



YERBİLİMLERİ

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Calibration Curves for Quantitative Rutile Analysis By X-ray Diffractometry, Using Lithium Fluoride Internal Standard <i>Lityum Fluorit İçsel Standartını Kullanarak X-işinleri Difraktometresi ile Kantitatif Ruül Analizi için Kalibrasyon Eğrileri</i>	1
Muhsin EREN, Hulusi KARGI	
 Soil Liquefaction Evaluation Using Shear Wave Velocity <i>Zeminlerin S Dalgası İletme Hızına Dayalı Sivilaşma Analizi</i>	15
Kamil KAYABALI	
 Design Methods, Technologies, and Site Selection in Land Disposal of Waste in the United States <i>Atıkların Gömülmüşinde Amerika'da Kullanılan Dizayn Metodları, Teknolojiler ve Yer Seçme İşlemi</i>	23
Hasan ÇETİN	
 Etude de la Stabilite du Talus Nord de la Mine de Borax de Kırka (Turquie) <i>Kırka Boraks (Türkiye) İşletmesi Kuzey Şevi Etüdü</i>	41
Ahmet Mahmut KILIÇ, Jean du MOUZA, Mesut ANIL	
 Concrete Lining of a Tunnel Intersecting a Clay Layer: a Theoretical Approach <i>Kıl Tabakası Kesen bir Tunelin Beton Kaplaması:Teorik bir Yaklaşım</i>	55
Gürel ŞENYUR	
 Bolu Otoyol Tünelinde Stabilite Problemleri <i>Stability Problems in the Bolu Motorway Tunnel</i>	73
Süleyman DALGIÇ, Ali Malik GÖZÜBOL	
 Ö Norm B 2203 Kaya Kütle Sınıflaması ve Anadolu Otoyolu Bolu Tüneline Uygulaması <i>Ö Norm B 2203 Rock Mass Classification and its Application to Bolu Tunnel, Anadolu Motorway</i>	81
Süleyman DALGIÇ, Ali Malik GÖZÜBOL, Orhan ŞİMŞEK	
 Akneri Tepe, Devecikonağı (M.K.Paşa-Bursa) Civarı Granit-Mermer Kontağının Jeolojik-Petrografik İncelenmesi <i>Geological and Petrographical Investigation of the Granite-Marble Contact Around Akneri Hill- Devecikonağı, Mustafakemalpaşa-Bursa</i>	91
Bektaş UZ, Hayri EREN	
 Ahırdağ Yöresinde (Kuzey Kahramanmaraş) Gaziantep Formasyonu'nun (Midyat Grubu) Planktik Fosil Topluluğuna Göre Alt Yaş Konağı <i>Lower Age Limit of The Gaziantep Formation (Midyat Group) in Ahırdağ (Northern Kahramanmaraş) Based on its Planktic Fossil Assemblage</i>	103
İzver Özkar TANSEL	

Gümüşhane-Bayburt Yöresindeki Alt Jura (Liyas) Çökellerinin Fasiyes ve Ortamsal Nitelikleri (KD Türkiye) <i>Facies and Environmental Aspects of the Lower Jurassic (Lias) Deposits in the Gümüşhane-Bayburt Region (NE Turkey)</i>	119
Cemil YILMAZ.....	
Karamürsel-Yalova Arasındaki (Kuzeybatı Anadolu) Piroklastik Kayalarda Otijen Mineral Oluşumları <i>Authigenic Mineral Occurrences in Pyroclastic Rocks Between Karamürsel and Yalova (Northwest Anatolia)</i>	135
Bektaş UZ, Fahri ESENLİ , Halis MANAV, Zeliha AYDOS	
İstanbul Boğazı Öncesinde Marmara Denizi Kara Deniz Bağlantısının İzmit Körfezi-Sapanca Gölü-Sakarya Vadisi Boyunca Gerçekleştiğinin Ön Bulguları <i>Evidence of Inter-connection Between the Sea of Marmara and Black Sea Via İzmit Bay-lake Sapanca and the Sakarya Valley Prior the Bosphorus</i>	149
Engin MERİÇ.....	
Horzum (Adana-Kozan) Yöresinde Yüzeyleyen Sedimanter Kayaçların Cu-Pb-Zn İçerikleri <i>Cu-Pb-Zn Contents of Sedimentary Rocks in Horzum (Adana-Kozan) Area</i>	159
Mehmet TATAR.....	
Ağılönü (Beyşehir) Yöresinde Monomineralik Barit Oluşumlarının Jeolojik -Jeokimyasal Özellikleri ve Kökenleri <i>Geological-Geochemical Features and Genesis of the Ağılönü (Beyşehir, Türkiye) Monomineralic Barite Occurrences</i>	171
Veysel ZEDEF, Mehmet ARSLAN, Hüseyin KURT, Osman ŞEN.....	
Linyit Kömürü Artıklarının Floküasyonunda Bazı İşletme Parametrelerinin Etkisinin İncelenmesi <i>Investigation of Operating Parameters' Effect on Flocculation of Lignite Coal Wastes</i>	181
Yakup CEBECİ.....	
Zonguldak Lavvar Şlamının Sallantılı Masa ile Zenginleştirilmesi <i>The Beneficiation of Zonguldak Washing Plant's Slime by Concentrating Table</i>	191
Yaşar ÇİLİNİR, İlknur CÖCEN, Ufuk MALAYOĞLU.....	
Effect of Water Quality on Colemanite Flotation <i>Su Kalitesinin Kolemanit Flotasyonuna Etkisi</i>	197
Şafak Gökhan ÖZKAN, Mehmet Selami ALP	
Patlama Barajlarında Kullanılan Kalker Tozunun Özelliklerinin Araştırılması <i>An Investigation of the Specifications of Limestone Dust Used at Explosion Barriers</i>	205
Saim SARAÇ, Abdüsselam OĞUZ	
Açık Ocak Geometrisi <i>Geometry of Open Pit</i>	213
Alparslan TURANBOY, Mustafa K.GÖKAY.....	
Bilgisayar Yardımı ile Delme-Patlatma Tasarımı <i>Computer Aided Drilling- Blasting Design</i>	223
Ümit ÖZER, Mesut ANIL	

ÖNSÖZ

27. Sayımızla yeniden karşınızda olmaktan büyük mutluluk duyuyoruz. Bu sayımızda toplam 20 makale yer almaktadır, bunların 6'sı yabancı dilde hazırlanmıştır. Bundan sonraki sayılarında da yabancı dilde hazırlanmış makalelere öncülük vereceğimizi belirtirken, bu makalelerin özgün çalışma sonuçlarını içermesi ve mutlaka orijinal özellik taşıması gerektiğini vurgulayalım.

Yerbilimleri/Geosound bundan böyle renkli kapakla çıkacaktır. Basım masrafları reklam gelirleriyle karşılandığından bu konuda bize yardımcı olmayan hiçbir kurum ve kuruluşların ilgilerinin sürekli tutulması için elimizden gelen gayreti göstermektedir. Ancak dergimize yazı gönderen ve yaşamamı isteyen tüm okurlarımızın reklam alabileceğini bize yardımcı olmalarını bekliyoruz.

Dergimiz üzerinde yapılan bazı haklı tenkitlerin duyumlarını alıkça hatalarımızı azaltmaya çalışıyoruz. Yayımlanmış makalelerimize göre hakem raporları olumlu olmayan hiçbir makalenin yayına olması mümkün değildir. Ancak hakem görüşleri arasında önemli farklılıkların olduğu bazı durumlarda üçüncü hakem görüşüne başvurulmaktadır. Bu üçüncü hakem görüşünün olumlu olması halinde ise, önceki olumsuz görüş bildiren hakeme bilgi verilmektedir. Ekonomik gerekçelerle sayfa sınırlamasına devam edilecek ve makalelerini bu sınıra indiremeyecek yazarlardan katkı payı alınacaktır. Bilimsel bir dergide reklam sayfaları hoş olmamakla beraber, reklam almadan dergiyi yaşamamız mümkün değildir (yurtdışına gönderilenlerde yalnızca kapakta reklam bulunmaktadır). Kritik yapılan diğer bir konuda Jeoloji ve Maden konularının ayrılması daha uygun olacaktır. Bu konuda da şu anda ayırmamız olanaksız olup, jeoloji, maden, jeofizik, çevre ve harita mühendisliklerini konu alan geniş bir yelpazede yayın kabul edilmektedir. Bu sebeple yılda 2 defa yayınlanan derginin Jeoloji ve Maden diye iki seksiyon halinde yaylanması bazı mahzurları doğuracağından şimdilik herhangi bir değişiklik öngörülmemektedir.

Dergimizin 28. sayısı Haziran 1996 olarak çıkacaktır. Bu sayımıza da özgün çalışmalarınıza ait makalelerini bekliyor, yayın hayatını sürdürmemimize yardım eden siz okurlarımıza, reklamlarını esirgemeyen şirket ve kuruluşlara, dergimizin yayın hayatını sürdürmesi için teşviklerini esirgemeyen değerli hocalarımıza teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Saygılarımla,

Yayın Kurulu Adına
Mesut ANIL
Baş Editör

**CALIBRATION CURVES FOR QUANTITATIVE RUTILE ANALYSIS BY
X-RAY DIFFRACTOMETRY, USING LITHIUM FLUORIDE
INTERNAL STANDARD**

Muhsin EREN

ME.Ü., Department of Geological Engineering, Trabzon/Turkey

Hulusi KARGI

K.T.Ü., Department of Geological Engineering, Gümüşhane/Turkey

ABSTRACT: *In this study, calibrations curves have been prepared for quantitative rutile analysis by X-ray diffractometer. After the samples which contained rutile and smectite in various proportions and lithium fluoride (LiF) in a constant proportion (10%) were X-rayed, the ratios of integrated intensities of rutile and LiF peaks were plotted against rutile percentages. The best fitting curves have been found by linear regression analysis. The equations of the curves are presented in the paper.*

In addition, a sample which contained 50% rutile and 50% of LiF has also been X-rayed, and the calibration curves obtained from this sample were compared to those obtained from the other method.

Although the curves obtained from both methods gave generally acceptable results (within 10% precision) for the samples having higher than 20% rutile concentrations, they should be used with caution for the samples having lower than 20% rutile concentrations.

**LİTYUM FLUORİT İÇSEL STANDARTINI KULLANARAK
X-İŞİNLERİ DİFRAKTOMETRESİ İLE KANTİTATİF RUTİL ANALİZİ
İÇİN KALİBRASYON EĞRİLERİ**

ÖZET: *Bu çalışmada, X-ışınları diffraktometresi ile kantitatif rutil analizi için kalibrasyon eğrileri hazırlanmıştır.*

Değişik oranlarda rutil ve smectit ve sabit oranda (%10) lityum florit (LiF) içeren örnekler X-ışınlarına tabi tutulduktan sonra, rutil ve LiF piklerinin entegre şiddet oranlarının rutil yüzdesi ile grafiği çizildi. Verilere en iyi uyan eğriler regresyon analizi yöntemi ile bulundu. Eğrilerin denklemleri makale içinde sunuldu.

Ayrıca, %50 rutil ve %50 LiF içeren bir örnekte X-ışınları ile analiz edildi ve bu örnektenden elde edilen kalibrasyon eğrileri diğer yöntemle elde edilenlerle karşılaştırıldı.

Her iki yöntemle elde edilen eğriler genellikle %20'den fazla rutil içeren örnekler için kabul edilebilir (hassasiyeti %10 içerisinde olan) sonuçlar vermesine rağmen, bu eğriler %20'den düşük miktarda rutil içeren örneklerde dikkatle kullanılmalıdır.

1. INTRODUCTION

X-ray diffraction powder method has long been a tool for quantitative analysis of crystalline phases. Quantitative analysis by X-ray diffraction is based on the fact that the intensity of the diffraction pattern of a particular phase in a mixture of phases depends on the concentration of that phase in the mixture. Precision the method is discussed in various papers and text books (Williams, 1959; Hubbard and Smith, 1977; Moore and Reynolds, 1989).

Two main methods of X-ray quantitative analysis are internal standard method and external standard method. The internal standard method is considered in this paper, and the basic principles of it is reviewed.

The purpose of this paper is to derive rutile-LiF calibration curves, using 10% LiF internal standard in the mixture, that can be used for estimating unknown concentration of rutile in a sample. Precision of the rutile concentration estimate and the factors affecting precision are discussed in the paper.

2. BASIC PRINCIPLES OF QUANTITATIVE X-RAY DIFFRACTION ANALYSIS

The expression for the intensity diffracted by a single-phase powder specimen in a diffractometer is (Warren, 1969)

$$I = \left[\frac{|F_F|^2 m L_p}{U^2} \right] \left(\frac{1}{2\mu} \right) S \quad (1)$$

where I is integrated intensity per unit length of diffraction line, FT is temperature corrected structure factor, m is multiplicity factor, Lp is Lorentz-Polarization factor, U is volume of unit cell, and μ is linear absorption coefficient. The S constant is independent of sample and diffraction geometry, but can be defined as scale factor which include several factor such as: intensity of incident beam, radius of diffractometer circle, wavelength of incident beam ect..

Equation 1 applies to only a pure substance. But suppose that a mixture of two or more phases, i, s, and others, is being analyzed. By concentrating on a particular diffraction line of the i phase, I and m now becomes I_i and m_i , respectively, where I_i intensity of a particular line of the i phase and m_i is linear absorption coefficient of the mixture. Then right side of the equation is multiplied by volume fraction of the phase i (V_i) in the mixture. In this equation, all factors are constant (K_i) except V_i and m_i , and we can write

$$I_i = \frac{K_i V_i}{\mu_m} \quad (2)$$

and the intensity of a particular line from the s phase (I_s) by

$$I_s = \frac{K_s V_s}{\mu_m} \quad (3)$$

where K_s is a constant and V_s is volume fraction of the s phase in the mixture. Division of one expression by the other gives

$$\frac{I_i}{I_s} = \frac{K_i V_i}{K_s V_s} \quad (4)$$

Note that the linear absorption coefficient of the mixture (μ_m) and S included in K_i and K_s drop out. To put Equation (4) in a useful form, we must express V_i and V_s in terms of weight fractions. The volumes of i, s are X_i/d_i and X_s/d_s , respectively. Therefore

$$\frac{I_i}{I_s} = \frac{K_i \delta_s X_i}{K_s \delta_i X_s} \quad (5)$$

where X_i and X_s are weight fractions of i and s respectively, and d_i and d_s are densities of i and s respectively. By substituting K for $K_i \delta_s / K_s \delta_i$, we obtain

$$\frac{I_i}{I_s} = K \frac{X_i}{X_s} \quad (6)$$

This is the basic equation for the internal standard method (Alexander and Klug, 1948). If the weight fraction of the s substance (standard) is known and a calibration curve is prepared, then unknown weight fraction of the substance i (X_i) can be simply found by calculating intensity ratios.

3. EXPERIMENTAL

Eleven powder samples were prepared from the mixtures of LiF (lithium fluoride), rutile and smectite. LiF was the internal standard and its weight percentage was constant (10%) in all experiments. Weight percentage of rutile ranged from 5% to 90% and that of smectite ranged from 0% to 85%. Another sample with having 50% rutile and 50% LiF (1:1 mixture) was also run to calculate the K coefficients by a single experiment in order to compare with the K coefficients obtained from linear regression analyses.

Powder mixtures were loaded in an aluminum holder, and X-rayed from 20 to 680 2q at goniometer with a scanning of 20 2q/min. Analyses were carried out on a Philips equipment using Ni-filtered copper Ka radiation.

The rutile peaks considered in the experiments are 110 ($d=3.25\text{\AA}$), 101 ($d=2.48\text{\AA}$), and 211 ($d=1.68\text{\AA}$) and LiF peaks are 111 ($d=2.32\text{\AA}$), 200 ($d=2.01\text{\AA}$), and 220 ($d=1.42\text{\AA}$). Peak areas, rather than heights of peaks, were used for integrated intensities

in order to minimize the effect of particle size. Intensity ratios were calculated by division of integrated intensities of rutile peaks by those of LiF peaks.

4. RESULTS AND DISCUSSION

$\Sigma I_i / \Sigma I_s$ in Equation (6) equals to 1 for the 1:1 mixture. Therefore, intensity ratios simply give K coefficients. Calculated K coefficients by the 1:1 mixture are

RUThkl	110	110	110	211	211	211	101	101	101
LiFhkl	220	200	111	220	200	111	220	200	111
K	1.03405	2.02797	2.09160	1.86305	0.92189	1.80638	1.05364	0.52137	1.02159

The K coefficients given in the JCPDS files, the ratio of the intensity of the strongest line of a sample to the strongest line of corundum, were also calculated by above method (Hubbard et al., 1976). Precision of the method was discussed in various papers. Another and better method to calculate K coefficients is to use least square fit analysis. As obviously seen, Equation (6) is a linear equation with intercept = 0. But for experimental works, errors are always expected and should be included in the equation. Therefore, intercepts were computed in the linear regression analyses, not forced to 0. Before regression analyses, Equation (6) was rearranged in order to simplify for the calculation of weight percentages of rutile in the samples

$$X_i = \frac{I_s}{K} \frac{I_i}{I_s} \quad (7)$$

when weight fraction is converted to weight percentage (X_n) and intercept is added, the equation becomes

$$X_n = \frac{10}{K} \frac{I_i}{I_s} + b \quad (8)$$

where 10 is wt% of LiF in the samples and b is the intercept. The results of regression analyses are

RUThkl	110	110	110	211	211	211	101	101	101
LiFhkl	220	200	111	220	200	111	220	200	111
K	1.00729	1.97141	2.11912	1.95126	0.91369	1.81211	0.96305	0.44646	0.91164
b	-4.47589	1.54473	0.34362	-1.19911	-7.00202	0.13607	-7.88676	16.17960	-5.29072

Calculated wt% of rutile by both methods (by regression analysis and the 1:1 mixture intensity ratios) and their deviations from actual wt% of rutile are presented in Appendix. Precision of both methods are within reported and required precision values

of XRD analyses for the samples having higher rutile concentrations, but dramatically decreases as the concentration of rutile decreases in the samples. In addition, regression analyses method better estimate wt% of rutile than the 1:1 mixture method. The main difference is caused by intercept values (note that slopes of both curves are very similar). However, we prefer to use the calibration curves obtained from regression analysis, not from the 1:1 mixture as in the JCPDS files.

Several factors can be cited as error sources, but most possible ones are briefly reviewed below, ignoring error caused by impurity of substances, weighing, and peak broadening effect due to particle size.

Mixing of powders: Homogenous mixing of powders are not always possible. In addition, during sample preparation, some components tend to gather in the upper part of sample holder whereas others tend to gather in the lower part due to grain-size and grain-shape.

Extinction: We assume that the substances were purely crystalline, but they were probably not.

Intensity measurement: Some errors may be caused by peak area measurement, background subtraction and scanning speed.

Preferred orientation: Quantitative X-ray Diffraction Analysis Method assumes that particles in the sample holder are randomly oriented for all experiments. In this case, degree of the accumulation of a particular interplanar space in any orientation should not differ from one experiment to another. This is not true because preferred orientation itself causes up to 10% error and has been tried to be reduced by researchers, developing some devices for sample preparation (Tien, 1974)

5. CONCLUSIONS

All in all 18 calibration curves were prepared using rutile and LiF peaks, for the samples containing 10% LiF internal standard, to estimate the weight percentage of rutile in a sample of unknown rutile concentration. Two methods were used for preparation of calibration curves: The first is on basis of intensity ratios obtained from the 1:1 mixture, and the second on the basis of regression analysis using eleven sets of data. The mean of residuals (and also variances) of wt % of rutile estimate by regression analysis is less than that by the 1:1 mixture method for almost all samples.

Generally, the precision of the rutile concentration estimate is within 10% and acceptable for the samples having higher than 20% rutile concentrations, but not acceptable for the samples having lower than 20% rutile concentrations. Therefore, these calibration curves and also quantitative XRD analysis should be used with caution to estimate low mineral concentration in the samples. However, XRD analysis is still one of the best and simple quantitative mineral analysis method.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to express our sincere thanks to Dr. Necip Güven for providing opportunity of X-ray analyses at the X-ray Laboratory, Texas Tech. Univ., Department of Geosciences, Lubbock, Texas, USA. We appreciate reviews by F. Lhote and F. Saupé (CRPG - Vandoeuvre, France) and anonymous reviewer.

APPENDIX

Explanation of column headings of tables

X1 : Actual weight percent of rutile in the samples

Irutile : Relative integrated intensity of rutile peak specified at the title of tables as RUTILEhkl

ILiF : Relative integrated intensity of rutile peak specified at the title of tables as LiFhkl

Iratio : Intensity ratio; Irutile / ILiF

X2 : Calculated rutile percentage on the basis of X2 equations given below the tables

Res2 : Residual of X2 estimate; Abs(X1-X2)

PreX2 : Precision of X2 estimate in %; Res2/X1 x 100

X3 : Calculated rutile percentage on the basis of X3 equations given below the tables

Res3 : Residual of X3 estimate; Abs(X1-X3)

PreX3 : Precision of X3 estimate in %; Res3/X1 x 100

Legend for graphs



X1= actual wt % of rutile



X2= (10/K2)(Iratio)+b



X3= (10/K3)(Iratio)

K2: K coefficient obtained from regression analysis

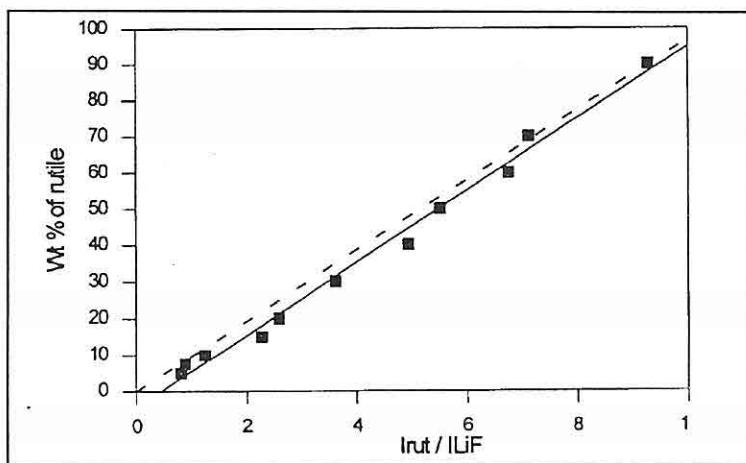
K3: K coefficient obtained from the 1:1 mixture

RUTILE110 - LiF220

X1	Irutile	ILiF	Iratio	X2	Res2	PreX2	X3	Res3	PreX3
90.0	230375	24840	9.274	87.60	2.40	2.67	89.69	0.31	0.34
70.0	231400	32500	7.120	66.21	3.79	5.42	68.86	1.14	1.64
60.0	266800	39500	6.754	62.58	2.58	4.30	65.32	5.32	8.87
50.0	216250	39250	5.510	50.22	0.22	0.44	53.28	3.28	6.56
40.0	208040	42160	4.935	44.51	4.51	11.28	47.72	7.72	19.30
30.0	210500	58240	3.614	31.41	1.41	4.69	34.95	4.95	16.51
20.0	137820	53400	2.581	21.15	1.15	5.73	24.96	4.96	24.80
15.0	116700	51400	2.270	18.06	3.06	20.43	21.96	6.96	46.38
10.0	84550	67820	1.247	7.90	2.10	20.99	12.06	2.06	20.56
7.5	66200	74840	0.885	4.31	3.19	42.59	8.55	1.05	14.06
5.0	52800	65220	0.810	3.56	1.44	28.78	7.83	2.83	56.58
mean					2.35	13.39		3.69	19.60

$$X2 = (10/1.00729)(Iratio)-4.47589$$

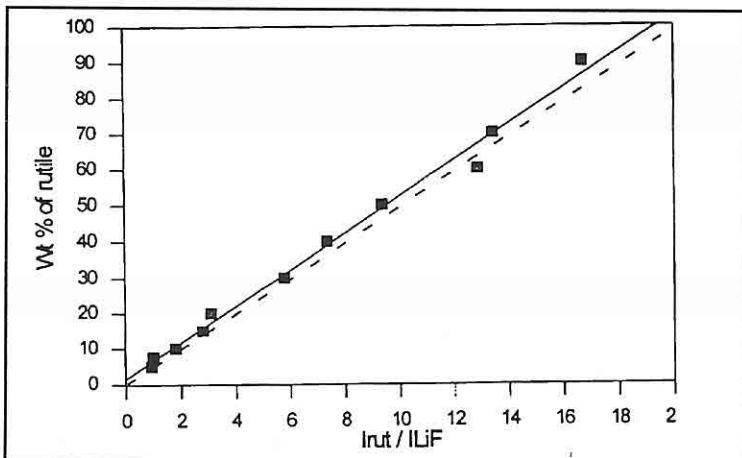
$$X3 = (10/1.03405)(Iratio)$$

**RUTILE110 - LiF200**

X1	Irutile	ILiF	Iratio	X2	Res2	PreX2	X3	Res3	PreX3
90.0	230375	13800	16.694	86.22	3.78	4.19	82.32	7.68	8.54
70.0	231400	17250	13.414	69.59	0.41	0.59	66.15	3.85	5.50
60.0	266800	20750	12.858	66.77	6.77	11.28	63.40	3.40	5.67
50.0	216250	23110	9.357	49.01	0.99	1.98	46.14	3.86	7.72
40.0	208040	28350	7.338	38.77	1.23	3.08	36.19	3.81	9.54
30.0	210500	36400	5.783	30.88	0.88	2.93	28.52	1.48	4.95
20.0	137820	44550	3.094	17.24	2.76	13.81	15.25	4.75	23.73
15.0	116700	41780	2.793	15.71	0.71	4.76	13.77	1.23	8.18
10.0	84550	46920	1.802	10.69	0.69	6.85	8.89	1.11	11.14
7.5	66200	68500	0.966	6.45	1.05	14.04	4.77	2.73	36.46
5.0	52800	57800	0.913	6.18	1.18	23.57	4.50	0.50	9.91
mean					1.86	7.92		3.13	11.94

$$X2 = (10/1.97141)(Iratio)+1.54473$$

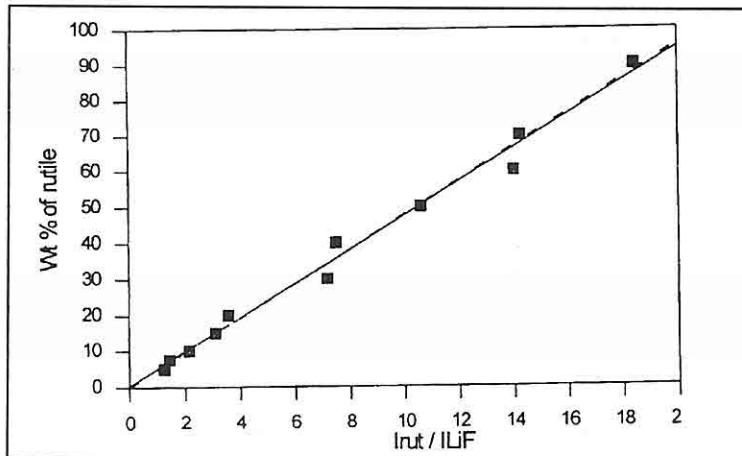
$$X3 = (10/2.02797)(Iratio)$$

**RUTILE110 - LiF111**

X1	Irutile	ILiF	Iratio	X2	Res2	PreX2	X3	Res3	PreX3
90.0	230375	12500	18.430	87.31	2.69	2.98	88.11	1.89	2.10
70.0	231400	16240	14.249	67.58	2.42	3.45	68.12	1.88	2.68
60.0	266800	19040	14.013	66.47	6.47	10.78	66.99	6.99	11.66
50.0	216250	20400	10.600	50.37	0.37	0.73	50.68	0.68	1.36
40.0	208040	27800	7.483	35.66	4.34	10.86	35.78	4.22	10.55
30.0	210500	29340	7.175	34.20	4.20	14.00	34.30	4.30	14.34
20.0	137820	38560	3.574	17.21	2.79	13.95	17.09	2.91	14.56
15.0	116700	37670	3.098	14.96	0.04	0.25	14.81	0.19	1.26
10.0	84550	39400	2.146	10.47	0.47	4.70	10.26	0.26	2.60
7.5	66200	46400	1.427	7.08	0.42	5.65	6.82	0.68	9.05
5.0	52800	42600	1.239	6.19	1.19	23.85	5.93	0.93	18.52
mean					2.31	8.29		2.27	8.06

$$X2 = (10/2.11912)(Iratio) + 0.34362$$

$$X3 = (10/2.09160)(Iratio)$$

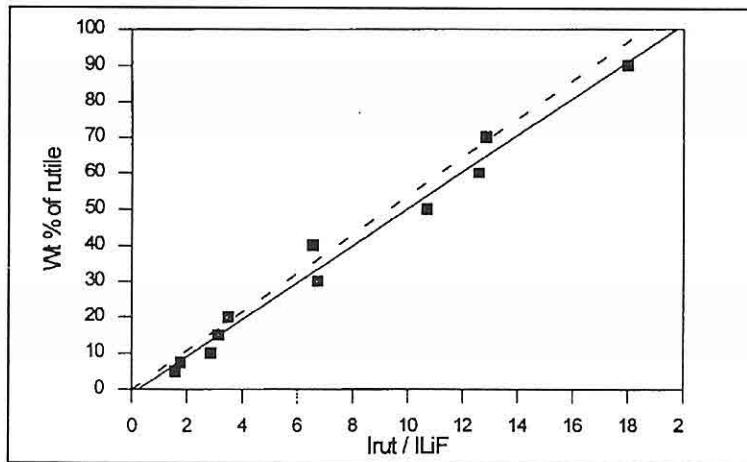


RUTILE211 - LiF220

X1	Irutile	ILiF	Iratio	X2	Res2	PreX2	X3	Res3	PreX3
90.0	224750	12500	17.980	90.95	0.95	1.05	96.51	6.51	7.23
70.0	208500	16240	12.839	64.60	5.40	7.72	68.91	1.09	1.55
60.0	239500	19040	12.579	63.27	3.27	5.44	67.52	7.52	12.53
50.0	218000	20400	10.686	53.57	3.57	7.13	57.36	7.36	14.72
40.0	182400	27800	6.561	32.43	7.57	18.93	35.22	4.78	11.96
30.0	197630	29340	6.736	33.32	3.32	11.07	36.15	6.15	20.52
20.0	133840	38560	3.471	16.59	3.41	17.05	18.63	1.37	6.85
15.0	117600	37670	3.122	14.80	0.20	1.33	16.76	1.76	11.71
10.0	111900	39400	2.840	13.36	3.36	33.56	15.24	5.24	52.44
7.5	81360	46400	1.753	7.79	0.29	3.83	9.41	1.91	25.49
5.0	66850	42600	1.569	6.84	1.84	36.86	8.42	3.42	68.46
mean					3.02	13.09		4.28	21.22

X2 = (10/1.95126)(Iratio)-1.19911

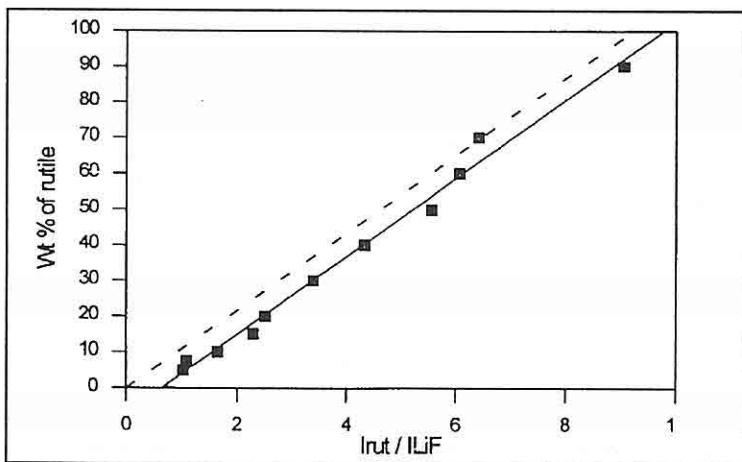
X3 = (10/1.86305)(Iratio)

**RUTILE211 - LiF200**

X1	Irutile	ILiF	Iratio	X2	Res2	PreX2	X3	Res3	PreX3
90.0	224750	24840	9.048	92.02	2.02	2.25	98.15	8.15	9.05
70.0	208500	32500	6.415	63.21	6.79	9.70	69.59	0.41	0.59
60.0	239500	39500	6.063	59.36	0.64	1.07	65.77	5.77	9.62
50.0	218000	39250	5.554	53.79	3.79	7.57	60.25	10.25	20.50
40.0	182400	42160	4.326	40.35	0.35	0.87	46.93	6.93	17.32
30.0	197630	58240	3.393	30.14	0.14	0.46	36.81	6.81	22.70
20.0	133840	53400	2.506	20.43	0.43	2.15	27.19	7.19	35.94
15.0	117600	51400	2.288	18.04	3.04	20.26	24.82	9.82	65.45
10.0	111900	67820	1.650	11.06	1.06	10.56	17.90	7.90	78.98
7.5	81360	74840	1.087	4.90	2.60	34.72	11.79	4.29	57.23
5.0	66850	65220	1.025	4.22	0.78	15.68	11.12	6.12	122.37
mean					1.97	9.57		6.69	39.98

X2 = (10/0.91369)(Iratio)-7.00202

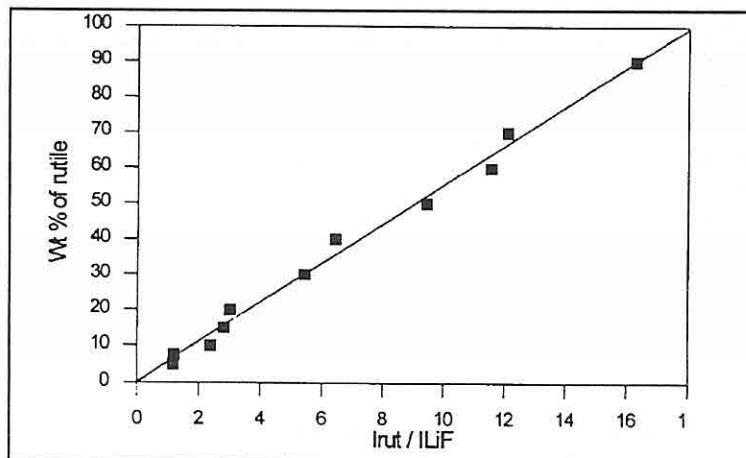
X3 = (10/0.92189)(Iratio)

**RUTILE211 - LiF111**

X1	Irutile	ILiF	Iratio	X2	Res2	PreX2	X3	Res3	PreX3
90.0	224750	13800	16.286	90.01	0.01	0.01	90.16	0.16	0.18
70.0	208500	17250	12.087	66.84	3.16	4.52	66.91	3.09	4.41
60.0	239500	20750	11.542	63.83	3.83	6.38	63.90	3.90	6.49
50.0	218000	23110	9.433	52.19	2.19	4.38	52.22	2.22	4.44
40.0	182400	28350	6.434	35.64	4.36	10.90	35.62	4.38	10.96
30.0	197630	36400	5.429	30.10	0.10	0.33	30.06	0.06	0.19
20.0	133840	44550	3.004	16.71	3.29	16.43	16.63	3.37	16.84
15.0	117600	41780	2.815	15.67	0.67	4.46	15.58	0.58	3.88
10.0	111900	46920	2.385	13.30	3.30	32.97	13.20	3.20	32.03
7.5	81360	68500	1.188	6.69	0.81	10.79	6.58	0.92	12.33
5.0	66850	57800	1.157	6.52	1.52	30.37	6.40	1.40	28.05
mean					2.11	11.05		2.12	10.89

$$X2 = (10/1.81211)(\text{Iratio}) + 0.13607$$

$$X3 = (10/1.80638)(\text{Iratio})$$

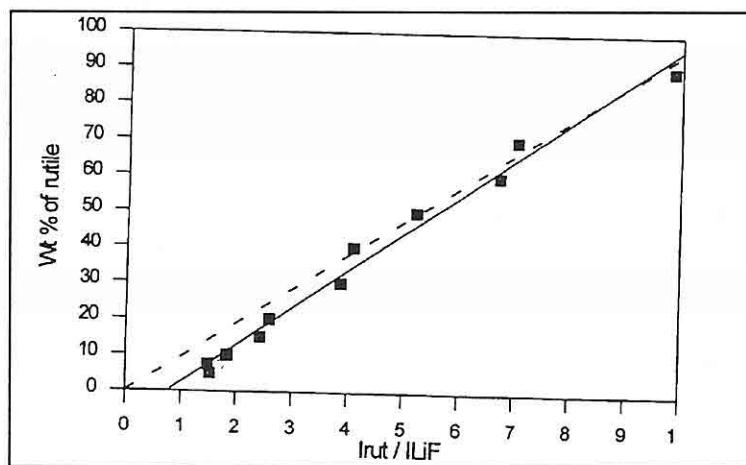


RUTILE101 - LiF220

X1	Irutile	ILiF	Iratio	X2	Res2	PreX2	X3	Res3	PreX3
90.0	123200	12500	9.856	94.45	4.45	4.95	93.54	3.54	3.94
70.0	114380	16240	7.043	65.25	4.75	6.79	66.85	3.15	4.51
60.0	128000	19040	6.723	61.92	1.92	3.20	63.80	3.80	6.34
50.0	106600	20400	5.225	46.37	3.63	7.25	49.59	0.41	0.81
40.0	113700	27800	4.090	34.58	5.42	13.55	38.82	1.18	2.96
30.0	113400	29340	3.865	32.25	2.25	7.49	36.68	6.68	22.28
20.0	99600	38560	2.583	18.93	1.07	5.33	24.51	4.51	22.57
15.0	91200	37670	2.421	17.25	2.25	15.02	22.98	7.98	53.18
10.0	72000	39400	1.827	11.09	1.09	10.89	17.34	7.34	73.44
7.5	68800	46400	1.483	7.51	0.01	0.13	14.07	6.57	87.64
5.0	64740	42600	1.520	7.89	2.89	57.87	14.42	9.42	188.47
mean					2.70	12.04		4.96	42.38

X2 = (10/0.96305)(Iratio)-7.88676

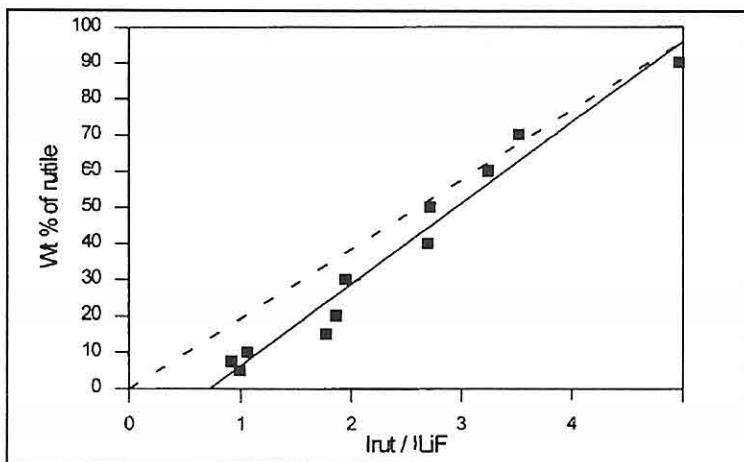
X3 = (10/1.05364)(Iratio)

**RUTILE101 - LiF200**

X1	Irutile	ILiF	Iratio	X2	Res2	PreX2	X3	Res3	PreX3
90.0	123200	24840	4.960	94.91	4.91	5.46	95.13	5.13	5.70
70.0	114380	32500	3.519	62.65	7.35	10.50	67.50	2.50	3.57
60.0	128000	39500	3.241	56.40	3.60	6.00	62.15	2.15	3.59
50.0	106600	39250	2.716	44.65	5.35	10.69	52.09	2.09	4.18
40.0	113700	42160	2.697	44.23	4.23	10.57	51.73	11.73	29.32
30.0	113400	58240	1.947	27.43	2.57	8.56	37.35	7.35	24.49
20.0	99600	53400	1.865	25.60	5.60	27.99	35.77	15.77	78.87
15.0	91200	51400	1.774	23.56	8.56	57.08	34.03	19.03	126.88
10.0	72000	67820	1.062	7.60	2.40	24.01	20.36	10.36	103.62
7.5	68800	74840	0.919	4.41	3.09	41.18	17.63	10.13	135.10
5.0	64740	65220	0.993	6.05	1.05	21.08	19.04	14.04	280.78
mean					4.43	20.28		9.12	72.37

X2 = (10/0.44646)(Iratio)-16.17960

X3 = (10/0.52137)(Iratio)

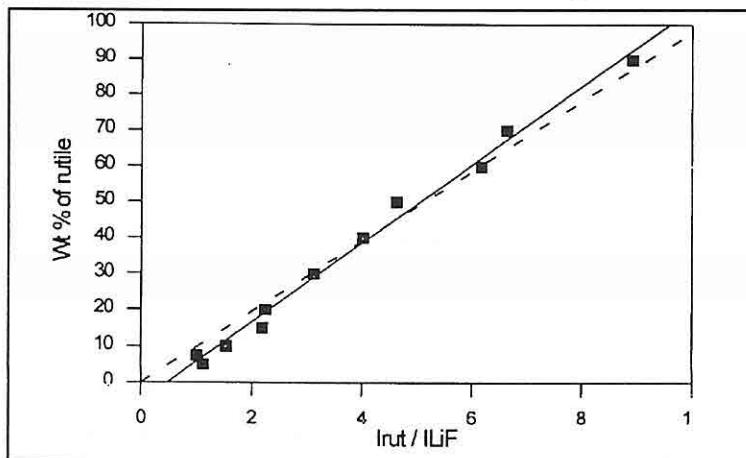


RUTILE101 - LiF111

X1	Irutile	ILiF	Iratio	X2	Res2	PreX2	X3	Res3	PreX3
90,0	123200	13800	8,928	92,64	2,64	2,93	87,39	2,61	2,90
70,0	114380	17250	6,631	67,44	2,56	3,65	64,91	5,09	7,28
60,0	128000	20750	6,169	62,38	2,38	3,96	60,38	0,38	0,64
50,0	106600	23110	4,613	45,31	4,69	9,38	45,15	4,85	9,70
40,0	113700	28350	4,011	38,70	1,30	3,24	39,26	0,74	1,85
30,0	113400	36400	3,115	28,88	1,12	3,72	30,50	0,50	1,65
20,0	99600	44550	2,236	19,23	0,77	3,83	21,88	1,88	9,42
15,0	91200	41780	2,183	18,65	3,65	24,36	21,37	6,37	42,45
10,0	72000	46920	1,535	11,54	1,54	15,42	15,02	5,02	50,21
7,5	68800	68500	1,004	5,73	1,77	23,65	9,83	2,33	31,09
5,0	64740	57800	1,120	7,00	2,00	39,91	10,96	5,96	119,28
mean					2,22	12,19		3,25	25,13

$$X2 = (10/0.91164)(Iratio) - 5.29072$$

$$X3 = (10/1.02159)(Iratio)$$



7. REFERENCES

- Alexander, L. and Klug, H.P., 1948, *The basic aspects of X-ray absorption in quantitative diffraction analysis of powder mixture: Anal. Chem.*, 20, 886-889.
- Hubbard, C.R., Evans, E.H., and Smith, D.K., 1976, *The reference intensity ratio, I/Ic, for computer simulated powder patterns: J. Appl. Cryst.*, 9, 169-174.
- Hubbard, C.R. and Smith, D.K., 1977, *Experimental and calculated standards for quantitative analysis by powder diffraction: in Mc Murdie, H.F et al. (eds), Advances in X-ray analysis: 20*, 27-39.
- Moore, D.M. and Reynolds, R.C.Jr, 1989, *X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals: New York, Oxford University Press*, 332 pp.
- Tien, P., 1974, *A simple device for smearing clay-on-glass slides for quantitative X-ray diffraction studies, Clays and Clay Min.*, 22, 367-368.
- Warren, B.E., 1969, *X-ray Diffraction*, 47-49, Reading, Mass. Addison-Wesley.
- William, P.P., 1959, *Direct quantitative diffractometric analysis: Anal. Chem.*, 31, 1842-1844.

SOIL LIQUEFACTION EVALUATION USING SHEAR WAVE VELOCITY

Kamil KAYABALI

A.U., Department of Geological Engineering, Ankara/Turkey

ABSTRACT : *Soil liquefaction evaluation charts using shear wave velocity data were constructed. A reasonably good relationship between shear wave velocity (SWV) and standard penetration resistance of granular soils in agreement with the previous studies were obtained. A similar correlation between SWV and cone penetration resistance of granular soils was also obtained. Using Seed's Standard Penetration Test (SPT)-based soil liquefaction charts, new charts of soil liquefaction evaluation based on SWV data were prepared for various magnitudes of earthquakes.*

ZEMİNLERİN S DALGASI İLETME HİZINA DAYALI SIVILAŞMA ANALİZİ

ÖZET: Kohezyonsuz zeminlerin S dalgasını iletme hızına dayalı sivilaşma analizi yapabilmek için yeni bir grafik metod sunulmuştur. Daha önce yapılmış çalışmalarındaki kohezyonsuz zeminler için belirlenmiş korelasyonlara benzer şekilde bu çalışmada kullanılan kohezyonsuz zeminlerin SPT direnci ile S dalgası iletme hızı arasında uyumlu bir korelasyon gözlenmiştir. Benzeri uyumlu bir korelasyon CPT direnci ile S dalgası iletme hızı arasında gözlenmiştir. Seed'in sadeleştirilmiş metodunda kullanılan devirsel gerilme oranı - SPT direnci ve devirsel gerilme oranı - CPT direnci için hazırlanmış grafiklerden hareketle kohezyonsuz zeminler için sivilaşma analizinde kullanılmak üzere devirsel gerilme oranı - S dalgası iletme hızı ilişkisine dayalı grafikler hazırlanmıştır.

1. INTRODUCTION

The liquefaction potential of a soil layer of interest could be determined through either laboratory tests on undisturbed soil samples or in situ tests. Combination of these two methods is also used in soil liquefaction analysis. Because the cost of collecting undisturbed samples is considerably high and the laboratory conditions cannot provide the actual field conditions, the current tendency for evaluating the soil liquefaction susceptibility is the preference of in situ testing methods.

Standard Penetration Test (SPT), Cone Penetration Test (CPT), flat dilatometer test (DMT), shear wave velocity technique (SWV), and self-boring pressuremeter (SBPT) could be mentioned as the in situ tests used in liquefaction potential analysis. Among these testing methods, the shear wave velocity technique is thought to best represent the dynamic properties of soils because the soil liquefaction phenomenon directly ties with the dynamic properties of soil.

Shear wave velocity technique is superior to the other in situ type penetration tests in such a way that a) the existence of large particles in the soil column (e.g. gravelly soils) likely to disable the performance of penetration tests is well taken care by the SWV technique, b) it is a non-destructive test, and c) it is one of the few dynamic soil properties that can be measured both in the laboratory and in the field (Tokimatsu and Uchida, 1990).

The limitations of the SWV technique could be given as: a) limited field performance data from earthquake areas for establishing a correlation between SWV and soil liquefaction, b) SWV soundings are usually performed at large intervals (as large as 1 m), and c) no soil sample is covered through the SWV technique. Among these limitations, perhaps the limited data base is the most important setback for the SWV technique to be used in soil liquefaction analysis. The present soil liquefaction techniques using in situ tests heavily utilized the large body of SPT data collected from areas known as to have liquefied and have not liquefied. Cone Penetration Test (CPT)-based liquefaction evaluation method also utilizes the relationship between the SPT and soil liquefaction resistance due to the good correlation between the SPT and CPT resistance of cohesionless soils.

The aim of this paper is to present soil liquefaction evaluation charts for various magnitudes of earthquakes using SWV velocity of cohesionless soils. For the construction of the liquefaction evaluation charts, Seed's charts based on SPT data were utilized.

2. IN SITU MEASUREMENTS OF SPT, CPT, AND SWV

The data used in this study were basically collected from an alluvial plain composed of silty sand. At about 30 locations, in situ tests of SPT, CPT, and SWV were performed. For the SPT, both automated and hand-released hammer mechanisms were

used. The theoretical energy delivered to the rods were standardized to 60%. Soil samples were collected at 1.5 m intervals. For the CPT setup, an electric cone device with a 10 cm^2 base area mounted on a truck was utilized. The CPT setup was capable of recording cone penetration resistance at 2 second intervals with a 1.2 m per minute pushing rate. The SWV measurements were carried out by employing a downhole technique at 1 m shooting intervals.

A great majority of the soil samples collected from the test locations through SPT has fines content mostly less than 15%. The mean grain size (D_{50}) for those samples varied between 0.1 to 0.25 mm (Figures 1 and 2).

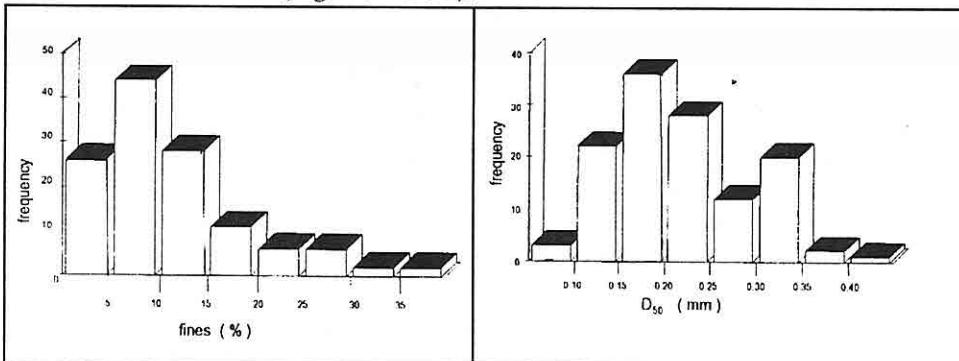


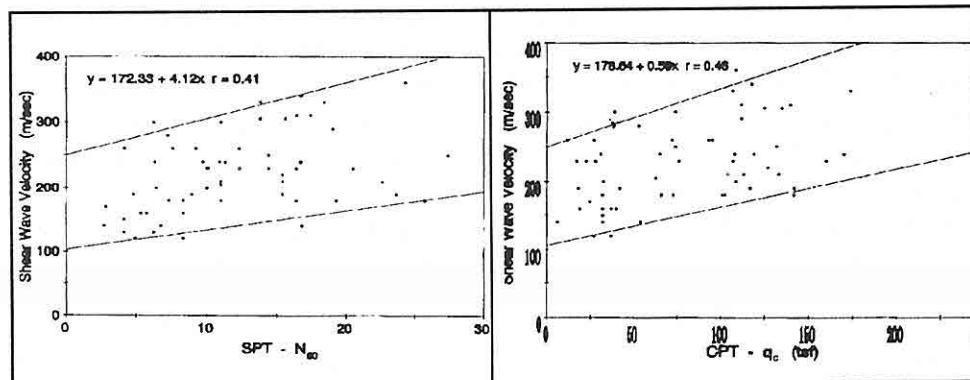
Fig.1. Histogram showing the fines content distribution of the examined soils.

Fig.2. Histogram showing the mean grain size distribution of the examined soils.

3. CORRELATION BETWEEN SWV AND PENETRATION TESTS

The field data of SPT, CPT, and SWV collected from the alluvial silty sand deposits were evaluated to seek a correlation between the SWV and penetration tests. The correlation between SWV and SPT was plotted in Figure 3. Although there is a considerable scatter in the graph, a reasonably good relationship could be observed between the standard penetration resistance and the SWV property of the examined soils. A similar relationship was also sought between the cone penetration resistance and SWV property of the same tested soils. Figure 4 shows the correlation between SWV and CPT. The scatter in the graph is quite similar to the one between SWV and SPT.

The relationship between SPT resistance and SWV property of soils was also investigated by other researchers. Tonouchi et al., (1983) showed a good correlation between SWV and SPT-N values. They presented a relationship for this correlation in the form of $V_s = 97 N^{0.314}$, where V_s is the shear wave velocity in m/sec and N is the SPT blowcounts; by plotting more than 1600 data pairs. Fumal and Tinsley (1985) presented a relationship between SWV and SPT-N value in the form of $V_s = 152 + 5.1 N$ by studying the sand and gravelly sand type of soils.

Fig.3. Correlation between SWV and SPT-N₆₀.Fig.4. Correlation between SWV and CPT-q_c

The relationship between SWV and SPT-N values from the present and previous studies were plotted together in Figure 5. The curve 1 in Figure 5 indicates the relationship between SWV and SPT-N given by Fumal and Tinsley (1985). The curve 2 is by Tonouchi et al., (1983). The curve marked as number 3 indicates the relationship obtained from the present study. The last one shown as curve 4 was obtained from Figure 4. This was carried out using a correlation between SPT-N and CPT-q_c values obtained from the alluvial deposits of silty sands. In order to convert the SWV - CPT-q_c relationship into a SWV - SPT-N₆₀, the ratio of q_c/N was utilized. The penetration resistance data obtained from the field show that the average q_c values of the soil layers examined were 5.5 times the SPT-N₆₀ values of the same layers. Thus, using a ratio of q_c/N = 5.5 the relationship between SWV and CPT-q_c was converted into a SWV - SPT-N₆₀ relationship.

The four curves in Figure 5 are presented in Figure 6 in a hatched form. The average curve represented by this hatched area was found to be $V_s = 175 + 3.75 N_{60}$.

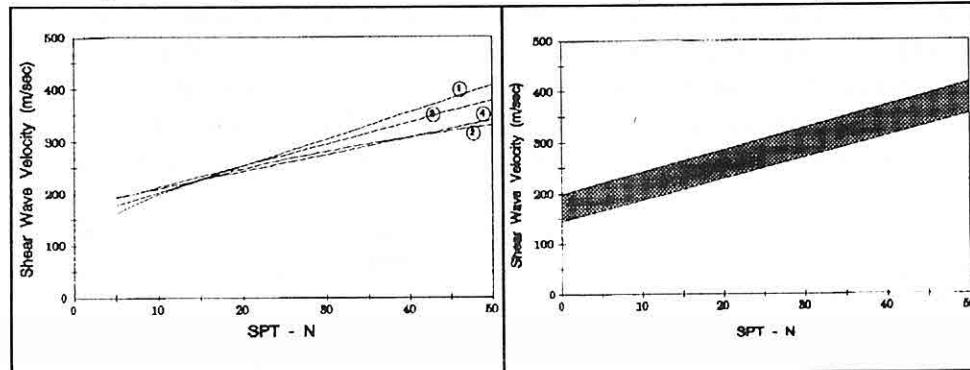


Fig.5 .Combined plot of SWV-SPT relationship from the present and previous studies(refer to the text for the numbers on curves).

Fig.6. Hatched graph for the four curves in Fig.5.

4. LIQUEFACTION ASSESSMENT USING SHEAR WAVE VELOCITY

Empirical methods have been developed to evaluate liquefaction resistance of soils using penetration type of in situ tests of SPT (e.g. Seed, 1979) and CPT (e.g. Seed and DeAlba, 1986). Recent investigations have shown that there is a rational basis to expect a good correlation to exist between soil liquefaction resistance and soil penetration resistance (Seed et al., 1983, Tokimatsu and Yoshimi, 1983). Likewise, the SWV is also influenced by several soil parameters that influence soil liquefaction under earthquake shaking, such as relative density, overburden pressure, stress history, and geologic age.

In order to establish a SWV-based liquefaction evaluation procedure, the cyclic stress ratio concept (Seed and Idriss, 1971) was utilized. The cyclic stress ratio is given as: where τ/σ_o' is the cyclic stress ratio to develop liquefaction in the soil, a_{max} is the peak horizontal ground acceleration on the ground surface (in g's), σ_o is the total stress over the layer of interest, σ_o' is the effective stress over the layer of interest, and r_d is the stress reduction factor.

The work of Seed and his coworkers in the form of cyclic stress versus SPT-N are presented in Figures 7 and 8. In Figure 7, there are three lines separating the liquefaction from the non-liquefaction zone corresponding to the fines content of 5, 15, and 35%, respectively. Figure 8 shows the demarcation lines for liquefaction for different magnitudes of earthquakes.

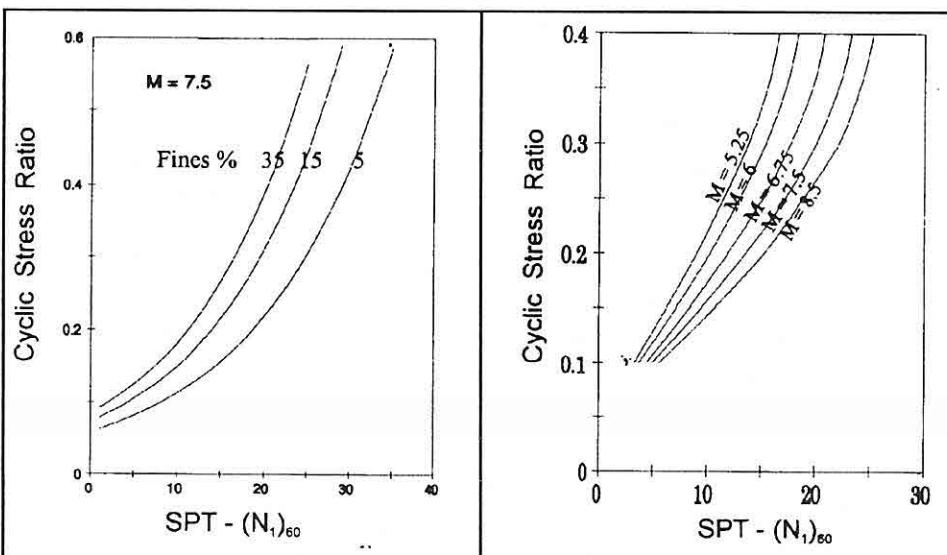


Fig.7. Relationship between cyclic stress ratio causing liquefaction and SPT-N values for silty sands for $M=7.5$ earthquakes (from Seed and DeAlba, 1986).

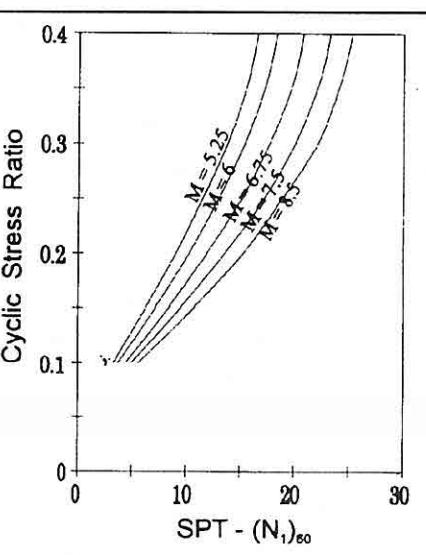


Fig. 8. Chart for evaluation of liquefaction potential for different magnitude earthquakes (from Seed et al., 1983)

In order to utilize the SWV data in soil liquefaction evaluation Figure 9 was constructed. The two demarcation lines in the figure forming a marginal liquefaction zone correspond to the upper and lower bounds of the hatched zone in Figure 6. Because the scatter with the SWV versus penetration test data were significant, the resulting zone of marginal liquefaction appears to be large. In order to simplify this chart into a more usable form, Figure 10 was drawn using the average equation curve of $V_s = 175 + 3.75 N_{60}$ from Figure 6. The users of this graph should be cautious because the demarcation line separating the liquefaction zone from the no-liquefaction in Figure 10 is not as sharp as shown in Figure 9. Allowance should be made for a better definition of liquefaction analysis when using this chart.

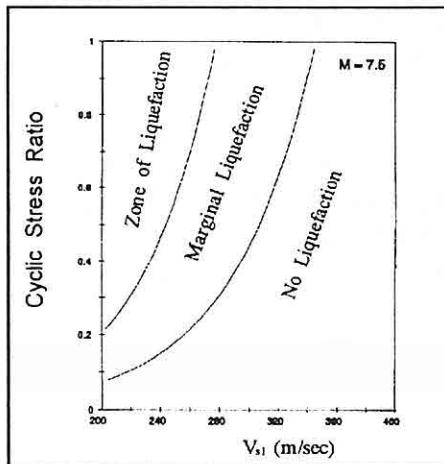


Fig. 9. Relation between cyclic stress ratio and shear wave velocity.

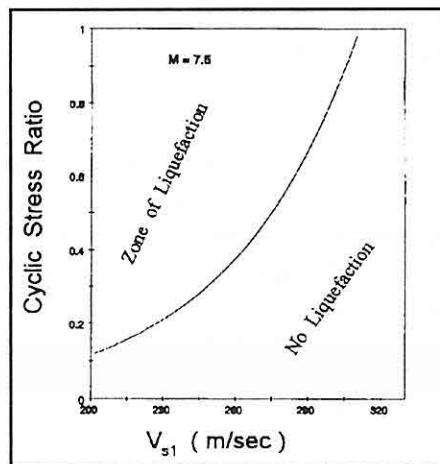


Fig. 10. Simplified relationship between cyclic stress ratio and shear wave velocity.

Given the fact that Seed's charts of soil liquefaction evaluation are based on overburden corrected penetration values, a similar procedure was employed for the preparation of SWV-based liquefaction evaluation charts. For this purpose, the overburden correction equation for shear velocity by Robertson et al., (1992) was utilized:

$$V_{s1} = V_s (P_a / \sigma_o')^{0.25}$$

where V_{s1} is the normalized SWV in m/sec, P_a is the reference stress (typically 100 kPa or 1 bar), σ_o' is the effective vertical overburden stress in the same units as P_a , and V_s is the measured SWV in m/sec.

In order to extend the use of SWV in soil liquefaction analysis to the magnitudes other than $M = 7.5$, Figure 11 was constructed. Figure 8 was utilized for establishing Figure 11.

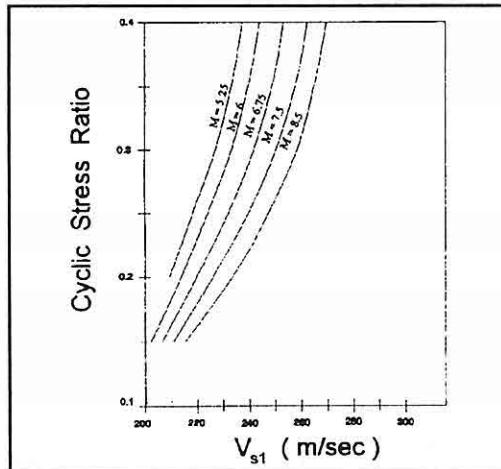


Fig.11. Soil liquefaction evaluation chart for different magnitute earthquakes using shear wave velocity.

5. CONCLUSIONS

The test results of SWV and SPT of the present and previous studies have shown that there is a reasonably good correlation between the SWV property and standard penetration resistance of granular soils. SWV also correlates with the CPT reasonably good. The charts prepared for soil liquefaction evaluation using the SWV data in correlation with penetration resistance data were established according to Seed's soil liquefaction evaluation charts which are based on field performance data of SPT. Future field performance data of SWV are required to validate the usability of the presented charts in engineering practice with a reasonable degree of confidence. The results of this study are based on the information that the soil layers examined have fines content mostly less than 15% and D_{50} between 0.1 to 0.25 mm.

6. REFERENCES

- Fumal, T. E. and Tinsley, J. C, 1985, *Mapping shear wave velocities of near-surface geological materials: In; Predicting areal limits of earthquake induced landsliding; in evaluation of earthquake hazards in the Los Angeles region - An earth science perspective*, J. I. Ziony, editor, U.S. Geol. Surv. paper 1360, p. 127-150.
- Robertson, P. K., Woeller, D. J., and Finn, W. D. L., 1992, *Seismic Cone Penetration Test for evaluating liquefaction potential under cyclic loading: Canadian Geotechnical Journal*, 29, 686-695.
- Seed, H. B., 1979, *Soil liquefaction and cyclic mobility evaluation for level ground during earthquakes: Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE*, 105(2), 201-255.
- Seed, H. B., and DeAlba, P., 1986, *Use of SPT and CPT tests for evaluating the*

liquefaction resistance of sands: Use of In-situ Tests in Geotechnical Engineering, ASCE Geotechnical Special Publication, 6, 281-302.

Seed, H. B. and Idriss, I. M., 1971, *Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential: Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, 97 (9), 1249-1273.

Seed, H. B., Idriss, I. M., and Arango, I., 1983, *Evaluation of liquefaction potential using field performance data: Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE*, 109(3), 458-482.

Tokimatsu, K. and Uchida, A., 1990, *Correlation between liquefaction resistance and shear wave velocity: Soils and Foundations*, 30(2), 33-42.

Tokimatsu, K. and Yoshimi, Y., 1983, *Empirical correlation of soil liquefaction based on SPT-N value and fines content: Soil Mechanics and Foundations*, 23(4), 56-74.

Tonouchi, K., Sakayama, T., and Imai, T., 1983, *S wave velocity in the ground and the damping factor: Bull. International Association of Engineering Geologists*, 327-333.

**DESIGN METHODS, TECHNOLOGIES, AND SITE SELECTION IN LAND
DISPOSAL OF WASTE IN THE UNITED STATES**

Hasan ÇETİN

Ç.Ü., Geological Department, Adana/Turkey

ABSTRACT: Recently, to regulate air and water pollution, the United States Senate and House Floors passed a number of environmental laws. Consequently, land disposal of hazardous waste has increased in the United States. Alternatives include incineration, deep well injection, detonation, and engineered storage until other storage methods are developed. The effectiveness of these unpopular disposal methods is directly related to factors of technology, economics, public opinion and politics.

Presented here, for both the general and the technically experienced reader, is an overview of the basic design and site selection characteristics, and technological and innovative approaches in land waste disposal facilities or landfills for nonhazardous and hazardous wastes, including low-level radioactive wastes, in the United States. The basic concepts of proper land waste disposal are explained in a simplistic manner to understand how these facilities work. Also examined are two examples demonstrating the sensitive nature of implementing a successful versus a failure-prone landfill operation.

High-level radioactive wastes have unique problems. Therefore, the disposal of these wastes needs totally different design and site selection methods. These are not given in this paper.

**ATIKLARIN GÖMÜLMESİNDEN AMERİKA'DA KULLANILAN DİZAYN
METODLARI, TEKNOLOJİLER VE YER SEÇME İŞLEMLERİ**

ÖZET: Son zamanlarda, Amerikan kongresinden ve senatosundan, hava ve su kirliliğini önlemek için çevre ile ilgili bir çok kanun geçirildi. Bunun sonucu olarak, Amerikada atıkların toprağa gömme şeklinde atımı (depolanması) arttı. Diğer atık atma şekilleri yakma, derin sondaj kuyularına gömme, patlatma, ve daha gelişmiş mühendislik yöntemleri bulununcaya kadar depolama şeklindedir. Bu fazla popüler olmayan atık atma yöntemlerinin başarılı olabilmesi teknolojik, ekonomik, politik ve toplum faktörleri ile direkt olarak alakalıdır.

Burada, Amerikada kullanılan, hem genel toplum hemde bu konulardaki teknik kişiler için, tehlikesiz ve yarı nükleer atıklarında içeren tehlikeli atıkların toprağa gömme şeklinde atımının da kullanılan temel gömme metodları, yer seçme özellikleri, teknolojik ve yeni değişik yaklaşımalar sunulmuştur. Bu atık yerlerinin nasıl çalıştığını anlamak için, bu atıkların doğru bir şekilde gömülmesindeki temel ilkeler basit bir şekilde açıklanmıştır. Bundan başka biri başarı ile diğer başarısızlıkla sonuçlanmış

iki örnek atık gömme yeri çalışılmıştır.

Tam nükleer atıkların kendine özgü farklı problemleri vardır. Bunun için, bu tip atıkların atımı için tamamen farklı dizayn ve yer seçme metodlarına ihtiyaç vardır. Bu metodlar bu makalede sunulmamıştır.

1. INTRODUCTION

Land disposal of waste is probably the oldest waste disposal method practiced by man. People used to believe that leachings from waste are completely purified by soil; thus, contamination of groundwater was not an issue in the past. Therefore, until recently, disposal of waste by open dumping on all landforms was an acceptable practice. However, with the increasing public concern for the environment and the findings of some landfill studies showing that landfills do leak and contaminate groundwater, the practice of land disposal of waste came under scrutiny during the last 40 to 50 years. More than 30 laws concerning environment have been passed by the United States Senate and House Floors since the first act, Food, Drug, and Cosmetic Act (FDCA), in 1938 (Figure 1). As a result, the practice of land disposal of waste has been improved to minimize environmental pollution. This improved practice is now referred to as sanitary landfilling. Sanitary landfilling is defined by the American Society of Civil Engineers as "a method of disposing of refuse on land without creating nuisance or hazards to public health or safety, by utilizing the principles of engineering to confine the refuse to the smallest practical volume, and to cover it with a layer of earth at the conclusion of each day's operation, or at such more frequent intervals as many be necessary." Waste is divided into two categories: hazardous and nonhazardous. EPA, Environmental Protection Agency, (1988) gives the definition of hazardous waste as "...a solid waste, or combination of solid wastes, which because of its quantity, concentration, or physical, chemical, or infectious characteristics may..." pose a "substantial present or potential hazard to human health or the environment when improperly managed. According to Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) regulations, a waste is considered hazardous if it is reactive, ignitable, corrosive or toxic. The EPA, when it implemented the RCRA in 1976, gave a listing of what it considers hazardous waste, ranging from acetylene sludge to weed killer as well as chemicals like benzene and polychlorinated biphenyls (PBC's). There are five categories of hazardous wastes and they include toxic, chemical, radioactive, flammable, explosive, and biological, or combinations of these. The chemical, petroleum, metals, and transporting industries are the major producers of hazardous waste. In 1988, about 3,000 facilities throughout the U.S. generated about 275 million ton of RCRA hazardous waste (EPA, 1988).

Nonhazardous or solid waste by EPA (1988) means "any garbage, refuse, sludge from a waste treatment plant, waster supply treatment plant, or air pollution control facility and other discarded material, including solid, liquid, semisolid, or contained

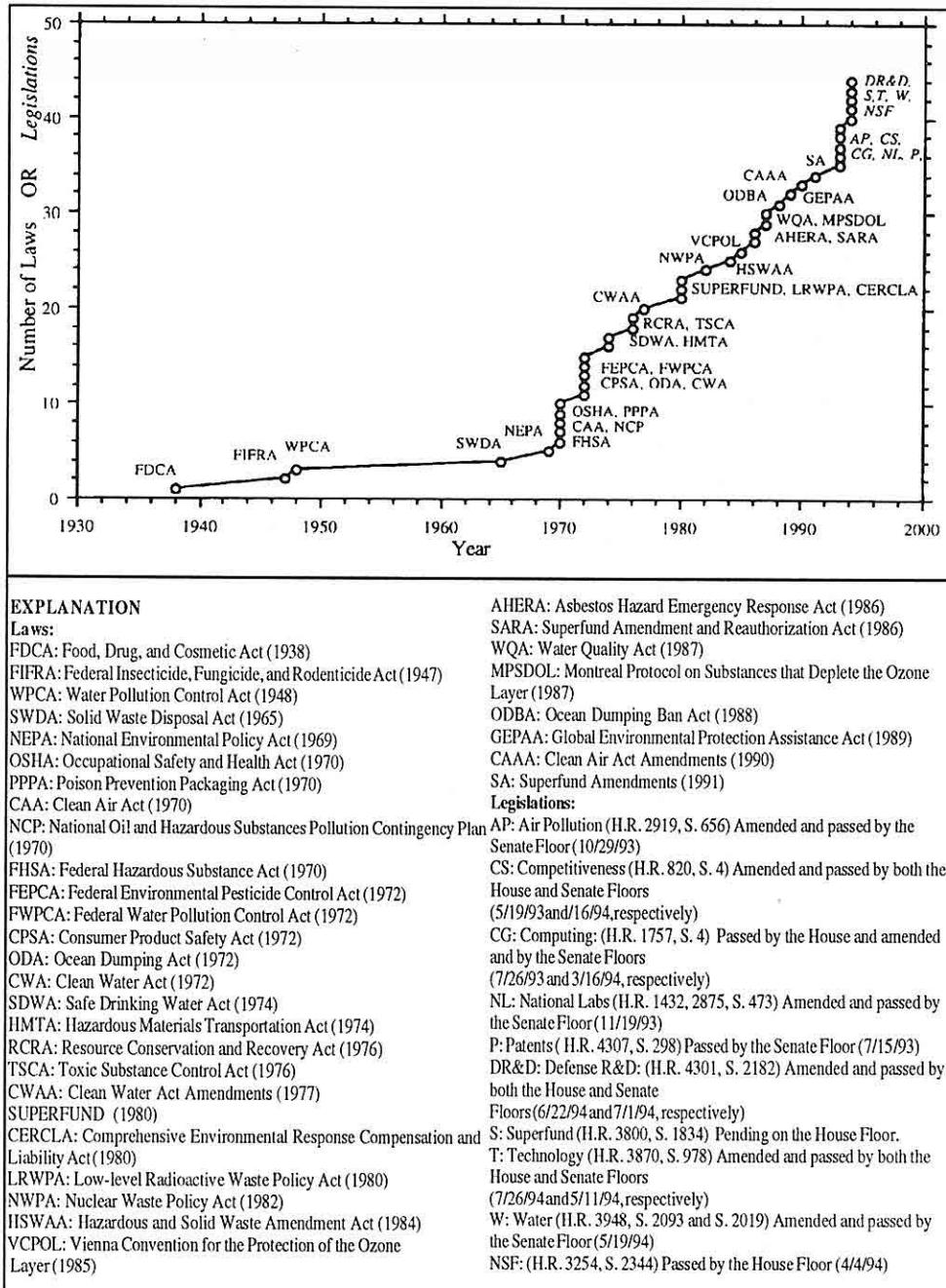


Fig.1. Chronology of major federal laws or legislation concerning environment in the United States.

gaseous material resulting from industrial, commercial, mining, and agricultural operations, and from community activities, but does not include solid or dissolved material in domestic sewage...". Nonhazardous waste consists of such diverse items as municipal solid waste, municipal sewage sludge, industrial and commercial "nonhazardous" waste, and waste tires. Generators of nonhazardous waste vary. Municipal nonhazardous waste is generated by businesses and residents within the community as well as by the municipality itself in running the operations of the community. Other generators include commercial and industrial facilities. EPA (1988) says that more than 11 billion tons of nonhazardous waste is generated each year in the U.S. and a large portion of this is municipal waste.

2. DESIGN OF LANDFILLS

The general idea in the U.S. and also, around the world is for the concentration of these wastes in spot locations. Land burial in waste landfills allows for this concentration and isolation, or impoundment of waste. Therefore, the prevalent disposal method for hazardous and nonhazardous wastes has been shallow land burial. Disposal by this method relies heavily on the geologic environment to isolate the wastes until they decay to unharful levels. Shallow land burial is a safe, feasible disposal method in the proper geologic environment.

The object of disposal is to prevent exposure of the public to hazardous waste in potentially harmful concentrations. The most likely route for buried waste to reach the public is through the ground water system. Precipitation percolating through the subsurface can, for example, leach radioactive isotopes from the waste repository. This leachate travels through the unsaturated zone to the water table or perhaps through an aquitard into a confined aquifer. This leachate then moves laterally in the direction of ground water flow to a point of discharge, be it a river, stream, spring, or groundwater well.

The challenge for the people who design and operate land disposal facilities is for the most efficient methods of disposal, the most technically innovative solutions for meeting federal and state regulations, and for sound engineering design practices that are healthy for the environment. The Construction Engineering Laboratory of the United States Corps of Engineers lists five steps to the landfill design process. These include (1) meeting all required laws and regulations, (2) obtaining adequate data during the site selection process, (3) identifying and design alternatives, (4) evaluating these alternatives with an engineering analysis to select the optimum plan, and then (5) preparing the final design. The final design should include information on economics, operation, environmental effects, and projected land use after closure of the facility. Each of these steps depends critically on the site selected and the condition involved with the site. Factors such as cover soil suitability, ground water quality and flow data,

weather, topography, local geology, and human encroachment must be considered.

There are two kinds of landfills: natural attenuation and containment landfills. In the design of natural attenuation type landfills, the leachate is allowed to percolate through the landfill base with the expectation that the leachate will be attenuated (purified) by the unsaturated soil zone beneath the landfill and the groundwater aquifer. This type of landfills are used for disposing of nonhazardous wastes only. Recent studies show that even small natural attenuation type landfills may impact groundwater (Friedman, 1988). Therefore, in some countries of the world (e.g., Germany) and in some states of the United States (e.g., Wisconsin), they are not allowed regardless of volume or waste type.

2.1 Design of Natural Attenuation Type Landfills

In general, there are three types of filling methods used in operating natural attenuation type landfills: trench, area, and ramp methods. Each of these methods is characterized by the way the site is excavated.

In the trench method, a trench is excavated into the ground and wastes are placed therein (Figure 2). The cover material is obtained from the trench itself. In flat areas where the ground water table is deep and where there is little cover material available, the trench method is preferable. This method is very economical where the soil at the landfill site is highly cohesive. This is because the side walls of a trench dug in a cohesive soil will stand on vertical faces allowing construction of several trenches close by with only narrow walls between them.

In the area method, the waste is spread and compacted on an existing ground surface and cover material is then spread and compacted over the waste (Figure 3).

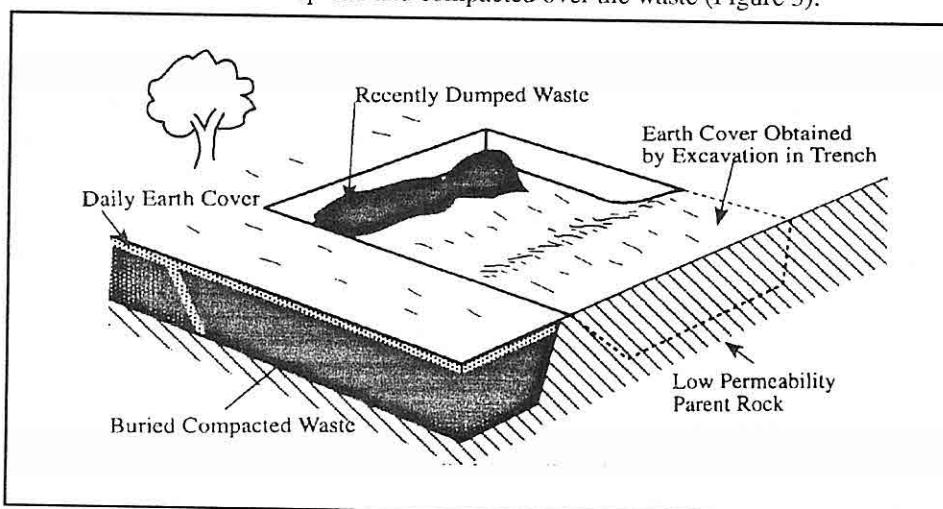


Fig.2. Trench method (Modified from Donahue and Gerdes, 1979)

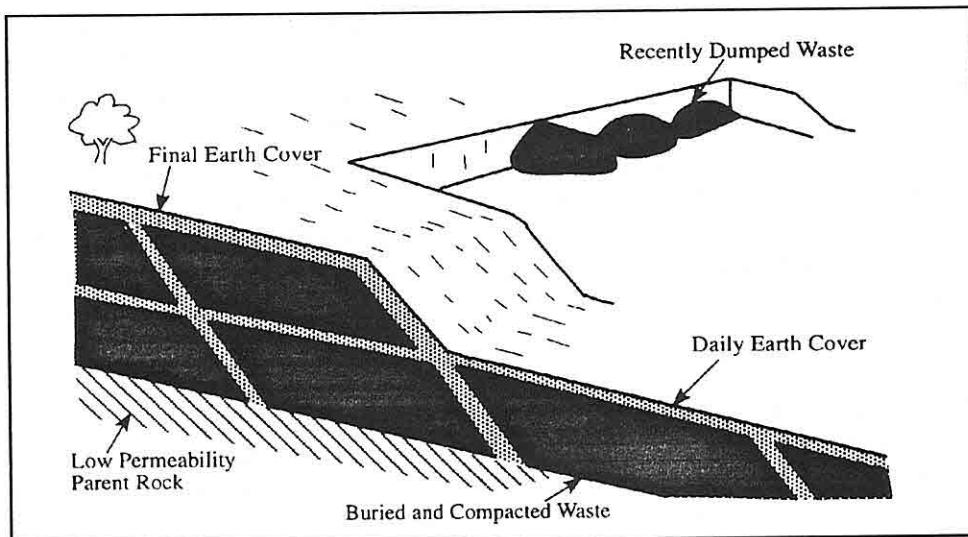


Fig.3. Area method (Modified from Donahue and Gerdes, 1979)

It requires the least amount of excavation because the waste is placed on a flat surface and covered with soil. In general, this method should be the method of choice in areas where the groundwater table is at or near the ground surface. In the trench method, the cover soil is obtained from the excavation. In this method, since there is no excavation, the cover soil will have to be hauled to the site.

The ramp method is a rather standard modification of the trench and area methods. The ramp method is also called the progressive slope method. In this method, the waste is spread and compacted on a slope and then covered with soil which has been obtained immediately in front of the working face (Figure 4). The method requires the excavation of a pit for cover material, then uses that same pit for the next day's waste. Where the water table is close to the surface and there is ample cover material available, and where the land has natural depressions, the ramp or the area should be the method of choice. Generally, this method is more economical than the area method, since it requires no hauling of cover soil and some amount of excavation below the original ground surface is accomplished (Hagerty et al., 1973).

