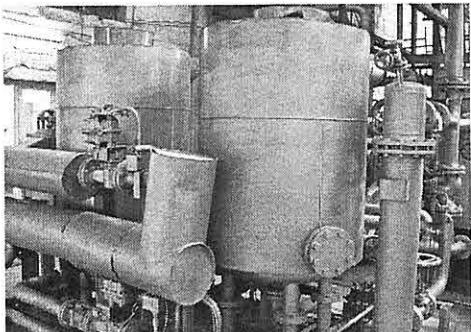
Resim 2. CO_2 kuyu agzından görünüm



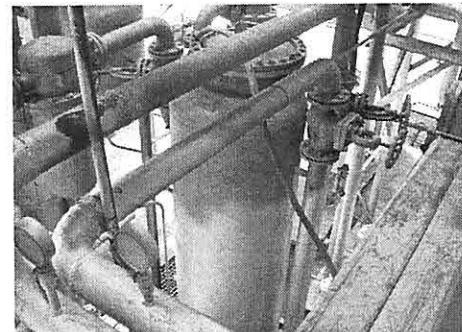
Resim 3. CO_2 Fabrikadan bir görünüm



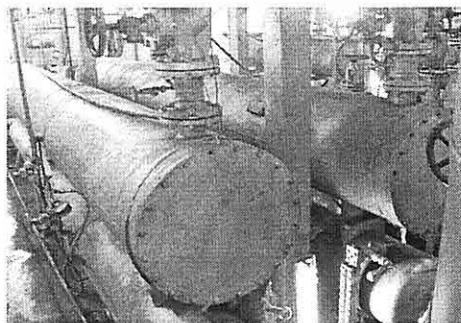
Resim 4. 1. ve 2. Kondanser



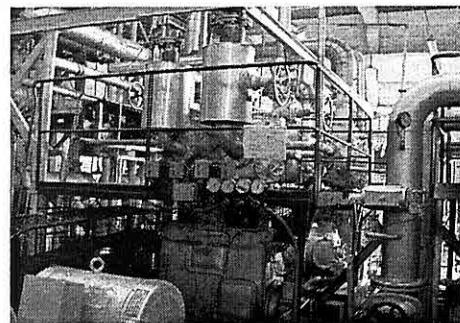
Resim 5. Kurutucular



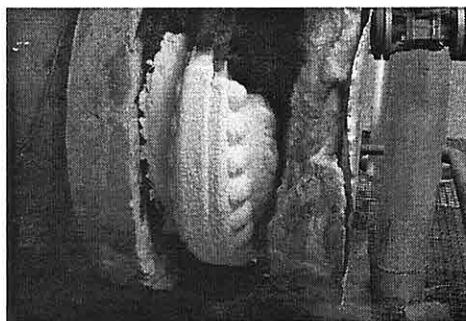
Resim 6. Aktif Karbon tankı



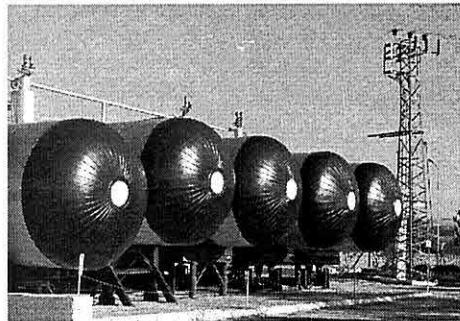
Resim 7. Evaporatör



Resim 8. Amonyak Kompresörleri



Resim 9. Ani soğuma buzulu.



Resim 10. Tanklar, likitleşmeyen gaz dönüş borusu.

1.100 kg/saat karbondiyoksit çıkarılır. Fabrikada toplam 9 adet 50-55 tonluk depolama tankları bulunmaktadır. Bu tankların stok miktarı toplam 500 tondur. Bölgeden alınan karbondiyoksit örneklerinde TS 2603 ve TS 11336'ya göre analizler yapılmıştır (Çizelge 2).

Kemerhisar karbondiyoksit gazı örneklerinde fiziksel ve kimyasal analiz deneyleri yapılmıştır. Teknik özelliklerde normal standartlara uygun değerler belirlenmiştir. Kimyasal analizlere göre örneklerde kükürt bileşikleri, azot oksit bileşikleri, arsenik ve yağ bulunmaz (Parlak, 2000).

Havadan ağır bir gazdır, renksizdir, kokusuzdur, kimyasal olarak asidiktir. Suda çözünebilir ve yanmayı desteklemez.

Likit gaz yoğunluğu 1.178 kg/lt, hacimsel genişleşme oranı 629, kritik sıcaklık 31°C ve kritik basıncı ise 73.82 bar'dır. Saflık durumu % 99.8 civarındadır. Türkiye CO₂ yatakları arasında büyük öneme sahip olan bu yatak doğal ve kalitelidir (Çizelge 1-2).

Likit olarak gönderilen CO₂'in dolum işlemi, farklı tesislerde dikişsiz çelik tüplere (0,75 kg/lt; TS 11169) yapılır. Tüpün dış rengi RAL 7000 (TS 2603) şeklindedir. Tüpün periodik bakımı 345 ve 450 barlık tüpler için 10 yıl, 225 barlık tüpler için 5 yıldır (TS 11169). Herhangi bir ısı kaynağı ile kendi basıncını servis basıncının üzerine çıkarılan tüpler içindeki gazı, bir patlama-yırtılma

*KEMERHİSAR (NİĞDE) YÖRESİ DOĞAL KARBONDİYOKSİT (CO₂) GAZININ
ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM TEKNİĞİ*

ile tamamen dışarıya çıkaracak şekilde yanlış kullanım sonucu insanlarda önemli donatılmıştır. sağlık problemleri meydana getirebilir.

Çizelge 1. Kemerhisar CO₂ nin teknik özellikleri (Parlak 2000).

| | |
|---|-------------------------|
| Moleküler Ağırlık | 44.01 |
| Kaynama Noktası (1atm) | -78.5 °C |
| Yoğunluk (b.pt, 1 atm) | 1.178 kg/l |
| Spesifik Isı (250C, 1 atm) | 850 J/kg K |
| Yoğunluk, gaz (150C, 1 atm) | 1.874 kg/m ³ |
| Hacimsel Genleşme oranı (likitten gaza) | 629 |
| Spesifik Ağırlık (Hava: 1) | 1.52 |
| Kritik Sıcaklık | 31 °C |
| Kritik Basınç | 73.82 bar |

Çizelge 2. Kemerhisar CO₂ nin kimyasal analiz sonuçları (Parlak 2000).

| YAPILAN ANALİZ | TS 2603 | | TS 11336 | |
|--|---------|--------|----------|-------|
| | ARANAN | SONUÇ | ARANAN | SONUÇ |
| Görünüş | - | - | Uygunluk | Uygun |
| Asitlik | - | - | Uygunluk | Uygun |
| İndirgen Maddeler | - | - | Uygunluk | Uygun |
| Karbondioksit % (v/v) | > 99.9 | > 99.9 | > 99.0 | 99.4 |
| Karbonmonoksit µl/l | < 10 | (*) | Uygunluk | Uygun |
| Toplam kükürt bileşikleri , Kükürt cinsinden mg/kg | < 0.5 | (*) | < 0.5 | (*) |
| Nem, % (m/m) | < 0.005 | 0.02 | < 0.05 | 0.03 |
| Arsenik mg/Nm ³ | < 0.5 | (*) | < 0.5 | (*) |
| Yağ, mg/kg | < 5 | (*) | < 5 | (*) |
| Azot Oksitleri, NO ₂ cinsinden mg/kg | < 1 | (*) | < 1 | (*) |

(*): Analiz duyarlılık sınırları içinde bir değer saptanamamıştır.

2.5.Kemerhisar Karbondiyoksiti'nin Kullanım Alanları

Fabrikadan likit olarak nakledilen karbondiyoksit, üretim ve sonrasında

Bu nedenle dikkatli kullanılmalı ve taşınmalıdır. Genel olarak saf CO₂ tüpleri gri boyalı ve siyah yazılıdır (Graham, 1962). CO₂ tüplerin dikkatli kullanılması

gerekir. Aksi takdirde CO₂ gaz halinde temas ettiği deride, kızartı ve tahrışlar yapar (Wirth and all, 1971). Sıvı ya da katı haldeki CO₂ çok güçlü bir soğutucudur ve temas ettiği yerde şiddetli yanıklar oluşturur (Graham, 1962; Vural, 1984). Soğuk yanmalarında ise etkilenen kısma 5 dakika boyunca ılık su verilmeli ve daha sonrasında termal yanık olarak tedavi edilmelidir. Solunum havasındaki CO₂ miktarının yavaş artışına uyum mümkündür (Wirth and all, 1971). Atmosferde yaklaşık % 0,035 oranında karbondiyoksit oranı solunumu düzenli tutar fakat solunumda karbondiyoksit oranın artışı soluk alıp verme sayısını arttırır ve solunum hızı, normal seviyeden % 50 üzerine çıkıp, karbondiyoksit konsantrasyonu 20,000 Vpm olana kadar solunum hızındaki değişiklikler fark edilemez. Birkaç saat bu seviyede karbondiyoksite maruz kalınınca, baş ağrısı ve halsizlik hissi ortaya çıkabilir. Bilinci açık ve sağlıklı bir insanda artışlar sorun oluşturmayabilir (Orkin, 1981). Daha yüksek konsantrasyonlarda karbondiyoksit boğulmaya yol açabilir ve solunum merkezini felç edebilir. % 10 veya daha fazla orandaki ortamlarda solunum, ani şuur kayıplarına ve ani ölümlere yol açabilir. Ayrıca anestezili hasta çoğu kez yeniden solunum ile oluşan CO₂ miktarlarını kompanse edemez (Orkin, 1981). Genel olarak düşük konsantrasyonlarda (%4-6) stimülan etki gösteren bu gaz, daha yüksek konsantrasyonlarda (%25-50) inhibitör etki oluşturur. CO₂ entoksiyonunda önce konvülziyonlar ve ardından koma meydana gelerek ölüm gerçekleşir

(Eckenhoff ve Longeeker, 1990, Graham, 1962, Vural, 1984, Lanigan, 1989). Anestezi etkisinde bulunan şahıslarda ise konvülziyonlar olusmaksızın derin koma meydana gelir (Graham, 1962). Ölüm nedeni pulmoner ödem ve hemorajidir (Vural, 1984). Cesette asfiksia belirtileri olan yüz morluğu ve koyu mor renkte ölü lekeleri dikkat çeker (Hancı ve diğ., 1998). Bu işe uğraşanların karşılaşabilecekleri mesleki temas kalma sınırı (TLV) 5000 Vpm (TS 11169) olarak belirlenmiştir. Boğulma belirtileri hızlı ve zor soluk alma, hızlı yorgunluk, mide bulantısı, kusma ve bilinç kaybının sonrasında muhtemelen ölümdür. Çalışan riski en aza indirilerek hasta derhal açık havaya götürülmeli, solunum yetersizse suni solunum yapılmalı ve ambulans çağırılmalıdır. Hasta sıcak tutulmalıdır.

Kemerhisar'dan gönderilen CO₂ gazlarının çeşitli kullanım alanları vardır. Bunlar gıda sektörü, yangın söndürme cihazları, alkali nötralizasyonu, kalıp ayarları, bitki yetiştirmeye, meşrubatlar, kozmetik sanayi, deodorantlarda taşıyıcı gaz olarak ve kimyasal madde üretimidir. Dondurulmuş gıda, meyve, sebze ve çiçek stoklamasında sıkça karbondiyoksitten yararlanılır. Bira, meşrubat, şarap ve madensuyu gibi içeceklerde basma ve muhafaza işleminde kullanılır. Çabuk bozulabilen maddelerde özellikle dondurma, süt ve tereyağ paketlemede ve bunların tazeliğini korumada kullanılır (Parlak 2000).

Meşrubatlarda kullanılan karbondiyoksit kolay yutma özelliğini kazandırmamasının yanı sıra, içinde bulunduğu içeceklerde bakteri ve mikrop

KEMERHİSAR (NİĞDE) YÖRESİ DOĞAL KARBONDİYOKSİT (CO_2) GAZININ ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM TEKNİĞİ

üremesine izin vermemektedir. Bu nedenle tüketiciler açısından tercih edilir. Tüm gazlı içeceklerde ve maden suyunda bulunan karbondiyoksit gazının suda çözünmesi "carbonation" olarak adlandırılır. Maden suyunun ve diğer gazlı içeceklerin içerisindeki karbondiyoksit gazı vücuttaki gastrointestinal sistem tarafından anında ve çabukça emilir. Ancak ürünündeki karbondiyoksit gazının tamamı midemize gitmez. Bir kısmı şişenin açılması ve ürünün ağızı açık beklemesiyle havaya karışır, bir kısmı da ürün içilirken yutulan hava ile birleşerek geçirmeye yol açar. Bu durumda ürünündeki gazın büyük bir bölümü sindirim sistemine kadar ulaşmaz. Ulaşan miktar ise, derhal emilir. Bu hızlı emilim sırasında karbondiyoksit gazının bulunduğu içecek de hızla bağırsıklarda emilir ve sistemin normalden daha hızlı boşalmasına neden olur. Maden suyunun hazırlığı kolaylaştırması ve mide bulantısını engellemesi bu sayede olur. Emilen karbondiyoksit kana geçer ve çögulluğu vücuttan atılmak üzere akciğerlere taşınır. Kanımızda bulunan karbondiyoksit gazının çok büyük bölümü gazlı içeceklerden değil, vücutumuzun karbonhidratları, proteinleri ve yağları enerjiye çevirmesi sırasında oluşur. Bir başka deyişle kanımızda karbondiyoksit dolaşması rutin bir metabolizma olayıdır. Spor yaptığımızda kanımızda yükselen karbondiyoksit miktarını hissederiz. Hareketlilik arttıkça daha fazla enerji üretip harcadığımız için kandaki karbondiyoksit miktarı artar. Solunum sistemimiz bu duruma daha fazla oksijen alıp daha fazla karbondiyoksit temizlemesi

yapabilmek için cevap verir ve daha hızlı nefes alıp vermeye başlarız. Harcadığımız enerjiye bağlı olmaksızın, sağlıklı bir vücuttaki doğal kimyasal reaksiyonlar karbondiyoksit gazını kandan çok verimli bir şekilde ve nefes aldığımız sürece sürekli olarak temizler. Bunun neticesinde vücutumuzda normal bir asit/baz dengesi kurulur. (Yılmaz, 1994; Parlak, 2000; Temur, 2001; Can ve diğ., 2005).

Yangın söndürme cihazları kullanım alanlarına bağlı olarak faydalı olduğu yerler belirlenmiştir. Benzin, benzol, mazot, vernik, boyalar, tiner, aseton, parafin, asfalt, tutkal, doğalgaz, Lpg, metan, hidrojen, propan, asetilen tipi yangınlarda mükemmel sonuçlar vermektedir. Ayrıca plastik, alkol, elektrik kablo ve trafosu, güç kaynakları, bilgi işlem üniteleri, elektronik eşyalar, elektrikli ev eşyalarına ait yangınlarda kullanılmaktadır. Ahşap malzemeler, otlar-çalı-çırıcı, kağıtlar, giysiler, tüm kumaşlar, perde-ev tekstili, büro-ev mobilyaları, kauçuk-selüloz, yemek yağları, endüstriyel yağlara ait yangınlarda kullanılmaz. Karbondiyoksit gazlı yanın söndürme tüplerinin kullanım alanları. Kozmetik alanda kullanılan karbondiyoksit gazı, deri altına enjekte edilmekte, buda kılcal damarlarda genişlemeye yol açarak yağ hücrelerini parçalamaktadır. Bu şekilde karbondiyoksit gazının, kadınlardaki selülit, ve yağlanması tedavisinde kullanıldığı Karboksiterapi yöntemi ülkemizde yaygınlaşmaktadır. Ayrıca karbondiyoksit tedavisi cilt rahatsızlıklarını, kırışıklık, deri sarkmaları, elastikiyet kayipları, çatlak tedavisi, sedaf hastalığı, atar/toplar damar dolaşım bozuklukları,

venös ülserlerde, impotans tedavisinde, kas bağlarının zedelenmesi, bayanlarda saç dökülmesi alanları ile zayıflama amaçlıda kullanılmaktadır (Kutlubay, 2005).

Bitki yetiştirciliğine spesifik bir örnek olarak domatesin geç olgunlaştırılmasında karbondiyoksit uygulaması örnek verilebilir. Bu uygulamada, karbondiyoksitin %5, 10 ve 20 oranlarında uygulanmasının domateslerde renk olgunlaşması üzerine herhangi bir zararlı etkinsin olmadığı da belirlenmiştir. Metal kaynağında inert bir örtü olarak; amonyum bikarbonat, potasyum karbonat, kalsiyum karbonat gibi tuzların presipitasyonu, aspirin, paracetamol, penisilin üretimi, pH ayarlayıcı asit; şeker rafinasyonu; demir peletleme, pota yüzeylerinin sertleştirilmesi; kurşun karbonat pigment üretiminde; deri tabakalama, kürk korumada; borularda kireç önleyici, su arıtma; çimento iyileştirmede, gübre olarak, duman efekti olarak; hava yastığı, cankurtaran botlarının şişirilmesinde, torpido itici; madenlerde patlayıcı yerine, patlayıcı maddelerin soğutulmasında; aerosol ve yanın tüplerinde, yanın söndürme sistemlerinde kullanılır (Yılmaz, 1994; Parlak, 2000; Temur, 2001; Can ve dig, 2005).

3. SONUÇ

Niğde'nin Kemerhisar kasabasında bulunan karbondiyoksit yatakları yaklaşık olarak kasabanın 5 km güney doğusunda bulunan Hortasan içmelerinin yakınındadır. Bahçeli Kasabası ve Havuzlu Köyü mevkisi üzerindedir. Fabrika ise Kemerhisar kasabası çıkışında olup karbondiyoksit gazı çıkışlarına

yaklaşık 2-3 km uzaklıktadır.

Sondaj kuyularından ortalama 900 kg/saat olarak çıkarılan karbondiyoksit+su, kuyu başında ilk ayırım işlemeye tabii tutulduktan sonra, gaz toplama borularıyla ara kollektörlerle toplanır. Arazide ilk olarak rutubeti alınan karbondiyoksit, gaz itici kompresörlerle (blower) fabrikaya nakledilir. Fabrika girişinde tekrar rutubeti alınır ve CO₂ kompresörüne nakledilir. Sıkıştırılan gaz ilk soğutma sistemi olan 3 adet kondanserden geçirilir. Buradan gazın nemi alınmak üzere kurutucu sisteme gönderilir. Daha sonra, yağ tutucu olan aktif karbondan geçirilen gaz, evaporatöre gönderilir. Evaporatörde NH₃ kompresörü vasıtasıyla son soğutmadan geçirilir ve likit gaz pazarlanmak üzere stok tanklarına ilettilir.

Fabrika kapasitesi yaklaşık olarak 10.032 ton/yıl'dır. Fabrikanın toplam stok miktarı ise 500 tondur. Fabrikadaki CO₂ gazi -35°C de sıvı halde, -800C de kuru buz halinde bulunur. İçerisinde kükürt bileşikleri, azot oksit bileşikleri, arsenik ve yağ bulunmaz. Havadan ağır bir gazdır, renksizdir, kokusudur, kimyasal olarak asidiktir. Suda çözünebilir ve yanmayı desteklemez. Yoğunluğu 1.178 kg/lt, hacimsel genişleme oranı 629, kritik sıcaklık 31°C ve kritik basıncı ise 73.82 bar'dır. Saflık durumu % 99.8 civarındadır. Saflığı ve kalitesinden dolayı Türkiye'nin birçok yerine bu bölgeden gönderilmektedir.

Gönderilen bu gazların çeşitli kullanım alanları vardır. Bunlar gıda sektörü, yanın söndürme cihazları, alkali nötralizasyonu, kalıp ayarları, bitki yetiştirmeye,

KEMERHİSAR (NİĞDE) YÖRESİ DOĞAL KARBONDİYOKSİT (CO_2) GAZININ ÖZELLİKLERİ VE ÜRETİM TEKNİĞİ

meşrubatlar, kozmetik sanayi, deodorantlarda taşıyıcı gaz olarak ve kimyasal madde üretimi şeklinde. Genel olarak saf CO_2 tüpleri gri boyalı ve siyah yazılıdır. Normal olarak karbondiyoksit konsantrasyonu, 20.000 Vpm olana kadar solunum hızındaki değişiklikler fark edilemez. Atmosferde yaklaşık % 0,035 oranında karbondiyoksit oranı solunumu düzenli tutar. Ancak solunum sırasında karbondiyoksit oranın artışı soluk alıp verme sayısını arttırır. Bu sayede solunum hızı, normal seviyenin % 50 üzerine çıkar. Birkaç saat bu seviyede karbondiyoksitsite maruz kalınınca, başağrısı ve halsizlik hissi ortaya çıkabilir. Bilinci açık ve sağlıklı bir insanda artışlar sorun oluşturmayabilir. Daha yüksek konsantrasyonlarda karbondiyoksitsit boğulmaya yol açabilir ve solunum merkezini felç edebilir. CO_2 gaz halinde temas ettiği deride, kızartı ve tahrişler yapar.

4. TEŞEKKÜR

Çalışmalarımız sırasında yardımlarını esirgemeyen Güney Doğalgaz A.Ş. Kemerhisar CO_2 fabrika müdürü Ahmet KANDEMİR'e teşekkürlerimizi sunarız.

5. KAYNAKLAR

Atabey, E. ve Ayhan, A., 1986, Niğde, Çamardı, Çiftehan yörensinin jeolojisi, MTA Raporu, Derleme no. 8064, yayımlanmamış, Ankara.

Batum, İ., 1978, Nevşehir güney batısındaki Göltüdağ ve Acıgöl Volkanitlerinin jeokimyası ve petrografisi, H.Ü Yerbilimleri dergisi, c.4, s. 1-2, 70-88, Ankara.

Boran, Ş., Yalçın, M.G., Sönmez M. ve İlhan S., 2005, Kemerhisar (Niğde) Karbondiyoksit Yatağının (İçeren Birimlerin) Stratigrafisi, The Stratigraphy Of Kemerhisar (Niğde) CO_2 Deposit, Ipetgas, Türkiye 15. Uluslararası Petrol ve Doğalgaz Kongre ve Sergisi, 15th International Petroleum And Natural Gas Congress and Exhibition Of Turkey, 11-13 May 2005, S.,36, Bilkent, Ankara.

Calvi, K.I., 1939, "Türkiye'de hamıza karbon endüstrisi kurulması hakkında proje", MTA Raporu, no 920, Ankara.

Can, B., Yalçın, M.G. ve Aker, M., 2005, Kemerhisar (Niğde) Karbondiyoksit Yatak ve Tesislerinin Durumları, The Position Of Kemerhisar (Niğde) CO_2 Deposits and Foundations, Ipetgas, Türkiye 15. Uluslararası Petrol ve Doğalgaz Kongre ve Sergisi, 15th International Petroleum and Natural Gas Congress And Exhibition Of Turkey, 11-13 May 2005, S.,37, Bilkent, Ankara.

Eckenhoff, R.G., Longeeker, D.E., 1990, in The Pharmacologic Basis of Therapeutics, 8th edn., (Goodman, A., Gilman, T. Rall, W., Nies, A. S., Taylor, P., e.d) pp. 1634-1639, Pergamon Press, New York, Oxford, Berlin

Gönenç, O., 1990, Karbondiyoksit ve Türkiye'deki Karbondiyoksit Aramaları, Derleme MTA raporu no 9638, Ankara.

Graham, J.D.P., 1962, The Diagnosis and The Treatment of Acute Poisoning, pp. 214-217, Oxford University Press, London

Hancı İ.H, Yemişçigil A, Karadeniz Z, Ege B, Karalı H., 1998, İnhalasyonu nedeniyle ölüm: Bir olgu sunumu, 1.Adli Bilimler Kongresi, 12-15 Nisan, Adana. Bildiriler Kitabı 282-284.

- Kleinsorge, H., 1939, Konya, Niğde ve Isparta Vilayetleri dahilinde bazı asit karbonik, mermer, traverten ve kükürt madenleri hakkında rapor, MTA, rapor no:870, Ankara.
- Kleyn, V., 1968, Türkiye Jeoloji Haritaları, Kozan J 19 Paftası, MTA Raporu, No:33 Ankara.
- Keskin, Ş., 1998, Ecemis fay kuşağıının batı bloğundaki Çamardı ve Çanaktepe Formasonunun sedimentolojik özellikleri, Niğde güneyi, Ecemis Fay Kuşağı Çalışma Grubu, WorkShop-I, Bildiri Özleri, Niğde.
- Kutlubay, Z., 2005, <http://medline.superonline.com/kategori.php?sayfa=2&altsayfa=1&yazi=1693>
- Lanigan, C., 1989, B:M.J., 299, 183, London.
- Orkin, F.K., 1981, "in Anesthesia", (Miller, R.D., ed) pp. 117-156, Churchill Livingstone, New York, Edinburg, London, Melbourne.
- Parlak, İ., Güney Doğalgaz San. ve Tic. A.Ş., 2000, Kemerhisar Doğalgaz, Fabrika Rapor Kataloğu, s.1-5, Niğde.
- Pasquare, G., 1968, Geology of Senozoic volcanic area of Central Anatolia. Atti della Acad. No. Delince memorie serie VIII, vol, IX s. 55-204, Roma.
- Şahin, Z., Yalçın, M.G., Karakurt C., ve Aker M., 2005, Kemerhisar (Niğde) Karbondiyoksit (CO₂) Gazının Çıkartılmasında Uygulanan Sondajcılık İşlemi, The Drilling Procedure Of Transferring Carbon dioxide Gas In Niğde (Kemerhisar), İpetgas, Türkiye 15. Uluslararası Petrol ve Doğalgaz Kongre ve Sergisi, 15th International Petroleum And Natural Gas Congress And Exhibition Of Turkey, 11-13 May 2005, S.38, Bilkent, Ankara.
- Satır, D. ve Gürel, A., 2001, Ecemis Fay Kuşağı Boyunca Demirkazık-Elek Gölü (Çamardı/Niğde) Alanının Stratigrafik ve Petrografik İncelenmesi, Ecemis Fay Kuşağı Çalışma Grubu, Workshop-I, Niğde Üniversitesi, s. 195-205.
- Temur, S., 2001, Endüstriyel Hammaddeler, s.134-137, Selçuk Üniversitesi ders kitabı, Konya.
- Termal Şirketler Grubu, 1998, Kemerhisar Karbondiyoksit Bölgesi Jeofizik Etüt Raporu, s.1-50, Güneydoğal gaz, şirket raporu, Ankara.
- TS 2603, 1994, Karbon Dioksit-Sıvı-Sanayide Kullanılan, s.1-23, Türk Standardı.
- TS 11169, 1993, Tüpler-Başınçlı Gazlar İçin, Çelik, Dikişsiz, s.1-56,Türk Standardı.
- TS 11336, 1994, Karbon Dioksit-Gıda Sanayiinde Kullanılan, s.1-8, Türk Standardı.
- Vural, N. 1984, Toksikoloji, s. 248-255, Ankara Üniversitesi Basimevi, Ankara.
- Yalçın, M.G. ve Şahin, Z., 2005, Rotary Sondaj Yöntemi İle Karbondiyoksit (CO₂) Gazının Çıkartılma İşlemleri ve Karşılaşılan Problemler, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20 (4), 55-64.
- Yılmaz, H., 1994, Doğal Karbondiyoksit, Türkiye Enerji Bülteni, cilt 1, sayı 1, Ankara.
- Wirth, W., Hecht G, Gloxhuber, C., 1971, In Toxikologie- Fibel, pp. 171-173, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

SUNİ MERMER PLAKALARIN DONMA-ÇÖZÜLME SONRASI DAYANIM VE AŞINMA ÖZELLİKLERİİN ARAŞTIRILMASI

M. Özgür KESKİN ve Ahmet M. KILIÇ
Ç.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET: Suni mermer plaka olarak tanımlanan döşeme ve kaplama plakaları genel olarak, belirli oranlarda agregat, çimento ve su karışımılarıdır. Bu plakaların üretiminde, farklı eens (bazalt, kireçtaşı) agregatlar kullanılabilmektedir. Yapılarına giren farklı cinsteki bu agregatlar da plakalara, farklı dayanım özellikleri kazandırmaktadır. Bu çalışmada, suni mermer plakaların donma-çözülme deneyi sonrası, mekanik özelliklerinden aşınma kaybı ve eğilme dayanımı araştırılmıştır.

THE INVESTIGATION OF RESISTANCE AND ABRASION PROPERTIES OF CONCRETE FLOORING TILES AFTER FREEZING AND THAWING

ABSTRACT: The concrete flooring tiles are according to there generally produced from certain ratios of aggregates, cement and water mixtures. These kind of tiles can be produced from different types of (basalt, limestone) aggregates. The tiles produced from different aggregates give different resistance properties. In this study, the mechanical properties such as abrasion loss and flexural strength of concrete flooring tiles were investigated after freezing and thawing.

1. GİRİŞ

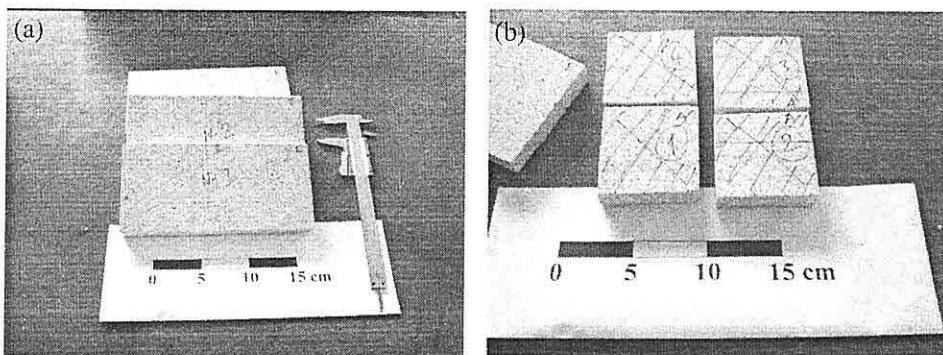
Beton döşeme plakaları, karosiman, karo-mozaik, dizme (palladiyen), suni mermer, özel biçimli ve yivli olmak üzere çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Kullanımda bu plakaların; boyut sapmaları, yüzey karakteristikleri ve görünüş, su emme, kırılma dayanımı, aşınmaya dayanıklılık gibi bazı fiziksel ve mekanik dayanım özelliklerinin tespit edilmesi istenilmektedir. Yüzey karakteristikleri ve görünüş özelliği, normal gün ışığı altında ve kuru şartlarda, 2 metre uzaklıktan yapılan gözle muayene ile tespit edilmektedir. Gözle muayenede, hiçbir girinti, çıkıştı, pullanma veya çatlak zonun görülmemesi gerekmektedir. Biçim ve gönyeden sapma özelliğinde, üst yüz ile yan yüzün birbirini kestiği yerdeki açılar ile yan yüzün kesişen kenarları arasındaki açılar dik olmalıdır. Boyut sapması ya da düzlemden sapma miktarı, 40 mm'den daha az kalınlığa sahip plakalarda en fazla ± 2 mm ve 40 mm'den daha kalın olanlarda en fazla ± 3 mm olmalıdır. Su emme miktarı % 8'i aşmamalıdır. Kırılma dayanımı değeri 4 MPa'dan ve aritmetik ortalaması 5 MPa'dan küçük olmamalıdır. Aşınma değeri 50 cm²'lik numune yüzey alanında 30 cm³'ten fazla olmamalıdır (TS 213, TS 213-1 EN 13748-1). Bu çalışmada, suni mermer plakaların aşınmaya dayanıklılık ve eğilmede çekme mukavemeti gibi dayanım özellikleri, hem donma-çözülme deneyine tabi tutulan numuneler ve hem de işlemden geçmemiş numuneler için laboratuar ortamında gerçekleştirilen deneylerle tespit edilmiştir. Laboratuar deneylerinde kullanılacak numunelerin

belirli boyutlarda olması istenir. Bu boyutlar, aşınma deneyi için 71 mm × 71 mm (Şekil-1/b), kırılma dayanımı deneyi için ise plak kalınlığı 17 mm × 100 mm × 200 mm'dir (Şekil-1/a). Numuneler plaklardan, Çukurova Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, karot ve taş kesme-parlatma laboratuvarında, taş kesme makinesiyle kesilerek hazırlanmıştır.

2. MALZEME TEMİNİ VE ÜRETİM YÖNTEMİ

Döşeme ve kaplama plakalarının üretiminde kullanılan agregalar, Marmara Adası (İstanbul), Ceyhan (Adana) ve Mersin Bölgesi'ndeki taş ocaklarından, plaklarda dolgu malzemesi olarak kullanılan mikronize mermer tozu ise Niğde Bölgesi mermer ocaklarından gelmektedir. Plaklarda yine desen ve dayanım için kullanılan bazalt ise Sivas'taki taş ocaklarından, genelde kırılmış ve sınıflandırılmış olarak getirilmektedir. Ocaklardan sınıflandırılmamış malzeme gelmesi durumunda, eleklerden geçirilerek sınıflandırılır. Bu eleme işlemi genelde, 4 mm altı malzemeyi ayırmak için yapılmaktadır. Plakların üretiminde ana malzeme olarak kullanılan çimento, beyaz portland çimentosudur (BPC 42,5-70) (CEM I 52,5 R).

Beyaz çimentolu suni mermer plakaların üretiminin ilk aşamasında, bir harmanda, 50 kg çimento, 75 kg mermer tozu ve 150 kg agrega suyla birlikte, mikser içinde karıştırılır. Karışım, kalıp makinasında kalıba dökülkerek preslenmekte ve kür süresini tamamlamak için kurumaya



Şekil 1. Kırılma ve aşınma deneyi için kesilerek hazırlanmış numuneler

bırakılmaktadır. Kür süresi, 7-15 gün arasında değişmekte ve plaklar zaman zaman sulanmaktadır. Kür süresini tamamlayan plaklar cıralama işlemeye tabi tutulmaktadır. Cıralamadan çıkan plaklar kullanıma hazır hale gelmektedir. Bu işlemden sonra paketlemeye geçilmektedir (Kılıç A.M., Keskin, M.Ö, 2006).

3. LABORATUAR DENEYLERİ

3.1. Kırılma Dayanımı Deneyi

Laboratuara getirilen her bir cins plakadan 5'er adet plaka deney için ayrılmış ve bu plakalardan, Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Kesme ve Parlatma Laboratuvarı'nda sulu taş kesme makinası kullanılarak, 10 cmx20 cm boyutlu numuneler elde edilmiştir. Bu numuneler etüvde 2 saat 110°C'da kurutulmuş ve oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuştur. Numunelerin kalınlıkları, en ve boy uzunlukları kumpas yardımıyla ölçülerek, eğilme dayanımı test cihazında kırılma yükleri tespit edilmiştir (Şekil 2 ve 3).

Numune boyutları ve kırılma yükü değerleri kullanılarak eğilmede çekme

mukavemeti değeri(T), MPa cinsinden Eşitlik-1'den belirlenmiştir.

$$T = \frac{3PL}{2bt^2} \quad (1)$$

Denklemde;

P; Kırılma anındaki yük (N),

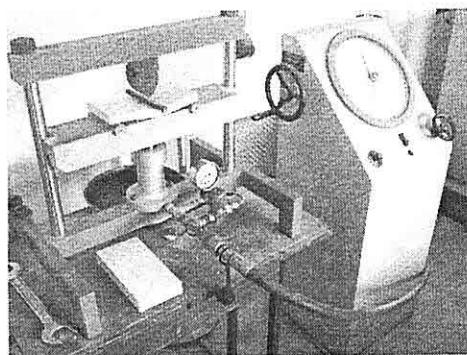
L; Mesnetler arası mesafe (mm),

t; Numunenin ortalama kalınlığı (mm)

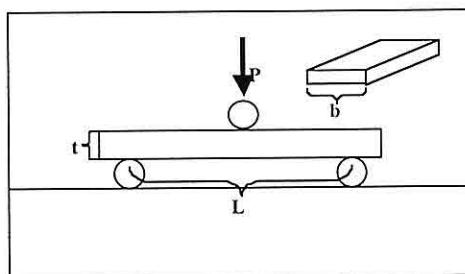
b; Plak genişliği (mm)'dir.

3.2. Böhme Yöntemiyle Aşınma Kaybı Belirleme Deneyi

Laboratuara getirilen plaklardan 5 adet plak deney için ayrılarak, bu plakalardan, sulu taş kesme makinası ile, kenar uzunluğu $71\pm1,5$ mm olan kare prizma şeklinde numuneler hazırlanmıştır. Bu numuneler etüvde 2 saat 110°C'da kurutulmuş ve oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuştur. Numunelerin parlak yüzeyleri, kenarlardan birer cm içерiden ve tam merkezden olmak üzere dokuz farklı noktadan işaretlenerek, aşınmadan önceki kalınlıkları kumpas yardımıyla ve ağırlıkları 0,1 g hassasiyetli teraziyle tespit



Şekil 2. Kırılma dayanımı belirleme deney cihazı



Şekil 3. Kırma dayanımı belirleme deney düzeneğinde numunenin konumu.

edilmiştir. Daha sonra, Böhme yüzey aşındırma cihazında (Şekil 4), TS 699/Ocak 1987'ye uygun olarak, aşındırıcı toz yardımıyla parlak yüzey aşındırılmıştır. Kullanılan aşındırıcı toz, zımpara tozu olarak adlandırılan ve standartlarda belirtilen, % 70-80 oranında Al_2O_3 içeren ve tane boyutu % 80'den fazla 0,100-0,125 mm olan gri renkli tozdur.

Aşındırma işleminden sonra, aşındırılan yüzey dokuz farklı noktadan işaretlenerek, kumpas yardımıyla kalınlıklar ve terazi yardımıyla aşınma sonrası ağırlık belirlenmiştir. Hacim kaybı değeri Eşitlik-

2'den, $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$ olarak hesaplanmıştır.

$$\Delta V = \frac{\Delta m}{\rho} \quad (2)$$

Formülde;

ΔV ; 16 çevrimden sonra hacim kaybı, $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$

Δm ; 16 çevrimden sonra kütle kaybı, g
 ρ ; Numunenin yoğunluğu, g/cm^3

3.3. Donma-Çözülme Deneyi

Taş kesme makinası ile kesilerek, kırılma dayanımı ve aşınma kaybı deneyleri için hazırlanan numuneler, 4 cm derinliğindeki metal tepsilere yerleştirilerek üzerlerine su ilave edilmiştir. Daha sonra numuneler bu şekilde, sıcaklığı -20°C 'ye ayarlanmış olan derin dondurucuya yerleştirilip donma işlemi gerçekleştirilmiştir. Standart donma sıcaklığı $-18^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, çözülme sıcaklığı $5^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 'dir. Numunelerin donma çözülme deneyinin etkisi ile çabuk bozulacakları tahmin ediliyorsa her 30 devir yerine her 10 devir sonunda temel frekansları belirlenebilir. 10 devir sonundaki değer belirlenerek başlangıçtaki değerden düşme yüzdesi hesaplanır (TS 3449, ASTM C666-97).

4. DENYE SONUÇLARI

4.1. Kırılma Deneyi Sonuçları

İşlemden geçirilmemiş numuneler ile donma-çözülme işlemi uygulanmış numunelere ait kırılma deney sonuçları ve her iki numune grubunun ortalama kırılma değeri farkının yüzdesi Çizelge 1'de verilmiştir.

4.1. Aşınma Deneyi Sonuçları

İşlemden geçirilmemiş numuneler ile

*SUNİ MERMER PLAKALARIN DONMA-ÇÖZÜLME SONRASI DAYANIM VE AŞINMA
ÖZELLİKLERİİNİN ARAŞTIRILMASI*

Çizelge 1. Donma-çözülme öncesi ve sonrası kırılma dayanımı deney sonuçları.

| Numune No | Donma-Çözülme Öncesi Kırılma Dayanımı, MPa | Donma-Çözülme Sonrası Kırılma Dayanımı, MPa |
|---------------------------|--|---|
| 1 | 7,03 | 6,73 |
| 2 | 8,26 | 6,88 |
| 3 | 8,23 | 7,39 |
| 4 | 8,39 | 7,35 |
| 5 | 8,15 | 6,96 |
| Ortalama | $8,01 \pm 0,55$ | $7,06 \pm 0,29$ |
| Kır. Day. Farkı, % | | 11,86 |

donma-çözülme işlemi uygulanmış numuneler ait aşınma deney sonuçları ve her iki numune grubunun ortalama aşınma kaybı değeri farkının yüzdesi Çizelge 2'de verilmiştir.

Kırılma dayanımı değerleri, işlem görmemiş suni mermer plak numuneler için ortalama 8,01 MPa, donma-çözülme işlemi uygulanmış numuneler için 7,06 MPa bulunmuştur.

Çizelge 2. Donma-çözülme öncesi ve sonrası aşınma kaybı deney sonuçları.

| Numune No | Donma-Çözülme Öncesi Aşınma Kaybı, $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$ | Donma-Çözülme Sonrası Aşınma Kaybı, $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$ |
|---------------------------|--|---|
| 1 | 27,12 | 32,55 |
| 2 | 27,28 | 32,19 |
| 3 | 26,81 | 32,86 |
| 4 | 27,94 | 33,08 |
| 5 | 27,76 | 32,64 |
| Ortalama | $27,38 \pm 0,46$ | $32,66 \pm 0,33$ |
| Aş. Kaybı Farkı, % | | 19,28 |

5. SONUÇLAR

Suni mermer plaklar için, donma-çözülme işlemi uygulanmış ve uygulanmamış numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler neticesinde aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Aşınma kaybı değerleri, işlem uygulanmamış suni mermer plak numuneler için ortalama $27,38 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$, donma-çözülme işlemi uygulanmış numuneler için $32,66 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ bulunmuştur.