2.2 Design of Containment Type Landfills

As mentioned before, natural attenuation landfills without sophisticated barriers (liners) and leachate collection systems are used for disposing nonhazardous waste

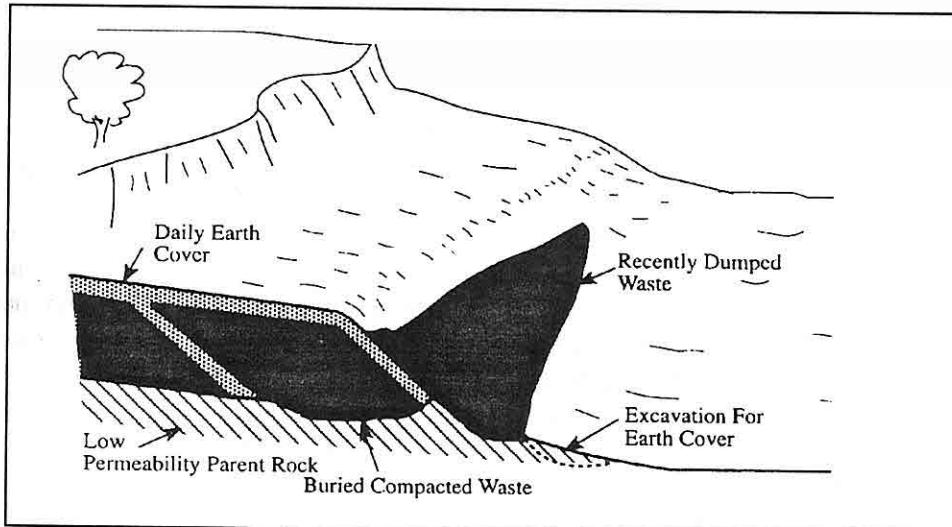


Fig. 4. Ramp method (Modified from Donahue and Gerdes, 1979)

only. Hazardous wastes are disposed of in containment landfills. In the design of a containment landfill, the main object is to prevent leachate seepage into the aquifer at the site. Therefore, this type of landfills are lined with clay or synthetic membrane (geomembrane) or both and a leachate collection system is installed (Figure 5).

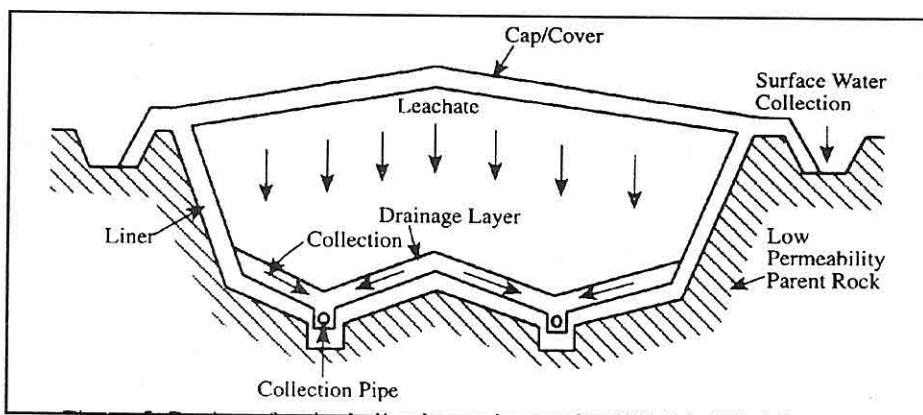


Fig.5. Design of a single lined containment landfill (Modified from Bagchi, 1994).

Thus, these landfills make extensive use of geosynthetics and leachate collection systems.

Geosynthetics are manmade polymerized barriers that provide separation between generated leachate and the surrounding environment. Types of geosynthetics include

flexible membrane liners (geomembranes), geotextiles, geogrids, geonets, and geocomposites. Richardson and Koerner (1988) defines each of these and their functions:

Geomembranes are impermeable synthetic polymer sheets with good long-term aging characteristics that prevent water flow into and out of wastes. Geotextiles have high permeability and can be woven, unwoven or knit synthetic fibers made of polypropylene, polyester, or polyethylene. They allow liquid to pass through but not soil particles and are used to increase soil tensile strength. Geogrids are reinforcement sheets of polypropylene or polyethylene with regularly punched holes that add to the strength. They provide limited planar flow capacity. Geonets are nets of layered polymer rods oriented at acute angles that are used along with geotextiles for leachate or surface water collection and removal because of their capacity of planar flow. Geocomposites are built-up drainage cores covered with geotextiles that act as filters in lateral drainage.

Although it is preferable to use in situ soils as liners for containment of leachate, synthetic membrane liners are superior where soil permeabilities or depths are not adequate for protecting groundwater and governmental regulations mandate their use. The RCRA of 1976, makes the use of these barriers a federal requirement. The increased use of geosynthetics has strongly influenced geotechnical practice as evidenced by the fact that nearly 25,000,000 m² of geomembranes were installed in the U.S. in 1986 (Dean, 1987).

3. SITE SELECTION

With the findings of some landfill studies showing that especially, improperly located landfills do leak and contaminate groundwater, the increasing public concern for the environment and more than 30 laws concerning environment passed by the United States Senate and House Floors by 1995 as a result, landfill designers in the United States came to the understanding that the final design of a landfill depends critically on the site selected.

In selecting sites for landfills, several factors such as climate, topography, local geology, groundwater conditions, cover soil suitability, and human encroachment must be considered. Another factor to consider in selecting a landfill site is predictability. A disposal site should "be capable of being characterized, modeled, analyzed and monitored" (Siefken et al., 1982). Simplicity and homogeneity with respect to hydrologic conditions contributes greatly to this capability.

The ideal "natural" secure landfill site would have the water table below the bottom of the burial pit, would be in a dry climate with very little groundwater percolating around it, and would be in clay in hundreds of feet thick (AIPG, 1985). Very few sites meet these criteria, but, by means of geologic and engineering technology, imperfect real-world sites can be transformed into safe ones. The following summarizes some of the factors that must be considered in selecting landfill sites.

3.1. Climate

One of the most important factors in selecting a landfill site is the overall climate of the area: the amount of precipitation, the velocity and direction of the prevailing wind, and the overall temperature-time relationship for the site. The most important climatic consideration is the infiltration of precipitation into the subsurface. Production of leachate is a function of the amount of infiltration through the subsurface. Infiltration can be estimated from the difference between precipitation and evapotranspiration on annual, seasonal, or monthly basis. Seasonal variations in precipitation and evapotranspiration should be studied more carefully.

Another important climatic consideration is catastrophic climatic events, primarily floods and windstorms. Flooding can result in the erosion of cover material and subaerial exposure of the wastes. It can also result in the saturation of buried wastes and wholesale leaching of radioactive isotopes (if the waste is radioactive). River flood plains and coastal areas susceptible to hurricane storm surge flooding must be avoided. Tornado, windstorm and hail storm frequency should also be considered when selecting a disposal site. To minimize generation and spread of waste dust due to blowing wind, excessively windy sites should be avoided.

3.2. Topography

Erosion and infiltration are to a certain degree functions of topography. Obviously, erosion is more active process in areas of high slope relief. Subaerial exposure of wastes by erosion must be avoided. Thus, if the soil at the site is easily eroded, the site should be flat or gently rolling to minimize the adverse effects of intense rainfalls. However, areas of very low topographic profiles also have disadvantages. Runoff is slow and infiltration into the subsurface is thereby enhanced. A gently sloping terrain is desirable for a waste disposal site so that run-off occurs and erosion is minimized. Swales, draws, gullies, valleys, or arroyos should be avoided because of a concentration of runoff flow and high erosion rates.

A radial drainage pattern which is common on broad upland flats or divides is preferred since it drains the site radially with least erosion. Gently rolling terrains are most suitable for a landfill site, but they may also receive high priority for the future location of recreational areas or industrial sites. These terrains may also be good farm lands. Sometimes, abandoned strip mines and clay pits may be ideal locations for landfills (Hagerty et al., 1973).

3.3. Geology

The wastes should be disposed in geologically sound units. Therefore, a thorough geologic investigation of the geologic units at the proposed site should be conducted. Permeability or hydraulic conductivity and sorption capacity are important

characteristics of geologic units as well as for soils. Depending on the discontinuities such as joints and faults they contain, the permeabilities of igneous, metamorphic, and fine grained sedimentary rocks are usually low and are, therefore, preferred. However, unconsolidated geologic units are more desirable than consolidated units because it is more difficult to excavate a disposal trench in rock and because rock is not suitable for cover material. Consolidated geologic units are also less desirable because they tend to be more fractured than unconsolidated units which can allow the rapid movement of leachate from the site. In general, homogeneous, massive, and nearly impermeable clay and shale units which provide a large vertical separation between the base of the landfill and the uppermost aquifer are preferred. Karstic areas in limestone, dolomite, and caliche should be totally avoided.

Figure 6 shows approximate ranges of hydraulic conductivity for a variety of unconsolidated and consolidated materials.

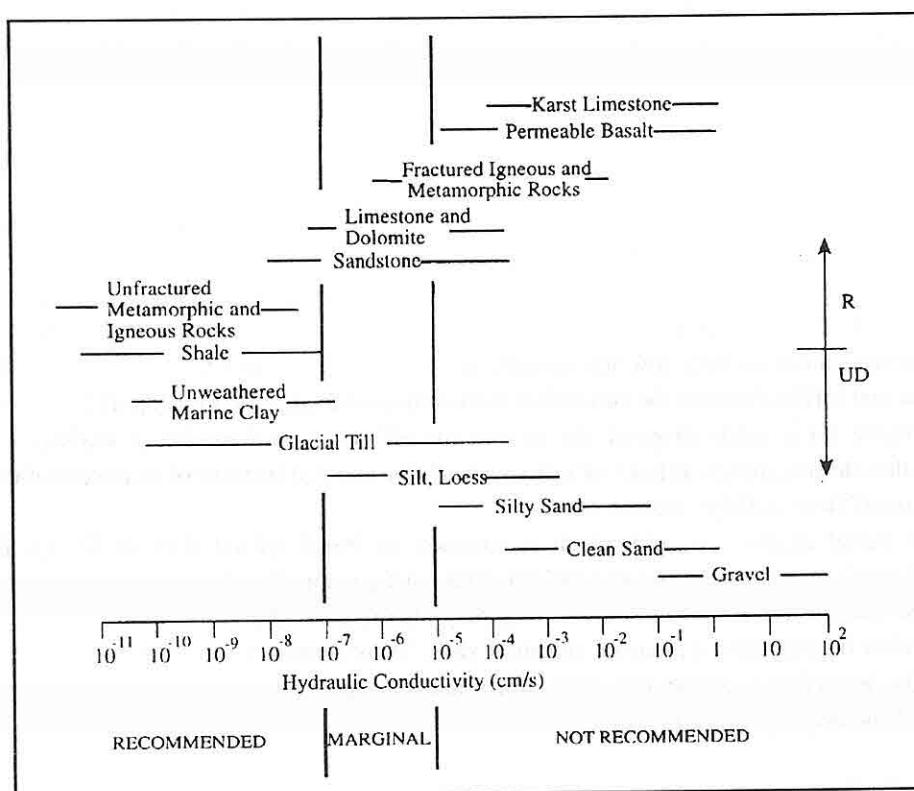


Fig.6. Suitability based on hydraulic conductivity values for different geologic materials (Modified from Freeze and Cherry, 1979). R: Rock, UD : Unconsolidated Deposits.

The figure also shows the suitability of these materials based upon their hydraulic conductivities.

Areas prone to earthquakes, volcanoes, landslides, coastal erosion, and subsidence must be avoided. In sites located in seismically active zones, additional investigations to find seismic design parameters should be undertaken. There are two mechanisms that can cause damage to waste disposal sites: (1) strong ground motion and (2) displacement of the ground at the site because of movement along a fault. Caused by high pore water pressures, saturated silty, sandy soils may liquefy during strong ground motion and this may cause damage to the landfill facility. The site should no be located directly on or near an active fault. An active (or "capable fault" by Nuclear Regulatory Commission, NRC) is defined by NRC as a fault which has exhibited one or more of the following characteristics: (1) movement at or near the ground surface at least once within the past 35,000 years or movement of a recurring nature within the past 500,000 years, (2) macro-seismicity instrumentally determined with records of sufficient precision to demonstrate a direct relationship with the fault, and (3) a structural relationship to a capable fault according to characteristics (1) or (2) above such that movement on one could be reasonably expected to be accompanied by movement on the other.

3.4. Groundwater

As much vertical separation as possible is desirable between the buried wastes and the groundwater table. Depths to the water table and shallowest confined aquifer are important considerations in the site selection process. The greater the vertical separation between the base of the landfill and the shallowest aquifer, the greater the assurance that the waste will be effectively isolated from useable groundwater resources. Geologic settings with nearly impermeable units where the first aquifer is deep or where an aquifer is not present are ideal locations. Recharge and discharge zones of aquifers must be avoided; the former to prevent contamination of water as it enters the groundwater system and the latter because it is a point of groundwater usage and entrance of groundwater into the surface water system. In addition, the direction and rate of groundwater flow must be known to predict leachate behavior in the subsurface.

3.5. Soils

Soils are relied upon to a certain degree to contain wastes buried in the shallow subsurface. To what degree soils are relied on depends on their thickness. The soil characteristics most important to the disposal of wastes are hydraulic conductivity or permeability, sorption capacity, shrink/swell capacity and pH. The hydraulic conductivity of soil or rock is its capacity to transmit fluids. Clay units tend to have low hydraulic conductivities; usually the greater the clay content of a soil the lower its

hydraulic conductivity.

Sorption phenomena typically involves clay minerals. The sorption behavior most common among clay minerals is adsorption and ion exchange. Unsatisfied surface charges exist on clay particles which are the result of "imperfection or ionic substitutions within the crystal lattice or chemical disassociation reactions at the particle surface" (Freeze and Cherry, 1979). To satisfy these charges, ions accumulate, or are adsorbed, onto the particle surface. These adsorbed ions are exchangeable, provided that the unsatisfied electrical charges of the clay particles are satisfied. Radioactive nuclides traveling through the subsurface can be adsorbed by clay minerals and as a result may move through the subsurface much more slowly than the average groundwater velocity. To what extend the velocity of a nuclide is retarded is a function of the clay mineralogy, nuclide species, and overall geochemical environment. However, sorptive capacity of a soil can be estimated from clay content and clay mineralogy of the soil.

Shrink/swell behavior of soils is also a function of unsatisfied surface charges of clay minerals. Clay minerals retain a film of water which leads to an expansion or contraction of the soil profile as this water film changes. During dry seasons the water evaporates causing the soil profile to shrink and desiccation cracks to form. These cracks can expose the wastes to the atmosphere and act as direct conduits for the infiltration of precipitation. Montmorillonitic clays have the greatest sorption capacities and shrink/swell potential. Kaolinitic clays have the lowest sorption capacities and shrink/swell potential.

Soil pH is important because it affects adsorption of radionuclides (Freeze and Cherry, 1979). For example, hydrogen ions compete with radioactive cations for adsorption sites on clay particles at a low pH (O'Brien, et al., 1977). Adsorption of cations is enhanced at pH values greater than seven (basic conditions).

In generally, thick, homogeneous, nearly impermeable kaolinitic soils which have low shrink/swell potential, hydraulic conductivity and high pH are preferred for landfill site. Clayey soils may be used as liner material, sandy soils may be used as the drainage material and sometimes as a protective layer over a clay cover, silty soils are used as the protective layer over the clay liner in the final cover to protect the liner from freeze-thaw and desiccation effects, and top soils may be used on the final cover of a landfill on which vegetation is to be established (Bagchi, 1994).

3.6. Population

One of the greatest hazards to the integrity of a waste disposal facility is inadvertent human intrusion. Siting of a waste disposal facility in areas of high population density increases the likelihood of intrusion. The public should be informed about the possibility of siting of a landfill in their area as soon as a list of potential sites made. A

site may be technically and economically ideal yet may be opposed strongly by the public. The selection of routes for the trucks bringing refuse into the site should be such that contact with residential areas is minimized. It is desirable, during the operation lifetime of a disposal facility to have access to equipment repair, medical facilities etc., of a community. Thus, sparsely populated areas are also somewhat undesirable.

4. CASE HISTORIES

4.1. Case Histories for Usage of Geosynthetics

As a case in point of the usage of geosynthetics, one of the first projects to include multiple geosynthetics in the design was the Rollins Environmental Service's hazardous waste landfill in Baton Rouge Louisiana in 1986. The site incorporates high density polyethylene (HPDE) geomembrane liners, geotextile filters, geonet drainage media, and geogrid reinforcement. The Baton Rouge landfill is double lined, with a stratified liner system composed of a composite secondary liner (a 2mm-thick geomembrane with a 1.5 m-thick low-permeability clay layer) on the bottom beneath a leachate detection, collection and removal systems (LDCRS) made up of sand-encapsulated perforated pipes, a geonet drainage layer, and a geotextile filter. A primary liner consisting of a 2mm geomembrane and a 1 m, low permeability clay layer is located above the LDCRS and is situated beneath a leachate collection and removal system (LCRS), made up of another geotextile filter and geonet drainage layer of sand-encapsulated pipes. At the top of this system is a final 1 m protective soil layer.

For this project the double liner was an EPA requirement with the LDCRS between the two liners to evacuate liquid leaking through the primary liner, and thereby decreasing leakage through the secondary liner. This concept along with a Construction Quality Assurance (CQA), a comprehensive monitoring and documentation program represents a successful approach to landfill design where regulatory requirements could only be met by the use of geosynthetics (Raymond and Grioud, 1993).

The major drawback to the implementation of synthetic lining systems is the large number of material interfaces. Many of these interfaces, between the liner and the soil, have the potential for low shear strengths and become potential failure surfaces along slope sides and the base of the fill mass (Mitchell et al., 1990). An important example of such a failure is the Kettleman Hills waste landfill slope failure at the 15 acre, 90 ft (27 m) high site in Kettleman City, California. After about a year's operation a slope stability failure occurred resulting in lateral displacements and surface settlements. Like the Louisiana landfill, Kettleman Hills had a multilayer liner system, a combination of primary and secondary geomembrane liners, geotextile filters, and geonet drainage with the exception of the geogrid reinforcement (Figure 7).

Failure occurred at the interfaces between the geomembrane-geotextile, geomembrane-geonet, and geomembrane-clay liner interfaces.

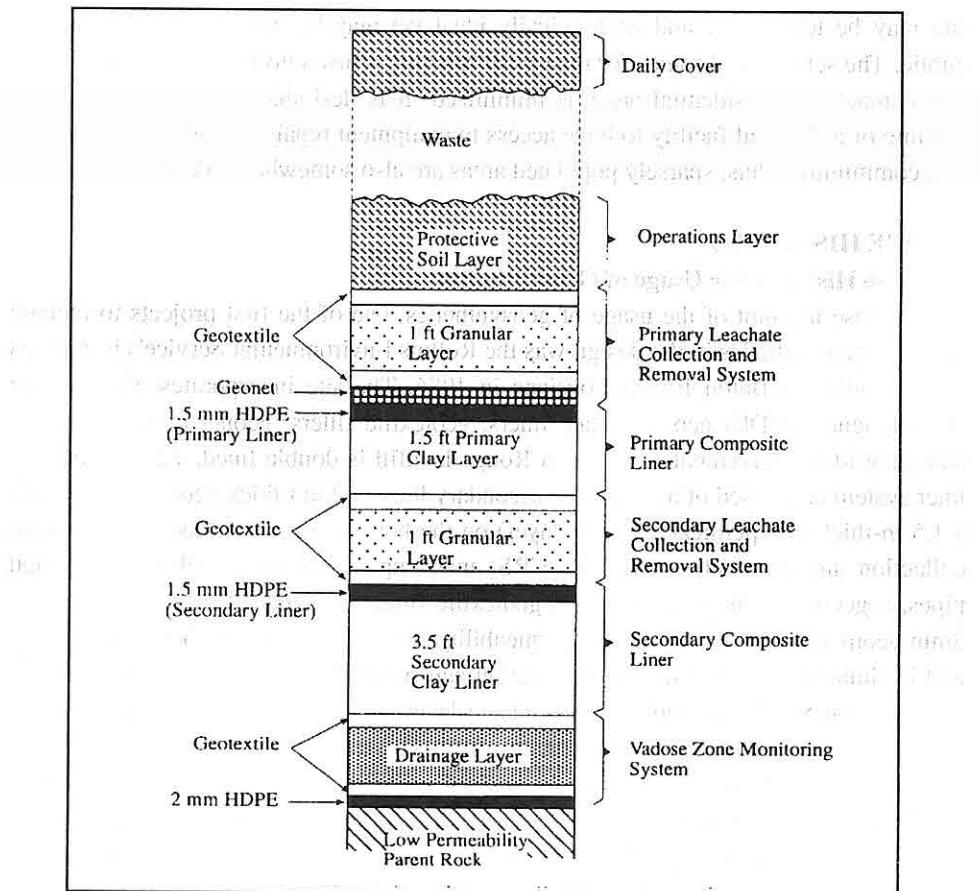


Fig.7. Schematic illustration of the multilayer system used at the Kettleman Hills Waste Landfill (Modified from Mitchell et al., 1990). (1 ft=30.48 cm).

It has since been determined that residual friction angles that were supposed to fall within the range of 14° to 28° had been reduced to lower values (5° to 7°) because of improper handling of the geomembrane material. Introduction of lubricants in the form of perspiration or other contaminants was probably the cause of the reduction in the residual friction angle. A lower angle means that there is less resistance to movement along an interface. Also, the additional geosynthetic geogrid reinforcement as used in the Louisiana site would have solved this low interface shear strength problem.

4.2. Case History for Site Selection

A site for the Texas low-level radioactive waste repository was proposed in Hudspeth County, west Texas. The site was located in unconsolidated, poorly

consolidated

Quaternary basin-fill deposits of eolian, colluvial, and alluvial origin called Bolson deposits. The depth of the basin-fill deposits above the bedrock in the vicinity of the proposed site, on the basis of drilling by the Bureau of Economic Geology (BEG), ranged from approximately 160 ft (50 m) to 680 ft (210 m). The depths of water table measured at many privately owned and drilled monitoring wells at and near the site were a few hundreds of feet. The site was located on a very low relief terrain and drained by dendritic drainage network. The upper part of the basin-fill deposits in the vicinity of the site is composed of poorly consolidated sand, silt, clay, and some gravel. At the very top, pedogenic caliche formations are present throughout the site as a crust with a few meters of thickness. Grain-size analyses indicated about 15 to 40 percent clay, 40 to 50 percent silt, 20 percent sand, and 5 percent gravel. X-ray analyses showed that the clays were mainly kaolinitic.

At first, the site seemed very suitable for a low-level radioactive (hazardous) waste site. However, the Bureau of Economic Geology reported "fissurelike" features near the site in its Progress Report for the site but found none of them at the proposed site (BEG, 1992). These fissurelike features are actually fissures and characterized by linear patterns of vegetation, holes, depressions, cracks, pipes, and collapse structures. They can be identified easily on aerial photographs by linear vegetation anomalies that are not apparently induced by human activities (Figure 8). The possible modes of origin of these features include piping, seismic activity, lowering of water table, desiccation, animal burrows, sediment compaction, or a combination of these processes. For example, a new fissure formed during the great Mexico City earthquake in 1985 about 60 km east of the proposed site, south of the town of Van Horn.

Mainly, the presence of these fissures formed in the same basin-fill deposits near the site (Figure 8 and 9) made this site unsuitable and the site was abandoned. There are also active faults nearby such as West Eagle Mountains-Red Hills, Caballo, Amargosa, Campo Grande, Valentine faults. Most of these and other faults in the area offset Pleistocene to Holocene age deposits. There were three major earthquakes in this area in the last 100 years. The earliest of these occurred on May 3, 1887 near Sonora, Mexico. This 7.2 magnitude event resulted in a 50 km surface rupture and produced modified Mercalli Intensities of VI to VII at the proposed site. The next large earthquake occurred on November 1, 1928 in Mexico and was a 6.3 magnitude event. Intensities of about V to VI were felt at the site from this earthquake. The last large earthquake within this area occurred on August 16, 1931 near Valentine, Texas. This magnitude 6.0 event produced intensities of about V to VI at the site.

5. CONCLUSION

Whether in the United States or in other parts of the world, every human activity

produces waste, but not all wastes are hazardous. When improperly disposed, wastes may contaminate our water, air, and land. Wastes, hazardous or nonhazardous, can properly be disposed in suitable landfill sites using present technology and geological expertise.

If possible, geomembrane and clay liners should be used even for the disposal of nonhazardous wastes. When handling geomembranes, however, extra precautions should be taken in order not to cause any damages such as holes, ruptures, cuts, wrinkles etc. and lower residual friction angles between the interfaces by introducing lubricants in the form of perspiration or other contaminants. Geogrid reinforcements should be used extensively to provide higher residual friction angles between the



Fig.8. Aerial photo showing the fissures near the proposed site.

is any faults, fissures, joints, cracks, liquefaction features, paleochannels and lithology interfaces.

The factors to be considered in selecting a landfill site include climate, topography, geology, hydrogeology, population density and soil type at and near the site. Without any consideration, karstic areas in limestone, dolomite and caliche, and areas near or on

active faults and/or fissures should be totally avoided. Trenching is needed to determine if there changes at the site. In summary, the site should be selected so that any contamination of the environment is eliminated.



Fig. 9. Fissures exposed in a trench dug near the proposed site.

6. ACKNOWLEDGEMENT

I must thank Prof. Dr. Norman R. Tilford for letting me take the aerial photos of the fissures on his airplane, and Mr. Bucky L. Turk for helping run the grain-size analyses in the Soil Mechanics Laboratory at Texas A&M University, College Station, Texas.

7. REFERENCES

AIPG (*American Institute of Professional Geologist*), 1985, *Hazardous Waste: Issues*

- and Answers, Arvada, Colorado, p. 25.*
- Bagchi, A., 1994, Design, Construction, and Monitoring of Landfills, John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 361.*
- BEG, 1992, Eagle-Flat Project, Hudspeth County, Texas, The University of Texas at Austin, TX, Progress Report IAC (92-93)-0910, p. 83.*
- Dean, J., 1987, New uses, regulations spur geomembrane market growth, Geotechnical Fabrics Report, pp. 36-38.*
- Donahue, B.A. and Gerdes, G.L., 1979, Simplified Sanitary Landfill Design, Construction Engineering Laboratory Technical Report, N-78, United States Corps of Engineers, Champaign III, p. 21.*
- EPA, 1988, The Waste System, Unite States Environmental Protection Agency, Washington, D.C.*
- Freeze, R.A. and Cherry, J.A., 1979, Groundwater, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, p. 604.*
- Friedman, M.A., 1988, Volatile Organic Compounds in Groundwater and Leachate at Wisconsin Landfills, PUBL-WR-192-88, Wisconsin Department of Natural Resources, Madison.*
- Hagerty, D.J., Pavoni, J.L., and Heer, J.E., 1973, Solid Waste Management, Van Nostrand Reinhold, New York, p. 302.*
- Mitchell, J.K., Seed, H.B., and Seed, R.B., 1990, Stability considerations in the design and construction of lined waste repositories, American Society for Testing and Materials Special Technical Publication, Vol. 1070, pp. 209-224.*
- O'Brien, P.H., Lantz, R.B., and Gormley, J., 1977, Technical Support of Standards for High-level radioactive Waste Management, Report 68-01-4470, Environmental Protection Agency, Office of Radiation Programs, Washington, D.C., p. 177.*
- Raymon, G.P. and Giroud, J., 1993, Geosynthetics Case Histories, BiTech Publishers Ltd., British Columbia, Canada, pp. 28-29.*
- Richardson, G.N. and Koener, R.M., 1988, geosynthetic Design Guidance for Hazardous Waste Landfill Cells and Surface Impoundments, EPA Project Summary Paper 600: United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH, p. 3.*
- Siefken, D., Pangburn, G., Pennifill, R., and Starmer, R.J., 1982, Site Suitability, Selection and Characterization/Branch Technical Position--Low-level Waste Licensing Branch, Nureg-0902, Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C., p. 26.*

**ETUDE DE LA STABILITE DU TALUS NORD DE LA MINE DE BORAX DE
KIRKA (TURQUIE)**

Ahmet Mahmut KILIÇ, Jean du MOUZA

Ecole des Mines de Paris, Centre de Géologie de l'Ingénieur, Paris/France

Mesut ANIL

Université de Çukurova, Département d'Ingénierie Minière, Adana/Turquie

RESUME: *Durant l'exploitation, en 1975, un glissement s'est déclaré au niveau de la couverture du gisement dans le talus nord. Celui-ci a entraîné des pans entiers de bancs calcaires supérieurs, qui se trouvent à l'heure actuelle soit emballés sous forme d'énormes blocs dans les marnes et argiles surmontant le glissement de borax, soit sous la forme d'éboulis présents en surface et délimités à la base par un plan de contact très net avec les marnes et les argiles.*

Dans ce travail on a tenté par des mesures simples de caractériser le mouvement du glissement et les relations existant entre les vitesses de glissement celles-ci et la méthode d'exploitation.

KIRKA BORAKS (TÜRKİYE) İŞLETMESİ KUZEY ŞEVİ ETÜDÜ

ÖZET: *Kirka Boraks işletmesinde, 1975 yılında, kuzey şevinde bir şev kayması oluşmuştur. Bu şev kayması marn ve kil tabakaları ile kontak halinde bulunan ve boraks tabakasının hemen üzerinde yer alan kalker tabakasında meydana gelmiştir.*

Bu çalışmada, basit ölçme tekniği uygulanmak suretiyle, meydana gelen şev hareketlerinin, işletme yöntemiyle olan ilişkisi araştırılmıştır.

I. INTRODUCTION

La mine de Kirka se trouve au nord-ouest de la Turquie, à 246 km d'Ankara (figure 1). Elle y exploite un gisement de borax, sous la forme de mineraux de tincal ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{-H}_2\text{O}$).

Le borax est un mineraux d'une importance économique capitale pour la Turquie, qui en possède à l'heure actuelle la plus grande réserve du monde.

La production est d'environ un million de tonnes par an. Le borax, après avoir été abattu à l'explosif, est transporté à l'usine par dumpers, puis traité pour obtenir soit des concentrés de borax, soit du borax déshydraté.

Durant l'exploitation, en 1975, un glissement s'est déclaré au niveau de la couverture du gisement dans le talus nord.

On a tenté par des mesures simples de caractériser les vitesses d'avancement ainsi que leurs relations avec la méthode d'exploitation.

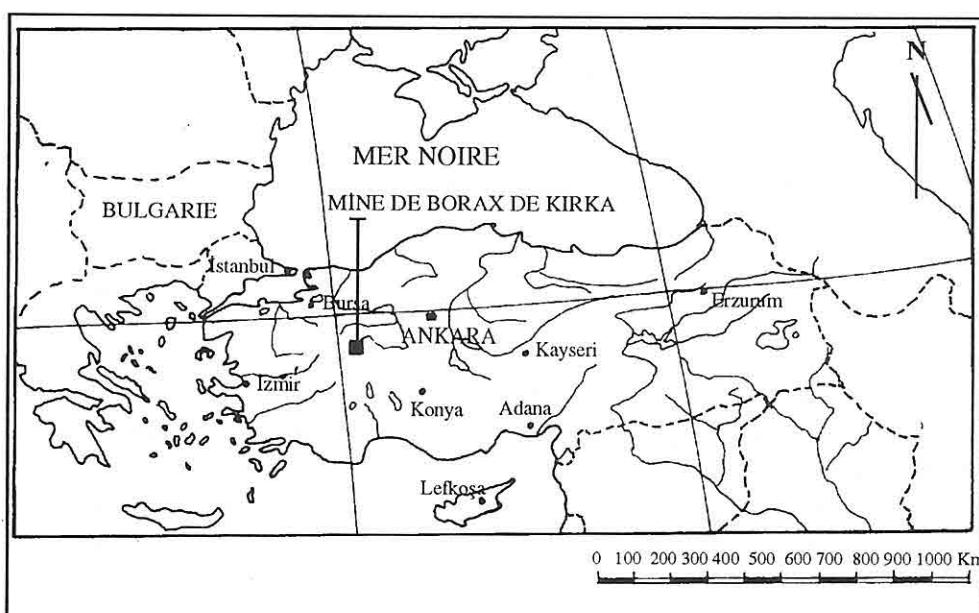


Figure 1 : Situation géographique de la mine de Kirka-Borax.

2. GEOLOGIE REGIONALE

La figure 2 fournit une carte géologique régionale. Elle montre que les principaux terrains présents à l'affleurement sont les formations sédimentaires néogènes d'une part et volcaniques, d'autre part mis à part les formations fluviatiles liées à la présence de la rivière Sakarya. Ces formations recouvrent les cinq unités basales mentionnées sur la coupe de la figure 3.

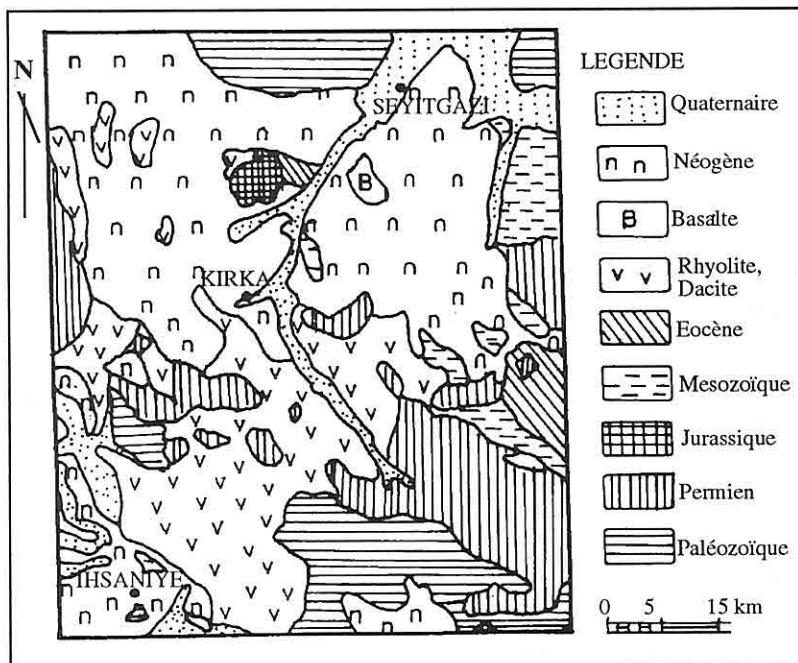


Figure 2. Carte géologique régionale (D'après Baysal, 1972).

3. GEOLOGIE AU NIVEAU DU GISEMENT

3.1. Stratigraphie

Le gisement de borax appartient à la formation de Sarikaya qui contient différentes unités lithologiques visibles sur la figure 4.

Le gisement de borax, présent majoritairement sous la forme de tincal ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{-H}_2\text{O}$), est encadré vers le bas et vers le haut par une série de marnes et argiles suivis de calcaires datant du miocène supérieure (Ataman and Baysal, 1978):

- la série des calcaires inférieurs
- la série de marnes et argile
- le minerai de tincal
- la série de marnes et argile
- la série des calcaires supérieurs

3.2. Géologie structurale

Les sédiments néogènes reposent sur des schistes. Le calcaire inférieur affleure à proximité de l'exploitation à la faveur d'un pli. Le gisement est délimité par des failles, de type normal, dont les directions principales sont NS et ENE-SSW.

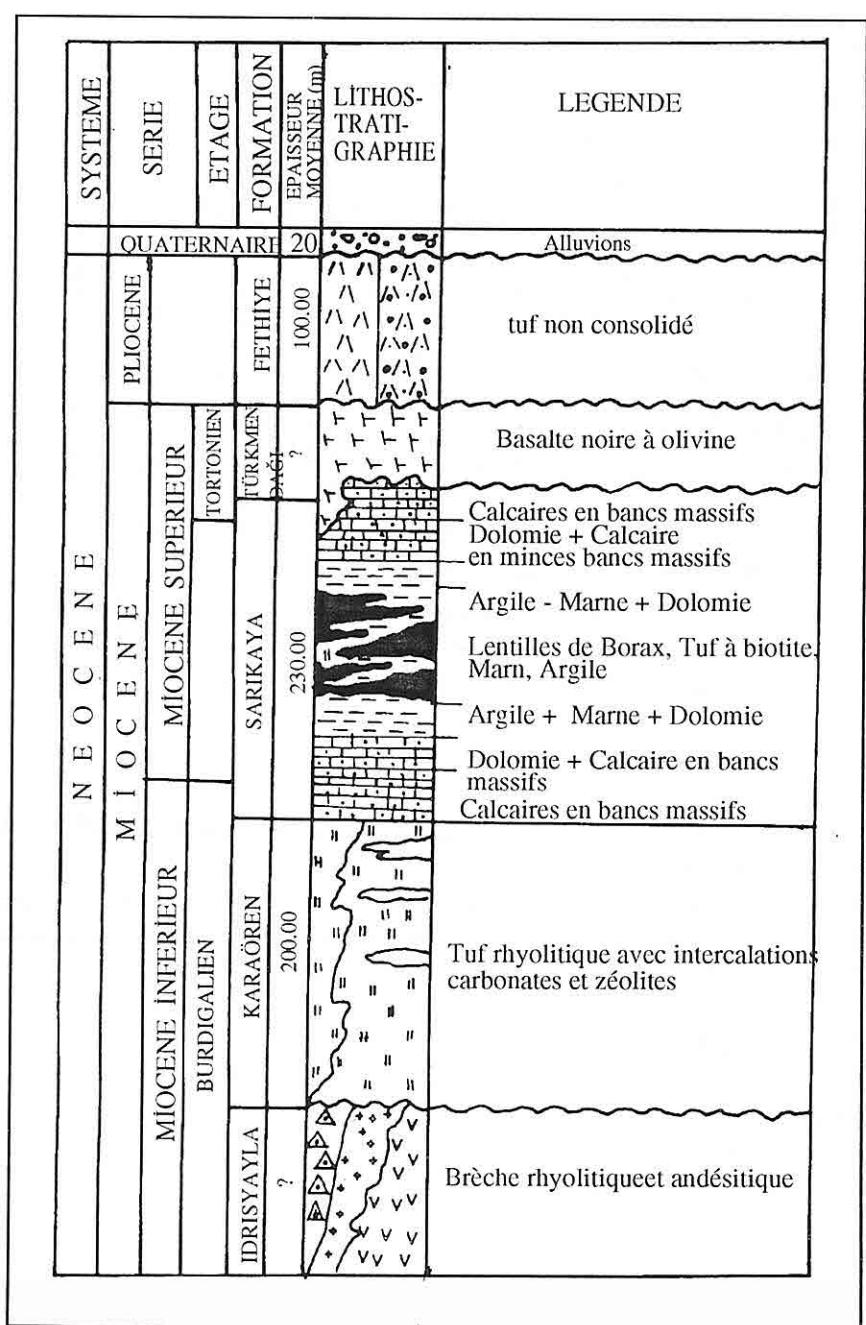


Figure 3. Série stratigraphique. (D'après Baysal, 1972)

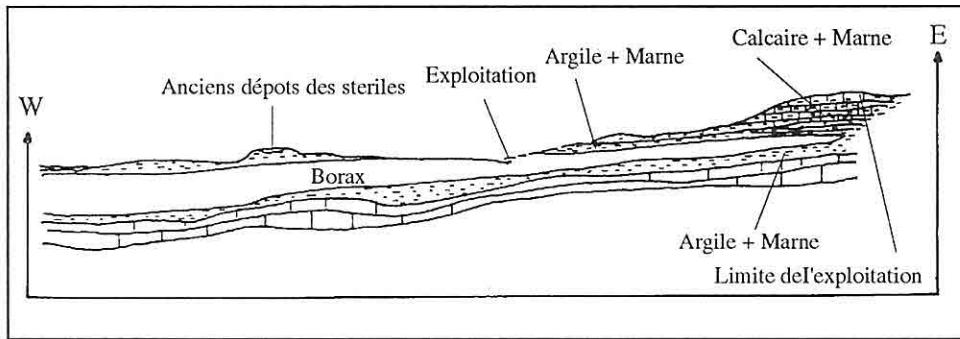


Figure 4. Coupe du gisement de Kirka.

4. CARACTERISTIQUES DU GISEMENT

Le gisement est actuellement exploité sur une épaisseur de 70 m en moyenne et sur 800 m de largeur. Il s'étend en longueur selon une direction NS sur environ 2 km. L'épaisseur du minerai varie en fait de 2 m au nord à 150 m au sud. Le borax est présent sous trois formes différentes:

- le minerai bréchique: les granules de minerai forment des lits de 2 à 3 mm d'épaisseur. Ils sont anguleux et enrobés dans une matrice argileuse
- le minerai en couches : le minerai, se présente en couches minces, alternées avec des lits argileux
- le minerai massif : d'aspect vitreux, il ne montre plus de structure sédimentaire.

La teneur du gisement en borax est en moyenne de 25, 3%. La densité moyenne du minerai est de 1, 92 et sa dureté moyenne est de 1, 9.

La réserve prouvée est de 62. 341 millions de tonnes, celle probable est de 437. 747 millions de tonnes, ce qui donne un total de 500.000 millions de tonnes environ.

5. PRESENTATION DU PROBLEME

Durant l'exploitation, en 1975, un glissement s'est déclaré au niveau de la couverture du gisement dans le talus nord (figure 5). Celui-ci a entraîné des pans entiers des bancs calcaires supérieurs, qui se retrouvent à l'heure actuelle soit emballés sous forme d'énormes blocs dans les marnes et argiles surmontant le gisement de borax, soit sous la forme d'éboulis présents en surface et délimités à la base par un plan de contact très net avec les marnes et les argiles. Le tout est venu recouvrir le gisement à son extrémité nord. La reprise de la découverte dans cette zone a entraîné une remobilisation de cette masse instable, ainsi que le déclenchement d'une instabilité dans la partie immédiatement à l'ouest de celle-ci.

Les principales causes de cette remise en mouvement viennent:

- de la faiblesse mécanique de la couverture au niveau de la zone ayant déjà glissé,
- de la présence des argiles et des marnes à la base des calcaires qui facilitent le mouvement de fluage vers le bas et qui retiennent les eaux soit d'infiltration au travers des calcaires, soit de ruissellement sur le versant cette eau diminuant le caractéristiques mécaniques des marnes et argiles en les saturant.
- la reprise de l'enlèvement de la découverte supprime de plus la butée de pied formée par les blocs inférieurs et les formations géologiques sous-jacentes,
- enfin, l'enlèvement de la découverte nécessite le pétardage des gros blocs de l'ancien glissement, ce qui, joint aux tirs exécutés au niveau du gisement, engendre des vibrations qui tendent aussi à remettre les masses instables en mouvement.

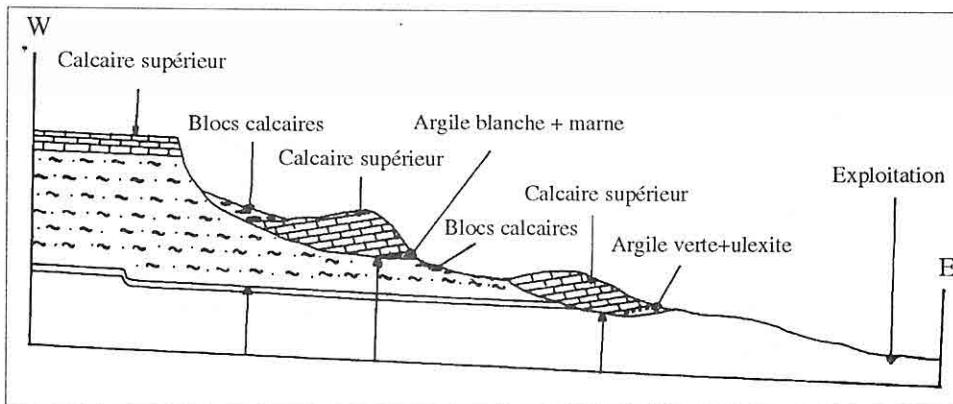


Figure 5. Glissement de terrain au niveau de la partie nord du gisement.

6. TRAVAIL REALISE

On a tenté par des mesures simples de caractériser le mouvement existant au niveau de la zone des nouveau et ancien glissements.

Pour cela, on a choisi dix stations.

- cinq pour étudier les mouvements de terrain,
- cinq pour suivre l'ouverture progressive de fissures verticales existantes dans les calcaires supérieurs non déjà glissés, au-dessus de la zone déjà affectée par les instabilités. L'orientation moyenne de ces fissures était perpendiculaire à la ligne de plus grande pente du talus.

Pour réaliser les premières, on a planté verticalement dans le sol trois piquets métalliques d'1 m, alignés le long de la ligne de plus grande pente et espacés au départ de 5 m. On a ensuite remesuré quotidiennement cet espace et, ce, pendant vingt jours. Les stations n° 3 et 5 sont situées dans le nouveau glissement, les autres dans l'ancien.

Les secondes ont été réalisées grâce à des repères faits à la peinture en trois points

alignés perpendiculairement à la fissure, dont deux de part et d'autre et à proximité immédiate de l'ouverture, le troisième en étant éloigné de 2 m.

7. MOUVEMENTS DE TERRAIN

Les mesures correspondant aux cinq stations, réalisées sur vingt jours, montrent deux groupes de courbes (voir tableau 1 et figure 6).

- le premier, d'évolution plus rapide, correspond aux stations n° 3 et 5, implantées dans le nouveau glissement. La vitesse d'évolution moyenne sur vingt jours est de 0,22 cm/jour,
- le deuxième, d'évolution plus lente (0,12 cm/jour en moyenne sur vingt jours), traduit le mouvement toujours actif mais plus réduit des stations n° 1,2 et 4 implantées dans l'ancien glissement.

On peut voir de plus que la vitesse moyenne connaît des périodes d'accélération qui sont directement liées aux pétardages des blocs de la découverte et aux tirs de masse dans le mineraï. L'effet cumulé des tirs et de la précipitation du dix-septième jour entraîne une accélération enregistrée sur l'ensemble des stations, et particulièrement forte pour la station n° 3.

La sensibilité différente des diverses stations aux tirs n'est due qu'à une question de distance tir-station. Cependant, on note une sensibilité supérieure des stations n° 3 et 5 par rapport aux autres stations, ce qui confirme un état potentiellement plus instable du nouveau glissement par rapport à l'ancien.

8. OUVERTURES DES FRACTURES

Deux constatations s'imposent (voir tableau 2 et figure 7).

- on retrouve des vitesses d'évolution voisines de celles des glissements étudiés précédemment, avec un maximum de 0,32 cm par jour en moyenne sur vingt jours (station n° 4) et un minimum de 0,17 cm/jour (station n° 4). Ceci signifie que les calcaires supérieurs participent au même mouvement général du versant, malgré leur rigidité supérieure,
- par rapport au mouvement général, il existe des périodes d'accélération directement liées aux tirs dans la découverte ou dans le mineraï. Là encore, le cumul des tirs et de la précipitation lors du dix-septième jour est sensible sur l'ensemble des stations.

Tableau 1. Evolution du glissement en fonction du temps.

Jours	Mouvement du Terrain en cm				
	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.05	0.05	0.15	0.05	0.10
2	0.10	0.10	0.30		0.15
3 +	0.25	0.25	0.50	0.10	0.20
4 x	0.50	0.30	1.00	0.20	0.50
5 +	0.50	0.50	1.00	0.25	1.00
6	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50
7+	1.00	1.00	0.50	0.05	1.50
8 x	1.00	1.00	2.00	0.50	1.50
9	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00
10	1.00	1.00	2.00	1.00	2.50
11 +	1.00	1.00	2.00	1.00	2.50
12	1.00	1.00	2.00	1.50	3.00
13 x+	1.00	1.00	2.00	1.50	3.00
14	1.50	1.00	2.50	1.50	3.50
15 x+	1.50	1.00	2.50	1.50	3.50
16	1.50	1.50	3.00	1.50	3.50
17 x+*	1.50	1.50	3.00	2.00	3.50
18	2.00	2.00	4.00	2.00	4.00
19 x	2.00	2.00	4.00	2.50	4.00
20	2.50	2.00	4.00	2.50	4.50

+ : Tir/découverte (dynamite), x: Tir/mineraï (nitrate fuel), *: Jours avec précipitation

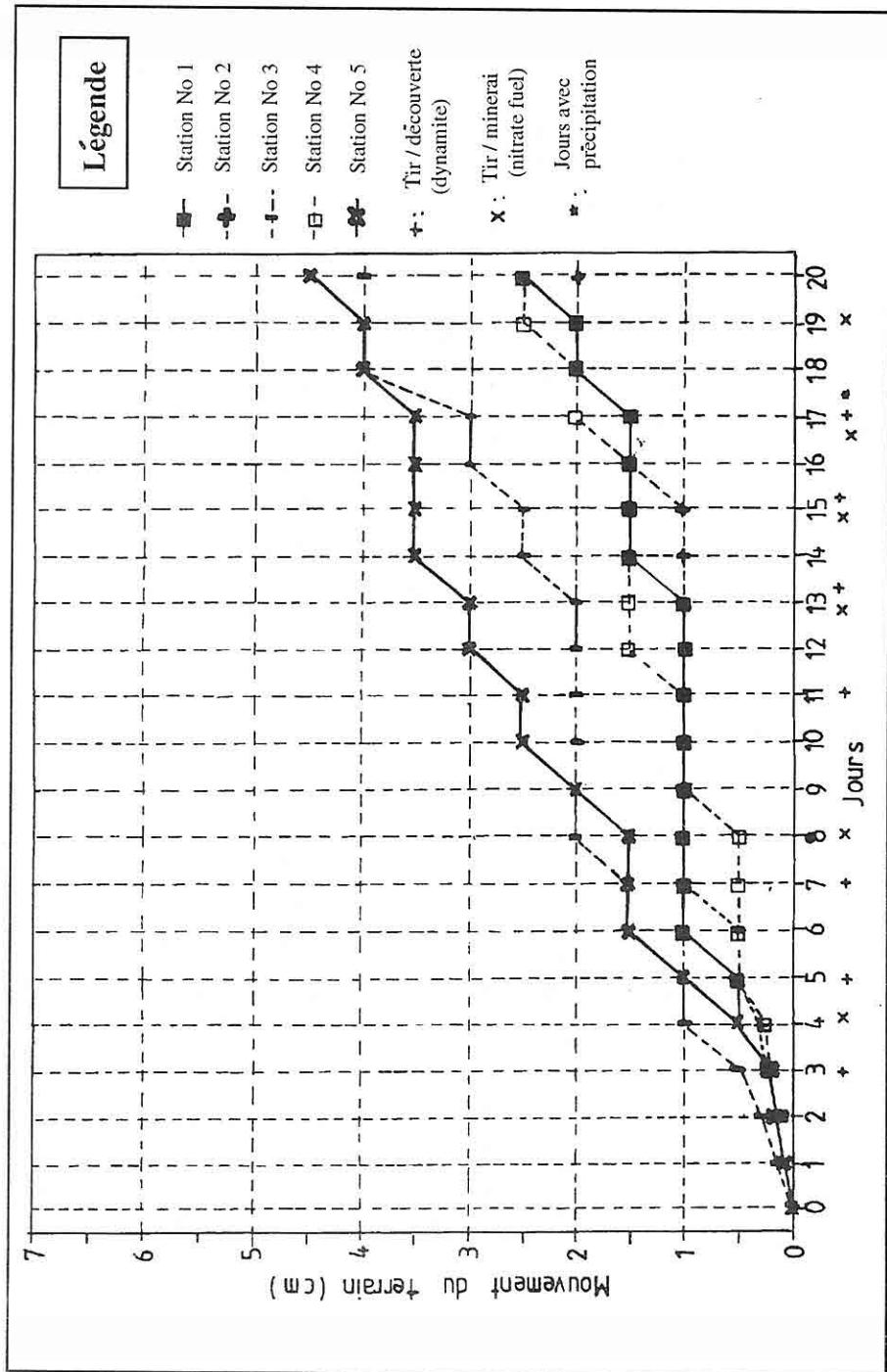


Figure 6. Evolution du glissement en fonction du temps

Tableau 2. Elargissement des fractures dans les calcaires en fonction du temps.

Jours	Mouvement du Terrain en cm				
	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.10	0.10	0.10	0.25	0.10
2	0.15	0.15	0.15	0.50	0.14
3 +	0.25	0.25	0.25	0.75	0.18
4 x	0.50	0.50	0.50	1.00	0.20
5 +	1.00	1.00	0.50	1.50	0.45
6	1.00	1.50	1.00	2.00	0.50
7+	1.50	1.50	1.00	2.00	1.50
8 x	2.50	1.50	1.00	2.50	1.00
9	3.00	2.00	1.50	2.50	1.00
10	3.00	2.00	1.50	2.50	1.00
11 +	3.00	2.50	2.00	3.00	1.50
12	3.50	3.00	2.50	3.00	1.50
13 x+	3.50	3.00	3.00	3.50	1.50
14	4.00	3.50	3.00	4.00	2.00
15 x+	4.00	3.50	3.00	4.00	2.00
16	4.50	4.00	3.50	4.50	2.50
17 x+*	4.50	4.00	3.50	5.00	2.50
18	5.50	5.00	4.00	6.00	3.00
19 x	5.50	5.00	4.00	6.00	3.00
20	5.50	5.00	4.50	6.50	3.50

+: Tir/découverte (dynamite), x: Tir/minerai (nitrate fuel), *: Jours avec précipitation

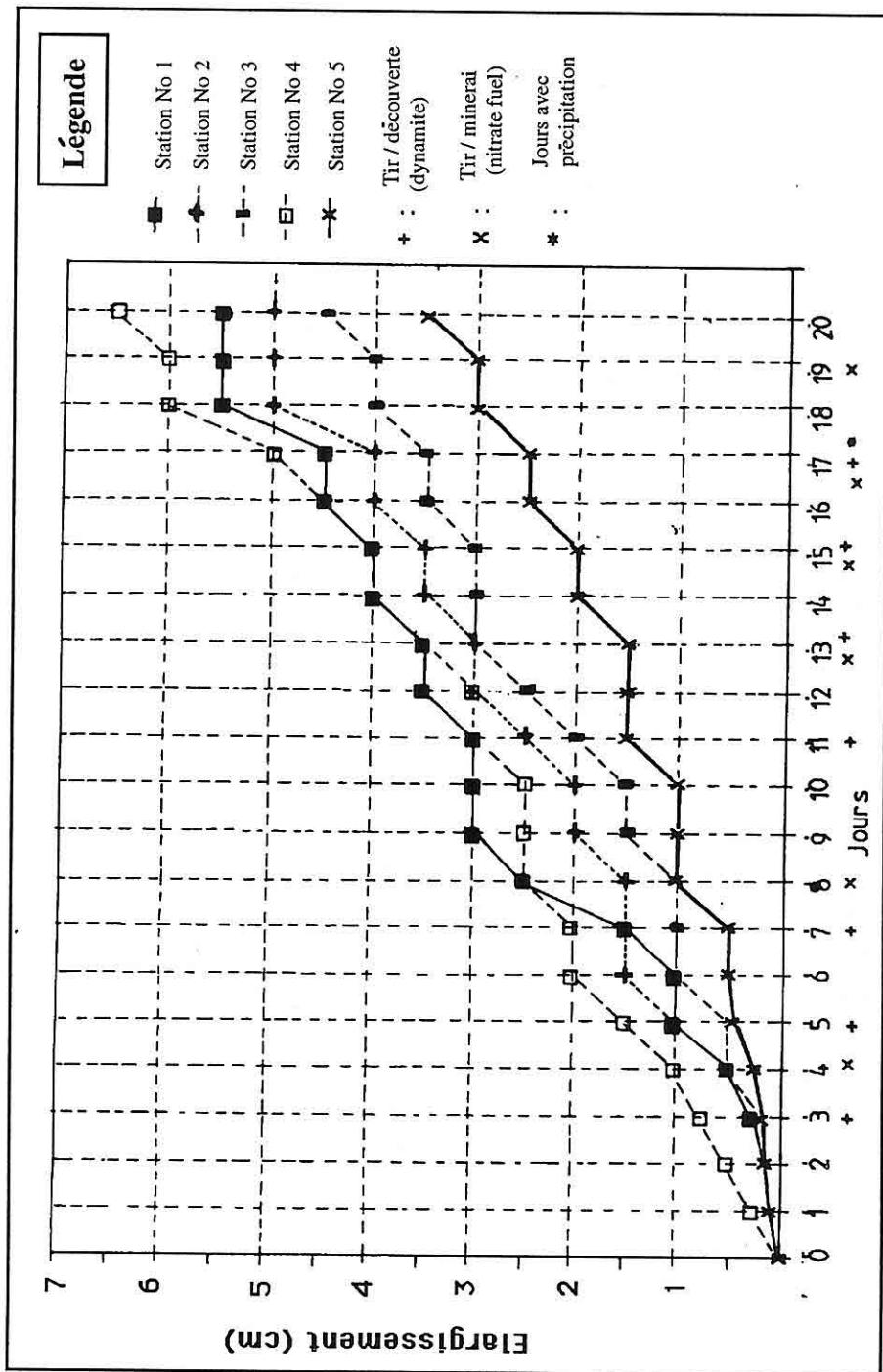


Figure 7. Elargissement des fractures dans les calcaires en fonction du temps.

9. CONCLUSION

Malgré la simplicité des moyens mis en oeuvre, on a montré que:

- l'ensemble du versant correspondant au talus nord est en mouvement, y compris la série des calcaires supérieurs,
- le nouveau glissement a une vitesse d'évolution plus rapide que l'ancien,
- les méthodes d'exploitation actuelles, en particulier le pétardage des gros blocs effectué à la dynamite dans la découverte, entraînent une accélération momentanée mais certaine du mouvement,
- on a noté sur une mesure une accélération plus forte lors d'un jour de pluie. Ceci semblerait montrer la sensibilité des terrains argilo-marneux à la saturation en eau. Il faudrait donc veiller à limiter les infiltrations d'eau en drainant le versant au maximum,

Pour améliorer la stabilité du versant et ralentir autant que possible le mouvement, il faudrait donc:

- diminuer les vibrations engendrées par les tirs de masse. Pour ce faire, il faut bien étudier l'énergie spécifique mise en jeu dans les tirs de masse et diminuer les charges unitaires par l'emploi systématique de retards entre chaque trou. Si nécessaire, il faudra avoir recours au prédecoupage ou à la technique des tirs amortis,
- de même, il faut à tout prix éviter de pétarder les blocs de la découverte. Chaque fois que possible, il faudra utiliser un brise-roche ou une chute de masse pour briser les blocs. Si l'emploi d'explosif s'avère tout de même nécessaire, il faut absolument éviter de la placer à la surface des blocs. Il sera beaucoup plus efficace et moins nuisible de faire un trou (au marteau-piqueur ou avec brise-roche) dans le bloc et d'y placer la charge munie d'un bourrage étanche (d'argile ou de marne par exemple). Les quantités d'explosif seront réduites au minimum utile,
- enfin, le problème de l'eau venant saturer les marnes et les argiles doit être traité par un drainage efficace, non seulement sur le versant, mais aussi à la base des calcaires de la série supérieure. Ceux-ci, du fait de leur fracturation, forment en effet un aquifère récoltant les eaux des précipitations qui s'y infiltrent et viennent stagner au contact du mur imperméable des marnes et argiles, saturant celles-ci. Dans cette optique, il faudra prendre un soin particulier à drainer les zones morphologiquement sensibles, comme les parties du versant en contre-pente, susceptibles de former en arrière des accumulations ou des infiltrations d'eau. Ce phénomène existe notamment dans la partie supérieure de l'ancien glissement.

10. REFERENCES

- Ataman, G. and Baysal, O., 1978. Clay mineralogy of Turkish borate deposits. *Chemical Geology*, 22, 233-247.
- Baysal, O., 1972. Sarıkaya Kirka borat yataklarının mineralojik ve jenetik incelemesi. *Hab.Tezi, H. Üniversitesi*
- Hooek E., and Bray J.W., 1981, Rock Slope engineerin.
- Kayma Raporu, 1975 Kirka-Boraks İşletmesi Raporu (Rapor d'Etibank, inédit).
- Kirka-Boraks İşletme Projesi (Rapor d'Etibank, inédit).
- Kirka-Boraks İşletmesi Jeolojisi (Rapor d'Etibank, inédit).
- Kılıç, A. et du Mouza J. 1992, contribution à l'amélioration de la fragmentation à l'explosif dans la mine de Borax de Kirka (Turquie). Mémoire D.E.A. Ecole des mines de Paris, Centre de Géologie de l'Ingénieur.
- Patton F.D. Anad Deere D.U. 1971, geologicfactors controllig slope stability Open Pit Mining.

**CONCRETE LINING OF A TUNNEL INTERSECTING
A CLAY LAYER: A THEORETICAL APPROACH**

Gürel ŞENYUR

H. U., Mining Department, Ankara / Turkey

ABSTRACT: *This study gives the method of analysis of stresses and decision making for designing and concreting a lining effected by external pressures. A numerical software called PHASE is used. External radial pressure on the lining is observed to be nearly uniform, except where excessive pressure zones are found through the clay layer. The magnitude of stresses in the concrete lining found by using PHASE were observed to be lower than the expected values. Therefore, stresses in concrete lining of different properties were calculated analytically by using radial stresses calculated by PHASE at rock / lining contact as input values. The thickness of concrete lining is increased step-wisely. It has been observed that excessive arc pressures have important effects on lining stability and they impel stress concentration zones in the lining and strengthening of these zones is offered as a methodology. The use of high-strength concrete is discussed. It has been concluded that design of lining is a complicated study comprising numerical, analytical and experimental works.*

**KIL TABAKASI KESEN BİR TUNELİN BETON KAPLAMASI:
TEORİK BİR YAKLAŞIM**

ÖZET: *Bu çalışma, dış basınçlar etkisindeki bir beton kaplamanın dizaynı ve gerilme analizi ile ilgilidir. PHASE olarak isimlendirilen bir numerik software kullanılmıştır. Kaplama üzerindeki radyal dış basınç, yaklaşık düzgün dağılım göstermekte, ancak kil tabakasında fazla basınç zonu izlenmektedir. Beton kaplama içinde PHASE ile bulunan gerilme dağılımı, beklenen değerlerden daha düşüktür. Bu nedenle, özellikleri farklı beton kaplamalarındaki gerilme dağılımı, kaya/kaplama kontağında PHASE ile bulunan radyal verileri, giri verileri alarak analitik yöntemle hesaplanmıştır. Beton kaplamanın kalınlığı aşama aşama artırılmıştır. Fazla kemer basınçlarının, kaplama stabilitesi üzerinde önemle etkin oldukları, kaplama içinde gerilme konsantrasyonu zonları oluşturdukları görülmüş ve bu zonların mukavemet kazandırılması, bir metodoloji olarak önerilmiştir. Yüksek mukavemetli beton kullanımı tartışılmıştır. Kaplamanın dizaynı işleminin, numerik, analitik ve deneysel çalışmaları içeren kapsamlı bir çalışma olduğu sonucuna varılmıştır.*

1. INTRODUCTION

Different types of non-homogeneities occur in a rock mass resulting the formation of an anisotropic medium. Due to the presence of non-homogeneities, stress distribution around an underground excavation result in rather different from the corresponding solution for homogenous medium. Previous work in this subject has been carried out by various investigators. The stresses around a circular tunnel in either two-layer (Goodman, 1966) or three layer medium (Barla, 1972) were computed by finite-element method. In the first case, consideration has been given only to the opening in the soft layer. In the second case, consideration has been given only to the opening in the horizontal layer. Elasto-plastic mixed methods developed recently have provided solutions for complicated anisotropy problems. One of them is PHASE (Hoek et al, 1995, p. 81) which is used to find the stresses in medium of this study.

It is also difficult to establish rock-support interaction around underground openings excavated in anisotropic rock mass. Hoek and Brown (1980, p. 269) and Brady and Brown (1985, p. 204) have proposed equations that can be used to calculate the support capacity. They have given maximum support pressures for the concrete lining having $t_c=0.5$ m in thickness, varying between 9.7 MPa for tunnel with radius $r=1$ m to 1.6 MPa for tunnel with radius $r=10$ m. The offered maximum support pressure for the tunnel with radius $r=2.5$ m is 5.35 MPa. Because, these values assume perfect symmetries, under hydrostatic loading of circular tunnels, no bending moments are induced in the support. For the problem being analyzed, there is non-uniform loading. Hence, induced bending will result in support capacities that are lower than given by them. Sungur (1984) have proposed a modern design for tunnel lining. In his study, the vertical loading at the crown is considered and maximum bending moment is computed in accordance with Szechy formulae. Muralidharan et al (1982) proposed a method for lining design in the case horizontal and vertical ground pressures are different. These studies are not complimentary to solve the problem given in this study. It has been observed that neither the numerical analysis nor the analytical analysis is self-adequate to find the stresses in anisotropic medium and the stress distributions in lining. The objectives of this paper, are to analyze the stresses in concrete lining by developing an analytical approach, to use both numerical and analytical tools in a way that each of them will contribute to the other and to criticize the economy of high-strength concrete.

2. DEFINITION OF THE CASE EXAMPLE

The model problem is simulated to a coal mine in West Anatolia/Turkey and mechanical properties of the rocks in medium are determined by tests conducted with the representative samples taken from the mine. The tunnel, 4 m in diameter, is opened at a depth of about 250 m which crosses a clay layer of about 1.5 m in thickness, dipping 35° , and the medium is built up by alternating layers of clay and marl (Fig. 2).

The support problem for this tunnel is discussed.

The source of stresses is assumed to be gravitational. The unit weight of rocks in medium has been taken as 0.027 MN/m³. In polar form, the major principal stress is tangential stress, σ_θ , and minor principal stress is radial stress, σ_r (Fig. 1) (Jaeger and Cook, 1979, p. 416). In hydrostatic conditions, the shearing stress, $\tau_{r\theta}$ vanishes due to symmetry (Timoshenko and Goodier, 1970, p. 68).

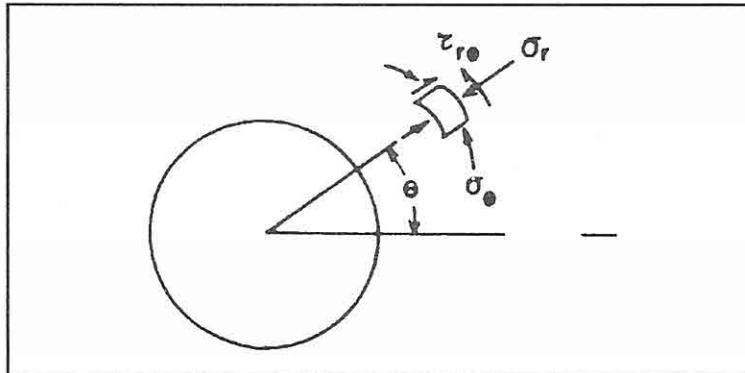


Figure 1. Stresses on an element around opening.

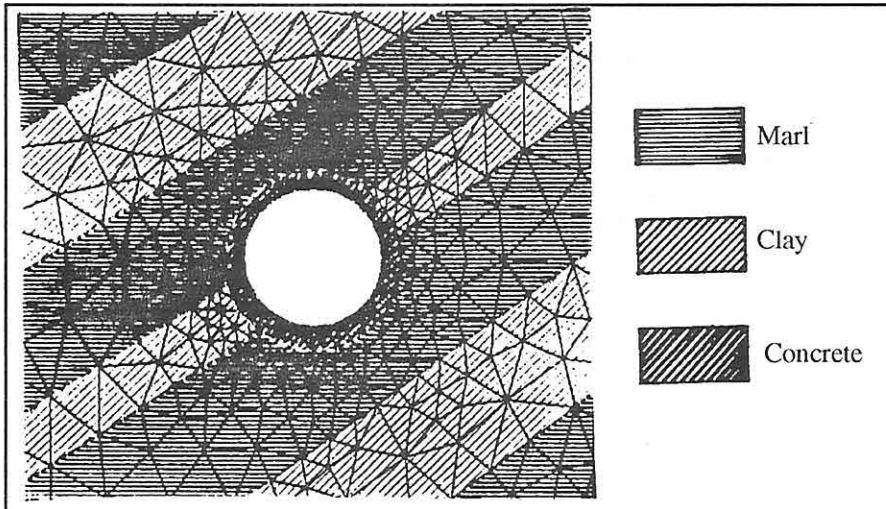


Figure 2. Finite element mesh around the opening and extending to the boundary surface

3. NUMERICAL SOFTWARE AND ANALYTICAL CALCULATIONS

The following information gives the brief description of numerical analysis and analytical computation method used.

3.1.Numerical Software

A numerical software called PHASE which was developed at University of Toronto uses a two dimensional hybrid FE/BE model. The graded finite element mesh, which is generated automatically in the pre-processor, surrounds the opening and extends out to the boundary element surface. The boundary element model, which surrounds the central finite element model, extends out to infinity. The addition of a circular layer of concrete was simulated in the PHASE model by placing this against the excavation boundary as a second material (Hoek et al, 1995, p. 125).

3.2.Analytical Calculations

The observed failure of linings in described situation indicates that there are unexpected stress concentrations. Since the magnitude of stresses in concrete lining calculated by PHASE were about 25 MPa to 30 MPa for 0.37 m thick-concrete which was lower than observed values, it was decided to analyze stresses in concrete lining by using analytical relationships based the theory of elasticity.

The situation of non-uniform stress loading shown in Figure 3 in which a cylinder of external radius r_2 and internal radius r_1 is loaded by external pressure p_1 plus radial pressure p_2 ($p_2 > p_1$) over the arcs $-\alpha < \theta < \alpha$ and $\pi - \alpha < \theta < \pi + \alpha$ of its outer surface. The loading system is considered to compose two parts. The first part is the uniformly distributed external radial pressure p_1 , and the second part is the differential arc pressure Δ_p ($\Delta_p = p_2 - p_1$). The formula for the tangential (σ_θ)₁ and radial (σ_r)₁ stresses at radius r ($r_1 < r < r_2$) inserted by p_1 are taken from classical Theory of Elasticity (Jaeger and Cook, 1979) and the induced stresses, (σ_θ)₂ and radial (σ_r)₂, by the external arc pressure difference Δ_p are taken from the study of Jaeger and Hoskins (1966). All the related formula for the stresses are given in Appendix. The total stress in the concrete lining has been obtained by superposing the two stresses (σ_θ)₁ and (σ_θ)₂. The computations were done by using computer.

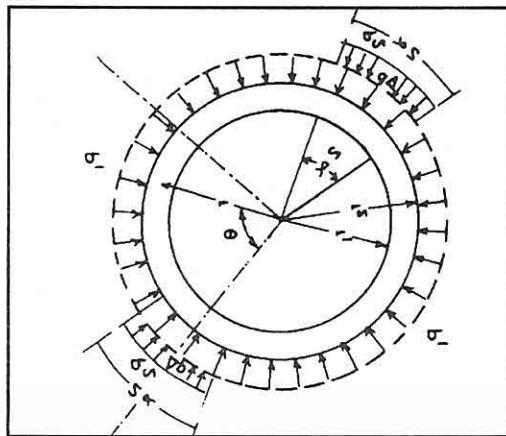


Figure 3. The radial stress distribution model

4. CONCRETE

Concrete is classified in three strength ranges; high strength with compressive strength (f_c') of at least 62 MPa, at 56 days, medium strength with f_c' from 41 to 62 MPa, and normal strength with f_c' from 21 to 41 MPa (Carrasquillo et al 1981). The water/cement ratio for normal strength concrete is 0.70, and for high-strength concrete is about 0.30. In other words, the amount of cement in 1 m³ is changing from 250-300 kg for plain concrete to 500-550 kg for high-strength concrete (Johnston, 1970; Marzouk and Hussein, 1990; Arioğlu, 1992). The principal materials used in mix proportions are coarse aggregate (crushed sandstone, limestone gravel) and fine aggregate (sand), cement and admixture (water reducing for high-strength concrete), but other materials such as fly-ash and etc. may be included (Marzouk and Hussein, 1990). The mechanical properties found in the literature, are flexural and splitting tensile strengths ranging from 2-3 MPa for plain concrete and 5-7 MPa for high-strength concrete and modulus of elasticity ranging from 20 to 25 GPa for normal strength, and 30 to 36 GPa for high-strength concrete. The input values of cohesion and angle of internal friction have been calculated by interpretation from the data of the effect of lateral confinement given by Neville (1973).

In recent years, the use of the high-strength lightweight concrete is becoming important. Expanded clay and sintered fly-ash were used as coarse aggregate and compressive strength values of 60-100 MPa for 28 days, splitting and flexural tensile strengths varying between 4 to 6 MPa (28 days) and Modulus of Elasticity varying between 21 to 32 GPa with Poisson's ratio of 0.15 to 0.18 were obtained (Zhang and Gjorv, 1991; Wang et al, 1978).

Although, there is much information about concrete and its types, the most important point is to find out the suitable concrete from the local sources providing enough strength and economy.

5. INPUT DATA

The input data for rock properties have been obtained by using representative samples taken from the mine and all the mechanical tests have been conducted according to ISRM (1981) recommendations. Some of the physical properties of the clay material and the marl are given in Table 1.

Properties of the support element, concrete have been taken from literature (Neville, 1973; Carrasquillo et al, 1981; Marzouk and Hussein 1990). By taking the normal strength concrete with compressive strength of 30 MPa (28 days) and high-strength concrete with compressive strength of 65 MPa (28 days), some of their physical properties are given in Table 2.

Two linings with the high-strength concrete, and one lining with the normal concrete are designed as follows;

Table 1. Some physical properties of clay and marl. (Sampled from the mine, West Anatolia/Turkey)

Clay	Marl	
Moisture content : 25%	CaCO ₃ is about 40% little amount sand and silt	
Plastic limit, PL : 35%		
Plasticity index, PI : 95%		
Simectites : 15%		
Input Data - PHASE Program		
	Clay	Marl
Friction angle (degree)	15	28
Cohesive strength (MPa)	0.07	7
Young's Modulus, E (MPa)	1000	5000
Poisson's Ratio	0.35	0.23

Table 2. Some physical properties of concrete. (Input Data - PHASE Program)

	Normal Concrete	High-strength Concrete
Friction angle (degree)	32	34
Cohesive strength (MPa)	3	6
Young's Modulus, E (MPa)	20000	30000
Poisson's Ratio	0.21	0.19

Case 1.*Lining: High-strength concrete**Thickness of lining: $t_c=0.37\text{ m}$ ($r1=2\text{ m}$, $r2=2.37\text{ m}$)***Case 2.***Lining: High-strength concrete**Thickness of lining: $t_c=0.50\text{ m}$ ($r1=2\text{ m}$, $r2=2.50\text{ m}$)***Case 3.***Lining: Normal-strength concrete**Thickness of lining: $t_c=0.75\text{ m}$ ($r1=2\text{ m}$, $r2=2.75\text{ m}$)**Where, $r1$ and $r2$ are the inner and outer radius of lining.***6. RESULTS AND DISCUSSION**

The input data are inserted into the program for the designed model (Fig. 2). The output data obtained, are the distribution of principal stresses which are tangential

(major), σ_θ and radial (minor) σ_r and displacements. The diametral local pressure difference Δ_p and external uniformly distributed pressure p_1 are taken from the radial stress distribution picture given by the first program and inserted into the second program of analytical solution. The radial stress distributions obtained are summarized in Table 3 and are exhibited in Figure 4 and Figure 5.

Table 3. Radial stress distributions around linings

Case	Concrete Concrete	Arc angle thickness t_c (m)	Uniform 2α (degree)	Excess arc pressure p_1 (MPa)	pressure Δp (MPa)
1	High-strength	0.37	36	4.30	0.56
2	High-strength	0.50	36	4.58	0.55
3	Normal-strength	0.75	36	4.70	0.51

The tangential (major) stress σ_θ distributions in linings which are obtained from second (analytical) program are shown in Figures 6, 7 and 8. The analytic solution is also giving shearing stress, $\tau_{r\theta}$ on sections of lining. The shearing stress $\tau_{r\theta}$ has parabolic variation on any section, in a way that, it is zero, at outer and inner end points and increases to the axis of the lining where it gets its maximum value. The variations of obtained maximum shearing stresses with position angle θ are shown in Figure 9 for the linings of different thickness, t_c . The variation of total maximum tangential stress at sections defined by position angle θ are also indicated in Figure 9.

The results of analysis show that the tangential stress (σ_θ)₂ due to excess arc pressure Δp is very sensitive to thickness of lining (t_c) than the tangential stress (σ_θ)₁. It reduces from maximum value of 20 MPa for lining having thickness $t_c=0.37$ m to maximum value of about 5 MPa for lining having thickness $t_c=0.75$ m. The excess arc pressure Δp has both reductive and inductive effects which are maximum at $\theta=0^\circ$ and $\theta=90^\circ$. It is tensile in the inner fibers of lining and compressive in the outer fibers around the region of $\theta=0^\circ$ and the distribution is contrary around the region of $\theta=90^\circ$. The tensile stresses reduce the compressive effect of (σ_θ)₁ and compressive stresses are added to (σ_θ)₁ which results the stresses of about 40 MPa at regions of $\theta=0^\circ$ and $\theta=90^\circ$ for the lining of thickness $t_c=0.37$ m.

As far as the shearing stresses are considered, as contrary to tangential stresses (σ_θ), they achieve their higher values in the regions between $\theta=15^\circ$ and $\theta=45^\circ$ (Fig.9). Although the shearing stress $\tau_{p\theta}$ is not sensitive as much as the tangential stress σ_θ to the reduction of lining, concrete is not tolerable to shearing stresses.

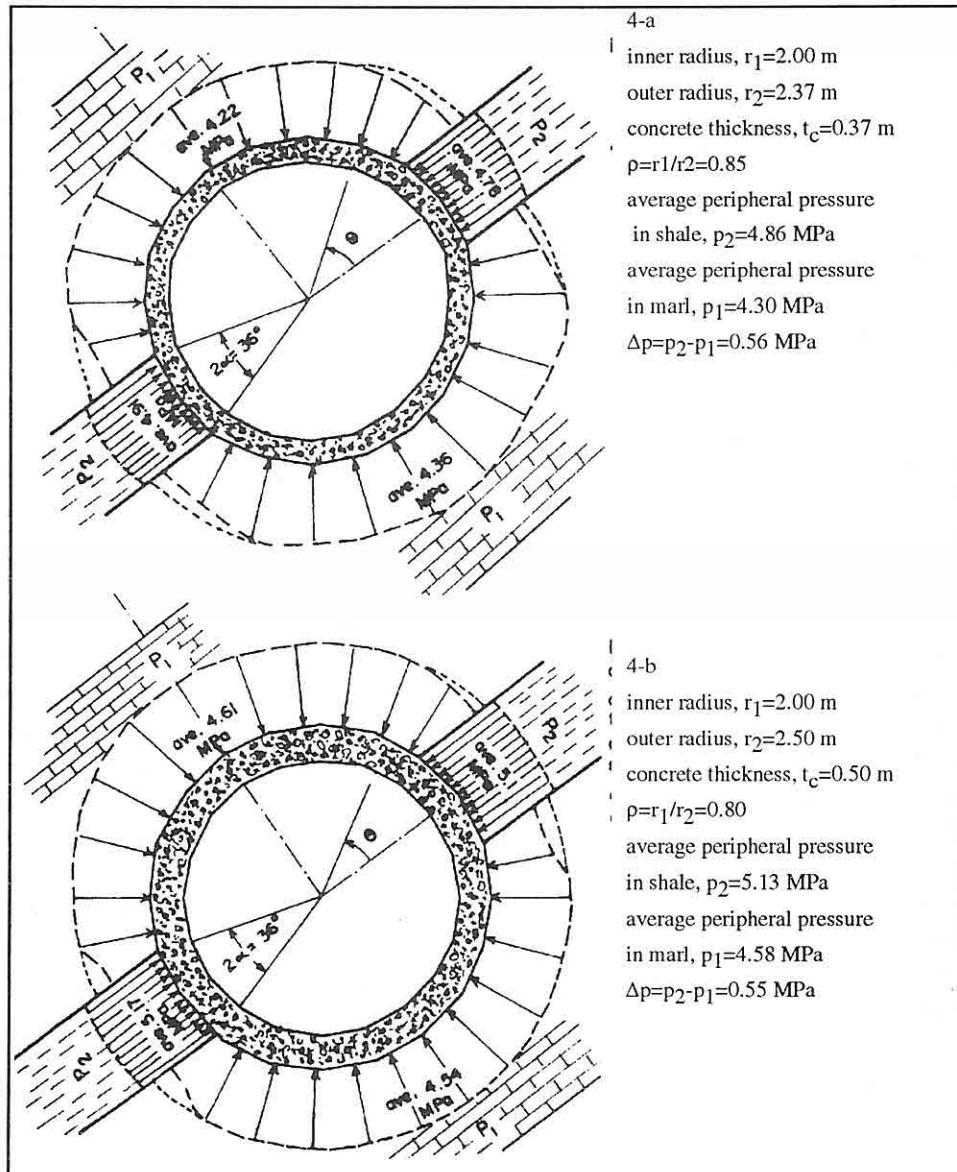


Figure 4. Radial stress distributions around the high-strength concrete linings.