Kırılma dayanımı değerleri, işlem uygulanmamış suni mermer plak numuneler için ortalama 8.01 MPa, donma-çözülme işlemi uygulanmış numuneler için 7.06 MPa bulunmuştur.

Donma-çözülme sonrası, suni mermer plakların kırılma dayanımlarının % 11,86 oranında azaldığı, aşınma kayıplarının ise % 19,28 oranında artarak, 30 cm³'lük aşınma sınır değerinin üzerine çıktıgı tespit edilmiştir.

Donma-çözülme şartları altında, suni mermer plakların dayanımlarının düşüğü ve aşınma oranlarının arttiği sonucuna ulaşılmıştır.

6. KAYNAKLAR

ASTM C666-97, "Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing", American Society for Testing and Materials, Proc. B, 1997.

Kılıç, A.M., Keskin, M.Ö., "Döşeme ve Kaplama Plaklarının Yapımında Kullanılan Agrega Cins ve Boyutlarının, Plakların Fiziko-Mekanik Özelliklerine Etkisi, IV. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, Aralık 2006.

TS 213, "Döşeme kaplama plakları-Beton", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Nisan 1994.

TS 213-1 EN 13748-1, "Terrazo Karolar-İç Mekânlarda Kullanım İçin", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Eylül 2005.

TS 699, "Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Ocak 1987.

TS 3449, "Çabuk Donma ve Çözülme Koşulları Altında Betonda Dayanıklılık Faktörü Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Ekim 1980.

TANELERİN BİLİM ve TEKNOLOJİDEKİ ÖNEMİ

Uğur ULUSOY

C.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas/Türkiye

ÖZET: Bu derlemede temel olarak, Dünyada hızla gelişen ve her geçen gün hayatımızdaki önemi artan tane ve tane teknolojilerinden ve günümüze kadar ki gelişiminden bahsedilmiştir. Text'de ağırlıklı olarak Hogg R., 1989; "The Science and Technology of Particle Systems", adlı makalesi kendisinin izni alınarak dilimize çevrilmiş ve Yurdumuzda da bu konunun önemi anlatılarak akademi, bilim ve endüstriye katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Cevher hazırlamada ve pek çok diğer uygulamalarda taneler sistemlerin davranışının birincil olarak tane boyutu ve tane şekli gibi tanelerin fiziksel özelliklerinden etkilendiği çok iyi bilinmektedir. 1964 de Brian Kaye' nin öncülüğünde ilk olarak İnce Tane Araştırma Enstitüsüyle başlayan Tane Bilim ve Teknoloji çalışmaları 1994'de Florida' da NSF' in (Amerikan Ulusal Bilim Fonu) öncülüğünde PERC "Tane Mühendisliği Araştırma Merkezi" nin kurulmasıyla hızlanmaya başlamıştır. Birçok ünlü bilim adamı ve uzmanın emeklilikleri ve hayatlarını yitirmeleri yüzünden tane teknolojisi alanında endüstri ve akademinin tutkusunu atesleyecek yeni, genç bilim adamlarına ve uzmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Tane Teknolojistleri ve onların çalışmaya başladığı Teknoloji Merkezleri sayesinde tane sistemleri üzerine kooperatif araştırma cesaretlenmelii, bu çabalara hükümet ve endüstriyel sermayeleri çekilmeli ve lisans ve lisansüstü bilim ve mühendislik müfredatına taneler sistemlerin çalışmalarının girişi sağlanmalıdır.

The IMPORTANCE of PARTICLES on THE SCIENCE AND TECHNOLOGY

ABSTRACT: In this review, the particles and particles technologies which developed rapidly and have significant roles on our daily life and its historical development were stated. Mostly, the paper titled "The Science and Technology of Particle Systems" by Hogg R., was translated into Turkish with his kind permission in the text and aimed to contribute its importance in our national academia, industry and science as well. The behavior of particulate systems in mineral processing and other applications which is primarily affected by the physical attributes (shape and surface roughness) of the particles is well known. The studies related to the Particulate Science and Technology have been initiated by the foundation of Fine Particle Research Institute headed by the Brian Kaye in 1964. In 1994, the establishment of PERC "Particle Engineering Research Center" at The University of Florida by the

leaderships of NSF (National Science Foundation) has started to increase to provide to focus for particle-related education and research activities. New younger scientists and experts to ignite the passion of industry and academia in the field of particle technology are needed since many older champions are retired and passed away. By means of Particle Technologists and Technological Centers, cooperative research on particle systems should be encouraged, government and industrial funding should be attracted for these efforts, and the introduction of studies of particulate systems into graduate and undergraduate science and engineering curricula should be promoted.

* Bu çalışma esas olarak R. Hogg' un; The Science and Technology of Particle Systems, (Earth and Mineral Sciences, 58, 1989, 1) başlıklı makalesinden yazarının izni ile dilimize çevrilmiş ve dünyadaki uygulamalara da atıfta bulunulmuştur.

1. GİRİŞ

Endüstrinin kullandığı malzemelerin ezici çoğunluğu tane formundadır. On milyonlarca ton malzeme endüstride kullanılmaktadır: Örneğin, madencilik (demir, bakır, alüminyum, kömür, kireçtaşı, kum, fosfat), kimya (çimento, plastik, gübre, boyalar, metaller, gıdalar, cam, seramik, tuğla, kül), inşaat (beton, toprak, sediman), çiftçilik (buğday, toprak), artık ürünler (çöp, döküntü, süprüntü, lağım suları, sulu çamur, kül, maden arterleri, nehir sedimanları). Ulusların kirlilik problemlerinin % 70' i taneler yüzündendir (Meloy, 1980). Taneler ve tanesel sistemlerin hayatımızdaki önemi son derece büyük olmasına rağmen onlar hakkında pek az şey biliyoruz. Tanesel sistemlerin davranışları büyük oranda tane boyutu ve şekli gibi önemli fiziksel özelliklerle belirlenmektedir. Bu yazıda endüstriyel taneler, tanesel sistemlerin ve tane teknolojisinin endüstri, bilim ve teknolojideki önemi vurgulanmaktadır.

192

2. TANELER

Tane tek sınırlayıcının çevresine göre küçük olduğu ve boyut sınırlamasının olmadığı tek bir parçadır (Harr, 1925). Merriam-Webster's Collegiate sözlüğüne göre ise bir tane çok küçük bir büyülü/parçadır veya göreceli küçük veya herhangi bir şeyin miktارında en küçük ayrı porsiyonudur (Xu, 2000). Bir başka ifadeyle tane sonlu bir kütle ve iç yapıya fakat ihmali edilebilir boyuta sahip kütle olarak da tanımlanabilir (Lewis, 2005).

Birkaç nanometreden birkaç milimetreye-makromolekülden kum tanelerine topluca endüstriyel taneler denir. Bu rejimde, taneler çok farklı formlarda bulunabilmektedir (Şekil 1).

Taneler doğal veya protein, jel, DNA ve lateksler gibi bir ağ veya lineer form içinde bulunan sentetik makromoleküller olabilir. Taneler, miseller veya köpükler gibi organik veya küçük inorganik moleküller topluluğu da olabilmektedir. hatta sıvı veya katı bir köpük içindeki

| 10^{-9} m (nm) | 10^{-8} m | 10^{-7} m | 10^{-6} m (μ m) | 10^{-5} m | 10^{-4} m | 10^{-3} m (mm) | 10^{-2} m |
|---------------------|-------------|-------------|---------------------------|-------------------------------|--|--|-------------|
| | | | | kil duman sigara dumanı | ince kum bulut ve sis uçucu küller | Sahil kumu yağmur gubreler, kireçtaşı flotasyon konsantresi | |
| | | | | karbon boya pigmentleri | bakteriler | | |
| | | | | virüsler | Yağ buharı | | |

Şekil 1. Endüstriyel Tanelerin Boyları (Xu, 2000).

kabarcıklar gibi bir boşluk kadar küçük olabilmektedir. Daha tipik olarak, taneler sadece metal oksitleri, şeker, ilaç tozları veya kahveye koyduğumuz krema tozu gibi toplu malzemelerin küçük bir parçası olabilmektedir. Veya ev tozları, polenler, asbest lifleri, manyetik teyp, kâğıt ürünler, otomobil boyası veya ilaç ürünler de olabilir. Tanesel malzemelerin varlığı ev işlerinde kullanılan malzemelelerden gıda ve içeceklerdeki içerikler, nakliyat araçlarından giysilere kadar evrenseldir (Xu, 2000).

Taneler, insanlığın yaşadığı her yerde önemli bir rol oynamaktadır. Yerkabuğunun çoğu, kum, toprak, kayaçlar, atmosferdeki bulutlar, ateşin dumanı ve evlerimizdeki tozlar da tanelerden oluşmuştur. Bezelye, un gibi yediğimiz gıdaların çoğu, parfümeri, kozmetik, deterjan ve diğer temizlik ürünleri gibi günlük maddelerle de tanesel formda karşılaşırız.

Mürekkep ve boyalar sivilarda dağılmış (disperse) çok ince tanelerden oluşmuştur. Modern tarım büyük miktarlarda tanesel formdaki gübre ve böcek ilaçlarını kullanmaktadır. Bu liste sınırsız bir şekilde

genişletilebilir, tane sistemlerinin günlük yaşamımızın önemli bir parçası olduğu açıktır (Hogg, 1989).

Taneler endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Genelde taneler kirliliğin ve sağlık problemlerinin de başlıca kaynağıdır. Gölleler, okyanuslar, atmosfer, jeoloji ve astronomi kavramlarını anlayışımız sistemlerdeki tanelerin davranışını anlamamıza bağlıdır. Tanelerin önemine rağmen tane fiziği, kimyası, şekil ve morfolojisi hakkında çok az şey bilinmektedir. Medeniyetleşme çimento, toprak, tuğla, harç, boyalar, cam ve metaller gibi tanesel sistemler üzerine kurulmuştur. Tanesel sistemlerin büyük önemine rağmen bu alanda hala çok az araştırma bulunmaktadır (Meloy, 1980).

İnce tanelerin sanayide kullanım oranı ve ince tanelerle uğraşmak zorunda olan mühendislik dalları gün geçtikçe artmaktadır. Dünyada her yıl çeşitli sanayi kuruluşlarında öğütülen malzeme miktarı milyarlarca tonu bulmaktadır. Maden zenginleştirme, aglomerasyonda ve boyalar, ilaç ve kimya sanayisi gibi diğer sanayi dallarında devamlı artan miktarlarda ince tane ile uğraşmaktadır.

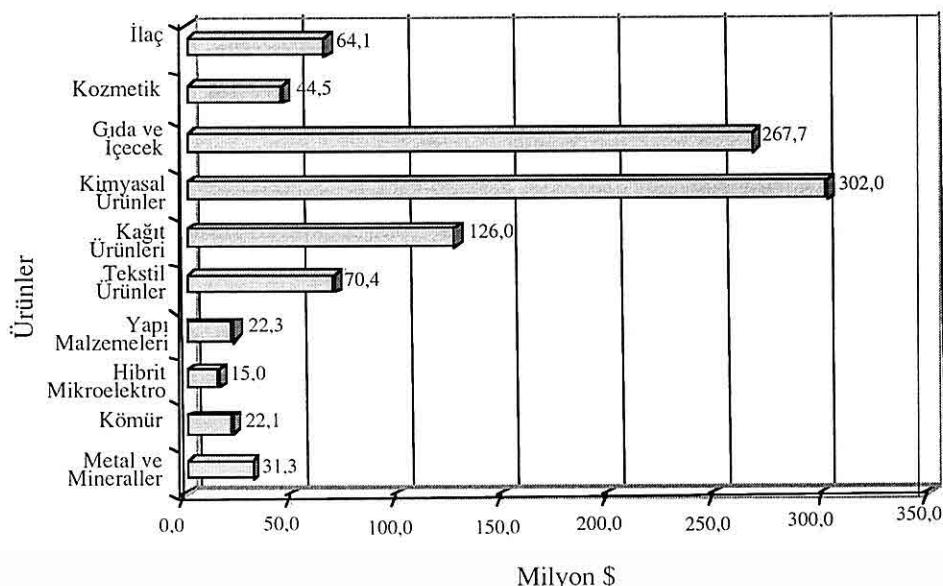
Yalnız yılda flotasyon maksadıyla öğütülen cevher miktarı milyar ton seviyesindedir (Aytekin, 1979).

Herkesin tanelerle bir şekilde, bir zamanda bir yerde günlük yaşamında karşılaştığını söylemek yanlış olmaz. Amerika'da tek başına, tanesel sistemlerin etkilediği endüstriyel çıktı tarım ürünlerinin dışında Şekil 2'de görülen 10 ana endüstri için 1993 yılında 1 trilyon doları bulmuştur.

Bu endüstriler içindeki proseslerin çoğu

katkıları, yapıştırıcılar, pigment tanelerinin tümü ürün kalitesini etkiler. Boyanın parlaklığı birkaç iri tanenin varlığı ve kapatma gücü de çok küçük taneli fraksiyon ile oldukça etkilendimktedir. Tane karakteristiklerinin etkilendiği endüstriyel proseslerin diğer örnekler şunlardır:

- * Adhezyon,
- * Kataliz,
- * Deterjan,
- * Elektro kazanım,



Sekil 2. Tanesel sistemlerin ABD'de toplam çıktıya etkisi (US Industrial Outlook 1993, Department of Commerce).

tane teknolojileri uygulamaları üzerine dayanmaktadır. Örneğin, macun üretiminde, çok ince dağılım sinterleme de kabarcığa ve çok iri dağılım da elektriksel sızıntıya yol açtılarından tane boyutu ve dağılımı çok sıkı kontrol edilmelidir. Film

- * Gıda işleme,
- * Öğütme,
- * İyon değiştirme,
- * Polimerleşme,
- * Atık su uzaklaştırması,
- * Su arıtma,

- * Yağlama,
- * Çöktürme,
- * Toprak kondisyonlama,
- * Cevher flotasyonu,
- * Yol düzleme,
- * Şeker rafinasyonu (Xu, 2000).

Maddenin 3 genel hali hepimiz tarafından iyi bilinmektedir: gaz, sıvı ve katı.Çoğu yönden, tane sistemleri kendine has bir sınıf gibi düşünülmektedir.Taneler kendi kendilerine katıdır fakat bir kum yığınının katı bir kayaçtan biraz farklı olduğu fark edilmektedir.Sıvı damlacıklar bulutunu oluşturan sis, katı taneler bulutu oluşturan dumandan daha yaygındır(Hogg, 1989).

3. TANESEL SİSTEMLER VE DAVRANIŞLARI

Aynı varlıklar halinde bulunan bir sistem olan taneler sürekli bir ortamda dağılmışlarsa (=disperse) tanesel bir sistem olarak adlandırılırlar (Hogg, 1989). Bir başka ifadeyle etkileşen taneler grubuna tanesel sistem denir (Şekil 3). Bu gibi topluluklar atomlardan galaksilere kadar değişmektedir (Harr, 1925). Tanesel sistemler (hem katı, hem sıvı) pek çok endüstride önemlidir ve ekonomik etkileri büyütür. Bu sebepten, taneleri ve tanesel sistemleri (toz, emülsiyonlar, sprey=aerosoller, çamurlar, süspansiyonlar) karakterize etme kabiliyeti ticari ve akademik faaliyetlerin geniş bir alanı için büyük önem taşımaktadır (Scott, 2003).

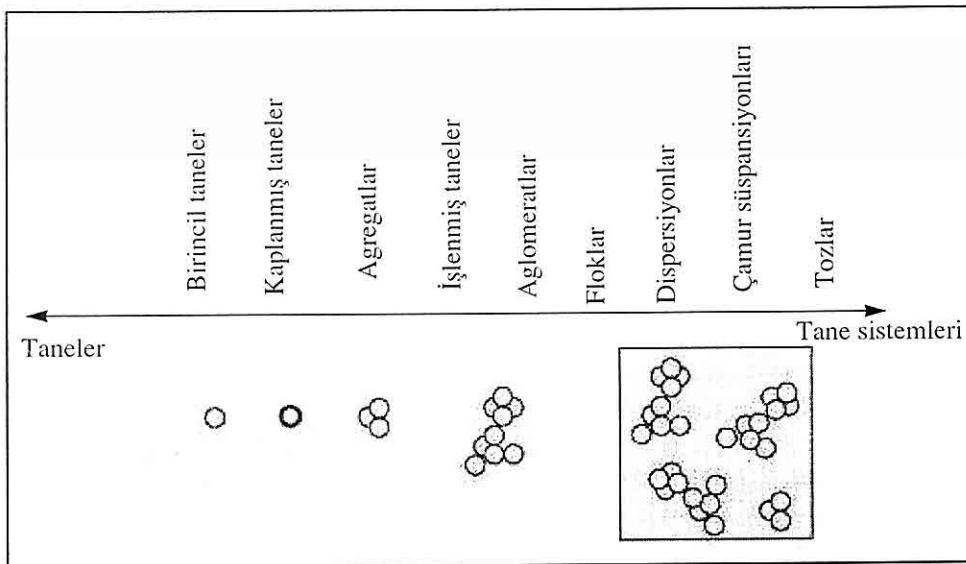
Tanesel duruma özgü karakteristik ve özellikler vardır. Herhangi bir tane sisteminin davranışları sadece tanelerin yapıldığı malzemeye değil, tanelerin ve

onun çevresiyle yaptığı etkileşimle de belirlenmektedir. Bu etkileşimlerin önemi tane boyutu küçüldükçe giderek artmada ve yaklaşık 1 mikronдан küçük taneler için bu etkileşimler dominant olmakta ve kolloid sistemlerin alanına girmektedir (Hogg, 1989).

Taneler ve ortam bir katı, sıvı veya gazdan oluşabilmektedir. Çeşitli kombinasyonlar ve bazı yaygın örnekler Çizelge 1'de verilmiştir. Bu sistemlerin özellik ve davranışları tanelerin özelliklerine, ortamın doğasına ve iki fazın göreceli bolluğuna bağlıdır. Genelde, son bahsedilen sistem tarafından gösterilen bir çeşit davranışlı belirlemektedir.

Genel bir kural olarak, tane sistemlerinin davranışı yüksek konsantrasyonlardaki disperse fazı (taneler) ve düşük konsantrasyonlarda ise sürekli fazı (ortam) izlemektedir. Örneğin, hem toz hem de duman bir gaz ortamında katı tanelerden ibarettir, fakat bir toz içinde, katılar tipik olarak toplam hacmin yarısını kaplamakta olduğu için, birçok yönden, tozlar katı gibi davranışları. Diğer taraftan, bir duman içinde, taneler hacmin milyonda birlik bir kısmını kaplar böylece bu sistemler genellikle gazlar gibi davranışırlar.

Tabii ki, tüm hikâye bu değildir. Katı gibi ve sıvı gibi veya gaz gibi davranışlar arasındaki ayırım tanelerin özelliklerine ve çeşitli tane-tane ve tane-ortam etkileşimlerine de bağlıdır. Seramik işlemenede kullanılan zenginleştirilmiş kil süspansiyonları ortamın kimyasındaki küçük değişimlerle plastik formdan (tamamı katı) yüksek bir sıvı durumuna



Şekil 3. Tek bir taneden kompleks yapılı tanesel sistemlere kadar uzanan aralık (Scott, 2003).

dönüştürülebilir. Deniz kıyısındaki su altındaki donmuş (jöle) kum tipik olarak hacimce 60% katı ve 40% sudan ibarettir, fakat kullanım kazanlarındaki direk yakma için kömür/su karışımlarının kullanımıyla ilgili bir araştırma, hacimce 70% katından fazlasını içeren yüksek sıvı karışımının (slurry) geliştirilmesine yol açmıştır. Bu sulu faz içindeki belirli kimyasal ilavelerin kullanımıyla birlikte tane boyutlarının dağılımının çok keskin kontrolüyle sağlanmaktadır (Hogg, 1989).

Cevher hazırlamada ve diğer uygulamalarda tanesel sistemlerin davranışı birincil olarak boyut, şekil, yüzey alanı ve gözenek yapısı gibi tanelerin fiziksel özellikleriyle ve mevcut katı-sıvı ara yüzeylerinin yapısından etkilenmektedir (Chander ve Hogg, 1988).

İnce tanelerin başlıca davranış

ozellikleri arasında akış, görünür yoğunluk, sıkıştırılabilirlik ve reaksiyona girebilme yeteneği gelmektedir. Bunlar boyut, şekil ve yüzey gibi birincil özelliklere kuvvetle bağlıdır. Eğer bu birincil özellikler tamamen anlamazsa, ikincil özellikler ile arasında iyi bir korelasyonu hiçbir zaman kuramayız (Hausner, 1980).

Ürün ve proses tasarıminda tanesel sistem karakterizasyonu ve modellemesi, prosesi ve ürün davranışını anlamak için önemli bir araçtır. Tanesel bir sistem tek bir tane özelliği, toplu özellikler ve onların etkileriyle karakterize edilmektedir. Tek tane özellikleri boyut, şekil, pürüzlülük, homojenlik, yoğunluk, biyolojik özellik, optik ve termodinamik özellik ve dinamik özelliklerdir. Toplu özellikler, arayüzey özellikler,

Çizelge 1. Tanesel sistemlerin çeşitleri

| Taneler | Ortam | Örnekler |
|---------|-------|---|
| Katı | Gaz | Tane, toz, duman |
| Katı | Sıvı | Çamur, pasta |
| Katı | Katı | Dispersiyon alaşım, Sert plastik, Beton |
| Sıvı | Gaz | Sis, duman |
| Sıvı | Sıvı | Emülsiyon |
| Sıvı | Katı | Biyolojik zar |
| Gaz | Gaz | Hiçbiri* |
| Gaz | Sıvı | Köpük |
| Gaz | Katı | Styrofoam, Pumis |

*Disperse (tane) ve sürekli (ortam) fazlar karışmayan olmalıdır. Bu iki gaz için geçerli değildir (Hogg, 1989).

oryantasyon ve dizilim ve ayırm dağılımıdır (Müler ve ark., 2001).

Bazı durumlarda, tanesel bir sistemin davranışları, içерdiği fazlarından farklı olabilmektedir. Örneğin kremşanti, hava, su ve sıvı yağların karmaşık bir dispersiyonudur fakat sert bir katının özelliğinden fazlasını gösterir. Burada, fazlar arası kuvvetli etkileşimler her bir fazda bulunmayan kararlı yapıların gelişimine yol açmaktadır (Hogg, 1989).

Tanelerin davranışının tayininde en önemli değişkenler boyutu, yoğunluğu, yüzey özellikleri ve şeklidir (Meloy ve ark., 1979).

4. TANE KARAKTERİSTİKLERİ

Tanelerin ve tane topluluklarının çeşitli karakteristik özellikleri tanesel sistemlerin davranışını belirlemektedir.

4.1. Tane boyutu

Gıda teknolojisinde, gübre, kömür ve

her cins cevherle ilgili mineral tozları ile uğraşan çeşitli endüstrilerde tane boyutunun tayini önemli ve kaçınılmaz bir işlemidir. Endüstri sularının ve şehir sularının temizlenmesinde, şehir havasındaki kirliliğin saptanmasında, madenlerdeki tozların patlatma sonunda havalandırılmasında vb. yerlerde ince tanelerin boyutlarının ölçümeleri önemli bir yer alır (Aytekin, 1979).

Bir tane gibi aynı bir varlığın boyutunu tanımlamaya çalışırken, boyutun bir tanımının tane şeklini de biraz düşündürmekte olduğu hemen hızla akla gelmektedir. Gerçekten de, bunu günlük ölçümlerimizde hesaba otomatik olarak katıyoruz. Hogg' un (1989) örneğinde olduğu gibi insanları ve atları boylarına göre ölçtüğümüzde, bir adam bir attan daha uzundur, fakat attan daha büyük olduğunu düşünmeyiz. Atın farklı bir şeklinin olduğunu bilir ve ona uygun olarak farklı bir boyut tanımı kullanırız.

Aynı yaklaşım tanelere de uygulanabilir, fakat genellikle uygun değildir. İnsanlar ve atlar oldukça farklı şekillere sahip olurlarken, taneler genellikle olmazlar. Bu yüzden, daha genel ve doğrudan kıyaslanabilir bir boyut ölçüsüne ihtiyacımız vardır.

Bir tanenin hacmi şekline bağlı olmayan boyutun tek ölçüsüdür. Fakat genellikle, basit bir lineer boyut (inç, mm, mikrometre) şeklinde ifade edilen boyutla daha rahat hissederiz. Bu taneleri karakterize etmek, eşdeğer kürenin yaygın kullanımına yol açmaktadır. Burada, tanenin boyutu, tanenin boyutuna eşdeğer olan bir kürenin çapı olarak ifade edilmektedir. Tanenin hacmini ölçülebildiğinde, eşdeğer küre taneyle aynı hacme sahip olacaktır. Pratikte, genellikle, aynı şartlar altında, tanenin davranışları bilinen kürenin davranışıyla kıyaslanarak ifade edilmektedir. Sonunda, yetersiz bir ifadeyle karşı karşıya kalırız ki, tarif ettiğimiz boyut ölçmek için kullanılan yönteme bağlıdır. Şeklin tane davranışına etkisi ne çeşit bir davranış düşünüldüğüne bağlıdır.

Bir tanenin boyutunu tanımlamaya çalıştığımızda, onu nasıl ölçmeye çalıştığımız da önemli hale gelmektedir. Tanelerin mikroskop kullanılarak direk gözlenmesi bariz ve yaygın kullanılan bir yaklaşımıdır. Birincil avantajı, tane şekline ait bilginin kolaylıkla bulunmasıdır. Dezavantaj ise, istatistiksel olarak güvenilir sonuçlar elde etmek için özellikle tane topluluğu arasında boyutta büyük değişimler olduğunda, daha fazla tane saymak ve ölçme ihtiyacını

içermektedir. Düzensiz tanelerin boyutunu göstermek için çeşitli yöntemlerden en yaygın olanı, görüntünün kesit alanını tahmin etmek ve bazı özel yerleşimdeki (oryantasyon) kesit alanına bağlı bir eşdeğer küreninkiyle aynı alana sahip bir dairenin çapı olarak tanımlamaktır.

Eleme, yaklaşık olarak 40 mikrondan büyük tanelere kolaylıkla uygulanabilen güvenilir ve basit bir yöntemdir. Boyut tanenin gecebildiği veya geçemediği açıklıkla (genellikle kare) ifade edilir. Direk gözlemin tersine elek boyutu genellikle tanenin minimum kesitini yansıtır.

Bir sıvı içinde çöken bir kürenin hızı, çökelme hızının ölçülmesi çökelme davranışına bağlı eşdeğer bir küre çapının dolaylı tahmini için kullanılıldığı için, onun boyutuya birebir alaklıdır.

Tane boyut analizi için diğer yaygın yöntem, her bir tanenin yer değiştirdiği bir elektrolit çözeltisinin hacminin elektriksel olarak ölçülmesini içermektedir. Bu yaklaşımı dayanan cihazlar hacimce eşdeğer küre çapının tahminini sağlar.

İşik saçım yöntemleri özellikle tane boyut analizi için caziptir ve tanenin ortalama kesit alanına bağlı eşdeğer küreyi vermektedir.

Düzensiz bir tanenin boyutunun tek bir tanımlama problemi yüzünden, boyutun farklı tanımlarını kullanan farklı fiziksel özelliklere dayanan analitik yöntemler, aynı tanenin farklı boyutlarını tanımlamaya yönelikler. Farklı şekilli taneler aynı teknikle analiz edildiğine veya aynı taneler üzerinde farklı teknikler kullanıldığında, boyuttaki büyük

değişimler görülebilmektedir (Hogg, 1989).

4.2. TANE ŞEKLİ

Tane şeklinin tanımı boyuttan bile daha büyük zorluk gösterir. Küp, küre ve tetrahedra gibi düzenli şekillerin tek bir tanımı yapılabılır fakat silindir ve elips, eksenel oran gibi ilave spesifikasyonlar ister. Şeklin karışıklığı artarken, onu tarif etmek için çok daha fazla bilgiye gerek duyulur. Prensiple, Fourier analizi gibi tekniklerle herhangi bir şekli tanımlamak için matematiksel fonksiyonlar yazılabilir veya 3 boyutlu görüntü teknikleri gereklili parametreleri sağlamak için tasarlanabilir. Maalesef, son derece biktirici ve zaman kaybettirici olmasının yanında, bu yaklaşım çok fazla bilgi sağlama gibi başka bir kusura sahiptir. Her bir tanenin şekli fiziksel önemi genellikle belirsiz olan çok fazla sayıda parametrelerle karakterize edilmektedir. Tane davranışını tahmin etmek için potansiyel olarak kullanılabilen basitleştirilmiş işlemler geliştirmek için önemli çabalara rağmen, bu tiplerin şekil tanımları şimdije kadar, akademik ilgiden öteye geçmemiştir.

Tane şeklinin davranışını etkilediği oldukça açıkta ve şekil tanımlayıcılarının tane bilim ve teknolojisinde bir yeri olmalıdır. Fakat bunun nasıl başarılacağı meselesi hala devam etmektedir. Başka bir alternatif, boyut ve şekil etkileşimlerinin avantajını kullanmaktadır. Tıpkı bir tanenin şeklinin verilen bir analitik teknikle belirlenen boyutu etkilediği gibi, bu boyuttaki değişim şekilde ilgili bilgiyi verir. Küresel bir tane nasıl ölçüldüğüne

bakılmaksızın, küreden sapmaların büyük değişimleri yansıtırken, aynı boyutu bildirmelidir. Bu değişimlerin kalibi ilgili şekil türünün bir göstergesini sağlayabilir.

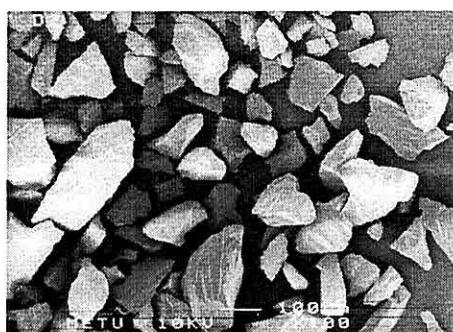
Daha pratik bir yaklaşım, boyutların özel bir çevreye cevaben tanelerin davranışını tanımlayan analitik teknikle bildirilen boyutunu tanımlamaktır. Daha sonra, tanenin davranışını tahmin etmek için, benzer koşullarda aynı tip davranışları gösteren bir boyutlandırma teknigi seçmektir. Örneğin, bir boyaya içinde, pigment tanelerinin optik özelliklerini tahmin etmek için, taneleri karakterize etmek için ışık saçım gibi bir optik teknigi kullanmak uygun olabilir. Bu yolla, boyut ve şekil bilgisi istenilen uygulamaya uygun bir şekilde birleştirilebilir (Hogg, 1989).

Cevher hazırlama ürünlerini oluşturan tanelerin çoğu piramit, küp, küre gibi mükemmel tanımlanmış geometrik bir şekle sahip olmadığından (Şekil 4) tane şeklinin tanımını yapmak çok önemlidir.

Tanelerin şeklini sayısallaştırmadaki zorluklar yüzünden şeklin evrensel olarak kabul edilmiş bir tanımı bulunmamaktadır. Tane şekil parametresi ve onun sürece etkisi çoğu araştırmada ihmal edilmiştir (Kaya ve ark., 1996).

4.3. TANE YÜZEYLERİ

Tanelerin kendi çevreleriyle yaptığı etkileşim taneler sistemlerde çok önemlidir. Taneler kendi kendilerine küçüldükçe, arayüzey alanı ve böylece onun göreceli önemi, de orantılı olarak artmaktadır. Örneğin, 1 çeyrek onz tipik sahil kumu bu sayfaninkine yakın,



Şekil 4. İdeal şekillere benzemeyen çeşitli mineral tanelerin görünüsü.

yaklaşık 100 inç² yüzey alanına sahiptir. Aynı miktar kaolin kumu taneleri yaklaşık 100 ft² yüzey alanına sahipken, bentonitikiller 1 dönüm veya daha fazla yüzey alanına sahip olabilmektedir.

Tane sistemlerinin davranışları genelde yüzey etkisiyle domine edildiğinden yüzey alanı çok önemli bir karakteristiktedir. Tanelerin dış yüzey alanının tahmini, onların boyut ve mümkünse şeklinden yapılabilir. Fakat bazı taneler iç yüzey alanına da sahiptirler: bir sünger dışındakinden daha fazla yüzey alanına sahiptir. Kömür taneleri tipik olarak çok ince gözenekler içermektedir ve kömürün iç yüzey alanının dış yüzeyinden binlerce kat büyük olduğu oldukça yaygındır. Toplam yüzey alanı (iç ve dış) genellikle gaz adsorpsiyon tekniği ile belirlenir. Uygun koşullar altında, nitrojen gibi gazlar birkaç ince moleküllü ince tabakalar oluşturmak için katı yüzeylere tutunurlar ve yüzeye adsorbe olan gaz miktarı böylece bir yüzey alanı ölçüsü sağlamaktadır (Hogg, 1989).

4.4. TANE ETKİLEŞİMLERİ

Bir taneler topluluğunun davranışları genellikle tanelere etkiyen gravite ve taneler arasındaki ve onların çevreleriyle etkileşim kuvvetleri gibi dış kuvvetlerle belirlenir. Kuvvetlerin göreceli büyüklüğü ve davranışına etkileri büyük oranda boyuta bağlıdır. Gravite ve eylemsizlik tanenin kütlesine bağlıdır ve bu sebepten, tane boyutunun küpüyle değişmektedir. Diğer taraftan, tane etkileşimleri, komşu moleküller arasındaki çekim yüzünden oluşan "yüzey kuvvetleri" denilen kuvvetlerin sonucunda oluşmaktadır. Bu tip kuvvetler, genellikle tane boyutuyla doğru orantılı olarak değişmektedir. Böylece, boyut azaldıkça, onların göreceli önemi de artmaktadır. Yüzey molekülleri arasındaki van der Waals çekim kuvvetleri yüzünden etkileşim kuvvetinin tane ağırlığına oranının boyutla değişimini gösteren örnek Çizelge 2'de verilmiştir. Açıkça, görülmektedir ki, yüzey kuvvetleri büyük kayaçlar için tamamen ihmal edilebilirken, ince tozlar için önemli olması; kuru kum tanelerinin veya çakılların tersine ince toz tanelerinin her şeye yapışmalarını açıklamaktadır.

Tanelerin çevreleriyle etkileşimleri, özellikle, hava veya su gibi nüfuz edici akışkanlar, tanelerin ve tane sistemlerinin davranışını birincil olarak etkilemektedir. Tanelerin hareketi çevresinde aktığı veya aralarındaki akışkan yüzünden etkilenmeye ve genellikle "direnç kuvvet" olarak bilinen kuvvette sebep olmaktadır. Tane-tane etkileşimlerinde olduğu gibi, direnç kuvvetleri aslında tanenin boyutu arttıkça artmakta, fakat tanenin ağırlığına

göre de azalmaktadır. Tane ağırlığına bağlı olarak direnç kuvvetlerin bazı örnekleri Çizelge 2'de verilmiştir ve tane boyutu azaldıkça, akışkan direncinin artan önemi kolayca belirmektedir.

Çizelge 2. Tane ağırlığıyla ilgili tane etkileşim kuvvetlerinin büyüklüğü
(Hogg, 1989)

| Tane boyutu | van der Waals* Kuvveti | Akışkan Direnç** Kuvveti |
|-------------|------------------------|--------------------------|
| 10 cm | 10^{-3} | 4×10^{-8} |
| 1 cm | 10^{-7} | 2×10^{-6} |
| 1 mm | 10^{-5} | 10^{-4} |
| 0.1 mm | 10^{-3} | 10^{-2} |
| 10 μm | 10^{-1} | 1 |
| 1 μm | 10 | 10^2 |
| 0.1 μm | 10^3 | 10^4 |

*0.1 μm uzaklığındaki iki küre arasındaki kuvvet.
**Havada 1 cm/sn hızla hareket eden bir küre üzerinde etkiyen kuvvet.

Hava ve su gibi birbirine karışmayan iki akışkan, katı tanelerle birleştiğinde, kapiler (kılçal) kuvvetler önemli olmaktadır. Bu taneler arasındaki sınırlı alan üzerine etkiyen arayüzey gerilimi kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır ve birçok iyi bilinen olgudan sorumlu olmaktadır. Kumsaldaki çöcüğün kum kalezi, dökümhanedeki metal dökümü için kullanılan eriyikler ve şekillendirici seramiklerde kullanılan birçok süreç taneleri bir araya getiren kapiler kuvvetlere dayanmaktadır. Kuvvetin

büyüklüğü genellikle kapilerin boyutu azaldıkça artmaktadır, böylece bu kuvvetler, aralarındaki küçük alanlara karşın çok küçük taneler için giderek önemli olmaktadır (Hogg, 1989).

4.5. TANE MEKANIĞI

Birçok yönden, tane sistemleri akışkan gibi davranışır, dökülebilirler, kolayca bozulabilirler ve herhangi bir boşluğu doldurma eğilimindedirler. Bir başka deyişle, tane sistemleri bir yere kadar gazlar veya sıvılar gibi basit akışkanlara benzeyen akış özelliklerini gösterirler, fakat çok önemli farklılıklar vardır. Eğer kumla büyük bir konteyner doldurursak, yüzeyinde yüreyebiliriz, fakat bunu suyla yapamayız. Fakat, konteynerin altından tipayı çekersek, kum su gibi akacaktır. Hem sıvılar hem de tozlar kolayca eğim aşağı akarlar, fakat bir sıvıyı yukarıya pompalayabilirken tozları pompalayamayız.

Akış davranışındaki bu farklılıkların sebebi, farklı ortamlar içinde kuvvet iletiminin mekanığını ve onların temel elementleri (molekül, tane vs.) arasındaki etkileşim kuvvetlerinin türüne dayanır. Her bir molekülden oluşan bir gaz ortalama uzaklıkta bir taraftadır, fakat daha fazla veya az tesadüf bir yönde hızla hareket ederler. Gaz basıncı moleküller arası ve bir konteynerin duvarları arasında veya gaz içine daldırılmış herhangi bir yüzeyin çarpışması sonucudur. Gaz sıkıştırıldığında, moleküller arası ortalama mesafe azalmakta ve çarpışmalar daha sık olmakta basınç artmaktadır ve tersi olmaktadır. Sıvılarda, moleküllerin

birbirine çok yakınlaşması dışında durum aynıdır. Böylece, moleküller arası çekim kuvvetleri ve itme kuvvetleri çok önemli olmakta ve net kuvvetin sıfır olduğu bir denge molekül yerleşmesinin gelişmesine sebep olmaktadır.

Tozlar, kütlelerine göre termal enerjilerinin çok küçük olması nedeniyle bir sıvı veya gaz içinde asılı olmadıkça, her bir tanenin sabit olarak ratgele hareket ettikleri ayrı birimlerden ibarettir. Etkileşim kuvvetleri tane boyutuna göre kısa mesafededir ve sadece taneler birbirlerine temas ettiklerinde genellikle önemli olmaktadır. İtme kuvvetleri tanelerin birbirlerine nüfuz edemedikleri için büyütür, fakat çekim kuvvetleri genellikle küçüktür ve oldukça küçük ayrımlarda kaybolmaktadır. Sonuç olarak, tozlar sıkıştırıcı gerilmeyi kolayca ileterler, fakat çekme gerilmelerini iletme kabiliyetleri çok küçüktür. Mekanik özellikleri çok anizotropiktir. Kendi özgün hareketlerinin olmaması ve tanelerin kayma hareketine ters sürtünme kuvvetlerinin varlığı, tozlardaki yapıyı kurmaktadır. Bu gibi yapılar uygulanan stres altında kırılabiligidinden tozlar sıkıştırılabilme eğilimindedir. Kısa mesafe çekim kuvvetleri yapı formasyonlarını tercih ettiklerinden, bu gibi kuvvetler küçük taneler için daha önemlidir, ince tozlar tipik olarak büyük malzemelerden daha çok sıkıştırılabilir.

Herhangi bir sıvı sisteminin akışı komşu tabakaların göreceli hareketini (kesme) içermektedir. Bir gaz içinde, akışa karşı esas direnç moleküllerin hızlı hareketinden yavaş hareketine

geçiklerinde momentum transferiyle sağlanmaktadır veya tam tersi de geçerlidir. Aynı durum göreceli hareketi engellemeye eğiliminde olan komşu tabakalar arasında etkiyen moleküller çekim kuvvetleriyle artan direnç dışında, sıvılarda için de doğrudur. Katı taneler bir gaz veya sıvı içinde süspansiyonlarında, akmaya karşı direnç taneler ve tane etkileşimleri yüzünden momentum transferiyle artırılmaktadır. Tozlar için, momentum transfer etkisi çok yüksek kesme hızları (shear rates) dışında muhtemelen önemsizdir ve akmaya karşı direnç birincil olarak, tane etkileşimleri (kohezyon) ve temas halindeki taneler arasındaki kayma sürtünmesiyle tayin edilmektedir.

Momentum transfer etkileri, göreceli hareketin gerçekten kurulduğunda akışa karşı olabilmektedir. Diğer bir deyişle, akışa karşı koyulmadan başlatılmalıdır. Sonuç olarak, gazlar ve sıvılar genellikle en küçük uygulanan gerilmelere bile cevap olarak akarlar. Diğer taraftan, sürtünme kuvvetleri statik şartlar altında oluşur ve uygulanan gerilme belirli bir minimum değeri aşmadıkça göreceli hareketi önlemeye yarar. Çünkü bunlar tozların akışında dominant kuvvetlerdir, akışın başlangıcı minimum gerilmeyi gerektirir, fakat sürtünme kuvvetleri genellikle göreceli hareket oluştuğunda artmadığından (hatta azaldığından) ilerde, istenilen minimumun ötesinde uygulanan gerilmeyi (stres) artırmakta ve daha düşük dirence bir tozon akışına yol açmaktadır (Hogg, 1989).