The decision for the type of concrete to be used is certainly dependent upon the stress distributions. But, it should be kept in mind that the discussions made are valid for the pressure situation of the model studied (Fig. 3). Considering the permissible compressive strength of normal concrete as 30-35 MPa, the lining with thickness of

$t_c=0.75$ m where the shearing stress $\tau_{p\theta}$ is below 1 MPa, may be constructed by normal concrete. As for the linings with thickness of $t_c=0.50$ and $t_c=0.37$ m, the tangential stresses reach the values of 36 MPa and 45 MPa respectively, and therefore, medium-strength or high-strength concrete is recommended. The workability and portability of high-strength lightweight concrete make it an alternative material but its applicability is entirely dependent upon the existence and feasibility of local facilities.

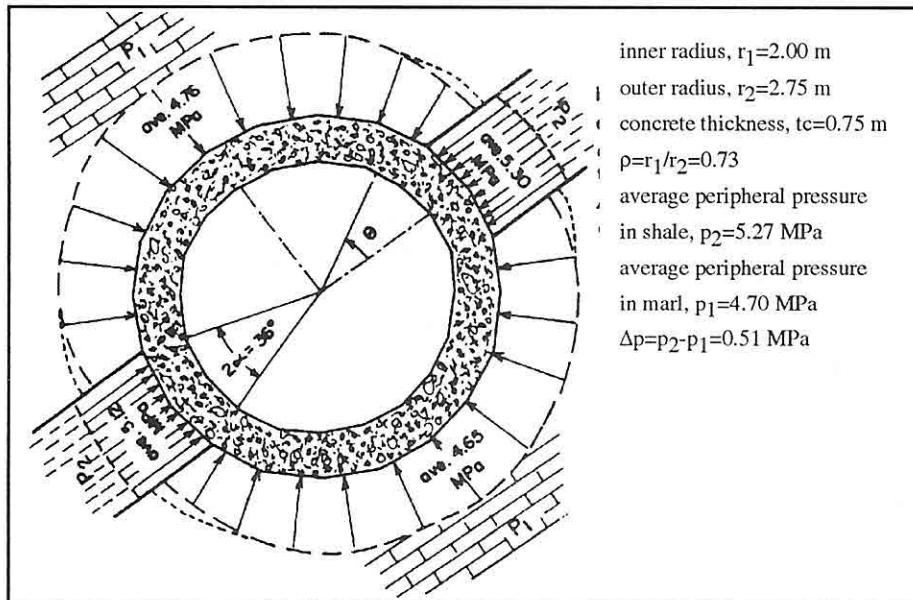


Figure 5. Radial stress distribution around the normal-strength concrete lining.

Selection criterion is based on an economic survey made, has given the information that the cost of 1 m³ underground excavation is about \$20 and cost of 1 m³ plain concrete is \$22 and cost of 1 m³ high-strength concrete is about \$33. Of course, these figures are rough values and they vary according to the local conditions. Nevertheless, the following calculation is done for a length of 1 meter of tunnel with an inner radius of $r_1=2$ m:

The lining thickness, $t_c=0.75$ m

Excavation for lining:	11.2 m ³ ,	cost: \$224
------------------------	-----------------------	-------------

Normal concrete for lining:	11.2 m ³ ,	cost: \$246
-----------------------------	-----------------------	-------------

Total:		\$470
---------------	--	--------------

The lining thickness, $t_c=0.37$ m

Excavation for lining:	5 m ³ ,	cost: \$100
------------------------	--------------------	-------------

High-strength concrete for lining:	5 m ³ ,	cost: \$110
------------------------------------	--------------------	-------------

Total:		\$210
---------------	--	--------------

Difference:		\$260
--------------------	--	--------------

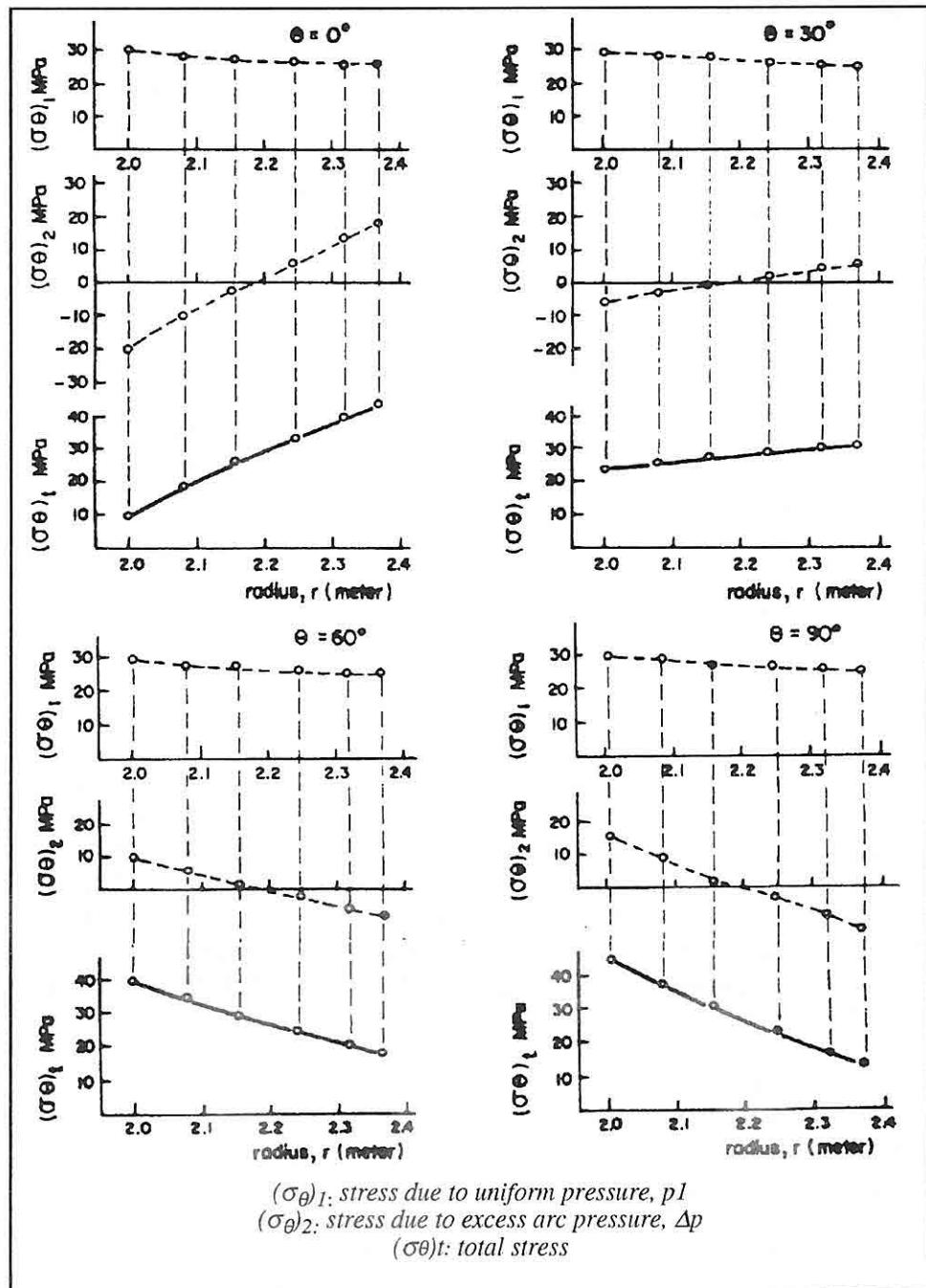


Figure 6. The tangential stress distribution in the lining with thickness, $t_c=0.37$ m.

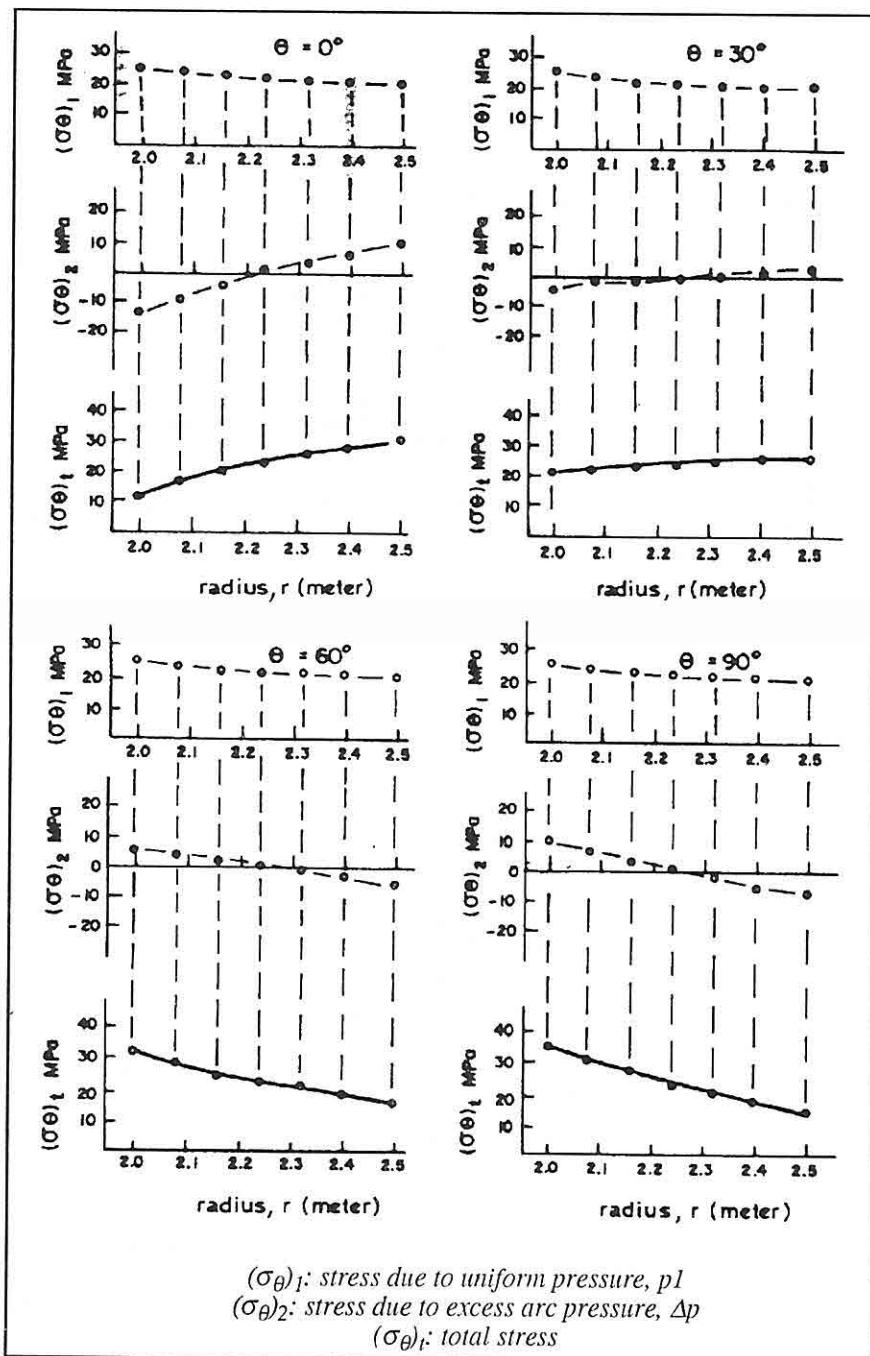


Figure 7. The tangential stress distribution in the lining with thickness, $t_c=0.50$ m.

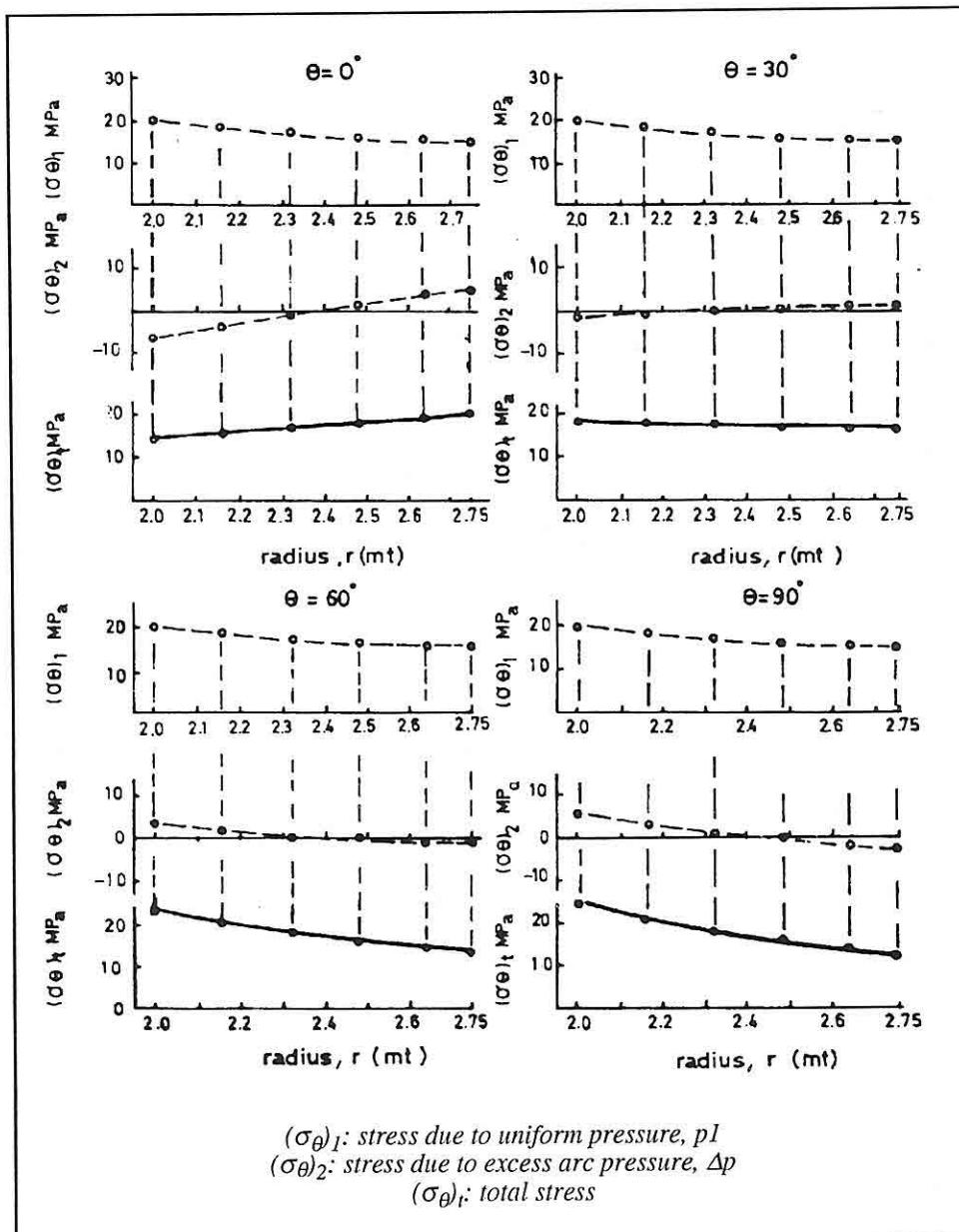


Figure 8. The tangential stress distribution in the lining with thickness, $t_c=0.75$ m.

As can be seen the use of high-strength concrete provides safety and economy of \$260 per meter length of tunnel.

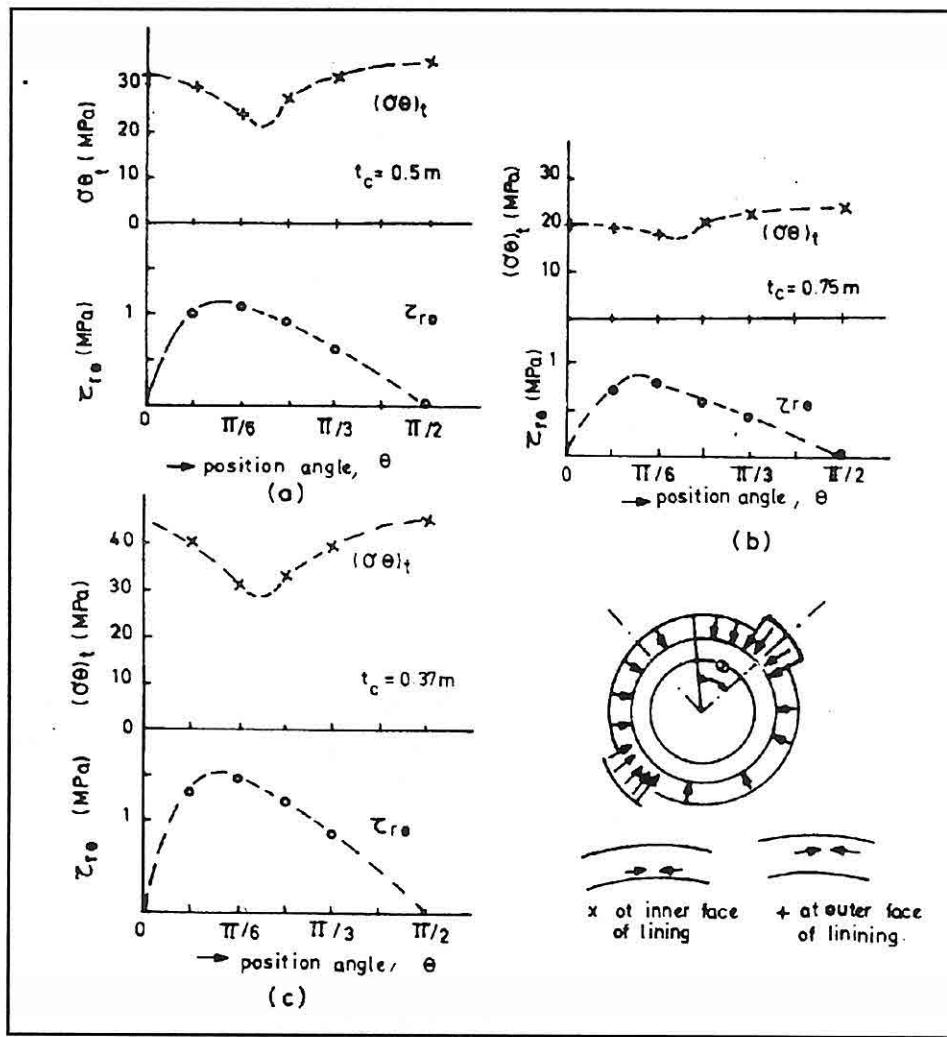


Figure 9. The variation of maximum tangential and shearing stresses with position angle θ .

The discussion may be extended by considering the configuration of stress distribution. The results given in previous pages, have indicated the critical zones of stress accumulation as shown in Fig. 10. The partial strengthening of these zones will reduce the cement expenses that is another point to be considered during lining design.

It should be remembered that, the construction of lining is the process which has effects that can not be neglected. Referring to the rock-support interaction theory given by Ladanyi (1974), the relationship between the inner deformation, u_i of tunnel and support-pressure, p_i is curvative and is called as characteristic curve.

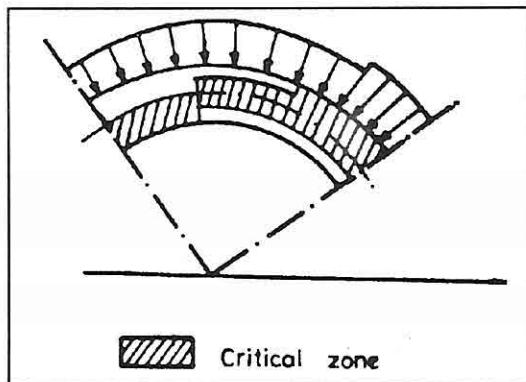


Figure 10. The critical zone of stress-concentration.

It is obvious that, different rocks will show different characteristic curves. In the example given in this paper the tunnel with 2 m radius is cutting two types of rocks. Generally when two different rocks exist around a tunnel the interactions are as shown in Fig. 11.

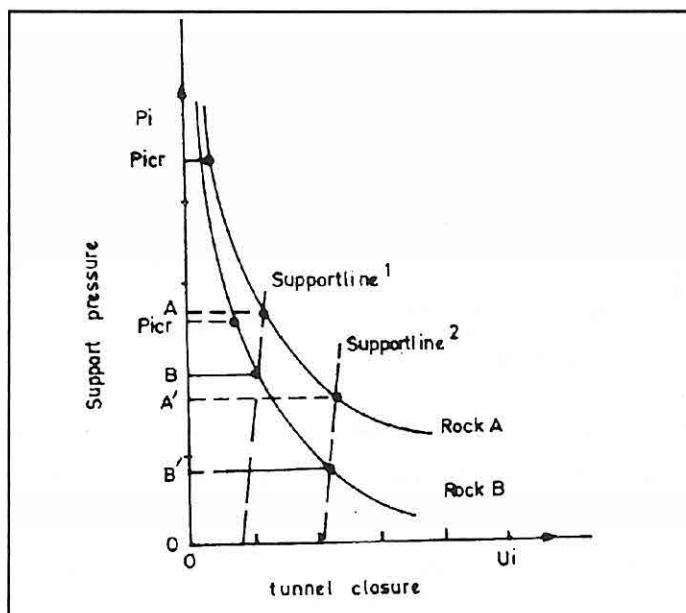


Figure 11. Schematic representation of characteristic curves of two rocks.

The installation of support represented by support-line 2 is done after more closure than the installation represented by support-line 1. The difference between the support

pressures (Δp) exerted in two rock-media is increasing with allowed closure ($A'B' > AB$). As already seen, Δp has much destructive effect. Especially, attention must be paid whether the magnitude of the induced tensile stress ($\sigma_\theta)_2$ is exceeding, the compressive stress ($\sigma_\theta)_1$ in critical zones and parallel to this, whether the shearing stress $\tau_{\rho\theta}$ is exceeding the permissible range, because, both the tensile strength and shearing strength of concrete are much more limited than its compressive strength. The better way to overcome these uncertainties is to conduct load-convergence measurements during tunneling. As a remedy, the immediate supporting will provide an opportunity to reduce the Δp and hence, early-strengthening of concrete gains importance. The use of on admixture to accelerate the hardening is highly recommended.

7. CONCLUSION

This paper gives the method of analysis of stress and decision making for concrete design in linings affected by excess arc pressures.

It has been found that design of lining is a complicated process of numerical, analytical and experimental studies contributing to each other.

The excess arc pressure, has more harmful effect than estimation. It induces destructive stress concentrations in the zone under the arc of excess pressure and in the zone making $\theta=90^\circ$ angle with respect to the axis of arc. Its shearing effect in the zone between the sections located by $\theta=15^\circ$ and $\theta=45^\circ$ with respect to the axis of arc is also important.

The high-strength concrete provides safety and economy. Water reducing and early-hardening should be provided by suitable agents.

Partial strengthening is introduced as an alternative method to be considered.

8. APPENDIX

Elastic stresses in a piece of thick-walled cylinder due to outer hydrostatic uniform pressure:

From classical theory of elasticity, when a thick-walled cylinder with inner radius, r_1 and outer radius r_2 is affected by an external pressure, p_1 , the tangential ($\sigma_\theta)_1$ and radial ($\sigma_r)_1$ stresses at a radius, r ($r_1 \leq r \leq r_2$) are given by following formula;

$$(\sigma_r)_1 = \frac{p_1 r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 - \frac{r_1^2}{r^2} \right) \quad 1a$$

$$(\sigma_\theta)_1 = \frac{p_1 r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 + \frac{r_1^2}{r^2} \right) \quad 1b$$

Elastic stresses in a piece of cylinder due to symmetrical normal loading at its surface: We consider plane stress in the ring of cylinder ($r_1 < r < r_2$) caused by unit normal pressure applied over symmetrical arcs of angular width 2α at its surface.

The normal stress N at the surface is then given by;

$$N = 1 \quad -\alpha < \theta < \alpha, \quad \pi - \alpha < \pi + \alpha \quad (2)$$

$$N = 0 \quad \text{elsewhere}$$

which may be represented by the Fourier Series;

$$N = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} A_n e^{2in\theta} \quad (3)$$

where

$$A_0 = 2\alpha/\pi$$

$$A_n = A_{-n} = (\sin(2n\alpha))/n\pi \quad (4)$$

In the form of this analysis briefly summarized by Jaeger and Hoskins (1966) the stresses are determined from two analytic functions $\phi'(z)$ and $\chi''(z)$ of complex variable $z=re^{i\theta}$ by the formula;

$$(\sigma_r)_2 + (\sigma_\theta)_2 = 4R \left\{ \phi'(z) \right\} \quad (5)$$

$$(\sigma_\theta)_2 - (\sigma_r)_2 + 2i\pi r_0 \left\{ \bar{z} \theta''[z] + \chi''[z] \right\} e^{2i\theta} \quad (6)$$

where a bar denotes the conjugate complex and primes denote differentiation. $\phi'(z)$ and $\chi''(z)$ are given by Laurent Series whose coefficients are determined by the boundary conditions at $r=r_1$ and $r=r_2$.

The formulae given apply, of course, to all cases in which the load is represented by a Fourier Series of type (3) with $A_n=A_{n-1}$ and not merely to the specialized values (4).

For the case of external symmetric arc loading, writing $\rho=r_1/r_2$ and

$$\Delta_n = \left\{ \left(1-\rho^{4n} \right)^2 - 4n^2 \rho^{4n-2} \left(1-\rho^2 \right)^2 \right\}^{-1} \quad (7)$$

$$U_n = 1-\rho^{4n} + 2n(1-\rho^2) \quad (8)$$

$$V_n = 1-\rho^{4n} + 2n\rho^{4n}(1-\rho^2) \quad (9)$$

$$W_n = 1-\rho^{4n} + 2n\rho^{-2}(1-\rho^2), \quad (10)$$

$$X_n = 1-\rho^{4n} + 2n\rho^{4n-2}(1-\rho^2), \quad (11)$$

It is found that,

$$\phi'(z) = \frac{1}{2}A_0 \left(\frac{1}{1-\rho^2} + \sum_{n=-\infty}^{\infty} A_n x_n \rho^{-|z/a|} \right) \quad (12)$$

$$\chi''(z) = A_0 \left(\frac{1}{1-\rho^2} - \sum_{n=-\infty}^{\infty} 2n A_n X_n \Delta_n \rho^{2n-2} \right) (z/a)^{2n-2} \quad (13)$$

where the prime after the signs of summation denotes that the term $n=0$ is omitted. From these, the components of stress can be written down by (5) and (6). They give, writing;

$$R=r/r_1 \quad (14)$$

$$(\sigma_r)'_2 + (\sigma_\theta)'_2 = 2A_0 R^{-2} \left(\frac{1}{1-\rho^2} + 4 \sum_{n=1}^{\infty} A_n \Delta_n \rho^{2n} \left\{ X_n R^n - W_n R^{-2n} \right\} \cos(2n\phi) \right) \quad (15)$$

$$(\sigma_r)'_2 + \tau_{r\theta}'_2 = 2A_0 R^{-2} \left(\frac{1}{1-\rho^2} + 4 \sum_{n=1}^{\infty} n A_n \Delta_n \rho^{2n} \left\{ X_n R^{2n} - W_n R^{-2n} - V_n \rho^{-2} R^{2n-2} - U_n \rho^{-2} R^{-2n-2} \right\} \cos(2n\phi) \right) \quad (16)$$

From these two equations $(\sigma_\theta)'_2$ can easily be found.

And

$$\tau'_{r\theta} = 2 \sum_{n=1}^{\infty} n A_0 \Delta_n \rho^{2n} \left\{ X_n R^{2n} - W_n R^{-2n} - V_n \rho^{-2} R^{2n-2} + U_n \rho^{-2} R^{-2n-2} \right\} \sin(2n\theta) \quad (17)$$

These obtained values of $(\sigma_\theta)'_2$ and $(\tau_{r\theta})'$ are stress concentration factors of $\rho=r_1/r_2$ with pressure $N=1$. For any value of Δp they would be multiplied by Δp . Hence,

$$(\sigma_\theta)_2 = \Delta p (\sigma_\theta)'_2 \quad (18)$$

$$\tau_{r\theta} = \Delta p (\tau_{r\theta})' \quad (19)$$

9. REFERENCES

Arioglu, E. 199. Statistical Approach to Determination of Concrete Lining Thickness of Mine Shafts and Economical Benefit of Using High Strength Concrete in Mining Engineering Projects. The 8th Coal Congress of Turkey. UCEAT The Zonguldak Branch of Chamber of Mining Engineers. pp. 245-261.

Barla, G. 1970. The distribution of stress around a single underground opening in a layered medium under gravity loading. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 9:127-154.

- Brady, B.H.G. and Brown, E.T. 1985. Rock mechanics for underground mining. 593 p., London: George Allen and Urwin.*
- Carrasquillo, R.L.; Nilson, A.H. and Slate, F.O. 1981. Properties of high-strength concrete subject to short-term loads. Proceedings, ACI Journal, Vol. 78, No. 3, pp. 171-178.*
- Goodman, R.E. 1966. On the distribution of stress around circular tunnels in non-homogenous rocks. Proceedings, First Congress of the Int. Soc. of Rock Mech., Lisbon, Vol. 1, pp. 249-255.*
- Jaeger, J.C. and Hoskins, E.R. 1966. Stresses and failure in rings of rock loaded in diametral tension or compression. Brit. J. Appl. Physc. 17:685-692.*
- Jaeger, J.C. and Cook, N.G.W. 1979. Fundamentals of rock mechanics. 593 p., London: Chapman and Hall.*
- Johnston, C.D. 1970. Strength and deformation of concrete in uniaxial tension and compression. Magazine of Concrete Research, Cement and Concrete Assoc., Vol. 22, No. 70, pp.5-16.*
- Hoek, E. and Brown, E.T. 1980. Underground excavations in rock. 527 p., London: Institution of Min. and Metal.*
- Hoek, E.; Kaiser, P.K. and Bawden, W.F. 1995. Support of underground excavations in hard rock. 215 p., Rotterdam: A.A. Balkema.*
- Ladanyi, B. 1974. Use of the long-term strength concept in the determination of ground pressure on tunnel linings. Advances in Rock Mechanics, pp. 1150-1156, Washington D.C.: U.S. National Committee for Rock Mechanics.*
- Marzouk, H.M. and Hussein, A. 1990. Properties of high-strength concrete at low temperatures. Proceedings, ACI Journal, Vol. 87, No. 2, pp. 167-171.*
- Muralidharan, K.; Brenker, J.; Geissler, E. 1982. Analysis and design for circular tunnel lining. Tunnels and Tunnelling, 14:12-14.*
- Neville, A.M. 1973. Properties of concrete. 686 p., London: Pitman Publishing Ltd.*
- Sungur, T. 1984. A modern design for tunnelling. Tunnels and Tunnelling, 16:21-22.*
- Timoshenko, S.P. and Goodier, J.N. 1970. Theory of elasticity. 567 p., New York: McGraw-Hill Book Com.*
- Wang, P.T.; Shah, S.P. and Naaman, A.E. 1978. Stress-strain curves of normal and lightweight concrete in compression. Proceedings, ACI Journal, Vol. 75, No. 11, pp. 603-611.*
- Zhang, Min-Hong and Gjory, O.E. 1991. Mechanical properties of high-strength lightweight concrete. Proceedings, ACI Journal, Vol. 88, No. 3, pp. 240-247.*

BOLU OTOYOL TÜNELİNDE STABİLİTE PROBLEMLERİ

Süleyman DALGIÇ ve Ali Malik GÖZÜBOL
İ.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul / Türkiye

ÖZET: Anadolu otoyolu Bolu tünel geçisi Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Paleotektonik dönemde gelişen bindirme zonları içerisinde geçmektedir. Yüzeysel ve yeraltı verilerine göre tünel güzergahındaki istifin % 50'si bu zonlardan oluşmaktadır. Bu zonlar içerisinde bulunan fay killerinin yüksek miktarda smektit türü kıl minerali içermesi, tünelde şişme olayları yaratmaktadır. Fay killerinin yanı sıra seyl, fillit, sleytlerde, ayrışma zonlarında, anhidrit taşıyan kıl ve kiltaşlarında aynı sorunlar mevcuttur.

Şiğen zonların olumsuz etkilerinden kurtulmak için, bu zonların önce esnek bir malzeme, püskürtme beton ve diğer iksa sistemlerinin konulması en olumlu çözüm yöntemi olarak görülmektedir.

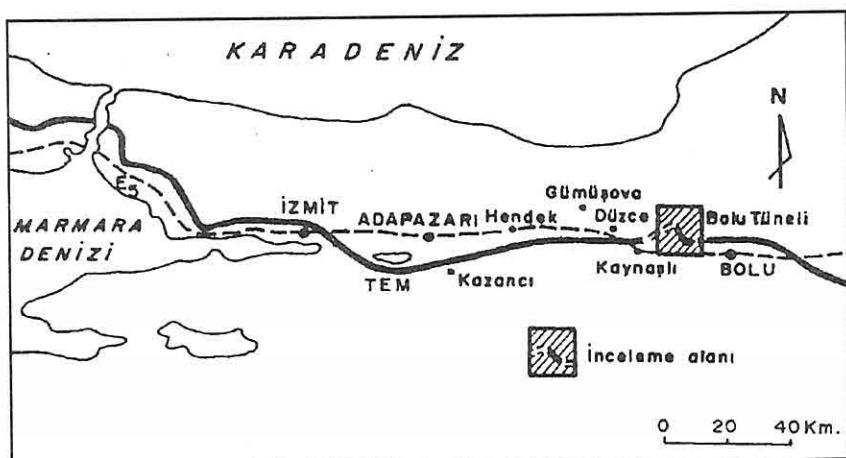
STABILITY PROBLEMS IN THE BOLU MOTORWAY TUNNEL

ABSTRACT: The Bolu tunnel alignment of Anatolian motorway is situated at both the North Anatolian Fault Zone and the thrust zones that developed in paleotectonic period. According to the surface and subsurface data 50 % of the tunnel length lies in these zones. The high abundance of smectite type clay minerals that are found in the fault zones cause swelling phenomena in the tunnel. The same problem exists in shale, phyllite, slate in alteration zones and in clays and claystones with anhydrite.

To eliminate the negative effects of the zones, construction is utilizing mainly shotcrete with elastic material and other support systems is the most appropriate method.

1. GİRİŞ

Bolu tüneli her biri üç şeritli yaklaşık uzunlukları 3250 m olan iki tünelden oluşmaktadır (Şekil 1). Yapımına devam edilen ve 1/3'ü tamamlanan tünel güzergahı, paleotektonik ve neotektonik dönemde gelişen yapı unsurlarını ve kaya birimlerini dike yakın kesmesinden dolayı önemli ölçüde fay ve litoloji değişkenliği içerisinde kazılmaktadır. Bu nedenlerle, tünel kazı çalışmalarında stabilité problemleri bulunmaktadır. Stabilité problemlerinden en önemli ise, fay zonlarında ölçülen maksimum düşey ve yatay konverjansı 1,0 m. olan şışme olaylarıdır. Bu olaylara şışme basınçlarının yanı sıra fay zonlarındaki gerilme boşalımlarından kaynaklanan sıkışma olayları da etkili olmuştur. Ancak, bu çalışma şışme olayları ile ilgili olarak hazırlanmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

Şışme olayı, suya doygun olmayan zeminlerin su ile temas etmesi halinde meydana gelen hacimsel büyümeli olarak tanımlanmaktadır. Bu tür bir davranış Bolu tünelinde deformasyonlara yol açmaktadır, püskürtme betonlarda çatlamalara, kırılmalara, dökülmelere, çelik iksalarda eğilmelere, kırılmalara ve burulmalara, bulonlarda ise patlamalara neden olmaktadır. Şışen malzeme içerisinde görülen bu deformasyonlar daha güclü tahkimat sistemleri, beton kırış ve taban betonun yapılması ile önlenmektedir.

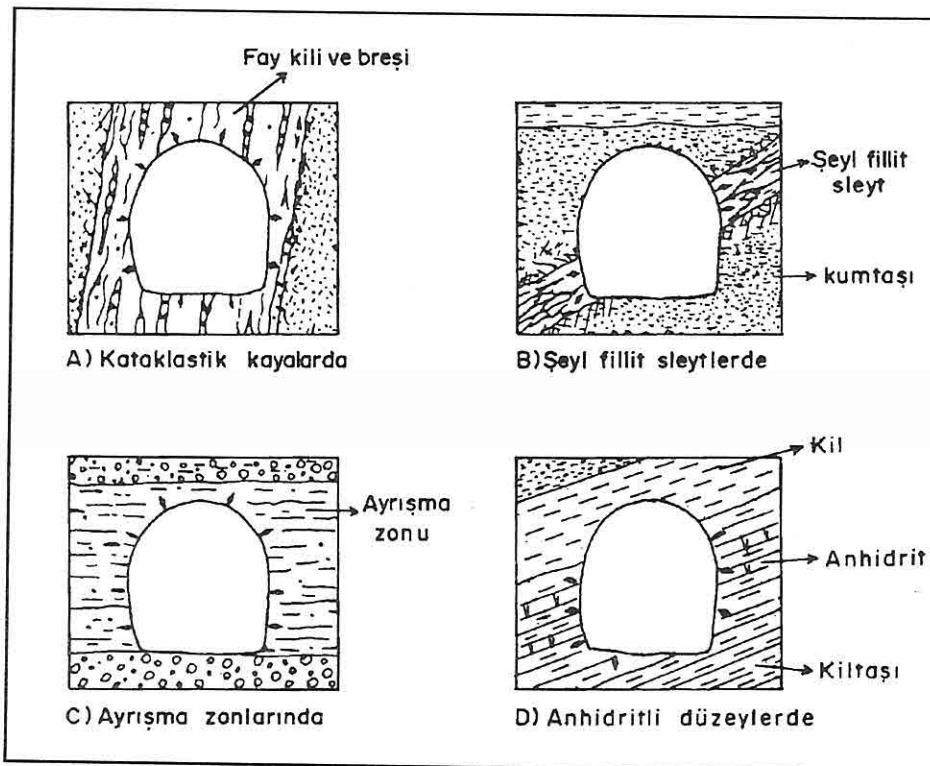
Bolu tünelinde şışen zonların, belirlenmesi amacıyla, yüzey jeolojisi çalışmalarına ek olarak araştırma sondajları, araştırma çukurları ve sismik refraksiyon çalışmaları ile laboratuvar verilerinden yararlanılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda şışen birimler dört grup altında değerlendirilmiştir. Bu gruplar içerisinde fay zonlarındaki kataklastik kayaların şışme özellikleri ve bu tür zonlardaki alınması gerekliliği tahkimat önlemleri incelenmiştir.

2. TÜNEL GÜZERGAHINDA ŞİŞEN KAYALAR

Bolu tünel güzergahında şişen birimler aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (Dalgıç, 1994).

1) Fay ve bindirme zonlarındaki kataklastik kayalar : Tünel güzergahı boyunca bindirme zonlarının genişliği, kaya cinsi ve tektonik değişime bağlı olarak farklılıklar sunmaktadır. Bu zonların genişliği bindirme ve doğrultu atımlı fay zonlarında 80-100 m kadardır. Antitetik ve sintetik faylarda ise bu zonun genişliği bir kaç metre ile sınırlı kalmaktadır (Şekil 2). Bu tür büyük ve küçük ölçekli zayıflık zonlarında ise sık sık şişen kil mineralleri bulunmaktadır. Fay killerinde simektit içeriği ile tünel yapısındaki yenilme düzlemleri arasında ilişkinin varlığı bulunmaktadır. Bir çok araştırmacının deneyel bulguları da bu olayı desteklemektedir. (Shimamoto vd., 1981; Müller vd., 1981).

2) Tünel güzergahında şişen diğer zonlar şeyl, fillit, sleyt aradalanmasından oluşan birimlerdir (Şekil 2). Bu kayaların bileşimlerinde önemli miktarda kil minerallerinden başka kuvars, kalsit, dolomit ve demiroksitler yer almaktadır. Bu kayalardaki şişme olayı da kil minerallerinin miktarı ile ilişkilidir. Ayrıca kil minerali, simektit veya simektit türevi olduğunda şişme miktarı çok daha fazla olabilmektedir. Şişme davranışları bu tür kayalarda mevcut çatlak ve kırıkların varlığından da önemli derecede etkilenmektedir.



Şekil 2. Şişen-sıkışan kayaların harekete geçme koşulları

3) Tünel güzergahında üçüncü grup şisen yerler silttaşlı-kiltaşlı-marn kayalarının ayrışması ile ilgilidir (Şekil 2). Bölgedeki hareketli yüzey ve yeraltı suları, fay zonları duvarlarının hidrojeolojik bariyer niteliği sebebiyle önemli miktarda, parçalanma ve ayrışma olaylarına sebebiyet vermiştir. Bölgedeki farklı dönemlerde sokulan daykların meydana getirdiği hidrotermal sular da bu konuda etkili olmuş olmalıdır.

4) Dördüncü grup şisen birimler, henüz kazısı yapılmayan ancak yüzey jeolojisi ve araştırma sondajlarıyla varlığı saptanan, kil ve kiltaş içerişindeki ince katmanlı anhidrit olması muhtemel olan arakatkılar içerisinde görülecektir (Şekil 2). Bu kayalar su ile temas ettiklerinde jips'e dönüşmektedir ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Bu dönüşüm ise önemli miktarlarda şişme basınçları yaratmaktadır. Bununla birlikte şişme olayı bu tür kayaların su ile ilişkisi kesildiğinde önlenmektedir (Einstein, 1993).

3. FAY KİLLERİNİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada dört grup altında tanıtılan şisen birimler içerisinde, fay zonu içerisindeki killerin jeoteknik özellikleri ve alınması gereklilikleri incelenmiştir.

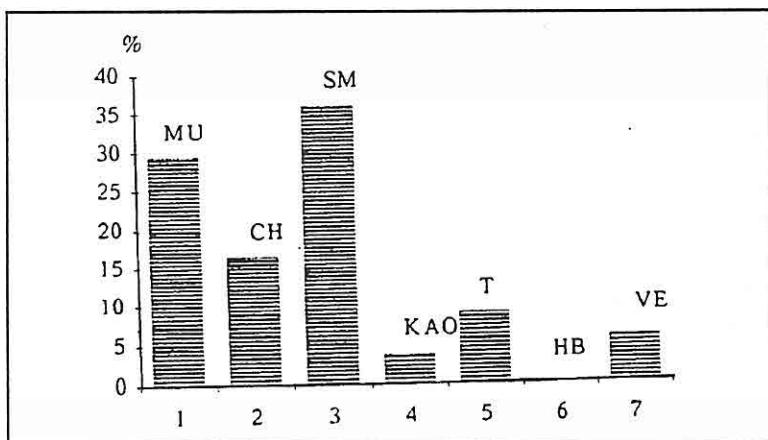
3.1. Fay killerinin şişme mekanizması

Fay killerinin şişmesi simektit mineralleri tarafından oluşturulmaktadır. (Selmer-Olsen vd., 1989). Bu gruptaki kil mineralleri çoğu zaman çok ince katmanlı minerallerdir. Dış basınçla su alıp verme kabiliyetleri bakımından ilgili oldukları diğer katmanlı mika ve klorit minerallerinden ayrılmaktadır. Şişmelerde, kil minerallerinin türü, miktarı, hareketli katyonların miktarı ve çeşitleri, konsolidasyon özellikleri, suyun varlığı ve kazı sırasındaki boşalmalar da etkili olmaktadır. Bu verilere ek olarak, bu zonlardaki diğer ince taneli gevşek minerallerin ayılma özellikleri, çeşitleri, miktarları şişme özellikleri ve zonun davranışına etki etmektedir. Çözünerek, yumuşamış dolgunun yıkanarak boşluk yapmasına sebep veren kalsit ve diğer mineraller de bu anlamda önem kazanmaktadır.

Bolu tünelindeki fay zonlarındaki killerin şişme mekanizası, tünel kazısı sırasındaki çevre şartlarına da bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Genellikle tünel kazısı sırasında çevre şartları, gerilme boşalımları sıcaklık artışı sonucu zeminin kuruması yada su içeriğinin artması şeklinde değişmektedir. En önemli etken ise şisen zeminlerin su ile girdikleri ilişkiler olmaktadır.

3.2. Fay killerinin şişme potansiyeli

Şisen bir kayanın mineralojik birleşimi, şişme potansiyeli açısından oldukça belirleyici olmaktadır. Kil mineralleri üzerindeki eksik elektrik yükler, katmanlar arası bağların şiddeti ve katyon değiştirme kapasitesi, killi zeminin şişme potansiyeli ile doğrudan ilişkili özelliklerdir (Bell, vd., 1993). Bu nedenle kataklastik zonlardan alınan örneklerin kil mineralojisi x ray difraksiyon (XRD) yöntemiyle incelenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Fay killerinin XRD analiz sonuçları: simetit(SM), muskovit(MU), klorit(CH), kaolinit(KAO), talk(T), hornblend(HB), vermekülit(VE).

Örnekler yüksek miktarda simetit (SM) grubu kil mineralleri içermektedir. Diğer mineraller muskovit (MU), klorit (CH), kaolinit (KAO), talk (T), hornblend (HB), vermekülit (VE) olarak saptanmıştır.

Fay zonlarındaki kil minerallerinin aktiviteleri de Skempton (1953)'e göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu fay killerinin aktivitesi 0.3-7.0 arasında bulunmuştur. Bu veriler fay zonundaki killerin büyük çoğunluğunun şışme özelliği gösteren ve suya karşı yüksek miktarda duyarlığa sahip killer olduğuna işaret etmektedir.

3.3. Fay killerinin şışme basınçları

Tünel güzergahında kataklastik kayaların şışme basınçlarının bilinmesi, gerek uygulanacak zeminin ıslah yönteminin belirlenmesi, gerekse uygun tahlkimat sistemini seçilmesine katkıda bulunan en önemli parametrelerden biridir. Bu amaçla fay killerinin tek eksenli şışme basınçları farklı iki yöntem kullanarak saptanmaya çalışılmıştır. Örselenmemiş örnekler üzerinde ASTM D 4546-85, örselenmiş örneklerde ise Selmer-Olsen vd., (1990)'ın geliştirdiği odometre deney yöntemi uygulanmıştır. (Tablo 1). Örselenmemiş örneklerin şışme yüzdesi % 0.2 ile 7.2, şışme basınçları 0.4 ile 8.0 kg/cm² arasındadır. Örselenmiş örneklerde ise şışme yüzdesi % 3.5 ile 5.6, şışme basınçları ise 2.3-70 kg/cm² arasında değişmektedir. Örselenmiş örneklerin şışme basınçları örselenmiş örneklerde göre oldukça yüksek değerler almıştır. Bu durum, örselenmiş örneklerde kullanılan deney tekniği ile ilgili olmakla birlikte, deneylerde kullanılan kil minerallerinin cinsi ile de yakından ilişkili olmalıdır. Elde edilen şışme yüzdesi ve şışme basınç değerleri genelde çok yüksek-yüksek şışme derecesini göstermişler ve uygulanan tahlkimat sistemlerinin belirlenmesine yardımcı değerler olmuşlardır.

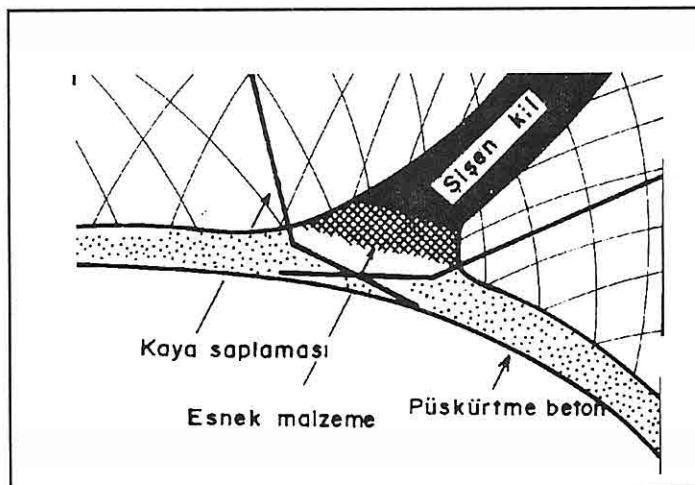
Tablo 1.Fay killerinin şişme yüzdesi ve şişme basıncı değerleri

Numune Cinsi	(%) Şişme Yüzdesi	Şişme Basıncı (kg/cm^2)
Örselenmemiş	0.2	0.5
Örselenmemiş	0.8	0.9
Örselenmemiş	6.1	4
Örselenmemiş	1.3	0.9
Örselenmemiş	7.2	8
Örselenmemiş	-	0.4
Örselenmiş	-	18.0
Örselenmiş	5.6	6.0
Örselenmiş	3.5	2.3
Örselenmiş	-	20.0
Örselenmiş	-	20.0
Örselenmiş	-	70.0

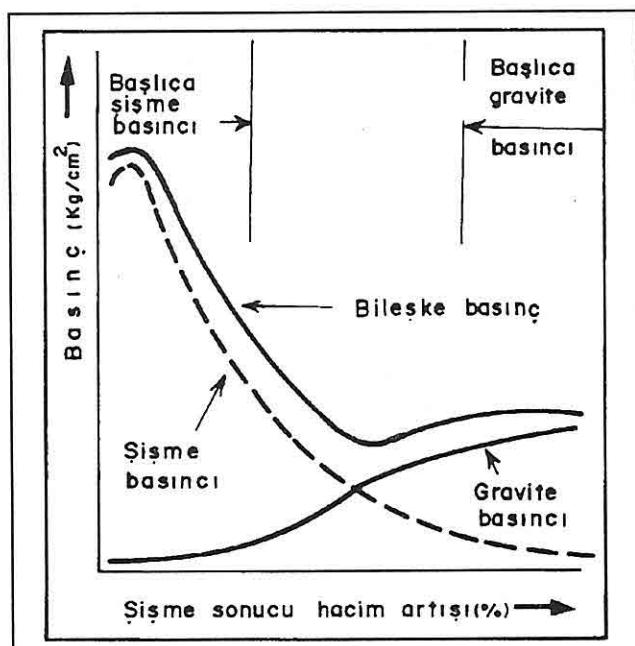
3.4. Fay zonlarında destek problemleri

Bolu tünelinde kısa dayanım süresi olan şişme zonlarında, gözenek basınçlarının azaltılması için mesafeli kazı önem kazanmıştır. Fay zonlarındaki asıl konu, şişen malzeme ile suyun var olduğu yerleri tespit etmek olmaktadır. Eğer kazıdan sonra su akımları devam ederse, şişen malzemelerde şişme olayları gözlemeilmektedir. Şişerek kopan büyük hacımlardaki az dayanımlı kaya kütleleri desteklerinin hızla inşaası da önemli olmuştur. Çoğu zaman fay zonlarındaki düşük dayanımlı malzemelerin dayanma süresini uzatmak için, püskürtme beton en iyi kullanım aracı olmakta ve ilk destek için yeterli olmaktadır. Böylece diğer tahkimat sistemlerinin konulması sırasında çökmeler ve kaya parçalarının düşmesi önlenmektedir.

Ayrıca bu çalışmada fay zonlarında uygulanan püskürtme beton çalışmasının yanı sıra, bu zonların önce bir esnek malzeme ile doldurulması önerilmiştir (Şekil 4). Çünkü, fay zonlarında elastik kuvvetlerin serbest bırakılması için gerekli zamana ek olarak eğer bir küçük deformasyon veya hacim büyümESİne izin verilirse basınç kuvvetleri düşmektedir (Selmer-Olen 1990). Bunun pratik sonucu eğer desteklenecek zon ve destek arasındaki hacim büyümESİne ait boşluk bırakılırsa tüneldeki kaya destek miktarı azalmaktadır. Ayrıca şişme zonu bir taraftan yüksek şişme basınçları, diğer taraftan gravite basıncının etkisi altında kalmaktadır (Şekil 5). Eğer şişme, az hacim artışı ile sonuçlanırsa gravite basınçları çoğu zaman tahkimat sistemleri ile ilişkili olmaktadır. Bu nedenle tavan beton arasındaki boşluk kısmen Şekil 4'de gösterildiği gibi yükleri azaltmak için yumuşak malzeme ile doldurulması gerekmektedir.



Şekil 4. Küçük şişen zonların desteklenmesi (Selmer-Olsen, 1990).



Şekil 5. Tahkimat sistemine gelen basınçların dağılımı (Selmer-Olsen, 1990)

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Anadolu otoyolu Bolu tünelinde fay ve bindirme zonlarında, fillit, sleyt, şeyl kayalarında, ayırtma zonlarında ve anhidrit içeren kil, kiltaslarında şişme olayları

bulunmaktadır. Özellikle fay ve bindirme zonlarındaki kataklastik kayalar parçalanarak yüksek simektit içeriğine sahip fay killeri ve fay bresleriyle karakterize edilmektedir. Kataklastik kayaların çok yüksek-yüksek şişme derecesi, şişmenin bir sonucu olarak oluşan büyük gravite yükleri, kazı hızına, tünelin tavan, ayna ve yan duvarlarının stabilitesine etki etmektedir.

Tüneldeki olumsuz koşullardan kurtulmak için, kullanılan püskürme beton ve diğer tahkimat elemanlarına ek olarak, bu zonların esnek bir malzeme ile doldurulması gerekmektedir. Tahkimat sistemlerine gelen basınç kuvvetlerinin azaltılması için bu işlem gerekli olmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- ASTM D 4546-85, 1986, Standard test methods for one dimensional swell or settlement potential of cohesive soils, Annual book of ASTM standards, vol. 04.08.*
- Bell, F.G., Cripps, J.C., Culshaw, M.G., Entwistle, D., 1993, Volume changes in weak rocks; Prediction and measurement; geotechnical Engineering of Hard Soils- Soft Rocks, Anagnostopoulos et al, Balkema, Rotterdam, pp 925-932.*
- Dalgiç, S., 1994, Anadolu otoyolu Bolu dağı geçişinin mühendislik jeolojisi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 213 s.*
- Einstein, H.H., 1993, swelling rock, ISRM news journal volume 1, number 3, pp 57-60.*
- Miller-vonmoos, M., Kahr, G., Honold, P., 1981, Investigation of the shear behaviour of pure clays; prog. abstracts, 7 th Int. clay conf., Bologna, Pavia, pp-208.*
- Selmer-Olsen, R., Palmstrom, A.G., Stramme, B., 1989, Tunnel collapses in swelling clay zones; tunnels and tunnelling, november, pp 49-51.*
- Selmer-Olsen, S., Palmstrom, A.G., Stramme, B., 1990, Tunnel collapses in swelling clay zones, tunnels and tunnelling, january, pp 55-58.*
- Shimamoto, T., Logan, J.M., 1981, Effects of simulated clay gouges on the sliding behavior Tennessee sandstone, Tectonophysics 75, pp 243-255.*
- Skempton, A.W., 1953, The colloidal activity of clays. Proc. 3 rd Int. conf. soil mech. found eng. Zurich, vol.1, pp 57-61.*

Ö NORM B 2203 KAYA KÜTLE SINIFLAMASI VE ANADOLU OTOYOLU BOLU TÜNELİNE UYGULAMASI

Süleyman DALGIÇ ve Ali Malik GÖZÜBOL

I.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

Orhan ŞİMŞEK

Geoconsult consulting Engineers sterneckstr 50-52, Salzburg/Avusturya

ÖZET: *Tünel mühendisliğinde son yıllarda yaygın olarak Ö NORM B 2203 kaya sınıflaması kullanılmaktadır. Ö NORM B 2203 sınıflandırma sistemi, Rabcewicz-Pacher (1974) kaya sınıflamasının NATM'ye göre geliştirilmiş şeklidir. Bu sınıflamada kayalar jeoteknik davranışlarına göre başlıca stabil, kırılgan ve sıkışan kaya kütlesi olarak adlandırılmıştır. Bu sınıflandırma sistemi, amprik ve gözlemlsel olduğu için diğer amprik yöntemlere göre (*Q*, *RMR* ve *RSR*) bazı avantajları bulunmaktadır.*

Bolu tünel güzergahı, paleotektonik dönemdeki bindirmelerin ve neotektonik dönemdeki Kuzey Anadolu Fay zonunun varlığından dolayı önemli ölçüde ezik zonlar içerisindeinden geçecektir.

Anadolu otoyolu Bolu tüneli Yeni Avusturya Tünel Açma yöntemine göre (NATM) açılmaktadır. Tünelde Ö NORM B 2203 kaya sınıflamasına göre de, stabil, kırılgan, ve sıkışan kaya kütlesi grubları bulunmaktadır.

Ö NORM B 2203 ROCK MASS CLASSIFICATION AND ITS APPLICATION TO BOLU TUNNEL, ANADOLU MOTORWAY

ABSTRACT: *In recent years Ö NORM B 2203 rock classification has been used in tunnel engineering. The classification system is an improved form of the Rabcewicz-Packer (1974) classification to NATM. In this classification, the geological behaviours of rock bodies are stated as stable, brittle and squeezing. This classification system has some advantages over the empirical (*Q*, *RMR* and *RSR*) methods, because it is both empirical and observational.*

The Bolu tunnel route passes through highly crushed zones, which have resulted from paleotectonic thrusts and North Anatolian Fault, which developed during the neotectonic period.

The Bolu tunnel of Anadolu motorway is also excavated depending on NATM. According to Ö NORM B 2203 rock classification, the groups of stable, brittle and squeezing rock bodies are found along the route of the tunnel.

1. GİRİŞ

Bu çalışmada, son yıllarda ülkemizde açılan otoyol tünellerinde kullanılan Ö NORM B 2203 adlı yeni bir kaya kütlesi sınıflandırılması tanıtılmıştır. Bolu otoyol tüneli açılımında da bu sınıflandırma sistemi kullanılmaktadır. Bolu tünel kazısı, bu çalışmanın yapıldığı zamanlarda yaklaşık 1/3'ü açılmış durumdadır. Bu çalışma ise, tünel açılmadan önce yapılan araştırmalara göre hazırlanmış ve tünel açılımı ile denetlenmeye başlanmıştır.

Ö NORM B 2203 kaya sınıflaması empirik ve gözlemsel sınıflandırma sistemidir. Sınıflandırma sistemi Rabcewicz-Pacher (1974) kaya sınıflandırma sisteminin, Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminin (NATM) gereksinim ve ilkelerini uygulamaya geçirmek için geliştirilmiş şeklidir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan diğer kaya sınıflamaları ve karşılaştırmalı dökümü de Tablo 1'de verilmiştir (Vardar, 1992).

Tablo 1. En yaygın kaya sınıflamalarının karşılaştırmalı dökümü (Vardar, 1992)

MJKM SINIFI	I A	B	2 C	D	E	3 F	G	4 H
NATM Ö-Norm 2203	1 SAĞLAM	2 Zamanla Kirilgan	3 Az Kirilgan	4 Kirilgan veya az baskılı	5 Çok kirilgan veya baskılı	6 Çok baskılı	7 Akıcı	
NATM Eski	I Sağlam zamanla az kirilgan	II Kirilgan	III Çok kirilgan	IV Baskılı	V Çok baskılı	VI Akıcı	VII Özel Hal	
Q	Çok mükemmel	> 100 Mükemmel	100 Çok iyi	40 iyi	10 Orta	0.4 I	0.1 Kötü	0.001
RMR	100 Çok iyi	1 I	80 iyi	60 Orta	3 3	40 Kötü	4 4	<20 Çok kötü
Terzaghi	I	2	3	4	5	6	7	8
Yeni Terzaghi			0.25	0.4	1.2	1.5	6	
DEER	90 Çok iyi	75 iyi	50 Orta	35 Zayıf	25 Zayıf	15 Çok zayıf	5 0	

Bu sınıflamalar kaya ortamını farklı özelliklerine göre derlenen veriler yardımcı ile tarif eder ve destekleme sistemlerini önerir. Bu sınıflamalardan Wickham vd., (1972) tarafından önerilen RSR, Bieaniawski tarafından geliştirilen (1973, 1979 ve 1989) RMR ve Barton vd., (1974)'ün Q sınıflama sistemleri en önemlileridir. Bu sınıflamalarda, genellikle kişilere bağlı jeolojik gözlem ve ölçümler yapıldığından kaya ortamını temsil eden gerçek değerler saptanamamaktadır. Ö NORM B 2203'ün bu sınıflandırmalara karşı ise avantajları şöyle sıralanabilir (Geoconsult, 1994):

-Kazı dolayındaki kaya kütlesi ve uygulanan destek sistemlerinin, gerçek davranış değerleri alınmakta ve tanımlanmaktadır.

-Yerinde yapılan Jeoteknik ölçümler, ilerleme uzunlukları ve destek sistemlerinin performansı, diğer sınıflamalarda kullanılan jeolojik gözlemlere göre daha güvenilir kriterlerdir.

-Tünel profilini etkileyen jeolojik yapılar, stabilité ve işçi güvenliğini etkilemekle birlikte, ölçüm sonuçları ile tamamıyla tanımlanabilmektedir.

-Ölçüm sonuçları ve yorumu, destek sistemlerinin kullanımı ve kazılan tünelin stabilitesi hakkında bilgi vermektedir. Gerekli destek sistemlerinin takviyesi zaman içerisinde yapılabilmektedir.

İksa seçimi yönünden kaya kütlesi sınıflamaları incelendiğinde ise ayrıntılı yaklaşım Q sisteminde gözlenir. Q sisteminde Kazı eni (B) / Kazı destek oranı (ESR) faktörü yardımıyla tavan ve duvar için ayrı iksa tipleri önerilir ve bu sınıflamada 38 iksa sınıfı bulunmaktadır (Barton vd., 1974). Ö NORM B 2203 sınıflama sisteminde ise 6 çeşit iksa sistemi yer almaktadır. Ancak, gerekli kaya ortamlarında, jeoteknik ölçüm sonuçlarına göre, bu iksa sistemleri modifiye edilebilmektedir.

2. BOLU TÜNEL GÜZERGAHININ JEOLOJİSİ

Anadolu Otoyolu Bolu tünel güzergahında en yaşlı birim, başlıca amfibolit, gnays, metadiyorit, metakuvarsdiyorten oluşan Prekambriyen yaştaki, Yedigöller formasyonudur. Bu birimin üzerinde tektonik dokanakla, Devoniyen yaşında fillit, sleyt, şeyl, kuvarsit ve Çatak kireçtaşı üyesinden oluşan İkizoluk formasyonu yer almaktadır. Tünel güzergahına yakın alanlarda Üst Kretase, kaotik bir topluluk olan Abant karmaşığı ile başlar. Bu topluluk içerisinde karmaşıkla yaşıt veya daha genç intrüzif Elmalık granitoidleri yerleşmiştir. Üst Kretase sonu breşik mermer ve sleytten oluşan Atyayla formasyonu ile kumlu kireçtaşı, karbonatlı kumtaşından Bayramışlar formasyonu tarafından temsil edilmektedir. Bu birimlerin üzerinde Paleosen-Alt Eosen yaşlı kumlu kireçtaşı, karbonatlı kumtaşı, breşik çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltaşı, marn ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan Fındıçak formasyonu bulunmaktadır. Orta-Üst Eosen yaşı kil, kiltaşı, killi kireçtaşı, jips, marn ardalanmasından oluşan Apalar formasyonu ile temsil edilir. Güzergahın en genç birimi Pliyosen yaşı siltli kil, killi silt, çakılı kum'dan oluşan Asarsuyu formasyonudur.

Tünel güzergahındaki bindirmeler ve Kuzey Anadolu Fay zonundaki yanal atımlı faylar, inceleme alanında gözlenen ana tektonik unsurlardır. Üst Kretase sonrasında bölgenin sıkıştırıcı bir kuvvet rejiminin etkisi altına girmesiyle güneyden kuzeye doğru itilmeler olmuş ve ekaylı bir yapı oluşmuştur. Bu gelişme Üst Miyosen'e kadar devam etmiştir (Yılmaz vd., 1981). Üst Miyosen'den günümüze kadar geçen dönemde ise, Kuzey Anadolu Fay zonu ile ilgili doğrultu atımlı faylar ve bu faylarla ilgili yapısal unsurlar gelişmiştir. Bölgede ve inceleme alanında paleotektonik yapıların izleri, bindirmeler dışında, Kuzey Anadolu Fay zonunun gelişimine neden olan hareketler ile büyük ölçüde kaybolmuştur. Neotektonik dönemde ilişkili yapının güncel anlamda egemen olduğu görülmektedir (Dalgıç 1994).

Tünel ekseni boyunca yer alan kaya birimleri, çok düşük ve düşük dayanımlı olup, orta-yüksek modül oranına sahiptirler. Tünel güzergahı boyuncada yeraltısu düzeyi ve su boşalımlarının bindirme, fay, eklem ve kırık zonlarına bağlı olarak değişmesi beklenmektedir.

3. Ö NORM B 2203 KAYA SINIFLAMASI

Ö NORM B 2203 kaya sınıflaması, ampirik ve gözlemlsel sınıflandırma sistemidir. Bu sınıflandırma sistemi Rabcewicz-Pacher (1974) kaya sınıflandırma sisteminin, Yeni Avusturya Tünel Açıma Yönteminin (NATM) gereksinim ve ilkelerini uygulamaya geçirmek için geliştirilmiş şeklidir. Bolu tüneli kaya sınıflamasında da bu sistem kullanılmaktadır. Bu yeni sınıflandırma sistemi bütünüyle ampirik tasarım olmayıp, aynı zamanda gözlemlsel bir yöntem olup, tünel verilerinin tasarımını da kapsamaktadır. Yerinde yapılan jeomekanik ölçümlerin amacı ise (nívelman, deformasyon, gerilme, uzama, kaya bulonu ve ankrat ölçümleri gibi), yeraltı kazılarındaki stabilite şartlarını izleyerek, iksa sistemlerini belirlemeye yöneliktir. Proje kapsamında kayaların Avusturya standartı Ö NORM B 2203'e göre tanımlanması aşağıdaki maddeleri içermektedir:

- Tünel eksenine göre kaya birimlerinin kalite ve yapısal özelliklerinin belirtilmesi
- Tünel içindeki hava ve suyun, kazı ile açılığa çıkan kayaçları dayanım ve davranış özelliklerine etkisi
- Her kaya sınıfının beklenen ortalama miktarları
- İksabirimlerini yerleştirmearalıkları
- Kazının olası metodları, tam ayna veya kısmı kazı, ilerleme uzunlukları
- Beklenendeformasyonlar
- Karşılaşılan su akımı, gaz ve diğer sorunlarla ilgili beklenen maliyetler

Avusturya standartı Ö NORM B 2203'e göre A, B, C olarak gösterilen üç kaya grubu dikkate alınarak sınıflama yapılmaktadır. L sınıfı ise gevşek kayalarda ve zeminlerde tünel açmayı temsil etmektedir. Her kaya kütle grubunun içerisinde de A1, A2, B1, B2 gibi iki alt grup bulunmaktadır (Tablo 2).

Tablo 2. Ö NORM B 2203 kaya sınıflaması

	Kaya Tipi	Kazı Tekrarlığına İksanın Etkisi	Genel İksa Gereksinimleri
A1	sağlam kaya	yok	yok
A2	zamanla kırılgan	önemsiz duraksamalar	tavan iksası
B1	az kırılgan	kısmen duraksamalar	tavan iksası
B2	kırılgan, az baskılı	oldukça duraksamalar	tavan ve duvar iksası
C1	çok kırılgan baskılı	duraksamalı	tavan ve duvar, gerekiyorsa taban iksası
C2	çok baskılı	duraksamalı	tavan, duvar ve taban kazı iksası eğer gerekiyorsa ayna iksası
L	akıcı zemin	duraksamalı	özel iksa gereksinimleri ilave ölçümler

Bu sınıflamaya göre A kaya grubu, genelde duraylı olup elastik davranış göstermektedir. B gevrek kaya kütlelerini göstermekte olup davranışları, genelde hızlı gevşeme ve kopma eğilimindedir. C basınç yaratan kaya kütleleridir. Bu sınıfındaki kayalarda, kaya kütlesinin aşırı gerilmesi, kabarıp dökülmeye, burkulmaya, kesmeye ve boşluğa doğru plastik bir hareketle kayma mekanizmalarına yol açmaktadır. L sınıfı, ayrılmış ya da parçalanmış kaya ile zeminlere uygulanmaktadır. Bu sınıfındaki kaya veya zeminlerin davranış ve desteksiz kalma süresini, önemli ölçüde su akışı belirlemektedir. Ö NORM B 2203 kaya sınıflamasının ayrıntılı tanıtımı aşağıda sunulmuştur.

A1 Sınıfı kaya kütesi: Sağlam kaya kütlesi olarak adlandırılır. Kaya kütlesi elastik davranış gösterir. Deformasyonlar küçütür ve hızla azalmaktadır. Patlamadan sonra yerinden oynayan kaya parçalarının alınmasından sonra düşmeler olmamaktadır. Suyun kaya kütlesinin davranışını üzerine etkisi bulunmamaktadır.

A2 sınıfı kaya kütlei: Zamanla kırılınan kaya kütleleridir. Kaya kütlelerinin süreklişılıkları ve kendi ağırlığının neden olduğu kopma eğilimleri, tünel tavanında veya duvarların üst bölümünde görülmektedir.

B1 sınıfı kaya kütesi: Az kırılınan kaya kütlesidir. Kaya kütlesinin büyük bir kısmı elastik davranış göstermektedir. Deformasyonlar küçük olup hızla azalmaktadır. Süreksizlik dağılımını izleyen düşük kaya kütlesinin dayanımı, tünel tavanında ve yan duvarların üstünde kopmalara ve kayanın gevşemesine neden olmaktadır.

B2 sınıfı kaya kütesi: Kırılınan, az baskılı kaya kütlesi olarak adlandırılmaktadır. Bu tür kaya kütleleri içerisinde elastik olmayan zonlar bulunmaktadır. Tünel iksasının hemen konulması halinde deformasyonlar düşük seviyede tutulmakta ve hızla sönmektedir. İksanın geç konulması ya da yetersiz miktarda olması, derin gevşemeye ve ön iksanın aşırı yüklenmesine yol açmaktadır. Bu sınıfındaki kayaların desteksiz durma süresi ve ilerleme mesafesi kısıdadır. Tavan, yan duvarlar ile aynanın derin ve ani çökmeleri olasıdır. Ayrılmış ve ayrılmış kaya kütleleri içerisinde fazla su akışı kaya dayanımı üzerinde önemli etkiler oluşturmaktadır.

C1 sınıfı kaya kütesi: Çok kırılınan, baskılı kaya kütlesi olarak adlandırılmaktadır. C1'i çevreleyen kaya kütlesinin içerisinde nüfuz eden plastik zonlar bulunmaktadır. Bu zonlardaki kaya yapısı kabarıp dökülmeye, burkulmaya, kesme ve kırılma gibi kayma mekanizmalarına yol açmaktadır. Bu nedenle kayalar zamana bağlı olarak boşalma davranışını ya da kaya patlaması eğilimi gösterirler. Kaya patlaması dışında deformasyonlar yavaşça sönmektedir. Boşluk çevresindeki deformasyonların miktarı ve hızı orta derecededir. Sıvı ve asılı suların kaya kütlesi üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır.

C2 sınıfı kaya kütesi: Çok baskılı kaya kütleleridir. Bu sınıfında derin kayma zonlarının önemli ve hızlı hareketi, çok yavaş azalan deformasyonlara neden olmaktadır. İksa elemanları sık sık aşırı gerilmelere uğramakdadır. Suyun kaya kütlesi üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır.

L1 sınıfı kaya kütesi: Yüksek kohezyonlu, rezidüel oluşumlu, kısa dönemli duraylı

zemin kütlesidir. Kemer ve aynada iksasız açıklıklar sınırlı bir süre duraylı kalmaktadır. Basınçlı su akımlarının zemin davranış ve özellikleri üzerinde olumsuz etkisi vardır. Düşük reziduel kesme mukavemetine sahip olan bu tür zeminlerde stabilitenin kontrolü, çok dikkatli kazı, jeoteknik ölçümler ve uygun iksa ile mümkündür.

L2 sınıfı kaya kütlesi: Düşük kohezyonlu kısa dönem duraylı kaya kütleleridir. Kazı ile aynı anda, aynaya püskürtme betonu gerekmektedir. Zemin davranışları ve özellikleri üzerinde basınçlı su koşullarının önemli etkisi söz konusudur. Bu sınıfındaki kayalarda veya zemin koşullarında kazı aynası mümkün olduğu kadar küçük tutulmaktadır. Bu sebeple, iki yan galeri ile kazı başlayıp iksalandıktan sonra üst yarının ortası ve alt yarı kazısının ortası kazılmakta ve hemen iksalama yapılmaktadır. Bu yöntemle kazı alanının küçük olmasından dolayı stabilite kontrol altına alınmaktadır.

Bolu tünelinde Ö NORM B 2203'e (1992) göre Yedigöller formasyonun kaya kütlesi, başlıca az kırılgan (B1), az oranda kırılgan-az baskılı (B2) sınıfında bulunmaktadır. Zamanla kırılgan (A2) sınıfında tünel içerisinde bazı kesimlerde Yedigöller formasyonuna ait litolojiler bulunmakla birlikte yapısal unsurlar kaya sınıfını az kırılgan (B1)'e daha yakın duruma getirmiştir. İkizoluk ve Fındıçak formasyonlarının bindirme ve fay zonlarından uzak kesimlerinde az kırılgan (B1), kırılgan-az baskılı (B2), çok kırılgan baskılı (C1) sınıfında kaya kütleleri bulunmaktadır. Fay ve bindirme zonlarında bulunan aşırı çatlaklı kırıklı kayaların farklı türlerine, kaya patlamasına eğimli alanlar ile şisme sıkışma unsurlarının bulunduğu kesimlere çok kırılgan-baskılı (C1), çok baskılı (C2) sınıfı uygulanmıştır. Akıcı zemin (L) sınıfındaki faylı ve şisen kesimler için ise tünelin Elmalık girişi dolayındaki Apalar formasyonu için saptanmıştır. Kaya ve zemin sınırlandırma oranı olaraka tünelde yaklaşık % 14.41 B1, % 29.25 B2, % 20.54 C1, % 19.11 C2, % 9.19 L2 ve % 7.5 L1 sınıfında kaya kütlesi beklenmektedir.

4. KAZI YÖNTEMLERİ

Ö NORM B 2203'e göre A1 sınıfındaki kayalarda teorik olarak kazı tam kesit olarak yapılabilmektedir. Uygulamada ise üst ve alt kademe kazısı şeklinde iki bölümde yapılmaktadır. Kazı için delme-patlatma gerekliliğinin olmamasıdır. Sarsıntısız patlatma (düz kesme) gereği, ilerleme uzunluğunu sınırlıtmaktadır. A2 sınıfındaki kayalar da A1 sınıfındaki kayalarla benzerlik göstermektedir. İlerleme uzunluğu sarsıntısız patlatma gereği üst kazıda 2,5-3,5 m alt kademedede 4,0 m'ye kadar inmektedir.

B1 sınıfındaki kayalarda kazı, üst ve alt kademe olarak ikiye bölünmektedir. İlerleme uzunluğu üstte 2,0 ile 3,0 m, alt kademedede 4,0 m arasındadır. Kazı için delme-patlatma gerekmektedir.

B2 sınıfında üst ve alt kademe şeklinde iki ayrı kazı yapılmaktadır. İlerleme uzunlukları üstte 1,5 ile 2,5 m arasında, alt kademedede 3,5 m den fazla olmamaktadır. Genelde kazı sarsıntısız patlama ile yapılmaktadır. Titreşime karşı hassas olan kaya kütleleri ekskavatör ile kazılmaktadır.

C1 sınıfındaki kayalarda üst, alt ve taban kademe kazısı ayrı ayrı yapılmaktadır. İlerleme uzunlukları üst kazıda, 1,0 ile 1,5 m arasında, alt kademe kazısında ise 2,0 m kadardır. Kazı sarsıntısız patlatma yada köstebek ile yapılmaktadır.

C2 sınıfındaki kayalarda üst, alt ve tabanda ayrı kazı yapılmaktadır. Üst kazı aynasında bazı durumda iksa gerekli olmaktadır. İlerleme uzunlukları üst kazıda 1,2 m'yi ve alt kademe kazısında 2,0 m'yi geçmemektedir. Kazı sarsıntısız patlatma, ya da tünel ekskavatörü ile yapılmaktadır.

L1 sınıfındaki zeminlerde üst, alt ve tabanda ayrı kazı yapılmaktadır. Birçok durumda üst kazı aynasında iksa gerekli olmaktadır. İlerleme uzunlukları üst bölümde 1,5 m'yi, alt kademe kazısında 3,0 m'yi geçmemektedir. Tünel kazısı ekskavatör ile yapılmaktadır. Bazı durumlarda blokların ya da yer yer sert kaya kısımlarının patlatılması gerekmektedir.

L2 sınıfındaki zeminlerde aynada stabilite sorunlarını giderebilmek için yan galerilerde kademeli kazı gerekmektedir. İlerleme uzunlukları üst kazıda 1,2 m'yi ve alt kademe kazısında 2,0 m'yi geçmemektedir. Tünel kazısı ekskavatör ile yapılmaktadır.

Bolu tünelinde kazı için farklı litolojik, yapısal ve jeoteknik özelliklere sahip birimlerin dağılımı aşağıdaki gibi saptanmıştır.

1. Tunelin yaklaşık 800 m'si (% 24.52) Yedigöller formasyonunda, 1040 m'si (%32.00) İlkizoluk formasyonunda, 270 m'si (% 8.27) Çatak üyesinde, 160 m'si (%4.9) Atyayla formasyonunda, 120 m'si (%3.67) Elmalık granitoidinde, 230 m'si (% 7.05) Fındıcak formasyonunda, 640 m'si (% 19.65) Apalar formasyonunda kazılması beklenmektedir.

2- Ezilmiş ve faylı zonlar toplam 1633 m (%50) dolayında olacaktır. Bu zonlar içerisinde kalan düşük nitelikli, çok kırıklı ve çatlaklı bölgelerin toplam uzunluğu 680 m (% 20) kadardır.

3- Magmatik kökenli andezit ve diğer dayıkların geçileceği toplam uzunluk 23 m dolayındadır.

Bu birimlerin kazısı Ö NORM B 2203'ün kaya sınıflarına göre delme, sarsıntısız patlatma ya da mekanik metodlar (el aletleri, ekskavatör) ile yapılacaktır. Kazıyı çevreleyen kaya kütlesinin çözülme, düşme, dökülmesini önlemek için ve ilk kaplama üzerindeki etkilerini sınırlamak amacıyla karşılaşılan koşullara göre özel iyileştirme yöntemleride geliştirilecektir.

5. İKSA SİSTEMLERİ

Ö NORM B 2203'te NATM'nin teknik ve tasarımları göz önünde alınarak iksa sistemleri uygulanmaktadır. Tünel içerisinde uygulanacak iksanın tip ve miktarı Ö NORM B 2203'te kabul edilen kaya sınıflandırmasına doğrudan bağlı olmaktadır. Öngörülen kaya durumundan farklı kaya sınıfı belirlenmesi halinde gerekli değişiklikler ve düzenlemeler yapılmaktadır. Uygulamada iksa sınıfları, sıradaki kazının başlamasından önce kayanın görünüşüne göre kazı aynasında belirlenmektedir. Benzer kaya şartları

altındaki jeoteknik ölçümlerin sonuçları yardımcı olarak kullanılmaktadır. Tüm kazı boyutu ve kaya şartlarına bağlı olarak, kademeli kazı gerekli olabilecek alanlar sınıflandırmayı etkilemektedir. Normal olarak kazı üst, alt ve taban kazısı şeklinde kademelere ayrıldığı takdirde üst kazının kaya şartları tüm kayanın sınıflandırılması için yeterli olabilmektedir. Kazı kademelerinin yan galerilerle yapılması halinde her bir yan kazı bağımsız olarak düşünülmekte ve buna göre sınıflandırma yapılmaktadır. Ö NORM B 2203'e göre kaya sınıfına bağlı olarak iksa konulması ve zamanlaması ise aşağıdaki gibi olmaktadır.

A1 sınıfındaki kaya için iksa konulmasına gerek bulunmamaktadır.

A2 sınıfı kaya için tünel tavanında ve yan duvarların üzerinde iksa gerekmektedir. Hemen desteklenmesi gereken düşme eğilimindeki alanlar dışında aynanın gerisine bir ilerleme boyundan daha sonra olmamak kaydıyla kaya bulonları gerekmektedir. Kaya bulonlarının yönleri, süreksizliklerin dağılımına ve lokal stabilité probleminin görüldüğü alanlara göre uygulanmaktadır.

B1 kaya sınıfında üst yarı ve tabanda sistematik bir iksa modeli gereklidir. İksa, ayna gerisinde, bir ilerleme hızından daha geç konulmamaktadır. Tehlikeli yerler hemen desteklenmektedir.