4.6. TANE HAZIRLAMA

Karşılaştığımız tane sistemleri kum, toprak ve bulut gibi doğal olarak, toz ve duman gibi tesadüfen veya boyalı veya çimento gibi bilerek yaratılmıştır. Her bir durumda da, sistem davranışları tanelerin ve çevresinin özelliklerile belirlenmektedir. Proses (hazırlama) taneleri kirlilik kontrolünde olduğu gibi elimine etmeye, toprak tarımında olduğu gibi onların davranışını modifiye etmeye, boyalı, gübre, çimento, kozmetik ve birçok diğer tanesel malzemelerin üretiminde olduğu gibi istenilen özelliklere sahip taneleri veya tanesel sistemleri üretmeyi içermektedir. Tane özellikleri performansı ve herhangi bir hazırlama işleminin verimliliğini etkilemektedir. Aynı zamanda, birçok prosesin amacı tane özelliklerini modifiye etmektir.

Çoğu tane hazırlama işlemleri aşağıdaki genel kategorilerden bir veya bir kaçına sahip olmak şeklinde düşünülebilir: üretim, modifikasyon, separasyon (ayırma), kullanım. Tabii ki, hiçbir proses tek bir kategoriye tek başına girmezler ve bazıları iki veya daha çok kategoriyi içermektedir. Listeyi nakliyat, karıştırma, malzeme elden geçirimi ve depolama gibi temel başka süreçlerle de genişletebiliriz (Hogg, 1989).

4.7. TANE KULLANIMI

Herhangi bir tane hazırlama işleminin amacı, bir dizi optimum özelliklere sahip bir tanesel sistem üretmektir. Bunlar boyut, şekil veya her bir tanenin kompozisyonu gibi özellikler olabilir. Aşındırıcı tozlar yüzeyleri parlatmak için

kullanılmaktadır, her bir tane birincil önemde sahiptir ve bir ya da iki (elekütü) iri tane tüm topluluğu bozabilir. Buna karşın, kömür/su çamurunun (suspansiyon) hazırlanmasında çamurun (slurry) stabilitesi ve reolojik davranışının önemlidir ve tanelerin kendileri daha az önemde sahiptirler.

Herhangi bir sistemin özelliği ve davranışının tabii ki en sonunda her bir tanenin karakteristikleriyle tayin edilmektedir. Partikül (tane) Teknolojistinin görevi herhangi bir uygulama için en uygun (optimum) karakteristiğin ne olduğunu belirlemektir ve daha sonra böyle bir tanesel sistemi üretmek için bir şema tasarlamaktır. Bu optimum karakteristikleri tanımlamak, tane karakteristiği ve sistem davranışları arasındaki ilişkinin çok az anlaşılması yüzünden, genellikle en büyük tartışmayı sunmaktadır. Bilinen boyut, şekil ve kompozisyon dağılımıyla tanelerin bir topluluğu verildiğinde, akış özelliğinin ne olacağını tahmin edebiliriz veya bir konteynere nasıl doldurulacağı gibi soruların cevabı hayır'dır. Eğer soru hangi özelliğin bu özel akış özelliğini vereceğine döndürürse, cevapları bulmak daha da zordur (Hogg, 1989).

5. DÜNYADA TANE

TEKNOLOJİSİNİN GELİŞİMİ

* İlk başlarda, Tane Teknolojisi cevher hazırlama şemsiyesi altında uygulanıyordu.

* ABD Ulusal ve ekonomik büyümeye önemli olan proseslerin olduğu Madencilikte Tane Bilim Teknolojisini

denedi.

* Georgia Tech Üniversitesinde Dallavalle Bilim ve Teknolojisinin son savaş yıllarda büyük önemi olduğunu tahmin etmişti.

*ABD bunu dinlemedi fakat Japonya ve Avrupa dinledi.

*Daha sonra bunu 1964' de Brian Kaye' in İnce Tane Araştırma Enstitüsü'nü kurması ve 1973' de Chicago' da Tane Bilim ve Teknoloji Konferansının 1.sinin düzenlemesi takip etti.

*1967'de Chicago' da İnce Tane Derneği Kuruldu.

* 1978' de Uluslararası İnce Tane Araştırma Enstitüsü (IFPRI) ve Tanesel Katılar Araştırma Enstitüsü (PSRI) kuruldu.

*Avrupa ve Japon Tane Teknolojileri çok güçlü ve dinamikti.

*Almanya 1986' da Nunberg' de ilk Dünya Tane Teknoloji Kongresini yaptı.

*İngiltere Bilim ve Mühendislik Konseyi çok disiplinli bir programla Tane Teknolojisine sponsor oldu.

* ABD geride kaldı ve kendine hala bir yön arıyordu.

*Aynı zamanda İleri Malzeme Hazırlama Merkezi (CAMP) Clarkson Üniversitesinde kuruldu.

*Japonya Kyoto 1990' da 2. Dünya Tane Bilim ve Teknoloji Kongresine ev sahipliği yaptı.

*Tane Teknoloji Forumu (PTF) 1993' de oluşturuldu.

*Penn State IUCRC kuruldu.

*Ulusal Bilim Fonu (NSF) 1994' de Florida Üniversitesinde Tane Mühendislik Araştırma Merkezini (PERC) kurdu.

*ABD de 3. Dünya Kongresi Lieu' da ve Tane Teknolojisindeki İlk PTF Forumu Denver'da 1994' de yapıldı. 2. Forum Kimya Mühendisliğinde 5. Dünya Kongresiyle birlikte San Diego' da 1996' da gerçekleştirildi. Daha sonra PTF Forumu AICHE Yıllık Toplantısıyla birlikte her yıl düzenlendi.

*1998' de Tane Bilim ve Teknolojisinde 3. Dünya Kongresi İngiltere'nin ev sahipliğiyle Brighton' da yapıldı.

*ABD'de bugün, Tane Bilim ve Teknolojisi, ağırlığın nanoteknoloji, biyoteknoloji ve bilgi teknolojisine verilmesine rağmen Hükümet, endüstri ve Akademiler tarafından bilinmektedir.

*Tane Teknoloji Forumu AICHE' nin öncülüğünde 500 den fazla üyesiyle 10 yıldır kutlanmaktadır.

*2006' da ABD Florida' da 5. Dünya Tane Teknoloji Kongresine ev sahipliği yapmıştır (Davies., 2006).

6. SONUÇ

Tanesel sistemlere hemen tüm bilim ve mühendislik disiplinlerinde karşılaşılmaktadır ve gelişen teknolojilerin kullanımıyla birlikte geleneksel üretim endüstrilerinin geniş bir alanında etkilidir.

Tane boyut ve şekli toz haldeki çeşitli malzemeleri kullanan endüstrilerde çok önemlidir. Bu endüstriler inşaat mühendisliğindeki hammaddeler, kimya, eczacılık, madencilik endüstrileri, pigmentler, metaller, seramikler, haplar, gıdalar, atmosferik tozların kirliliği ile ilgili endüstrilerdir.

Tane sistemleri hakkında öğrenilecek

bilgiyi aysberglerin görünmeyen kısmına benzetmek yanlış olmaz. Dünyadaki tane teknolojistleri yoğun olarak tane teknolojileriyle ilgili problemlerle uğraşmakta ve yavaş yavaş cevapları bulmaktadır, fakat bu alandaki bilim adamlarının sayısı çok azdır. Tipik mezun mühendis veya bilim adamı pratikte bu konuda eğitimsizdir. Çoğu böyle bir disiplinin varlığından bile habersizdir.

1964' de Brian Kaye' nin öncülüğünde ilk olarak İnce Tane Araştırma Enstitüsüyle başlayan Tane Bilim ve Teknoloji çalışmaları 1994'de Florida' da NSF' in (Amerikan Ulusal Bilim Fonu) öncülüğünde PERC "Tane Mühendisliği Araştırma Merkezi" nin kurulmasıyla hızlanmaya başlamıştır. Bu tip merkezler tarım, yer ve mineral bilimleri, mühendislik ve bilim fakültelerini içeren disiplinleri içermektedir. Birçok ünlü bilim adamı ve uzmanın emeklilikleri ve hayatlarını yitirmeleri yüzünden Tane Teknolojisi alanında hükümet, endüstri ve akademimin tutkusunu ateşleyecek yeni ve genç liderlere ihtiyacı vardır (Davies., 2006). Tane Teknolojistleri ve onların çalışmaya başladığı Teknoloji Merkezleri sayesinde tane sistemleri üzerine kooperatif araştırma cesaretlenmeli, bu çabalara hükümet ve endüstriyel sermayeleri çekilmeli ve lisans ve lisansüstü bilim ve mühendislik müfredatına tanesel sistemlerin çalışmalarının girişi sağlanmalıdır (Hogg, 1989).

7. TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya makalesini Türkçeye

çevirmeme ve yayınlamaya izin veren Partikül Teknolojisinde çok önemli çalışmalara imza atmış değerli Bilim adamı Richard Hogg' a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

8. KAYNAKLAR

Aytekin Y., 1979; *İnce Tane Ölçme Yöntemleri*, Bornova-İzmir, 1.

Chander S., ve Hogg, R., 1988; *Physical and surface characterization for mineral processing, Minerals and Metallurgical Processing*, August, 152.

Davies R., 2006, *Particle Technology in the New World, Particle Engineering Research Center, University of Florida*, www.erc.ufl.edu/publications/

Harr M. E., 1925; *Mechanics of particulate media- a probabilistic approach*, Mc-Graw Hill Inc. USA, 1.

Hausner H. H., 1980; *Introduction: Some Unsolved Problems in Powder Technology*, In: Beddow, J. K. and Meloy, T., (Eds.). *Testing and Characterization of Powders and Fine Particles*, Heyden, London, xix.

Hogg R., 1989; *The Science and Technology of Particle Systems, Earth and Mineral Sciences*, 58, 1.

Kaya D., Kumar S. R., ve Hogg R., 1996; *Particle shape characterization using an image analysis technique*, In M. Kemal, V. Arslan, A. Akar and M. Canbazoglu (Eds), *Changing Scopes in Mineral processing*, Rotterdam: Balkema, 47.

Lewis A., 2005; *Wordweb 4.01*.
<http://wordweb.info/>

Meloy T. P., 1980; *Chapter 1: Particle*

- Shape Characterization: Recent Developments (Review), In: Beddow, J. K. and Meloy, T., (Eds.). Testing and Characterization of Powders and Fine Particles, Heyden, London, 1.*
- Meloy T. P., Durney T.E. ve Eppler D.T., 1979; *Sophisticated shape analysis of green pellets from a balling drum, XIII. Int. Min. Proc. Cong. Warsaw, (Laskowski, J.S., Ed.), June 4-9, 1619.*
- Müller F., Polke R., Schafer M. ve Scholz N., 2001; *Particle System Characterization and Modelling, Part. Part. Syst. Charact., 18, 248.*
- Scott D. V. 2003; *Characterizing particle characterization, Part. Part. Syst. Charact. 20, 305-310.*
- US Industrial Outlook 1993, Department of Commerce.
- Xu, Renliang, 2000; *Particle characterization: light scattering methods, Hingham, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, 2.*

GENETİK ALGORİTMA İLE SINIR TENÖRÜ OPTİMİZASYONU

Erhan ÇETİN

D.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır/Türkiye

ÖZET: Maden yataklarının değerlendirilmesinde, optimum sınır tenörleri tayini çok önemli, ancak çözümü kolay olmayan bir problemdir. Bu çalışmada, geniş çaplı optimizasyon problemleri için uygun bir ortam sağlayan genetik algoritma kullanılarak, optimum sınır tenörleri tespiti yapılmıştır. Sınır tenörü optimizasyonu genel anlamıyla irdelenmiş, genetik algoritma optimizasyon yöntemi hakkında detaylı bilgi verilmiş ve genetik algoritmanın sınır tenörü optimizasyonuna uygulanması amaçlı geliştirilen bir bilgisayar programı açıklanmıştır. Ayrıca, örnek bir maden yatağı ile ilgili veriler kullanılarak, bu yazılım test edilmiş ve sonuçlar MINVEST paket programı kullanılarak, Lane'in sınırlayıcı ve denge sınır tenörleri yöntemi sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

OPTIMISATION OF CUT-OFF GRADES BY MEANS OF GENETIC ALGORITHMS

ABSTRACT: Determination of optimum cut-off grades in mineral deposits appraisal is a very important, but very difficult to solve, problem. In this work, by use of genetic algorithms, that give a very robust searching medium for big scale optimisation problems, optimum cut-off grades were determined. Optimisation of cut-off grades is mentioned, detailed knowledge is given about application of genetic algorithms to cut-off grade optimisation, and a computer program developed for cut-off grade optimisation is given. Besides, the software is tested by using data from a sample mineral deposit and the results are compared with Lane's limiting and balancing cut-off grades method by means of MINVEST package program.

1. GİRİŞ

Madencilikte sınır tenörü tayini, cevher ile yan kayacı birbirinden ayıran temel kriter olduğundan, madenciliğin önemli bir konusudur. Bir maden işletmesinin kararı, sınır tenörleri silsilesinin, ve ona bağlı olarak, üretim miktarının bir fonksiyonudur. Bu sınır tenörleri değiştiğinde işletme kararı değiştiği için, karın optimizasyonu için optimum sınır tenörleri silsilesinin belirlenmesi gerekmektedir. Özellikle metalik maden işletmelerinde kar optimizasyonu, en iyi sınır tenörü politikası ile mümkündür. En yaygın kullanılan sınır tenörü optimizasyonu kriteri, en yüksek indirgenmiş kardır. En yüksek indirgenmiş kar hedefi ancak, madencilik operasyonunun ilk üretim dönemlerinde yüksek bir sınır tenörü uygulaması, müteakip üretim dönemlerinde ise sınır tenörlerinin kademeli olarak azaltılması ile mümkündür (Henning, 1963; Lane, 1964; Dowd, 1976; Çetin, 2005).

Bu çalışmanın hedefleri, optimum sınır tenörleri silsilesi tayini için, genetik algoritma yardımı ile, genel bir yöntem geliştirmek, bu yöntemi uygulamak için bir yazılım geliştirmek ve yöntemin performansını değerlendirmektir.

2. GENETİK ALGORİTMA İLE OPTİMİZASYON

Genetik algoritmalar, genetik bilimi kanunlarından kaynaklanan bir arama yöntemi kullanan stokastik algoritmalarıdır. Genetik algoritmanın temel prensipleri, ilk olarak, Holland (1975) tarafından öne sürülmüştür. Bu yöntemde, bir nüfusun bireyleri

kromozomlar olarak gösterilmekte ve bir dizi genetik işlemler uygulanmaktadır. Genetik algoritmalar, arama yöntemleri biyolojik genetik ve doğal evrim prensiplerinden kaynaklanmış, stokastik algoritmalarıdır. Herhangi bir problemin potansiyel cevabının bir birey olduğu ve bu bireyin bir dizi parametreler ile ifade edilebilirliği kabul edilmektedir.

Genetik algoritmanın genel çerçevesi genetik biliminden alınmıştır. Doğada, her canlı varlığın her bir hücresi, o hücrenin DNAsını oluşturan kromozomlara sahiptir. Kromozomlar, bir canlı organizmanın karakter farklılaşmasını kontrol eden genleri oluşturur. Genetik algoritmada, bir problemin potansiyel çözümüne birey yahut kromozom denir. Bireyler nüfusu oluşturur. Nüfus ise, genetik algoritmada, çözümler toplamını ifade eder. Eşleşme, mutasyon, üreme gibi genetik işlemler de genetik algoritmada kullanılmaktadır.

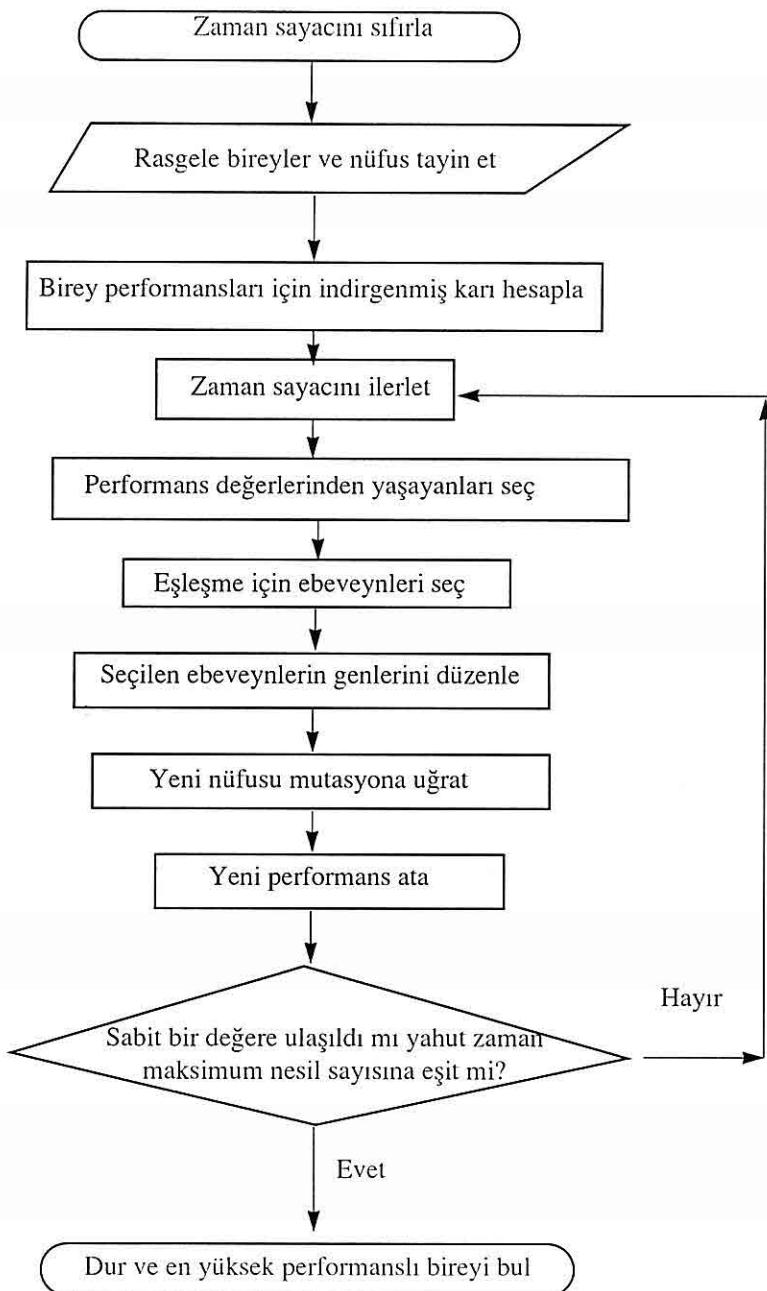
Genetik algoritmalar, özellikle geniş çaplı optimizasyon problemlerinin çözümü için uygun bir ortam sağlamaktadır. Olasılıklı algoritmalar sınıfında olduğu halde, rasgele sayı üretimi temelli algoritmalarдан farklıdır. Genetik algoritmalar, mutasyon gibi, yerel optimum noktalardan kolaylıkla kaçabilecek genetik operatörlere sahiptir.

Genel bir genetik algoritma akım şeması Şekil 1' de görülmektedir.

2.1. Genetik Algoritmanın Temel Elemanları

2.1.1. Kodlama

Genetik algoritma, problem çözümlerinin temsili ifadeleri ile



Şekil 1. Genetik algoritma akım şeması.

meşguldür. Temsili ifade, bireyle ilgili tüm bilgileri barındıran bir şerittir. Bu şerit, sabit bir uzunluğa sahiptir ve kromozom yahut birey olarak adlandırılır. Şeridin uzunluğu, problemin yapısına bağlıdır. Şerit, ondalık sayılardan oluşabilir. Ancak, ikili sayı sistemi uygulaması en yaygın olarak kullanılan yöntemdir.

İkili sayı sisteminden oluşan şeritin ifade ettiği gerçek değere ulaşmak için, ikili sayılar ondalık sayıya çevrilerek, bu ondalık sayıya karşılık gelen gerçek değer kolaylıkla bulunur.

İkili sayı sisteminden oluşan bir birey oluşturmak için başlangıçta o bireyin (şeritin) tüm haneleri rasgele üretilen sayılar yardımıyla oluşturulur.

2.1.2. Nüfus

Genetik biliminde bireyler nüfusu oluşturur. Nüfus ne kadar büyük olursa optimumu arama alanı daha fazla yayılır. Dolayısıyla, optimuma erişme ihtimali artar. Ancak, nüfus büyülüğu, genetik algoritma temelli bir bilgisayar programının hızını olumsuz yönde etkiler.

2.1.3. Evrim

İkili ve ondalık sayılardan oluşan şeritlerden meydana gelen bir nüfusun oluşturulmasından sonra, evrim süreci devreye girer. Her bir bireye bir güçlük değeri atanır.