B2 kaya sınıfında tünel tavanı ve yan duvarların iksası, aynanın bir ilerleme boyundan hemen sonra gerekmektedir. Yer yer borulu ve enjeksiyonlu süren (ön kazıklar) gereklidir. Jeoteknik gereksinimlere uygun olarak dökme taban kemeri alt kademe aynasından 150 m'den fazla geride olmamak üzere gerekmektedir.

C1 kaya sınıfındaki tünel iksasının tümü, üst yarı aynası fazla ilerlemeden sistematik olarak tatbik edilmektedir. Tüm tavanda borulu ve enjeksiyonlu sürenler gerekmektedir. Sürenlerin yerleştirilmesi ile kazı ve patlatmadan sonra kaya kütlesinin ayna ya da tavanına gelecek olumsuz etkiler giderilmektedir. Kaya kütlesinin özelliklerine uygun olarak taban kemерinin, üst kazı aynasından 100 ile 150 m daha geride olmamak üzere yapılması gerekmektedir.

C2 kaya sınıfında tüm tünel iksası sistematik olarak, üst ve alt kademe kazının daha fazla ilerlemesinden önce uygulanmaktadır. Sürenler tüm tavan kesitinde gereklidir. Bölünmüş en kesitler ve üst kazının çelik iksa ile desteklenmesi gerekmektedir. Taban kemerinin yapılması üst yarı kazısından 25 ile 50 m daha geride olmamak üzere düzenlenmektedir.

L1 kaya sınıfında tüm tünel iksası, üst ve alt kazı aynalarında uygulanmaktadır. Tavan kesitinin büyük kısmında sürenler gereklidir. Kazıdan hemen sonra püskürtme beton ile kaplama yapılması gerekmektedir. Çelik iksa sistemi tünel tavan kesitinin büyük kısmında kullanılmaktadır. Üst yarının kazılmasıyla aynı anda püskürtme betonu tatbikatı gereklidir. Jeoteknik gereksinimlere göre taban kazısı, üst yarı kazısından 100 ile 150 m'den daha geride olmamak üzere düzenlenmektedir.

L2 kaya sınıfında tüm tünel iksası, üst kazı ve alt kazı ilerlemelerinde gereklidir.

Püskürme beton uygulanması kazı bölgeleri ile aynı zamanda yapılmaktadır. Üst kazı sırasında aynanın bölgeleri geçici olarak desteklenmesi gerekli olabilmektedir. Taban kazısı üst kazıdan 25 ile 50 m kadar daha az olmamak üzere düzenlenmektedir.

6.SONUÇLAR

Son yıllarda ülkemizde inşa edilen otoyol tünellerinde Ö NORM B 2203 kaya kütesi sınıflaması kullanılmaktadır. Bu sınıflama yöntemi amprik-gözlemsel bir sınıflandırma sistemi olduğu için diğer kullanılan amprik yönteme dayalı sınıflandırmalara (Barton, vd., 1974- Bieniawski, 1973, 1979, 1989) göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Çünkü bu sınıflama yönteminde, inşa sırasında tünel davranışının izlenmesi ve ilerleyen projedeki destek seçimi veya değiştirilmesi gibi gözlemler üzerinde dayandırılması avantajları bulunmaktadır.

Ö NORM B 2203 sınıflamasında kaya ve zeminler ana hatlarıyla stabil, kırılgan, sıkışan olarak sınıflandırılmaktadır. Stabil kayalarda graviteye bağlı, lokal dökülmeler görülmektedir. Kırılgan kayalarda kaya düşmeleri, gravite ve süreksızlıkların kinematik özellikleri ile ilgili olarak gelişmektedir. Sıkışan kayalarda ikincil gerilmeler kayanın mukavemetini aşarak kırılmayı oluşturmaktadır.

Stabil kayalarda gerekli iksa, personelin ve ekipman güvenliği ve tünel yüzeyinin düzgünliğini sağlamak için gerekmektedir. Kırılgan kayalarda ani ve sistematik iksa gerekli olmaktadır. Zamanında iksa yerleştirilmediği takdirde dökülmeler olmaktadır. Sıkışan kaya davranışında ani ve sistematik iksa son derece gerekli ve önemlidir.

Anadolu otoyolu Bolu tunelinde de stabil, kırılgan ve sıkışan kaya grupları bulunmaktadır. Bu kayaların oransal dağılımı ise; % 43.66 stabil % 39.65 kırılgan ve % 16.69 sıkışan olarak belirlenmiştir.

7. TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu makalenin hazırlanmasına imkan sağlayan Anadolu Otoyolu Gümüşova-Gerede otoyolunun yapıcısı Astaldi spa firmasına teşekkür ederler.

8. KAYNAKLAR

- Barton, N., Lien, R., and Lunde, J., 1974, *Engineering classification of rock masses for design of tunnel support. Rock Mech.*, 6 (4): 189-236.
- Bieniawski, Z.T., 1973, *Engineering classification of jointed rock masses. Trans. S. Afr. Inst. Civ. Eng.*, 15: 335-344.
- Bieniawski, Z.T., 1979, *The geomechanics classification in rock engineering applications. ISRM Proc. 4 th Int. Congr. Rock Mechanics, Montreux. Balkema, Rotterdam. Vol. 2: 41-48.*
- Bieniawski, Z. T., 1989, *Engineering Rock Mass Classification. McGraw Hill, New York, N.Y., 237 pp.*
- Dalgıç, S., 1994, *Anadolu Otoyolu Bolu dağı geçişinin mühendislik jeolojisi; İÜ Fen*

- Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), 213 s.
- Geoconsult/Tekfen Impresit J.V., 1994, *Training lectures on engineering geology and NATM tunneling*.
- Ö NORM B 2203, 1992, *Untertagebauarbeiten-Werkvertragsnorm*.
- Rabczewicz, L.V., Pacher, F., Golseer, J., 1974, *State of rock mass classification in tunneling (in German)*.
- Vardar, M., Bayraktar, H., 1992, *Tünel mühendisliğinde eski ve yeni kaya sınıflamalarının kayaçların post failure davranışındaki yeri; İTÜ zemin mekaniği ve temel mühendisliği dördüncü ulusal kongresi*.
- Wickham, G., Tiedman, H., R., and Sinner, E.H., 1974, *Ground support prediction model -RSR concept. Proc. of North American Rapid Excavation and Tunneling Conference, San Francisco, California, Vol. 1, 691-708.*
- Yılmaz, Y., Gözübol, A.M., Tüysüz, O., Yiğitaş, E., 1981, Abant (Bolu) - Dokurcun (Sakarya) arasında Kuzey Anadolu Fay zonunun kuzey ve güneyinde kalan tektonik birliklerin jeolojik evrimi. *IÜ yerbilimleri der. 2., s. 231-261.*

**AKNERİ TEPE-DEVECİKONAĞI (M.K.PAŞA-BURSA) CİVARı
GRANIT-MERMER KONTAŞININ JEOLOJİK-PETROGRAFİK
İNCELENMESİ**

Bektaş UZ ve Recep H. EREN

I.T.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

ÖZET : "Çataldağ-Aldağ" masifleri arasında, Devecikonağı, Kepsut, Susurluk, Dursunbey yerleşim merkezleri ile sınırlanan alan içinde granit ve metamorfik kayaç toplulukları yüzeylenir.

İnceleme alanı, bu masifler arasında Sarımustafalar Köyü Akneri Tepe civarında 5 km²'lik bir yüzeye sahiptir. Bölgesel ölçekte, temelde gnays, mikäist, anfibolitler, tiste doğru yeşilist ve mermeler yer alırlar. Bu metamorfik birim Permiyen kireçtaşlarıyla uyumsuz olarak örtülüdür. Bunları kesen daha genç (bir granitik) sokulum (120m x 300m) biotitli alkali granit türündedir. Bu granitik sokulum mermelerle olan kontaklarında cevherli skarn zonlarının oluşumlarına, ayrıca mermelerde yeniden kristalleşmelere neden olmuştur. Skarn zonunda izlenen mineral parajenezi 'Epidot-Gröna-Tremolit' birligi ile sınırlanır. Yaklaşık 20 m genişliğindeki "Skarn Zonu" zonlu bir yapı gösterir. Bunlar, granitten itibaren silisifiye aplit, Epidot-Gröna, Steril granit, 1 m'lik cevherli zonlardır. Mermelere geçişte Epidot-Gröna ile, Kalsit zonları arasımlı bir biçimde devam eder.

Birbirine paralel olan iki cevherli zonda, Zn (%4,58), Cu (%4,8), Pb (%1) ile birlikte Ag (6 gr/ton), Au (2 gr/ton) kıymetli metalleri içeren bir mineralizasyon gelişmiştir. Ayrıca, önemli olabilecek tenörlerde, Ni, Co, Cd, V, U, Th, Bi, Sb, As, Be gibi iz ve nadir toprak elementleri de bulunmaktadır. Suçaklı Dere'sinde yüzeylenen, granit sokulumu kontağında yer alan mermeler, %98 oranına varan kalsit içeriği (saflığı) nedeniyle, burada aynı zamanda önemli bir endüstriyel ham madde potansiyelinin varlığı dikkat çekicidir.

**GEOLOGICAL AND PETROGRAPHICAL INVESTIGATION OF THE
GRANITE-MARBLE CONTACT AROUND AKNERİ HILL-
DEVECİKONAĞI, MUSTAFAKEMALPAŞA-BURSA**

ABSTRACT : A metamorphic rocks and granites are exposed in the area situated between Çataldağ and Aldağ massifs and limited by Devecikonağı Kepsut-Susurluk and Dursunbey. The area studied comprises 5 km² at the Sarımustafalar village and Akneri Hill. From bottom to top, the metamorphic sequence is composed of gneisses,

micaschists amphibolites, greenschists and marbles. This sequence which is considered to be the basement is unconformably overlain by Permian Limestones. These rocks altogether have been later intruded by granites (120x300m). These granites are of biotite alkaline type and caused development of a skarn zone containing various ores along the contact of marbles. The skarn in general, shows epidote-garnet-tremolite association. This skarn of twenty meters width has a zoned structure composed of silicified aplites, epidote-garnet, sterile granite, metallic ore of one meter thickness zones. On the side of marbles epidote garnet zone is observed alternating with marbles. In the two ore zones which are parallel to each other, 4,58% Zn, 4,8% Cu, 1% Pb, 6 gr/t Ag and 2 gr/t Au metates are present. Besides, Ni, Co, Cd, V, U, Th, Bi, Sb, As, Be, REE are also present in various amounts.

The marbles also from an important industrial material with 98% calcite.

1. GİRİŞ

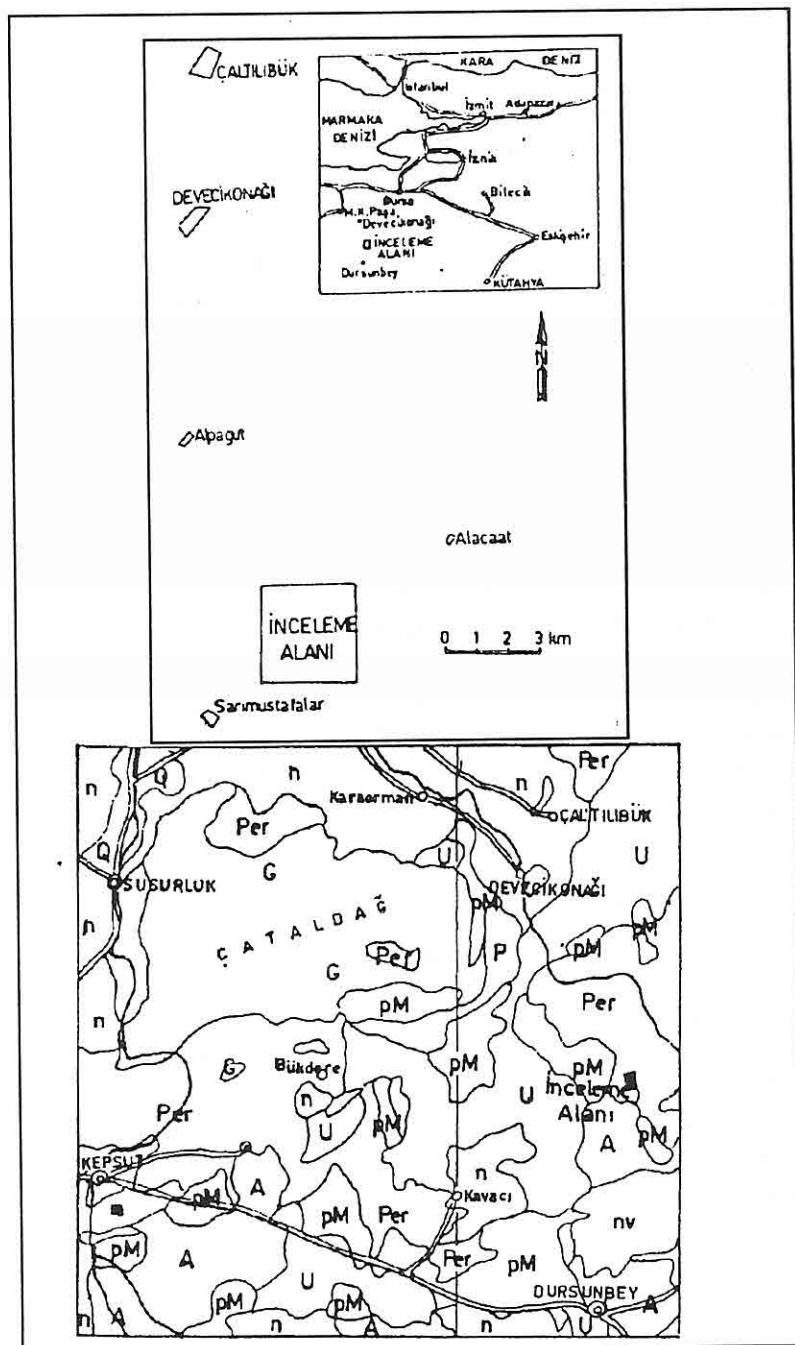
İnceleme alanı, M.Kemalpaşa (Bursa) yöresi Çataldağ-Aldağ arası metamorfik granitik masifleri arasında yer alır. Metamorfik serileri kesen granit kütlesi, kontakta bulunan Permokarbonifer yaşı mermerlerle ilintili olarak cevherli skarn zonu oluşturmuş, yeniden kristalleşmelerle neden olmuştur. Bunlar, mermerlerde ikincil kristalleşmeler ve kontakt mineralleri (gröna, epidot, tremolit gibi) ile cevher zonları şeklinde izlenmektedir.

İnceleme alanı içinde yer alan çeşitli formasyonlar granit, metamorfik kayaçlar ve bunlarla ilintili sergilenen jeolojik ve petrografik özelliklerini ortaya koymak amacıyla bölgenin jeoloji haritası, çeşitli birimlerden alınan sistematik örneklerin petrografisi ile kimyasal analizleri yapılmıştır.

Granit-mermer kontağında var olan skarn zonu ayrıntılı incelenerek, çeşitli mineral-cevher zonları ortaya konmuştur.

2. COĞRAFİ ÖZELLİKLER

İnceleme alanı M.Kemalpaşa (Bursa)-Devecikonağı civarı (Şekil-1) Sarımustafalar Köyü sınırları içinde yer alır. Büyük ölçekte Devecikonağı-Kepsut-Susurluk-Dursunbey ile sınırlanan saha, Çataldağ - Aldağ masifleri temelde granitik ve metamorfik kayaç topluluklarından oluşmaktadır. İnceleme alanı yüzey şekilleri yönünden oldukça engebelidir. Yaklaşık olarak 700-1100 m yükseltileri arasında bulunan yörede önemli tepeler: Akneri Tepe (1027 m), Tokmaklı Tepe (1100 m) ve Çaltarla Tepe sayılabilir. Bunlar arasında yer alan en önemli vadi Suçaklı Dere ile yan kollarıdır. Bitki örtüsünün (Ormanlık) oldukça sık olmasından dolayı ulaşım ancak orman yolları ile sağlanmaktadır. Çalışma alanına en yakın ve tek yerleşim merkezi Sarımustafalar Köyü'dür.



Şekil 1. İnceleme alanının yeri ve çevresinin jeoloji haritası (1/500 000).

3. JEOLOJİK ÖZELLİKLER

İnceleme alanı M.Kemalpaşa-Devecikonağı, Sarımustafalar Köyü civarı, 1/500.000 ölçekli MTA-Jeoloji haritasından da (Şekil-1) izleneceği gibi, Çataldağ-Aldağ masifi granit-metamorfik kayaç topluluklarından oluşur.

İnceleme alanında (Sarımustafalar Köyü-Akneri Tepe) Şekil-2'deki jeolojik haritada izleneceği gibi Paleozoyik yaşı metamorfik şist ve mermerlerle bunları örten Permiyen yaşı kireçtaşları ile tüm bu istifi kesen granit kütlesi yer alır. Burada, granitin mermerlerle olan kontağında (Suçuktı Deresi) "mineral açısından önemli bir cevherli SKARN Zonu"nun varlığı tüm özellikleriyle bu çalışmada ortaya konmuştur.

3.1. Metamorfik Şist ve Mermerler (Şt)

Bölgelinin en yaşlı birimi olan metamorfikler, masifin temelini oluştururlar. Bölgesel olarak gnays, mikaşist, amfibolitlerle başlayan seri üstte doğru yeşil şistlerle devam ederek, en üstte mermerlerle sonuçlanır.

İnceleme alanı içinde temelde izlenen yeşil şistler açık yeşil renklerde olup, belirgin bir yapraklanma (şistosite) gösterirler. Yeşil şistlerden mermerlere geçişinde kalkşistler ara zonu oluştururlar. Jeoloji haritası ve kesitlerde izleneceği gibi, mermerler sahada genelde tabanda yer alan metamorfik şistler (yeşilşist-kalkşist) üzerinde uyumlu olarak bulunurlar.

Mermerler bulundukları morfolojik yapı itibarıyla tepe ve sırtlarda yer alırlar. Dere ve vadilere inildikçe tabandaki şistlere geçilir. Akneri Tepe, Eşmeburun Tepelerde benzer yapılanmalar açık bir biçimde izlenmektedir. Mermerlerde atmosferik nedenlerle aşınmış yüzeyler, kırıkçı, boşluklu yapılar ile ayrışım ürünü kırmızı "Terra rosa" toprağı oluşumlarına sık rastlanır.

Mermerlerde İzlenen Makro Yapısal Özellikler

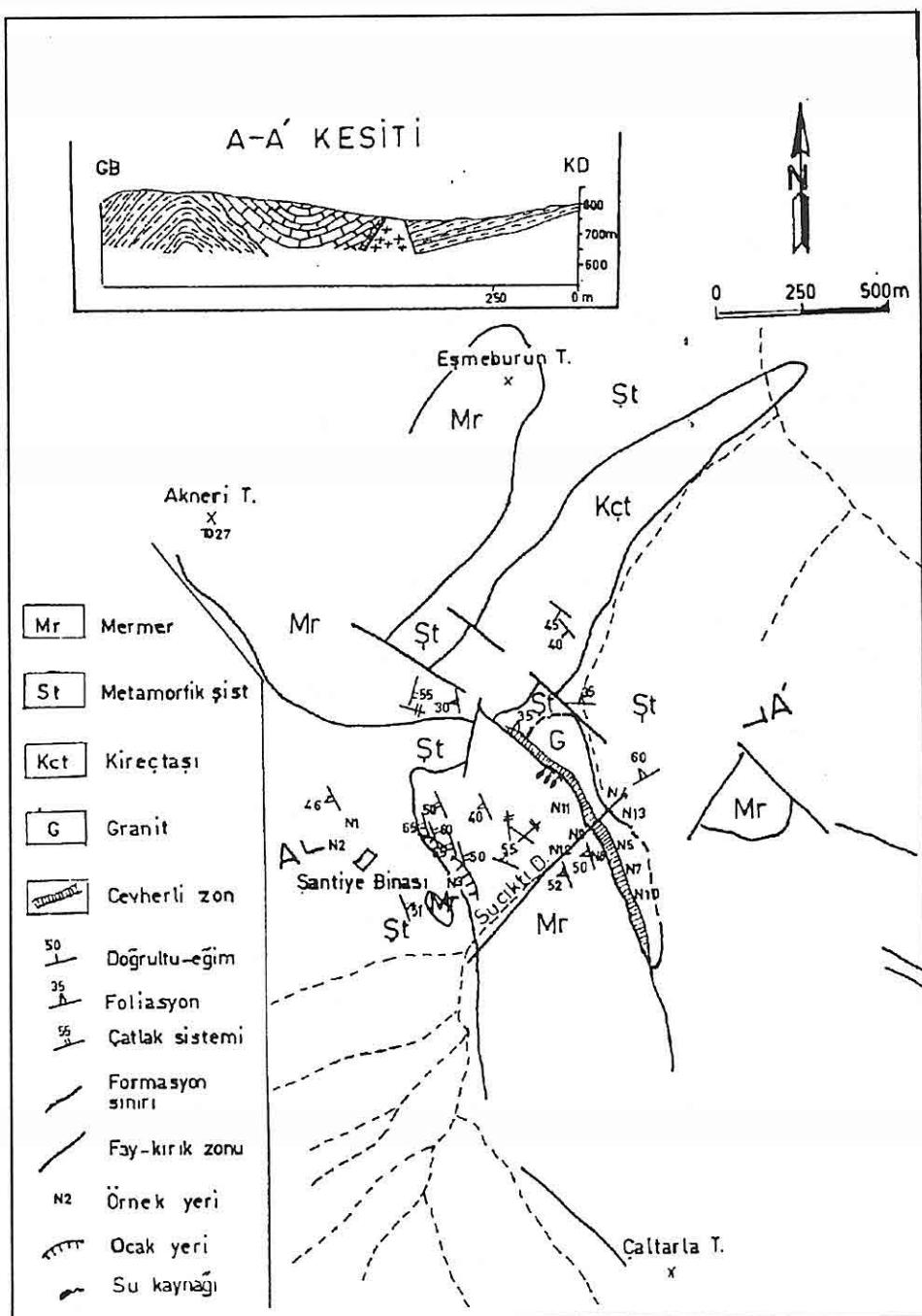
Tabakalaşma yerel olarak farklı değerler gösterirler (Şekil-2).

Örneğin:

- Suçuktı Deresinde : N 157° / 35°S,
 - Şantiye civarında : N 125° / 55°S ve N-S / 35°W şeklindedir.
- Mermerlerde izlenen çatlak sistemleri iki veya bazen üç yönde gelişmiştir. Örneğin;
- Şantiye civarında : N 120° / 90°, N 60° / 90°
 - Seripler Tepede : N 170° / 60° SE, N 35° / 70° NW
 - Yeni Ocakta : N-S / 45°W, N 100° / 75° NE, N-S 60° E şeklindedir.

3.2. Granit

Bölgесel ölçekte, metamorfik ve sedimenter serileri kesen Çataldağ graniti ve apofizleri ile bunlara bağlı olarak gelişen kontakt metamorfizma zonları izlenir (Erdağ ve diğ., 1986).



Şekil 2. Akneri Tepe (Sarımustafalar-M.K.Paşa) civarının jeoloji haritası.

Çataldağ granitinin yerini alması Tersiyer'de başlayan kontakt metamorfizmanın başlangıcı ile yakından ilişkilidir. Genelde masifin güney kesiminde küçük granit kütlelerinin mermerlerle olan dokanaklarında cevher içeriği, önemli skarn zonları oluşmuştur.

Inceleme alanı Devecikonağı-Sarımustafalar Köyü civarında izlenen granit kütlesi Şekil-2'de görüldüğü gibi uzunluğu 750-800 m. genişliği ise 100-120 m ve Suçuki Deresine dik konumda, NW-SE yönünde merkezsel bir yapı şeklinde yüzeysel.

Granit yüzeyde, yerel olarak arena özelliğinde olup, daha çokdüzenli çatlak sistemleri içinde sağlam bloklu yapılar şeklinde izlenir. Makroskopik olarak iri tanelidir. Açık pembe, kahve renklerinde oldukça homojen bir yapı gösterir.

Granitte gelişmiş çatlak sistemi : N 65° / 65° SE, N 130° / 70° NW, N 150° / 50° SW şeklindedir. Granitin yer yer 10-15 cm kalınlıkta, açık renkli, aplit damarları ile kesildiği görülür. Çataldağ granitik masifinde izlenen Lamprofir ve Pegmatit damarlarına burada rastlanmamıştır.

3.3. Cevherli Skarn Zonu (Granit-Mermer Kontağı)

Cevherli skarn zonu, granit kütlesi ile mermerlerin sınırları boyunca yaklaşık 15-17 m genişliğindedir (Şekil-2). Granitten cevherli skarn zonuna geçişte (Şekil-3) orta taneli normal granit, ince taneli silisifiye aplitik bir bileşim kazanır; giderek gröna-epidotlu skarn zonu ve 4-6 metrelük steril granit zonundan sonra cevherli aralık 0,5-1,00 m kalınlıkta olmak üzere iki defa tekrarlanır. Mermerlere doğru geçişte ise gröna- epidot zonu, mermerlerle ardalanır ve daha sonra iri taneli mermerlere geçilir.

Cevherli zondan itibaren mermerlere geçişte; 0,50 m Mermer,

0,50 m Grönali zon,

1,50 m Mermer,

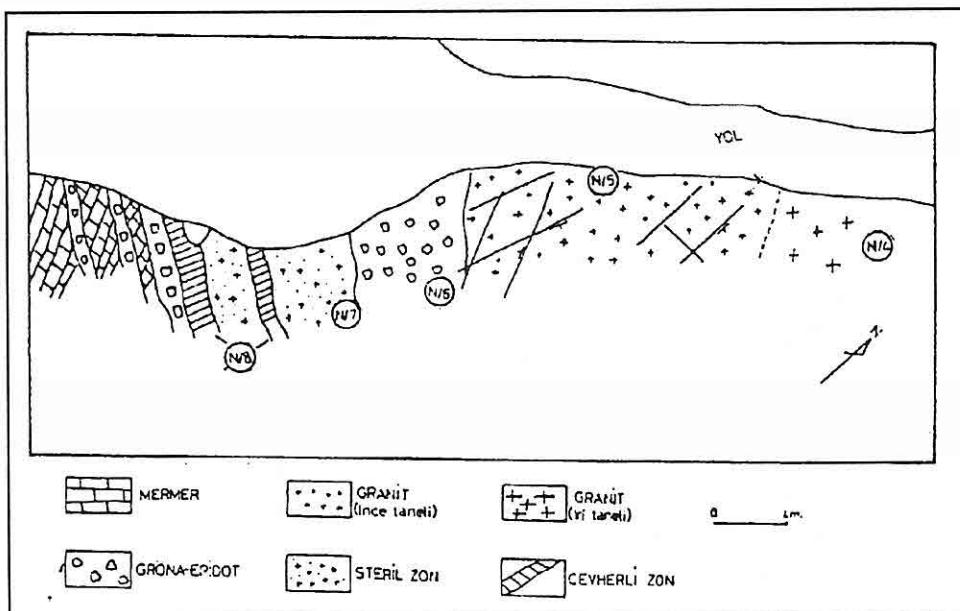
0,50 m Grönali, milonitik zon.

iri taneli mermerlerle ardalanmalı bir zonlaşma izlenir (Şekil-3).

3.4. Kireçtaşı

Inceleme alanı içinde kristalin şist ve mermerlerin üzerine uyumsuz olarak gelen Permiyen yaşı kireçtaşları yer alır (Şekil-2). Bunlar saha üzerinde tabakalı, bol çatlaklı ve gri renklerde olup, ince kalsit damarları ile ağ şeklinde dolgulanmış yer yer breşik görünümdedir.

Mikroskopik yoldan mikrit oranı mikrosparitten fazla olup, ikincil olarak çimentolaşmış ve bu özellikleriyle kireçtaşları, kısmi enerjili az derin ortam çökelleri olarak tanımlanabilir.



Şekil 3. Cevherli skarn zonunun granitten itibaren değişimi.

4. PETROGRAFİK İNCELEME

İnceleme alanı Devecikonağı-Sarımustafalar Köyü civarı granit-metamorfik ve kontakt skarn zonlarının petrografik özelliklerinin ortaya konması amaçlı olarak toplam 11 örnek alınarak ince kesitleri mikroskopta incelenmiştir. Bunlar sırasıyla;

4.1. Metamorfik Birim

Metamorfik birim tabanda şist ve üstte mermerler şeklinde uyumlu olarak istiflenirler.

Metamorfik Şistler : İnceleme alanında mermerlerin tabanında ve diğerlerine oranla daha fazla yüzeylerler. Şistler, makroskopik olarak ince taneli ve açık gri-yeşil renklerde yönlü ve düzenli bir yapraklanma gösterirler. Yerel olarak ince kuvars mercekleri (birkaç cm kalınlıkta ve 1-2 m uzunluğunda) yapraklanmaya uyumlu olarak yer alırlar.

Mikroskopta yönlü, şisti ve açık-koyu renkli minerallerin ardışık bandlaşma ve yerel olarak kıvrımlı bir doku gösterdiği şistler, bol mika (serizit, %35-40) ve kuvars (%50-55) içerirler. Bunlar genelde, serizitli, kloritli şistler türünde düşük dereceli "yeşil şist" metamorfikleridir.

Mermerler : Şistler üzerine uyumlu ve dereceli geçişler gösteren mermerlerde yer yer "kalkşist" ara seviyeleri bulunur.

Mermerler makroskopik olarak beyaz taneli, kristalli (ince-orta taneli) olup, granit kütlesine yaklaşıkça tane boyutunda büyümeye izlenmektedir (4-7,5 mm).

Mikroskopta farklı boyutlu, kristalli, mozaik dokulu olan kalsit kristallerinde klivaj ve ikizlenmeler izlenir. %97-98 oranında kalsit içeren mermerlerde %1 oranında tali olarak opak (Hematit-Limonit) minerallere rastlanır.

4.2. Granit

Metamorfik şist, mermer ve kireçtaşları birimlerini keserek yerlesen granit kütlesi, 100 - 120 m genişlik, 750-800 m uzunlukta merceksel bir yapı gösterir. Yan kayaçlarla olan sınırları çoğu kez faylı kıraklı veya örtülü olan granit kütlesinin mermerlerle olan sınırları boyunca kontakt metamorfizma ürünü "Skarn Zonu" gelişmiştir.

Makroskopik olarak : Granit genelde açık pembe renklerde iri taneli (3-5 mm), masif, ayırmamış ve çatlaklı; yerel olarak yüzeysel ayrışım gösteren kesimler de bulunmaktadır.

Mikroskopik olarak : Kristalin taneli dokuda, mineralojik bileşimi bakımından "Alkali Granit" sınıfına girmektedir. Mineral bileşimi ise %35-55 oranında pertitik, kısmen ayrılmış grafik dokuların izlendiği ortoz ile birlikte %10-15 oranında plajiolas (Albit) ve %5-6 oranında yer yer kloritleşmiş ve kırıklanmış biotit; bunların arasını ksenemorf kristaller halinde dolduran kuvars (%20-25) ve opak (Hematit-Limonit) minerallerden oluşmaktadır.

Cevherli skarn zonu içinde izlenen metamorfik indeks mineraller, "Gröna + Epidot" ile "Tremolit + Kalsit" şeklinde 2 farklı zonlaşmanın varlığını göstermektedir. Metamorfizma yönünden bu mineral birlükleri Albit+Epidot hornfels alt fasiyesi ile Hornblend hornfels (Gröna+Tremolit+Kalsit) fasiyesleri arasında kalmaktadır.

4.3. Skarn Zonunun Mineralojik Özellikleri

Bu zona ait farklı kesimler aşağıdaki gibidir.

Silisifiye aplitik zon : İnce taneli açık yeşil renklerde, ince ve farklı taneli olan zon; kuvars, %20 ortoz+plajiolas ve %20 oranlarında mika (serizit) içerir. Kuvarlar mercek şeklindedir.

Gröna-epidot skarn : Makroskopik olarak yüzeyde kahve-kırmızı renklerde, ince-orta taneli, masif görünümlüdür. Mikroskopta genelde kıraklı, taneli ve kristalin olan zonda, iri taneli gröna kristalleri (%90-95), tali oranda epidot (%5-10) ve %1-2 civarında opak mineraller bulunur.

Cevherli tremolitli skarn : Yüzeyde kahve, yeşil, mavi renklerde; ince taneli daha çok cevher minerali içeriğlidir. Mikroskopta, bileşiminde cevher mineralerinin (malakit, azurit, limonit, kaltopirit, sfalerit) hakim olduğu, bunların arasında iğneçikler halinde tremolit ve kriptokristalli kalsitler izlenir.

Cevherli skarn : Makroskopik olarak koyu kahve gri renklerde, ince taneli olup, masif yapı gösterir. Mikroskopta esas olarak mineralojik bileşimi opak cevherlerden olup, çokluk sırasına göre; malakit, azurit, sfalerit ile birlikte demiroksit-hematit %75-80 teşkil etmekte; çatlak ve boşluk dolgularında ise kalsit (%10-12) ve kuvars (%5) bulunmaktadır.

Tablo 1. Petrografik-Mineralojik Özellikler

Num. No	Yeri	Tane/ Doku	Mineral Bileşimi	Diğer Özellikler	Kayaç-Örnek Adı
1	Şantiye	İnce taneli şisti	Kuvars Mika (Muskovit) Opak (Serizit)	Mermer serisi altında şistler	Serizitli Şist
3	Seripkir Tepe	Orta-iri 0.6-1.8 mm	Kalsit Demir (az)	Saf Kalsit mineralli	Mermer
4	Suçktü Deresi	İri taneli 0.3-5.5 mm	Kuvars Ortoz+pl Biotit+opak	-----	Alkali Granit
5	Suçktü Deresi	Orta 1.2-0.3 mm	Kuvars Ortoz Plajiolas Biotit Opak	Cevherli zonda mermer kontağı- ğında	Alkali Granit
7	Suçktü Deresi	İnce taneli	Opak, kalsit Kuvars	Cevherli zon	Hematit cevheri
8	Suçktü Deresi	İnce-orta	Opak, kalsit Tremolit	Cevherli zon	Tremolitli Skarn
9	Eski İşletme	İnce taneli 0.06-0.25	Kalsit Opak	Eski işletme yeri mermerli zon	İnce taneli mermer
11	Eski İşletme	İri taneli 1.8-4.5 mm	Kalsit Opak	Eski işletme yeri mermerli zon	İri taneli mermer
12	Eski İsl.Ust Ocak	İri taneli 1.2-7.5 mm	Kalsit Opak	Kalsit hammadde	Mermer
2 kr-1	Suçktü Deresi	İnce-orta	Gröna Epidot Opak	Cevherli zon	Grönalı Skarn
2A	Suçktü Deresi	İnce taneli	Kuvars Serizit Feldspat	Skarn zonu	Silislesmiş Granit Aplit

5. KİMYASAL İNCELEME

İncelemenin esas konusunu "Granit-Mermer Kontağı" ile ilişkili cevherli skarn zonu ve kontakta bulunan mermerler oluşturdugundan dolayı bunlara ait kimyasal analizler yapılmıştır.

5.1. Mermerler

Tablo 2'de granit kontağına yakın Suçaklı Dere'sinden (No.11, No.12) alınan 2 örnek ile kontağa çok uzak noktadaki mermerlerin (Seripler Tepe No.3) analizleri verilmiştir.

İlk iki örneğin petrografik özelliklerine (Tablo-1) bakılırsa tek farklılığın, kalsit kristallerinin tane boyutlarında olduğu dikkati çekmektedir.

Tablo 2'deki kimyasal verilerden, granit kontağına çok yakın örneklerde SiO_2 , Al_2O_3 oranlarının daha düşük; diğer yandan MgO miktarlarında önemli bir azalma izlenirken, Fe_2O_3 ve CaO ve toplam alkalilerde çoğalma ile birlikte CaCO_3 'ın ise saflığa yakın (%98,23) değerlere yükseldiği görülmektedir. Granit sokulumu, Suçaklı Dere mermerlerinde ısı-basınç ve diğer etkenlerle mineralojik ve kimyasal olarak saflaşmanın yanında kristal tanelerinin büyümelerine neden olmuştur.

Tablo 2. Mermerlere Ait Kimyasal Bileşim % Oksit Ağırlıklı

Element %	No:3 Seripler T.	No:11 Suçaklı D.	No:12 Suçaklı D.	Ort. Değ.	
SiO_2	0,47	0,18	0,32	0,32	
Al_2O_3	0,29	0,21	0,21	0,20	
Fe_2O_3	0,063	0,088	0,088	0,08	
CaO	53,08	54,80	55,0	54,29	
MgO	2,24	0,34	0,49	1,02	
$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	0,60	1,35 k	0,66	0,87	Toplam alkali
A-Z	43,26	43,13	43,23	43,21	CO_2 'e karşı gelen
CaCO_3	96,34	97,93	98,23	97,5	CO_2+CaO miktarları toplamı.

5.2. Cevherli Skarn Zonu

Cevherli skarn zonundan (N/8) alınan örneklerin laboratuvara öncelik kaba ve ince kırıclardan geçirilerek elde edilen 200 Meş elek altı kısmı kimyasal analizler için ayrılmıştır. Elde edilen ortalama örnekler dış ülkede (USA) ve T.M.S. Laboratuvarlarında istenen cevherli elementler yönünden analizleri aşağıda tablolar (Tablo-3 ve 4) halinde verilmiştir.

Tablo 3 . T.M.Ş. Laboratuvari ile Karl F. Meyor Laboratuvarında yapılan cevher analiz verilerinin karşılaştırmalı tablosu.

TMŞ Laboratuvari (*) (U.S.A.) Element	% Miktarı	Karl F. Meyor Laboratuvari % Miktarı
Cu	4.8	1.14
Pb	1'den az	0.2
Zn	4.58	5.41
Ag	6 gr/t	11.3 gr/t
Au	Eser	2 gr/t

(*) T.M.Ş. Türk Maadin Şirketi Laboratuvarları. Karaköy.

Tablo 4 . Karl F. Meyor Laboratuvarında (U.S.A.) yaptırılan diğer element analizleri.

Element	% Miktarı	Element	gr/t	Element	gr/t
Fe	14.19	Ni	18	U	5
Mn	0.25	Co	40	Th	1
Ca	0.63	Cd	3.9	La	4
Al	1.82	V	16	Cr	12
Na	0.2	Bi	76	Be	133
K	7.56	Sb	59	B	26
Mg	8.50	Sr	5	As	38
P	0.09				
Ti	0.1				

Cevherli skarn zonuna ait kimyasal element analizleri incelendiğinde, değişik laboratuvar verilerinde önemli farklılıklar gözlenir. Örneğin Cu, TMŞ'de % 4.8, K.F. Meyor (USA)'da % 1.14, benzeri durum Zn, Ag ve Au sonuçlarında da izlenmektedir. Cevherleşme zonu içinde önemli oranda Ni, Co, Bi, U, Th ve Be gibi elementlerde bulunmaktadır (Tablo 4).

6. SONUÇ

Bu çalışmada Devecikonağı-Sarımustafalar-Akneri Tepe civarındaki metamorfik - granit kayaçların, jeolojik-petrografik özellikleri araştırılmış : Çataldağ granit masifine ait, küçük granitik sokulumların (apofizler) metamorfik birimleri keserek yerleştiği ve mermerlerle dokanaklarında kontakt metamorfizma ürünü olan cevher içerikleri yönünden (Cu, Zn, Ag, Au, Ni, Co, Bi, U, gibi) önemli cevherli skarn zonunun varlığı ortaya konmuştur. Zon Cu, Zn, Pb ve iz ve nadir elementlerden oluşan kompleks

cevherleşmedir. Granit kütlesinin Çataldağ'da mineralojik yönden granodiyoritik (Erdağ., A., 1980, Ergül. et all., 1986) bileşimde olmasına karşılık, inceleme alanında Alkali Granit bileşimindedir. Bu bölge için Bürküt., Y. (1966) tarafından yapılan değerlendirmelere göre Çataldağ granitinin magmatik bir kompleks içinde anatektik kuvars monzonit olduğu ve dereceli olarak kristalin şistlere geçişler gösterdiği; ayrıca apofizlerinin de mikrodiyoritik bileşimde bulunduğu belirtilmektedir.

Skarn oluşumu "gröna-epidot" ve "tremolit-kalsit" olmak üzere 2 farklı zonlaşma göstermektedir. Metamorfizmanın Albit-Epidot hornfels alt fasiyesinde, yaklaşık 400 °C'de (2 kb) başladığını, giderek Hornblend Hornfels fasiyesine kadar (gröna-tremolit-kalsit) 530 °C sıcaklığı, (2 kb) kadar yükseldiği söylenebilir. Diğer yandan, Erdağ., A., (1980) Çataldağ granodiyoritinin kontaklarında diopsit, gröna, vezüvyanit ve volastonit, forsterit, kuvars, tremolit, skapolit'e; Cevher mineralleri olarak da molibdenit, şelit, bornit, spekülerit, azurit-malakit (bornit) tespit etmiştir. Bu veriler ışığında bölge için büyük ölçekte kontakt metamorfizmanın Çataldağ'da da izlendiği gibi (Erdağ., 1980), yerel olarak inceleme alanı dışında olmak üzere piroksen-hornfels alt fasiyes koşullarına yani 465 °C sıcaklığına (2 kb) kadar yükseldiği görülmektedir. Buradan bögesel ölçekte Çataldağ granitik masifi kontaklarında oluşan metamorfizmada tüm hornfels fasiyelerinin oluşumlarını görmek mümkündür.

Inceleme alanı içinde bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, bölge için ekonomik değeri olabilecek iki oluşumun varlığı dikti çekmektedir. Bunlardan birincisi % 98 oranına kadar yükselen (% 96.5 - 98.5) CaCO₃ içerikli (SiO₂ ve Fe₂O₃ düşük) sahadaki yayılımı nedeniyle önemli potansiyele sahip olan endüstriyel kalsit; ikincisi ise, granit kontağındaki iz ve nadir elementler içeren Cu-Zn-Pb cevherleşmesidir. Suçaklı Dere'de çok eski devirlerde olasılıkla Au-Ag(*) üretimi için açılmış antik oacakların varlığı sözkonusu yatağın bu amaçla daha derinine araştırılmasını gerektirir.

(*) Mineralojik incelemelerde Au ve Ag'ye rastlanmadı, kimyasal analizlerde rastlanmıştır.

7. KAYNAKLAR

- Erdağ.A., 1980, Balıkesir-Çataldağ granodiyoritinin (güney alanı). Jeolojisi ve petrolojisi, İ.Ü. publ. No. 2725, 72 p.*
- Ergül, ve diğerleri, 1986, 1/100.000 ölçekli açınsama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi; Bandırma E.6. Paftaları MTA. publ., 10 p.*
- Bingöl,E., Delaloye,M., Genç,Ş., 1994, Magmatism of Northwestern Anatolia IAVCE 1, Ankara 94, Int. Volcanological Congress.*
- Bürküt,Y., 1966, Kuzeybatı Anadolu'da yer alan Plütonların mukayeseli jenetik etüdü. İTÜ Maden Fakültesi, Doktora Tezi.*

**AHIRDAĞ YÖRESİNDE (KUZEY KAHRAMANMARAŞ) GAZİANTEP
FORMASYONU'NUN (MİDYAT GRUBU) PLAKTİK FOSİL
TOPLULUĞUNA GÖRE ALT YAŞ KONAĞI**

İzver Özkar TANSEL

I.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

ÖZET : *K.Maraş ve civarında geniş yüzleklere sahip, açık krem renkli, ince-orta katmanlı, killi ve çörtlü kireçtaşları ile temsil edilen Gaziantep Formasyonu (Midyat Grubu) Alt Eosen-Alt Miyosen yaş aralığında bölgede geniş yayılım gösterir.*

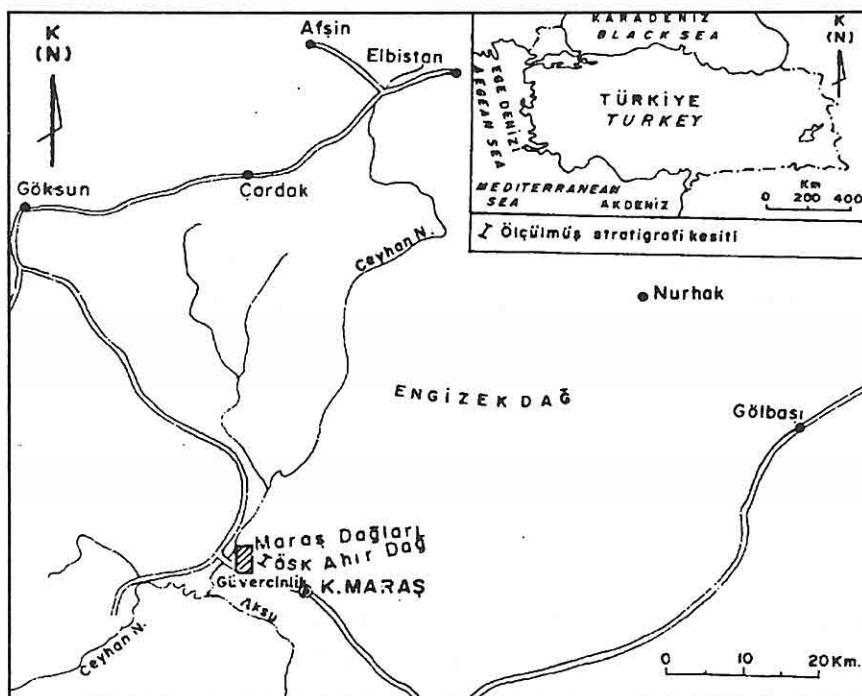
*Ahurdağ yöreninde (Kuzey K. Maraş) ise formasyonun taban yaşının biyostratigrafi destekli planktik foraminifer bulguları ile (*Planorotalites pseudomenardii* ve *Morozovella velascoensis* zonları) Üst Paleosen'e indiği bu çalışmaya ortaya konmuştur.*

LOWER AGE LIMIT OF THE GAZIANTEP FORMATION (MİDYAT GROUP) IN AHIRDAĞ (NORTHERN KAHRAMANMARAŞ) BASED ON ITS PLANKTIC FOSSIL ASSEMBLAGE

ABSTRACT : *Thin to medium layered, light-cream coloured clayey and cherty limestone of the Gaziantep formation (Midyat Group) crops out around Kahramanmaraş area. Age interval of this unit is reported to be Lower Eocene to Lower Miocene. However, according to the planktic foraminifera (*Planorotalites pseudomenardii* and *Morozovella velascoensis* zones) determinations, the basal age limit of the Gaziantep formation descends into Upper Paleocene in outcrops around the Ahurdağ area (northern Kahramanmaraş).*

1. GİRİŞ

İnceleme alanı, Kahramanmaraş kuzeyinde Ahırdağ'ının KB kesiminde yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası.

Günümüzde de genel pek çok araştırmacı tarafından farklı amaçla yapılan incelemelerde bölge ve civarının jeolojisi, stratigrafisi, tektoniği, petrol olanakları, ortamsal yorum ve evrimi ayrıntılı olarak ortaya konmuştur (Sungurlu, 1974; Yalçın, 1979; Gözübol ve Gürpınar, 1980; Perinçek ve Kozlu, 1984; Önalan, 1985; Yılmaz ve diğ., 1987; Demirkol, 1988; Dizer, 1989). Çalışılan bölgeye ilişkin en ayrıntılı stratigrafi-sedimentoloji amaçlı çalışma ise Önalan (1985) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Bu incelemede, bölge stratigrafisi için Önalan (1985)'in verilerinden yararlanılmıştır. Gaziantep Formasyonu, araştırmacının çalışmasına göre Ahırdağ üyesine eşdeğerdir. Bu birimin olasılık tabanında yapılan ölçülmüş stratigrafi kesitinden derlenen ince kesit ve yıkama örnekleri incelenmiş, ayrıca çalışmaya ve amaca yönelik destekleyici nokta numunelerinin de değerlendirilmesine gidilmiştir.

Araştırmada, örneklerin tümünün planktik foraminifer, nannoplankton ve baskın olarak da radiolaria içeriği gözlenmiştir.

2. STRATİGRAFİ

Çalışma alanında ve GD Anadolu'da geniş yüzleklere sahip otokton birimlerden Gaziantep Formasyonu, bölgesel çalışmalarında Midyat Formasyonu adı altında (Sungurlu, 1974; Gözübol ve Gürpinar, 1980; Önalan, 1985; Yılmaz ve diğ., 1987); TPAO'nun yaptığı çeşitli proje ve petrol çalışmalarında ise Midyat Grubu içinde yer alan Gaziantep Formasyonu; Önalan (1985) tarafından da Kahramanmaraş kuzeyinde "Ahırdağ Üyesi" olarak ayırtlanmıştır.

Kayastratigrafi birim adlandırılma aşaması farklı, ancak tüm litolojik özelliklerini aynı ve birbirinin eşdegeri konumunda olan Gaziantep Formasyonu ile Ahırdağ üyesi; açık krem renkli, ince-orta katmanlı, killi, bol çortlü kireçtaşından oluşur.

Çalışma alanında birimin tabanı görülmez. Ancak, civarda TPAO'nın yaptığı sondaj çalışmalarına göre Gaziantep Formasyonu, Hoya Formasyonu ile yanal ve düşey geçişlidir (Erhan Yılmaz, sözlü görüşme, 1995). Gaziantep Formasyonu üzerine ise Alt Miyosen yaşı Lice Formasyonu uyumlu olarak gelmektedir (Yılmaz ve diğ., 1987).

Kahramanmaraş bölgesi için Gaziantep Formasyonu'nun yaş konağı bölgesel değişimler sunarsa da, genelde Alt Eosen'den - Alt Miyosen'e kadar geçiş yayılım göstermektedir (Önalan, 1985; Yılmaz ve diğ., 1987).

Ahırdağ yöresinde gözlenen Gaziantep Formasyonu'dan derlenen örneklerde göre birimin taban yaşı konağının Üst Paleosen'e kadar inebildiği bu çalışma ile ortaya konmuştur (Şekil 2).

3. BİYOSTRATİGRAFİ

Bu çalışmaya konu olan Gaziantep Formasyonu'nun yaşı, bugüne deðin yapılan farklı amaçlı araştırma ve fosil bulgularına göre Alt Eosen - Alt Miyosen olarak verilmiştir. Ancak, taban yaşı konağı hakkında ilk kuþkulu veri Önalan 1985'e ait olup, formasyonun yaþının Üst Paleosen'e kadar inebileceği savı araştırmacı tarafından ilk kez ortaya atılmıştır.

Birimin görünür tabanında ölçülen kesitte tanımlanabilen biyozonlar stratigrafik gelişimlerine göre izlendiðinde şu şekilde ayırtlanmıştır :

Planorotalites pseudomenardii Zonu

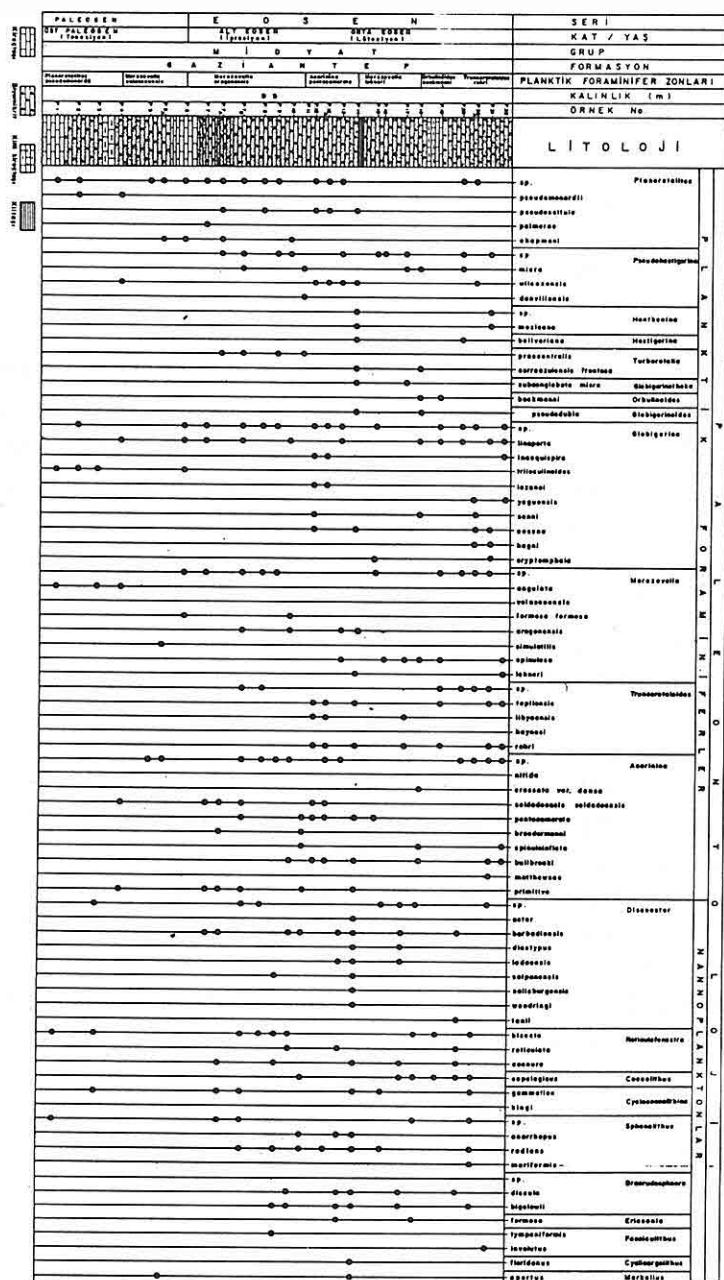
Tanım: *Planorotalites pseudomenardii* (Bolli)'nin tüm yaşam süreci

Kategorisi: Toplam menzil zonu

Tanımlayıcı: Bolli (1957)

Yaþ Konağı: Alt Tanesiyen

İçerdiği cins ve türler: *Planorotalites pseudomenardii* (Bolli), *P. chapmani* (Parr), *Globigerina triloculinoïdes* Plummer, *Gl. linaperita* Finlay, *Morozovella angulata* (White), *Morozovella* sp.



Şekil 2. Güvercinlik ölçülmüş Stratigrafi Kesiti.

Karşılaştırma ve yorum: Bolli&Cita (1960) İtalya, El-Naggar (1966) Mısır, Krasheninnikov (1965, 1969) Doğu Akdeniz'de ve Blow (1979)'un yaptıkları biyostratigrafi amaçlı çalışmalarında bu zonun varlığı saptanmıştır (şekil 3).

Türkiye'de çeşitli yörelerde Toker (1980), Dizer ve Meriç (1983), Meriç ve diğ. (1987), Tansel (1989) zonun varlığına değinmişlerdir.

Morozovella velascoensis Zonu

Tanım: Planorotalites pseudomenardii (Bolli) index fosili ile *Morozovella velascoensis* (Cushman)'nın son görünümü arasındaki süreç

Kategorisi : Ara zon

Tanımlayıcı : Bolli (1957)

Yaş konağı: Üst Tanesiyen

İçerdiği cins ve türler: *Morozovella velascoensis* (Cushman), *M. angulata* (White), *M. simulatilis* (Schwager) *Planorotalites chapmani* Parr, *Pseudohastigerina wilcoxensis* (Cushman&Ponton), *Globigerina linaperta* Finlay, *Gl. triloculinoides* Plummer, *Acarinina soldadoensis soldadoensis* (Brönnimann), *A. primitiva* (Finlay), (Bolli, 1957; Postuma, 1971).

Karşılaştırma ve yorum: Bolli&Cita (1960) İtalya, El-Naggar (1966) Mısır, Krasheninnikov (1965, 1969) Suriye ve Mısır'da bu zonu saptamışlardır. Blow (1979) da yaptığı zonal şemada bu zonun yerini belirlemiştir.

Türkiye'de Toker (1980), Dizer ve Meriç (1983), Meriç ve diğ. (1987), Tansel (1989) adı geçen zonu saptamışlar ve ancak, araştırmacılarından Güvenç (1980) bu zonu *Morozovella aequa* ile birlikte saptayarak, yaşıının Tanesiyen olduğunu vurgulamıştır.

Morozovella aragonensis Zonu

Tanım: *Acarinina pentacamerata* (Subbotina) ve *Turborotalia cerroazulensis frontosa* Toumarkine veya *Planorotalites palmerae* (Cushman & Bermudez)'nın ilk kez görümleri arasındaki süreç

Kategorisi : Ara zon

Tanımlayıcı : Bolli (1957)

Yaş Konağı : Üst İpresiyen

İçerdiği cins ve türler : *Morozovella aragonensis* (Nuttall), *M. formosa formosa* (Bolli), *Planorotalites chapmani* Parr, *P. pseudoscitula* (Glaessner), *Pseudohastigerina micra* (Cole), *Turborotalia praecentralis* Blow, *Globigerina linaperta* Finlay, *Globigerina* sp., *Truncorotaloides* sp., *Acarinina pentacamerata* (Subbotina), *A. soldadoensis soldadoensis* (Brönnimann), *A. broedermannii* (Cushman & Bermudez), *A. primitiva* Finlay, *Acarinina* sp.

Karşılaştırma ve yorum: Bolli &Cita (1969) İtalya, Krasheninnikov (1965,1969) Doğu Akdeniz, Blow (1979) zonal şemada bu zonu tanımlamışlardır.

Türkiye'de Toker (1980) Haymana, Güvenç (1980) Gaziantep'de aynı zonu

saptamışlardır.

Ahırdağ yöresinde de adı geçen zonun altında bulunması gereken, *Morozovella formosa formosa* zonunun bu seviyelerdeki örneklerin iyi korunmamış, ince kesit olması ve biyohorizon sınırlarının kesin saptanmaması nedeni ile ayrı zon olarak ayırtlanamamıştır.

Acarinina pentacamerata Zonu

Tanım: *Turborotalia cerroazulensis frontosa Toumarkine* ve *Hantkenina* cinsinin ilk görünümü arasındaki süreç

Kategorisi : Ara zon

Tanımlayıcı : Krasheninnikov (1965) tarafından alt zon olarak ayırtlanmıştır.

Yaş konagi: Üst İpresiyen

İçerdiği cins ve türler: *Acarinina pentacamerata* (Subbotina), *Pseudohastigerina wilcoxensis* (Cushman & Ponton), *P.danvillensis* (Howe&Wallace), *Hantkenina mexicana* Cushman, *Hantkenina* sp., *Globigerinatheka subconglobata micra* (Shutskaya), *Globigerina linaperta* Finlay, *Gl. inaequispira* Subbotina, *Planorotalites pseudoscitula* (Glaessner), (Toumarkine & Luterbacher, 1985).

Karşılaştırma ve yorum: Bolli (1966) Trinidad, Krasheninnikov (1965, 1969) Doğu Akdeniz ve Türkiye'de; Toker (1980) Haymana yöresinde bu zonu saptamışlardır.

Morozovella lehneri Zonu

Tanım: *Morozovella aragonensis*'in (Nuttall) son görünümü ile *Orbulinoides beckmanni*' Saito'nun ilk görünümü arasındaki süreç

Kategorisi : Ara zon

Tanımlayıcı : Bolli (1957)

Yaş Konagi : Lütesiyen

İçerdiği cins ve türler : *Morozovella lehneri* (Cushman & Jarvis) *M. spinulosa* (Cushman), *Planorotalites pseudoscitula* (Glaessner), *Pseudohastigerina wilcoxensis* (Cushman & Ponton), *Hantkenina mexicana* Cushman, *Hantkenina* sp. *Hastigerina bolivariana* Petters, *Turborotalia cerroazulensis frontosa Toumarkine*, *Globigerinatheka subconglobata micra* (Shutskaya), *Globigerina linaperta* Finlay, *Gl. senni* (Beckmann), *Gl. eocena* Guembel, *Gl. cryptomphala* Glaessner, *Truncorotaloides topilensis* (Cushman), *Tr. rohri* Brönnimann & Bermudez, *Tr. libyaensis* El Khoudary, *Acarinina primitiva* Finlay, *A. bullbrookii* (Bolli).

Karşılaştırma ve yorum: Bolli (1957, 1966) Trinidad'ta ve Blow (1979) yaptığı zonal şemada zonun yerini tariflemişlerdir.

Türkiye'de ise bu zon ilk kez bu çalışma ile belirlenmiştir.

Orbulinoides beckmanni Zonu

Tanım : *Orbulinoides beckmanni*' Saito'nun tüm yaşam süreci

PAL E O S E N		U S T		E O S E N		T A N E S İ Y E N		I P R E S İ Y E N		A L T		O R T A		L U T E S İ Y E N		K A D İ N		S E R İ				
K R A S H E N I N N I K O V 1965 - 1969 Doğu Akdeniz	B O L L İ V E C İ T A 1960 K. İ. İ. İ. İ.	K R A S H E N I N N I K O V 1980 Gaziantep	B L O W, 1979	G Ü V E N Ç, 1980 Gaziantep	T O K E R, 1980 Haymana	M E R İ C v.d., 1987 Adiyaman	T A N S E L bu çalışma K. Maraş	S T A N D A R T P L A N K T İ K F O R A M İ N İ F E R Z O N L A R I														
H. kugleri H. frontosa H. Haragonensis H. aragonensis	T r u n c o r o t a l o i d e s röhri Hantkenina alabemensis	G.(M). sp. spinulosa Orbulinoides beckmanni	G.(M). aragonensis/ Globigerinopsis Index	G.(M). lechneri	G.(M). kugleri/ S. frontosa boweri	G.(A). bulbrookii	G.(A). mayeri	G.(A). aspensis/ Glozanoi proliano	G.(M). aragonensis/ Globigerinopsis Index	G.(M). aragonensis/ G.(M). formosa	G.(M). marginodentata	G.(M). subtinae	G.(A). velascoensis	G.(M). velascoensis	G.(M). velascoensis	G.(P). pseudomenardi	T r u n c o r o t a l o i d e s röhri O. beckmanni M. lechneri	P.14 P.13 P.12 P. II	T r u n c o r o t a l o i d e s röhri O. orbulinoides M. lechneri	P.10 P.9 P.8 P.7 P.6 P.5 P.4	S T A N D A R T P L A N K T İ K F O R A M İ N İ F E R Z O N L A R I	
G.(M). aqua	G.(M). velascoensis	G.(M). pseudomenardi																				

Şekil 3. Dünyadaki bazı Üst Paleosen-Orta Eosen planktik foraminifer zonlarının aynı tuzacılara ve bölgelere göre karşılaştırması.

Kategorisi : Toplam menzil zonu

Tanımlayıcı : Bolli (1957)

Yaş konağı : Lütesiyen

İçerdiği cins ve türler : *Orbulinoides beckmanni* Saito, *Pseudohastigerina micra* (Cole), *Turborotalia cerroazulensis frontosa* Toumarkine, *Globigerina senni* (Beckmann), *Gl. linaperta* Finlay, *Morozovella spinulosa* (Cushman), *Truncorotaloides topilensis* (Cushman), *Tr. rohri* Brönnimann & Bermudez, *Acarinina crassata densa* (Cushman), *A. spinulainflata* (Bandy), *A. bullbrookii* (Bolli).

Karşılaştırma ve yorum : Bolli (1957, 1966) Trinidad, Blow (1979) Zonal şemada adı geçen zonu tanımlamışlardır. Türkiye'de ise bu zon, bu çalışma ile saptanmıştır.

***Truncorotaloides rohri* Zonu**

Tanım: *Orbulinoides beckmanni* Saito ile *Truncorotaloides rohri* Brönnimann'nın son görünlümleri arasındaki süreç

Kategorisi : Ara zon

Tanımlayıcı : Bolli (1957)

Yaş Konağı: Üst Lütesiyen

İçerdiği cins ve türler : *Truncorotaloides rohri* Brönnimann & Bermudez, *Tr. topilensis* (Cushman), *Pseudohastigerina micra* (Cole), *Ps. wilcoxensis* (Cushman & Ponton), *Hantkenina mexicana* Cushman, *Hastigerina bolivariana* Petters, *Globigerina linaperta* Finlay, *Gl. inaequispira* Subbotina, *Gl. hagni* Gohrbadt, *Gl. yeguensis* Weinzierl & Applin, *Gl. cryptomphala* Glaessner, *Morozovella spinulosa* (Cushman), *M. lehneri* (Cushman & Jarvis).

Karşılaştırma ve yorum : Bolli (1957, 1966) Trinidad, Blow (1979) yaptığı zonal şemada bu zonu tanıtmışlardır. Türkiye'de bu çalışma ile *Truncorotaloides rohri* zonu ilk kez ayrılmıştır.

4. SONUÇLAR

Kahramanmaraş kuzeyinde Ahırdağ'ın KB'sında yüzeyleyen çörtlü, biyomikritlerden oluşan Gaziantep Formasyonu'nun taban düzeylerinde yapılan bu çalışma ile:

-Gaziantep Formasyonu'nun olasılı tabanından derlenen örnekler içinde *Planorotalites pseudomenardii* (Bolli) ve *Morozovella velascoensis* (Bolli)'nin birlikte gözlenmesi, birimin taban yaşıının Üst Paleosen'e (Tanesiyen) kadar inebildiği,

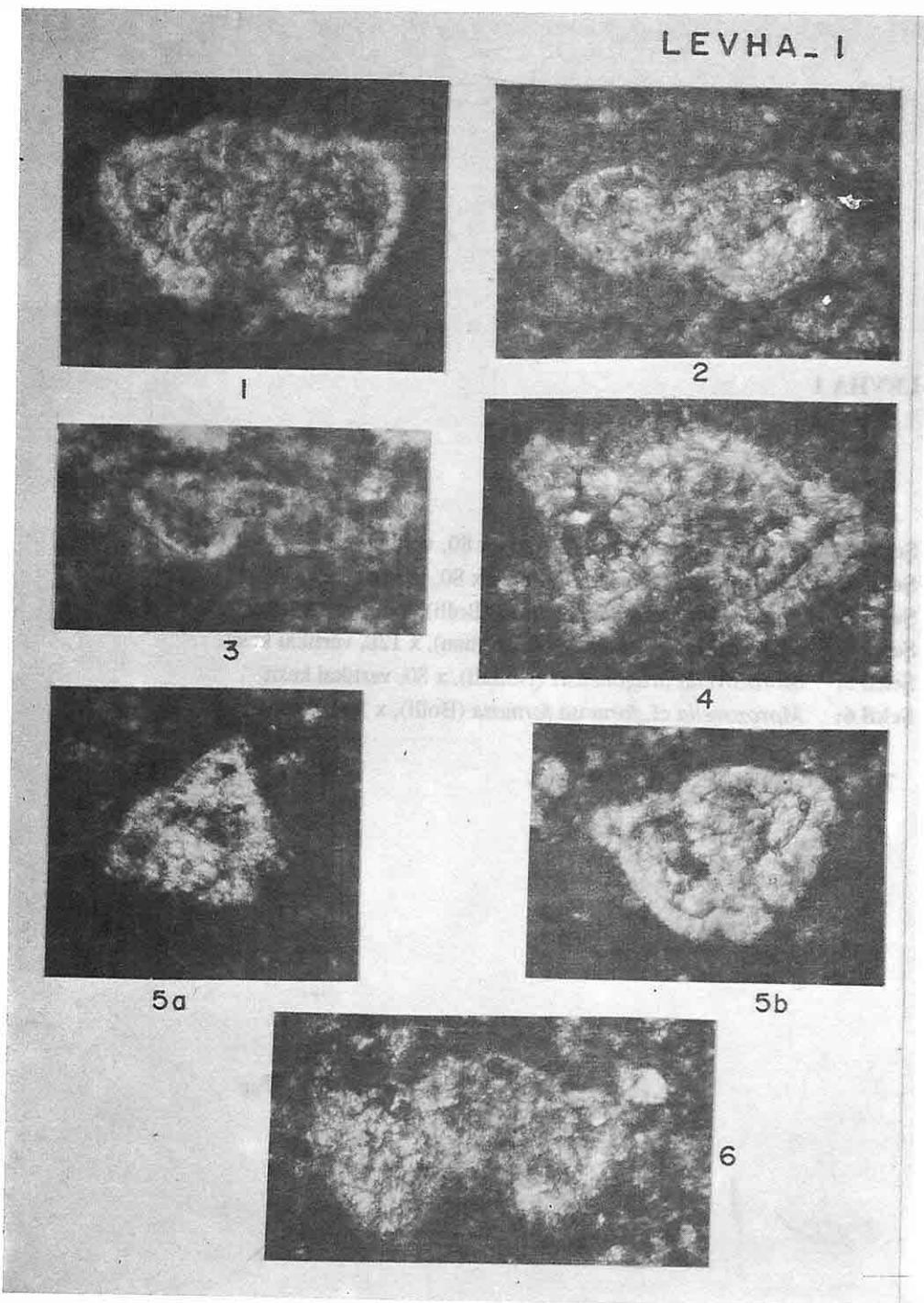
-Üst Paleosen'de *Planorotalites pseudomenardii*, *Morozovella velascoensis*; Alt Eosen'de *Morozovella aragonensis*, *Acarinina pentacamerata*; Orta Eosen'de *Morozovella lehneri*, *Orbulinoides beckmanni* ve *Truncorotaloides rohri* zonlarının mevcut olduğu,

-Üst Paleosen-Orta Eosen dönemlerine ait çökellerin litolojik olarak biyomikritlerden oluşması, taşınma izi göstermeyen planktik foraminifer ve radiolaria izlenmesi ile dalga tabanının altında olduğu,

LEVHA 1

- Şekil 1: *Morozovella angulata* (White), x 80, vertikal kesit
- Şekil 2: *Planorotalites chapmani* (Parr), x 80, vertikal kesit
- Şekil 3: *Planorotalites pseudomenardii* (Bolli), x 80, vertikal kesit
- Şekil 4: *Morozovella velascoensis* (Cushman), x 120, vertikal kesit.
- Şekil 5: *Morozovella aragonensis* (Nuttall), x 80, vertikal kesit
- Şekil 6: *Morozovella cf. formosa formosa* (Bolli), x 100, vertikal kesit

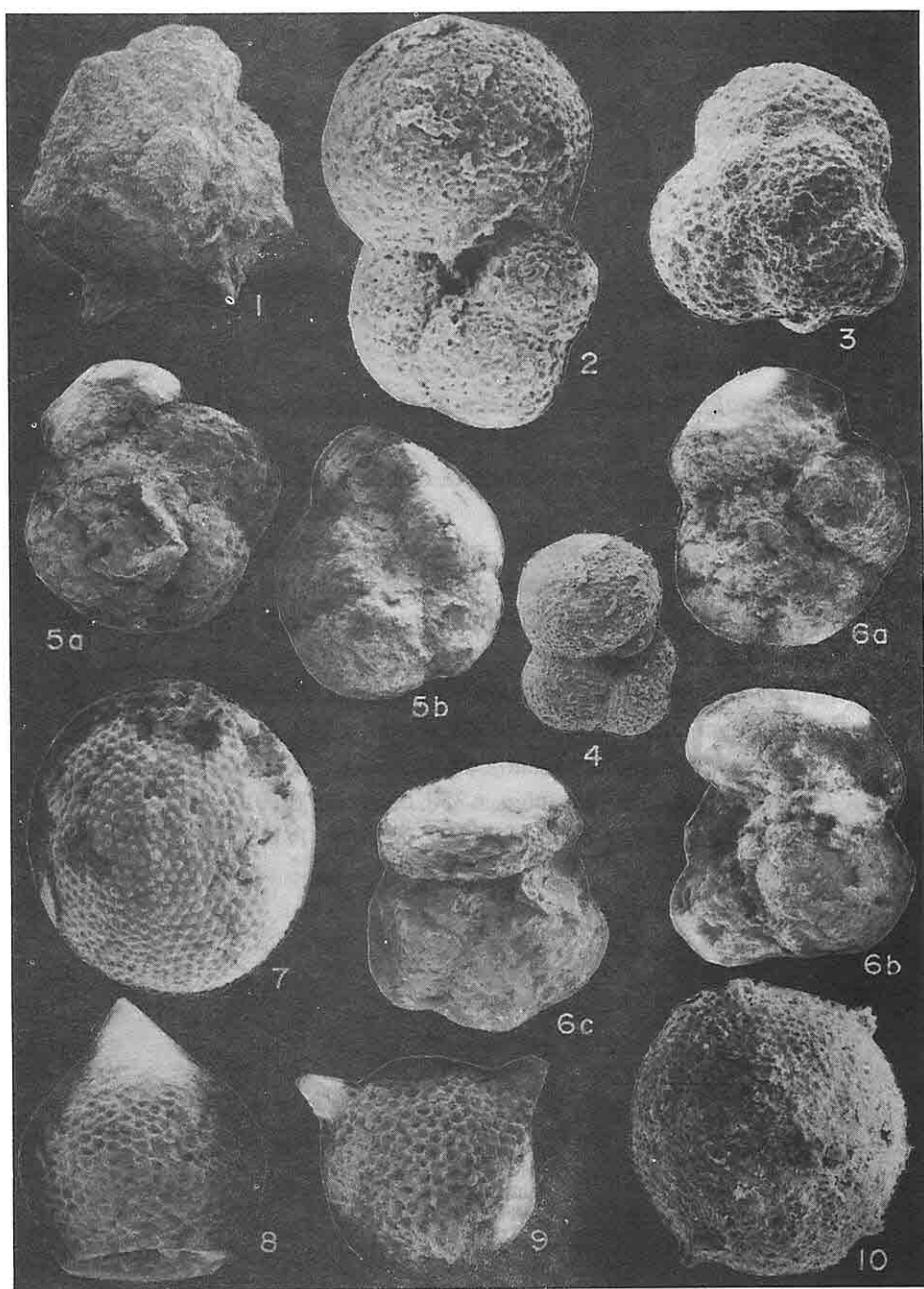
Tüm fotoğraflar SEM ile çekilmiştir.



LEVHA 2

- Şekil 1:** *Planorotalites palmerae* (Cushman & Bermudez), spiral taraf, x 200, örnek no: P/7
- Şekil 2:** *Globigerina inaequispira* Subbotina, ombilikal taraf, x 350, örnek no: P/12a.
- Şekil 3:** *Globigerina senni* (Beckmann), spiral taraf, x 200, örnek no: P/12.
- Şekil 4:** *Hastigerina bolivariana* (Petters), ombilikal taraf, x 150, örnek no: P/14.
- Şekil 5:** *Acarinina pentacamerata* (Subbotina), a) spiral taraf, x 250, b) ombilikal taraf, x 250, örnek no: P/14.
- Şekil 6:** *Acarinina soldadoensis soldadoensis* (Brönnimann), a) spiral taraf, x 250, b) periferiyal taraf, x 250, c) ombilikal taraf, x 250, örnek no: P/12.
- Şekil 7:** *Orbulinoides beckmanni* (Saito), dış görünüm, x 350, örnek no: P/19.
- Şekil 8:** *Theocotylissa* sp., dış görünüm, x 350, örnek no: P/19.
- Şekil 9 ve 10:** *Radiolaria*, dış görünümler, x 350, örnek no: P/14.

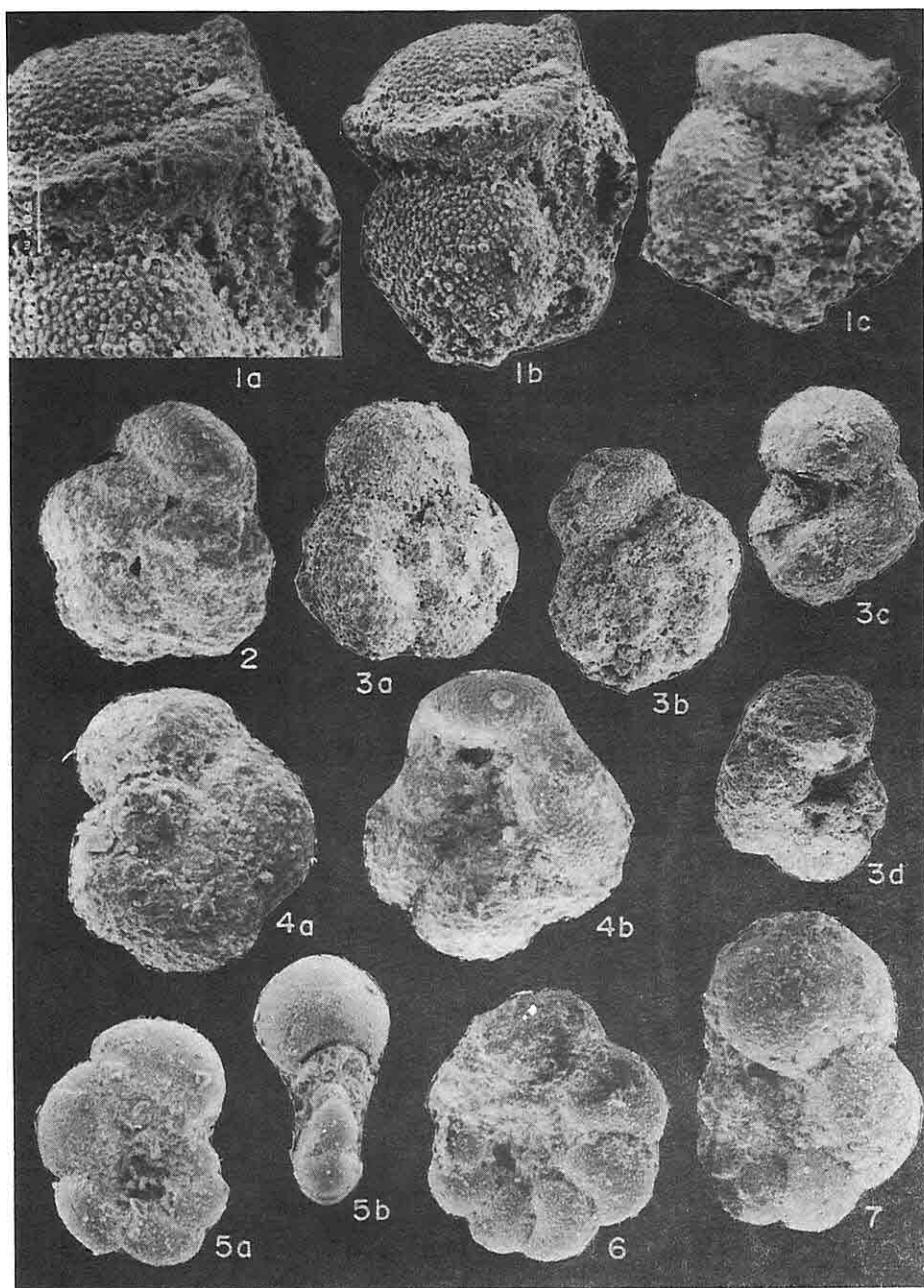
Tüm fotoğraflar SEM ile çekilmiştir.



LEVHA 3

- Şekil 1:** *Truncorotaloides topilensis* (Cushman), a) son locanın görünümü, x 450, b) periferal taraf, x 350, c) spiral taraf, x 200, örnek no: P/21.
- Şekil 2:** *Truncorotaloides rohri* Brönnimann & Bermudez, spiral taraf, x 200.
- Şekil 3:** *Truncorotaloides rohri* Brönnimann & Bermudez, a) spiral taraf, x 350, b) spiral taraf, x 200, c) ombilikal taraf, x 200, d) ombilikal taraf, x 200, örnek no: P/14 ve P/22.
- Şekil 4:** *Acarinina cf.bullbrooki* (Bolli), a) spiral taraf, x 350, b) ombilikal taraf, x350, örnek no: P/14.
- Şekil 5:** *Pseudohastigerina micra* (Cole), a) spiral taraf, x 250, b) ombilikal taraf, x 250, örnek no: P/17.
- Şekil 6:** *Pseudohastigerina cf. danvillensis* (Howe & Wallace), spiral taraf, x 350, örnek no: P/11
- Şekil 7:** *Pseudohastigerina wilcoxensis* (Cushman & Ponton), spiral taraf, x 350, örnek no: P/12 a.

Tüm fotoğraflar SEM ile çekilmiştir.



—Orta Eosen yaşı düzeylerin göreceli olarak iyi korunmuş radiolaria içermesi, bu dönemde ortamın oldukça derin ve silisce zengin olduğu,

—İnce kesit ve özellikle yıkama örneklerinde hiçbir küçük bentik foraminifere rastlanmaması, ortamın sakin ve akıntı işlevinden uzak bulunduğu,

—Eosen döneminde, nannoplanktonlardan Discoaster cinsine ait türlerin bolluğu ile iklimin ılıman, ısının yüksekçe ve ortamın derinleşmekte olduğu belirlenmiştir.

5. KATKI BELİRTME

Yazar, arazi çalışmalarında kamp olanaklarından yararlandığı Prof. Dr. Yücel Yılmaz (İ.T.Ü.) ve ekibine içtenlikle teşekkür eder.

Yine, çalışmasında Nannoplanktonların tanımında yardımcılarını esirgemeyen Prof. Dr. Vedia Toker (A.Ü.) ile manevi desteğini gördüğü Prof. Dr. Engin Meriç (İ.Ü.)'e teşekkürlerini sunar.

Ayrıca, SEM'de fotoğrafları görüntüleyen İ.T.Ü. teknisyeni Hüseyin Sezer'e ve çizimleri ile katkıda bulunan Cazibe Hoşgören ve Ferhan Aksöz'e teşekkürlerini iletir.