2.1.4. Seleksiyon

Daha güçlü değere sahip iyi bireyler bir seleksiyona tabi tutularak seçilirler. Her bir nesil mevcut nüfus içerisinde yeni

bireyler üretir. Seleksiyon, mevcut nüfusun her bir bireyinin, yeni bir nüfus oluşturmak üzere kaç defa kopyalanması gerekiğine karar verilmesi işlemidir. Bu işlem, daha iyi yahut daha güçlü bireylerin evrim sürecinde daha fazla üreme şansına sahip olması anlamına gelen doğal seleksiyon işlemine benzemektedir. Seleksiyon işlemi, herhangi bir bireyin, yeni bir nüfus oluşturulduğunda, kaç defa kopyalanacağıının belirlenmesi şeklinde ifade edilebilir. Seleksiyon işlemi deterministik veya olasılıklı olabilir.

Deterministik seleksiyonda, güçlü bireyler, zayıf bireylere nazaran daha fazla yeni nesil üretirler. Çok gücsüz bireylerin neslini devam ettirme şansı yoktur. Deterministik seleksiyon sonucu zayıf bireyler elimine edilir ve hızlı bir şekilde bir optimuma ulaşılır.

“Olasılıklı” seleksiyonda ise, güçlü bireylerin zayıf bireylere nazaran daha fazla yeni nesil üretme şansları daha fazladır, ancak kesin değildir. Genetik algoritmda en yaygın olarak kullanılan seleksiyon yöntemi olan rulet masası seleksiyon yöntemi, olasılıklı bir seleksiyon yöntemidir. Bu yöntemde, zayıf bireylerin de az da olsa yeni nesil üretme şansları olduğu halde, güçlü bireylerin yeni nesil üretme şansları nispeten daha fazladır. Bireyler, rulet masasında, güçleri nispetinde bir yere sahiptir. Üretilen rasgele sayılar sonucuna göre yeni nesile karar verilir. Bu şekildeki bir olasılıklı seleksiyon sonucunda optimuma daha yavaş bir şekilde ulaşılabilir, ancak arama alanı daha genişir. Zayıf bireyler direk elimine edilmez, zamanla elimine olmaları

beklenir.

Genetik algoritmalarla uygulanabilecek başka parametreler de vardır. Filtreleme bunlardan biridir. Bir nüfusu oluşturan bireylerin güçlülük değerleri eğer yeterince farklı ise filtreleme gibi bir işleme gerek yoktur. Ancak, bireylerin performans değerleri birbirine yakın ise, ki nesiller ilerledikçe bu sonuç kaçınılmazdır, iyi nesiller zamanla rekabet gücünü kaybederler. Filtreleme, bu durumda iyi nesillerin rekabet gücünü artırıcı bir etki yapar. Bu filtreleme işlemi, genellikle tüm bireylerin performans değerlerinden aynı numaranın çıkarılması ile yapılır. Sadece 2 bireyden oluşan bir problem ve bireylerin performans değerlerinin de 584 ve 586 olduğunu varsayıyalım. Bu bireylerden sadece bir tanesi rasgele seçilirse, birinci bireyin seçilme olasılığı %49.9, ikinci bireyin seçilme olasılığı ise %50.1 olur. Bu bireylerden birinin performansının diğerinden yüksek olduğu açıktır. Seçilme işlemi deterministik bir algoritma ile yapılmış olsaydı, ikinci bireyin seçilme olasılığı %100 olacak idi. Ancak, probabilistik bir seçme işleminde, ikinci bireyin seçilme olasılığı sadece %50.1'dir. Bu, her iki bireyin de seçilme olasılıklarının hemen hemen aynı oldukları sonucunu verir. Genetik algoritmalarla kullanılan filtreleme işlemi kullanılarak, bu durum tolere edilebilir. Söz konusu bireylerin performans değerleri, bu değerlerden 580 çıkarılarak filtrelenirse, birinci bireyin seçilme olasılığı %40, ikinci bireyin seçilme olasılığı ise %60 olacaktır. Bu durumda,

performansı diğerine göre daha yüksek olan ikinci bireyin seçilme şansı yeterince artmış olacaktır.

Genetik algoritmalarla, performans iyileştirilmesinde kullanılan başka bir parametre de elitist seçimdir. Genetik algoritmada, nesiller ilerledikçe, en iyi bireyi kaybetme riski her zaman için vardır. Bunu önlemek, elitist bir yaklaşımla mümkündür. Elitist seçim işlemi sonucu, en iyi birey yahut bireyler, her bir değerlendirme aşamasında gelecek nesillere değişmeden aktarılabilirler (Zalzala and Fleming, 1997).

2.2. Genetik Operatörler

Genetik algoritmalarla, doğada olduğu gibi, temelde iki türlü genetik operatör vardır; çaprazlama ve mutasyon.

2.2.1. Çaprazlama

Çaprazlama, yeni kromozomların üretimi için kullanılan temel operatördür. Doğadaki canlıların eşeyli üreme işleminin taklit edilmesidir. Bir ebeveyn bir araya gelir, ve anne babanın genlerinin çaprazlanması sonucu, iki yavru oluşturur. Yaygın olarak kullanılan çaprazlama yöntemleri, tek nokta çaprazlama, çift nokta çaprazlama, n-nokta çaprazlama ve nokta çaprazlamadır (Green, 1999).

Tek nokta çaprazlamada, her bir çift için, çaprazlanmanın yapılacakı bir nokta rasgele sayılar yardımıyla tayin edilir. Ortaya çıkan her bir yarı kromozom, çaprazlanacak kromozomun diğer yarı kromozomuyla birleştirilir. Dolayısıyla, ebeveynin her ikisinin de özelliklerini barındıran iki yeni kromozom meydana gelir.

Çift nokta kromozomun tek nokta kromozomdan farkı, her bir çift için, rasgele sayılar marifetiyle, iki ayrı çaprazlama noktası tayin edilmesidir. Kromozomların bu iki nokta arasında kalan kısmı değiştirilmek suretiyle birleştirilerek, yeni bir birey oluşturulur.

N-nokta çaprazlama yönteminde, n sayıda çaprazlama noktası vardır. Çiftlerin kromozomlarının her iki çaprazlama noktası arasında kalan kısımları değiştirilerek yeni bireyler oluşturulur. Böylece, oluşturulan yavrular, çiftlerden her birinin kromozom şeridindeki çaprazlama noktalarının ayırdığı her bir takip eden parçanın değiştirilmesi sonucu oluşmuş olurlar.

Nokta çaprazlama yönteminde, belirli bir sayıda noktalar rasgele seçilir. Her bir çiftin kromozom şeridinden seçilen her bir noktası, eşleştiği bireyin aynı noktasındaki değerle değiştirilerek birleştirilmesi suretiyle yeni bireyler oluşturulur.

Ebeveynler, performansa göre tayin edilmiş bir çaprazlama olasılığı dahilinde rasgele bireyler arasından seçilir.

2.2.2.Mutasyon

Doğada, yeni nesiller üretmek için yapılan DNA kopyalanması işleminde bazen hatalar olabilmektedir. Mutasyon denen bu hatalar, genellikle, bireyin performansı açısından iyi bir etkiye sahip değildir. Ancak, bazen, bireyin performansını artırıcı iyi özellikler edinmesini sağlayabilir, ve bu özellik sonraki nesillere de gecebilir. Mutasyon, türlerin evriminde çok önemli bir araçtır. Zira, mutasyonsuz bir doğada, toerik

olarak, evrim ortamının oluşması mümkün değildir. Mutasyonsuz bir genetik algoritma işleminde, arama alanı çok dar olacağı için, büyük ölçekli problemlerde optimum çözüme ulaşmak neredeyse imkansızdır.

Genetik algoritmalar, diğer olasılıklı arama yöntemlerinden, kullanılan arama yöntemi açısından, çok farklıdır. Bu yöntemde, arama işlemi, üretilen rasgele sayılar aracılığıyla bir nüfus (çözüm kümesi) oluşturulması ve bu nüfusu oluşturan bireylerin birbirleriyle ilişkileriyle ilgilidir. Arama alanı, mutasyon sayesinde genişlemekte, çaprazlama sayesinde ise derinleşmektektir. Genetik algoritmanın temelinde, optimum noktaya odaklanana kadar veya önceden belirtilmiş makul bir nesil sayısına ulaşana kadar, çözüm kümesini oluşturan bireylerin zaman içerisinde yavaş yavaş evrimleşerek güçlenmeleri, performanslarının iyileşmesi düşüncesi yatkınlıkta.

Çaprazlamada olduğu gibi, mutasyon noktaları da rasgele üretilen sayılar yardımıyla tespit edilmektedir. Ancak, mutasyon olasılığı oldukça düşüktür. Çeşitli mutasyon türleri vardır.

Hane mutasyonunda, tüm nüfustaki haneler için, mutasyon olasılığına bağlı olarak, rasgele sayılar üretilir ve hangi haneye denk gelirse, o hanenin değeri değişir. İkili sayı sistemi kullanılıyorsa, bu değişim çok kolaydır. Eğer o hanenin değeri "1" ise, "0" olarak değiştirilir.

Birey mutasyonunda ise, mutasyona uğrayacak bireyler rasgele sayılar vasıtasiyla belirlenir. Sonra, bu bireylerin

hangi hanelerinin değişmesi gerekiğinin tespiti için yine rasgele sayı üretilmesine gerek vardır.

3.GENETİK ALGORİTMA İLE SINIR TENÖRÜ OPTİMİZASYONU UYGULAMASI

Bir çok sınır tenörü optimizasyonu problemi, genel optimumdan ve birbirlerinden uzakta bir çok yerel optimum noktalar içerir. Genetik algoritmanın da dahil olduğu olasılıklı arama yöntemleri içinde, bu tip problemlerde genel optimum noktası bulmak mümkün olmayabilir. Bu tip problemlerde, bilgisayar teknolojisinin elverdiği ölçüde makul bir süre içerisinde mümkün olduğunda genel optimum noktasına en yakın çözümlere ulaşabilmek başarılı sayılmaktadır. Genetik algoritmalar, bu konuda, mevcut diğer arama yöntemleriyle karşılaşıldığında çok verimli bir optimizasyon yöntemidir.

Yun vd. (1998), Çin'deki Jingtienshan demir madeninde, sınır tenörü ve minimum ortalama tenör tespitinde genetik algoritma yöntemini kullanmıştır. Performans değerlendirme kriteri olarak Net Bugünkü Değeri, ikili sayı sistemini, rulet masası seçim yöntemini kullanmışlardır. Nesil sayısını ise (döngü sayısı) 100 olarak almışlardır. Yazarların çalışmalarının hedefi, serbest piyasa ekonomisi işleyişine uygun olarak, işletmenin ömrü boyunca, her üretim döneminde farklı olabilecek şekilde sınır tenörleri optimizasyonu tespiti (Lane, 1964, 1988; Dowd, 1976, Çetin, 2005) değil de, işletmenin ömrü boyunca tek bir

sınır tenörü tayinidir.

Bu çalışmada, bir tek sınır tenörü tespiti değil, işletmenin ömrü boyunca farklı sınır tenörlerinin uygulanabileceği bir sınır tenörleri silsilesinin optimum bir şekilde belirlenmesi için genetik algoritma yöntemine başvurulmuştur.

Sınır tenörü optimizasyonunda genetik algoritma uygulaması için gerekli kodlama ve değerlendirme işlemleri aşağıda tarif edilmiştir.:

3.1. Kodlama

İşletmenin ömrü boyunca tek bir sınır tenörü tayininin optimizasyonu amaçlı bir bireyin kodlanması işlemi çok kolaydır. Bu durumda, bireyi temsil eden şerit, sadece bir tek sınır tenörünü temsil eden bir genden oluşur. Ancak, amaç optimum sınır tenörleri silsilesi tayini ise, şeritin uzunluğu, en iyi kombinasyonu bulmak için aranacak farklı sınır tenörleri sayısına bağlı olarak uzar. İkili sayı sistemi de uygulanacaksın, bu şerit çok uzun olacaktır. 5 haneli bir şerit, bünyesinde, $2^5 = 32$ kadar sınır tenörü barındırır. İkili sistemin temsil ettiği gerçek değeri bulmak için aşağıdaki formül kullanılabilir:

$$X = X_{\min} + \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2^L - 1} * Y$$

Burada;

X : gerçek değer,

X_{\min} : en düşük sınır tenörü değeri,

X_{\max} : en yüksek sınır tenörü değeri,

L : İkili sayı sisteminden oluşan şeritin uzunluğu,

Y : ikili sayı sisteminden oluşan şeritin onlu sayı sistemi değeri.

5 haneli bir ikili sayı sisteminde bu değer, 0 ile 31 arası için "00000" ve "11111" arasında olup, 32 farklı sınır tenörü anlamına gelmektedir.

Böylece, sınır tenörü optimizasyonu probleminde genetik algoritma yönteminin kullanılmasının, bireyi oluşturan şeritlerin çok uzun olmasına neden olduğu görülmektedir. Madenin işletme ömrünün her bir döneminde (yıl) farklı sınır tenörleri uygulanabileceğinden, bir bireyi oluşturan bir şerit üzerinde, her biri işletme ömrünün bir dönemini temsil eden farklı genler olacaktır. Eğer madenin işletme ömrü 20 yıl ise, açıktır ki, şerit, her biri 5 hane uzunluğunda 20 genden oluşmak suretiyle, toplam 100 haneye ulaşacaktır.

3.2. Değerlendirme

Genetik algoritmalarla, her bir birey bir performans değerine sahiptir. Sınır tenörü optimizasyonunda hedef fonksiyonu, maksimum indirgeme oranıdır. İndirgeme oranı arttıkça bireyin performans değeri, dolayısıyla, genlerini devam ettirmeye olasılığı artar.

Bu çalışma için geliştirilen genetik algoritma bilgisayar programında ikili sayı sistemi ve 32 farklı sınır tenörü, dolayısıyla, 5 haneli kromozom şeritleri kullanılmıştır.

Seçim işlemini geliştirmek için filtreleme yöntemi kullanılmıştır. En kötü bireyin performansının diğer bireylerin performans değerinden çıkarılması

214

suretiyle yapılan filtreleme işlemi dolayısıyla, iyi bireylerin seçilme şansları artırılmıştır.

Bu konuda geliştirilen algoritma ve bilgisayar programı hakkında detaylı bilgi Cetin (2001)'de verilmiştir. Ayrıca, konuya ilgili örnek bir maden yatağı üzerinde, yazılan program denenmiş ve sonuçlar MINVEST programı sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

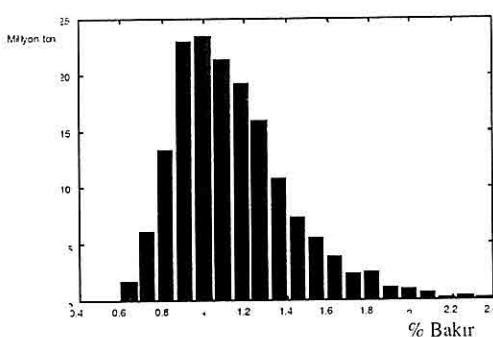
4. ÖRNEK ÇALIŞMA

Sınır tenörü optimizasyonu ile ilgili geliştirilen bu program bir bakır maden yatağına uygulanmıştır. Yatağın tenor-tonaj dağılımı Şekil 2'de, ilgili teknik ve ekonomik veriler Çizelge 1'de görülmektedir. Optimum sınır tenörü politikasını gösteren program sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Toplam 500 nesil (döngü) ilerletilmiş ve 32 farklı sınır tenörü denenmiştir. Çizelgede (Çizelge 2) yer alan sonuçlara göre, madencilik operasyonu 14,49 "yıl sürmüş" ve toplam üretim 144,889,728 ton olmuştur. Toplam indirgenmiş kar, 301,753,000 Amerikan Doları olmuştur.

Sınır tenörleri ve dolayısıyla maden yatağı tükenme hızı işletme ömrü boyunca azalarak değişmiştir. Sınır tenörleri %0.965'ten başlayarak, 15 yıl civarında %0,635'e kadar düşmüştür.

Yazılım tarafından elde edilen sonuçların test edilmesi amacıyla, örnek çalışma, MINVEST paket programına uygulanmıştır (Dowd and Xu, 2000). Çizelge 1'deki genetik algoritma ile ilgili veriler bu programa girilmiş ve Lane'in



Şekil 2. Bakır yatağı için tenör-tonaj dağılımı.

sonuçlar vermiştir. Ayrıca, genetik algoritma sonucu indirgenmiş karın, Lane yöntemine göre indirgenmiş kardan daha yüksek bir sonuç vermesi, genetik algoritma yönteminin performansını göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Bu yazında tanımlanan çalışmanın amacı, metalik maden yataklarının ekonomik olarak işletilmeleri için gerekli olan sınır tenörü optimizasyonu için pratik

Çizelge 1. Teknik ve ekonomik Veriler.

| Tanım | Değer |
|--|------------|
| Sınır tenörleri alt limiti (%) | 0.635 |
| Sınır tenörleri üst limiti (%) | 1.1 |
| Maden işletme kapasitesi (yıllık tonaj) | 13 000 000 |
| Cevher işleme kapasitesi (yıllık tonaj) | 10 000 000 |
| Pazarlama ve/veya rafineri kapasitesi (yıllık tonaj) | 130 000 |
| Satış fiyatı (ton başına Amerikan Doları) | 1 344 |
| Pazarlama ve/veya rafineri maliyeti (ton başına Amerikan Doları) | 506 |
| Cevher verimi (%) | 92 |
| Maden işletme maliyeti (ton başına Amerikan Doları) | 0.8 |
| Cevher işleme maliyeti (ton başına Amerikan Doları) | 4.4 |
| Sabit maliyet (yıllık Amerikan Doları) | 1 750 000 |
| İndirgeme oranı (%) | 10 |
| Nüfus (Nüfustaki birey sayısı) | 500 |
| Nesil sayısı | 500 |
| Çaprazlama oranı (%) | 50 |
| Mutasyon oranı (%) | 60 |

sınırlayıcı ve denge sınır tenörleri yöntemi seçeneği seçilerek sonuçlar alınmıştır (Çizelge 3). MINVEST programından alınan sonuçların, bu çalışmanın konusu olan genetik algoritma programından elde edilen sonuçlara yakınlığı göze çarpmaktadır. Her ikisi de 15 yıl civarında sürmüş ve sınır tenörleri değişimi, benzer

bir yöntem geliştirmektedir. Örnek çalışma sonuçları, bu konuda iyi sonuçlar vermiş ve genetik algoritmanın madencilik sektöründe optimizasyon amaçlı kullanımının yaygınlaşması yönünde yol göstericidir.

Bu çalışmada uygulanan genetik algoritma yöntemi, Yun vd. (1998)'nin

Çizelge 2. Genetik algoritma sonucu elde edilmiş optimum üretim tablosu.

Optimum indirgenmiş kar 301 753 000 Amerikan Dolarıdır.

| Yıl | Kar | İndirgenmiş kar | Tükenme | Üretim | Pazarlama | Sınır tenörü |
|-----|----------|-----------------|----------|----------|-----------|--------------|
| 1 | 42440442 | 38582220 | 12917604 | 10000000 | 117571 | 0.965 |
| 2 | 42440442 | 35074746 | 12917604 | 10000000 | 117571 | 0.965 |
| 3 | 42012913 | 31564923 | 12533313 | 10000000 | 116694 | 0.950 |
| 4 | 40693360 | 27794112 | 11514989 | 10000000 | 114147 | 0.905 |
| 5 | 40693360 | 25267375 | 11514989 | 10000000 | 114147 | 0.905 |
| 6 | 40419689 | 22815861 | 11332301 | 10000000 | 113646 | 0.890 |
| 7 | 39234140 | 20133317 | 10656058 | 10000000 | 111586 | 0.830 |
| 8 | 39234140 | 18303016 | 10656058 | 10000000 | 111586 | 0.830 |
| 9 | 39234140 | 16639105 | 10656058 | 10000000 | 111586 | 0.830 |
| 10 | 38140918 | 14704975 | 10170496 | 10000000 | 109818 | 0.740 |
| 11 | 38140918 | 13368159 | 10170496 | 10000000 | 109818 | 0.740 |
| 12 | 37811360 | 12047865 | 10052777 | 10000000 | 109312 | 0.680 |
| 13 | 37698138 | 10919808 | 10017531 | 10000000 | 109143 | 0.650 |
| 14 | 37638789 | 9911469 | 10000000 | 10000000 | 109056 | 0.635 |
| 15 | 18404343 | 4625757 | 4889728 | 4889728 | 53325 | 0.635 |

Çizelge 3. MINVEST'te Lane'in sınırlayıcı ve denge sınır tenörleri yöntemi sonucu elde edilmiş optimum üretim tablosu. Optimum indirgenmiş kar 301 596 000 Amerikan Dolarıdır.

| Yıl | Sınır tenörü | Tükenme | Üretim | Rafineri | Kar | İndirgenmiş kar |
|-----|--------------|----------|----------|----------|-------|-----------------|
| 1 | 0.968 | 13000000 | 10000000 | 118000 | 42528 | 38662 |
| 2 | 0.968 | 12985000 | 10000000 | 118000 | 42512 | 35134 |
| 3 | 0.949 | 12503000 | 10000000 | 117000 | 41978 | 31539 |
| 4 | 0.929 | 12037000 | 10000000 | 115000 | 41406 | 28281 |
| 5 | 0.909 | 11584000 | 10000000 | 114000 | 40792 | 25329 |
| 6 | 0.887 | 11299000 | 10000000 | 114000 | 40367 | 22786 |
| 7 | 0.864 | 11032000 | 10000000 | 113000 | 39928 | 20489 |
| 8 | 0.84 | 10760000 | 10000000 | 112000 | 39436 | 18397 |
| 9 | 0.814 | 10498000 | 10000000 | 111000 | 38915 | 16504 |
| 10 | 0.786 | 10371000 | 10000000 | 111000 | 38635 | 14896 |
| 11 | 0.755 | 10236000 | 10000000 | 110000 | 38310 | 13428 |
| 12 | 0.722 | 10103000 | 10000000 | 110000 | 37958 | 12095 |
| 13 | 0.686 | 10060000 | 10000000 | 109000 | 37834 | 10959 |
| 14 | 0.647 | 10014000 | 10000000 | 109000 | 37686 | 9924 |
| 15 | 0.635 | 3518000 | 3518000 | 38000 | 13241 | 3170 |

çalışmalarından esinlenmiştir. Ancak, söz konusu yazarlar, optimum bir sınır tenörleri silsilesi bulma amaçlı değil, statik bir optimum sınır tenörü ve minimum bir ortalama tenör bulma amaçlı olduğu için, aynı içeriğe sahip oldukları söylenemez. Ayrıca, bu yazının konusu olan çalışmada, seçim işlemini geliştirmek için, filtreleme ve elitist seçim yöntemleri kullanılmıştır

6. KAYNAKLAR

- Cetin E. (2001), Optimisation of Cut-off Grades for Multi-mineral Deposits, PhD thesis, University of Leeds, UK.*
- Çetin E. (2005), Dinamik Programlama ile Sınır Tenörü, Optimizasyonu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Maden Kaynaklarının Değerlendirilmesi Sempozyumu, 139-143.*
- Dowd, P. A. (1976), Application of dynamic and stochastic programming to optimise cut-off grades and production rates, Trans. Instn. Min. Metal., (Section A: Mining Industry), 81, 160-179.*
- Dowd P. A. And Xu C. (2000), MINVEST User's Manual, Computer Aided Mine Design Centre, University of Leeds, UK, 272p.*
- Green C. D. (1999), The Generalisation and Solving of Timetable Scheduling Problems, Practical Handbook of Genetic Algorithms, Volume III, CRC Press LLC.*
- Henning U. L. F. (1963), Calculation of Cut-off Grade, Canadian Mining Journal, Vol: 84(3), pp. 54-57.*
- Holland J. H. (1975), Adaptation in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Pres. USA.*
- Lane K. F. (1964), Choosing the optimum cut-off grades, Col. Sch. Mines Q., 58, (4), 811-829.*
- Lane K. F. (1988), The economic definition of ore, Mining Journal Boks, London.*
- Yun Q. X., Wu J. H., Wang. Z. Q. And Niu J. K. (1998), Genetic Algorithms for Optimisation of Ore Grade in Mines. Proc. 27th Symp. Applications of Computer and Operations Research in the Mineral Industry, 681-692.*
- Zalzala A. M. S. And Fleming P. J. (1997), Genetic Algorithms in Engineering Systems, London: The Institution of Electrical Engineers.*

KONYA-ÇORAKLIDERE GRAFİT CEVHERİNİN FLOTASYONU VE AŞINDIRMANIN FLOTASYONA ETKİSİ

Özlem KAYA, Mehmet CANBAZOĞLU

C.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas/Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, Konya-Çoraklıdere grafit cevherinin flotasyonu ve aşındırmanın flotasyonda karbon tenörü ve verimine etkisi araştırılmıştır. Flotasyonda pH, bastırıcı, toplayıcı, köpürtücü miktarları, flotasyon süresi, katı oranı ve tane boyutu parametreleri incelenerek optimum koşullar belirlenmiştir. Aşındırma işlemlerinde ise karıştırma hızı, cevher/su oranı ve karıştırma süresi parametreleri araştırılmıştır. Optimum flotasyon koşullarında, konsantredeki toplam karbon içeriği %18.46'dan %42.28'e, grafitik karbon içeriği ise %2.48'den %20.78'e yükseltilmiştir. Aşındırma işleminin ise flotasyon konsantresinde tenör ve verime olumlu etkisi görülmemiştir.

THE FLOTATION OF KONYA-ÇORAKLIDERE GRAPHITE ORE AND THE EFFECT OF SCRUBBING ON FLOTATION

ABSTRACT: In this article, the enrichment of Konya-Çoraklıdere graphite ore by flotation and the effect of scrubbing on the carbon grade and recovery in the flotation process were investigated. Optimum flotation conditions were determined by investigating the effects of pH, concentrations of depressant, collector, frother, flotation time, solid ratio, particle size. In the scrubbing treatments stirring speed, ore to water ratio and stirring time parameters were investigated. At the optimum flotation conditions, the total carbon content in the concentrate and the graphitic carbon content were increased from 18.46% to 42.28% and from 2.48% to 20.78%, respectively. It was revealed that scrubbing treatment has no positive effect on the grade and recovery in flotation concentrate.

1. GİRİŞ

Grafit, endüstride çok geniş kullanım alanı olan önemli bir hammadde dir. Türkiye'de hemen hemen bütün grafitler, "amorf grafit" sınıflamasına girmekte ve çoğu kayaç içerisinde dissemine halde dağılmış mikrokristalin özellikte oluşumlardır. Türkiye'deki mevcut grafit oluşumlarının ancak 3-5 tanesi ekonomik olarak önemli olup, bunlarında klasik cevher zenginleştirme yöntemleri ile zenginleştirilmesi mümkün olamamaktadır. Muğla-Milas ve Kütahya-Altıntaş'ta iki özel kuruluşun zaman zaman üretim yaptığı bilinmektedir. Bunun dışında iki özel kuruluş da (Ranar Mineral Sanayi A.Ş ve Doğa Tek Etüd ve Mühendislik Ltd. Şti.) satın aldığı grafiti, hazır grafit ürünleri haline getirip satarak grafit üretimi ile uğraşmaktadır (DPT, 2001).

Grafit, yüksek doğal hidrofobik özelliğe sahip olması nedeniyle çögünlukla flotasyon ile zenginleştirilmektedir. Grafit flotasyonunda genellikle; gazyağı, fuel oil, parafin, katranyağı ve mazot gibi hidrokarbonlar veya potasyum amil ksantat, dithiofosfat gibi iyonik toplayıcılar kullanılmaktadır. Köpürtücü olarak çamyağı ve metil isobütil karbinol (MIBC); bastırıcı olarak sodyum silikat, quebracho ve nişasta kullanılmaktadır. Düşük tenörlü grafit cevherlerinin flotasyon ile zenginleştirilmesi konusunda yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu kapsamında, değişik grafit cevherlerinin klasik flotasyonu Hussain (1988), Acharya ve diğ. (1996), Malayoğlu ve diğ. (1999), Civelekoğlu ve diğ. (2001), Kaya

ve Canbazoğlu (2007); grafit flotasyonunda non-iyonik polietilen oksit köpürtücülerin etkisi Pugh (2000); grafitin yüzey kimyası ve kish (baca gazı tozlarındaki grafit) grafitin flotasyonu Wakamatsu ve Numata (1991) ve grafitin kolon flotasyonu Narasimhan (1972) tarafından çalışılmıştır.

Grafit, serbestleşme tane iriliği ve içerdiği gang mineralleri açısından değerlendirildiğinde flotasyon ile yüksek tenörlü konsantreler elde etmek zor hatta bazı cevherler için imkansızdır. Flotasyon öncesi aşındırma işlemleri ile tenör ve verimi artırmayı amaçlayan çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin; Lu and Forssberg (2001) Woxna (İsveç) ince grafit konsantresinde elenmiş nehir kumu (-2.90+0.425 mm) kullanarak aşındırma işleminin etkisini incelemiştir. Aşındırma sonrası iki aşama temizleme flotasyonu sonucu %87-88 karbon içeriği %73 verim ile %94.8'e yükselmiştir.

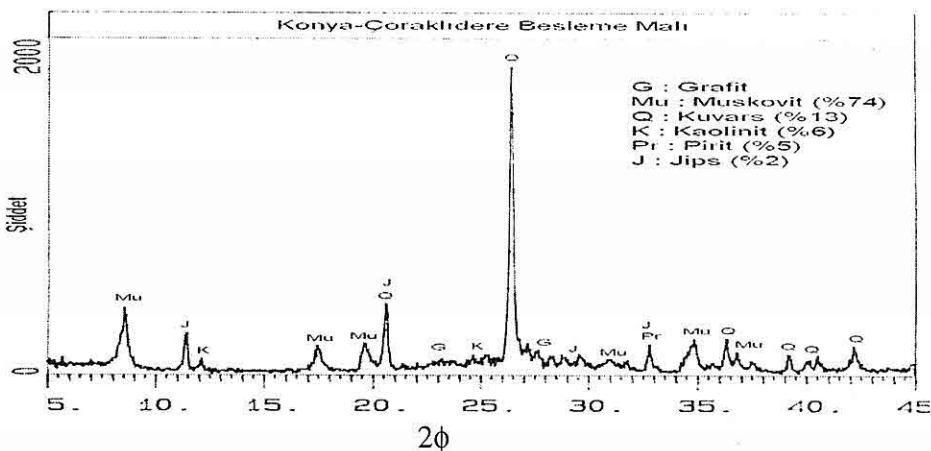
Bu çalışma, MTA raporlarında "semigrafit" olarak tesbit edilen Konya-Çoraklıdere yöresine ait cevherin flotasyonu ve aşındırma işleminin flotasyonda karbon tenörü ve verimine etkisi çalışmalarını kapsamaktadır.

2. MATERİYAL VE METOT

2.1. Materyal

Bu çalışmada, Konya-Çoraklıdere yöresine ait cevher kullanılmıştır. Mineralojik çalışmalar; X ışınları difraksiyonu (Şekil 1), cevher mikroskobisi incelemeleri ve kömürleşme derecesini tanımlayan Rmax analizleri ile gerçekleştirılmıştır. Mineralojik analizler; numunenin muskovit, kuvars, kaolinit,

KONYA-ÇORAKLIDERE GRAFİT CEVHERİNİN FLOTASYONU VE AŞINDIRMANIN FLOTASYONA ETKİSİ



Şekil 1. Besleme malı XRD analizi.

pirit ve jips içerdigini, grafit tane boyutunun 150-200 mikrometre olduğunu ve Rmax değerinin %6.727 olduğunu göstermiştir. Yapılan kimyasal analizler sonucu numunenin kimyasal bileşimi ise; %18.46 toplam karbon, %2.48 grafitik karbon, %17.95 organik karbon, %10.20 asitte çözünen, %63.07 SiO_2 +asitte çözünmeyen olarak tesbit edilmiştir.

2.2. Metot

Deneysel iki aşamada gerçekleştirılmıştır. İlk olarak, flotasyonda etkili olan yedi parametre incelenmiş ve optimum koşullar belirlenmiştir. İkinci aşamada ise; cevher önce aşındırma testlerine tabi tutulmuş ve daha sonra belirlenen optimum koşullarda flotasyona tabi tutulmuştur.

Flotasyon deneyleri; 1.2 L'lik flotasyon selülünde, 1100 dev/dak. karıştırma hızında yerli yapım Denver tipi flotasyon makinesinde, %10 katı oranında, 125 gram örnek üzerinde yapılmıştır. Deneyselde bastırıcı olarak sodyum silikat, toplayıcı

olarak gazyağı, köpürtücü olarak çamyağı kullanılmış ve her bir reaktif ilave edildikten sonra 5 dakika kondisyonlama yapılmıştır. Flotasyonda pH (1-7), bastırıcı (0-3500 g/t), toplayıcı (20-2500 g/t), köpürtücü (50-500 g/t) miktarları, flotasyon süresi (1-11 dakika), katı oranı (%10, %15, %25) ve tane boyutu (-200 μm , -106 μm , -75 μm , -63 μm) parametreleri incelenmiştir.

Aşındırma testleri; 1 L'lik plastik bir kapta, 50 gram örnek ile özel olarak dizayn edilmiş karıştırıcı ile 1700 dev/dak. karıştırma hızında yapılmıştır. Pervaneli karıştırıcı, 2.5 cm çapında karşılıklı 3 adet pervanenin 3 kat halinde bir tije monte edilmesiyle oluşturulmuştur. Aşındırmada; karıştırma hızı (750, 1250, 1700 dev/dak.), cevher/su oranı (1/2, 1/3, 1/5) ve karıştırma süresi (60 dak., 120 dak., 240 dak.) parametreleri incelenmiştir.

Toplam karbon analizleri "ASTM C 562-91 ve 561-91 ve TS 3960 ve 3961" e göre belirlenmiştir. Grafitik karbon analizleri ise "ACME Analytical

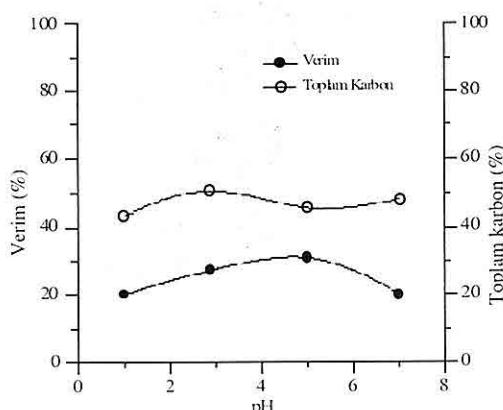
Laboratories Ltd." grafitik karbon analiz metoduna göre gerçekleştirılmıştır.

3. SONUÇLAR

3.1. Flotasyon

3.1.1. pH'mın Etkisi

Flotasyonda pH, minerallerin yüzey özelliklerini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Flotasyonda pH'mın toplam karbon içeriği ve verime etkisi diğer parametreler sabit tutulmak koşuluyla pH 1 ile 7 arasında incelenmiştir. pH ayarlamak için H_2SO_4 ve Na_2CO_3 kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi, pH 1 ve 7'de verim değerleri sırasıyla %19.82 ve %19.74 olup, bu değerler oldukça düşüktür.



Şekil 2. pH'ın toplam karbon ve verime etkisi (sodyum silikat: 500 g/t; toplayıcı: 250 g/t; çamyağı: 100 g/t; flotasyon süresi: 8 dak.; katı oranı: %10; tane boyutu: -106 μm)

pH'a bağlı olarak maksimum toplam karbon ve verim değerlerinin pH 5'de elde edildiği görülmektedir. Bu değerler

sırasıyla %45.41 ve %30.85'dir. Bu nedenle, optimum pH 5 seçilmiş ve diğer parametrelerin etkisi incelenmiştir.

3.1.2. Bastırıcı (Na_2SiO_3) Miktarının Etkisi

Flotasyonda gang minerallerini bastırmak için sodyum silikat miktarının toplam karbon ve verim üzerindeki etkisi incelenmiştir. İncelenen sodyum silikat (Na_2SiO_3) miktarları 0 ile 3500 g/t arasındadır. 3500 g/t Na_2SiO_3 miktarına kadar toplam karbon ve verim değerlerinde önemli bir değişme olmadığı görülmektedir (Çizelge 1). 3500 g/t Na_2SiO_3 kullanıldığında verim değerinin %40.77'ye yükselmesine karşılık toplam karbon değerinin %40.99'a düşüğü görülmektedir. Sodyum silikatın 500 g/t konsantrasyonunda kullanıldığından ise toplam karbon (%45.41) ve verim (%30.85) değerlerinin maksimum olduğu görülmektedir. Bu nedenle, optimum Na_2SiO_3 miktarı 500 g/t olarak seçilmiştir.

Çizelge 1. Bastırıcı miktarının toplam karbon ve verime etkisi.

(pH: 5; toplayıcı: 250 g/t; çamyağı: 100 g/t; flotasyon süresi: 8 dak.; katı oranı: %10; tane boyutu: -106 μm)

| Na_2SiO_3 Miktarı (g/t) | Toplam Karbon (%) | Verim (%) |
|---------------------------|-------------------|-----------|
| 0 | 48.86 | 26.34 |
| 500 | 45.41 | 30.85 |
| 1000 | 46.59 | 29.05 |
| 2000 | 46.33 | 30.37 |
| 2500 | 47.92 | 28.76 |
| 3500 | 40.99 | 40.77 |

KONYA-ÇORAKLIDERE GRAFİT CEVHERİNİN FLOTASYONU VE AŞINDIRMANIN FLOTASYONA ETKİSİ

3.1.3. Toplayıcı (gazyağı) Miktarının Etkisi

Flotasyonda toplayıcı reaktif olarak gazyağı miktarının etkisi incelenmiştir. Sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Gazyağı miktarına bağlı olarak toplam karbon ve verim değerleri incelendiğinde, bu değerlerde çok önemli bir değişiklik olmadığı görülmektedir. Gazyağı miktarının 250 g/t kullanılması durumunda, toplam karbon ve verim değerlerinin sırasıyla %45.41 ve %30.85 ile maksimum olduğu görülmektedir. Daha sonraki parametrelerin etkisi incelenirken gazyağı miktarının 250 g/t olarak seçilmesinin uygun olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Toplayıcı miktarının toplam karbon ve verime etkisi

(pH: 5; sodyum silikat: 500 g/t; çamyağı: 100 g/t; flotasyon süresi: 8 dak.; katı oranı: %10; tane boyutu: -106 µm)

| Gazyağı Miktarı (g/t) | Toplam Karbon (%) | Verim (%) |
|-----------------------|-------------------|-----------|
| 20 | 47.83 | 24.95 |
| 250 | 45.41 | 30.85 |
| 1000 | 50.48 | 25.76 |
| 2500 | 48.33 | 27.10 |

3.1.4. Köpürtücü (çamyağı) Miktarının Etkisi

Grafitin yüksek doğal hidrofobik özelliği nedeniyle, flotasyon ortamında oluşturulan köpük üzerine hızlı toplanma davranışları flotasyonda önemlidir. Bu

nedenle deneylerde köpürtücü olarak çamyağının değişik miktarlarının toplam karbon ve verim üzerine etkisi incelenmiştir. Çizelge 3'de verilen değerler incelendiğinde; 100 g/t çamyağı kullanılması durumu dışında, toplam karbon değerlerinin yüksek olmasına rağmen verim değerlerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Toplam karbon ve verim değerlerinin 100 g/t çamyağı kullanıldığı durumda sırasıyla %45.41 ve %30.85 ile maksimum değerlerde olduğu görülmektedir. Bu nedenle flotasyonda diğer parametrelerin etkisi incelenirken çamyağı miktarının 100 g/t olarak alınmasının uygun olacağı sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 3. Köpürtücü miktarının toplam karbon ve verime etkisi

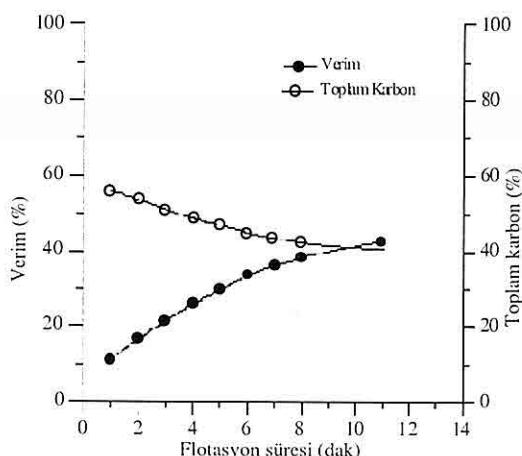
(pH: 5; sodyum silikat: 500 g/t; gazyağı: 250 g/t; flotasyon süresi: 8 dak.; katı oranı: %10; tane boyutu: -106 µm)

| Çamyağı Miktarı (g/t) | Toplam Karbon (%) | Verim (%) |
|-----------------------|-------------------|-----------|
| 50 | 53.15 | 21.25 |
| 100 | 45.41 | 30.85 |
| 250 | 49.44 | 20.70 |
| 500 | 51.38 | 1.31 |

3.1.5. Flotasyon Süresinin Etkisi

Flotasyon selülünde köpüğün toplanması için harcanan zaman flotasyon süresi olarak tanımlanır ve bu süre maksimum verime ulaşılması ve ekonomik açıdan önemlidir. Değişik sürelerde köpük alınarak, toplam karbon

ve verim değerleri belirlenmiş ve optimum flotasyon süresi seçilmiştir (Şekil 3). 1. dakikada %10.98 olan verim değerinin, 5. dakika sonunda %29.55'e, 8. dakika sonunda ise %38.36'ya yükseldiği görülmektedir. Verim değerinin 1. dakikaya göre; 5. dakika sonunda 2.69 kat, 8. dakika sonunda ise 3.49 kat arttığı gözlenmiştir. Toplam karbon değerlerine bağlı olarak verim değerleri incelendiğinde; optimum flotasyon süresi, yüzeğe eğiliminin bitmeye yüz tuttuğu süre olan 8 dakika seçilmiş olup, verim değeri %38.36'dır. Bu nedenle diğer parametrelerin etkisini incelerken flotasyon süresi 8 dakika olarak alınmıştır.