6. KAYNAKLAR

- Blow, M.H., 1979, The Cainozoic Globigerinida, 3 vols, E.J. Brill, Leiden, 1413.*
- Bolli, H.M., Loeblich, A.R., & Tappan, H., 1957, Planktonic foraminifera families Hantkeninidae, Orbulinidae, Globorotaliidae and Globotruncanidae Bull. U.S. natl Mus. 215: 3-50.*
- Bolli, H.M., 1957, The genera Globigerina and Globorotalia in the Paleocene - Lower Eocene Lizard Springs Formation of Trinidad. B.W.I. Bull. U.S. natl. Mus., 215: 61-82, Washington.*
- Bolli, H.M. & Cita, M.B., 1960, Upper Cretaceous and Lower Tertiary Planktonic Foraminifera from the Paderno d'Adda section, Northern Italy, 21 st Int. Geol. Congr. Copenhagen, 5:150-161.*
- Bolli, H.M., 1966, Zonation of Cretaceous to Pliocene marine sediments based on planktonic foraminifera. Boletino Informativo Asociacion Venezolana de Geologia, Mineria y Petroleo, 9, 3-32.*
- Demirkol, C., 1988, Türkoğlu (K. Maraş) batısında yer alan Amanos dağlarının stratigrafisi, yapısal özellikleri ve jeoteknik evrimi, M.T.A. Mecmuası, 108: 18-38, Ankara.*
- Dizer, A. ve Meriç, E., 1983, Kuzeybatı Anadolu'da Ü. Kretase-Paleosen biyostratigrafisi. M.T.A. Dergisi, 95-96, 149-163, Ankara.*
- Dizer, A., 1989, Kuzey Kahramanmaraş'ta Langiyen ve Serravaliyen katlarının Biyostratigrafisi. A. Acar Semp., 71-81, Adana.*
- El Naggar, Z.R., 1966, Stratigraphy and planktonic foraminifera of the Upper Cretaceous-Lower Tertiary succession in the Esna-Idfu region. Nile Valley, Egypt,*

- U.A.R. Bull, Br. Mus. nat. Hist., ser. Geol., 2, 1-291.*
- Göztübol, M.A. ve Gürpinar, O., 1980, Kahramanmaraş kuzeyinin Jeolojisi ve Tektonik Evrimi, Türkiye 5. Petrol Kongresi, Jeoloji-Jeofizik bildirileri, 21-31, Ankara.
- Güvenç, T., 1980, Biostratigraphie du Crétace supérieur et du Paléogené du Sud-Est de la Turquie, Annales des Mines et de la Géologie, Tunis, 28/111, 29-41.
- Krasheninnikov, V.A., 1965, Zonal Stratigraphy of the Paleogene in the eastern Mediterranean. Akademy Nauk SSSR Geol. Inst. Trudy, 133: 1-76.
- Krasheninnikov, V.A., 1969, Geographical and stratigraphical distribution of planktonic foraminifers in paleogene deposits of tropical and subtropical areas. Akademy Nauk SSSR Geol. Inst. Trudy, 202: 1-190 (in Russian).
- Loeblich, A.R. & Tappan, H., 1987, Foraminiferal Genera and Their Classification. Van Nostrand Reinhold Comp., 1-970, Newyork.
- Meriç, E., Oktay, F.Y., Toker, V., Tansel, İ. ve Duru, M., 1987, Adiyaman Yöresi Üst Kretase-Eosen istifinin sedimenter jeolojisi ve biyostratigrafisi (foraminifer, nannoplankton, ostracod), Türkiye Jeol. Bül., 30: 19-32, Ankara.
- Önalan, M., 1985, K.Maraş Tersiyer istifinin sedimenter özellikleri ve çökelme ortamları. İ.Ü. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, 5, 1-2: 39-78, İstanbul.
- Perinçek, D. ve Kozlu, H., 1984, Stratigraphy and structural relations of the units in the Afşin-Elbistan-Doğanşehir region (Eastern Taurus): Geology of the Taurus belt, International Symp., 181-198.
- Postuma, J., 1971, Manual of Planktonic Foraminifera, Elsevier Publishing Co., Amsterdam, 113-251.
- Sungurlu, O., 1974, VI. Bölge, Gölbaşı-Gerger arasındaki alanın jeolojisi: T.P.A.O. Rap. No: 802 (Yayınlanmamış).
- Tansel, İ., 1989, Ağva (İstanbul) Yöresinde Geç Kretase-Paleosen sınırı ve Paleosen Biyostratigrafisi, TPJD Bülteni, 13, 211-228, Ankara.
- Toker, V., 1980, Haymana yoresi (GB Ankara) Nannoplankton biyostratigrafisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., 23/2, 165-178, Ankara.
- Toumarkine, M. & Luterbacher, H., 1985, Paleocene and Eocene planktic foraminifera Plankton Stratigraphy, vol. 1, Cambridge University Press, 87-154, Cambridge.
- Yalçın, N., 1979, Doğu Anadolu Yarılımu'nun Türkoğlu-Karaağaç (K. Maraş) arasındaki kesiminin özelliklerini ve bölgedeki yerleşme alanları: Türkiye Jeoloji Kurumu Altınlı Sempozumu, 49-57, Ankara.
- Yılmaz, Y., Gürpinar, O., Kozlu, H., Güll, A.M., Yiğitbaş, E., Yıldırım, M., Genç, C. ve Keskin, M., 1987, Maraş Kuzeyinin Jeolojisi (Andırın-Berit-Engizek-Nurhak-Binboğa dağları), stratigrafisi. Cilt 11, İ.Ü. Müh. Fak. T.P.A.O. projesi.

**GÜMÜŞHANE-BAYBURT YÖRESİNDEKİ ALT JURA (LİYAS)
ÇÖKELLERİNİN FASİYES VE ORTAMSAL NİTELİKLERİ
(KD TÜRKİYE)**

Cemil YILMAZ

KTÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane/Türkiye

ÖZET: Bu çalışma, Gümüşhane-Bayburt yöresinde yüzeyleyen Alt Jura (Liyas) çökellerinin doku, yapı, kalınlık, yayılım/dağılım, birikim koşulları ile ilgilidir. Yörede yüzeyleyen Liyas çökelleri başlica üç ana fasiyese ayrılarak incelenmiştir. Bunlar; 1-kondanse pelajik çökeller, 2- normal ve taşınmış/tekrar çökelmiş çökeller, 3-silislenmiş kireçtaşı ve silisli breş fasiyeleridir. Elde edilen veriler, kondanse pelajik çökeller fasiyesinin faylarla sınırlanmış, denizaltı yükseltisi konumundaki pelajik karbonat platformlarında; diğerlerinin ise bu platformlar arasında kalan ve çökelmeye eş zamanlı faylarla kontrol edilen graben/yarı graben geometrili havzalarda birliğini gösterir.

**FACIES AND ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE LOWER JURASSIC
(LIAS) DEPOSITS THE GÜMÜŞHANE-BAYBURT REGION (NE TURKEY)**

ABSTRACT: This study is related to textures, thickness, geometry and depositional characteristics of the Lower Jurassic (Lias) sediments out cropping in the Gümüşhane-Bayburt areas. Liassic sediments in the study area has revealed three facies associations which can be related to specific structural and depositional settings. They are; 1- condensed pelagic facies association which was deposited in the pelagic carbonate platforms bordered by synsedimentary faults, 2-Normal and resedimented facies association. This association, with variable thickness and features, consist of the successive sediments in graben and in half grabens. 3-Silicified limestone and silicified breccia facies association. This facies association is characterized by periplatform deposits which are controlled synsedimentary faults.

1.GİRİŞ

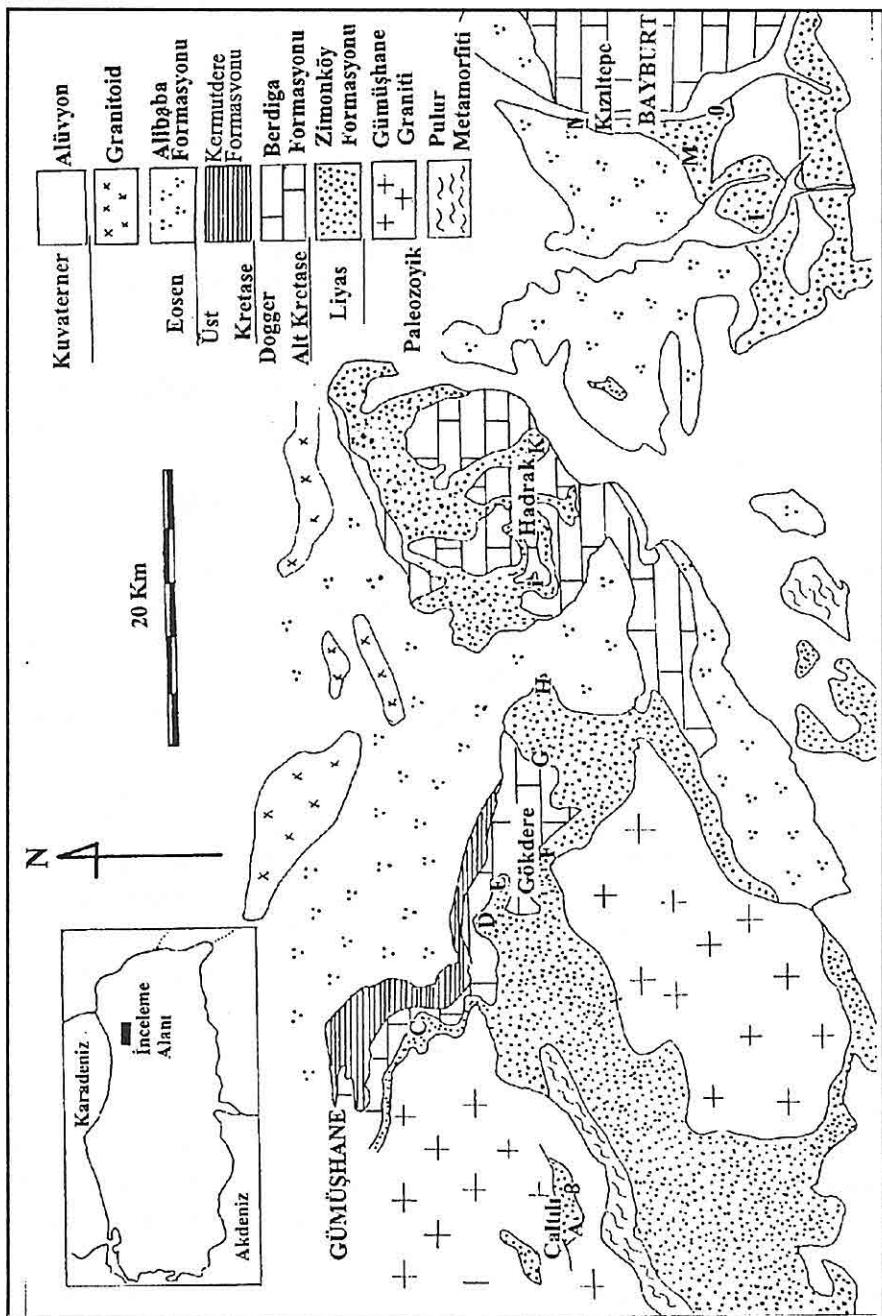
Genel olarak doğu Pontidlerde Erken Mesozoyik bir riftleşme dönemine karşılık gelir. Bu olgu ile ilgili tektonik, sedimentolojik, paleontolojik ve volkanik bulguları çoğun yayımlanmıştır (Seymen; 1975, Pelin; 1977, Saner; 1980, Görür ve diğ.; 1983, Hacıalioğlu; 1983, Özer; 1983, Eren; 1983, Kesgin; 1983, Bektaş; 1986, Yılmaz; 1992, 1993a ve 1993b, Bektaş ve diğ.; 1995).

Akdeniz kuşağında rıftleşmiş kırta kenarlarında yer alan ve genel olarak Alt-Orta Jura yaşı olan pelajik karbonatlar ve bunlarla ilişkili kırintıları geometrileri ve fasiyes özellikleri açısından ilginçtir. Kil arakatmanlı, egemen ammonit içerikli ve kırmızı renkli çökeller daha çok İtalya'da çalışmasından ötürü Ammonitiko rosso kireçtaşları (*Calcare ammonitico rosso*) olarak adlandırılırlar (Catalone ve diğ.; 1977, Martire; 1988, Tucker ve Wright; 1990, Santantonio; 1993 ve 1994). Zamanla tüm Akdeniz kuşağındaki benzer birimleri bu adla anmak olağan hale gelmiştir. Pelajik karbonatlı çökeller ve bunlarla ilişkili türbiditik çökellerin kıtasal kabuk ve okyanusal kabuk gibi jeotektonik ortamlarda olağan olarak gelişmesi başlangıçta bir tartışmayı başlatmış olsa bile bu çökellerin hiç bir zaman ofiyolitik bileşen içermemesi rıftleşmiş kırta kabuğu üzerinde gelişiklerine kanıt sayılmıştır (Benoulli ve Renz; 1970, Catalone ve diğ.; 1977, Görür ve diğ.; 1983, Vai; 1988, Wendt; 1988, Martire; 1988, Tucker ve Wright; 1990, Santantonio; 1993 ve 1994). Kondans karakterli, kırmızı renkli, bol ammonit, pelecypod, belemnit ve ekinid makrofaunasıyla tipik olan karbonatların olduğu alanlarla ilgili olarak kullanılan denizaltı yükseltileri, çökmuş platform, kabarmış alanlar olarak bilinen terimlerden yararlanan Santantonio (1993, 1994) bu çökellerin çökelme ortamlarını havza içinde yer alan Pelajik Karbonat Platformları olarak adlamış ve bu platformların havza içindeki diğer çökellerle bir sistem oluşturduğunu belirtmiştir.

Bu çalışmada Gümüşhane - Bayburt çizgisinde ve doğu-batı yönünde belli aralıklarla sıralanan ammonitiko rosso fasiyesinde gelişmiş yumrulu kireçtaşları ve bunlarla ilişkili kayaçların konum, geometri ve fasiyes özellikleri irdelenerek havzanın /havzaların tarihçesi aydınlatılmaya çalışılacaktır.

2. COĞRAFİK VE JEOLOJİK KONUM

Bu çalışmaya konu olan ammonitiko rosso fasiyesindeki karbonatlar ve ilişkili kayaçlar Gümüşhane- Bayburt (Kuzeydoğu Türkiye) yörelerinde yer alır (Şek. 1). Yörede temeli Gümüşhane Graniti ile (Yılmaz; 1972) kesilmiş Paleozoyik yaşlı Pulur Metamorfitleri oluşturur. Tüm doğu Pontid kuşağında olduğu gibi Liyas süreci riftleşme ile ilişkili kayaçlarla belirgin olup bol ammonit, pelecypoda, ekinid, belemnit krinoid makrofosilleri içeren kırmızı renkli kondans kireçtaşı, marn, kilitaşı, tuf, tüffit, kumtaşı, çakıltası, andezitik ve bazaltik lav yapınlı, farklı geometri, fasiyes ve kalınlıklar sunan Zimonköy Formasyonu ile temsil edilir (Eren; 1983). Gümüşhane-Bayburt yöresinde Malm-Alt Kretase süreci platform karbonatlarının çökelme sürecine karşılık gelir.



Şekil 1: Gümüşhane-Bayburt öresinin jeolojik haritası (İ.H. GÜVEN'in 1/250 000 ölçekli jeoloji haritasından değiştirilerek alınmıştır).

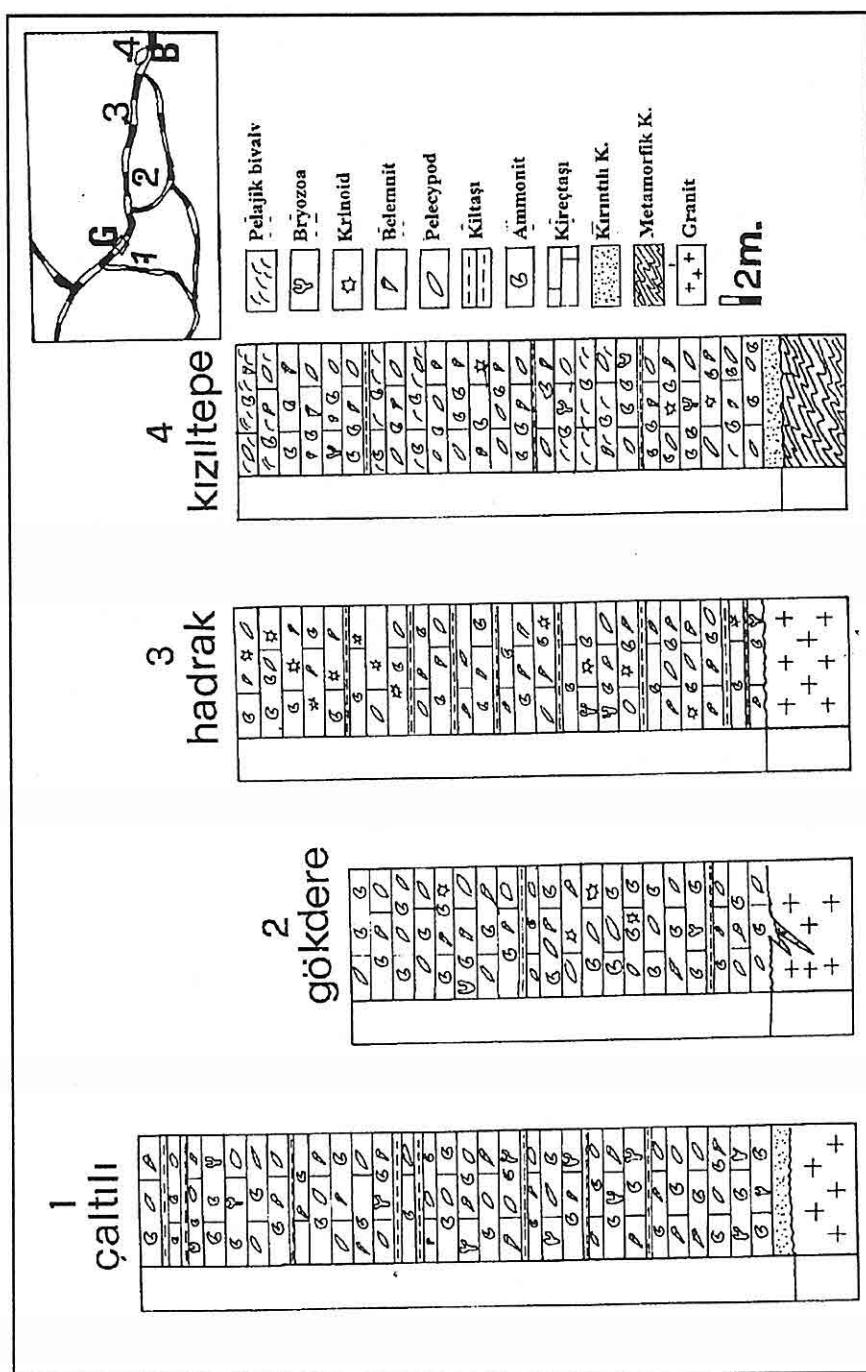
Gel-git üstü ortamdan resifal oluşumlara kadar tüm karbonat alt-fasiyelerinin izlendiği kireçtaşları (Berdiga Formasyonu) 300-700 m. kalınlık sunar (Pelin; 1977). Alt-Üst Kretase geçişte yörede ikinci rıftleşme olsunun geliştiği sürece karşılık gelir (Bektaş; 1986, Bektaş ve diğ.;1995, Yılmaz ve Bektaş; 1995). Başlıca monojenik çakıltaşı/breş, türbiditik kireçtaşı, pelajik kireçtaşı ve silisiklastik çökellerden oluşan istif (Kermutdere Formasyonu, Tokel; 1972) yamaç ve havza ortamlarında Senomaniyen-Kampaniyen sürecinde birikmiştir (Yılmaz ve Bektaş;1995). Eosen yaşı Alibaba Formasyonu, (Tokel; 1972) tabanda nummulitli kumlu kireçtaşı orta ve üst kısımlarda ise volkanik lav ve piroklastiklerden oluşur. Yöredeki en genç kayaçlar taraça, alüvyon ve travertenlerdir.

3. ALT JURA (LİYAS) ÇÖKELLERİNİN FASİYES VE ORTAMSAL NİTELİKLERİ

Gümüşhane-Bayburt yörsinde yüzlek veren Liyas yaşı kayaçlar (Zimonköy Formasyonu) istiflerin genel özellikleri bu kayaçların 3 farklı fasiyesten oluşur. Bunlar; kondanse pelajik çökeller, normal ve taşınmış/tekrar çökelmiş çökeller ve silisleşmiş/cörtlü kireçtaşı/cörtlü breş fasiyeleridir.

1-Kondanse pelajik çökeller fasisi: Gümüşhane-Bayburt yörelerinde yüzeyleyen kırmızı renkli, bol ammonit, pelecypoda, belemnit, ekinid ve krinoid makro faunasıyla ayırtman, yumrulu kireçtaşı dört ayrı alanda yüzeylenir (Lv. 1/a,c). Bunlar Gümüşhane güney-batısında Çaltı-Avşarbeyli, Gümüşhane güney-doğusunda Gökdere (Hur vadisi), Bayburt batısında Hadrak ve Bayburt il merkezinin kuzeyinde yer alan Kızıltepe yöresidir (Şek. 1,2). Doğu-batı doğrultulu bir çizgi üzerinde yer alan ve aralarında yaklaşık 20 Km. mesafe olan bu çökeller oldukça dar alanlarda (0.2-0.5 Km²) yüzlek verirler. Arazide ayırtman kırmızı renkleriyle çok kolay tanıabilen bu çökeller Çaltı-Avşarbeyli yöresinde 30 m. Gökdere'de 20 m. Hadrak ve Kızıltepe yörelerinde 25 m. kalınlık sunarlar (Şek.2). Bu fasies gelişen çökellerin taban dokanağı Hadrak ve Gökdere'de net olarak izlenir (Şek.2). Bu alanlarda yumrulu kireçtaşları granitleri üstler. Gökdere'de bu çökeller granitin ayrışma yüzeyi ile kırık ve çatlaklarını doldurmuştur (Şek.2/2, Şek.4/f). Kızıltepe yöresinde yumrulu kireçtaşının tabanında kumlu/çakılı çökeller gözlenir. Çaltı-Avşarbeyli yöresinde granitlerle olan dokanak örtülüdür. İncelenen yörelerde ammonitler çoğunlukta olan fosil topluluğunu oluştururlar. Bunun dışında fauna içeriği yönünden yersel farklılıklar izlenir. Çaltı-Avşarbeyli, Gökdere ve Kızıltepe yörelerinde ammonitlerin yanında pelecypodlar; Hadrak yöresinde ise belemnitler baskın olarak izlenir.Bunun yanında mercanlar Kızıltepe yöresinde ender olup Hadrak ve Çaltı-Avşarbeyli yörelerinde krinoidler oransal olarak boldur.

Yumrulu kireçtaşı yabakalarının kalınlıkları 3-25 cm arasında değişip ortalama katman kalınlığı 15 cm. dolayındadır. Tüm yörelerde kireçtaşları 1-2 cm kalınlıktaki



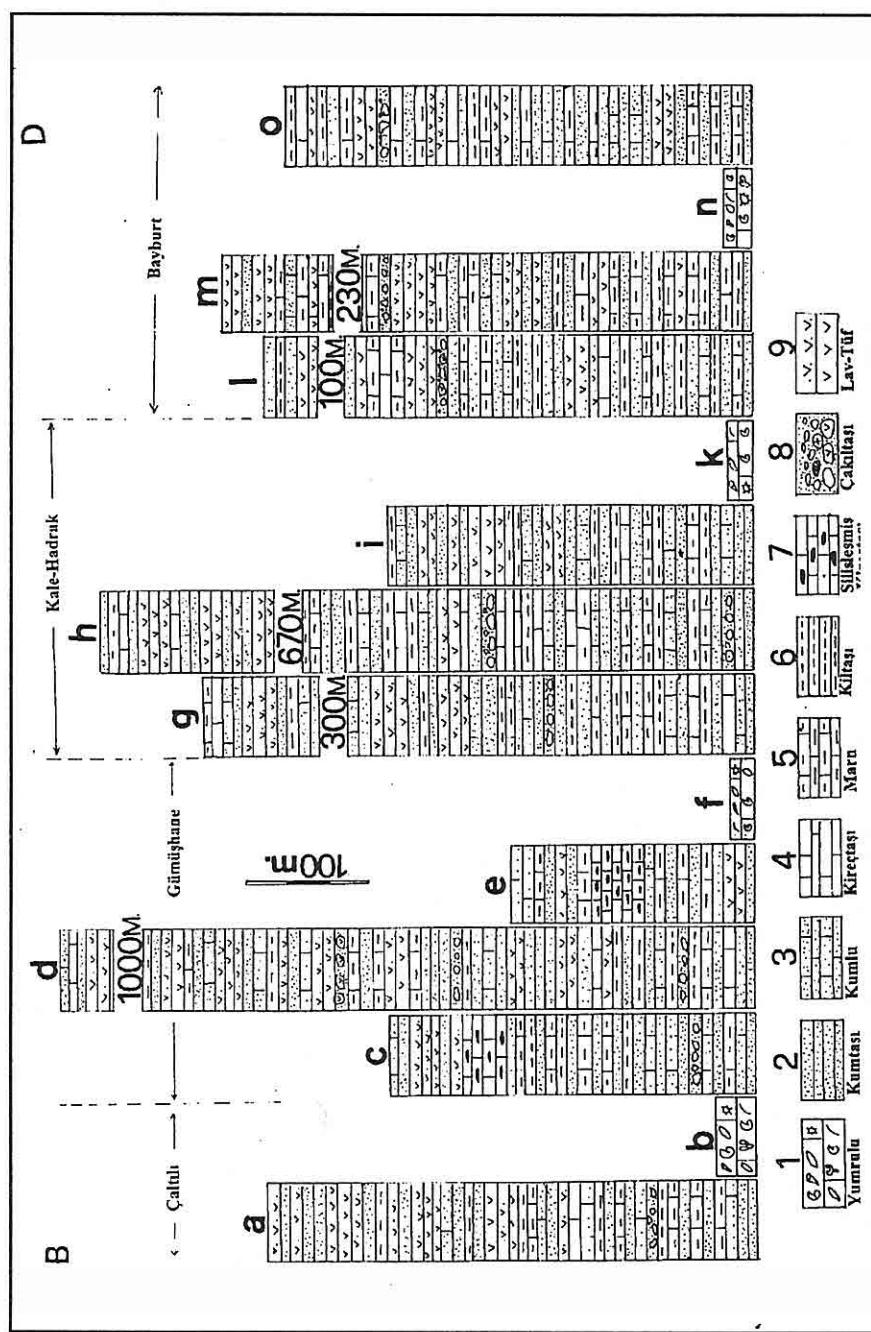
Sekil 2: Gümüşhane-Bayburt yöresinde yüzeyinde yüzeyleme veren kırmızı renkli, yumrulu kireçtaşı istüferinin batadan doğuya doğru korelasyonu.

kıl arakatmanlıdır (Lv.1/a). Makro fosiller çoklukla bütün bireyler halinde izlenir (Lv.2/i). Genel olarak fosilli istifası dokusu egemendir (Lv.2/b). Bunun yanında vaketaşı dokusu olağandır Lv. 2/a). Bazı seviyelerde izlenen pelajik bivalvler yer yer kavkı katmanı oluşturabilecek bolluğa ulaşırlar (Lv.2/c) Mikrofosiller başlıca *Aeolisaccus* sp., *Radiolaria* sp., *Nodosariidae* ve *Radiolaria'* lardan oluşur.

Bu fasiyeste gelişmiş kireçtaşının hemen hemen tüm seviyelerinde izlenen yumrulu yapının çok az bir kısmı makrofauna tarafından oluşturulmuştur. Bu yumruların büyük bir kısmının diyajenezin farklı aşamalarındaki çimento seçimiyle gelişiklerine ilişkin bazı bulgular vardır (C. Yılmaz ve L. Martire; süren çalışma).

İnceleme alanında yüzlek veren pelajik fasiyese ait çökellerin birikim hızı, Akdeniz kuşağındaki benzer istiflerde olduğu gibi çok düşük değerlerdedir (1.5-3 metre/milyon yıl).

2. Normal ve taşınmış/tekrar çökeliş çökeller fasiyesi: Gümüşhane-Bayburt yörelerinde geniş alanlarda yüzeyleyen ve başlıca orta katmanlıdan masif katmanlıya kadar değişen tüffit, tuf, bazaltik ve andezitik lav ara katmanları içeren kırintılı çökeller topluluğu bu fasiyese oluşturur (Lv. 1/b,d,e) Tabandan tavana doğru gerek tane boyunda ve gerekse katman kalınlığında belirgin bir incelme sunan çökeller başlıca çamur/tane destekli poljenik konglomera, dereceli kumtaşı, kumlu mikritik kireçtaşısı, silttaşısı, marn ve kiltası ardalanmasından oluşur (Şek.3). İstifin genelinde egemen bileşenleri oluşturan kırintılılar çoğulukla granitik ve metamorfik kaynaklardan türemiştir (Lv.2/e,h). Başlıca küt köşeli/ az yuvarlak yer yer uzamiş ve dalgalı sönmeli kuvars ve feldspatların yanında daha az oranda bazaltik kaynaklı volkanik kayaç kırintıları izlenir. Kırintılı seviyelerde ender olarak ammonit ve pelecypod fosilleri bulunmuştur (Gökdere). Benzer olgu Alkaya (1982) tarafından çaltılı yöresinde izlenmiş ve taşınmış (ex-situ) konumlu olarak değerlendirilmiştir. Kırintılı kayaçların üstte doğru giderek azalması ve tanelerin incelmesiyle gelişen mikritik matriksli vaketaşı/istifası dokusundaki ince orta katmanlı kireçtaşısı/kumlu kireçtaşısı bu fasiyes içinde en çok mikrofosil içeren seviyelerdir (Lv.2/d, g). Yer yer laminalı doku (Lv.2/f) sunan bu seviyelerdeki başlıca mikro-fosilleri *Radiolaria* sp., bentik ve pelajik foraminiferler, gastropod kalıpları, sünger spikülleri, ince ostracod kavaklıları ve ekinid dikenleri oluşturur. Genel olarak volkanik arakatkılar içeren kırintılı fasiyes yersel olarak farklılıklar gösterir (Şek. 3). Gümüşhane yöresinde çoğulukla kırintılı ve karbonatlı kayaçlar egemen olarak izlenirken Çaltılı, Zimonköy ve Bayburt yörelerinde volkanik katkı önemli oranda artış gösterir (Şek. 3, a, d, h ve m istifleri) . Volkanitlerin artış gösterdiği alanlarda lav tuf ve tüftilerin yanında aglomeralar belirgin seviyeler oluşturur. Bu fasiyeste gelişen kayaçların ilk bakışta göze çarpan özelliği yakın aralıklarda bile çok farklı birikim hızlarına sahip olmalarıdır. Yılmaz (1993b) bu olgunun riftleşme sırasında oluşan graben-yarı graben-horst yapılarının havzadaki egemen geometriyi kontrol etmesiyle sonuçlandılığını belirtmiştir.



Sekil 3: Gümüşhane-Bayburt yöresindeki Liyas yaşı kayaçlarının doğu-batu yönündeki fasiyeler ve kalınlık değişimleri.

3. Silisleşmiş Kireçtaşı ve silisli breş fasiyes: Gümüşhane yakın yöresinde yersel olarak izlenen ince katmanlı marn ve kiltası içeren orta katmanlı kireçtaşı ve breşler yoğun olarak silisleşmişlerdir (Şek.3, c ve e istifleri). Sahada kireçtaşı katmanlarının içerdığı silisli bileşenler 1-2 metreyi geçmeyen bantlar şeklinde izlenir. 30-50 m kalınlık sunan mikritik matriksli kireçtaşları bol olarak demir oksitli volkanik kayaç parçaları, mikritik zırhlı Radiolaria parçaları, kalsitik kavkı parçaları ve ender olarak foraminiferlerden oluşur. Mikroskopta silis oluşukları karbonatlı tanelerle yer değiştirir konumda ve gözenek dolgusu olarak izlenir. Silisleşmiş kireçtaşlarıyla yanal olarak geceli ve yersel/dar alanlarda izlenen silisli breşler kırmızı renkli ve düzensiz katmanlar şeklinde bulunur ve yer yer masif kütleler halinde izlenirler. Silisli breşleri oluşturan kırıntılar 1-20 cm çapında köşeli kireçtaşı ve silisli çakillardan oluşur. Bu taneler silisli ve demir-oksitli bir cimento ile bağlanmıştır.

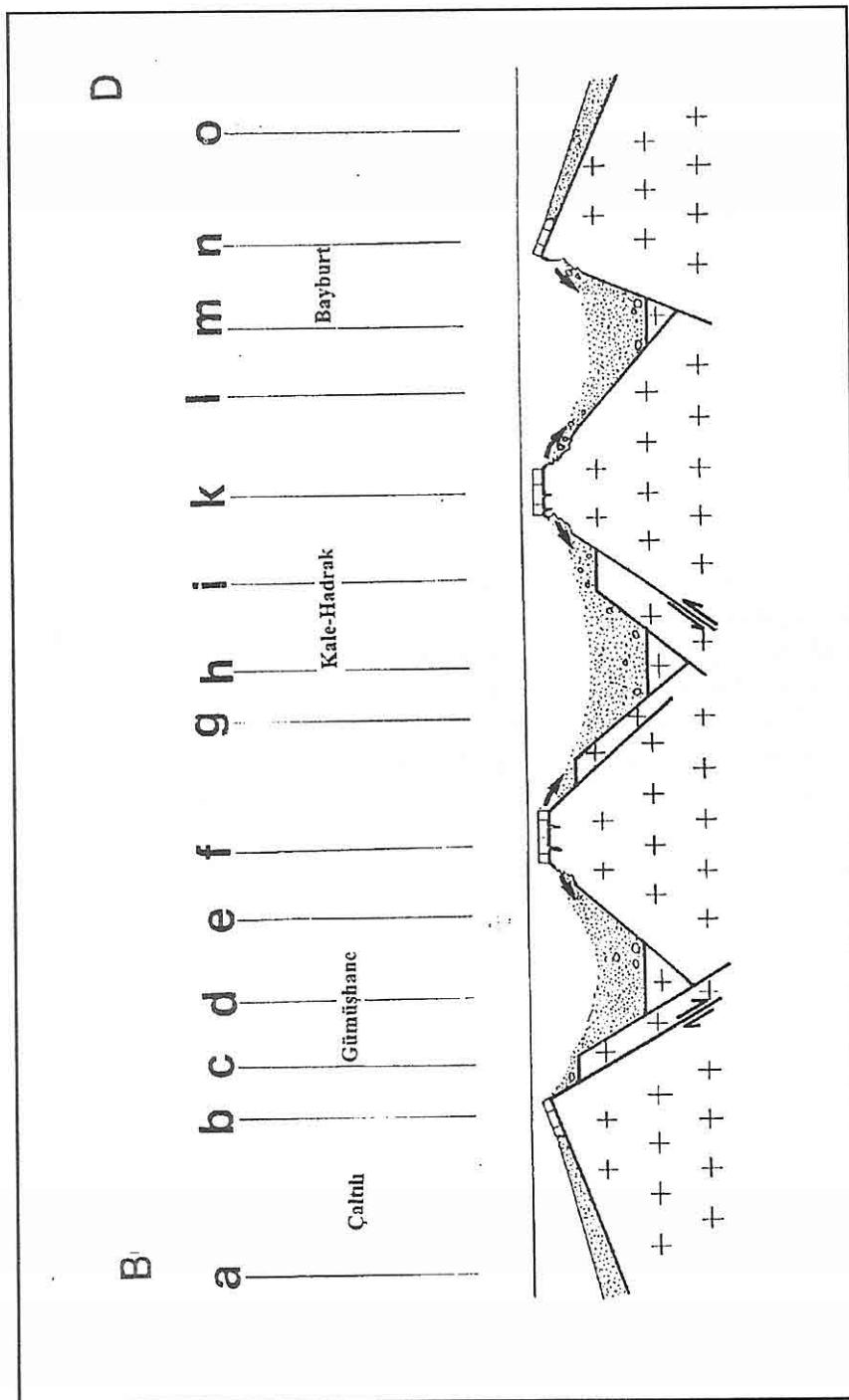
Gümüşhane-Bayburt yöresinde yüzeyleyen farklı fasiyelerdeki Liyas yaşı kayaçların yaşına ilişkin paleontolojik bulgular çoğunlukla yayınlanmıştır (Alkaya, 1982, 1983, Eren; 1983, Hacıalioğlu; 1983, Kesgin; 1983, Özer; 1983, Burşuk; 1975). Bu yaynlardaki fosil topluluğunun büyük bir kısmı Dr.F.Alkaya tarafından incelenmiş ve genel olarak Pliyensbachiyen-Toarsiyen yaşı verilmiştir. Fosil içeriği açısından oldukça fakir olan volkanik arakatmanlı kırıntıları yumrulu kireçtaşıyla yanal geceli olması nedeniyle, önceki çalışmalarında belirtildiği gibi, Liyas yaşı olarak kabul edilmiştir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Gümüşhane-Bayburt bölgesindeki geniş alanlarda yüzlek veren ve genel olarak Liyas sürecinde 3 ayrı fasiyesten oluşan çökellerin çökel yapı/doku, yayılım- dağılım, yanal ve dikey değişim ve kalınlıkları arasındaki farklar bu birikimlerin, çökelmeyle eş yaşı faylarla kontrol edilmiş pelajik-izole karbonat platformu ve bununla ilişkili çevre havzalarda/havzacıklarda birliğini ortaya koyar (Şek.4).

Düşük birikim oranı ile kırmızı renkli, bol makrofosilli, yumrulu kireçtaşının yanal olarak yüksek çökelme oranlarına sahip taşınmış/tekrar çökelmiş, kalın kırıntılu kayaçlara geçmesi bu kondansه çökellerin topografik olarak yüksek bir alanda çökeldiğini kanıtlar. Tümyle çamur destekli karbonatların varlığı çökelme düşük enerji seviyesini gösterir.

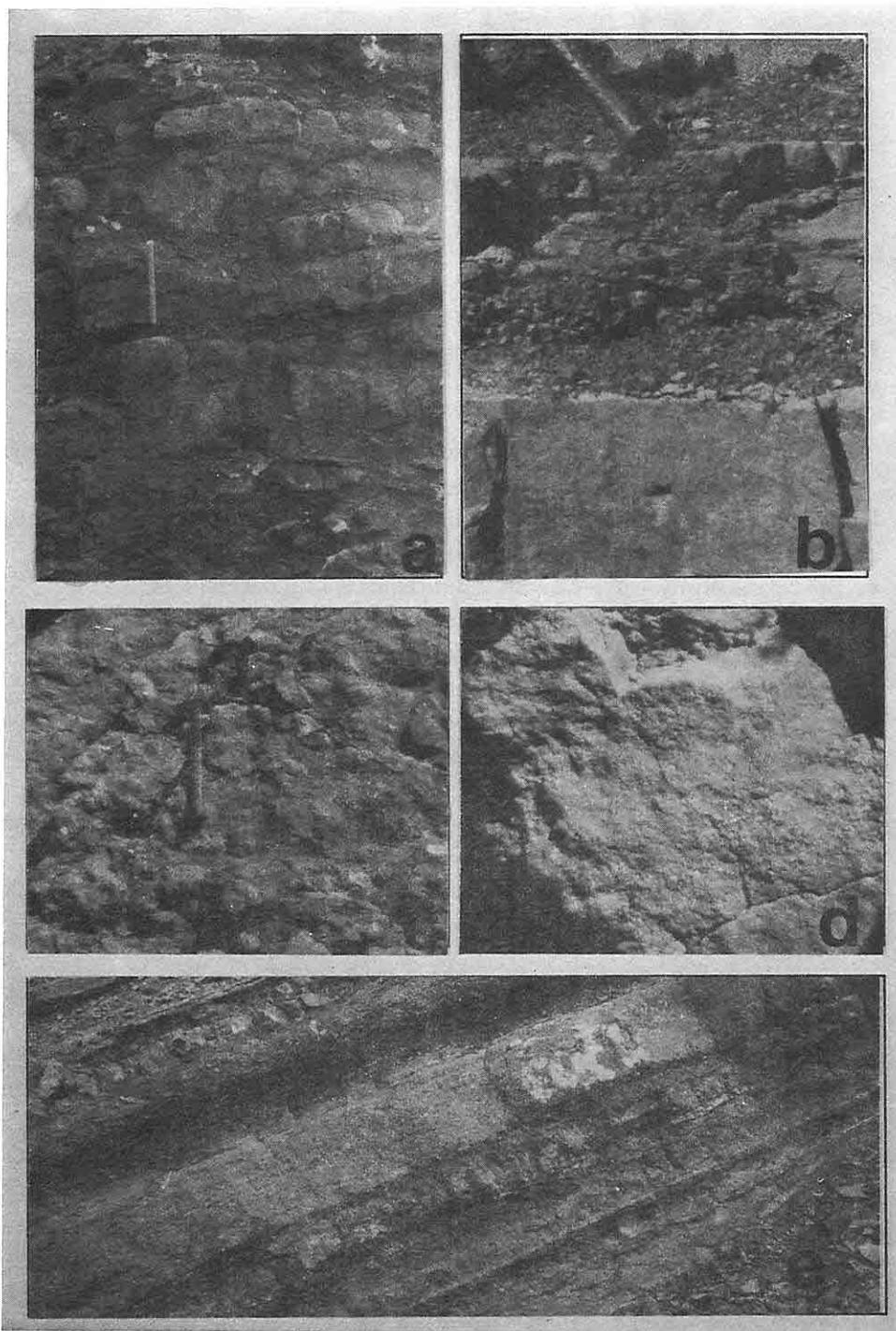
Yersel olarak izlenen silisleşmiş kireçtaşı platform çevresi fasiyes koşullarını yansıtır. Bu çökellerle yanal geceli veya kütleler halindeki silisleşmiş breşlerin, havzayı kontrol eden çökelmeyle eş yaşı faylarla karbonat platformundan ayrıldığını, kenar fasiyeleri oluşturduğu ve platformla havza arasında yer aldığı düşünülmüştür. Kırıntılı kayaçların yansittığı yanal değişim, çökel özellikler ve kalınlık ilişkileri bunların platform kenarlarında yer alan graben-yarı graben geometrili havzalarda tektonik kontrollü olarak gelişliğini ortaya koyar. Üste doğru belirgin bir incelme



Şekil 4: Gümüşhane-Bayburt yörenesinin Liyas sürecindeki havza modeli (a-o harfleri Şekil 3'teki istiflerin birikim alanlarını göstermektedir).

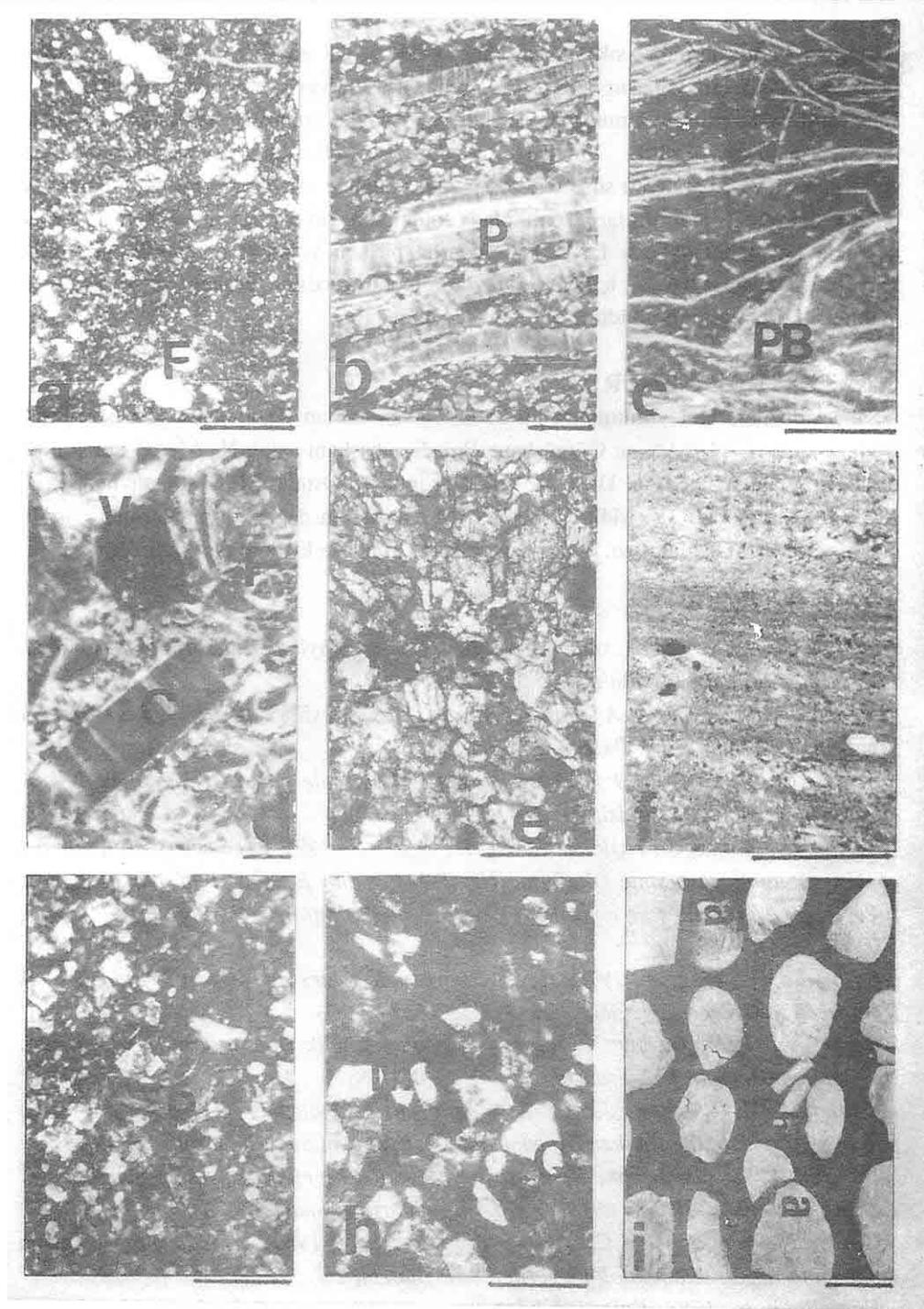
LEVHA 1

- a:** Kil arakatmanlı yumrulu kireçtaşının Kızıltepe-Bayburt yöresindeki görünümü
- b:** Normal/taşınmış tekrar çökelmiş fasiyes birliğine ait çakılı kumtaşı, kumtaşı, marn, kultaşı ardışımı. Şekilde gerek katman kalınlığında gerekse tane boyundaki incelme belirgindir (Fotoğraf Çaltılı yöresinden alınmıştır).
- c:** Ammonitiko rosso fasiyesinde gelişmiş kırmızı renkli kireçtaşına ayırtman özellik kazandıran yumrulu yapı (Gökdere köyü yüzleğinden alınmıştır).
- d:** Akmayla sağlanmış çakıl birikimlerinin kumtaşı katmanı içindeki görünümü (Çaltılı yöresi).
- e:** Normal/taşınmış tekrar çökelmiş çökel fasiyesinde gelişmiş çökellerin görünümü (Bayburt kuzey yöresi)



LEVHA 2

- a:** Ammonitiko rosso fasiyesinde gelişmiş yumrulu kireçtaşındaki vaketaşı dokusu
(F: foraminifer, çizgisel ölçek: 0.5 mm)
- b:** Ammonitiko rosso fasiyesinde gelişmiş yumrulu kireçtaşlarındaki istiftaşı dokusu
(P: Pelecypoda, çizgisel ölçek: 0.5 mm)
- c:** Bol pelajik bivalv içeren vaketaşı (PB: Pelajik bivalv, çizgisel ölçek: 0.5 mm)
- d:** Pelajik karbonat platformundan türemiş bileşenler içeren istiftaşı/tanetaşı (c: krinoid, F: foraminifer, V: volkanik kayaç kirintisi, çizgisel ölçek: 0.5 mm)
- e:** Bol kuvars ve feldspatlı iyi boylanmamış kumtaşı (Çizgisel ölçek: 0.5 mm)
- f:** Laminalı ve derecelenmeli silttaşısı (Çizgisel ölçek: 0.5 mm)
- g:** Pelecypod ve krinoid parçaları içeren istiftaşı (P: pelecypod kavkısı, çizgisel ölçek: 0.5 mm)
- h:** Taşınmış çökeller içinde yer alan kumlu çamurtaş. Kırıntılı bileşenlerin faylı kenarlardan erozyonla sağlanlığı düşünülmüştür (Çizgisel ölçek: 0.5 mm).
- i:** Yumrulu kireçtaşlarının içerdiği makro fauna (a: Ammonit, b: Belemnit, c: Krinoid, çizgisel ölçek: 3 cm)



gösteren kumtaşlarında sık sık serpilmiş halde izlenen çakılı düzeyler (Lv. 1/d), faylı kenarların erozyona uğramasıyla, gravite akmalarına yorumlanmıştır (Şek. 4). Elde edilen bulgular Gümüşhane-Bayburt yöresinde aralarında yaklaşık 20 Km. mesafe bulunan Çaltılı, Gökdere, Hadımköy ve Kızıltepe yörelerinin Liyas (Pliensbachiyen-Toarsiyen) sürecinde doğu-batı yönünde dizilmiş birbirinden bağımsız pelajik karbonat platformları konumunda olduğunu ortaya koyar. Bu platformlar arasında kalan alanda çok farklı kalınlıklarda biriken volkanit arakatkılı, türbiditik karakterli kayaçlar havza içinde ve faylarla kontrol edilen graben ve yarı-graben geometrili ortamların ürünüdür.

5. KATKI VE TEŞEKKÜR

Saha çalışmalarının yürütülmesi sırasında zaman zaman Karayolları şube şefi İnş. Müh. sayın H. TURAN ve Gümüşhane Belediye başkanı sayın N. AĞAC arazi aracı desteği sağlamıştır. Sayın Dr. İ. SEYMEN, sayın Dr. Osman BEKTAŞ, sayın Dr. H. KARGI ve sayın Jeo. Y. Müh. Ç. SAYDAM çalışmanın değişik aşamalarında olumlu eleştirilerle katkı sağlamıştır. Yazar yukarıdaki kurum ve kişilere teşekkür eder.

6. KAYNAKLAR

- Alkaya, F., 1982, Kuzey Anadolu Alt Jura (Liyas) Phylloceratidlerinin taksonomik revizyonu (I Bölüm). TJK Bülteni, 25, 31-40*
- Alkaya, F., 1983, Kuzey Anadolu Alt Jura (Liyas) Phylloceratidlerinin taksonomik revizyonu (II Bölüm). TJK Bülteni, 26/1, 65-72*
- Bektaş, O., 1986, Doğu Pontid ark gerisi bölgelerinde paleostres dağılımı ve çok evreli riftleşme. MTA Dergisi, 103/104, 25-40.*
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taşlı, K., Akdağ, K., Özgür, S., 1995, Cretaceous rifting on the eastern pontide carbonate platform (NE Turkey): the formation of the carbonate breccias and turbidites as evidence of the drowned platform. Giornale di Geologia , 57/1 (in press)*
- Bernoulli, D., Renz, O., 1970, Jurassic carbonate facies and new ammonite faunas from western Greece. Ecl. Geol. Helv. 63, 537-607*
- Burşuk, A., 1975, Bayburt yöreninin mikropaleontolojik ve stratigrafik irdelenmesi. İÜ Fen Fak. Doktora tezi, Trabzon*
- Catalone, R., Channel, J.E.T., DiArgenio, B., Napoleone, G., 1977, Mesozoic paleogeography of the southern Apennine and Sicily. Mem. Soc. Geol. Ital. 15, 95-118*
- Eren, M., 1983, Gümüşhane-Kale arasındaki jeolojisi ve mikrofasiyes incelemesi. KÜ Fen Bil. Ens. Yüksek lisans tezi, 197 s. Trabzon (yayınlanmamış)*
- Görür, N., Şengör, A.M.C., Akkök, R., Yılmaz, Y., 1983, Pontidlerde Neotetisin açılmasına ilişkin sedimentolojik veriler. TJK Bülteni, 26/1, 11-20*
- Hacıalioğlu, T., 1983, Kale-Vavukdağ arasındaki jeolojisi ve mikrofasiyes incelemesi.*

- KÜ Fen Bil Ens. Yüksek lisans tezi, 121 s. Trabzon (yayınlanmamış)
- Kesgin, Y., 1983, Bayburt (Gümüşhane) ilçesi Akşar köyü ve güneybatisının jeolojik incelemesi. KÜ Fen Bil. Ens. Yüksek lisans tezi. 94 s. Trabzon (yayınlanmamış)
- Martire, L., 1988, Eta dinamica deposizionale e possibile organizzazione sequenziale del rosso ammonitico dell'Altopiano di Asigo. Rend. Soc. Geol. It., 11, 231-236.
- Özer, E., 1983, Bayburt (Gümüşhane) yöreninin jeolojisi ve mikrofasiyeler incelemesi. KÜ Fen. Bil. Ens. Yüksek lisans tezi. 107 s. Trabzon (yayınlanmamış).
- Pelin.S., 1977, Alicura (Giresun) Güneydoğu yöreninin petrol olanakları bakımından jeolojik incelemesi. KTÜ yayın no: 87, 103 s. Trabzon
- Saner, S., 1980, Batı Pontidlerin komşu havzalarının oluşumlarının levha tektoniği kuramı ile açıklanması. MTA Bül. 93/94, 1-20
- Santantonio, M., 1993, Facies associations and evolution of pelagic carbonate platform/basin system: examples from the Italian Jurassic. Sedimentology, 40, 1039-1067
- Santantonio, M., 1994, Pelagic carbonate platforms in the geologic record: their classification, and sedimentary and paleotectonic evolution. AAPG Bull., 78/1, 122-141
- Seymen, I., 1975, Kelkit vadisi kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun tektonik özelliği. İTÜ Maden Fak. Doktora tezi, 198 s.
- Taslı, K., 1984, İkisu (Gümüşhane) ile Hamsiköy (Trabzon) yörelerinin jeolojisi ve Berdiga Formasyonunun biyostratigrafik deneştirmesi. KTÜ Fen. Bil. Ens. Yüksek Lisans tezi, 120 s. Trabzon (yayınlanmamış)
- Tokel, S., 1972, Stratigraphical and volcanic history of the Gümüşhane region (NE Turkey). Ph. D. thesis Un. College, London (yayınlanmamış)
- Tucker, E.M., Wright, V.P., 1990, Carbonate sedimentology. Blackwell, Oxford, 482
- Vai, G.B., 1980, Sedimentary environment of Devonian pelagic limestone in the Southern Alps. Lethaia, 13, 79-91
- Wendt, J., 1988, Condensed carbonate sedimentation in the Late Devonian of the eastern Anti-Atlas, Morocco. Ecl. Geol. Helv. 81, 155-173
- Yılmaz, C., 1992, Kelkit (Gümüşhane) yöreninin stratigrafisi. J. Müh. Dergisi, 40, 50-62
- Yılmaz, C., 1993a, Olur (Erzurum) yörenindeki Mesozoyik istifinin jeotektonik evrimi. Yerbilimleri, 23, 27-41
- Yılmaz, C., 1993b, Accumulation rates of Jurassic-Lower Cretaceous sediments in the southern zone of the eastern Pontides. Giornale di Geologia, 55/2, 131-145
- Yılmaz, C., Bektaş, O., 1995, Doğu Pontidlerde Kretase sürecindeki platform-havza fasiyeleri. KTÜ, Jeoloji Bölümü 30 Yıl Sempozyumu bildiriler, Özeti, s. 93, Trabzon.
- Yılmaz, Y., 1974, Geology of the Gümüşhane granite (petrography). İ.Ü Fen Fak. Seri B, sayı 39, 157-172

**KARAMÜRSEL-YALOVA ARASINDAKİ (KUZEYBATI ANADOLU)
PIROKLASTİK KAYALarda OTİJEN MİNERAL OLUŞUMLARI**

Bektaş UZ, Fahri ESENLİ ve Halis MANAV

I.T.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

Zeliha AYDOS

Üstün Sondaj, İstanbul/Türkiye

ÖZET : Armutlu yarımadasında, Karamürsel ile Yalova arasında kalan bölgede, Triyas yaşı konlomera ve kumtaşları üzerine uyumsuz olarak gelen volkanosedimanter istifin yerel olarak önemli ölçüde kalınlaşan piroklastik kayaları kısmen veya bazı lokalitelerde yüksek oranda alterasyona maruz kalmışlardır. Andezitikten riyolitik bileşime kadar değişim gösteren tüflerin diyajenetik alterasyonları neticesinde; zeolitlerden hoylandit-klinoptilolit grup mineralleri, mika-kil karışık katmanlı mineraller, silis grubundan opal-CT ve karbonatlardan kalsit otijen olarak meydana gelmişlerdir.

Hoylandit grubu minerallerde yapılan kimyasal analizler ve ısıl kararlılık çalışmaları sonucunda hem hoylandit-2 tipte ($Ca\text{-}klinoptilolit}$) hem de klinoptilolit tipte grup minedalleri saptanmıştır. Örneklerde Si/Al oranı 4.70-5.84 divalent katyon yüzdesi ise % 62-69 aralıklarında belirlenmiştir. Öte yandan mika-kil karışık katman grubu minerallerinin seladonit-glokonit ayırmaları neticesinde glokonit ($Al\text{-}glokonit$) oldukları saptanmıştır.

**AUTHIGENIC MINERAL OCCURRENCES IN PYROCLASTIC ROCKS
BETWEEN KARAMÜRSEL AND YALOVA (NORTHWEST ANATOLIA)**

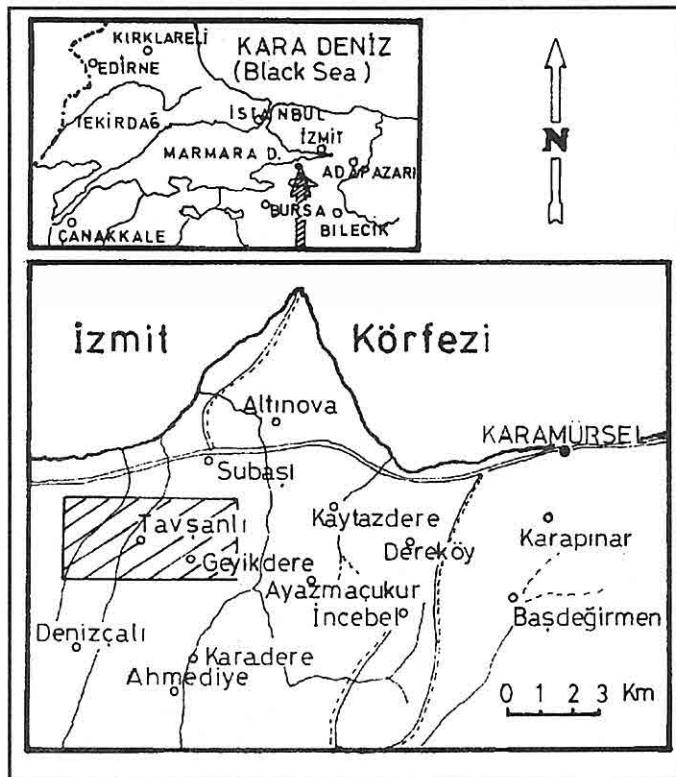
ABSTRACT: Pyroclastic rocks of volcanosedimentary sequence which disconformable overlie Triassic aged conglomerates and sandstones undergone highly altered in some localities of the area between Karamürsel and Yalova, Armutlu Peninsula.

Heulandite-clinoptilolite group minerals as zeolites illite-celadonite-glaucite group minerals as mica-clay, mixed-layer minerals, opal-CT as silica and calcite as carbonate are formed authigenically during the diagenetic alteration of tuffs which have the composition from andesitic to rhyolitic.

Chemical analysis results and thermal stability studies on heulandite group minerals indicates that the zeolite types are clinoptilolite and heulandite-2 ($Ca\text{-}clinoptilolite$). Si/Al ratio is determined between 4.70-5.84 and divalent cation percentage between 62-69 % is found on tested samples. Mixed-layer mineral is found to be glauconite ($Al\text{-}glaucite$) after celadonite-glaucite distinguishing methods.

1. GİRİŞ

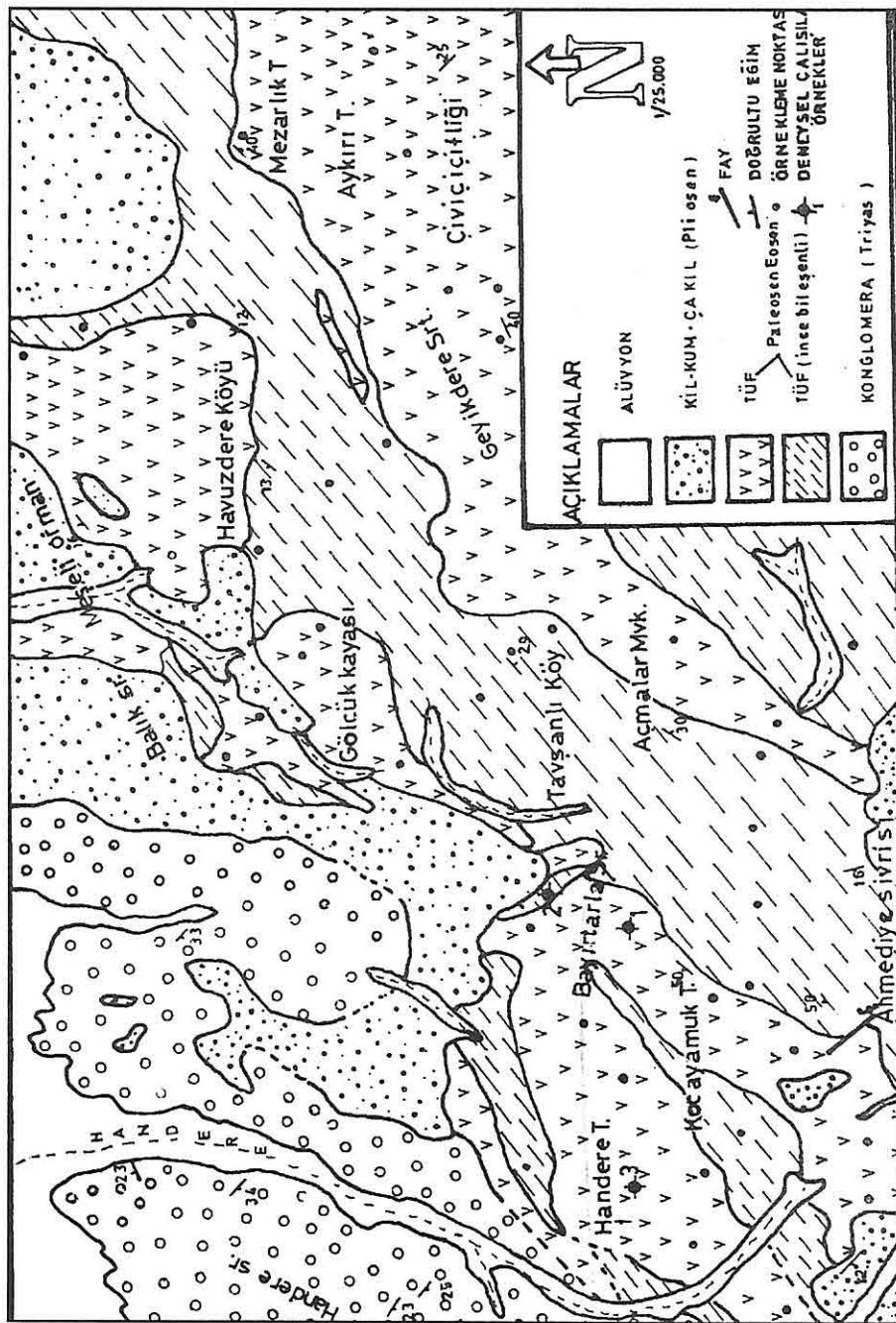
Inceleme alanı Yalova ile Karamürsel arasında, İzmit Körfezinin yakın güneyinde yer almaktadır (Şekil 1). Triyas yaşı kumtaşı ve konglomeralar alan içerisindeki en yaşlı birimdir (Akartuna, 1968). Bunlar üzerine uyumsuz olarak gelen Paleosen-Eosen yaşı fliş serisi (Akartuna, 1968) konglomera, kumtaşı, marn, kil, kireçtaşılı litolojilerinin



Şekil 1. Çalışma Alanı Bulduru Haritası.

yanısında geniş yayılımlı tüfleri de içerir (Şekil 2). Çalışma konusunu oluşturan bu tüfler bölgedeki maksimum kalınlıklarına bu kesimde ulaşırlar ve yüksek sırtları oluştururlar. Bu tüflerin, fliş serisi içerisinde ince bantlar halinde izlenen tüflerden makroskopik olarak belirgin farkları bulunur. Akartuna (1968), 500-600 m.'ye ulaşan kalınlık verdiği kalın tabakalı, beyaz renkli bu tüflerin bölgede inşaat taşı olarak kullanıldığını rapor etmektedir.

Bölgelerdeki tüflerin petrografisi- mineralojisi ve zeolitlerin varlığı Uz ve. diğ. (1992) tarafından ve glokonit-seladonit grubu, mika-kil karışık katmanlı minerallerin varlığı da Uz ve diğ., (1993) tarafından rapor edilmiştir. Bu çalışma ile tüflerin otijen mineral parajenezleri toplu olarak verilmekte olup, zeolit grubu minerallerde ve glokonit

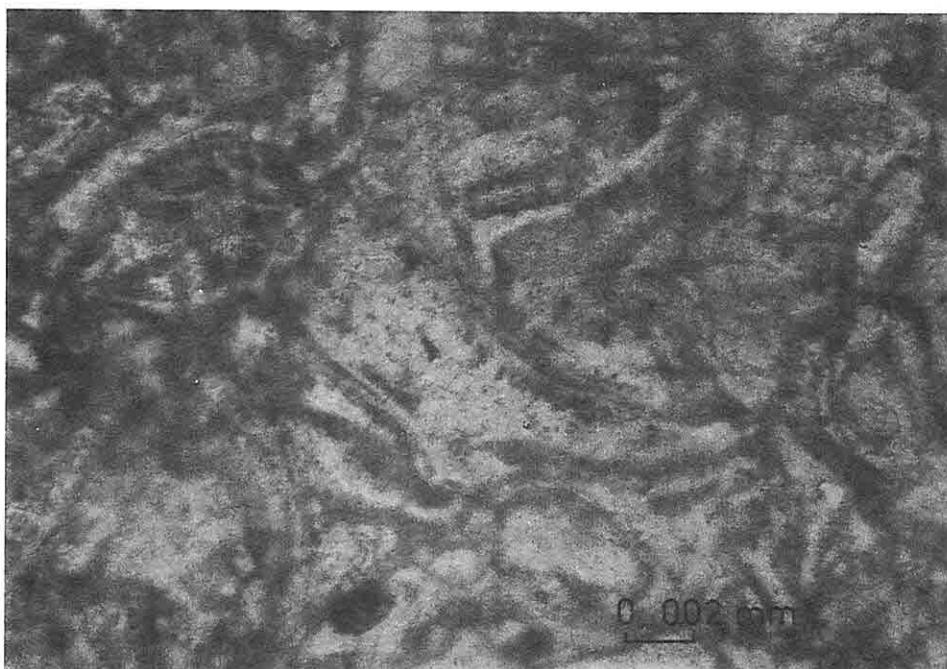


Şekil 2. Çalışma Alanının Jeoloji Haritası ve Örnek Lokasyonları.

-seladonitlerde mineralojik ve kimyasal tanımlamalar yapılmıştır. Petrografik tanımlamalar optik mikroskopta gerçekleştirilmiş, özellikle otijen oluşumların adlamaları için ve zeolit miktarlarının tahmini için x-işinleri difraksiyon analizleri Philips marka difraktometrede, CuK α radyasyon kullanılarak, değişik çekim hızlarında yapılmıştır. X-işinleri yöntemi ile en yüksek oranda zeolitli tahmin edilen örneklerde yaş kimyasal analiz yapılmış, ayrıca 3 örnekte hoylandit-klinoptilolitlerin ıslı kararlılıklar; 400°C ve 550°C -12'şer saat süreli ısıtmalar sonucunda (Alietti, 1972); d (020) yansımاسının şiddet ve konumları dikkate alınarak değerlendirilmiş ve iki örnekte iyon değişimi deneyi gerçekleştirılmıştır. Glokonit-seladonit grup minerallerinin kimyasal ve mineralojik özelliklerini ortaya koymak amacıyla, yukarıdaki şartlarda, x-işinleri çekimleri gerçekleştirilmiş ve bir örnek için yaş metodla kimyasal analiz yapılmıştır.

2. PETROGRAFİ

Saha genelinde beyaz, kirli beyaz-sarı, yeşil, sarımsı kahverengi gibi değişken renkler gösteren tüflerde kristal-camsı-litik geçişleri görmek olasıdır. Genel olarak kül boyutlu bağlayıcı malzemeden oluşmalarına karşın özellikle bantlar halinde toz tuf geçişleri de izlenir. Handere çevresinde riyolitik, riyodasitik tüfler yaygındır. Fenokristaller kuvars, plajiolas (albit-oligoklas), sanidin, biotit'dir. Ancak Handere-Eski Ocak bölgesinde %20'ye varan oranlarda hornblend içeren andezitik tüflere geçişler bulunur. Kayaç, riyolitik veya andezitik olsun, bileşenleri itibariyle kristal-camsı tüflerdir ve yabancı kaya parçaları litik tuf tanımını verecek orana ulaşmamıştır. Bağlayıcı malzemede, başlıca konkav şekillerde olmak üzere çeşitli biçimler arzeden cam parçaları yaygındır (Şekil 3) ve genellikle iç ve kenar kesimlerinde alterasyon ürünleri kendini gösterir. Tavşanlı köyü ile AhmedİYE arasında tüflerin yanı sıra volkanik breş-aglomera geçişleri izlenir. Öte yandan, bileşenleri itibariyle daha ince taneli olan tüfleri ayırtlamak mümkündür (Şekil 2). Ancak, her grup içerisinde boyut farklılıklarını gösteren geçişlerde izlenebilirler. Toz tüflerin hemen tümü kuvars ve feldispatlardan ibaret az sayıda fenokristal ve yanısıra toz boyutlu bağlayıcı içeren riyolitik-riyodasitik tüflerdir. Çavuşçiftliği Köyü bölgesinde, yabancı kaya parçalarının %35'e kadar ulaştığı andezitik-litik tüfler yeralır. Hornblend oranının %5-10 kadar olduğu tüflere Geyikdere Köyü-Geyik Tepe civarında da rastlanmışsada, esas itibariyle Geyikli Sırları, Havuzdere Köyü çevresi riyolit tüflerce zengindir. Saha genelinde kil minerallerince zengin alterasyonların haricinde, tüflerde meydana gelmiş otijenezi makroskopik olarak ve hatta birçok durumda optik mikroskopta dahi gözlemek olanaksızdır. Kayaç dokusu bu otijenlerin oluşumundan ötürü birincil özelliğini-görünümünü-değiştirmemiştir.



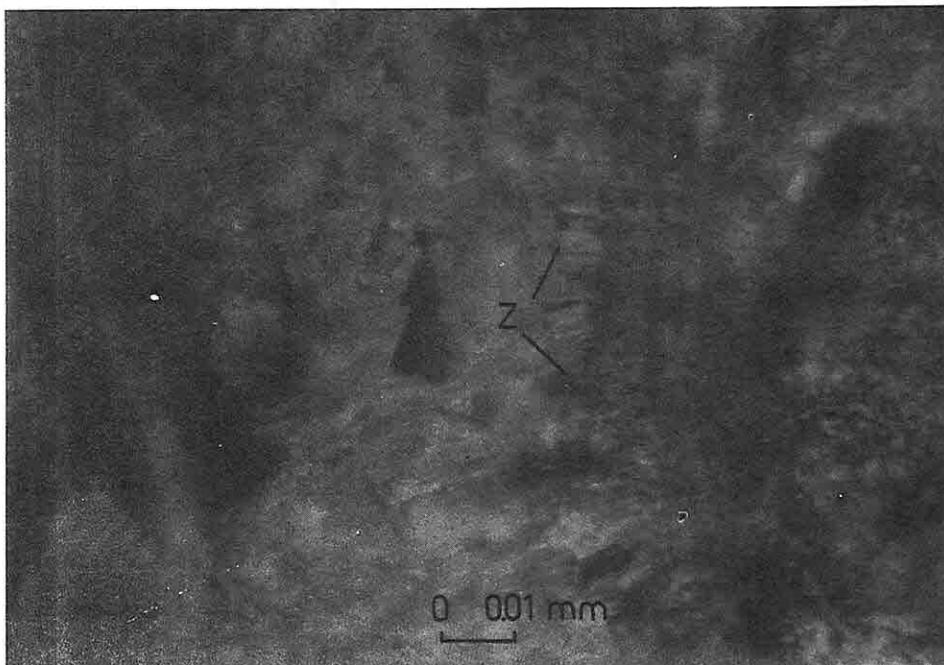
Şekil 3. Büyük Oranda Cam Parçaları İçeren Riyolitik Bileşimli Camsı-Kül Tüf (Tek Nikol).

3. MİNERALOJİ

Yalova-Karamürsel arası bölgenin tüflerinde fenokristallerin haricinde tüm bağlayıcı malzemede, cam parçalarında, az sayıda pumis parçalar ve ayrıca boşluklarda çeşitli mineraller meydana gelmiştir. Bu mineraller zeolit (hoylandit-klinoptilolit grup), kil ve mika-kil karışık katman mineralleri (smektit, seladonit-glokonit), silis minerallerinden opal-CT ve nihayet kalsit'dir. Kalsit az sayıda örnekte ve az oranlarda saptanmıştır. Smektit dioktaedral montmorillonit tipte olup hiçbir zaman zeolitler kadar yüksek oranlara ulaşmamıştır ve birçok örnekte bulunmaz veya x-ışınları dedeksiyon limitinin altındaki oranlardadır. Opal-CT hemen tüm örneklerde vardır fakat düşük oranlardadır. Büyük oranda opal-CT'den veya opal-A (amorf silis) dan oluşan bir örnek bulunmaz. Ancak, tüm bölgelerde bulunuyor olması diyajenetik alterasyonun en azından bir dönem silis lehine gliştiğini ve daha sonra kimyasal şartların değişimiyle oransal olarak yükselemediğini, muhtemelen ifade eder. Nihayet bölgede en yaygın izlenen diyajenetik alterasyon ürünü zeolitlerdir. Kil-mika karışık katmanlı seladonit-glokonit minerallerine ise dar bir alanda rastlanılmıştır. Ancak bu kesimde kayaçta tümüyle bu oluşumlara dönüşümlerin meydana geldiği gözlenir.

3.1. Hoylandit-Klinoptilolit

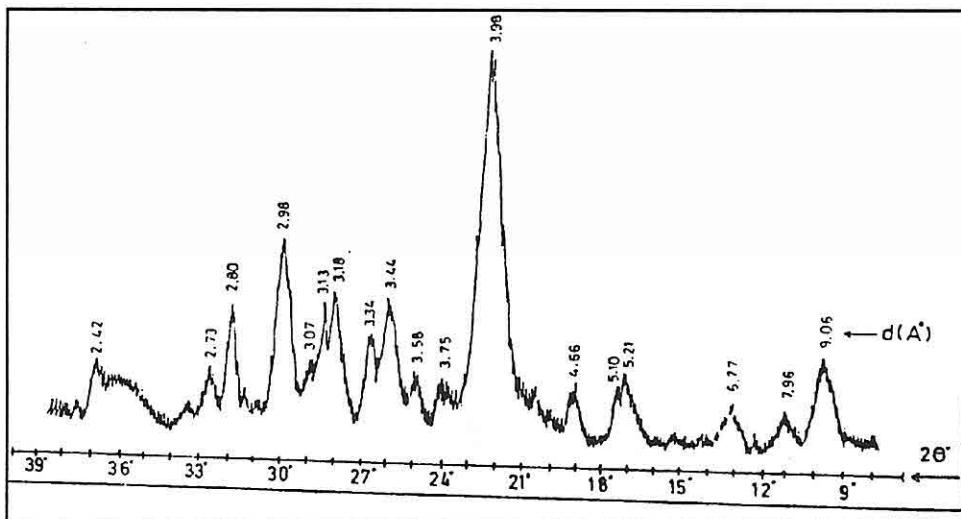
Hoylandit-klinoptilolit grubu zeolit mineralleri bölgedeki piroklastikler içerisinde en yaygın olarak bulunan otijen oluşumlardır. Prizmatik levhalar şeklinde, genelde uzun eksenli 10 mikron ve altı boyutlarda, özellikle cam parçalarının ve boşlukların kenarlarındaki taneleri optik mikroskop-büyüüm büyütmelerde izlenebilen yığışmlar gösterir (Şekil 4). Örneklerde ait x-işinleri diffraksiyonu verileri, ıslı kararlılık çalışmalarının sonuçları ve kimyasal bileşimler hem hoylandit hem de klinoptilolit tipte mineralin bulunabildiğini göstermiştir. Bayırtarla yöresinden alınan bir örneğe (hoylandit) ait x-işinleri difraktogramı Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 4. Hoylandit-Klinoptilolit Kristallerinin (Z) Optik Mikroskopoptaki Görünümleri (Tek Nikol).

Üç örnekte (1 ve 2 nolu örnekler Bayırtarla Sırtı kuzeyinden, 3 nolu örnek Handere Tepe-Kocayamuk Tepe arasında alınmıştır) ıslı kararlılık çalışması yapılmıştır. 400°C-12 saat süreli ısıtmalar sonucunda (020) yansımmasına ait çizgi tüm örnekler için belli bir şiddet kaybına uğramışsa da net olarak izlenir (Şekil 6). 550°C-12 saat süreli ısıtmalar sonucunda ise 1 ve 3 nolu örneklerde yapı korunmuşken 2 nolu örnek tamamen bozulmuştur (Şekil 6).

ıslı kararlılık çalışması yapılan örnekler bölgedeki en yüksek zeolitli olarak tahmin edilenlerden seçilmiştir. Bu tahmin $d = 3.97 \text{ \AA}$ mesafe değerli çizginin saf klinoptilolitdeki şiddeti ile karşılaştırma yaparak ve örneklerimizde hoylandit-klinoptilolitlerin yanısıra herhangibir minerale (ve de amorf cama) belirgin olarak rastlanılmamasından dolayı yapılmıştır. Buradan hareketle, 1, 2 ve 3 nolu örneklerin



Şekil 5. Hoylandite Ait X- Işınları Difraktogramı.

kimyasal analizleri büyük oranda hoylandit-klinoptilolitleri temsil edecektir. Analiz sonuçları Tablo 1'de görülmektedir. Hoylandit-klinoptilolitlerin ayırtman kimyasal özelliklerini ile ilgili veriler literatürde bulunmaktadır (Mason ve Sand, 1960; Sheppard, 1961; Alietti, 1972; Boles, 1972; Aietti ve diğ., 1977). Buna göre hoylanditlerde Si/Al oranı 4'den, alkali katyonlar/toprak alkali katyonları oranı 1'den ve Na + K/Na + K + Mg + Ca oranı 0.50'den küçüktür. Klinoptilolitlerde ise üç özellik yukarıdaki sınır değerlerinden büyüktür. Ancak sınır değerlere yakın sonuçlar kesin ayırtman olmayıp, "Siliç zengin hoylandit" veya "Ca'ca zengin klinoptilolit" gibi ifadeler ile tanımlanabilirler. Örneklerimize ait analiz sonuçlarını birim hücre analizleri olarak kabul ettiğimizde; 720 bazında elde edilen katyonik değerler; üç örneğin de siliç zengin hoylandit, Ca'ca zengin klinoptilolit tipte olduğunu, diğer bir ifade ile katyon içeriklerine göre hoylandit tipte, Si/Al oranlarına göre ise klinoptilolit tipte olduklarını ifade eder.

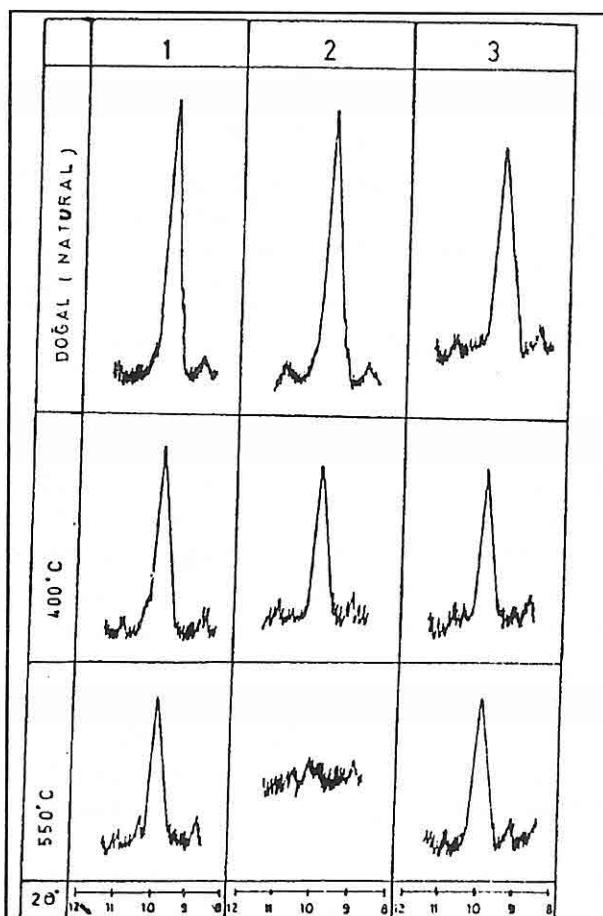
Öte yandan grup minerallerine ait I ($d = 5.11 \text{ \AA}$) / I ($d = 5.24 \text{ \AA}$) oranları (Esenli, 1993) ayırtman olarak kullanılmış ve ısıl kararlılık çalışmalarından hoylandit olarak tanımlanan 2 nolu örnekte bu oranın 1'den küçük olduğu (Şekil 5), diğer örneklerde 1'den büyük olduğu anlaşılmıştır.

Özetle, bölge piroklastiklerinde yüksek Si'li ve Ca'lu hoylandit-klinoptilolitler hakim olup, iki tip mineralin bulunduğu anlaşılmıştır.

3.2. Glokonit - Seladonit

Glokonit ve seladonit; illit, muskovit, fenjit ve smektitler ile karışık katmanlıdır ve bu

tabakalar, genelde % 5-55 arasında değişen oranlarda, glokonit ve seladonitler içerisinde bulunabilir (Manghnani ve Hower, 1964; Loveland ve Bendelow, 1984). X-işinleri difraksiyonu verileri ve kimyasal bileşim, çalışma alanına ait bu grup minerallerinin glokonit (Al-glokonit) tip olduğunu göstermiştir. Grup minerallerindeki kimyasal farklılık, onların toplam üç değerlikli katyon değerlerinde (R^{+3}) ve $Al^{+3} - Fe^{+3}$ ilişkisindedir. Şekil 7'de, Buckley ve diğ. (1978) ve Loveland and Bendelow (1984)



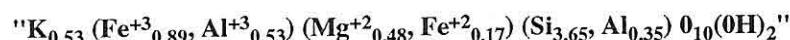
Şekil 6. Çalışma Alanından 3 örnekte Gerçekleştirilen Isıl Kararlılık Çalışmalarında $d(020)$ Yansıma Çizgisinin değişimleri.

tarafından rapor edilen örneklerde ait verilere oluşturulan $Al^{+3} - Fe^{+3}$ diyagramında mineralin $R^{+3} = 1.42$ değeri ile Al-glokonit bölgesini temsil eden bir hatta olduğu izlenir. Yalova-Karamürsel arası bölgenin glokonitine ait kimyasal analiz sonuçları

Tablo 1. Çalışma Alanından Yüksek Zeolitli 3 Örneğin Kimyasal Analiz Sonuçları.

ÖRNEK % OKSİT	1	2	3
SiO ₂	68.21	69.18	64.20
Al ₂ O ₃	10.30	12.24	12.01
Fe ₂ O ₃	1.05	1.20	1.99
MgO	1.02	1.84	1.51
CaO	4.10	5.60	5.12
K ₂ O	2.01	2.24	1.96
Na ₂ O	0.70	1.11	0.62
H ₂ O±	12.43	8.72	11.86
TOPLAM	99.82	102.13	99.27
KATYON			
Si	31.78	32.20	29.90
Al	5.44	6.47	6.35
Fe	0.73	0.84	1.39
Mg	0.61	1.10	0.90
Ca	2.92	3.99	3.65
K	1.66	1.85	1.62
Na	0.51	0.82	0.45

Tablo 2'de verilmiştir. 22 (0, OH) bazına göre hesaplanan katyonik değerlerde örneğin;

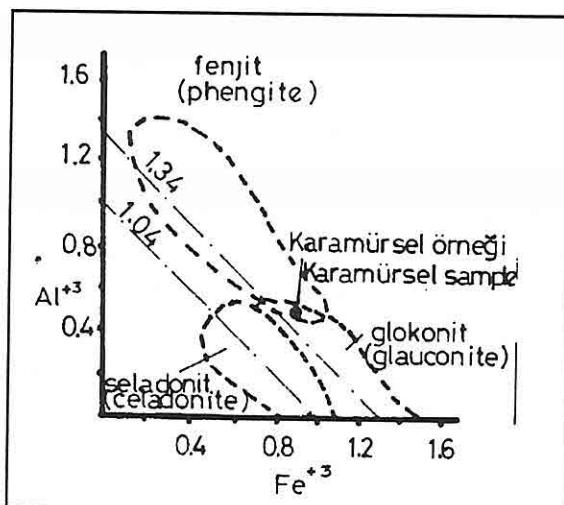


şeklinde yarıbirim hücre kimyasına sahip olduğu belirlenmiştir.

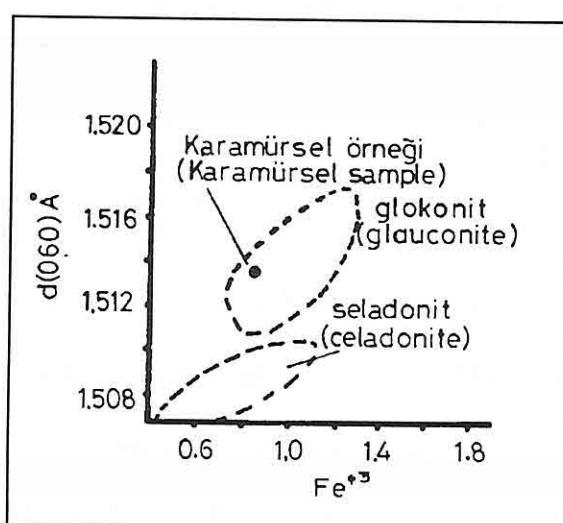
X-ışınları difraksiyonu verilerine göre (Tablo 3), mineralin d(060) mesafe değeri 1.51 Å'den büyuktur (1.514 Å). Grup minerallerinin bir ayrıcalığı (060) yansımmasına ait mesafe değeri ve bunun yarıbirim hücre Fe⁺³ içeriği ile olan ilişkisidir (Şekil 8). Al⁺³ - Fe⁺³ diyagramında kullanılan örnekleri, bu kez d (060) - Fe⁺³ diyagramında kullanır ve Karamürsel örneğini mukayese edersek; mineralin glokonit alanında bulunduğu anlaşılır (Şekil 8).

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yalova - Karamürsel arasında, genel de asitik karakterli tüfler içerisinde; az



Şekil 7. Glokonit-Seladonit Grubu Örneği Al^{+3} - Fe^{+3} Diyagramındaki Konumu.



Şekil 8. Glokonit-Seladonit Grubu Örneği $d(060)$ - Fe^{+3} Diyagramındaki Konumu.

miktarda smektit, opal-CT ve kalsitin yanısıra zeolit (hoylandit-klinoptilolit) ve mika-kil karışık katman (seladonit-glokonit) mineralleri otijen olarak saptanmıştır. Hoylandit-klinoptilolitler bölge tülflerinin diyajenetik alterasyonları sonucu meydana gelmiş en önemli mineral grubudur. Sahada yüksek zeolitli zonların belli hatlar boyunca olmayıp, geniş yayılmış olmaları, zeolitli ve zeolitsiz örneklerin belirgin

Tablo 2. Glokonit-Seladonit Grubu Minerale Ait Kimyasal Analiz Sonuçları.

SiO_2	50.12	Si	7.30
Al_2O_3	10.20	Al^{4+}	0.70
Fe_2O_3	16.30	Al^{3+}	1.05
FeO	2.71	Fe^{3+}	1.78
MgO	4.42	Fe^{2+}	0.33
CaO	1.50	Mg	0.96
Na_2O	0.34	Ca	0.23
K_2O	5.68	Na	0.09
H_2O^+	7.34	K	1.06
H_2O^-	1.89		
Toplam	100.50		

Tablo 3. Glokonit-Seladonit Grubu Minerale Ait X-Işınları Difraksiyon Verileri.

hkl	001	020	111	021	112	022	003	112	113	023	130	131	132	040	041	202	005	151	060
d(Å)	10.05	4.52	4.36	4.15	3.64	3.36	3.32	3.09	-	2.67	-	2.57	2.39	2.26	2.20	2.14	-	1.65	1.514
İI	35	70	50	10	75	55	65	90	-	40	-	100	65	20	20	40	-	30	55

bir alansal ve stratigrafik topluluklar oluşturmaması ve hatta -birkaç zeolitsiz veya az zeolitli örnekler hariç- tüm alanlarda zeolitleşmenin varlığı birincil kayanın tümüyle ve az çok benzer kimyasal şartlara haiz bir diyajenetik alterasyona bağlı kaldığını gösterir. Özellikle, büyük oranda asitik karekterli tüfler ile boşluk suyunun reaksiyonu sonucu gelişen olaylar dizisi bölgedeki zeolitleşmenin kökenini oluşturmuştur. Zeolitleşme denizel ortamda veya meteorik kökenli su dolaşımı neticesinde meydana gelmiş olabilir. Buna ait zonal parajenezleri ayırtlamak mümkün olmamıştır. Zeolitleşmenin çok kısa bir sürede (Hay, 1964) ve çökelmeden çok daha sonra açık sisteme tipte gelişmiş olabileceği gibi, denizel ortamlarda, çeşitli tipte sedimanlardan, özellikle de volkanojenik sedimanlardan ve tüflerden itibaren yayılmış ve yüksek oranda meydana geldiği çeşitli çalışmacılarca rapor edilmiştir (Sheppard ve diğ., 1970; Boles ve Wise, 1978; Hay ve Sheppard, 1981).

Alterasyon hoylandit-klinoptilolit tipte zeolitler lehine gelişmiş ve bu oluşum stratigrafik olarak tüm tuf kalınlığında etkili olmuştur. Bu da, şartlarda önemli bir

değişim olmaksızın, zeolitleşmenin nispeten uzun bir süre etkili olabildiğini gösterir. Ancak, örneklerin kimyasal parametreleri ve ıslık kararlılıklarını dikkate alındığında hem hoylandit hem de klinoptilolit tipte minerallerinde bulunuyor olması; özellikle Si, Ca, K ve Na konsantrasyonlarındaki değişimleri veya birincil kayadaki kimyasal değişimleri gösterir.

Genel bir tanımlama yapmak gerekirse Yalova-Karamürsel arasındaki bölge tüflerinin hoylandit-klinoptilolit tip zeolitleri yüksek Ca'ludurlar. ıslık kararlılıklarını nispeten yüksektir. İki örnek (Tavşanlı-2 ve Handere örnekleri) için yapılan amonyum iyonu değişimini deney sonuçları sırasıyla 1.15 ve 1.24 meq/gr olarak bulunmuştur. Bu değer, Bigadiç (Balıkesir) bölgesindeki yüksek zeolitli tüfler için bulunan değerlerin altındadır (Göktekin, 1989; Sirkecioğlu ve diğ. 1992), fakat dünyadaki çeşitli zeolitli tüfler için rapor edilmiş amonyum iyonu değişim değerlerine benzer ve hatta bir kısmından yüksektir. Öte yandan bölge tüfleri uzun yillardır tras malzemesi olarak kullanılmaktadır. Piroklastik kayalarda zeolit oranı arttıkça bu kayalardan hazırlanan harç örneklerinin puzzolanik aktivite değerlerinin de yükseldiği Esenli (1995) tarafından belirtilmektedir. Bu açıdan, bölgede yüksek zeolitli zonların çok daha iyi tras hammaddesi olacağı ve cimentoya katkı paylarının artabilecegi muhtemeldir.

Tüfler içerisinde saptanan seladonit-glokonit grup minerali Al-glokonit tiptedir. Bu oluşum sadece belirli bir alanda izlenir. Fe ve K'ca zengin sıvıların etkisindeki ortamı yansıtır. Smektitlerle birlikteliği saptanmamış olup, ortamda ani bir E_h düşmesini de gösterir. Mineral, toplam üç değerlikli katyonları açısından, seladonit-glokonit-fenjit hattında; % 50 fenjit, % 50 glokonit bileşimindedir.

5. KAYNAKLAR

- Akartuna,M., 1968, Armutlu Yarımadası'nın Jeolojisi. İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi Monografileri, 20.
- Alietti,A., 1972, Polymorphism and Crystal-Chemistry of Heulandites and Clinoptilolites. Amer. Mineral., 57, 1437-1451.
- Alietti,A., Brigatti,M.F., Poppi,L., 1977, Natural Ca-rich Clinoptilolite (Heulandites of Group 3). New Data and Review. N.Jh.Min.Mh., 11, 493-501.
- Boles,J.R., 1972, Composition, Optical Properties, Cell Dimensions and Thermal Stability of Some Heulandite Group Zeolites. Amer. Mineral. 57, 1463-1493.
- Boles,J.R., Wise,W.S., 1978, Nature and Origin of Deep-Sea Clinoptilolite: In sand, L.B. and Mumpton,F.A., Eds., Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Use, Pergamon, Elmsford, N.Y., 235-243.
- Boles,J.R., 1981, Zeolites in Deep-Sea Sediments: In Mumpton, F.A., Ed., Mineralogy and Geology of Natural Zeolites, Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America Press, V.4, 137-160.
- Buckley,H.A., Bevan,J.C., Brown,K.M., Johnson,L.R., Farmer,V.C., 1978, Glauconite

- and Celadonite: Two Separate Mineral Species. *Min. Magazine*, 42, 373-382.
- Esenli,F., 1993, The Intensity Ratio of $d=5.11 \text{ \AA}$ / $d=5.24 \text{ \AA}$ for Distinguishing Heulandite and Clinoptilolite. European Union of Geosciences (EUG-VII), Strasbourg, *Terra Abstracts*, 5, 487.
- Esenli,F., 1995, An Examples of the Relationship Between Zeolite Content and Pozzolanic Activity in Pyroclastic Rocks. *Fifth Canmet / Aci Int. Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete*, Milwaukee, U.S.A. Volume of Supplementary Papers, 329-342.
- Göktekin,A., 1989, Bigadiç Tüllü Ovası Zeolitlerinin Teknolojik Özelliklerinin Araştırılması. İ.T.Ü. Y.B.Y.K. UYG-AR Merkezi Projesi.
- Hay,R.L., 1964, Authigenic Silicate Minerals in Three Desert Lakes Eastern California. *Geol. Soc. Amer. Spec. pap.*, 76, 76.
- Hay,R.L., Sheppard,R.A., 1981, Zeolites in Open Hydrologic Systems. In Mumpton, F.A., Ed., *Mineralogy and Geology of Natural zeolites, Reviews in Mineralogy*, Mineralogical Society of America Press, V.4, 93-102.
- Loveland,P.J., Bendelow,V.C., 1984, Celadonite-Aluminous-Glaucite: An Example from the Lake District, UK. *Min. Magazine*, 48, 113-117.
- Manghnani,M.H., Hower,J., 1964, Glaucites: Cation Exchange Capacities and Infrared Spectra. *Amer. Mineral.*, 49, 586-598.
- Mason,B., Sand,L.B., 1960, Clinoptilolite from Patagonia, The Relationship Between Clinoptilolite and Heulandite. *Amer. Mineral.* 45, 341-350.
- Sheppard,A.O., 1961, A Heulandite-Like Mineral Associated with Clinoptilolite in Tuffs of Dak Spring Formation, Nevada, U.S. Geol. Surv., *Prof. Pap.* 424, C, 320-322.
- Sheppard,R.A., Gude,A.J., Griffin,J.J., 1970, Chemical Composition and Physical Properties of Phillipsite from the Pacific and Indian Oceans. *Amer. Mineral.*, 55, 2053-2062.
- Sirkecioğlu,A., Esenli,F., Kumbasar,I., Eren,R.H., Şenatalar,A.E., 1990, Mineralogical and Chemical Properties of Bigadiç Clinoptilolite. *Int. Earth Sciences Cong. on Aegean Regions*, Izmir, Proceedings, Vol. 1, (Eds. M.Y. Savaşçı, A.H. Eronat), 291-301.
- Uz,B., Esenli,F., Manav,H., 1992, Yalova-Karamürsel Arası Bölgede Eosen Yaşı Tüflerde, Zeolitlerin Etiğ ve Değerlendirilmesi. A.Ü. Isparta Müh. Haftası-VIII, Bildiri Özleri, 11.
- Uz,B., Esenli,F., Manav,H., 1993, An Example from Northwest Anatolia on Celadonite-Glaucite Group Minerals. European Union of Geosciences (EUG-VII), Strasbourg, *Terra Abstract*, 5, 503.

**İSTANBUL BOĞ AZI ÖNCESİNE MARMARA DENİZİ-KARA DENİZ
BAĞLANTISININ İZMİT KÖRFEZİ-SAPANCA GÖLÜ-SAKARYA Vadisi
BOYUNCA GERÇEKLEŞTİĞİNİN ÖNBULGULARI**

Engin MERİÇ

I.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul/Türkiye

ÖZET:İzmit Körfezi'nde, Hersek Burnu-Kaba Burun arasında biri karada ve sekizi denizde yapılmış olan 9 sondaja ait örneklerin mikro ve makropaleontolojik açıdan incelenmesi sonucu, zengin bir fauna ve flora(foraminifer, ostrakod, nannoplankton, mollusk) içeriği belirlenmiştir.

Bu bulguların ışığında, Akdeniz ve Kara Deniz topluluklarının zamansal ve mekansal olarak birbirlerini saptanmıştır. Bu veriler İstanbul Boğazı su yolunun Holosen öncesi konumuna yeni bir bakis açısı getirmektedir. Bir başka deyimle, sezgisel olarak bazı bilim adamlarınca Marmara Denizi ile Kara Deniz'in, İstanbul Boğazı öncesi bağlantısını sağlayan alternatif bazı su yolu önerileri yeniden gündeme getirilmelidir. Bu su yollarından ilki Büyüçekmece-Terkos gölleri, ikincisi ise İzmit Körfezi-Sapanca Gölü- Sakarya Vadisi güzergahıdır.

Hersek Burnu-Kaba Burun arasındaki Kuvaterner tortul istifinde, Pleyistosen yaşı böülümlerde, Kara Deniz kökenli, az tuzlu ve serin suları tercih eden *Ammonia parasovica* Stshedrina-Mayer, *Elphidium ponticum* Dolgopolskaya-Pauli ve *Haynesina anglica* (Murray) gibi foraminiferlere sık rastlanulması, Marmara Denizi'nin doğusundaki Kara Deniz bağlantısını gösteren önemli delillerden biridir.

**EVIDENCE OF INTER-CONNECTION BETWEEN THE SEA OF
MARMARA AND BLACK SEA VIA İZMİT BAY-LAKE SAPANCA AND
THE SAKARYA VALLEY PRIOR THE BOSPHORUS**

ABSTRACT: A rich biota is determined as a result of micro and macropaleontological investigation of samples taken from 9 wells between Hersek Burnu and Kaba Burun.

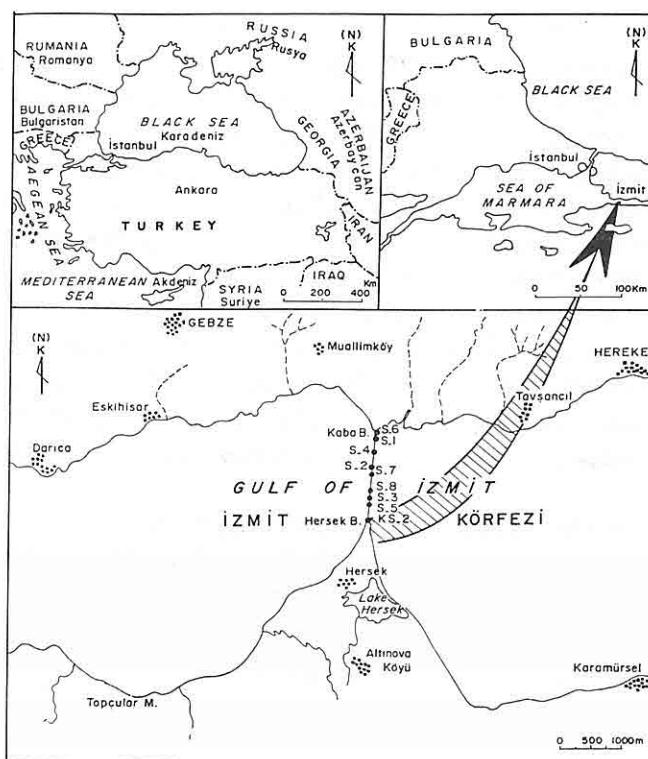
These data show that the Mediterranean and the Black Sea fauna occur in this region and bring about a new view on the role of the Bosphorus before Holocene. In another word, alternative sea-way connections to the Bosphorus should be discussed. One is

Büyüükçekmece-Terkos lakes, the other is İzmit Bay-Lake Sapanca and the Sakarya Valley.

In the Pleistocene aged portion of Hersek Burnu-Kaba Burun Quaternary sediments, fresh and cool water species of *Ammonia parasovica* Stshedrina-Mayer, *Elphidium ponticum* Dolgopolskaya-Pauli, *Haynesina anglica* (Murray) of the Black Sea fauna are one of the indications of the interaction through east of the Sea of Marmara to Black Sea.

1.GİRİŞ

İstanbul ve yakın çevresinde planlanan büyük mühendislik projelerinden biri olan, İstanbul-Bursa otoyolu projesi kapsamında yeralan ve İzmit Körfezi'ni katedecek bir köprü projesi ile ilgili olarak 1990 yılı Mayıs ve Haziran aylarında denizde 8 sondaj yapılmıştır. Yine, 1990 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında yöredeki en derin sondaj özelliğini taşıyan KS-2 sondajı Hersek Burnu kuzeýinde karada gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Sondaj yerleri bulduru haritası.

Yapılmış olan sondajlardan yalnızca S-1 ve S-6 sondajlarında temele ulaşılmış, diğerleri ise genç çökeller içinde bırakılmıştır. Denizde yapılmış olan sondajlarda ulaşılan en büyük derinlik S-2 sondajında 81.45 m dir. Güneyde, karada yapılan KS-2 sondajında ise 118.45 m derinliğe ulaşmıştır. Araştırma sırasında sedimentolojik ve paleontolojik amaçla 164 örnek değerlendirilmiştir. 118.45 m lik istiften elde edilen Hersek Burnu-Kaba Burun hattı, orta kesimleri oldukça derin olan bir deniz dibi topografiyi sunar. Kaba Burun'da dik bir şevle derinleşen deniz, kuzeyden 250 m açıklıkta 35.00 m ve 1.200 m açıklıkta da 45.00 m derinliğe ulaşır. Hızla artan bu derinlik kıyıdan 1.600 m uzaklıkta en büyük değer olarak 64.00 m ye erişir. Güneyde, Hersek Burnu'ndan yaklaşık 600 m açıklıkta hafif bir eğimle 10.00 m ye varan deniz derinliği, dik bir şevle hızlı bir şekilde derinleşir ve yine 64.00 m ye ulaşır. Örnekler sedimentolojik olarak incelendiğinde, istifin genelde çakıl, kum, çamur ve siltten olduğu gözlenir (Ediger ve Ergin, 1995). İstifin gelişmesinde ise KAF'nın etkin olduğu düşünülür.

Paleontolojik açıdan değerlendirilen ve herbiri 50 gr olan 164 örnekten 122'si foraminifer içerir. Örneklerde fert sayısı 1-15.725 arasında değişmetedir ve 33 familyaya ait 61 cins ile 104 tür saptanmıştır (Meriç ve diğ., 1995). Ostrakod grubu olarak 126 örnekte gerek denizel, gerek acı su-tatlı su fasiyeslerini simgeleyen 15 familya, 26 cins ve 26 tür belirlenmiştir (Gülen ve diğ., 1995). Nannoplankton açısından ise örnekler zengin bir topluluk içermez. Yalnızca 7 örnekte 5 familyaya ait 7 cins ve 8 tür belirlenmiş; bu organizma grubu ile Üst Pliyosen-Pleyistosen sınırı tespit edilmiştir (Toker ve Şengüler, 1995).

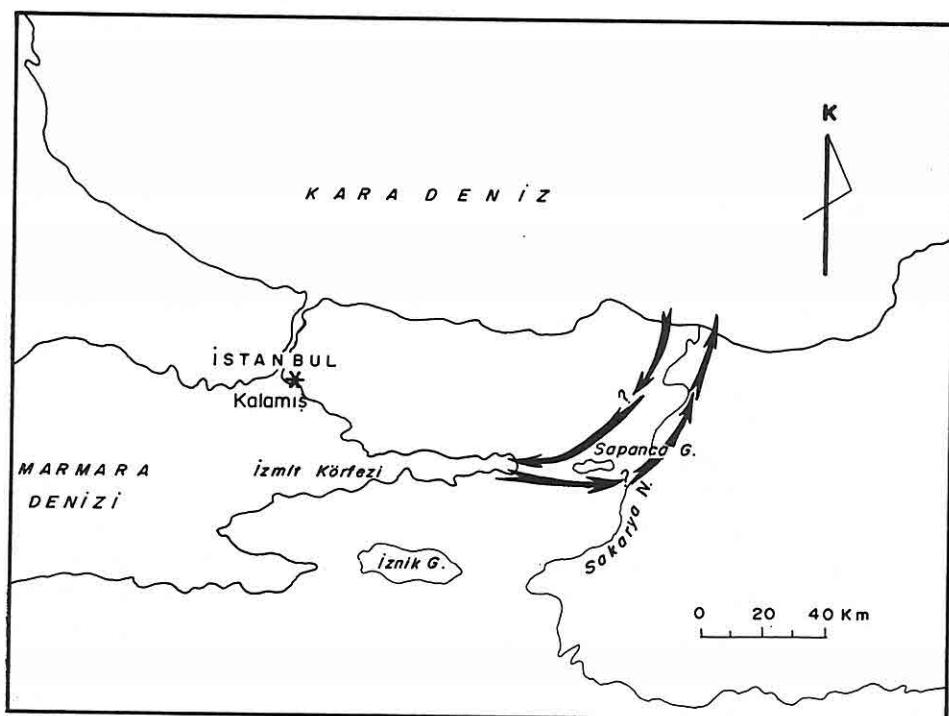
Sondaj örnekleri makrofossil olarak bryozoon açısından fazla zengin değildir. 7 sondaja ait 28 örnekte 9 cins ve 8 tür saptanmıştır (Ünsal ve Rosso, 1995). Mollusk topluluğu açısından 164 örneğin 101 adedi fosilliştir. Pelesipodlar'dan 18 familya, 23 cins ve 22 tür; gastropodlar'dan da 15 familya, 20 cins ve 13 tür bulunmuştur. Mevcut fauna yöredeki denizel, acı su ve tatlı su ortamlarını belirlemektedir (Taner, 1995).

KS-2 sondajına ait 118.45 m lik istif, stratigrafik olarak değerlendirildiğinde En Geç Pliyosen ve Pleyistosen'i simgeleyen nannoplankton zonları (Toker ve Şengüler, 1995) ile Pleyistosen ve Holosen devirlerini belirten sayısal veriler elde edilmiştir. ESR metodu ile saptanan en büyük sayısal yaş değeri KS-2 sondajında 817.000 ± 105.000 (55.20 - 54.75 m) yıldır. En küçük değer ise S-3 sondajında 500 ± 200 (37.45-37.00 m) yıl olarak belirlenmiştir (Çetin ve diğ. 1995). Sayısal yaş değerleri ile ilgili bazı çalışmalar GSF, Institut für Strahlenschutz (Neuherberg-Almanya) da yapılmış ve İzmit Körfezi'nin stratigrafik özelliklerini ortaya koyacak sonuçlar elde edilmiştir.

Yöre tektonik açıdan değerlendirildiğinde, İzmit Körfezi'nin birbirini izleyen grabenlerden oluştuğu ve bu konuda doğrultu atımlı transtansiyonel fayların etken olduğu düşünülmektedir (Kurtuluş, 1990; Bargu ve Yüksel, 1993; Koral ve Eryılmaz, 1995).

2. BULGULAR

Bilindiği gibi, Marmara Denizi, Akdeniz ile Kara Deniz arasında bir bağlantı noktası oluşturur ve günümüzde, Çanakkale Boğazı yolu ile Ege Denizi üzerinden Akdeniz'e, İstanbul Boğazı yolu ile de Kara Deniz'e bağlantılıdır. Bunun dışında Marmara Denizi-Kara Deniz arasındaki ilk bağlantının Büyük Çekmece-Terkos gölleri; ikinci bağlantının İzmit Körfezi-Sapanca Gölü-Sakarya Nehri yolu ile gerçekleştiği fikirleri (Pfannenstiel, 1944; Kosswig, 1954; Ardel ve İnandık, 1957; Bilgin, 1984) tartışmaya açılmıştır. İlk bağlantının İstanbul Boğazı batısında, Büyük Çekmece ve Terkos gölleri arasında olduğu varsayımlı, bu bölgenin Istranca Zonu ile İstanbul Zonu'nun sınırını oluşturmaları ve Batı Karadeniz Fayı üzerinde bulunması (Okay ve diğ., 1994; Okay ve Görür, 1995) ve ikinci bağlantı hattı olarak düşünülen İzmit Körfezi-Sapanca Gölü-Sakarya Nehri hattının İstanbul Boğazı'nın oluşumundan önce Marmara Denizi ile Kara Deniz arasındaki bağlantıyı gerçekleştirdiği fikri, üzerinde düşünülmesi gereken önemli konulardır (Şekil 2).



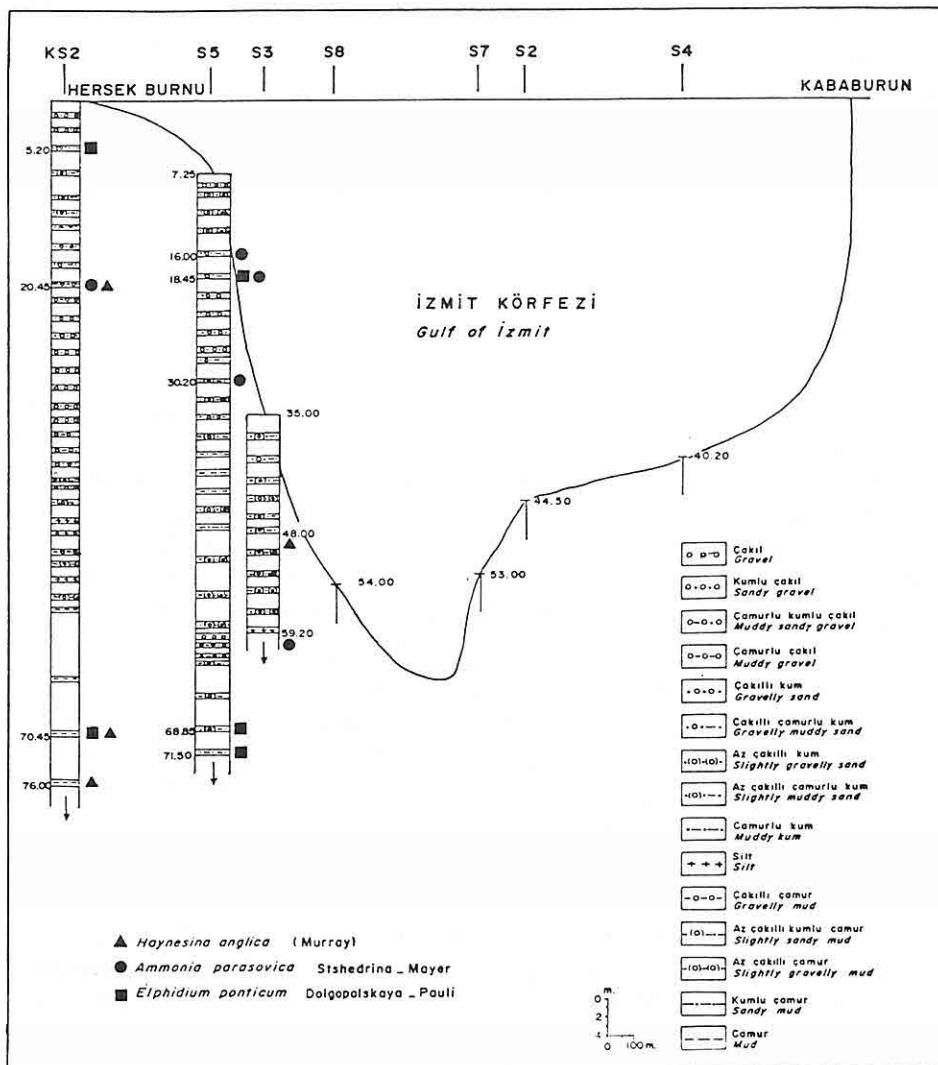
Şekil 2.Pleyistosen'de Marmara Denizi ile Kara Deniz arasında var olduğu düşünülen su yolu.

İzmit Körfezi'nde yapılan KS-2 (70.45-70.00 ve 5.20-4.75m) ve S-5 (71.50-71.05, 68.85-68.40, 18.45-18.00 m) sondajlarında *Elphidium ponticum* Dolgopolskaya-Pauli;

KS-2 (20.40-20.00 m), S-5 (30.20-30.00, 18.45-18.00, 16.00-15.55 m), S-3 (59.20-58.75 m) sondajlarında *Ammonia parasovica* Stshedrina-Mayer; KS-2 (76.00-75.55, 70.45-70.00, 20.45-20.00 m), S-3 (48.00-47.55 m) sondajlarında *Haynesina anglica* (Murray)'ın gözlenmesi dikkat çekicidir (Şekil 3). Değinilen *Haynesina*, *Ammonia* ve *Elphidium* türleri, Kara Deniz Kuvatneri'nin tipik temsilcileridir (Yanko, 1989 ve 1990; Yanko ve Troitskaja, 1987). Ayrıca, az tuzlu ve serin suları tercih eden *Haynesina* cinsi, Akdeniz (Cimerman ve Langer, 1991) dışında İngiltere, İrlanda, Fransa, Hollanda, Danimarka, Almanya, Norveç, Sibirya ve Kara Deniz dip tortullarında gözlenmiştir (Loeblich ve Tappan, 1988; Yanko, 1989; Yanko ve Troitskaja, 1987).

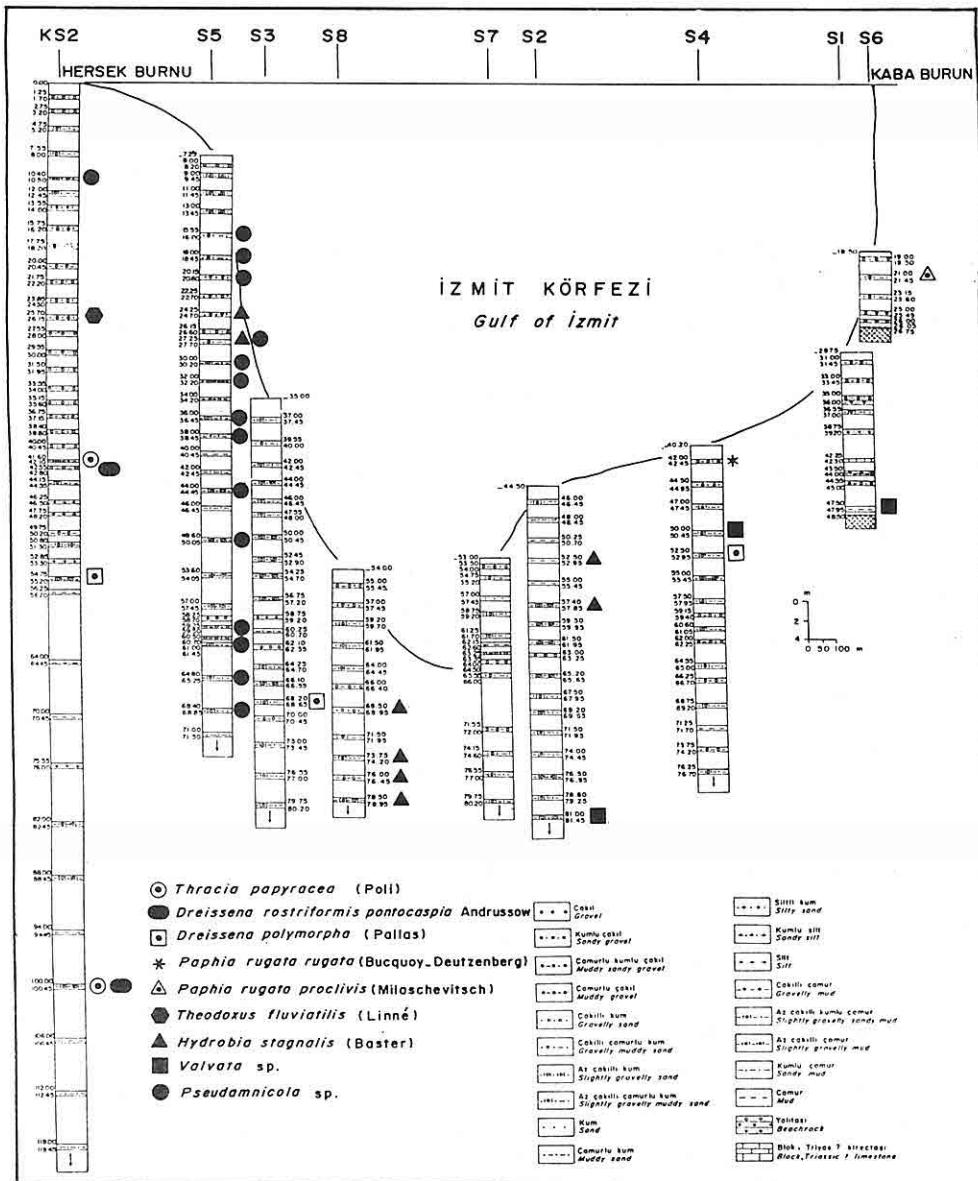
Bununla birlikte Karadeniz topluluğu olarak pelesipodlar'dan *Thracia papyracea* (Poli) KS-2 sondajında (100.45-100.00, 42.10-41.60 m); *Dreissena (D.) rostriformis pontocaspia* Andrussov, *D. polymorpha* (Pallas) ile *Paphia rugata rugata* (Bucquoy-Deutzenberg) ve *P. rugata proclavis* (Milaschevitsch) körfez Pleyistosen'inin farklı derinliklerinde bulunmuştur (Taner, 1995) (Şekil 4). Ayrıca, Paratetis tatlı su gastropodlar'ından *Theodoxus (T.) fluviatilis* (Linné) KS-2 sondajında (26.15-25.70 m); *Hydrobia stagnalis* (Baster) S-5 sondajında (27.70-27.25, 24.70-24.25 m), S-8 sondajında (78.95-78.50, 76.45-76.00, 74.20-73.75, 68.95-68.50 m), S-2 sondajında (57.85-57.40, 52.95-52.50 m); *Valvata* sp., S-2 sondajında (81.45-81.00 m), S-4 sondajında (50.45-50.00 m), S-1 sondajında (47.95-47.50 m); *Pseudamnicola* sp., KS-2 sondajında (10.50-10.40 m), S-5 sondajında (68.85-68.40, 65.25-64.80, 60.70-60.50, 59.50-59.25, 50.05-49.60, 44.45-44.00, 38.45-38.00, 36.45-36.00, 32.20-32.00, 30.20-30.00, 27.70-27.25, 20.60-20.15, 18.45-18.00, 16.00-15.55 m) farklı derinliklerde saptanmıştır (Taner, 1995) (Şekil 4).

Yukarıda adı geçen foraminifer ve mollusk cinsleri dışında, KS-2 sondajında 26.15-25.70 m de gözlenen gastropodlar'dan *Theodoxus fluviatilis* (Linné)'nin günümüzde Sapanca Gölü'nde yaşıyor olması (Schütt, 1988), KS-2, S-3 ve S-4 sondajlarının farklı düzeylerinde saptanan pelesipodlar'dan *Dreissena polymorpha* (Pallas) ve *Paphia* sp.'nın Kara Deniz Alt Pleyistosen'inde bulunması (Federov, 1993), ostrakod grubundan Kara Deniz, Bulgaristan, Romanya, Kırım, Azak Denizi, Don Nehri, Hazar denizi, Aral Gölü'nde bulunan *Tyrrenocythere amnicola* (Sars) ile *Loxoconchissa immodulata* Stepanaitys'in Sapanca Gölü'nde gözlenmesi (Altınsaçlı, 1993), yine Kara Deniz ve Azak Denizi gibi geniş bir alanda yayılım gösteren *Cyprideis torosa* (Jones), *Costa edwardsii* (Roemer), *Loxoconcha rhomboidea* (Fischer) ve *Semicytherura acuticostata* (Sars) gibi ostrakod cins ve türlerinin (Schornikov, 1969) İzmit Körfezi Alt Pleyistosen-Holosen tortullarında bulunması (Gülen ve diğ., 1995), balıklardan *Alosa brachnicovi maeotica* (Grimm) [Tırsı balığı], *Neogobius fluviatilis fluviatilis* (Pallas) [Tatlısukayası balığı], *N. gymnotrachelus* (Kessler) [Küçükkaya balığı], *N. melanostomus* (Pallas) [Kumkayası balığı] ve *Proterorhinus marmoratus* (Pallas) [Tatlısukaya balığı] sarmatik kökenli olup, *Atherina boyeri* Risso



Şekil 3. Paratetis kökenli foraminiferlerin İzmit Körfezi sondajlarında dağılımı.

[Gümüş balığı] ile *Syngnathus abaster* Risso [İğne balığı] gibi Akdeniz göçmeni balıkların Sapancı Gölü'nde bulunması (Kosswig, 1954; Nümann, 1958; Sözer, 1941) ve Kara Deniz için karakteristik bir bryozoon olan ve günümüze dek Marmara Denizi'nde gözlenmemeyen *Conopeum seurati* (Canu)'nin (Ünsal, sözlü görüşme, 1995) Kalamış Koyu En Üst Pleyistosen'inde bulunmuş olması, Marmara Denizi'nin Pleyistosen sonu ve Holosen başında dahi Kara Deniz ile Sapancı Gölü-Sakarya Vadisi hattı yoluyla bağlantılı olabileceğini vurgulamaktadır.



Şekil 4. Paratetis kökenli pelesipod ve gastropod'ların İzmit Körfezi sondajlarında dağılımı.

3. SONUÇLAR

Elphidium ponticum Dolgopolskaya-Pauli, *Ammonia parasovica* Stshedrina-Mayer, *Haynesina anglica* (Murray) gibi foraminiferler, *Thracia papyracea* (Poli), *Dreissena polymorpha* (Pallas), *D. rostriformis pontocaspia* Andrussov, *Paphia rugata rugata* (Bucquoy-Deutzenberg), *P. rugata proclivis* (Milaschevitsch) gibi pelesipodlar, *Theodoxus fluviatilis* (Linné), *Hidrobia stagnalis* (Baster), *Valvata* sp., *Pseudamnicola* sp. gibi gastropodlar, *Tyrrenocythere amnicola* (Sars), *Loxoconchissa immodulata* Stepanaitys, *Cyprideis torosa* (Jones), *Costa edwardsii* (Roemer), *Loxoconcha rhomboidea* (Fischer), *Semicytherura acuticostata* (Sars) gibi ostrakodlar ile *Conopeum seurati* (Canu) gibi bryozoon cins ve türleri dikkate alındığında, Marmara Denizi'nin Pleyistosen boyunca belirli zaman aralıkları ile Kara Deniz ile bağlantılı olduğu ve bu bağlantı yolunun İzmit Körfezi-Sapanca Gölü-Sakarya Vadisi hattında gerçekleştiği varsayımlı kuvvet kazanmaktadır.

İleride Sapanca Gölü ile Sakarya Nehri yakın çevresinde yapılacak tektonik amaçlı ayrıntılı araştırmalar ve temele ulaşan karotlu sondaj örneklerinin çok yönlü incelenmesi sonunda bu konuyu aydınlatacak verilerin kesinlik kazanacağı düşünülür.

4. KATKI BELİRTME

Yazar, araştırmancının gerçekleştirmesini sağlayan sondaj örneklerini temin eden STFA Temel Araştırma ve Sondaj Ltd. ilgilileri ile her türlü katkıları için Prof.Dr. Nurettin MERİÇ'e (İÜ Fen Fak. Biyoloji Böl.) teşekkürü bir borç bilir.

5. KAYNAKLAR

- Altınsaçlı, S., 1993. *Sapanca ve İznik göllerinin ostrakod (Crustacea) faunası ve zoocoğrafik dağılımı*. İst. Üniv. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 103 s.
- Ardel, A. ve İnandık, H., 1957. Marmara Denizi'nin teşekkül ve tekamüllü. Türk Coğrafya Dergisi, 17, 1-14.
- Bargu, S. ve Yüksel, F.A., 1993. İzmit Körfezi'nin Kuvaterner deniz dibi çökellerinin stratigrafik ve yapısal özellikleri ile kalınlıklarının dağılımı. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bült., 8, 169-187.
- Bilgin, T., 1984. Adapazari Ovası ve Sapanca Oluğu'nun alüyyal morfolojisi ve Kuvaternerdeki jeomorfolojik tekamüllü. İst. Üniv. Edebiyat Fak. Yayınları, 2572, 199s.
- Cimerman, F. ve Langer, M.R., 1991. Mediterranean Foraminifera. 1-118, 1-93, Ljubljana.
- Çetin, O., Çetin, T. ve Ukar, İ., 1995. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinde gözlenen mollusk kavkalarının Elektron Spin Rezonans (ESR) yöntemi ile tarihendirilmesi (İzmit Körfezi'nin Kuvaterner istifi. Ed. Meriç, yayında).
- Ediger, V. ve Ergin, M., 1995. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin sedimentolojisi (İzmit Körfezi'nin Kuvaterner istifi. Ed. Meriç, yay.).
- Federov, P.V., 1993. The Pontian-Caspian Early Pleistocene. Stratigrafiya i Geologicheskaya, 1 (1), 137-143.

- Gülen, D., Kubanç, C. ve Altınsaçlı, S., 1995. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin ostrakod faunası (İzmit Körfezi'nin Kuvaterner istifi. Ed. Meriç, yayında).
- Koral, H. ve Eryılmaz, M., 1995. İzmit Körfezi'nin tektoniği (İzmit Körfezi'hin Kuvaterner istifi. Ed. Meriç, yayında).
- Kosswig, C., 1954. Türkiye tatlısu balıklarının zoocoğrafyası. İst. Üniv. Fen Fak. Hidrobiol. Mecm., A, 2 (1), 3-20.
- Kurtuluş, C., 1990. Marmara Denizi'nin orta ve gineyi ile İzmit Körfezi'nin sismik stratigrafisi ve bu bölgelerde Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun araştırılması. İst. Üniv. Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi, 139 s.
- Loeblich, Jr., A. R. and Tappan, H., 1988. Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 970 s. ve 842 lev.
- Meriç, E., Yanko, V. ve Avşar, N., 1995. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin foraminifer faunası (İzmit Körfezi'nin Kuvaterner istifi. Ed. Meriç, yayında).
- Nümann, W., 1958. Anadolunun muhtelif göllerinde limnolojik ve balıkçılık ilmi bakımından araştırmalar ve bu göllerde yaşayan sazanlar hakkında özel bir etüd. 114 s.
- Okay, A., İ. Şengör, A., M., C. and Görür, N., 1994. The Black Sea: Kinematic history of opening and its effect on the surrounding regions. Geology, 22, 267-270.
- Okay, A.İ. ve Görür, N., 1995. Batı Karadeniz ve Trakya havzalarının kökenleri arasında zaman ve mekan ilişkisi. Trakya Havzası Jeolojisi Sempozyumu, 9-10, Lüleburgaz-Kırklareli.
- Pfannenstiel, M., 1944. Die Diluvialen Entwicklungsstadien und die Urgeschichte von Dardanellen, Marmarameer und Bosphorus. Diluvial-Geologie und Klima. Geologische Rundschau, 3-4 (7-8), 324-434.
- Schornikov, E.N., 1969. Bestimmungslück der fauna des Schwarzen und Asowsche Meers. 525 s.
- Schütt, H., 1988. The Danubian character of the Mollusc fauna of the Sapanca Gölü (Marmara region, Turkey). Zoology in the Middle East, 2, 79-85.
- Sözer, F., 1941. Les Gobiidés de la Turquie. İst. Üniv. Fen Fak. Mecm., B, 7 (4), 307-304.
- Taner, G., 1995. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin pelesipod ve gastropod faunası (İzmit Körfezi'nin Kuvaterner istifi. Ed. Meriç, yayında).
- Toker, V. ve Şengüler, İ., 1995. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin nannoplankton florası (İzmit Körfezi'nin Kuvaterner istifi. Ed. Meriç, yayında).
- Ünsal, İ. ve Rosso, A., 1995. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin bryozoon faunası (İzmit Körfezi'nin Kuvaterner istifi. Ed. Meriç, yayında).

- Yanko, V., 1989. *Quaternary foraminifera of the southern seas of the USSR (Pontian-Caspian region) (Classification, ecology, biostratigraphy, history of development, indicator of environment)*. D.Sc. Dissertation, Moscow University, 924 s.
- Yanko, V., 1990. *Stratigraphy and paleogeography of the marine Pleistocene and Holocene deposits of the southern seas of the USSR*. Mem. Soc. Geol. It., 44, 167-187.
- Yanko, V. and Troitskaja, T., 1987. *Late Quaternary foraminifera of the Black Sea*. Moscow, Nauka, 111 s.

**HORZUM (ADANA - KOZAN) YÖRESİNDE YÜZEYLEYEN SEDİMANTER
KAYAÇLARIN Cu - Pb - Zn İÇERİKLERİ**

Mehmet TATAR

Bayındırılık ve İskan Müdürlüğü, Adana/Türkiye

ABSTRACT : *Geochemical study of Cu, Pb, Zn concentrations and mineralization of sedimentary rocks of Horzum (Adana-Kozan) area have been described. The study area composed of lower Cambrian, Jurasic-Cretaceus aged sedimentary rocks. A number of known ore bodies occurred in middle Cambrian aged dolomitic limestone and limestone. The common mines are lead-zinc sulphides. 38 rock sample were collected from the study area and Cu-Pb-Zn elements were analysed. The chemical variations and backgrounds are calculated for Cu (329ppm, 30 ppm. anomaly), Pb (5-10ppm, 30 ppm. anomaly) and Zn (5-110ppm, 38 ppm anomaly).*

Cu, Pb, Zn concentrations of the Jurassic, Cretaceous, Silurian and lower Cretaceous aged sedimentary lithology are measured around background level. The Zn values from the Ordovician aged lithology are above the background level(>54 ppm), due to the contamination of the lithology by the lateral mobilisation of Zn. The Cambrian aged lithology exhibits high Pb-Zn values. This situation can be explained by the Pb-Zn mineralizations in the lithology.

**Cu - Pb - Zn CONTENTS OF SEDIMENTARY ROCKS IN HORZUM
(ADANA - KOZAN) AREA**

ÖZET : Bu çalışma ile Horzum (Adana-Kozan) yaylası yöresinde yüzeyleyen sedimanter kayaçların bakır - kurşun - çinko içerikleri araştırılmıştır. İnceleme alanunda, Alt Kambriyen - Jura-Kretase zaman aralığında çökelmiş birimler yer alır. Bu birimlerden Orta Kambriyen yaşlı dolomitik kireçtaşları ve gri kireçtaşları içerisinde Pb - Zn ıvherleşmesi bulunmaktadır. Bölge istifini oluşturan kayaçlardan derlenen 38 adet örneğin kimyasal analizleri yapılarak Cu - Pb - Zn değerleri tespit edülmüştür. Cu değeri; 329 ppm (eşik değer = 30 ppm), Pb değeri; 5 - 110 ppm (eşik değer= 39 ppm), Zn değeri ; 8 -104 ppm (eşik değer = 54 ppm) olarak bulunmuştur.

Jura-Kretase - Silüriyen zaman aralığı ile Alt Kambriyen' de çökelmiş kayaçların Cu-Pb-Zn içerikleri normal eşik değer (background) seviyesinde izlenmektedir. Ordovisiyen yaşlı birimlerin Zn içeriği ise normal değerin üzerindedir (> 54ppm). Bu birimlerin stratigrafik konumuna uygun olarak Zn' nin lateral göç etkisinde kaldığı söylenebilir. Orta Kambriyen yaşlı birimlerdeki Pb-Zn değerleri yüksektir. Bu değerlerin yüksek oluşu, aynı birimlerde yer alan Pb-Zn ıvherleşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

1.GİRİŞ

İnceleme alanı, Adana ili Kozan ilçesinin 20 km. kuzeyinde yer alır (Şekil.1). Bölge, geçmiş yıllarda bir çok araştırmacının (Abdüsselemoğlu, 1958; Demirtaşlı, 1967; Özgül ve diğ., 1973; Yplikçi ve diğ., 1982; Metin ve diğ., 1982; Ayhan, 1987; Güneyli, 1995) çalışmalarına konu olmuştur. Bu çalışmalarda bölgenin 1 / 100.000 ölçekli jeoloji haritası ve stratigrafik istifî ortaya konarak formasyon adlandırılmasi yapılmıştır.

Bölge, Horzum'da görülen ve Orta Kambriyen yaşı kayaçlar içerisinde yer alan Pb - Zn cevherleşmesi ile maden yatakları açısından dikkati çekmektedir. Nitekim, Bingöl ve Yıldırım (1983), Temur (1987) çalışmaları ile Horzum yataklarının stratigrafik konumu, parajenezi, karstik özelliklerini ve köken sorunları belirlenmiştir. Horzum yöresi Pb-Zn cevherleşmesi Orta Kambriyen yaşı dolomitik kireçtaş ve gri kireçtaş içerisinde D-B ve KB-GD doğrultulu faylarda, tabaka aralarında ve karstik boşluklarda yer alır. Cevherleşme genel olarak sülfidli cevher damarları ile bunların ayrılması sonucu ortaya çıkan karbonatlı cevherlerden oluşur. Parajenezi; sfalerit, pirit, galenit, kalsit, dolomit ve baritten oluşur. Bunlara daha az oranlarda kalkopirit, markasit, arsenopirit, bornit, kalkosin, fahlerz, arjantit, siderit, kuvars rutil, serisit, klorit ve grafit eşlik etmektedir. Oksidasyon zonunda ise yaygın olarak smitsonit, limonit, kalsit ve dolomit az miktarda seruzit, anglesit, hidrozinkit, aurikalsit, hemimorfit, malahit ve azurit gibi ikincil mineraller gözlenmiştir (Bingöl ve Yıldırım, 1983; Temur, 1986).

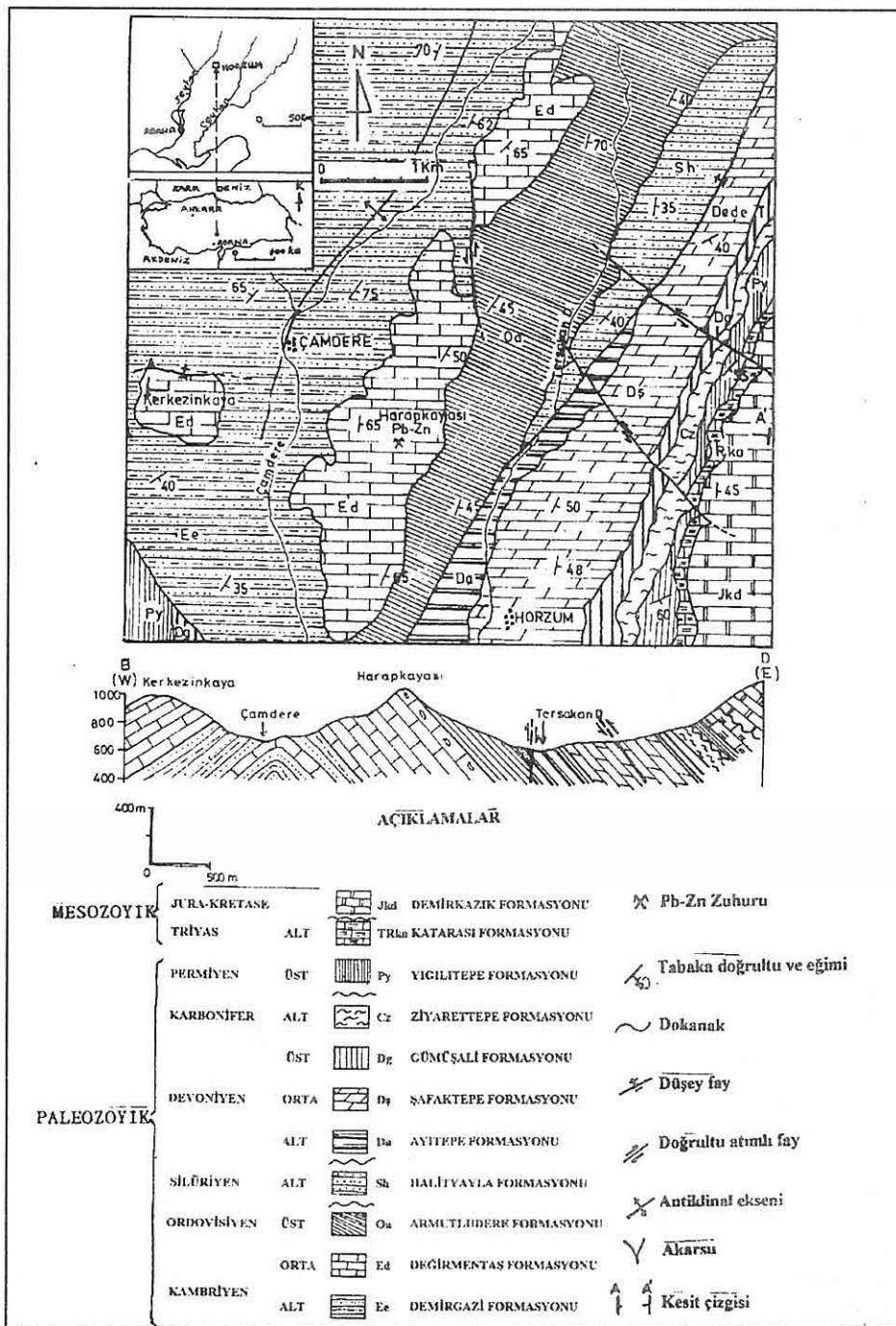
Cevherleşmenin kökenine katkıda bulunmak amacıyla yapılan bu çalışmada, Horzum (Adana-Kozan) yaylası civarında yüzeylenen ve Alt Kambriyen ve Jura - Kretase zaman aralığında çökelmiş sedimanter kayaçların Cu-Pb-Zn içerikleri incelenmiştir. Bu amaçla kayaçlardan 38 adet numune alınarak M.T.A. labaratuvarlarında A.A.S. yöntemi ile analizleri yapılmıştır. Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilerek bölgenin eşik ve anomalî değerleri saptanmıştır. Dedektif limitleri; Cu ve Zn, 5 - 10.000 ppm, Pb, 10 - 10.000 ppm dir.

2. GENEL JEOLOJİ

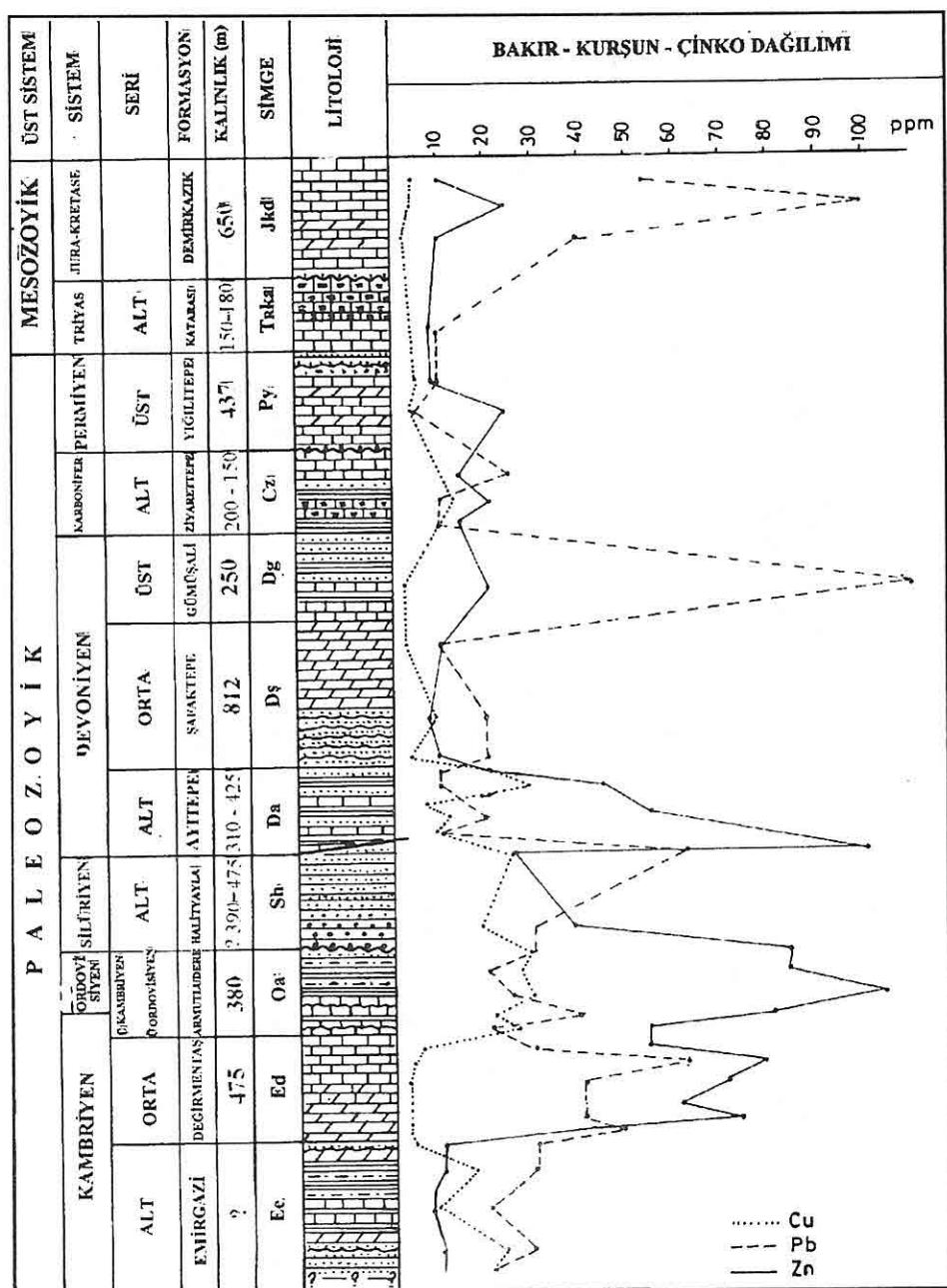
Toroslar, stratigrafi özellikleri ve içerdikleri kayaç birimleri bakımından farklı havza şartlarını yansitan kaya birimi topluluklarından oluşan ve genelde allokton olan bu topluluklardan her birine Özgül (1976, 1984) "birlik" adını vermiştir. Doğu Toroslar'ın batı bölümünde yer alan inceleme alanında Geyikdağ Birliğine ait ve Alt Kambriyen - Miyosen zaman aralığını temsil eden sedimanter kayaçlar yüzeylenmektedir.

Horzum bölgesi, çeşitli araştırmacılar tarafından adlandırılan 11 adet formasyona ayrılarak haritalanmıştır (Şekil.1, 2).

Emircazi Formasyonu (Ee): Özgül (1973), tarafından adlandırılan bu formasyon bölgedeki lithostratigrafik temeli oluşturmaktadır. Formasyonun tabanı, tüm Toros orojenik kuşağında olduğu gibi çalışma alanında da görülmez, üzerine ise uyumlu



Şekil 1. Çalışma alanının jeoloji haritası ve kesiti (Güneyli, 1995'den değiştirilerek).



Şekil 2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti ve Cu-Pb-Zn analiz sonuçları (Güneyli, 1995'den).

olarak Değirmentaş formasyonu gelir. Emircazi formasyonu, subarkoz,silttaşı ve kilitaşı olmak üzere üç ana kayaçtan oluşmuştur. Formasyon içerisinde kireçtaşlı dolomit ve kuvarsit ara tabaka ve mercekleri yer almaktadır. Emircazi formasyonunun yaşı, Alt Kambriyen olarak kabul edilmiştir (Özgül,1973; Ayhan,1987).

Değirmentaş Formasyonu (Ed): Özgül ve diğ. (1973) tarafından tanımlanmıştır. Bu formasyon alta Alt Kambriyen yaşlı Emircazi üstte ise Ordovisiyen yaşlı Armutludere formasyonu ile uyumludur. Birim tabandan tavana doğru, dolomit, dolomitik kireçtaşlı ve kireçtaşından oluşan kalın bir karbonat istifi sunar. Formasyon kırık sistemlerinden oldukça etkilenmiştir. Bu nedenle oluşan süreksizlik düzlemleri, karstlaşmanın oluşmasında etkin rol oynamışlar ve cevher yerleşimine uygun ortamlar meydana getirmiştir. Bu koşullar, Değirmentaş formasyonu içerisinde Pb-Zn cevherleşmesinin yataklanmasını sağlamıştır. Formasyona Demirtaşlı (1967), Özgül ve diğ.(1973) ve Ayhan (1987) birime Orta Kambriyen yaşıını vermişlerdir.

Armutludere Formasyonu (Oa): İlk olarak Demirtaşlı (1967) tarafından adlandırılmıştır. Alta Değirmentaş, üstte Halityayla formasyonları ile uyumlu olan Armutludere formasyonu tabandan tavana doğru yumrulu kireçtaşlı, yumrulu kireçtaşlı - şeyl ve şeyl - silttaşı ardalanmasından oluşur. Formasyon, tektonizmadan oldukça fazla etkilenmiştir. Karbonatça zengin tabakalar tektonizma sonucunda daha plastik olan kil bakımından zengin seviyeler içerisinde tabakalanmaya paralel olacak şekilde budinaj yapısı kazanmışlardır. Kireçtaşlarının budinajlı yapısı formasyonun ayırtman özelliklerinden biridir (Güneyli,1995). Armutludere formasyonuna Özgül ve diğ. (1973) Ordovisiyen, Ayhan (1987) Üst Kambriyen - Üst Ordovisiyen yaşıını vermişlerdir.

Halityayla formasyonu (Sh): Demirtaşlı (1967) tarafından adlandırılan bu formasyon, tabandan tavana doğru, konglomera, konglomera - kumtaşı ardalanması ve kumtaşı birimlerinden oluşur. Konglomera; kuvars ve feldispat çakıllarından oluşmuştur. Tane boyu yukarıya doğru küçülür. Kumtaşı; ince - orta tabakalı ve çapraz tabakalanmalıdır. Halityayla formasyonu, alta Armutludere formasyonu ile uyumlu, üstte Ayitepe formasyonu ile olan dokanlığı ise faylidir. Formasyonun yaşı, Alt Silüriyen olarak belirtilmiştir (Demirtaşlı,1967; Ayhan, 1987).

Ayitepe formasyonu (Da): Özgül ve diğ. (1973) tarafından isimlendirilmiştir. Halityayla formasyonu ile faylı olan birim üstte Orta Devoniyen yaşlı şafaktepe formasyonu ile uyumludur. Bu formasyon, tabandan tavana doğru kireçtaşlı - şeyl, kireçtaşlı şeyl - kumtaşı ve kumtaşı - şeyl ardalanmasından oluşur. Ayitepe formasyonunun yaşı, kireçtaşlı ve kumtaşı seviyelerinde tespit edilen fosil içerikleri ve diğer formasyonlarla olan ilişkilerine göre Alt Devoniyen yaşı verilmiştir (Ayhan, 1987).

Şafaktepe formasyonu (Dş): Demirtaşlı (1967) tarafından adlandırılan bu formasyon alta Ayitepe ve üstte Gümüşali formasyonları ile uyumludur. Şafaktepe formasyonu, alttan üstte doğru kuvarsit ve kalın bir dolomit seviyesinden oluşur. Tabanda yer alan

kuvarsit orta -kalın tabakalı kolay ufanabilir bir özellik gösterir. Formasyonun orta kısımlarına doğru kuvarsit tabakaları uyumlu olarak dolomite geçer. Dolomitler orta -kalın tabakalı dış görünümü breşik bir yapı gösterir ve formasyonun orta ve üst seviyelerinde hakim litoloji olarak izlenir. Formasyona Demirtaşlı (1967) ve Özgül ve diğ. (1973) Orta Devoniyen yaşı vermişlerdir.

Gümüşali Formasyonu (Dg): Demirtaşlı (1967) tarafından adlandırılan bu formasyon, tabanda Orta Devoniyen yaşı şafaktepe,tavanda ise Alt Karbonifer yaşı Ziyarettepe formasyonları ile uyumludur. Formasyon, tabandan tavana doğru kireçtai-şeyl, kireçtaş-şeyl-kumtaşı ardalanması ve kumtaşı birimlerinden oluşur. Formasyonun tabanında yaygın olarak izlenen kireçtaş bol miktarda mercan fosilleri içerir. Orta seviyede kireçtaş - şeyl - kumtaşı ardalanmasından oluşan birim hakimdir. Üstte doğru kumtaşı- şeyl ve son olarak kumtaşı izlenir. Ayhan (1987) çalışmasında, bu formasyona Üst Devoniyen yaşı olduğunu belirtmektedir.

Ziyarettepe formasyonu (Cz): Demirtaşlı (1967) tarafından adlandırılan bu formasyon, tabanda Üst Devoniyen yaşı Gümüşali formasyonu ile uyumlu, tavanda ise Permiyen yaşı Yığıltıtepe formasyonuyla olan dokanaklı uyumsuzdur. Formasyon, tabandan tavana doğru şeyl,kumtaşı - kireçtaş - marn ardalanması ve kireçtaş birimlerinden oluşan bir litolojiye sahiptir. Tabanda yer alan bitümlü şeyl ince tabakalı laminalıdır. Orta kesimlerde kumtaşı - kireçtaş - marn ardalanması yer alır. En üstte yer alan ve orta-kalın tabakalı olan kireçtaş içerisinde ince tabakalar ve mercekler halinde dolomit ve kuvarsit bulunur. Bu formasyonun yaşı, Ayhan (1987) çalışmasında Alt Karbonifer olduğu belirtilmektedir.

Yığıltıtepe Formasyonu (Py): Tabanda Alt Karbonifer yaşı Ziyarettepe formasyonu ile uyumsuz,tavanda ise Triyas yaşı Katarası formasyonu ile uyumlu olan bu formasyon Demirtaşlı (1967) tarafından adlandırılmıştır. Yığıltıtepe formasyonu, kalın bir kireçtaş istifi ile temsil edilir. Bu istifin içerisinde değişik kalanlıklarda dolomit ile kuvarsit seviyeleri yer alır. Yığıltıtepe formasyonu içerisinde tespit edilen fosillere göre Üst Permiyen yaşı verilmiştir (Ayhan,1987).

Katarası Formasyonu (TRka): Demirtaşlı (1967) tarafından adlandırılan ve tabanda Permiyen yaşı Yığıltıtepe formasyonu ile uyumlu, üstte ise Jura - Kretase yaşı Demirkazık formasyonu ile uyumsuz olarak yer alır. Birim tabandan tavana doğru kireçtaş, marn ve kumtaşından oluşan bir litoloji gösterir. Formasyonun tabanında yer alan kireçtaş lamellibranslıdır. İçerisinde seyrek olarak marn tabakaları içerir. Üst seviyelerde marn formasyonun hakim kayacını oluşturur. Marnlar içerisinde yer yer kumtaşı tabakaları izlenir. Ayhan (1987) Kozan-Elmadağ arasındaki çalışmasında bu formasyonun yaşı Alt Triyas olduğunu belirtmektedir.

Demirkazık Formasyonu (Cz): Yetiş (1978) tarafından adlandırılan bu formasyon çalışma alanımızda yer alan sedimanter kayaçların en üst birimini oluşturur. Tabanda Triyas yaşı katarası formasyonunu diskordan olarak örtmektedir. Üzerine ise açılı

diskordansla Miyosen yaşılı birimler gelir. Demirkazık formasyonu, kalın-çok kalın tabakalı kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşından oluşan bir karbonat istiften oluşur. Bu formasyonun yaşı, Yetiş ve Demirkol (1986) çalışmalarında Alt-Üst Kretase, Parlak (1990) çalışmasında ise Dogger -Senonyen olarak belirtilmektedir.

3. YAPISAL JEOLOJİ

Inceleme alanında bulunan kaya birimleri Toroslarda yüzeyleyen tektonik birliliklerden Geyikdağı Birliği'ne dahil edilmektedir. Geyikdağı Birliği diğer birliliklere göre otokton/parotokton konumludur (Özgül, 1976). Alp orojenezi ile Torosların yükselmesi sırasında yörede bölgesel ölçekte, eksenleri yaklaşık K - G doğrultulu antikinal ve senklinaller oluşmuştur. Kırımlanmaya uygun olarak kayaç birimleride yaklaşık K - G yönünde uzanırlar. Bölgede düşey atımlı büyük faylarda aynı doğrultuda gelişmiştir. Şeyl gibi killi ve plastik olan birimlerdeki kıırımlanmaya karşın, kireçtaşı gibi sert olanlarda kırık sistemi daha çok gelişmiştir. Orta Kambriyen Yaşılı Birimlerdeki Pb - Zn Cevherleşmesi

Horzum Pb - Zn Cevherleşmesi

Bölgemin en büyük ve en önemli yatağını oluşturan bu cevherleşme inceleme alanı içerisinde yer almaktadır. Horzum Pb - Zn cevherleşmesi, D - B ve KB - GD doğrultulu faylarda, tabaka aralarında ve karstik boşluklarda bulunmaktadır. Metalce zengin cevher, cep ve mercekler şeklindedir. Parajenez, sülfürlü ve karbonatlı olmak üzere iki türdedir. Karbonatlı cevher: Smitsonit, limonit, kalsit ve dolomit az oranda seruzit, anglesit, hidrozinkit, malahit ve azurit gibi ikincil minerallerden oluşmuştur. Sülfürlü cevher ise, sfalerit, pirit, galenit, kalsit, dolomit ve az oranlarda kalkopirit, markasit, arsenopirit, bornit, kalkosin, siderit, serisit ve klorit minerallerini içermektedir.

Pinargözü Mahallesi Pb - Zn Cevherleşmesi

Çulluuşağı (Kozan) köyünün 3 km. batısında Pinargözü mahallesi civarında izlenmektedir. Bu cevherleşmenin en belirgin özelliği barit oranının diğer cevherleşmelere göre daha yüksek olmasıdır. Ayrıca Horzum yataklarına göre galenit ve kuvars mineralleri daha yayım, pirit ve arsenopirit oranı ise daha büyütür. Karbonatlı ve sülfidli minerallerden oluşan cevherleşme genellikle K - G doğrultulu faylarda ve karstik boşluklarda yer almaktadır. Süfidli cevher mineralleri: sfalerit, galenit ve piritdir. Gang mineraller ise, kalsit ve barittir. Az oranlarda kuvars, muskovit ve serisit gözlenmektedir. Karbonatlı cevher mineralleri ise, smitsonit, barit, seruzit, anglezit, hemimorfit gibi ikincil minerallerden oluşur.

Kuşkayası Pb - Zn Zuhurları

Kuşkayası tepenin doğu yamacı boyunca K - G yönünde sıralanmış cevher mostralardan oluşur. Cevherleşme genellikle fay zonlarında izlenmektedir. Cevher oluşturan ana mineraller, smitsonit, limonit ve kalsittir.

Kanuşağı - Okçulu Zuhurları

Tamamen karbonatlı minerallerden oluşan bu cevherleşme genelde karstik dolgular şeklindedir. Ana cevher minerali smitsonittir. Cevher içerisinde kalsit, limonit ve kil minerallerinin oranı yüksektir. Az miktarlarda galenit, hematit, malahit, azurit ve götit mineralleri gözlenmektedir (Temur, 1986).

Bölgesel Bakır - Kurşun - Çinko Anomalileri

Alt Kambriyen - Jura-Kretase zaman aralığında çökelmiş kayaçlardan 38 adet kayaç örneği alınmıştır. Bu örneklerin kimyasal analizleri yapılarak bakır - kurşun - çinko elementlerinin değerleri saptanmıştır (Şekil 2). Ayrıca çalışma alanında Orta Kambriyen yaşlı dolomitik kireçtaşı ve gri kireçtaşı içerisinde yer alan Pb - Zn cevherleşmesinin yöredeki kayaçların Cu - Pb - Zn içeriklerine ne gibi etkisi olduğu incelenmiştir.

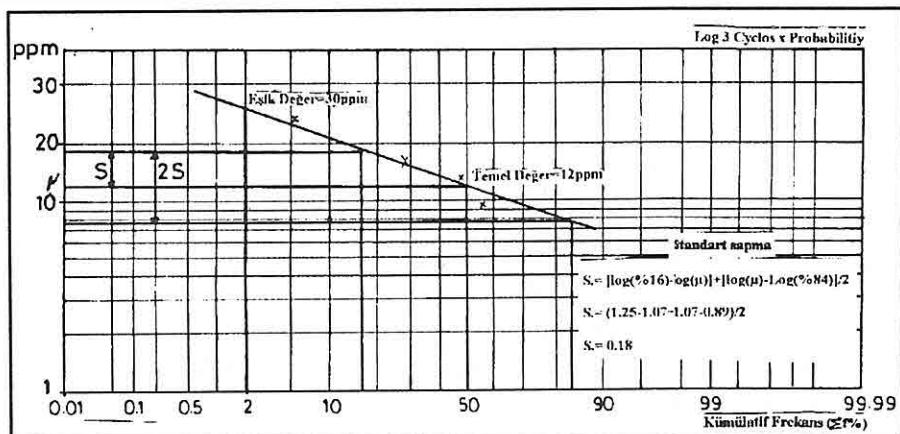
İnceleme alanında yüzeyleyen farklı litoloji ve yaşıta olan kayaçlardan alınan 38 adet örneğin Cu - Pb - Zn analiz sonuçları Şekil.2'de verilmiştir. Sinclair (1974)'e göre Cu-Pb-Zn'nun olasılık grafikleri çizilerek eşik değerleri ve standart sapmaları tespit edilmiştir (Şekil.3,4,5).

Bu analiz sonuçlarına göre bakır, 3 - 29 ppm arasında değişen değerlerdedir. Olasılık grafiğinde eşik değer; 30 ppm ve standart sapma; 0.18 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç Cu'ın tüm birimlerde normal (Background) değerde olduğunu göstermektedir. Bu da kayaçlardaki bakır içeriğinin Pb-Zn cevherleşmesinden etkilenmediğini göstermektedir (Şekil 2,3).

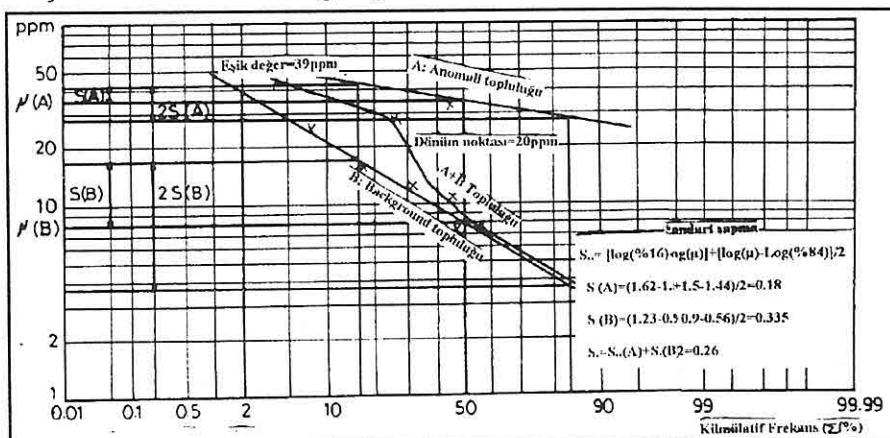
Kurşun, bölgede 10 - 110 ppm arasında değişen değerlerdedir. Olasılık grafiğinde iki topluluk olduğu görülmektedir (A ve B). Eşik değer; 39 ppm ve standart sapma; 0.515 tespit edilmiştir (Şekil.4). Jura-Kretase kireçtaşlarında ve Üst Devoniyen yaşlı dolomitik kireçtaşlarında normal değerden daha yüksek bir değer göstermektedir (100-110 ppm). Bu yüksek değer muhtemelen kirlenmeden kaynaklanmaktadır. Orta Kambriyen yaşlı dolomitik kireçtaşı ve gri kireçtaşları dışında diğer tüm farklı litoloji ve yaştaki kayaçlarda normal değeri izlenmektedir (< 39 ppm) (Şekil 3).

Çinko, bölgede 5 - 104 ppm arasında değişmektedir. Olasılık grafiğinde iki topluluk tespit edilmiştir (A ve B). Eşik değer; 54 ppm ve standart sapma; 0.22 olarak hesaplanmıştır (Şekil.5). Ordovisiyen yaşlı birimlerde normal değerin üzerindedir (>54 ppm). Değerlerin yüksek oluşunun nedeni muhtemelen bu birim altında yer alan Orta Kambriyen yaşlı birimler içerisinde yerleşmiş olan Pb - Zn cevherleşmesinden kaynaklanan kirlenme ve sızıntıdan ileri gelmektedir (Şekil 2).