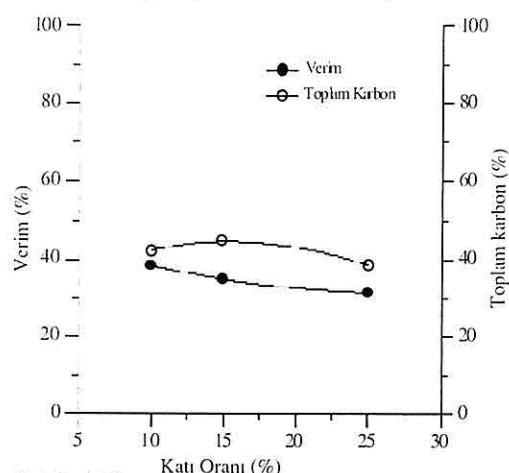
Şekil 3. Flotasyon süresinin toplam karbon ve verime etkisi.

(pH: 5; sodyum silikat: 500 g/t; toplayıcı: 250 g/t; çamyağı: 100 g/t; katı oranı: %10; tane boyutu: -106 µm)

3.1.6. Katı Oranının Etkisi

Flotasyonda katı oranının verim üzerindeki etkisi diğer parametreler sabit tutulmak koşuluyla incelenmiştir. Elde

edilen sonuçlar Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Katı oranının toplam karbon ve verime etkisi.

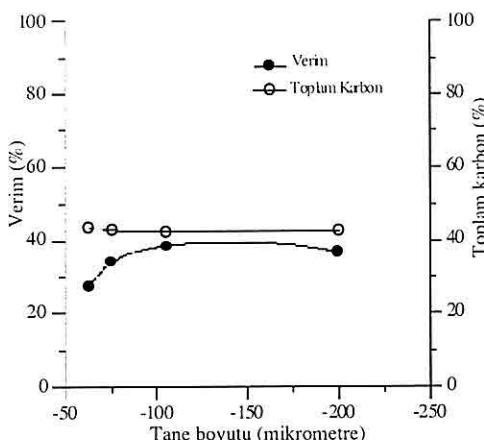
(pH: 5; sodyum silikat: 500 g/t; toplayıcı: 250 g/t; çamyağı: 100 g/t; flotasyon süresi: 8 dak.; tane boyutu: -106 µm)

Katı oranına bağlı olarak toplam karbon değerleri incelendiğinde, bu değerlerde önemli bir değişme olmadığı görülmektedir. Katı oranı %10'dan %25'e arttığında ise verimin %38.36'dan %31.35'e düşüğü gözlenmektedir. %10 katı oranında toplam karbon ve verim değeri maksimumdur. Bu nedenle katı oranının %10 olarak seçilmesinin, diğer parametrelerinin etkisini incelerken uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

3.1.7. Tane Boyutunun Etkisi

Flotasyonda ilk 6 parametrenin etkisi incelenirken kullanılan tane boyutu -106 µm'dur. Farklı tane boyutlarının flotasyonda etkisi Şekil 5'de verilmiştir. Tane boyutuna bağlı olarak karbon içeriklerinin çok fazla değişmediği, -200,

-75 ve -63 μm tane boyutunda ise verim değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. -106 μm tane boyutunda maksimum olan toplam karbon ve verim değerleri ise sırasıyla %42.28 ve %38.36'dır. Bu nedenle flotasyonda -106 μm 'nin uygun tane boyutu olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 5. Tane boyutunun toplam karbon ve verime etkisi.

(pH:5; sodyum silikat:500 g/t; toplayıcı:250 g/t; çamyağı: 100 g/t; flotasyon süresi: 8 dak.; katı oranı: %10)

Flotasyonda incelenen yedi parametrenin elde edilen optimum sonuçları Çizelge 4'de gösterilmiştir.

3.2. Aşındırma

Aşındırma testlerinde, grafit cevherinin bünyesinde bulunan kil minerallerinin uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Testlerde aşındırıcı ortam olarak kuvars, kum ve kalsedon kullanılmıştır. Aşındırma işleminden sonra, aşındırıcı ortam olarak kullanılan aşındırıcı ele geçirilmiş ve kalan malzeme süzülmüştür. Deneylerin sonucunda, aşınan miktar % ağırlık kaybı olarak hesaplanmıştır. Ancak süzülen kısımda, karıştırma hızına bağlı olarak, aşındırıcı olarak kullanılan malzemenin de kırılıp parçalandığı gözlenmiştir. Bu nedenle özel yapım bir pervaneli karıştırıcı kullanılarak testler yapılmış ve %7.16'luk bir ağırlık kaybı elde edilmiştir.

3.2.1. Karıştırma Hızının Etkisi

Aşındırma işlemlerinde karıştırma hızının etkisinin incelendiği testlerin sonuçları Çizelge 5'de gösterilmiştir. Karıştırma hızı arttıkça ağırlık kaybının artmaktadır görülmektedir. 1700 dev/dak. karıştırma hızında maksimum ağırlık kaybı elde edilmiştir. Bundan sonraki testlerde karıştırma hızı 1700 dev/dak. olarak kullanılmıştır.

Çizelge 4. Flotasyonda incelenen parametrelerin optimum sonuçları.

| İncelenen Parametreler | pH | Bastırıcı Miktarı (g/t) | Toplayıcı Miktarı (g/t) | Köpürtücü Miktarı (g/t) | Flotasyon Süresi (dakika) | Katı Oranı (%) | Tane Boyutu (μm) |
|------------------------|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------|-------------------------------|
| Optimum Sonuçlar | 5 | 500 | 250 | 100 | 8 | 10 | -106 |

Çizelge 5. Aşındırmada karıştırma hızının etkisi.

(Cevher: 50 g, su: 150 mL, karıştırma süresi: 1 saat)

| Karıştırma hızı (dev/dak.) | Ağırlık kaybı (%) |
|----------------------------|-------------------|
| 750 | 6.28 |
| 1250 | 6.46 |
| 1700 | 7.16 |

3.2.2. Cevher/su Oranının Etkisi

Cevher/su oranının etkisi Çizelge 6'da verilmiştir. Aşındırma sonucu, ağırlık kaybının 1/3 cevher/su oranında maksimum olduğu görülmektedir. Daha sonraki aşındırma testlerinde uygulanacak cevher/su oranının, 1/3 olarak seçilmesinin uygun olacağı görülmektedir.

Çizelge 6. Aşındırmada cevher/su oranının etkisi.

(Cevher: 50 g, karıştırma hızı: 1700 dev/dak., karıştırma süresi: 1 saat)

| Cevher/su oranı | Ağırlık kaybı (%) |
|-----------------|-------------------|
| 1/2 | 6.38 |
| 1/3 | 7.16 |
| 1/5 | 5.96 |

3.2.3. Karıştırma Süresinin Etkisi

Karıştırma süresinin etkisi Çizelge 7'de verilmiştir. 60 dak. karıştırma süresinde maksimum ağırlık kaybı elde edilmiştir. Karıştırma süresinin 60 dak. olarak seçilmesinin, daha sonraki aşındırma testlerinde uygun olduğu görülmektedir.

Aşındırma testlerinde; 1700 dev/dak.

karıştırma hızı, 1/3 cevher/su oranında 60 dakika karıştırma süresi optimum olarak belirlenmiştir. Aşındırma işlemi uygulanan cevher, önceden belirlenen optimum koşullarda flotasyona tabi tutulmuştur.

Çizelge 7. Aşındırmada karıştırma süresinin etkisi

(Cevher: 50 g, su: 150 mL, karıştırma hızı: 1700 dev/dak.)

| Karıştırma süresi (dak.) | Ağırlık kaybı (%) |
|--------------------------|-------------------|
| 60 | 7.16 |
| 120 | 5.84 |
| 240 | 6.44 |

3.3. Tartışma

Doğrudan flotasyon ve aşındırma+flotasyon sonucu toplam karbon ve verim değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 8'de, optimum koşullarda elde edilen flotasyon konsantresinin XRD grafiği ise Şekil 6'da verilmiştir. Aşındırma sonrası, verim değerinin %38.36'dan %31.90'a düşüğü, toplam karbon içeriğinin ise %42.28'den %34.49'a düşüğü görülmektedir. Aşındırma işlemi sonrası yapılan flotasyon ile grafit bünyesinden kil minerallerinin başarılı bir şekilde uzaklaştırılmıştır. Aşınan miktarın bir kısmının karbondan geldiği konstantredekî karbon yüzdesinin azalması ile açıklanabilir.

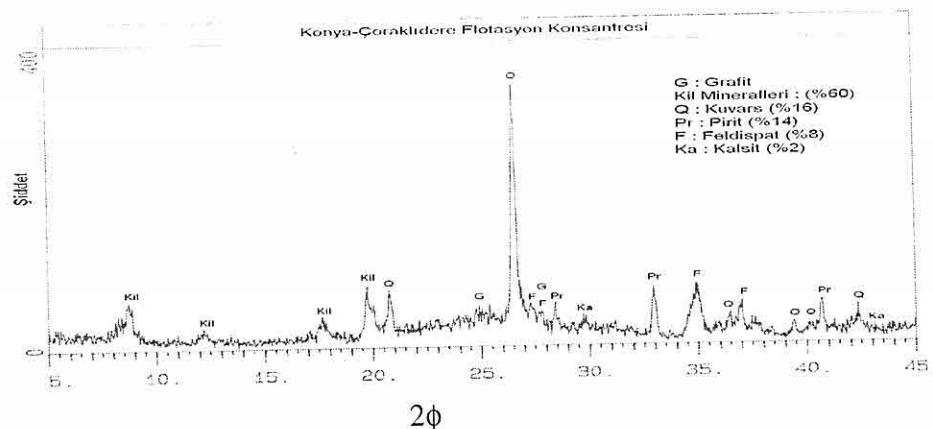
4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Konya-Çoraklıdere

*KONYA-ÇORAKLIDERE GRAFİT CEVHERİNİN FLOTASYONU VE AŞINDIRMANIN
FLOTASYONA ETKİSİ*

Çizelge 8. Doğrudan flotasyon ile aşındırma sonrası flotasyon sonuçlarının karşılaştırılması.

| İşlem | Toplam Karbon İçeriği, % | | Verim, % |
|------------------------|--------------------------|-----------|----------|
| | Besleme | Konsantre | |
| Flotasyon | 18.46 | 42.28 | 38.36 |
| Aşındırma ve Flotasyon | 17.48 | 34.49 | 31.90 |



Şekil 6. Optimum koşullarda elde edilen flotasyon konsantresi XRD analizi.

cevherinin flotasyonunda teorik ve ekonomik uygulamalar için söz konusu olabilecek reaktiflerin (bastırıcı, toplayıcı, köpürtücü) miktarları denenmiştir. Ayrıca ortam pH'sı, katı oranı, flotasyon süresi ve tane boyutu parametrelerinin de flotasyonda etkisi araştırılmıştır. İncelenen yedi parametre sonucu optimum koşullarda, %38.36 verim ile %42.28 toplam karbon içeren bir flotasyon konsantresi elde edilmiştir.

Aşındırma işlemlerinde ise karıştırma hızı, cevher/su oranı ve karıştırma süresi parametreleri incelenmiş ve optimum aşındırma koşulları belirlenmiştir. Bu koşullarda yapılan aşındırma işlemi

sonrası cevher, daha önce belirlenen koşullarda flotasyon'a tabi tutulmuştur. Aşındırma+flotasyon sonucu %31.90 verimle %34.49 tenörlü konsantre elde edilmiştir.

Konya-Çoraklıdere grafit cevherinin flotasyonunda yeterince yüksek karbon tenör ve verim değerlerine ulaşlamamıştır. Bunun nedeni, cevherde, grafitin çok küçük tane boyutlarında serbestleşmesi ve birlikte bulunduğu gang minerallerinin de flotasyon uygulanan tane boyutunda yeterince serbestleşmemesidir. Flotasyon öncesi aşındırma işleminin ise, cevherdeki kil minerallerinin uzaklaştırılmasında başarılı

olmadığı görülmektedir.

Sonuç olarak flotasyonda tenör ve verimi artırmak için, flotasyon öncesi uygulanan aşındırma işleminin bu cevher için başarılı olmadığı görülmüştür. Endüstrinin istediği yüksek verim ve tenör değerlerine ulaşabilmek için flotasyon sonrası asit liç veya alkali kavurma+asit liç yöntemlerinin uygulanması önerilmektedir.

5. KAYNAKLAR

Acharya, B. C.; Rao, D. S.; Prakash, S.; Reddy, P. S. R. And Biswal; 1996, *Processing of Low Grade Graphite Ores of Orissa, India, Minerals Engineering, Volume 9, Issue 11, pp. 1165-1169.*

Acme Analytical Laboratories Ltd.; 2000, *Methods and Specifications for Analytical Package Group 2A: Graphitic Carbon Analysis By Leco.*

ASTM Designation: C 562-91; "Standard Test Method for Moisture in a Graphite Sample, Pages 135-136.

ASTM Designation: C 561-91; Standard Test Method for Ash in a Graphite Sample, pp. 133-134.

Civelekoglu, S.; Erdem, A; Gülmez, A.; Şahin, N.; 2001, *Konya-Derbent-Çoraklıdere ve Mülâyimköy Grafitlerinin Zenginleştirme Çalışmaları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, MAT Dairesi Cevher Zenginleştirme Birimi, Ankara, 11 sayfa.*

DPT Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Haziran 2001, Madencilik ÖİK Raporu Endüstriyel Hammadde Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri I, "Grafit". Sayfa 22-51.

Hussain, S. Y.; 4-6 October 1988, *Concentration of Graphite Ore from Pakistan, Proceedings of The II. International Mineral Processing Symposium, İzmir/Turkey, pp. 313-330.*

Kaya, O. and Canbazoglu, M.; 10-14 June 2007, *The Enrichment of Turkey Kastamonu-İnebolu Graphite Ore by Flotation, XII. Balkan Mineral Processing Congress, Delphi, Greece, pp. 291-296.*

Lu, X. and Forssberg, E.; 11-13 September 2001, *Study on The Upgrading of Woxna Fine Graphite Concentrate, Proceedings of The 9th Balkan Mineral Processing Congress, İstanbul/Turkey, pp. 339-352.*

Malayoğlu, U.; Çiçek, T.; Akar, A.; 14-15 Ekim 1999, *Muğla-Milas Grafit Cevherlerinin Flotasyon Yöntemi ile Zenginleştirilebilirliğinin Araştırılması, 3. Endüstriyel Hammadde Sempozyumu, İzmir/Türkiye, Sayfa 109-113.*

Narasimhan, K. S.; Rao, S. B. and Chowdhury, G. S.; 1972, *Column Flotation Improves Graphite Recovery, Engineering&Mining Journal, (1972), pp. 84-85.*

Pugh, R.J.; 2000, *Non-Ionic Polyethylene Oxide Frothers in Graphite Flotation, Minerals Engineering, Volume 13, Issue 2, pp. 151-162.*

TS 3960/Nisan 1983; *Grafit-Rutubet Miktarı Tayini, Sayfa 1-2.*

TS 3961/Nisan 1983; *Grafit Kül Miktarı Tayini, Sayfa 1-2.*

Wakamatsu, T. and Numata, Y., 1991, *Flotation of Graphite, Minerals Engineering, Volume 4, Issues 7-11, pp. 975-982.*

GEOSOUND / YERBİLİMLERİ YAZIM KURALLARI

Yerbilimleri / Geosound, yerbilimleri dalında teorik veya araştırma sonuçlarını içeren ve özgün sonuçları olan Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca makaleleri kabul eder. Dergide ayrıca tanınmış bilim adamlarının güncel yenilikleri içeren tercüme yazılarına da yer verilebilir.

Makalelerin Türkçe olanlarına İngilizce, yabancı dillerde olanlarına da Türkçe özetler konulmalıdır. Makaleler şekil, çizelge veya tablo, fotoğraflı levhalar dahil 8 sayfayı geçemez. Ancak yazarları tarafından ısrar edilen ve kısaltılamayacak makaleler her yıl sayfa başına tesbit edilen katkı payı miktarı kadar ödeme yapılarak yayınlanabilir. Yazilar A4 ebadındaki kağıtların bir yüzüne çevresine 2.5 cm boşluk bırakılarak yazılmalı, harita, kesit ve levhalar da aynı boyutta hazırlanmalıdır. Yazilar Macintosh bilgisayarda herhangi bir program dilinde hazırlanarak makale ekinde yazı disketi ile verilmelidir. Macintosh imkanı olmayan yazarlar ücret ödeyerek yazlarını yayın sekreterliğine yazardırabilirler.

Makaleler Türkçe başlık; Yazar adı soyadı ve kısa adresi; Özeti; İngilizce başlık; Abstract; Giriş; Bölümler ve alt bölümler; Sonuçlar veya Tartışmalar ve sonuçlar; Teşekkür; Kaynaklar şeklinde olmalı, ayrıca Bölümler ve Alt Bölümler 1., 1.1., 2., 2.1., vs. şeklinde numaralanmalıdır.

Kaynaklara metin içerisinde yazar soyadı ve tarih sırasıyla atıfta bulunulmalı, bunlarla ilgili bilgiler ise Kaynaklar başlığında "Soyadı, Adının ilk harfi veya harfleri, Tarih, Makalenin başlığı, Derginin kısaltılmış adı, Cilt No, Başlangıç ve Bitiş sayfası" şeklinde verilmelidir.

Dergide yayınlanmayan yazılar geri gönderilir. Yayınlananlardan yazarlarına 20'şer adet ayrı baskı verilir. Çok yazarlı makalelerde bu sayı yazarlar arasında bölütürülür. Yayınlanan yazılar için telif hakkı ödenmez.

Şekiller, haritalar, grafikler aydinger üzerine çini mürekkep kullanılarak, koyu bir şekilde çizilmeli, fotoğraflar ve levhalar 13x19 cm boyutundaki çerçeve dışına çıkarılmadan hazırlanmalıdır. Yerbilimleri / Geosound ofset metoduyla basıldığı için yazıların mizanpajı yazarlar tarafından yapılmalı, şıklar, tablolar, fotoğraflar metin içine yerleştirilmeli ve alt yazılar tek dilde yazılmalıdır.

Makaleler, biri orjinal olmak üzere 3 nüsha halinde aşağıdaki adrese disketle birlikte gönderilmelidir.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü
Çukurova Maden ve Jeoloji Mühendisleri Derneği
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel (Fax) : (322) 338 67 11
e-mail: manil@cu.edu.tr/ nyapici@cu.edu.tr

INSTRUCTION TO CONTRIBUTORS

Yerbilimleri / Geosound accepts theoretical work or results of a research together with original articles written in Turkish, English, French and German. Translated papers of any article written on the latest developments of a specific subject by known authors can also be accepted.

Turkish articles English, English, French and German articles should have a Turkish summary. Papers to be submitted should not exceed 8 pages including figures, tables, plates and photographs. The ones which are insisted by their authors not to be shortened can be published by charging for each additional page on the amount defined by editorial committee. Papers should be written on one side of A4 sheets leaving a blank space of 2.5 cm at each side of the sheet and maps, plates, cross sections must be prepared in the same form. Any wordprocessor compatible with Macintosh computer system should be used to type the papers and diskets including articles should be attached to the papers. It is possible for the editorial committee to get the articles written with an available Macintosh system but this has to be charged.

The papers should be organised as follows: Title in Turkish; Author's name and address; Summary; Title in English; Abstract; Introduction; Sections and Sub-sections; Conclusions or Discussions and Conclusions; Acknowledgement; References; Appendices. Sections and Sub-sections should be enumerated in the form of 1., 1.1., 2., 2.1., etc.

References in the main text should be cited on the basis of Author's name and date. The information related to these should be given in the References section as: "Surname, Initial(s), Date, Title of Article, Abbreviated Name of the Journal, Volume No, First page-Last page".

Articles which are not published in the Journal are returned. 20 copies of the published papers are sent to the authors. In the joint papers this number is divided between the authors. Copy right is not paid for the published papers.

Figures, maps, graphics should be drawn by black Indian ink on transparent drawing paper, photographs and plates should be prepared such that they can be placed in the frame of 13x19 cm. Yerbilimleri / Geosound is printed with offset printing method that's why coordination of the articles should be done by their authors; figures, tables and photographs should be organised in the text and all explanations about these should be written in one language.

Papers should be sent in three copies, one being the original, to the following address together with the disket containing the article.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü
Çukurova Maden ve Jeoloji Mühendisleri Derneği
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel (Fax) : (322) 338 67 11
e-mail: manil@cu.edu.tr/ nyapici@cu.edu.tr