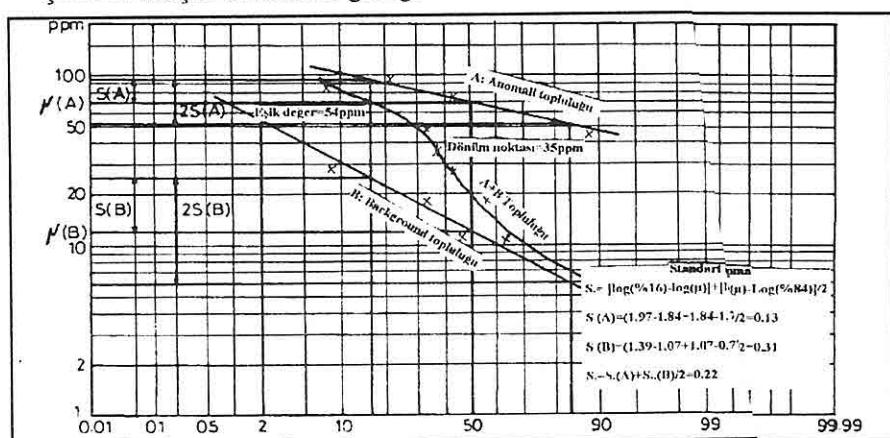
Orta Kambriyen yaşlı dolomitik kireçtaşı ve gri kireçtaşlarından alınan örneklerde Pb - Zn'nun analiz sonuçları yüksektir (Şekil 2). Bunun nedeni, muhtemelen aynı birimler içerisinde yer alan ve çok eskiden beri işletilen Pb - Zn cevherleşmesidir.



Şekil 3. Bakır'ın olasılık grafiği



Şekil 4. Kurşun'un olasılık grafiği



Şekil 5. Çinko'nun olasılık grafiği

4. SONUÇ

Bu çalışma ile, Alt Kambriyen - Jura-Kretase zaman aralığında çökelmiş kayaçların Cu - Pb - Zn içerikleri belirlenmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, bakır - kurşun - çinko değerleri, Silüriyen - Jura-Kretase zaman aralığı ile Alt Kambriyen de oluşmuş sedimanter kayaçlarda normal (Background) değerde olduğu gözlenmiştir. Ordovisiyen yaşlı birimlerin çinko içeriği sızıntı ve kirlenmeden dolayı normal değerin üzerindedir.

Orta Kambriyen yaşlı birimlerdeki kurşun - çinko içeriği, aynı birimde yer alan kurşun - çinko cevherleşmesine bağlı olarak yüksek değer göstermektedir. Orta Kambriyen'de görülen Pb-Zn anomalisi bu birimlerin hidrotermal göç etkisinde kaldıklarını göstermektedir. Zira bölgesel ölçekte Pb-Zn bazende Ba'un katılımıyla benzer cevherleşmeler aynı birimlerde ve değişik yerlerde gözlenmektedir. Bu bilgiler, Orta Kambriyen yaşlı birimlerin Pb Zn'ce devamlı anomali verebileceğini ve prospektiyonlarda bu birimlerin hedef alınması gerektiğini göstermektedir.

5. KATKI BELİRTME

Bu makalenin hazırlanmasındaki katkı ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Prof.Dr.Servet Yaman'a ve kimyasal analizleri yapan M.T.A. labaratuvarları çalışanları ile yardımlaşından dolayı sayın Dr.Sedat Türkmen'e teşekkürlerimi sunarım.

6. KAYNAKLAR

- Abdüsselemoğlu,Ş.,1988, Yukarı Seyhan Bölgesinde Doğu Torosların Jeolojisi.M.T.A.rapor No:2668 Ankara.*
- Ayhan,A., 1987, Kozal - Elmadağ (Adana) Arasının Jeolojisi. İ.Ü,Müh.Fak.Doktora Tezi 155 s. İstanbul.*
- Bingöl,N. ve Yıldırım,R., 1983, Adana-Kozan-Horzum-Pınargözü çinko sahalarının jeoloji raporu,M.T.A.Gn.Md.Rap.No:7343 Ankara.*
- Demirtaşlı,E.,1967, Pınarbaşı-Sarız-Mağara ilçeleri arasındaki sahanın litostratigrafi birimleri ve petrol imkanları M.T.A. Gn.Md.Derleme Rap.No:4389 Ankara.*
- Güneyli,H., 1995, Iorzung (Kozan/Adana) Bölgesinin Jeolojisi ve Tektoniği Ç.Ü.Fen Bil.İnst.Yüksek Lisas Tezi 129 s. Adana.*
- İplikçi,E. ve Ayhan,A., 1982, Adana Yili'ne bağlı Kozan-FekeSaimbeyli civarının jeolojik etüdü M.T.A Enst. Rap. No:483 63 s. Ankara.*
- Metin,S.,Papak,YKeskin,H.,Özsoy,Y.,Polat,N.,Altın,Y.,Karabalık,N.veKonuk,O.,1982 . Tuşanbeyli-Sary Göksun ve Saimbeyli arasındaki jeolojisi (Doğu Toroslar); M.T.A. Enst. Rap. No: 729,123 s.Ankara.*
- Özgül,N.,Metin.,Göger,E.,Bingöl,I.,Baydar,O.ve Erdogan,B., 1973, Tufanbeyli*

HORZUM YÖRESİNDE YÜZEYLEYEN SEDİMANTER KAYAÇLARIN Cu - Pb - Zn İÇERİKLERİ

- Dolayının Kambriyen ve Tersiyer Kayaları T.J.K.Bülteni Cilt 16/I 82-100 s. Ankara.
- Sinclair,A.L., 1974, Selection of Threshold Values in Geochemical Data Using Probability Graphs Journal of Geochemical Exploration, 3(1974),129-149.
- Temur,S.,1986, Horzum (Kozan-Adana) yöresi piritli Zn-Pb yataklarının jeolojik, petrografik ve jenetik incelemesi S.Ü.Fen Bil.Enst. Doktora Tezi, 253 s. Konya.
- Yetiş,C. ve Demirkol,C., 1986, Adana Baseninin Battı Kesiminin Detay jeoloji Etüdü I. M.T.A. Gen.Md. Rap.No: 8037, Ankara.

**AĞİLÖNÜ (BEYŞEHİR) YÖRESİNDE MONOMINERALİK BARİT
OLUŞUMLARININ JEOLOJİK-JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ
VE KÖKENLERİ**

Veysel ZEDEF

S.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

Mehmet ARSLAN

K.T.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon/Türkiye

Hüseyin KURT ve Osman ŞEN

S.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

ÖZET: Ağılönü (Beyşehir, Göller Bölgesi, Türkiye) yöresinde bulunan barit oluşumları strata-bound (tabaka sınırlı) tipli ve monomineralik karaktertedir. Çaltepe Formasyonu'nun alt seviyelerindeki kalkşistlerde ve Seydişehir Formasyonu'na ait sistler içinde mercekler halinde bulunan baritler yan kayaçlarla genel olarak uyumlu olup, Alt Kambriyen-Alt Ordovisiyen zaman aralığında oluşmuşlardır. Oluşumlar % 90'ın üzerinde barit içerir. Baritlerde gözlenen nispeten yüksek oranlardaki Al_2O_3 (ortalama % 3.58), Cr (ortalama 22 ppm) ve Ce (ortalama 109 ppm) mineralizasyon esnasında karadan malzeme geldiğini, çökelme ortamının oksijen zengin ve karaya yakın olduğunu işaret etmektedir. Yüksek oranlardaki Cu (ortalama 99 ppm) ve TiO_2 (ortalama % 0.13) mineralize çözeltilerin hidrotermal kökenli, yörede herhangibir evaporitik oluşumun gözlenmemesi de SO_3 'ün deniz suyu kökenli olduğunu göstermektedir.

**GEOLOGICAL-GEOCHEMICAL FEATURES AND GENESIS OF THE
AĞİLÖNÜ (BEYŞEHİR, TÜRKİYE) MONOMINERALIC BARITE
OCCURRENCES**

ABSTRACT: The barite occurrences in the Ağılönü (Beyşehir, Lake District, Türkiye) have a strata-bound type and are monomineralic character. The barites, occurred at the bottom of the chalkschists of the Çaltepe Formation and within the shales belonging to Seydişehir Formation, are generally concordant to the host rocks and are lenses in shape, and their formation span to Lower Cambrian-Lower Ordovician. Over the 90 % of $BaSO_4$ (Barite) is observed and this mineral is the most dominant in the deposits. Relatively high Al_2O_3 (mean % 3.58), Cr (mean 22 ppm) and Ce (109 ppm) in the barites indicate that some terrigenous material has come from the land and the basin were close to the land and rich in oxygen. High ratio of Cu (mean 99 ppm) and TiO_2 (mean % 0.13) reveals that the mineralising fluids are of hydrothermal origin, and the absence of any evaporitic existence indicate that the SO_3 in the barites was possibly originated from the brine.

1. GİRİŞ

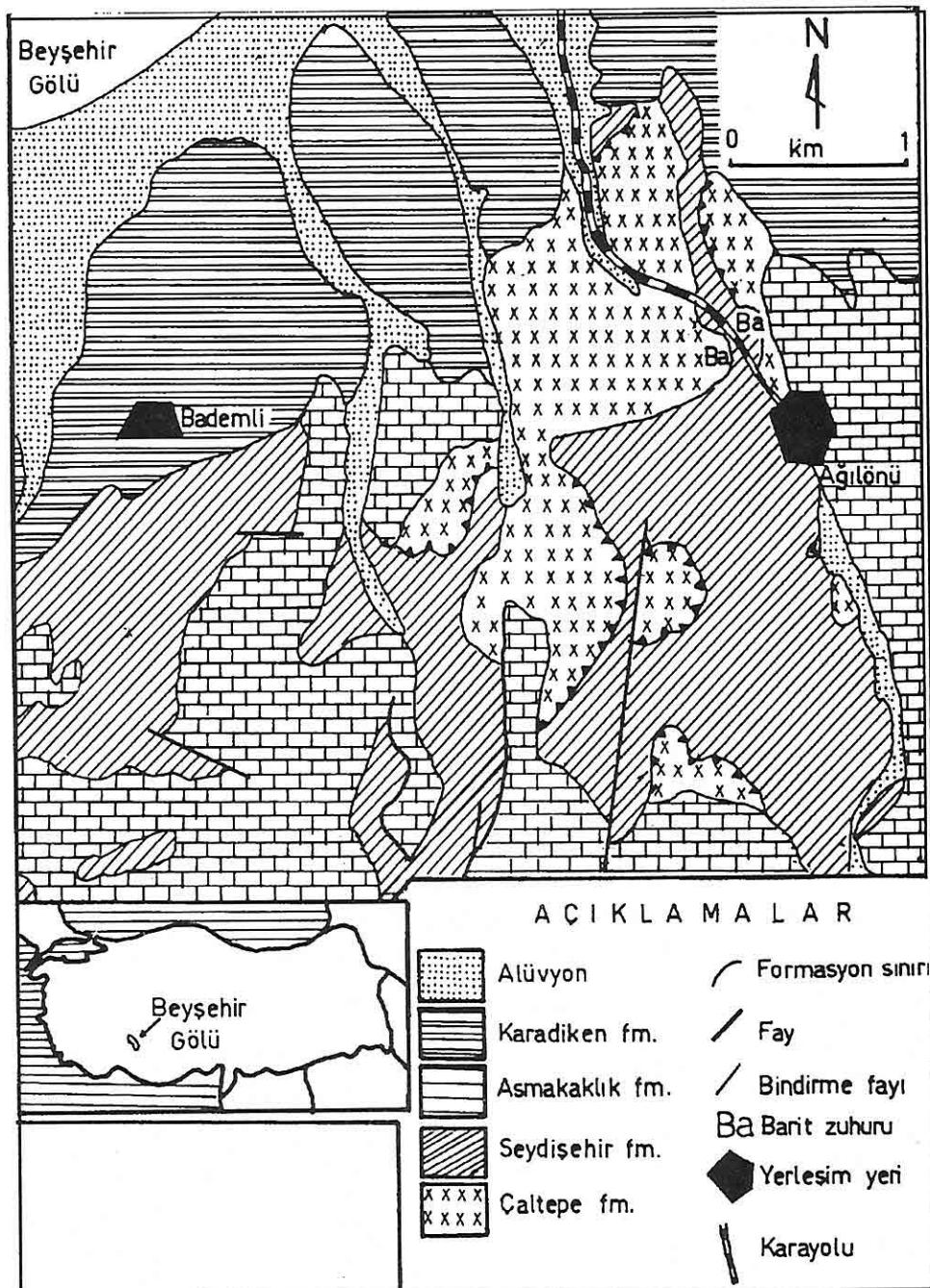
Ağılönü baritleri Göller Bölgesi'nde (Orta-Güneybatı Anadolu) Beyşehir İlçesi'nin yaklaşık 4 km güneyindeki Ağılönü Köyünün 500 m kadar kuzeyinde mostra verirler (Şekil 1). Otokton Geyikdağı Bırliği'nin Alt-Orta Kambriyen yaşı Çaltepe Formasyonu'na ait dolomit, kireçtaşları ve yumrulu kireçtaşları Ağılönü ve civarının en yaşlı kayaçlarıdır. Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşı Seydişehir Formasyonu, Çaltepe Formasyonu'nu uyumlu olarak örter. Coğunlukla şistlerden müteşekkil Seydişehir Formasyonu'nun üzerine Dogger - Lutesiyen yaşı Asmakaklı Formasyonu'na ait karbonatlar transgresif olarak gelmektedir (Şen, 1989). Yöredeki barit zuhurları Çaltepe Formasyonuna ait dolomitlerin alt seviyelerindeki kalkış merceklerinde ya da Seydişehir Formasyonuna ait şistlerde mercekler halinde gözlenirler. Kalkıştardaki barit merceklerinin maksimum boyutları 20x8 m iken, şistler içine dağınık barit merceklerinin boyutları çok daha sınırlıdır (3x1 m). Merceklerdeki baritlerin konumları genel olarak yankayaçlara uyumlu olmakla birlikte yer yer bazı çatlak ve çatlak çeperlerine yerleşmiş ornatma dokuları da gözlenmektedir. Baritler iri kristalli, keskin-köşeli kırınlı, genellikle beyaz ve nadiren de açık sarı, açık pembe renklidir.

Ağılönü barit zuhurları ve çevresini de içine alan bazı jeolojik etüdler yapılmış olsa da (Örneğin Dean ve Monod, 1970; Şen, 1989) bu çalışmalarla barit zuhurları üzerinde hemen hemen hiç durulmamıştır. Ancak Ayhan (1986), Ağılönü baritlerini, Beyşehir'in 40 km kuzeybatısında bulunan Türkiye'nin en büyük barit provensi Hüyük (Konya) baritleriyle jeolojik açıdan karşılaştırmış ve bunların dünyanın en yaşlı, stratigrafik kontrollü barit oluşumları olabileceğine işaret etmiştir.

Selçuk Üniversitesi Araştırma Fonu (SÜAF, proje no: MF-94-109) tarafından desteklenen bu çalışmanın amacı Ağılönü baritlerinin jeolojik - jeokimyasal özelliklerinin ortaya konması ve buradan hareketle baritlerin kökenlerinin aydınlatılmasıdır.

2. ANALİTİK METOD

Dört tanesi kalkıştalar, iki tanesi de şistler içindeki barit merceklerinden alınan altı masif barit örneğinin mineralojik tayinleri X-ray difraktometre (XRD) kullanılarak yapılmıştır. Örneklerin ana (major) ve iz (trace) element içerikleri BaO ve SO₃ hariç X-Ray fluoresans spektrometre (XRFS) kullanılarak ortaya çıkarılmıştır. BaO ve SO₃ okumaları ise kütle spektrometresi (ICPMS) ile yapılmıştır. Ana element analiz sonuçları oksit cinsinden % ağırlık olarak verilirken, iz element sonuçları ppm cinsinden verilmiştir. Örneklerin iz element içeriklerinin okunması esnasında XRFS aletinin üst algılama sınırı Sr için 5000 ppm'den 10000 ppm'e yükseltilmiştir. ICPMS analizi için çözelti hazırlanımı, XRFS için "beat" ve "pellet" hazırlanımı hakındaki metodolojik bilgiler Zedef (1994)'de ayrıntılı olarak bulunabilir.



Şekil 1. Ağılönü ve yoresinin jeoloöik haritası (Şen, 1990'dan değiştirilerek alındı).

3. MINERALOJİK BİLEŞİM, ANA VE İZ ELEMENT İÇERİĞİ

XRD grafikleri, barit zuhurlarından derlenen örneklerin tamamının % 90'ın üzerinde barit (BaSO_4) içerdığını göstermektedir. Bu durum ICPMS'te yapılan BaO ve SO_3 analizleriyle de doğrulanmaktadır (Tablo 1). Baritin yanısıra çok az miktarlarda serisit, kalsit ve kıl minerallerinin olduğu yine XRD analizlerinden anlaşılmaktadır. Anılan bu minarallerin her bir örnekteki dağılımları kantitatif olarak yapılmamıştır. XRD grafiklerinin işaret ettiği bir başka gerçek de baritlerin çok yüksek oranlarda Sr içermelerine rağmen (5426-8258 ppm arasında) bu elementle ilgili herhangibir mineralizasyonun (sölestin ya da stronsiyonit) gözlenmemesidir.

Ağırlönü barit zuhurlarından derlenmiş altı adet barit numunesinin ana ve iz element içerikleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Yankayacı kalksist olan barit örnekleri ile yan kayacı şist olan barit örneklerini karşılaştırdığımızda hem ana, hem de iz element kapsamları açısından bazı benzerlikler ve farklılıklar göze çarpar (Tablo 1). Yankayacı kalksist olan baritlerle yankayacı şist olan baritlerin Al_2O_3 muhtevaları birbirlerine çok benzemelerine karşılık MgO , CaO ve Sr içeriklerinde belirgin bir fark göze çarpar. Yankayacı kalksist olan baritlerde MgO oranı (A-3 numunesi hariç tutulursa) %'1 den daha küçükken yankayacı şist olan iki barit numunesinde bu oran % 1.2'den daha büyütür. Aynı şekilde yankayacı şist olan baritler diğerlerine nazaran çok daha fazla CaO içermektedirler. Hiçbir örnekte SiO_2 , XRFS aletinin algılama sınırı (% 0.01)'nın üzerine çıkmamıştır. Buna karşılık yankayacı kalksist olan baritlerde Sr 7000 ppm'in üzerinde iken, bu miktar yankayacı şist olan baritlerde 6500 ppm'in altındadır. Diğer bileşenler gözönüne alındığında(hem ana element hem de iz element) örneklerde yankayaca bağlı olarak herhangibir sistematik dağılım söz konusu değildir. Tablo 1'den çıkarılabilirken önemli bir husus da örneklerdeki Cu, Cr ve Ce miktarlarının yankayaç ayırtetmeksızın belirli oranlarda konsantr olmalıdır. Ana elementlerin oksit cinsinden toplamlarının 100'den küçük olması her numunenin belli bir miktar yanma kaybına sahip olmasından ve kısmen de bazı bileşenlerin (örneğin numuneler ortalaması olarak % 0.01 civarında P_2O_5 içermekle birlikte P_2O_5 değerleri tabloya konmamıştır) tabloya dahil edilmemesinden kaynaklanmaktadır. Numunelerin hazırlanması ve analiz esnasındaki % 0.5'lük hata payı (analitik error) da gözden uzak tutulmalıdır.

Tablo 1. Ağırlönü baritlerinin ana (oksit cinsinden % ağırlık) ve iz element (ppm) dağılımları.

	BaO	SO_3	TiO_2	Al_2O_3	FeO*	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Top	Sr	Zn	Cu	Ni	Cr	Ce
A-1	57.7	36.1	0.13	3.36	0.08	0.71	0.51	0.55	0.06	99.2	7401	4	104	12	26	158
A-2	57.0	35.6	0.11	3.74	0.00	0.97	1.45	0.54	0.06	99.5	7182	11	95	16	15	106
A-3	56.0	35.0	0.15	3.36	0.25	1.56	1.68	0.62	0.12	98.7	7067	2	99	5	15	95
A-4	57.1	35.7	0.12	3.73	0.15	0.63	0.00	1.55	0.08	99.1	8258	-	116	3	25	95
A-5	56.1	35.0	0.13	3.44	0.12	1.36	2.15	0.65	0.07	99.0	6416	8	99	13	28	121
A-6	55.4	34.6	0.13	3.86	0.00	1.29	2.34	0.53	0.06	98.2	5426	2	79	16	25	77
Ort.	56.6	35.3	0.13	3.57	0.09	1.09	1.36	0.74	0.08		6958	5	99	11	22	109

* Toplam demir. Not: A-5 ve A-6 numunelerinde yankayaç şist, diğerlerinde ise kalksistdir.

4. TARTIŞMA

Ağılönü yöresi baritlerinin Alt-Orta Kambriyen yaşı Çaltepe Formasyonu'nun alt seviyelerindeki kalkşist mercekleri içinde, ya da Çaltepe Formasyonu'nu uyumlu olarak örten Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşı Seydişehir şistlerinin içinde bulunması; barit mineralizasyonunun Alt Kambriyen-Alt Ordovisiyen zaman aralığında sınırlı kaldığını gösterir. Dogger-Lutesiyen yaşı Asmakaklık formasyonuna ait karbonatlarda (genellikle kireçtaşları) herhangibir barit mineralizasyonunun görülmemesi, baritlerin yankayaçalarla uyumlu konumu Ağılönü baritlerinin Alt Kambriyen-Alt Ordovisiyen döneminde oluştuğunu bir başka delilidir (Çaltepe ve Seydişehir Formasyonu'nun yaşı hakkındaki ayrıntılı bilgi Dean ve Monod, 1970'de bulunabilir). Buradan hareketle Ağılönü baritlerinin strata-bound olduğu söylenebilir. Derlenen örneklerde barit tenörünün % 90'ın üzerinde olması, başka hiçbir mineralin % 3'ün üzerine çıkamaması Ağılönü baritlerinin monomineralik karakterde olduğunu en önemli göstergesidir. Bütün bunlardan Ağılönü yöresinde yüzeyleyen baritlerin "stratigrafik kontrollü, monomineralik, strata-bound" karakterde olduğu ortaya çıkmaktadır.

Hem stratiform, hem de strata-bound monomineralik barit yataklarının incelenmesinde baryumun kaynağı ve barit mineralinin çökelme mekanizması en çok tartışılan konu olmuştur. Zira barit mineralizasyonu, pH, Eh, sıcaklık, basınç, kimyasal bileşim, su turbulensi, bakteri faaliyeti, çözelti hacmi, kayacın yüzey alanı, yankayacıın porozitesi ve permeabilitesi gibi birçok parametreye bağlıdır (Dejonghe, 1990; Frimmel, 1991). Bunlara ilaveten Ba, Sr, SO₃, Ca, Mg ve Al gibi birçok elementin bu değişken parametre şartlarında çok farklı davranış tarzları göstermeleri; barit oluşum mekanizmasını çok daha karmaşık bir problem haline sokmaktadır. Ancak son 20 yılda geliştirilen ve maden yataklarının kökenlerinin aydınlatılmasında da sıkça kullanılan S, O ve Sr gibi elementlerin izotopları yardımıyla problemin çözümünde bazı önemli adımlar atılmıştır. Örneğin ³⁴S izotopu yardımıyla baritteki SO₃'ün kaynağı (deniz suyu, volkanik, bakteriyogenik veya ekshalatif), ⁸⁷Sr yardımıyla barit oluşumunun yaşı ve çözelti/kayaç oranı, ³⁴S ve ¹⁸O yardımıyla da yatakların oluşum ısıları aydınlatılmaya çalışılmaktadır.

Şayet yörede baritlerle aynı yaşı bir volkanik faaliyet varsa volkanik kayaçlar genel olarak baryumun kaynağı olarak gösterilmektedir. Örneğin Upton ve Lord Aylmer (Quebec, Kanada) barit yataklarında (Kumarapeli ve dig., 1990), Mariana Trough (Pasifik Okyanusu) baritlerinde (Moore ve Stakes, 1990) ve Sumisu Rift (Pasifik Okyanusu) barit oluşumlarında (Urabe ve Kusakabe, 1990), benzer şekilde baryumun yegane kaynağı yatakların içinde bulunduğu volkanik kayaçlardır. Volkanik kayaçların yörede bulunmadığı bazı barit yataklarında ise kaynak genel olarak magmatik, ya da metamorfik temel formasyonlarıdır (Canals ve Cardellach, 1993; Kesler ve dig. 1988). Diğer taraftan barit yataklarındaki SO₃ için iki ana kaynak gösterilmektedir. Bunlardan biri deniz suyu, diğeri de barit yatakları ve çevresinde bulunan evaporitik (çoğunlukla

jips ve anhidrit) çökellerdir. Evaporitik çökellerin metamorfizması ile aşağı çıkan SO_3 , Ba ve Sr'ce zengin metamorfik suyun meteorik su ile karışımı sonucu Tyrol (Avusturya) barit yataklarının olduğu Frimmel (1991) tarafından önerilmiştir. Aynı şekilde Nova Scotia (Kanada)'daki barit yataklarında da mineralalli çözeltilerin 5 km'den daha derinde bulunan evaporitlerden türediği kabul edilmektedir (Ravenhurst ve diğ. 1989). Kolorado Platosu (ABD) barit yataklarında da hem baryumun, hem de SO_3 'ün doğrudan doğruya jips ve anhidritlerden türediği Breit ve diğ. (1990) tarafından yapılan ^{87}Sr izotop çalışmalarıyla delillendirilmiştir. Baritler içinde organik malzeme veya bunların kalıntılarının bol miktarlarda olduğu durumlarda bakteriyogenik SO_3 kaynak olarak gösterilmektedir (Graber ve Chafetz, 1990). Anılan bu araştırmacılar arazi ve deneysel gözlemlerini izotop analizleri ile de desteklemiştir.

Jeolojik açıdan Ağılönü barit zuhurlarının içinde bulunduğu Çaltepe ve Seydişehir Formasyonlarından daha yaşlı kayaçların yöre ve yöre yakınlarında gözlenmemesi ve bazı finans zorlukları nedeniyle baritlerde izotop tayini yapılamaması; Ağılönü baritlerinin jenezlerinin açıklanmasını oldukça zorlaştırmaktadır. Bununla birlikte ana ve iz element analiz sonuçlarının yardımıyla sınırlı da olsa bazı gerçekçi yorumlar yapılabilir. Derlenen örneklerin kimyasal bileşimi; Ağılönü baritlerinin oldukça saf olduğuna işaret etmektedir. Bu durum baritlerin oluşumu esnasında sadece barit fazının baskın olduğu bir mineralizasyonu gösterir. Başka herhangi bir önemli mineralizasyonun olmaması (örneğin Cu, Zn, Pb, F) ortam şartlarının "çok özel" yani sadece barit mineralizasyonuna müsait olduğunu gösterir. Yörede baritlerle eş yaşı herhangibir volkanik, ya da magmatik kayacın bulunamaması, ve yine baritlerle yaşıt evaporitik oluşumların ve organik kalıntıların yokluğu, Ba ve SO_3 'nın kaynağı olarak geriye üç alternatif bırakmaktadır bunlar; 1- Kambro-Ordovisiyen deniz suyu, 2- Hidrotermal çözeltiler ve 3- Baritlerin bizzat içinde bulundukları yankayaçlar (Çaltepe Formasyonu ve/veya Seydişehir Formasyonuna ait kayaçlar) veya yörede yüzeylemeyen temel formasyonlar. Ağılönü baritlerinde SO_3 'nın en muhtemel kaynağı olarak deniz suyu görünmektedir. Zira yörede herhangi bir evaporitik oluşum görülmemektedir. Baritlerin kimyasal analizlerinde görülen nisbeten yüksek oranlardaki Cu (ortalama 99 ppm) ve TiO_2 (ortalama % 0.13) mineralize çözeltilerin hidrotermal kaynaklı olduğunu, çözeltilerin Kambro-Ordovisiyen yaşlı okyanusal kabuğa ait volkanik ve/veya ultramafik kayaçları katederek geldiğine işaret etmektedir. Baritlerin nisbeten yüksek MgO, CaO ve Na₂O içerikleri; her ne kadar çökelme ortamındaki deniz suyunun bileşimi ile doğrudan bağlantılı olsa da, okyanusal kabuğa ait kayaçlardaki piroksen, alkali feldispat ve plajiyoklas minerallerinin hidrotermal alterasyon esnasında baryumca zengin çözeltiye anılan bu oksitler açısından ilave bir katkıda bulunduğu kuvvetle muhtemeldir. Bununla birlikte yörede bu tür bir volkanik-ultramafik kayacın bulunmaması nedeniyle bu görüşün üzerinde ısrarlı olunmaması gerekiği görüşü gündeme gelmektedir. Kalkıştalarındaki baritlerde yer

yer gözlenen ornatma dokuları da çözeltilerin hidrotermal olduğunu göstermektedir (Şistlerdeki barit merceklerinde ornatma dokularının bulunmaması bu tür dokuların geçirimsiz yankayaça gelişmemisine bağlanabilir). Ancak, barit mineralizasyonu muhtemelen düşük sıcaklıklarda ($<100^{\circ}\text{C}$) gerçekleşmiş olmalıdır. Çünkü Ağılönü baritlerinde önemli bir Zn konsantrasyonu (ortalama 5 ppm) gözlenmemektedir. Düşük FeO (% 0.1) konsantrasyonu da bu görüşü destekler mahiyettidir.

Baritlerde gözlenen nispeten yüksek Al₂O₃ (ortalama % 3.58) ve Cr (ortalama 22 ppm) mineralizasyon havzasına karadan kıritlı malzeme geldiğine ve bu karasal malzemenin de büyük bir ihtimalle ultramafik malzemeden türediğine işaret etmektedir. Ortalama 109 ppm'lik Ce konsantrasyonu ise baritlerin oluşum ortamının oksijence zengin olduğunu tipik bir delilidir. Al₂O₃, Cr ve Ce konsantrasyonlarının üçü birden mineralizasyonun denizin karaya yakın ve aynı zamanda da su derinliğinin fazla olmadığını en önemli göstergeleridir. Gözlenen yüksek oranlardaki Sr (ortalama 6958 ppm) bu elementin Ba ile jeokimyasal akrabalığına bağlanabilir. Ağılönü baritlerinde hemen hemen hiç SiO₂ tesbit edilememesi; mineralize çözeltilerin son derece asitik olduğuna işaret eder. Nitekim hem laboratuvara yapılan, hem de deniz tabanlarında gözlenen güncel barit mineralizasyonlarında çözelti pH'sının yaklaşık 2 olduğu tesbit edilmiştir (Dia ve diğ. 1993). Şüphesiz ki gelecekte yapılacak olan Sr, S ve O izotop çalışmaları Ağılönü baritlerinin jenezlerinin aydınlatılmasında çok daha gerçekçi ve yararlı neticeler verecektir.

5. SONUÇLAR

Ağılönü barit zuhurlarının jeolojik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesini kapsayan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

Baritler, içlerinde bulundukları Çaltepe ve Seydişehir Formasyonları'na ait kalkşist ve şistlerden ibaret yankayaçalar içerisinde mercekler halinde bulunmaktadır. Yer yer ornatım dokuları gözlenmekle birlikte barit seviyeleri genel olarak yankayaçalarla uyumludur. Barit yataklarında en baskın mineral barit olup, bu mineral analizi yapılan tüm örneklerde % 90'ın üzerindedir. Bu durum, yörede yüzeyleyen barit zuhurlarına "monomineralik" bir özellik kazandırmıştır. Barit oluşumunun Alt Kambriyen-Alt Ordovisiyen zaman aralığında gerçekleşmesi, Dogger-Lutesiyen yaşlı Asmakaklık formasyonuna ait kireçtaşlarında herhangibir mineralizasyon izine rastlanmaması; barit oluşumunda "stratigrafik kontrolün" en önemli göstergesidir. Bütün bunlar göstermektedir ki, Ağılönü baritleri "monomineralik, strata-bound" zuhurlardır.

Nispeten yüksek oranlardaki Al₂O₃, Cr ve Ce, oluşum ortamının oksijence zengin, karaya yakın bir ortam olduğunu ve mineralizasyon havzasına karadan kıritlı malzeme geldiğine işaret etmektedir.

Ağılönü yöresinde herhangibir evaporitik oluşum, yada mağmatik-volkanik orijinli herhangibir kayaç gözlenmemiştir. Buna göre baritte yeralan SO₃'ün muhtemel

kaynağı deniz suyudur. Buna karşılık baryum, muhtemelen hidrotermal kaynaklıdır. Zira baritlerin kimyasal analizlerinde Cu ve TiO₂ hidrotermal bir alterasyona işaret edecek kadar konsantr olmuşlardır. Baritlerde yer yer gözlenen ornatma dokuları da bu durumu desteklemektedir. Yörede Zn ve Fe elementleriyle ile ilgili herhangibir mineralizasyonun bulunmaması ve bu elementlerin baritlerde çok düşük oranlarda gözlenmesi, barit oluşumunun 100 °C'den daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştiği sonucuna götürmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Ayhan, A., 1986. *Hüyük (Beyşehir) yöreninin Alt-Orta Kambriyen yaşlı birimlerinde bulunan barit zuhurlarının özellikleri*. Selçuk Univ. Müh.-Mim. Fak. Derg., 2, 59-69.
- Breit, G. N., Goldhaber, M. B., Shawe, D. R. ve Simmons, E. C., 1990. *Authigenic barite as an indicator of fluid movement through sandstones within the Colorado Plateau*. Jour. of Sed. Petr., 60, 884-896.
- Canals, A. ve Cardellach, E., 1993. *Strontrium and sulphur isotope geochemistry of low-temperature barite-fluorite veins of the Catalonian Coastal Ranges (NE Spain): a fluid mixing model and age constraints*. Chem. Geol. (Isotope Geoscience Sect.), 104, 269-280.
- Dean, V. T. ve Monod, O., 1970. *The Lower Paleozoic Stratigraphy faunas of the Taurus Mountains near Beyşehir, Turkey; I., Stratigraphy*, Bull. of British Museum and Natural Hist., Geology, 19, 411-426.
- Dejonghe, L., 1990. *The sedimentary structures of barite: examples from the Chaudfontaine ore deposit, Belgium*. Sedimentology, 37, 303-323.
- Dia, A. N., Aquilina, L., Boulegue, J., Bourgois, J., Suess, E. ve Torres, M., 1993. *Origin of fluids and related barite deposits at vent sites along the Peru convergent margin*. Geology, 21, 1099-1102.
- Frimmel, H. E., 1991. *Isotopic constraints on fluid/rock ratios in carbonate rocks: Barite-sulfide mineralization in the Schwaz Dolomite, Tyrol (Eastern Alps, Austria)*. Chem. Geol., 90, 195-209.
- Graber, K. K. ve Chafetz, H. S., 1990. *Petrography and origin of bedded barite and phosphate in the Devonian Slaven Chert of Central Nevada*. Jour. of Sed. Petr., 60, 897-911.
- Kesler, S. E., Jones, L. M. ve Rutz, J., 1988. *Strontium and sulfur isotope geochemistry of the Galeana barite district, Nuevo Leon, Mexico*. Econ. Geol., 83, 1907-1917.
- Kumarapeli, P. S., Kheang, L., Hoy, L. ve Pintson, H., 1990. *Chalcopyrite-bornite and chalcopyrite-bornite-barite in the Acton Vale Limestone, southeastern Quebec: mineralized shelf-margin slivers in a Taconian nappe*. Can. Jour. of Earth Sci., 27, 27-39.

- Moore, W. S. ve Stakes, D., 1990. Ages of barite-sulfide chimneys from the Mariana Trough. *Eurth and Planet. Sci. Lett.*, 100, 265-274.
- Ravenhurst, C. E., Reynolds, P. H., Zentilli, M., Krueger, H. W. ve Blenkinsop, J., 1989. Formation of Carboniferous Pb-Zn and barite mineralization from basin derived fluids, Nova Scotia, Canada. *Econ. Geol.*, 84, 1471-1487.
- Şen, O., 1989. Beyşehir (Konya) güneybatısının jeolojisi. Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), Selçuk Univ. Fen Bilm. Ens., 78 s.
- Urabe, T. ve Kusakabe, M., 1990. Barite silica chimneys from the Sumisu Rift, Izu-Bonin Arc: possible analog to hematitic chert associated with Kuroko deposits. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 100, 283-290.
- Zedef, V., 1994. Origin of magnesite in Turkey, a stable isotope study. PhD Thesis (Unpublished), Glasgow University (Scotland), 159 p.

LİNYİT KÖMÜRÜ ARTIKLARININ FLOKÜLASYONUNDA BAZI İŞLETME PARAMETRELERİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Yakup CEBECİ

C.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas / Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, linyit kömür artıklarını floküle etmede değişik işletme parametrelerinin (pH , karıştırma hızı, flokülant derişimi, karıştırma süresi, flokülant besleme miktarı) etkisi incelenmiştir. Elde edilen bulgular, katyonik flokülantların pH değişiminden en az, anyonik ve non-iyonik flokülantların en fazla etkilendiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, diğer parametrelerin çok iyi kontrol edilmesi durumunda çökelme hızında önemli artmalar olacağı tespit edilmiştir.

INVESTIGATION OF OPERATING PARAMETERS' EFFECT ON FLOCCULATION OF LIGNITE COAL WASTES

ABSTRACT: In this study, the effect of various operating parameters (pH , stirring rate, flocculant concentration, stirring time, flocculant feeding rate) on flocculation of lignite coal wastes has been investigated. Experimental data have indicated that the cationic flocculants were affected least from pH changes while and anionic flocculants were affected most. Furthermore it has been determined that there will be considerable increases in settling velocity if the other parameters are controlled well.

1. GİRİŞ

Cevher zenginleştirme işlemlerinde, ince taneler hem zenginleştirme hem de temiz sivi eldesinde büyük teknik ve ekonomik problemlere neden olurlar.

Özellikle kömür endüstrisinde, kömür tabakasındaki yapısal bozukluklar ve kazıda mekanizasyona bağlı olarak meydana gelen ince tanelerin miktarı sürekli olarak artmaktadır (Kim, 1991). Tesis sularındaki çok ince partiküllerin miktarı kontrol edilmedikçe, devreden sularda askıdaki katı madde miktarında artmalar meydana gelecek ve bu durum yoğunluk farkına göre zenginleştirme yapan cihazlarda ayırma yoğunluğunu değiştirmeye, flotasyon ve benzeri ünitelerde ise pülpün kompozisyonunu bozma, aşırı reaktif sarfiyat gibi problemlere sebep olacaktır. Bu nedenle, çok ince partiküllerin ($-100 \mu\text{m}$) zenginleştirilmesine bakılmaksızın sürekli olarak tesis sularından uzaklaştırılması gerekmektedir. Değişik kömür hazırlama tesis sularıyla yapılan çalışmalar, bu sulardaki toplam katının ağırlıkça %20-80' lik kısmının kömürden oluştuğunu ortaya koymuştur (Hogg, 1980). Çok ince boyutlarda serbestleşmenin artması ve buna bağlı olarak çok düşük kül içerikli temiz kömür üretilmesine imkan sağlama yanında çevreye olan etkilerinin azaltılması tesis sularının değerlendirilmesinin önemini artırmaktadır. Tesis sularındaki katı partiküllerin kazanılması için yaygın olarak kullanılan yüksek molekül ağırlıklı flokülantlar, genel olarak partiküller arasında köprü oluşturmak suretiyle salkımlaştırma yaparak çökelme hızını artırırlar (Somasundaran, 1980).

Bir flokülantın seçimi, onun istenilen katıları floküle etme özelliği, ucuzluğu, pülpün özelliklerindeki çok küçük değişimlere uyum sağlama, çözünürlük ve kullanım kolaylığına bağlıdır. Ayrıca flokülantlarla yapılan çalışmalarda flokülant miktarının esas tesis değişkeni olduğu fikrinin yetersiz olduğu, sistemin performansı üzerinde karıştırma ve nakliyatla ilgili faktörlerin büyük bir etkisi olduğu gösterilmiştir (Hogg, 1993).

Bu çalışmada, yukarıdaki bilgiler ışığında önemli işletme parametrelerinin (pH , karıştırma hızı, karıştırma süresi, flokülant derişimi ve flokülant besleme hızı) flokların oluşumuna etkisi anyonik, katyonik ve non-iyonik flokülantlarla incelenmiştir.

2.1. MATERİYAL VE METOT

2.1. Örneğin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan örnek, Yozgat Ayrıdam Kömür İşletmesinden alınmış ve yüzdürme-batırma testleri yapılarak değişik kül oranlarında ürünler üretilmiştir. Bu ürünlerin değişik oranlardaki karışımından %55 kül oranında yeni bir karışım hazırlanmış ve tamamı $-100 \mu\text{m}$ ' ye öğütülmüştür. Deneylerde kullanılan örneğin boyut dağılımı aşağıdaki gibidir.

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan örneğin boyut dağılımı

Tane boyutu, μm	Ağırlık, %	KEA,*%
100-63	12.07	100.00
63-45	16.04	87.93
45-38	17.85	71.89
38-20	28.93	54.04
-20	25.61	25.61

*Kümülatif Elek Altı

2.2. Örneğin Mineralojik ve Kimyasal Analizi

Örneklerin XRD sonuçlarına göre, başlıca gang minerallerinin kaolinit, pirit, kalsit ve kuvars olduğu tesbit edilmiştir. Deneylerde kullanılan örnek kuru kömür bazında %55.00 kül ve %1.19 S içermektedir.

2.3. Kullanılan Flokülantlar ve Özellikleri

Deneylerde, Cyanamid firmasınca üretilen süperfloc türü flokülantlar kullanılmıştır. Flokülantlar %0.01'lik çözelti halinde hazırlanmıştır. Flokülantların özellikleri Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. Deneylerde kullanılan flokülantların özellikleri

Flokülant	Bulunuş şekli	Tipi	Molekül ağırlığı ($\times 10^6$)
N-100	Toz	Non-iyonik	5-15
A-150	Toz	Anyonik	5-15
C-521	Emülsiyon	Katyonik	2-6

2.4. Flokülasyon Deneylerinin Yapılışı

Deneyler 400 cc' lik bir beherde (350 cc' lik kısmı kullanılmıştır) hızı ayarlanabilir bir manyetik karıştırıcı vasıtıyla, saf su kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde arayüzey yüksekliğinin zamana bağlı olarak değişimi kaydedilmiştir. Deneylerde, sabit ve değişken tutulan parametreler aşağıdaki gibidir:

- pH : 2-10
- Karıştırma hızı : 500-1500 d/d.
- Karıştırma süresi : 15-120 s.
- Besleme hızı : 0.5-6 mg/350 cc/dk (1.43-17.14 mg/l/dk)
- Flokülant konsantrasyonu : 0.12-5 mg/350 cc (0.34-14.29 mg/l)
- Katı oranı : % 2.5

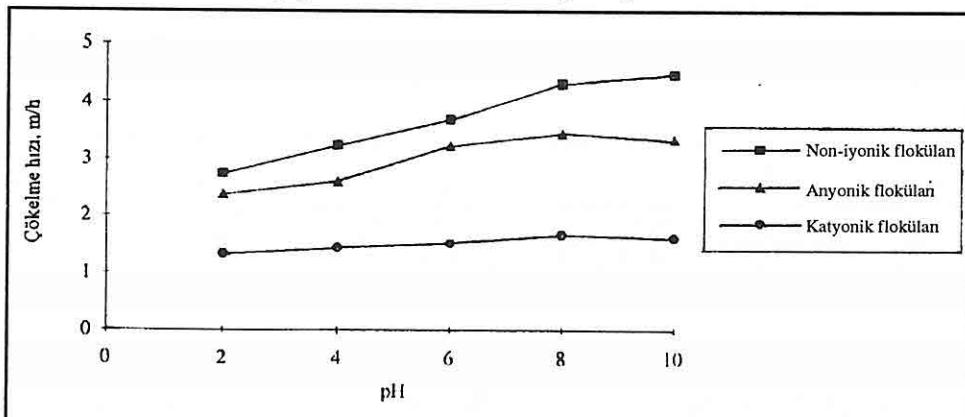
3. DENEY BULGULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Deney bulgularının değerlendirilmesinde, çalışılan parametrelerin çökelme hızına olan etkisi incelenmiştir. Çökelme hızı ise literatürde belirtilen şekilde arayüzey yüksekliğinin zamana bağlı olarak değişimini gösteren doğrunun eğiminden bulunmuştur (Wills, 1988).

3.1. pH' in Flokülasyona Etkisi

Bilindiği gibi, süspansiyonlardaki partiküllerin stabiliteleri büyük ölçüde pH' a bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca flokülantların iyonlaşması, hidrolizi ve pülteki bulunmuş düzeni pH ile yakından ilgilidir. pH' in etkisinin incelendiği deneylerden elde edilen veriler şekil 1' de gösterilmiştir. Şeklin incelenmesinden her üç flokülantın floküle etme eğiliminin pH 6'dan sonra arttuğu, bu artışın anyonik ve non-iyonik flokülantlarda daha belirgin olduğu gözükmemektedir.

Ayrıca, flokülantların çok düşük ve çok yüksek pH değerlerinde floküle etme özelliklerini büyük ölçüde kaybetmedikleri belirlenmiştir. Bu yüzden, her üç flokülant için uygun çalışma aralığı pH' in 6-9 arasında olduğu değerlerdir.



Şekil 1. pH' a bağlı olarak çökelme hızının değişimi

Düşük pH değerlerinde ($\text{pH} < 6$) katyonik flokülantlarla çökelme hızının yüksek pH'lara göre biraz daha az olmasının nedeni, genellikle bu pH değerlerinde (+) yüzey

yüküne sahip katı parçacıklarıyla, aynı yüklü katyonik flokülantların birbirini itmesi ve bu nedenle partikül yüzeyindeki (-) yüklü alanlarla etkileşmesinin uzun süre almasına ve daha az miktarlarda parçacık üzerine adsorbe olmasına dayanırlabilir. Ayrıca, bulanıklık değerlerinin yüksek olması (yaklaşık 150 NTU) bu flokülantın asidik ortamlarda floküle etme gücünün düşük olduğunu göstermektedir. Yüksek pH değerlerinde ise, partikül yüzeyindeki (-) yüklü kısımlarla, flokülantın (+) yüklü uçları arasındaki etkileşimin artarak, nispeten büyük flokların meydana gelmesi sonucu floküle olan kısmın miktarı ve flokülasyon hızı artmıştır. Ayrıca, kullanılan flokülantın molekül ağırlığının düşük olması nedeniyle diğer flokülantlara göre daha küçük boyutlu floklar elde edilmiştir. Doğal olarak bu durum da düşük çökelme hızına sebep olmuştur. Yukardaki açıklamalar literatürde (Hogg, 1980) belirtilen "charge-patch" etkileşiminin mekanizmasıyla uyumludur.

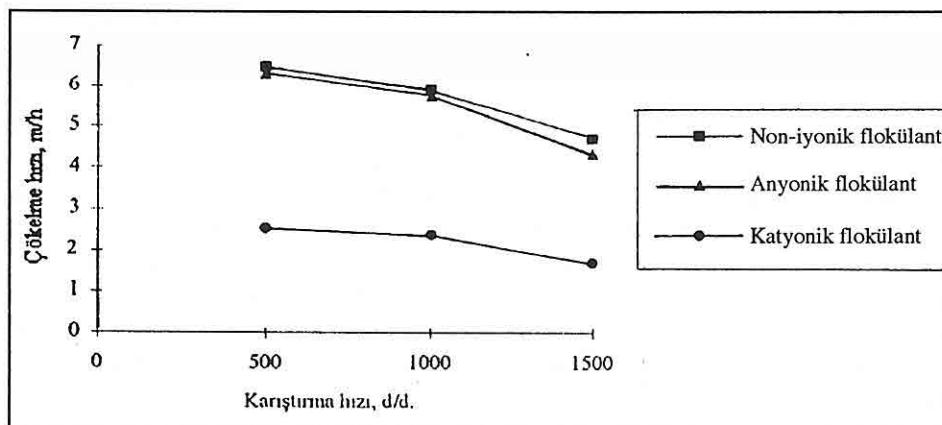
Anyonik ve non-iyonik flokülantlarla yapılan deneylerden elde edilen bulgular çökelme hızlarının benzer eğilim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Katyonik flokülantlarla yapılan deneylerde olduğu gibi asidik ortamda düşük çökelme hızlarının varlığı, bu flokülantların partiküllerle etkileşiminin elektrostatik çekim kuvvetleri dışındaki kuvvetlerin daha etkili olduğunu göstermektedir. Bu durumda H⁺ bağıının etkili olduğu belirlenebilir.

Ayrıca, düşük pH değerlerinde flokülantların iyonizasyondaki azalma ve bunun sonucu halkalı yapı oluşturarak uzunluğunun kısalması nedeniyle daha az miktarda partikül üzerine adsorplanarak, daha az partiküller arası köprü meydana gelmesi ve bu durumda oluşan küçük floklar sebebiyle terminal çökelme hızının azalması da etkili olmuştur. Yüksek pH değerlerinde ise çökelme hızındaki artış H⁺ bağına ilave olarak ortamda bulunan minerallerin çözünmesinden (örneğin; kalsit) oluşan değişik katyonlar veya bunların kompleksleriyle flokülantların negatif yüklü grupları arasındaki elektrostatik çekim kuvvetlerinin etkinliğine dayanırlabilir.

3.2. Karıştırma Hızının Etkisi

Bir sıvı içindeki partiküllerin flokülasyonu ve oluşan flokların büyümesi partiküllerin ve/veya flokların birbirleriyle çarpışmasına bağlıdır. Ayrıca, iyi bir flokülasyon, pülp içinde mümkün olduğunda homojen bir flokülant dağılımı, düzeni ve partiküllerle uygun bir biçimde temasına da bağlıdır. Yukarıda belirtilen durumlar pülpün karıştırılma derecesine bağlı olarak değişmektedir. Literatürlerde şiddetli karıştırmanın yüksek çarpışma frekansına yol açtığı ve bunun sonucu olarak çok hızlı bir biçimde flok büyümesine sebep olduğu belirtilmektedir (Hogg, 1993).

Ancak bilindiği gibi çok hızlı karıştırma, kesme gerilmelerinin etkisiyle flokların (özellikle büyük boyutlu flokların) kırılmasına yol açmaktadır. Bu nedenle flok boyutunun maksimuma ulaştığı karıştırma hızının iyi tesbit edilmesi gerekmektedir. Şekil 2' de karıştırma hızının, çökelme hızına bağlı olarak değişimi görülmektedir. Deneylerde pH 8, flokülant konsantrasyonu 1.43 mg/l ve kondisyon süresi 1 dakika olarak sabit tutulmuştur.

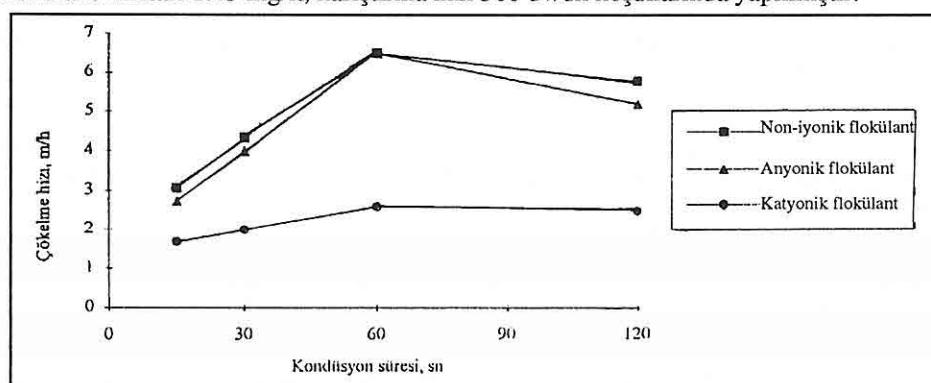


Şekil 2. Karıştırma hızına bağlı olarak çökelme hızının değişimi

Şekilden görüleceği gibi üç flokülant için yüksek çökelme hızları 500 dv/dk değerinde elde edilmiştir. Yüksek karıştırma hızlarında flokların parçalanması sonucu ise çökelme hızlarında azalma olmuştur. İyi bir karıştırma sağlanamadığından daha düşük karıştırma hızları denenmemiştir.

3.3. Kondüsyon Süresinin Etkisi

Yüksek çökelme hızı büyük flok boyutlarıyla elde edilmektedir. Büyük flok boyutlarına ulaşılabilmesi için ise ortamda bireysel partiküllerin büyük veya küçük floklarla birleşmesi, küçük flokların ise birbirile birleşmesi veya daha büyük boyutlu floklara katılması gerekmektedir. Bütün bunlar büyük ölçüde pülp içinde flokülantların yeterince homojen bir dağılım göstermesiyle ilişkilidir. Bu nedenle iyi bir flokülant dağılımı ve partikül-flok, flok-flok çarpışması için yeterli sürenin verilmesi gerekmektedir. Kondüsyon süresinin etkisi Şekil 3' te gösterilmiştir. Deneyler pH 8, flokülant miktarı 1.43 mg/lit, karıştırma hızı 500 dv/dk koşullarında yapılmıştır.



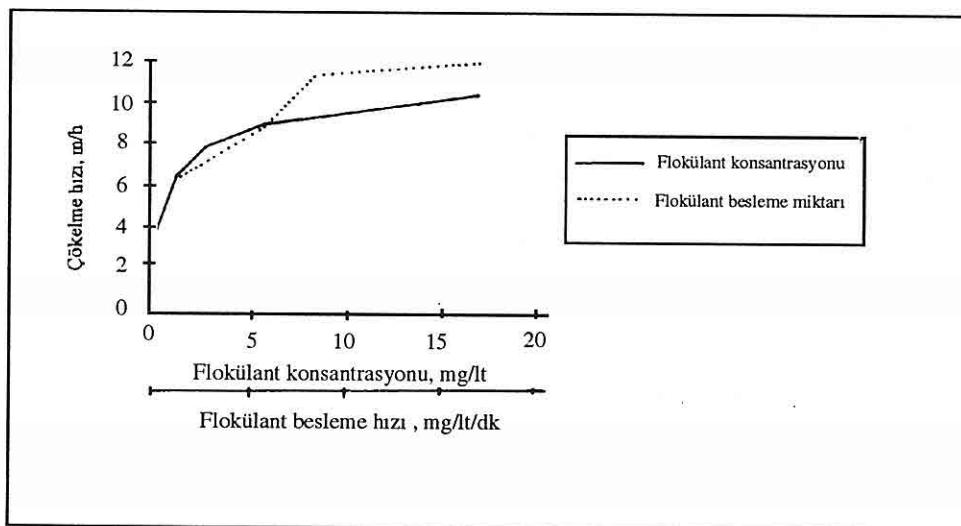
Şekil 3. Kondüsyon süresine bağlı olarak çökelme hızının değişimi

Düşük kondüsyon sürelerinde yukarıda belirtilen etkileşimlerin yetersiz olmasından dolayı çökelme hızı düşük olurken, yüksek karıştırma sürelerindeyse flokların kısmen parçalanması sonucu çökelme hızında azalmalar meydana gelmektedir. Bu nedenle her üç flokülant için 60 sn' lik kondüsyonlama süresinin yeterli olduğu görülmektedir.

3.4. Flokülant Konsantrasyonunun Etkisi

Uygulamada yaygın olarak kullanılmalarından dolayı flokülant konsantrasyonu ve flokülant besleme hızının belirlenmesine yönelik çalışmalar anyonik flokülantlarla yapılmıştır. Konsantrasyonun etkisinin belirlenmesi önceki deneylerden elde edilen optimum koşullarda ve $1.25 \text{ mg}/350\text{cc}/\text{dk}$ ($3.57 \text{ mg}/\text{lt}/\text{dk}$) flokülant besleme hızında yapılmıştır. Şekil 4'te 1 numaralı eğrinin incelenmesinden görüleceği gibi düşük konsantrasyonlarda çökelme hızı düşük ve konsantrasyon arttıkça hız parabolik olarak artmakta, daha yüksek konsantrasyonlarda hızdaki artış azalmaktadır. Özellikle $5.71 \text{ mg}/\text{lt}/\text{dk}$ flokülant konsantrasyonundan sonra bu durum belirginleşmektedir. Çok düşük konsantrasyonlarda yeterince flokülant köprüsü oluşmaması sonucu küçük boyutlu salkımlar oluşmaktadır, yüksek konsantrasyonlarda ise flokülantın daha fazla partikül üzerine adsorpsiyonu sonucu, daha büyük boyutlu floklar meydana gelmektedir. Konsantrasyon arttıkça çökelme hızında değişme meydana gelmemesi, ilave edilen fazla flokülantın oluşan floklara adsorbe olmasına dayandırılabilir.

Ayrıca miktar arttıkça, çökelme hızının değişmemesi bu flokülantın partiküllerini dağıtmaya eğiliminin düşük olduğunu göstermektedir. Kuşkusuz çok yüksek konsantrasyonlarda flokülantların yeterince dağılmaması ve pülp içindeki düzenin değişmesi çökelme hızını azaltacaktır.



Şekil 4. Flokülant konsantrasyonu ve besleme hızının çökelme hızı üzerindeki etkisi

3.5. Flokülatant Besleme Miktarının Etkisi

Bu grup deneyler önceki deneylerden elde edilen optimum koşullarda yapılmıştır. Şekil 4'te 2 numaralı eğrinin incelenmesinden görüleceği gibi flokülatant besleme hızı arttıkça çökelme hızı artmaktadır. Düşük besleme hızlarında (aynı toplam flokülatant miktarını daha uzun sürelerde ilave etme) çökelme hızındaki azalma, toplam karıştırma süresinin artması nedeniyle flokların kırılarak dağılmasının sonucudur. Fakat, belirlenen bu hızlar çok düşük dozajarda bile yüksektir. Ayrıca, hızlarda meydana gelen azalmada uzun sürelerde parçalanın floklara ilave edilen flokülatantın adsorpsiyonu nedeniyle kararlılığının artmasına etkili olmuştur.

Yüksek besleme hızlarında çökelme hızındaki artış, toplam karıştırma süresinin azlığından ve birim hacimdeki flokülatant miktarının artması nedeniyle çok daha fazla partikül üzerine adsorpsiyon sonucu daha büyük boyutlu flokların oluşmasından kaynaklanmaktadır. Kuşkusuz besleme hızı belli bir değerin üzerine çıktığında ortamdaki flokülatant konsantrasyonunun artması sonucu çökelme hızında önemli bir değişme meydana gelmeyecektir. Bu durumda, ilave edilen flokülatantın oluşan flokların üzerine adsorbe olduğu sonucu çıkarılabilir. Deneyler sonucunda optimum flokülatant besleme miktarı 8 mg/l/dk bulunmuştur. Ancak, bilindiği gibi ortamdaki partikül konsantrasyonu, flokülatant konsantrasyonu ve besleme hızını büyük ölçüde etkileyecektir.

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

-Artık sularındaki ince partiküllerin kazanılması optimum pH değeri 8 olarak bulunmuş olup, genel olarak bazik ortamda elde edilen çökelme hızları asidik ortamlardakinden daha yüksektir.

-Optimum karıştırma hızı 500 dv/dk, karıştırma süresi 1 dk bulunmuştur, daha yüksek karıştırma hızı ve süresi flokların parçalanmasına yol açtığı için çökelme hızında azalmalar olmaktadır.

-Flokülatant konsantrasyonu ve besleme hızı arttıkça çökelme hızı artmaktadır. Ancak, belli bir konsantrasyondan sonra çökelme hızında artış olmadığı tespit edilmiştir. Kuşkusuz belirlenen bu optimum değerler büyük ölçüde pülp teki katı konsantrasyonuna bağlı olarak değişecektir.

Ayrıca diğer işletme parametrelerinin de (katı oranı, flokülatant besleme yeri, flokülatant çözeltisi derişimi vs.) optimize edilerek tesis artık sularındaki ince partiküllerin kazanılmasına yönelik çalışmaların günümüzde tüm kömür hazırlama tesislerinde yapılması gerekmektedir. Bu durum hem işletme ekonomisi bakımından hem de daha temiz çevre yönünden artık bir zorunluluktur.

5. KAYNAKLAR

- Ateşok, G., 1987, *The Properties of Using Polymers in the Mineral Processing, Bulletin of Chamber of Mining Engineers of Turkey, Volume XXVI, No 3.*
- Attia, Y.A., Driscoll, K., 1988, *Effects of Process Parameters on the Selective Flocculation Cleaning of Upper Freeport Coal, Interfacial Phenomena in Biotechnology and Materials Processing, 317-332, Amsterdam.*
- Hamza, H.A., Mo, A.W., Frenette, R., 1988, *Chemical Reagents for Mechanical Dewatering, Industrial Practice of Fine Coal Processing, Canada.*
- Hogg, R., 1993, *Process Desing for Flocculation, Clarification and Thickening of Fine-Particle Suspensions, XVIII. International Mineral Processing Congress, Sydney.*
- Hogg, R., 1980, *Flocculation Problems in The Coal Industry, Fine Particle Processing, AIEM.*
- Kelly, E.G., Spottiswood, D.J., 1982, *Introduction to Mineral Processing, USA.*
- Kim, S., Morsi, G. and at. al., 1991, *Effect of Grinding Conditions on the Performance of a Selective Agglomeration Process for Physical Coal Cleaning, Coal Preparation.*
- Mining Chemicals Handbook, 1986, American Cyanamid Company, USA.*
- Somasundaran, P., 1980, *Principles of Flocculation, Dispersion, and Selective Flocculation, Fine Particles Processing, AIME.*
- Yarar, B., Kitchener, J.A., 1970, *Selective Flocculation of Minerals, Basic Principles Trans. Inst. Min. Metall.*
- Wills, B.A., 1981, *Mineral Processing Technology, 2nd ed. Pergamon Press, New York.*

ZONGULDAK LA VVAR ŞLAMININ SALLANTILI MASA İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Yaşar ÇİLİNGİR, İlknur CÖCEN, Ufuk MALAYOĞLU

D.E.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada, yüksek külli kömürün değerlendirilmesinde sallantılı masa metodu araştırılmıştır. 2 mm den küçük fraksiyondaki tanelerin ağır ortam siklonu, jig, gibi yöntemler kullanılarak zenginleştirilmesi zordur. Bununla birlikte sallantılı masaların kullanımı cevher zenginleştirmede özellikle de kömürde tercih edilen alternatiflerdir.

% 57,89 külli ve 2890 Kcal/kg kalorifik değere sahip Zonguldak Lavvar Slami (%80' i -1 mm) verimli olarak değerlendirilememektedir. Düşük külli temiz kömür eldesinde sallantılı masa uygulamasının yararlı olacağı düşünülmüştür. Yapılan çalışmada araştırma konusu Slamin + 0,100 mm tane suni sallantılı masada zenginleştirilerek % 22,59, %27,29, %38,97 ve %53,17 külli konsantreler üretilmiştir. Konsantrelerin birleştirilmiş kül tenörü ise % 40,75 tir.

THE BENEFICIATION OF ZONGULDAK WASHING PLANT'S SLIME BY CONCENTRATING TABLE

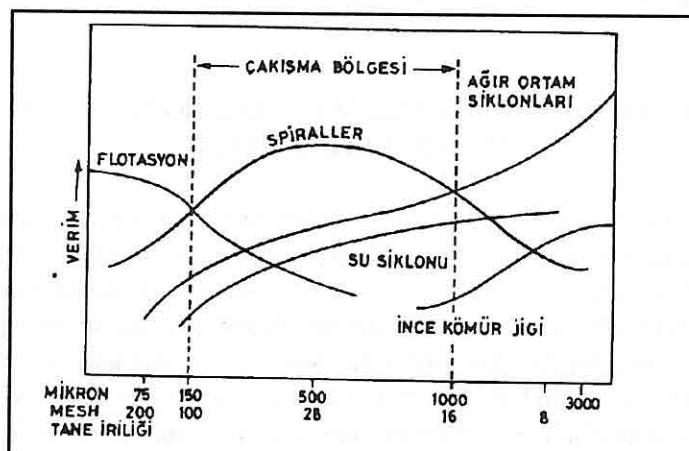
ABSTRACT: In this study, the evaluation of high ashed coal has been investigated by using wet concentrating table method. Minus 2 mm fraction is difficult to beneficiate with standard techniques such as dense media cyclones and jigs. A rather alternative is the use of shaking tables in various ways like specifically designed for coal treatment. Zonguldak washing plant's slime which contains 57.83 % ash with a gross calorific value of 2890 Kcal/kg and a particle size of minus 1mm (80 %) is not efficiently evaluated. The application of wet concentrating tables is believed to be beneficial to obtain low ashed clean coal.. In this study particle size of + 0.100 mm slime was recovered by concentrating tables and ash content % 22,59, %27,29, %38,97 and %53,17 concentrates achieved respectively. The ash content of combined concentrate was % 40.75.

1.GİRİŞ

Konvansiyonel taş kömürü zenginleştirme yöntemleri (jig, ağır ortam) ile başarılı Şekilde zenginleştirilemeyen -2 mm tane sınıfı içindeki yanabilir ürünü daha ekonomik olarak değerlendirmek ve çevre kirliliği açısından etkisini azaltmak için bu tane sınıfına bir zenginleştirme yöntemi uygulamak zorunludur. Bu ince taneli kısmın zenginleştirilmesinde uygulanacak yöntemlerin seçiminde tane iriliği etkilidir. Genelde söz konusu ince kısım dar tane sınıfında sınıflandırılmış, optimal sonuçlar veren farklı zenginleştirme uygulamalarıyla değerlendirilmektedir. Uygulanan zenginleştirme yöntemleri iriden inceye doğru;

- İnce kömür jig'i
- Ağır ortam siklonu
- Su siklonu
- Spiral ve sallantılı masalar
- Flotasyon olarak sıralanmaktadır (Palowitch, 1991, Walker, 1988)

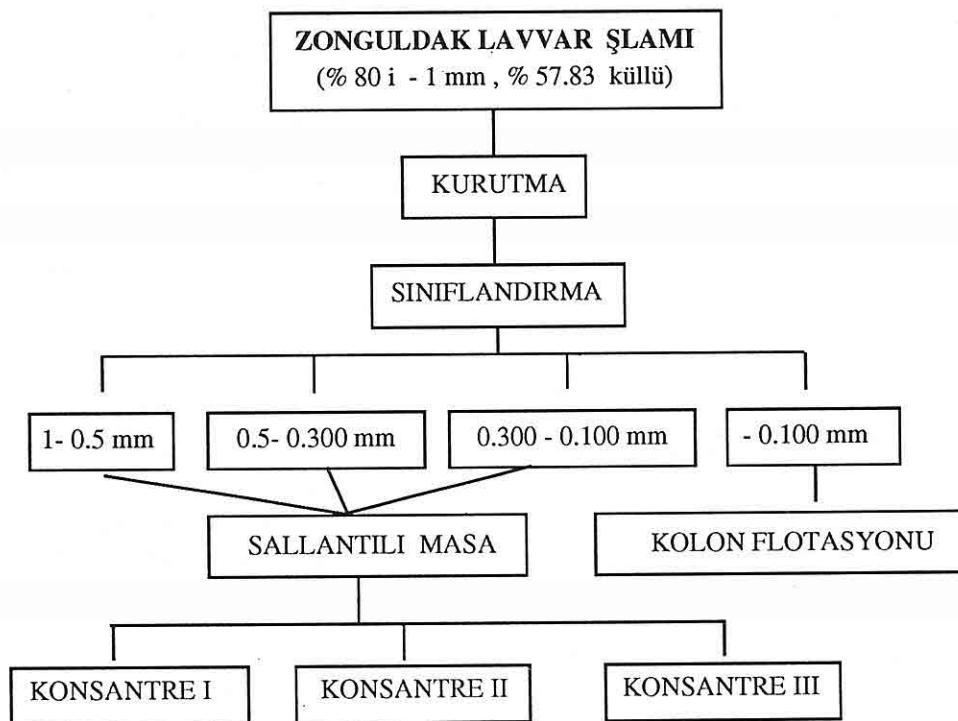
-2 mm lik kısmın gravite zenginleştirilmesine verilmesi halinde ince boyutlu gang mineralleri, hafif ürün (kömür konsantresi) içine kaçmaktadır. Bu nedenle, dar tane sınıfında sınıflandırılan -2mm tuvenan ürünün çok ince boyutlu oları flotasyonla, iri boyutdaki kısmını ise sallantılı masa veya spiralle zenginleştirilir (Şekil 1). Bu tarz bir zenginleştirme ile yüksek ağırlık verimiyle kömür konsantresi elde edilebilmektedir. Bu çalışmada da -1mm iriliğinde yüksek külli Zonguldak Lavvar İslamının (% 57.83 külli) sallantılı masa ile zenginleştirilebilmesi yukarıda bahsedilen bilgilerin ışığı altında araştırılmıştır.



Şekil 1 . İnce Kömür Zenginleştirmesinde Yöntem-Tane İriği-Verim İlişkisi
(Walker, 1988)

2. MATERYAL VE METHOD

Zonguldak yıkama tesisinden getirilen %57.83 küllü, 2890 kcal/kg üst ısı değerli örnek numunenin elek analizi yapılarak tane boyutuna bağlı kül ve yanabilir içerik dağılımı tesbit edilmiştir (Tablo 1). Tablodan görüleceği üzere + 1.00 mm tane sınıfı % 23.36 küllü olmasına rağmen, % 0.95 gibi çok az ağırlık oranında olduğundan değerlendirmeye alınmamıştır. (1 - 0.500); (0.500 - 0.300); (0.300 - 0.100) mm lik tane sınıflarının sallantılı masada zenginleştirilebilirliği araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar aşağıda gösterilen akım şemasına göre gerçekleşmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Zonguldak Lavvar Slami Deneysel Çalışmaları Akım Şeması

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Kuru bazda % 57.83 küllü, 2890 kcal /kg üst ısı değerli Zonguldak lavvar Slam numunesi (+ 0.500), (0.500-0.300), (0.300-0.100) mm tane sınıflarında sınıflandırılarak sallantılı masa deneyleri için hazırlanmıştır.

Deneyleerde Denver 13A model Wilfley laboratuvar tipi sallantılı masa kullanılmıştır. Sallantılı masa deneylerinde hafif üründen, ağır ürüne doğru 5 ürün elde edilmiştir.

Tablo1. Zonguldak Lavvar Şlamının Tane Boyutuna Bağlı Olarak Kül Dağılımı Sonuçları

d(mm)	Ağ %	EÜ %	Kül %	Yanabilir %	Kül Dağılım	Yanabilir Dağılım	Σ Kül %	Σ % Yanabilir	Σ Kül Dağılım	Σ Yanabilir Dağılım
2 - 1	0.95	0.95	23.36	76.64	0.38	1.73	23.36	76.64	0.38	1.73
1 - 0.5	19.08	20.03	51.30	48.70	16.92	22.04	48.98	50.03	17.3	23.77
0.5-0.3	32.44	52.47	58.16	41.84	32.62	32.19	54.65	44.96	49.92	55.96
0.3-0.2	17.44	69.91	59.08	40.92	17.81	16.92	55.76	43.96	67.74	72.88
0.2-0.1	18.56	88.27	58.46	41.54	18.76	18.28	56.68	43.55	86.50	91.16
0.1-0.063	0.48	88.95	58.99	41.01	0.49	0.47	56.56	43.44	86.99	91.63
- 0.063	11.05	100.0	68.05	31.95	13.01	8.37	57.83	42.16	100.0	100.0
B. M.	100.0	-	57.83	42.16	-	-	-	-	-	-

Her tane sınıfının sallantılı masa test sonuçları tablo (2-4) de verilmektedir. Bütün tane sınıflarındaki en ağır iki ürün (Ürün 4-5) artık olarak atıldığından, konsantreden yanabilen kazanma veriminin % 96.34 - % 98.23 arasında olmasına rağmen besleme malının kül içeriğinin % 9.90 - % 20.28 i artıktır atılabilmekte ve ayrıca birleştirilmiş konsantrelerin ortalama küllerinin % 47.78-% 56,65 arasında değiştiği görülmektedir. Aynı zamanda tane sınıflarına göre birleştirilmiş konsantrelerin kümülatif külü ise % 50 -56 dır. Birleştirilmiş ürün olarak (III,IV,V) in artık şeklinde atılması halinde besleme malının kül içeriğinin % 79 -50 si artıklarla atılırken, konsantre külleri de % 34-46 arasında değişecektir. Bu nedenle ağır ürünlerin (III,IV,V) artık olarak atılması, hafif ürünlerin (I,II) ise konsantre olarak değerlendirilmesi daha uygun olacaktır. Yapılan değerlendirmeye göre hesaplanmış sonuçlar tablo5 de verilmiştir.

Tablo 2. + 0.500 mm Tane Sınıfının Sallantılı Masa Deney Sonuçları

Ürünler	Ağ %	Â Ağ %	KÜL %	C %	Kül Verim %	Yanabilir Verim	Σ Kül %	Σ C %	Σ Kül Verimi	Σ Yan.bilir Verim %
Ürün I	42.65	42.65	22.59	77.41	18.86	67.49	22.59	77.41	100.0	67.49
Ürün II	26.33	68.98	59.55	40.45	30.70	21.77	36.70	63.30	81.14	89.26
Ürün III	22.79	91.77	81.33	18.67	36.29	8.70	47.78	52.21	50.44	97.96
Ürün IV	0.62	92.39	88.27	11.73	1.07	0.14	48.05	51.95	14.15	98.10
Ürün V	7.61	100	87.83	12.17	13.08	1.90	51.08	48.92	13.08	100.0
B. M.	100.0	-	51.08	48.92	100.0	100.0	51.08	-	-	-

Tablo 3. 0.500 - 0.300 mm Tane Sınıfının Sallantılı Masa Deney Sonuçları

Ürünler	Ağ (%)	Σ Ağ%	Kül (%)	C (%)	Kül Verimi	Yanabilir Verim	Σ Kül (%)	Σ C (%)	Σ Kül Verimi	Σ Yanabilir Verim%
Ürün I	18.45	18.45	29.29	70.71	9.06	32.31	29.29	70.71	100.0	32.31
Ürün II	18.82	37.27	38.97	61.03	12.29	28.45	34.17	65.82	90.94	60.76
Ürün III	49.17	86.44	70.79	29.21	58.37	35.58	55.00	45.00	78.65	96.34
Ürün IV	0.09	86.53	84.04	15.96	0.13	0.04	55.03	44.96	20.28	96.38
Ürün V	13.47	100.0	89.16	10.84	20.15	3.62	59.63	40.36	20.15	100.0
B.M.	100.0	-	59.63	40.36	100.0	100.0	59.63	40.36	-	-

Tablo 4. 0.300 - 0.1 mm Tane Sınıfının Sallantılı Masa Deney Sonuçları

Ürünler	Ağ %	Σ Ağ%	Kül %	C %	Kül Verim	Yanabilir Verim	Σ Kül %	Σ C %	% Kül Verim	Σ Yanabilir Verim%
Ürün I	25.05	25.05	35.89	64.11	15.29	38.95	35.89	64.11	100.0	38.95
Ürün II	39.48	64.53	53.17	46.83	35.71	44.85	46.46	53.54	84.71	83.80
Ürün III	28.93	93.46	79.43	20.57	39.09	14.43	56.66	43.34	49.00	98.23
Ürün IV	0.07	93.53	90.43	9.57	0.12	0.02	56.69	43.31	9.91	98.25
Ürün V	6.47	100.0	88.90	11.10	9.79	1.75	58.77	41.23	9.79	100.0
B.M.	100	-	58.77-	-	-	100.0	-	-	-	-

4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

% 80 'i -0.500 mm nin altında olan Zonguldak lavvar şlam numunesinin yanabilir içeriğinin % 91.16 sı, kül içeriğinin ise % 86.5 i + 0.100 mm tane sınıfındadır (Tablo 1). Söz konusu kömürden hiç öğütmeden düşük küllü konsantre üretmek için; iri kısım sallantılı masa veya Humprey spirali ile ince tane boyutundaki kısım (-0.100mm) ise flotasyon yöntemi ile zenginleştirilebilir. Böylece lavvar şlamının % 85'i sallantılı masa, % 15 'i flotasyon yöntemiyle değerlendirilecek ve iri kısım öğütülmesi için gerekli yatırıım ve işletme masraflarından tasarruf sağlanacaktır. Bu amaçla yapılan sallantılı masanın tane sınıfına göre test sonuçları tablo (2 - 4) de verilmektedir.

Sallantılı masa ürünlerinde iri tane sınıflarının hafif ürünlerinin kül tenörleri düşük iken, ince tane sınıfının hafif ürününün kül tenörü yükselmektedir. Birleştirilmiş hafif ürünlerin (ÜrünI + ÜrünII) kül tenörleri de bu nedenle ince tanede yüksek olmaktadır (% 46.46).

Lavvar şlamının + 0.100 mm den iri kısmı sallantılı masa ile zenginleştirildiğinde, tane sınıflarına göre kül içeriğinin (% 78.65 - %49.0) lik kısımları artık olarak kullanılabilircektir (Tablo 5).

Lavvar Şlamının % 87.52 sini teşkil eden iri kısım sallantılı masa ile zenginleştirildiğinde tuvenan şlamın ağırlık olarak % 48.48 'i % 40.75 kül tenörlü konsantr olara kazanılırken, sallantılı masa da yanabilir kazanma verimi de % 66.91 olmaktadır. Sallantılı masalarda yapılan zenginleştirme işleminde 0,100 mm den iri tane sınıfındaki kömürün kül içeriğinin % 65,25 i de artıkla kullanılabilircektir.

Tablo 5. Sallantılı Masa test sonuçlarının tane sınıflarına göre değişimi

Ürünler	K O N S A N T R E				A R T I K			
	Ağ (%)	Kül (%)	Kül Verimi (%)	Yanabilir Verim (%)	Ağ (%)	Kül (%)	Kül Verim (%)	Yanabilir Verim (%)
+0.5	68.98	36.70	49.56	89.26	31.02	83.06	50.44	10.74
0.5 -0.300	37.27	34.17	21.35	60.76	62.73	74.75	78.65	37.24
0.300-0.100	64.53	46.46	51.00	83.80	35.47	81.18	49.00	16.20

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

% 48.16 küllü Zonguldak lavvar şlamı -0.100 mm altına öğütüldükten sonra yapılmış olan kolon flotasyon çalışmasında % 28 küllü konsantr % 71.5 yanabilir verimle ve % 67 kül atma başarısıyla elde edilmiştir (Cöcen, Çilingir ve Malayoğlu, 1994).

% 57.83 küllü numunenin +0.100 mm lik kısmı sallantılı masada değerlendirildiğinde de yukarıda belirtilen sonuçlara yakın değerler elde edilmiştir. Bu nedenle söz konusu lavvar Şlamının zenginleştirilerek değerlendirilmesinde; iri kısımın öğütülmeden sallantılı masalarda ve spirallerde, ince kısım ise kolon veya konvensiyonel flotasyonla zenginleştirilmesi halinde kömürdeki kül içeriğinin %65'i artıkla atılabilcek ve yanabilir içeriğinin % 67 si konsantrde kazanılabilecektir. Daha düşük küllü konsantr üretilmek istendiğinde masa konsantreleri - 0.100 mm altına öğütüllerken kolon flotasyonu ile değerlendirilirse % 25 - 28 küllü konsantreler üretilibilecektir.

6. KAYNAKLAR

Cöcen, I., Çilingir, Y., Malayoğlu, U., 1994, *The Effects of Frothers On Beneficiation of High And Low Ashed Zonguldak Coal by Column Flotation, Proceedings of 5th International Mineral Processing Symposium, Cappadocia, 1994, Turkey, pp 321 - 324.*

Palowitch, E., R., Deurbouch, W. A., Parsons, T., H., 1991, *Coal Preparation, S.M.E., Littleton Colarado, pp 414 - 450.*

Walker, L., Joseph, 1988, *Fine Coal Preparation- An Overview, Industrial Practice Of Fine Coal Processing, S.M.E., Littleton Colarado, pp 11-16.*

EFFECT OF WATER QUALITY ON COLEMANITE FLOTATION

Şafak Gökhan ÖZKAN

Boran Deriyatives Research Center of Etibank, İzmir/Türkiye

Mehmet Selami ALP

D.E.Ü., Mining Engineering Department, İzmir/Türkiye

ABSTRACT: In this study, the effect of water quality on colemanite flotation was investigated while physical parameters were taken into consideration. For this reason, two different colemanite samples designed as Espey containing 45% B_2O_3 Hisarcık II containing 42% B_2O_3 , both produced by Etibank from the Emet deposits, were used as feed at $-0.210+0.020$ mm found as optimal particle size after desliming prior to flotation in the experiments. Optimal consumption values for the reagents prepared as liquid solutions at concentrations of 5% each were determined as 2000 g/t for AP825, a sulphonate type collector tested as conventional, 1500 g/t for CA927, a sulphosuccinamate type collector tested as unconventional and 100 g/t for AF70, an alcohol type frother. In the tests, the impeller speed of the Denver type flotation machine was chosen as 1350 rpm and the samples were fed into a litre cell at 20% solid/liquid ratio and at natural pH value of the slurry at ambient temperature. The flotation results obtained from the tests with use of Birmingham tap water, distilled water and the artificial water prepared with Ca^{++} and Mg^{++} ions deliberately added into distilled water were compared to each other in optimal flotation conditions.

SU KALİTESİNİN KOLEMANİT FLOTASYONUNA ETKİSİ

ÖZET: Bu çalışmada, su kalitesinin kolemanit flotasyonu üzerindeki etkileri, fiziksel parametreler göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Bu amaçla, flotasyon deneylerinde, Etibank'a ait Emet Kolemanit işletmesinde üretilen %45 B_2O_3 içeriği Espey ve %42 B_2O_3 içeriği Hisarcık II tipi iki farklı kolemanit cevher numunesi, flotasyon öncesinde şılları atıldıktan sonra $-0.210+0.020$ mm optimal tane boyutunda besleme malı olarak kullanılmıştır. Her biri %5 çözelti konsantrasyonunda hazırlanan flotasyon reaktifleri için optimal sarfıyat değerleri, konvansiyonel bir kollektör olarak denenen sülfonyat yapısındaki Cyanamid, AP825 için 2000 g/t, yeni bir kollektör olarak denenen sülfosaksinamat yapısındaki Allied Colloids, CA927 için 1500 g/t ve alkol tipi bir köpürtücü olan Cyanamid, AF70 için 100 g/t olarak saptanmıştır. Denemelerde Denver tipi laboratuvar flotasyon makinasının karıştırıcı hızı 1350 dev/dak. olarak seçilmiş, bir litrelilik selüle %20 katı-sıvı oranında besleme yapılarak, oda sıcaklığında ve pulpün doğal pH değerinde çalışılmıştır. Deneysel çalışmalarında, optimal flotasyon koşullarında Birmingham musluk suyu, distile su ve Ca^{++} ve Mg^{++} iyonları ile safsızlaştırılmış yapay suların kullanımıyla elde edilen flotasyon sonuçları karşılaştırılmıştır.

1. INTRODUCTION

Water is not only a necessary medium for almost all mineral processing techniques, but also one of the most important components for froth flotation, therefore water quality is accepted as one of the main factors affecting flotation results. For some routine or simple flotation experiments the tap water in most areas is satisfactory, but for delicate or difficult flotation separations the composition of the water can be extremely important. Many scientists prefer to use distilled, de-ionised or de-mineralised water and then, after having established the effect of the major variables, to vary the composition of the water. In this way, it is possible to assure that a process will operate effectively over the probable range of water supply composition. Soft water is often used in flotation circuits where the collector is a soap because of the detrimental chemical reactions between soap and the calcium and magnesium ions in hard water. Water hardness results in loss of selectivity during flotation and in increased reagent consumption. Under conditions of extreme water hardness, softening of the water is usually economic. When the water is moderately hard, flotation testing will usually indicate whether the use of softened water is advisable. It is very important to conduct final testing in water from the source representative of local water to be used. Any change of water source during operations should be checked thoroughly before general use to determine its effect on selectivity and reagent consumption. There are a few examples that water quality affects recovery and grade values during the flotation process. Especially, the effects of calcium and magnesium ions on the flotation of non-sulphide minerals are profound, such as separations of quartz and fluorspar, Sutherland and Wark (1955).

Taggart (1954) stated that the water should be as pure as possible for flotation experiments. When contaminated water must be used, its composition should be maintained as uniform as possible. If reclaimed water is used, it must be watched to guard against build up of harmful constituents. These are organic colloidal matter, oil, frothing agents, heavy metal salts, alkaline earth salts, salts of the alkali metals. Water treatment may need to be practised in order to soften (remove Ca and Mg ions from) water to be used in soap flotation.

It has also been found that mill water may depress or activate the pulp constituents if over-charged with various ions. The most liable ions to build up are Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , H^+ , and Fe^{++} . When the intake of fresh water must be restricted the condition of recirculating process water must be monitored and if necessary corrected by appropriate treatment. Salts which cause water hardness are particularly liable to react with fatty acid reagents and form insoluble complexes. Flotation processes are known to be very sensitive to the presence of trace impurities as well as unavoidable ions in water such as calcium and magnesium, MacDonald et al. (1985).

Wills (1992) suggested that as water contains dissolved chemicals which may affect flotation, water from the supply which will be used commercially should be used, rather than distilled water during batch flotation tests, but de-ionised, distilled or de-mineralised water can be used for micro flotation purposes, such as zeta potential measurements, Hallimond tube tests etc.

The main purpose of this study is to examine and investigate the practical effects of water quality and to compare Birmingham tap water to distilled water in terms of the batch flotation results with previously defined optimal conditions for deslimed colemanite samples.

2. EFFECT OF WATER QUALITY ON THE FLOTATION RESULTS

Colemanite samples were supplied from the Emet deposits of Türkiye by Etibank authorities and designated as Hisarcık II and Espey due to their different quality. These samples were separately prepared to obtain final particle size of minus 0.210 plus 0.020 mm for batch flotation tests. Chemical analyses showed that feed samples contained 42 % B_2O_3 and 45 % B_2O_3 for Hisarcık II and Espey, respectively with small impurities. Sample preparation procedure and detailed material characterisation results can be seen else where, Özkan et al. (1993), (1994).

It has recently been reported that colemanite flotation can be positively influenced by the presence of multivalent ions in the medium, such as Ba^{++} , Ca^{++} and Mg^{++} . Çelik et al. (1992) earlier stated that barium ions were shown to activate the flotation of colemanite in the presence of sodium dodecyl sulphate.

In the light of this information, batch flotation tests were conducted with previously defined optimal flotation conditions in order to compare the results in terms of distilled water and Birmingham tap water usage. Figure 1 illustrates the results.

It is clear that flotation results were influenced by the use of distilled water instead of Birmingham tap water when AP825, sodium alkyl sulphonate, was employed as collector. It is interesting to note that when CA927, sodium sulphosuccinamate, was used as collector, the results were not influenced by a change of water type.

From Figure 1, it is seen that when AP825 was used as a collector, although the concentrate and tailings recovery and the concentrate grade did not significantly change with water quality, i.e. 95%, 5% and 45% B_2O_3 respectively, the tailings grade values were significantly decreased from over 25% B_2O_3 to 10% B_2O_3 level with the use of distilled water for both deslimed Espey and Hisarcık II samples.

When CA927 was employed as a collector, there was no obvious difference between recovery and grade values in terms of water type and there was a slight negative effect when distilled water was used for the final batch flotation tests. When AP825 and CA927 were compared, certain differences could be outlined as AP825 was evidently a conventional collector for colemanite flotation, although the results with CA927 were still in the acceptable limits for both types of samples.

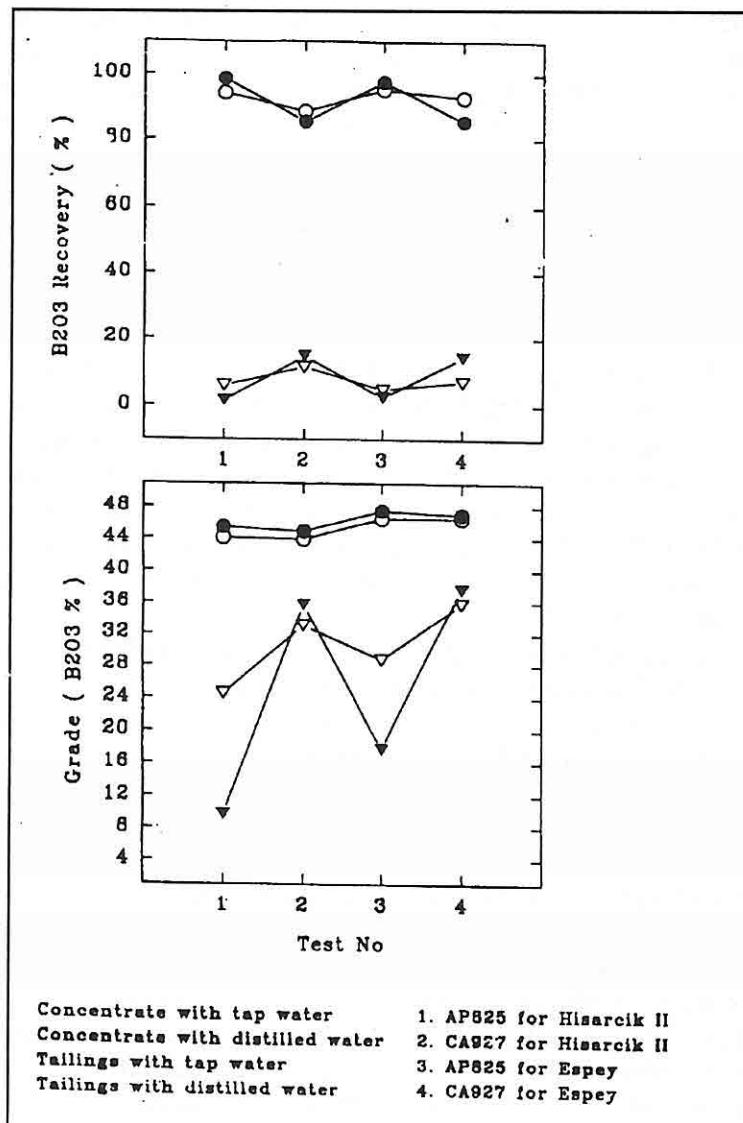


Figure 1. Comparison of Batch Flotation Results In Terms of Water Type

3. EFFECT OF CALCIUM AND MAGNESIUM IONS ON COLEMANITE FLOTATION

After determination of significant differences in flotation results in terms of tailing grade values between usage of distilled water and tap water when AP825 was employed as collector, attention was directed towards the effect of specific ions in tap water on flotation.

Calcium and magnesium ions are commonly present in most tap waters. In order to observe the effect of these ions, known amounts of calcium and magnesium ions were added to a slurry made up of distilled water and colemanite particles from Espey and Hisarcik II ore samples and then their effect on flotation recoveries and grades were determined.

The same experimental procedure was followed during the present tests as in the preliminary flotation tests, i.e. optimal flotation conditions with 2000 g/t AP825. The amount of calcium and magnesium ions was designated as 50, 100 and 200 ppm. $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ and $\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ were used to make solutions for different amounts of Ca and Mg ions respectively. After investigating individual effects of each element, their joint effect was also looked at employing concentration values of 50, 100 and 200 ppm of each ion. The results of the present flotation experiments are given in Figures 2 and 3 for Espey and Hisarcik II samples, respectively.

From Figures 2 and 3, it is clear that an increase in Ca or Mg amount causes a significant rise in tailing grade values and this lowers the final concentrate recovery values for Espey and Hisarcik II samples. Zero ppm values represent the data belonging to distilled water only. While concentration values of Ca and Mg ions were increased from 0 to 200 ppm, B_2O_3 % recovery values declined from 99% to 80% for separate use of Mg and Ca ions and from 99% to 65% for joint use of Ca and Mg ions. Although significant decreases were not observed for concentrate grade values, tailing grade values increased from 17 to 35% B_2O_3 for Espey and 9 to 35% B_2O_3 for Hisarcik II samples, when the amount of added Ca and Mg ions were increased from 0 to 200 ppm.

It is obvious that when the quantities of added Ca and Mg ions were increased, flotation results for both types of samples were negatively influenced. The individual effect of these ions was determined as they gave similar results to each other. Much lower final concentrate recovery and grade values were obtained when these ions were employed together.

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The examination of water quality and its effect on batch flotation results should be taken into account when optimal conditions for colemanite flotation are determined.

Birmingham tap water does not contain impurities at high concentrations for public use and it is also an adequate medium for laboratory flotation experiments, although use of distilled water seems to be more effective than the tap water, when AP825 is considered as a collector for colemanite flotation.

After determination of the difference between the tap water and distilled water in terms of flotation results for colemanite samples, it was decided to add some alkali ions, i.e. Ca^{++} or Mg^{++} , to the flotation slurry to find out whether impurities in the tap water affected the results. The reason for selecting calcium and magnesium ions for

determination of their effects on flotation was because of their abundance in most tap waters, although Birmingham tap water is classified as soft by the authorities. It is an important fact that if alkali ions, such as Ca^{++} or Mg^{++} , are added to a soft water, this water gradually becomes a hard water. Hard water is known to affect flotation processes if anionic type reagents are employed for collecting or frothing.

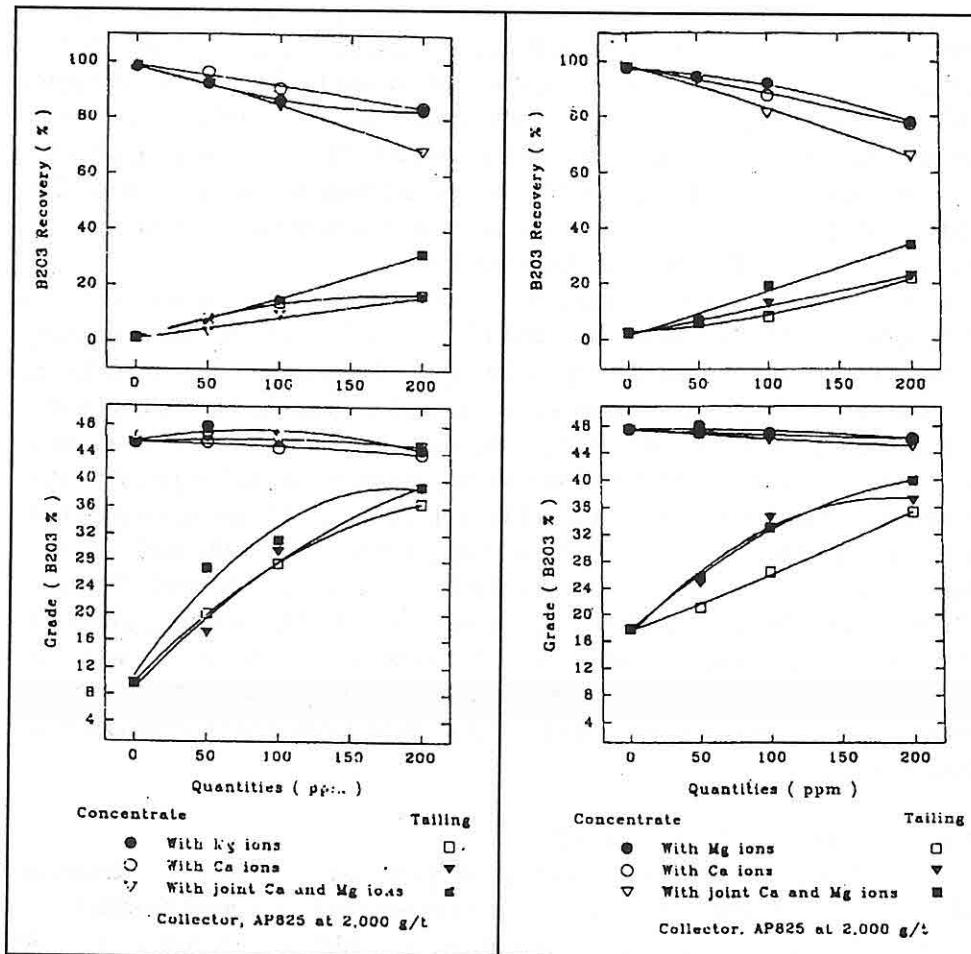


Figure 2. Effect of Ca and Mg Ions on Flotation of Espey Samples

Figure 3. Effect of Ca and Mg Ions on Flotation of Hisarcık II Samples

When calcium and magnesium ions were added to a slurry either separately or jointly at known concentrations, i.e. varying from 50 to 200 ppm, flotation results were negatively influenced with an increase in these concentration values.

As a result of these primary tests it can be seen that colemanite flotation is not effectively influenced by use of Birmingham tap water. However if the water quality changes from soft to hard, the flotation process is more likely to be affected.

Finally, above results directed the attention of this study towards the determination of the interaction mechanisms of the selected reagents with Ca and Mg ions in water. Therefore, the complete effect of water quality on the floatability of colemanite will be investigated and not only Birmingham tap water, but also any type of water containing certain amounts of multivalent ions will be considered during the further studies.

5. REFERENCES

- Celik, M.S. et al., 1992. Activation mechanisms of barium ions in colemanite flotation, In: Özbayoğlu, G., ed., The Proceedings of the 4th International Mineral Processing Symposium, 20-22 October, Antalya, Türkiye, p. 203-212.*
- MacDonald, R.D. et al., 1985. Flotation test procedures and sampling and testing, In: Weiss, N.L., ed., SME Mineral Processing Handbook, New York, USA, p. 30.96-30.104.*
- Özkan, S.G., Alp, M.S., Veasey, T.J., 1993. Flotation studies of colemanite ores from the Emet deposits of Türkiye, In: The 13th Mining Congress of Türkiye, İstanbul, 10-14 May, Chamber of Mining Engineers of Türkiye, p. 451-458.*
- Özkan, S.G., 1994. Flotation studies of colemanite ores from the Emet deposits of Türkiye, Ph.D. Thesis, The University of Birmingham, Edgbaston Birmingham, England, 208 pp.*
- Özkan, S.G., Veasey, T.J., 1994. Effect of slime coatings on colemanite flotation, In: Demirel H., Ersayin S., eds., Progress in Mineral Processing Technology, Cappadocia, Türkiye, p. 205-210.*
- Sutherland, K.L., Wark, I.W., 1955. Principles of Flotation, Australian Institute of Mining and Metallurgy Inc., Australia, p. 340-342.*
- Taggart, A.F., 1954. Handbook of Mineral Dressing, Ores and Industrial Minerals, John Wiley&Sons, New York, USA, 1954 (renewed from 1927), p. 3.11-3.12-12.125.*
- Wills, B.A., 1992. Mineral Processing Technology, 4th ed., Pergamon Press, Oxford, England, p. 493-494.*

**PATLAMA BARAJLARINDA KULLANILAN KALKER TOZUNUN
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Saim SARAÇ ve Abdüsselam OĞUZ

Osmangazi Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir/Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, kömür tozu patlamalarına karşı yeraltı kömür madenciliğinde alınabilecek önlemler tanıtılmıştır. Taş tozu serpme işleminde ve taş tozu barajlarında kullanılabilecek taş tozlarının sahip olması gereken özellikler gözden geçirilmiş, bu konudaki standartlar verilmiştir. Zonguldak taş kömürü havzasında bu amaçla kullanılan kalker tozunun uygunluğunu araştırmak için gerekli deneyler yapılmıştır.

**AN INVESTIGATION OF THE SPECIFICATIONS OF LIMESTONE DUST
USED AT EXPLOSION BARRIERS**

ABSTRACT : In this study, the precautions which can be taken against coal dust explosions in underground coal mining were introduced. The specifications of stone dusts that can be used in inerting and in stone dust barriers were reviewed, and the standards related with this subject were given. The required experiments were conducted in order to investigate the suitability of the limestone dust used at the Zonguldak hard coal basin.

1. GİRİŞ

Gaz ve kömür tozu patlamaları, yeraltı kömür madenciliğinin ilk yıllarından beri önemli kayıplara neden olmuştur. Üretimin giderek daha derinlere kayması ve mekani-zasyonun gelişmesi ile kömürün daha fazla uſalanması, bu potansiyel tehlikeyi daha da artırılmıştır. Teknolojik ilerlemelerin güvenlik önlemlerini de geliştirmiş olmasına karşın, yine de gaz ve toz patlamaları oluşabilmekte, büyük can kayıplarına, yaralanmalara ve önemli maddi zararlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, özellikle uçucu madde oranı yüksek olan kömürlerde bu sorun her an için gündemde tutulmalı, gerekli önlemler alınmalıdır.

2. KÖMÜR TOZU PATLAMALARINA KARŞI ÖNLEMLER

Kömür tozu patlamalarına karşı alınabilecek önlemler, bir kaç aşamadan oluşan bir bütündür. Ödün verilmeksizin uygulanması gereken bu önlemler şu şekilde sıralanabilir;

- Tozun oluşmasını ve birikmesini önlemek
- Tozun havaya karışmasını önlemek
- Tozun ateşlenerek patlamaya neden olmasını önlemek
- Tüm önlemlere karşın oluşabilecek bir toz patlamasını, diğer ocak bölgelerine yayılmadan bastırmak

İlk ve en etkin önlem, tozun oluşmasını ve havaya karışmasını engellemek olmalıdır. Bu aşamadaki çalışmalar; sulu delik delme, kömür arısına su enjeksiyonu, kazı sırasında arına su püskürtme gibi uygulamaları kapsar. Bu yöntemler silikoz ve antrokoz ile savaşımın da temel öğeleridir. Ancak yine de, kaçınılmaz olarak belli miktarda toz açığa çıkar. Tabanda biriken bu tozu yerinde bağlayarak potansiyel patlayıcı konumundan çıkarmak amacıyla pratikte, taş tozu serpme, su ile birlikte kaya tuzu püskürtme, macunlama gibi uygulamalara başvurulmaktadır. Birikmiş tozun bu önlemlere karşın havada asılı hale geçme olanağı bulabilmesi durumunda, bu tozu patlatabilecek ateşleme kaynaklarından birinin aynı anda ortamda varolmasının önüne geçmeye çalışmak, yeraltı ocaklarında kömür tozu patlamaları ile savaşım stratejisinin ikinci adımı oluşturur (Güyagüler, 1984).

Kömür tozu patlamalarıyla mücadelenin son aşaması, yukarıda özetlenen tüm önlemlere karşın tüm olumsuz koşulların gerçekleşmesi sonucunda, oluşma fırsatı bulabilen patlamaların yerinde izole edilmesi ve komşu panolara yayılmasının önlenmesine yönelik çalışmalarlardır. Bu bağlamda, patlamaların etki alanını sınırlamak ve tüm yeraltı ocağının tahrip olarak büyük facialara neden olmasını engellemek için yeraltında uygun yerlerde patlama barajları oluşturulur. Bu uygulamanın temel düşüncesi, bir panoda patlama oluştuğunda hızla ilerleyen patlama alevinin içine

yanmaz malzemelerin atılması, bu şekilde alev şiddetinin düşürülmesi ve alevin komşu bölgelere yayılmasının engellenmesidir (Didari, 1986).

Bir kömür tozu patlaması oluşması durumunda, ortamda basınç ve alev dalgaları ortaya çıkar. Basınç dalgası daha hızlı hareket ederek önde gider, alev dalgası ise bunu izler. Önde giden basınç dalgasının yarattığı şok, galerilerde yerleştirilmiş rafları devirerek, bunların üzerinde yığılmış bulunan yanmaz malzemenin döküllererek havada süspansiyon haline geçmesine yol açar. Geriden gelen alev dalgası bu zona ulaştığında, hız ve şiddetini büyük oranda kaybeder. Bu zonun yeterli bir uzunlukta olması durumunda patlama bastırılmış ve lokalize edilmiş olur, komşu ocaklara yayılma olanağı bulamaz (Vutukuri, 1986).

Barajlarda yanmaz malzeme olarak çeşitli taş tozları veya su kullanılmaktadır. Taş tozu kullanılması durumunda taş tozu barajlarından, su kullanılması durumunda ise su barajlarından bahsedilir. Her iki uygulamanın da kendisine özgü üstün ve sakincalı yönleri vardır. Uygun şekilde tasarlanan barajlar, gaz patlamaları için de etkili olmaktadır. Dünya madencilik pratiğinde yöntemin başarısı kanıtlanmıştır.

3. TAŞ TOZLARI İÇİN ARANAN ÖZELLİKLER

Gerek kömür tozunu inertleme amacıyla yapılan toz serpme işleminde, gerekse barajlama işleminde kullanılacak taş tozlarının bazı özellikleri taşıması gereklidir;

a) Sağlığa zararlı olmamalıdır: Toz serpme, barajların yüklenmesi ve boşaltılması sırasında önemli miktarda taş tozu havaya karışır. Ayrıca, galeri tabanına serilen veya raflar üzerinde bekletilen taş tozunun bir kısmı da havalandırma akımının üfleyici etkisiyle havaya karışmaktadır. Bu tozun insan sağlığına zararlı etkisi olmaması için, nötr tozlardan olması, içerdeği sağlığa zararlı toz miktarının çok düşük oranlarda kalması gereklidir.

b) Uçuculuğunu kaybetmemelidir: Raflara yerleştirilen taş tozları, herhangi bir patlama durumunda rafların devrilmesi ile havada kolayca asılı halı geçebilmeli ve uzunca bir süre bu konumda kalabilmelidir. Bu özelliğini koruyabilmesi için de, nemden etkilenmemelidir. Uçuculuk niteliği sık sık üflenerek denetlenmeli, toz yükleme zamanları özel defterlere kaydedilmeli, uçuculuğu azalan tozlar hemen değiştirilmelidir.

c) Uygun boyut dağılımında olmalıdır: Havada asılı halde bir süre kalabilmesi için, taş tozlarının belli bir boyut dağılımına sahip olması gereklidir.

d) Isı absorbsiyon özelliği yüksek olmalıdır: Taş tozlarının alev söndürebilme yeteneği ısını absorbe edebilmesi ile doğrudan ilgilidir. Isı absorbsiyon kapasitesi yüksek olan tozlar alev söndürmede daha etkili olurlar.

e) Özgül ağırlığı düşük olmalıdır : Düşük özgül ağırlığa sahip olan taş tozları havada daha uzun süre asılı halde kalabilmektedir.

f) Sağlanması kolay ve ucuz olmalıdır : Yeraltı kömür ocaklarında serpme ve

patlama barajı malzemesi olarak büyük miktarlarda taş tozu kullanılmaktadır. Bu malzemenin yakın bölgelerden sağlanabilmesi, taşınamasının kolay olması, işletmeye büyük mali yükler getirmeyecek maliyette olması gereklidir (Vutukuri, 1986; Amyotte et.al, 1992).

Yukarıda sıralanan koşulları sağlayan ve pratikte kullanılabilecek taş tozları genellikle karbonatlı kayaçlardır. Bu amaca hizmet edebilen taş tozları şunlardır;

- Jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- Kalker (CaCO_3)
- Dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)
- Manyezit (MgCO_3)
- Kayatuzu (NaCl)

Bunlardan kalker tozu daha ucuz olması ve doğada bol bulunması nedeniyle diğerlerine büyük üstünlük sağlar. Yeraltı kömür ocaklarında en yaygın olarak bu toz kullanılmaktadır. Kalker tozonun diğer üstün yönleri; silis ve yabancı madde içeriğinin oldukça düşük olması, tozlanabilme ve öğütülebilmesinin uygun olmasıdır. Beyaz renkli olmasından dolayı, yeraltı galerilerinde serpildiğinde beyaz görünümlü bir ortam oluşturmaktı, işçileri psikolojik olarak rahatlataarak verimlilik artışına da neden olmaktadır (Amyotte et.al, 1992).

Kalker tozonun tek sakıncası çok higroskopik bir malzeme olması, başka bir deyişle nem almaya çok yatkın olmasıdır. Galeri tabanına serpiler veya barajlara yüklenen kalker tozu kısa bir süre içinde nemlenmektedir. Nem tutan toz hamurlaşmaktadır, uçuculuk özelliğini kaybetmektedir. Bir patlama olması durumunda rafşalar zamanında devrilse dahi, kalker tozu aşırı nemli olduğunda blok halinde aşağıya düşmekte ve patlama bastırılamamaktadır. Bu önemli sakınca, kalker tozunu yağ asitleri ile karıştırarak giderilebilir. Bilindiği gibi yağ asitleri nem itici özelliğe sahiptir. Bir toz partikülünün tüm yüzeyi yağ asidi ile kaplanırsa bu partikül de nem itici özellik kazanır (Skochinsky and Komarov, 1969).

Kömür tozu patlamalarına karşı kullanılacak taş tozlarının yukarıda sıralanan özellikleri taşması, oluşabilecek bir patlamayı lokalize etmede yaşamsal derecede önemlidir. Bu nedenle kullanılacak malzemenin mühendislik özellikleri önceden analiz edilmeli, uygunluğu araştırılmalıdır. Servise sunulan malzeme peryodik olarak denetlenmeli, kalite kaybı gözlenen malzeme derhal değiştirilmelidir.

Amerika ve Avrupa yeraltı kömür madenciliğinde, kullanılacak taş tozlarının belirtilen gerekleri sağlayabilmesi için ilgili kuruluşlarca standartlar getirilmiştir. Zonguldak kömür havzasında da son yıllarda kömür tozu patlamalarına karşı, kritik bölgelerde kalker tozu serpme ve kalker tozu kullanılan patlama barajı oluşturma uygulamaları yaygınlaştırılmıştır. Ancak Türkiye madencilik mevzuatında, bu amaçla

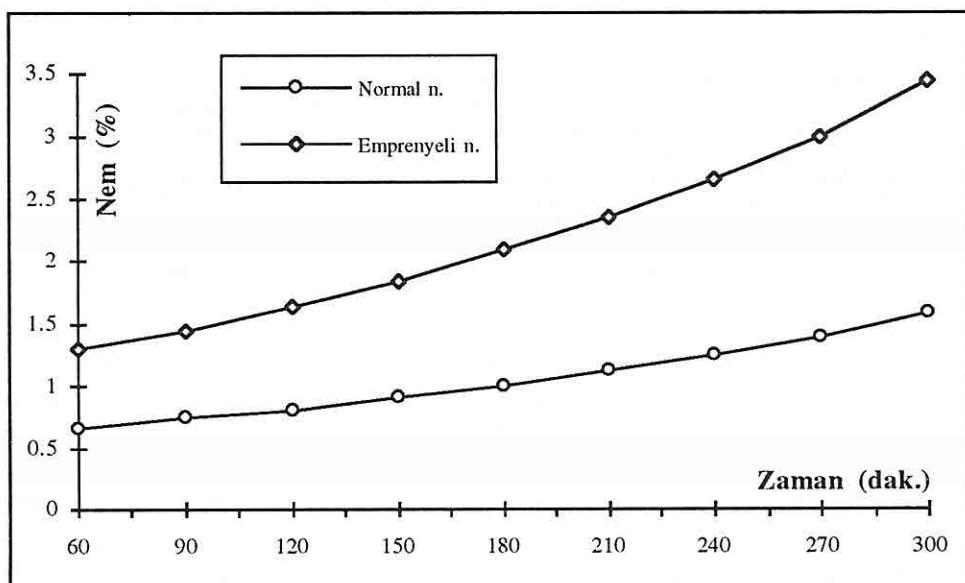
kullanılacak kalker tozunun taşımı gereken özelliklere ait hükümler bulunmamaktadır. Aşağıdaki bölümlerde konu ile ilgili yurt dışında kabul edilen standartlar ele alınmış, Zonguldak havzasında kullanılan kalker tozunun bu standartlara uygunluğunu araştırmak için, alınan numuneler üzerinde gerekli deneyler yapılmıştır.

4. ZONGULDAK HAVZASI YERALTI OCAKLARINDA KULLANILAN KALKER TOZUNUN UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI

4.1. Nem Tutma Özelliği

Kalker tozuna nem itici özellik kazandırılmak için, öğütme sırasında % 0.3 oranında stearin ile karıştırılmıştır. Emprenyasyon olarak tanımlanan bu işlemin kalker tozunu nemden ne ölçüde koruduğunu araştırmak için aşağıdaki deney yapılmıştır.

Emprenye edilmiş ve normal malzemeler etüvde 100 °C'de kurutulduktan sonra, 50'şer gram numune hassas terazide tartılarak alınmış, porselen krozelere yerleştirilmiştir. Porselen krozelere % 100 hava nemliliği yaratacak şekilde, içi su dolu kaplarla birlikte kaplı bir sistemin içine alınmış, bu da etüvün içine yerleştirilmiştir. Etüv sıcaklığı 20 °C'de sabitlenmiş ve kapağı kapatılmıştır. Her 30 dakikada bir numuneler ayrı ayrı tartılmıştır. Elde edilen değerlerin zamana göre genel trendi Şekil 1'deki gibi olmuştur.



Şekil 1. Emprenye edilmiş ve normal numunelerin neminin zamanla artışı.

Şeklin incelenmesinden, yağı asidi ile karıştırılmış kalker tozunun normal kalker tozuna oranla çok daha az nem tuttuğu, nem artışının zamanla çok daha yavaş geliştiği anlaşılmaktadır. İngiliz ulusal kömür kurumu (BC) kalker tozu satın alırken, bir bardak su içine atılarak 24 saat bekletilen numunenin havalandırılabilirliğini kaybetmemesini şart koşmaktadır (NCB). Bu koşula uygun olarak, emprenye edilmiş numune bir bardak su içinde 24 saat bekletilmiş, bu süre sonunda kalker tozunun su içinde çökmeyerek su üstünde yüzdüğü, bu kısımdan bir çay kaşığı ile alınan tozun üflendiğinde havada uçuşarak asılı hale gecebildiği gözlenmiştir.

4.2. Tane Boyut Dağılımı

Çeşitli ülkelerin iş güvenliği tüzüklerinde, kullanılacak taş tozunun boyutu ile ilgili hükümler yer almaktadır. Eski SSCB'de "tüm tozun metrik 12 No'lu elekten ve en az %50 sinin de 75 No'lu elekten geçmesi", ABD'de "tüm tozun 20 mesh'lik elekten ve en az "%70'inin de 200 mesh'lik elekten geçmesi" şart koşulmuştur (Skochinsky and Komarov, 1969). İngiliz standartında ise "60 mesh'lik elek üstünün, numunenin ağırlıkça en fazla %10'u kadar olabileceği, 240 mesh'lik elek altına geçen kısmın ise %50-75'i kadar olabileceği" kurala bağlanmıştır (NCB).

Test edilen malzemenin tane boyut dağılımının uygunluğunu araştırmak için, normal ve emprenye edilmiş kalker tozlarından alınan 50'şer gramlık numuneler elek analizine sokularak, +60, -60+240 ve -240 mesh fraksiyonları belirlenmiştir (Çizelge-1). Her iki malzemenin de İngiliz standartına uygun olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 1 : Elek analizi sonuçları

Numune	+ 60 Mesh		-60+240 Mesh		-240 Mesh	
	gr	%	gr	%	gr	%
Normal kalker tozu	0.33	0.66	13.07	21.14	36.60	73.20
Emprenye kalker tozu	0.52	1.04	18.00	36.00	31.48	62.96

4.3. Silis İçeriği

Kullanılacak kalker tozunun sağlığa zararlı tozlar içermemesi gereklidir. Sağlığa zararlı toz kriteri olarak silis tozu kabul edilmekte ve silis içeriğinin belli oranları aşmaması istenmektedir. Eski SSCB'de, "kalker tozunun %5'den fazla yanıcı malzeme ve %4'den fazla silis içermemesi" şartı konmuştur (Skochinsky and Komarov, 1969). İngiliz standartlarında ise, "malzeme içindeki silis oranı %3'ü geçemez" koşulu vardır (NCB).

Test edilen malzemenin silis içeriğini belirlemek için numune 100 °C'de kurutulduktan sonra, 1 gramlık bir kısım hassas terazide tartılarak alınmıştır. 400

kurutulduktan sonra, 1 gramlık bir kısım hassas terazide tartışarak alınmıştır. 400 ml.lik beher içine konulduktan sonra üzerine 3 hacim (45 ml.) HCl + 1 hacim (15 ml.) HNO₃ ilave edilmiştir. Çeker ocakta kaynatmadan elektrikli ısıtıcı üzerinde kuruyana kadar buharlaştırılmıştır. Oda sıcaklığında soğuduktan sonra üzerine 90 ml. saf su ve 10 ml. derişik HCl ilave edilmiştir. Elektrikli ısıtıcı üzerinde 10 dakika kaynatılmış, soğuduktan sonra siyah bant filtre kağıdından süzülmüştür. Filtre kağıdı üzerinde kalan kalıntı,filtre kağıdı ile birlikte platin kroze içine alınmış, 1000 °C'de yaklaşık 40 dakika kadar yakılmış, soğumaya bırakıldıktan sonra tartulmuştur. Bu işlemler sonucunda A tartım değeri elde edilmiştir. Platin kroze içine 1 ml. H₂SO₄ konmuş, bunun üstüne platin krozenin 3/4'ü kadar HF ilave edilmiştir. Elektrikli ısıtıcı üzerinde buharlaşana kadar kurutulmuştur. Kuruyan numune 900 °C'de kül fırınında tekrar yakılmış, soğutulmuş ve tartılmıştır. Böylece B tartım değeri elde edilmiştir (Gündüz, 1975).

$$\% \text{ SiO}_2 = (A - B) / \text{Numune ağırlığı} \cdot 100$$

ifadesinden numunenin silis içeriği %0.9 olarak belirlenmiştir. Bu değer, incelenen malzemenin sağlığa zararlı toz içeriği bakımından standartlara uygun olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Kömür tozu patlamalarına karşı oluşturulan taş tozu barajlarından olumlu sonuç alabilmek için, kullanılacak kalker tozunun bazı özelliklerini taşıması, bu konuda getirilen standartlara uygun olması gereklidir. Bu özelliklerden en önemlileri; malzemenin boyut dağılımı, silis içeriği ve nem tutma yeteneğidir. Malzemenin satın alımı sırasında bu özellikler deneylerle belirlenmeli, standartlara uygun olup olmadığı soruşturulmalıdır.

Türkiye madencilik pratiği için bir örnek oluşturulması bakımından, Zonguldak havzası yeraltı ocaklarında kullanılan kalker tozundan alınan numuneler üzerinde gerekli deneyler yapılmış, elde edilen sonuçlar numune alınan malzemenin amaca uygun olduğunu göstermiştir.

Türkiye maden mevzuatında konuya ilişkin hükümler bulunmamaktadır. İlgili resmi kuruluşlarca konuya ilgi gösterilerek, bu amaçla kullanılacak taş tozlarının sahip olması gereken özellikler ya Türk Standartları Enstitüsü'nce standarta bağlanmalı, ya da işçi sağlığı ve iş güvenliği tüzüklerinde bağlayıcı hükümlere yer verilmelidir.

6. KAYNAKLAR

Amyotte P., Mintz K., Pegg M., 1992. "Effectiveness of various rock dusts as agents of coal dust inerting", J. Loss Prev. Process Ind., Vol.5, No 3.

- ASTM Standard C 737-73, 1990. "Standard specification for limestone for dusting of underground coal mines".
- Didari V., 1986. "Kömür tozu patlamalarına karşı önlemler", Madencilik, Mart 1986.
- Gündüz T., 1975. "Kanitatif analiz laboratuvar kitabı", Ankara Ün. Fen Fak. Yayınları No:119.
- Güyagüler T., 1984. "Kömür tozu patlamalarında yayılmanın önlenmesi", Türkiye 4. Kömür Kongresi, Zonguldak.
- NCB Raporu. "NCB Specification for limestone dust", TTK Etüt-Tesis Müdürlüğü Kütüphanesi.
- Skochinsky A., Komarov V., 1969. "Mine ventilation", MIR Publishers, Moscow.
- Vutukuri V.S., 1986. "Environmental engineering in mines", Cambridge Univ. Press, 504p.

AÇIK OCAK GEOMETRİSİ

Alparslan TURANBOY

S.Ü., Maden Bölümü, Seydişehir/Türkiye

Mustafa Kemal GÖKAY

S.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Konya/Türkiye

ÖZET: Açık ocak tasarımını etkileyen işletme faktörlerini değerlendirmesinden sonra ön tasarım yapılmış şeylerin duyarlılık analizlerinin yapılması gerekmektedir. Açık ocak şev duyarlılığına yeni bir bakış açısı getiren geometrik yaklaşım blok teorisinin temelini oluşturmuştur. Bu çalışmada geometrik ilişkilerle açıklanacak şeylerin matematiksel olarak ifade edilebilirliği ortaya konulmuş, şeylerin ve süreksizlik düzlemlerinin düzlemsel formülleri genelleştirilmeye çalışılmıştır.

GEOMETRY OF OPEN PIT

ABSTRACT: Slope stability analysis should be performed for predesign open-pit slopes after determination of the mining operation parameters. Geometric analyses of the planes in open-pit have introduced a new approach to the stability analyses and it has formed the base of the block theory. In this study, open-pit slopes are defined by means of geometrical definitions. Slopes and discontinuities are generalized by means of analytic geometry and their common characteristics.

1. GİRİŞ

Açık işletmelerde, ocak tasarımını ve işletme sırasında yapılacak değişiklikleri, açık ocağın açıldığı kaya kütlesinin mukavemet ve mekanik özellikleri belirler. Açık ocak cevher ve örtü tabakası kazı işlemlerini yönrendiren ,patlatma randimanını ,kazılabilirliği,yükleyicilerin ve delicilerin randimanını direkt etkileyen her zaman ortamda bulunan kaya kütlesinin türü ve fiziksel özellikleridir. Genel olarak bakıldığında ,şev duyarlılığını ve işletme ekonomisini direkt olarak ilgilendiren iki parametre grubu ile karşılaşılır . Açık işletme zayıf kaya kütlelerinde veya zemin (toprak)özelliklerine yakın örtü ve cevher tabakaları içinde açılması planlanıyorsa, burada gözönüne alınacak en önemli tasarım parametreleri sözü geçen kaya kütlelerini veya zemin ortamının mukavemet özellikleri olacaktır. Çünkü böyle ortamlarda beklenen duyarsızlık problemleri malzeme özelliklerinin zayıflığından dolayı ortaya çıkacaktır Açık ocak, sağlam veya orta sağlam kaya kütleleri içinde açılacaksa, şeylerin duyarlığını faylar, çatlaklar,tabaka yüzeyleri, eklemler gibi süreklişizler kontrol edecektir.

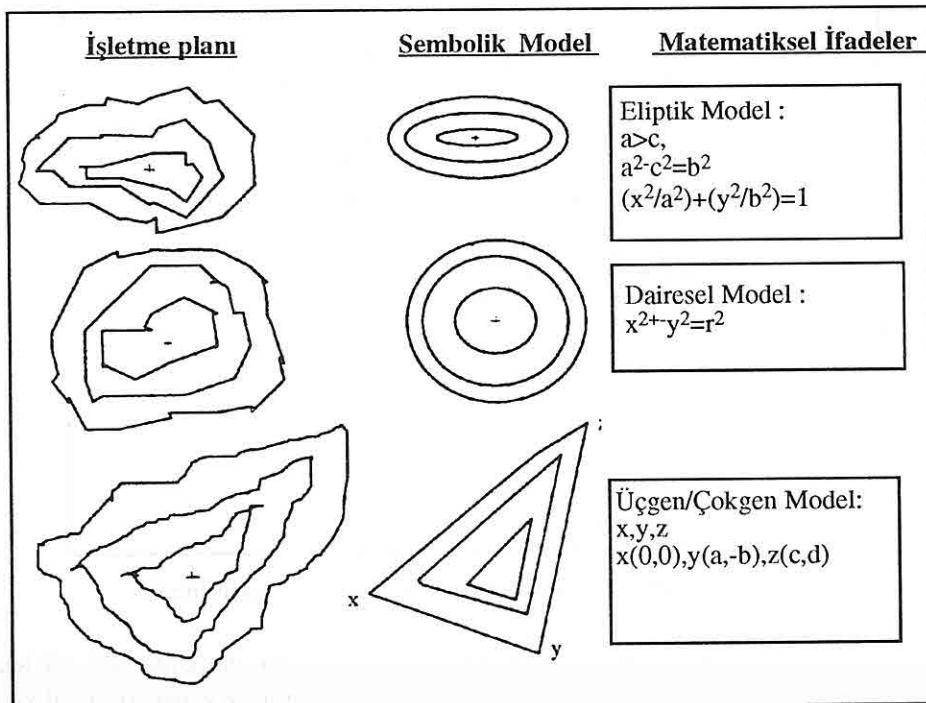
Bu ve benzeri kaya kütlelerinde süreklişizlik özelliklerinin belirlenmesi ve bunların analizi tasarım açısından çok önemlidir. Açık ocağın açılacağı kaya kütlesinin mukavemet özelliklerinin kazı öncesi belirlenerek tasarım aşamalarında veri olarak kullanılması,daha gerçekçi hesaplamaların yapılmasında mühendislere yardımcı olacaktır .İşletme esnasında özellikle beklenmeyen şev kaymalarının nerede olabileceğinin tahmin edilmesi ,karşı önlemlerin alınması açısından önemli olacaktır. Çalışılacak sahada, kaya kütlesinin mukavemet ve süreklişizlik özelliklerinin belirlenip,şev kaymalarını önleyici emniyet tedbirleinin yanısıra ocağın belirli yönlerde konumlandırılıp bölgesel olarak değerlendirilmeye alınması tasarımında geçilmesi gereken basamaklardan olmalıdır.Bu amaçla yürütülen çalışmaların sonunda elde edilen kaya kütlesi ve maddesi yenileme kriterleri değişik araştırmacılar tarafından özetlenmiş (Brady ve Brown,1985;Pan,1988), süreklişizlik analizleri için geliştirilen yöntemlerde ayrıca rapor edilmiştir (Priest,1985;Goodman,1980).

Süreksızlıkların analizi için geliştirilen streonet prejeksiyon yöntemi (Priest ,1985)pratik ve gerçekçi sonuçlar vermesi açısından çok önemlidir. Üç boyutlu düzlem analizlerinin iki boyutlu düzlemden gösterilmesi,uygulama sırasında bazı kurallara uymasını gerektirir . Hazırlanan projeksiyonların yorumlanmalarındaki zorluklar ve teknik olmayan yatırımcılara olayın anlatılabilmesi,kaya kütlesinin bloklara bölünerek süreklişizlerin modellenmesini ve bunların açıklanması gerekmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar, streonet prejeksiyon göstirimlerinin bilgisayar yazılım programı olarak hazırlanmasını (Hock ve Diederichs,1989;Gökay,1994a),blok teorisi doğrultusunda incelenmesini (Goodman ve Shi,1985)veya süreklişizlerin bilgisayar grafik imkanlarıyla üç boyutlu göstirimlerini(Ikegawa,1992;Gökay,1994b) ön plana getirmiştir. Bu makaleyi oluşturan temel çalışmada ,açık ocakların üç boyutlu olarak

modellenmesi ve bu modeller üzerinde süreksizliklerin gösterilmesine yönelik yaklaşımlar denenmiş, uzay geometri analiz yöntemlerinden yola çıkılarak modeller geliştirilmeye çalışılmıştır.

2. AÇIK OCAK VE BİRİM BASAMAK MODELLERİ

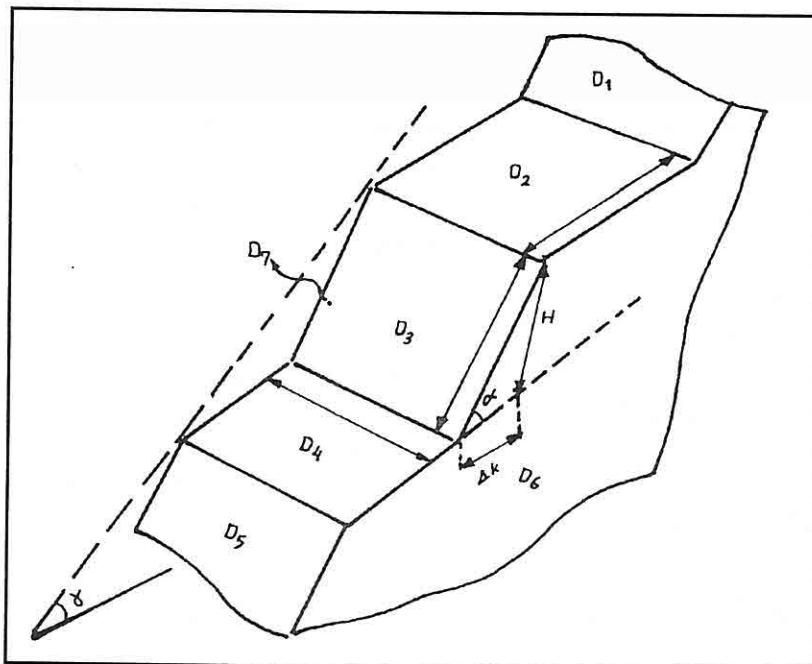
Açık ocakların plan görünüşlerinin incelenmesi sonucu, bunların belirli geometrik formlara uyaranabileceğii fikri doğmuştur. Şekil 1'de görüldüğü gibi açık ocak plan görünüşlerinin sembolize edilerek gösterilmeleri ve bu ocakların modellemesini kolaylaştıracaktır. Sembolik olarak şekillerin oluşturulmasında ve bunların geometrik olarak ifadelerinde gerçekçilikten fazla uzaklaşımaması ön şarttır. .Bunun için fazla kompleks sayılabilecek ocak planları bir çok bilinen geometrik şeklin biraraya gelmesi ile açıklanabilir .



Şekil 1. Açık ocakları sembolize eden örnek matematiksel ifadeler.

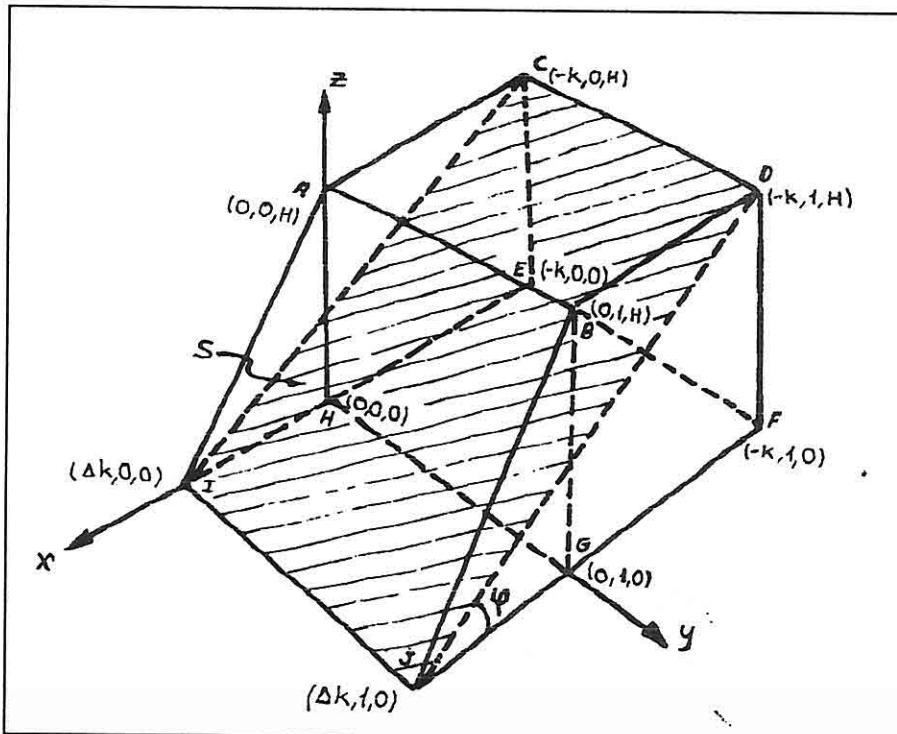
Burada önemli olan,açık ocağın koordinat sistemine ($x-y$ veya silindirik ($r-d\theta$)) yerleştirildikten sonra sınırlarının belirli formüle uygun olarak kolayca hesaplanabilmesidir. Seçilen herhangi bir açık ocağı matematiksel olarak tanımlayabilmek için yapılacak çalışmalarla öncelikle birim genişlikte bir basamağın

geometrik ifadesiyle başlanabilir . Burada birim bir şev basamağı; şev yüksekliği, H ;şev açısı, a ; basamak genişliği , k ;seçilen birim basamak genişliği $d=1$;ve genel ocak eğimi g , olarak boyutlandırılmıştır. Şekil 2'de verilen birim basamakların belirli kurallar doğrultusunda yanyana getirilmesiyle Şekil 1'de verilen genel sembolik açık işletme modellerine ulaşılacaktır. Şekil 2'de gösterildiği gibi homojen ve süreksızlıklar tarafından bölünmemiş bir basamak beş düzlem tarafından sınırlanmış geometrik bir hacim olarak ortaya çıkmaktadır. Buradan yola çıkılarak bu düzlemler belirli bir koordinat sistemine göre yerleştirilirse Şekil 3' de verilen geometrik ifadeler doğrulanmış olacaktır.



Şekil 2. Birim genişlikte bir basamağın boyutlandırılması.

Birim basamak modelinde ,herhangi üç noktadan geçen düzlemin ,iki düzlem arasındaki açının,iki düzlemin kesişimi ile oluşan doğrunun uzay geometri kurallarına göre (Koz,1672;Kindle,1950;Silverman,1985) belirlenmesi birim basamak modelinin tanımlanması için kullanılacaktır. Şekil 2'den anlaşılacağı gibi şev aynaları, (D1,D3,D5)birbirlerine paralel düzlemlерdir.Bunlardan D3 düzlemi birim basamak modelindeki şev aynasını oluşturmaktadır. D2 ve D4 düzlemleri şev basamaklarını göstermektedir.Bunlardan D2 düzlemi üst şev basamağını, D4 düzlemi ise alt şev basamağını oluşturmaktadır.Yine aynı şeklin incelenmesi sonucu şev açısı a 'nın D3 ve D4 düzlemleri arasında kalan açı olduğu belirlendiğine göre bu düzlemlerin ve açının



Şekil 3. Birim basamağın koordinat ekseninde konumlandırılması

Şekil 3'de verilen x-y-z dikdörtgen koordinat sisteme göre matematiksel ifadesi aşağıdaki gibi olacaktır. Birim basamak şev ayına düzleminin, D₃ denklemi;

$$D_3 = \begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ \Delta k & 1 & 0 & 1 \\ \Delta k & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & H & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Buradan;

$$x \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & H & 1 \end{vmatrix} - y \begin{vmatrix} \Delta k & 0 & 1 \\ \Delta k & 0 & 1 \\ 0 & H & 1 \end{vmatrix} + z \begin{vmatrix} \Delta k & 1 & 1 \\ \Delta k & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} - H \begin{vmatrix} \Delta k & 1 & 1 \\ \Delta k & 0 & 0 \\ 0 & 0 & H \end{vmatrix} = 0$$

Sonuçta elde edilen denklem; $D_3 = -Hx - \Delta kz + \Delta kH = 0$ olacaktır. Benzer şekilde birim basamağı oluşturan diğer düzlem denklemleri şu şekilde hesaplanacaktır.

Üst basamak düzlemi, (D₂ denklemi); $D_2 = -kz - kH = 0$

Alt basamak düzlemi,(D4 denklemi): $D4=-\Delta kz=0$

Birim basamağı sınırlayan yan düzlem,(D6 denklemi): $D6=Hx-kH=0$

Şev açısı a'nın denklemi; D3 düzlemi ile D4 düzlemi arasındaki açının denklemi ile verileceğinden;

D3 düzleminin (şev aynası) normal vektörü: $n_3=(a_3,b_3,c_3)=(-H,0,-\Delta k)$

D4 düzleminin normal vektörü (D2 denklemine parel): $n_4 = (a_4,b_4,c_4)=(0,0,-\Delta k)$

Burada ulaşılmasına çalışılan a açısı;

$$\cos\alpha = \frac{a_3 a_4 + b_3 b_4 + c_3 c_4}{\sqrt{(a_3)^2 + (b_3)^2 + (c_3)^2} \sqrt{(a_4)^2 + (b_4)^2 + (c_4)^2}}$$

$$\cos\alpha = \frac{0 + 0 + (\Delta k)^2}{\sqrt{H^2 + (\Delta k)^2}} \frac{1}{\sqrt{\Delta k}}$$

Buradan :

$$\cos\alpha = \frac{\Delta k}{\sqrt{H^2 + (\Delta k)^2}}$$

bulunacaktır.Aynı şekilde D2 düzlemi(üst-basamak) ile D3 düzlemi(şev aynası) arasında bulunan kesişim doğrusunun denklemi bulunmak istenirse aşağıdaki basamaklar izlenecektir.Bu doğru şev basamağının üç kısmını oluşturur ve birim basamak modelinde bilinmesi gereken önemli bir ayrıntıdır.Öyleyse,D2 ve D3 düzlemi paralel olmalıdır ki ancak bu şekilde bu iki düzlem kesişecektir.

$$\frac{a_2}{a_3} = \frac{b_2}{b_3} = \frac{c_2}{c_3}$$

olmalıdır. Buradan, AB doğrultusu denklemi (Şekil 3)

$$AB = \begin{vmatrix} a_2.x + b_2.y + c_2.z + f_2 & = 0 \\ a_3.x + b_3.y + c_3.z + f_3 & = 0 \end{vmatrix}$$

Buradan;

$$AB = \begin{vmatrix} -Hx - (\Delta k)z + (\Delta k)H & = 0 \\ -kz - kh & = 0 \end{vmatrix}$$

olarak bulunacaktır. Benzer şekilde CD,AC,BD,IJ,AI,BJ,IE ve JF doğrularının denklemi belirlenen koordinatlara göre bulunabilecektir.

3. ŞEVLERDE KAYMANIN MODELLENMESİ

Şevlerde kaymanın oluşması için, şev duyarlılığının bozulması gereklidir. Şekil 2'de gösterilen şevin kayması ancak kaya kütlesinin yenilmesiyle olacaktır. Çünkü bu şevde süreksizlik düzlemleri olmadığından, kayma bloklanma veya blok kayması şeklinde gerçek-leşmez. Bunun yanında açık ocakta bulunan süreksizliklerin etkilediği şevlerde kayma oluşacaksı, kayma bu süreksizliklerden başlayabilecektir. Kaya şevlerinde gözlenebilecek süreksizlik düzlemlerinin (Şekil 3) daha önce belirlenen koordinat sistemine göre tanımlanması yapılabilecektir. Şekil 3'de verilen S yüzeyi süreksizlik düzlemi olup yatayla yaptığı açı j ile gösterilmektedir. S düzleminin denklemi;

$$S = \begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ \Delta k & 0 & 0 & 1 \\ -k & 0 & H & 1 \\ -k & 1 & H & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Buradan; $S = -Hx + (-k - k)z + kH = 0$

bulunacaktır. Şev açısı a 'nın denklemi bulunduğunda olduğu gibi, S düzlemiyle D4(alt basamak)düzleminin paralel olmadığı ve süreksizlik ile D4 arasında j açısını oluşturacak şekilde kesiştiği biliniyorsa, j açısının koordinat sistemine göre denklemi;

$$\cos\varphi = \frac{H^2 + (-k \cdot (\Delta k) + (\Delta k)^2)}{\sqrt{k^2 + 2k \cdot (\Delta k) + (\Delta k)^2 + H^2}} \frac{1}{\sqrt{H^2 + (\Delta k)^2}}$$

olacaktır. S düzleminde kaymanın(düzlemsel kayma) olabilmesi için gerekli ön şart belirlenen şev modelinde şev açısının a , süreksizlik açısından, j büyük olması gerektidir. Bu ön şartı sağlayan süreksizlik düzlemleri düzlemsel kaymaya hazır durumdadırlar. Bunların duyarlığını, bu şartlarda süreksizlik yüzey özellikleri kontrol edecektir. Kaymanın başlaması süreksizlik üzerine gelen normal ve kesme gerilemesine, süreksizlik yüzeyi sürtünme açısına ve bu iki yüzeydeki kohezyona bağlı olacaktır. Kaya mekanığı çalışmalarında bu parametrelerin değişik durumlarda nasıl birbirlerini etkiledikleri açıklandı (Brady ve Brown, 1985) burada bu etkiler tekrarlanmamıştır.

Kaya türüne göre, süreksizlik düzlemleri ve bunların oluşturacağı blok modeller izlenmeye alınırsa değişik kayma türleride önceden belirlenebilecektir. Kama türü bir kaymada iki süreksizlik düzleminin birbirlerine paralel olmama şartına uymaları, bu düzlemlerin kesim doğrularının Şekil 2'de gösterilen birim basamak hacmi içinde olması ve kesim doğrusunun eğiminin (yatayla yaptığı açı) (şev açısından, a) küçük olması gerekecektir. Diğer kayma türleride benzer şekilde incelenerek matematiksel ifadeler olarak hazırlanabilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Açık ocak plan görünüşlerinin şematik olarak sadeleştirilmesi ve bunların matematiksel olarak formulüze edilmeleri açık ocak planlarının daha kolay analizlerni sağlayacaktır. Genel formulü hazırlanmış bir açık ocakta koordinatları verilmiş bir bölgenin kesit olarak çizilmesi bu aşamadan sonra geometrik ve teknik resim kurallarına bağlı olacaktır. Özellikle bu işlemlerin bilgisayarda grafik özelliklerin kullanılarak tariflenmesi ve üç boyutlu olarak gösterilebileceği düşünülürse olayın önemi daha iyi anlaşılacaktır. Düzlemler, doğrular ve düzlemler arasında kalan açıların bulunması şeklinde düzenlenen birim basamak modelinin açık ocak modelinde genelleştirilmesi, tasarım mühendislerinin istedikleri an istedikleri ocak bölümünü inceleme imkanı sağlayacaktır. Bu amaçla belirli ön işlemlerin yapılması gerekecektir. Öncelikle açık ocak sembolik modeli oluşturulacak, model üzerinde arazi koordinat değerlerine göre düzenlemeler yapılacaktır. Arazide yapılacak veri taramasıyla açık ocak şev duyarlılığını parametreleri belirlenecektir. Bu parametreler kısaca; basamak genişliği, şev açısı, ocak genel yatırma açısı, süreksızlık doğrultu, eğim ve eğim yönleri, süreksızlıkların durumu (yüzey pürüzlülüüğü, dolgusu, kohezyonu v.b.) ve diğer parametrelerdir. Süreksızlık takımlarının, belirlenen bölgelerde şev duyarlığını etkileyebilecek şekilde tehlike meydana getirip getirmeyecekleri şevlerle karşılaştırılması sırasında ortaya çıkacaktır. Tasarım aşamasında bulunan şevlerle (şevlerde bulunacak belli başlı düzlemler D1, D2, D3, D4, D5), bu şevlerde rastlanabilecek süreksızlık düzlemlerinin kesişim doğruları bu ön tasarım aşamasında incelenerek kayma oluşturmayacakları bir karara bağlanabilecektir.

Kayma tehlikesi meydana getirecek düzlemlerle sınırlı kaya külesi bloklarının, kaymayı oluşturma yolunda meydana getirdikleri kinematik etkileşim bu çalışmanın sonunda varılacak araştırma noktasıdır. Blokların boyutlarının geometrik olarak belirlenmesinden sonra belirlenen düzlem ve doğrularla sınırlı blok hacimlerinin kayıp kaymayaceği ayrıca incelemeye alınacaktır. Bu çalışmaya paralel olarak yürütülen diğer bir çalışmada, kaya kütlesinde oluşan bu blokların bilgisayarda grafik planlama yazılımı olarak geliştirilmesidir (Gökay, 1994b). Bu çalışmaların açık ocak modellemesine ve paralel olarak tasarımcılara getireceği pratik kolaylıklar çalışmalar sırasında görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

Brady, B.G.H. ve Brown, E.T. (1985) Rock Mechanis for Underground Mining. Allen -Unwin, Yayınevi, Londra.

Goodman, R.E. (1980) Introduction to Rock Mechanichs. John Willey & Sons, New York.

Goodman, R.E. ve Shi, G.H. (1985) Blok Theory and its Application in Rock Engineering , Prnetice - Hall Yayınevi New Jersey.

- Gökay, M.K. (1994a) Kutupsal streonet projeksiyon yönteminin bilgisayar yazılımı olarak hazırlanması. *Cumhuriyet Univ. Müh.-Mim. Fakültesi Dergisi, Sivas.*
- Gökay, M.K. (1994b) *Eklem düzlemlerinin oblik projeksiyon yöntemiyle incelenmesi.* TMMOB, Maden Müh. Odası Madencilik Dergisi, Cilt 34, N1, s 35-43.
- Hoek, E. ve Diederichs, M. (1989) *DIPS-User manual, Advanced version, Rock Eng.* İnşaat Müh. Bölümü, Toronto Üniversitesi, Toronto.
- Ikegawa, Y. (1993) *Three Dimensional Geometrical Analysis of Rock Mass Structure* Ph.D. (Doktora) Tezi, Londra Univ. Imperial Collage, MRE Bölümü, Londra.
- Kindle, J.H. (1950) *Plane and Solid Analytic Geometry.* Schaum's Outline Series in Math. McGraw Hill Book Co. New York.
- Koz, İ. (1972) *Düzlem ve Uzay Analitik Geometri.* Birsen yayinevi, İstanbul
- Pan, X.D. (1988) *Numerical Modelling of Rock Movements Around Mine Openings.* Ph. D. (Doktora) Tezi, Londra Univ., Imperial Collgen, MRE Bölümü, londra.
- Priest., S.D. (1985) *Hemispherical Projection Methods in Rock Mechanics,* Allen-Unwin Yayinevi, Londra.
- Silverman, R.A. (1985) *Calculus with Analytic Geometry.* Pentice-Hall, New Jersey.

BİLGİSAYAR YARDIMI İLE DELME - PATLATMA TASARIMI

Ümit ÖZER ve Mesut ANIL

Ç.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Balcalı / ADANA

ÖZET : Bu çalışmada delme - patlatma tasarımları için geliştirilmiş bazı yaklaşımalar incelenmiştir. Bu amaçla Hekimhan - Deveci Demir Madeni ocağında yerinde incelemeler yapılmış, cevher ve pasadan numuneler alınmış, alınan numuneler laboratuvara nokta yük ve tek eksenli basınç testlerine tabii tutulmuş ve formasyon özellikleri tespit edilmiştir.

FORTRAN 77 programlama dili kullanarak PATDIZ adı verilen bir bilgisayar programı yazılmış ve elde edilen deneysel ve gözlemlisel veriler kullanılarak Deveci ocağı için program oluşturulmuştur. Programın ürettiği sonuçlar ocakta denenmiş ve irdelemesi yapılmıştır.

COMPUTER AIDED DRILLING - BLASTING DESIGN

ABSTRACT : In this study some approaches that are used to improve drilling-blasting design were studied. In the aim of the subject some studies were done in the Hekimhan - Deveci Iron Mine, samples were taken from ore and waste, and these samples were used to find out characterization of formations by using point-load index and uniaxial compressive strength tests.

A computer program which is called PATDIZ written by using FORTRAN 77, was run over the data obtained from test and observation results of Deveci open pit. The analysis of the results obtained from PATDIZ have been given in the paper.

1. GİRİŞ

Delme - patlatma çalışmaları, yüksek maliyetli bir çalışma olması ve daha sonraki madencilik çalışmalarına hazırlık özelliği taşımasından dolayı çok önemlidir. Bu nedenle tüm çalışmalarında olduğu gibi delme - patlatma çalışmasına başlamadan önce iyi bir etüt ve planlanmanın yapılması gerekmektedir. Bunun için delme - patlatma olayında etken olan parametrelerin çok iyi bilinmesi ve incelenmesi zorunludur. Bununla birlikte çalışma alanı için bir delme patlatma tasarımları yapılmalıdır ve bu tasarım deneme atımları ile desteklenerek uygulanmaya geçilmelidir.

2. DELME - PATLATMADA ETKİLİ OLAN PARAMETRELER

Bilindiği gibi delme - patlatmada etkili olan parametreler,

- Doğal Parametreler
- Kontrol Edilebilen Parametreler
- Teknik Faktörler
- Ekonomik Faktörler,

olarak ayrılmaktadır (Gregory, 1979., Tamrock, 1984., Gustafsson, 1979., Hagan, 1974., Konya and Walter, 1990., Langefors and Kihlström, 1963., Olofsson, 1990).

2.1. Doğal Parametreler

Doğal parametreler olarak formasyon özelliklerini incelemek mümkündür. Bunlar gözlemsel ve deneysel metodlarla tesbit edilebilirler. Süreksizlik takımlarının doğrultu ve eğim yönleri jeolog pusulası yardımı ile tesbit edilebilir. Diğer formasyon özellikleri ise kaya mekaniği deneyleri ile bulunabilir. Doğal parametreleri şöyle sıralamak mümkündür:

- Basınç ve çekme dayanımı
- İçsel sürtünme açısı
- Kohezyon değeri
- Dalga yayılma hızı
- Elastisite modülü
- Süreksizlik aralığı, doğrultu ve eğimi
- Nem ve su içeriği
- Yoğunluk,

Deneysel ve gözlemsel metodlarla tesbit edilen bu özellikler, tasarım aşamasında mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

2.2. Kontrol Edilebilen Parametreler

Bunlar tasarım büyülükleri olup, patlayıcı özellikleri ve formasyon özellikleri göz önüne alınarak belirlenir. Bunlar;

- Dilim kalınlığı

- Delikler arası mesafe
- Delik taban payı
- Sıkılama payı
- Delik çapı, delik boyu ve basamak yüksekliği
- Sarj kolonu boyu
- Sarj miktarı
- Gecikme süresi
- Ateşleme şekli ve yönü
- Ateşlemenin boyutu,

gibi özelliklerdir (Gregory, 1979., Tannock, 1984., Gustafsson, 1979., Hagan, 1974., Konya and Walter, 1990., Langefors and Kihlström, 1963., Olofsson, 1990., Bilgin, 1986). Bir delme - patlatma tasarımda mutlaka göz önünde bulundurulması gereken bu büyülükleri değişik hesaplama teknikleri ile tespit etmek mümkündür (Özer ve Anıl, 1996). Bu büyülüklerin bazı yaklaşımlara göre hesaplanma teknikleri Tablo 1'de verilmiştir.

2.2.1. Dilim Kalınlığı (B)

Patlatma tasarımlarının çoğu temel parametre dilim kalınlığıdır ve tasarım buna bağlı olarak yapılmaktadır. Dilim kalınlığı, delik ekseni ile ayna yüzeyi arasındaki mesafedir. Bir atımda kayacın istenen boyutta ve tamamen kırılması, fakat yerinden fazla hareket etmemesi durumunda kritik dilim kalınlığına erişilmiş olunur (Bilgin, 1986). Bu çalışmada incelenen yaklaşımlar dilim kalınlığının tespitine değişik şekillerde yaklaşmışlardır (Tablo 1).

2.2.2. Delikler Arası Mesafe (S)

Delikler arası mesafe, deliklerin aynaya paralel olarak sıralanmışında, birbirleri arasındaki uzaklık olup, patlama anında birbirleriyle yardımlaşmaları bakımından önemli bir büyülüktür. Delikler arası mesafe; dilim kalınlığına, formasyon özelliklerine, patlayıcı madde özelliklerine bağlıdır. Bu çalışmada incelenen yaklaşımlara göre delikler arası mesafe hesap teknikleri Tablo 1'de verilmiştir.

2.2.3. Delik Taban Payı (U)

Delik taban payı, kontrol edilebilen parametrelerden birisi olup, büyülüğu, yapılan çalışmanın, ekonomikliğini ve hızını etkiler. Delik taban payı için kullanılan hesaplama yöntemleri Tablo 1'de verilmiştir.

2.2.4. Sıkılama Payı (h_0)

Sıkılama, delik üst kısımlarında gazların kaçmaması için yumuşak malzeme ile yapılmış tıkaçdır ve iyi bir sıkılamada delikteki yüksek basınçlı gaz uzun süre iş görür ve kullanılan kg patlayıcı başına yapılan iş miktarı artar (Paşamehmetoğlu ve

Tablo 1: Yaklaşımın Hesap Teknikleri.

Yaklaşım	B (m)	S (m)	U (m)	h_0 (m)	H (m)	Q (ton)	V (m^3)
(1) Arıoğlu	$(0.026xd)+0.41$	$(0.97xB)+0.25$	$0.33xB$	$h_0=B$	h_0+UBY	$0.785 \times B^2 \times h_T \times \alpha \times \gamma_e$	BxKxS
(2) Hagan	$(20 - 35)xd$	$40xd$	$8xd$	$(20 - 60)xd$	h_0+UBY	$h_T \times \Pi \times \gamma_e \times (d^2/4)$	BxKxS
(3) Konya	$B_d = 0.67xD_c\alpha (s / \gamma_f)^{0.33}$ $B = B_d K_f K_s K_p K_s$	$(dxK)^{1/2}$	$0.3xB$	$0.45xd (s/h)^{0.33}$	h_0+UBY	$h_T \times \Pi \times \gamma_e \times (d^2/4)$	BxKxS
(4) Olofsson	$1.36xh^{1/2} R_1 x R_2$	$1.25xB_{max}$	$0.3dB_{max}$	B_{max}	$H = K + U$	$h_T \times l_b$	BxKxS
(5) Langefors	$\frac{d}{3.3} \sqrt{\frac{Pxs}{c \times f_x (SD)}}$	$1.25dB$	$0.3dB_{max}$	B	h_0+UBY	$h_T \times \Pi \times \gamma_e \times (d^2/4)$	BxKxS
(6) Gustafsson	B_{max}	$1.25xB$	$0.3dB_{max}$	B	h_0+UBY	$h_T \times \Pi \times \gamma_e \times (d^2/4)$	BxKxS
(7) Çataklı Kayaçlar İçin Bir Yaklaşım	$\frac{4.5xd}{1000} \sqrt{0.32 * \frac{\gamma_p}{m \times h}}$	$45xd$	$0.3xS$	$DK \text{ veya } 1.3 \times B \times \sqrt{\frac{V_s}{V_d}} \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma_f}}$	h_0+UBY	$w^3 n x f x s x v x g x (a/e) x A x E$	BxKxS
(8) Tamrock	$(20 - 40)xd$	$1.25xB$	$0.35xB$	$H-h_T$	$K+(0.38xDK)$	(Q_b+Q_c)	BxKxS

Simgeler

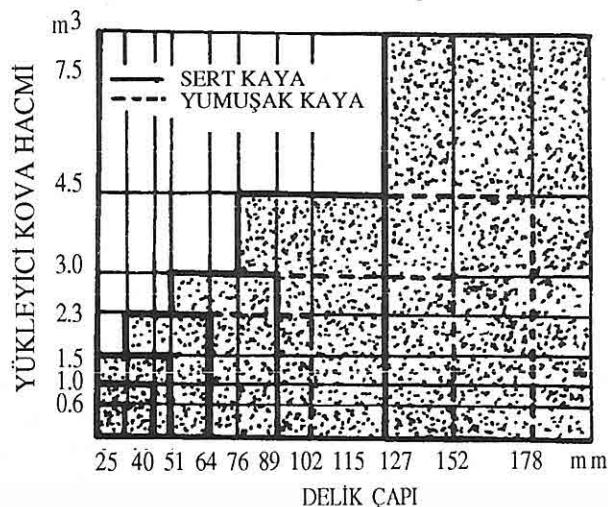
B_{max} = Maksimum dilim kalınlığı	$h=1.04, 45^\circ$ için $h=1.4$
s = Kayacın eşit ağırlıktaki ANFO'ya oranı	D_e = Delik çapı (inç)
S = Delikler arası mesafe	α_d = Doldurma oranı
B_1 = Pratik dilim kalınlığı	γ_f = Formasyon özgül ağırlığı
B = Dilim kalınlığı	B_f = Bulunan dilim kalınlığı
d = Delik çapı	h_0 = Sıkılama payı
f = Atım güçlüğü katsayısı (Tablo değeri)	U = Delik taban payı
\bar{c} = Kayacın gerçek patlatılabilirlik katsayısı	γ_s = Sıkılama malzemesi özgül ağırlığı
K = Basamak yüksekliği	V_d = Patlayıcı madde detonasyon hızı
H = Delik boyu	V_s = Sıkılama istikametinde kayaç sismik hızı
$UBY = K_s \cdot Sino$	$h_b = 1.3 \times B$ (Taban şarji boyu)
α = Delik Ekseninin düşeyle yaptığı açı	$h_c = H - (2.3 \times B)$ (Kolon şarji boyu)
l_b = Şarj yoğunluğu (Tablo değeri)	$h_T = (h_b+h_c)$ (Toplam şarj boyu)
R_1 = Delik eğimi düzeltme faktörü (Tablo değeri)	Q = Şarj miktarı
R_2 = Kaya sabiti düzeltme faktörü (Tablo değeri)	Q_b = Taban şarji miktarı
K_f = Atım sıra sayısı düzeltme faktörü (Tablo değeri)	Q_c = Kolon şarji miktarı
γ_e = Patlayıcı yoğunluğu	W^3n = Dilim kalınlığı faktörü (Tablo değeri)
K_d = Kayaç yataklanma türü düzeltme faktörü (Tablo değeri)	f_f = Kayaç mukavemet faktörü (Tablo değeri)
P = Patlayıcı madde faktörü	S_f = Kayaç strütür faktörü (Tablo değeri)
K_s = Jeolojik yapı düzeltme faktörü (Tablodegeri)	V_f = kayaç gerilim faktörü (Tablo değeri)
m = Özgül patlayıcı madde miktarı	e = Patlayıcı madde brizans değeri (Tablo değeri)
h = Delik eğimi faktörü (90° için $h=1.01$, 70° için	E = Delik eğimi faktörü (Tablo değeri)

Arkadaşları, 1991). Sıkılama miktarı için geliştirilen bağıntılar ise Tablo 1'de verilmiştir.

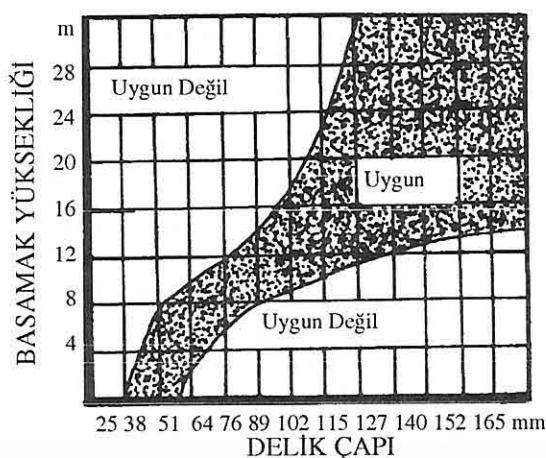
2.2.5. Delik Çapı (d), Delik Boyu (H) ve Basamak Yüksekliği (K)

Delik boyunu ve basamak yüksekliğini etkileyen iki tür parametre vardır. Birinci türde hava şoku, kaya fırlaması ve yer sarsıntısı etkili olurken, ikinci türde ise kullanılan makina ve ekipmanın kapasiteleri ve istenen parçalanma boyutu etkili olmaktadır.

Delik çapının, basamak yüksekliği ve mevcut yükleyici kova hacmi göz önüne alınarak seçilmesi optimum sonuçların alınması bakımından önemlidir. Delik çapı ve yükleyici kova hacmi arasındaki ilişki Şekil 1'de görülmektedir. Şekil 2'de ise basamak yüksekliği ve delik çapı arasındaki ilişki görülmektedir. Delik boyu; basamak yüksekliğine ve deliğin eğimli olup olmamasına bağlıdır. Delik boyu hesabı için kullanılan matematiksel ifadeler Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1 : Yükleyici Kova Hacmi ve Delik Çapı Arasındaki İlişki (Tamrock, 1984).

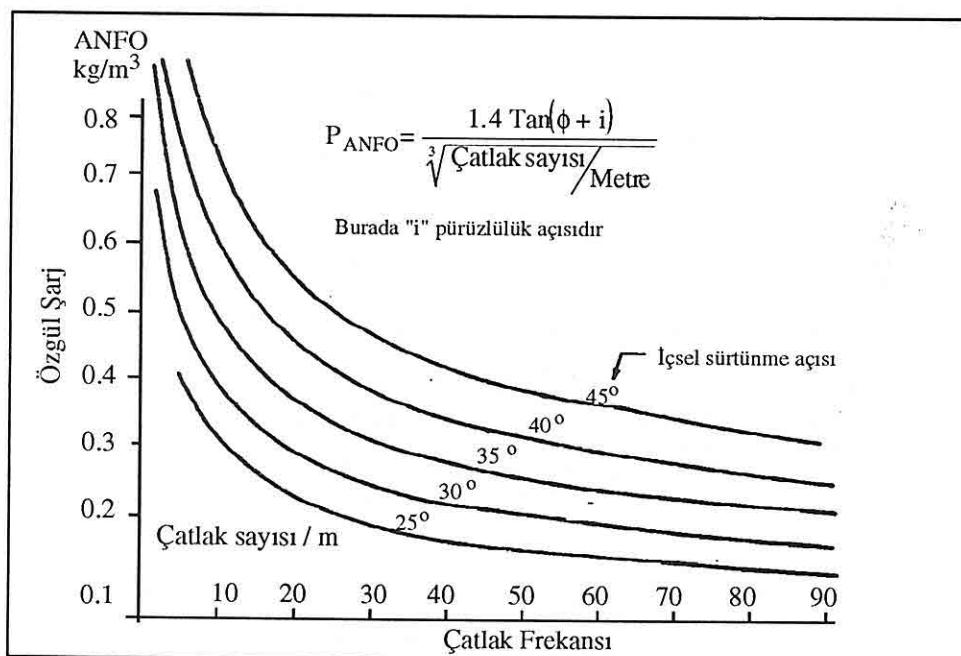


Şekil 2 : Basamak Yüksekliği ve Delik Çapı Arasındaki İlişki (Tamrock, 1984).

2.2.6. Şarj Miktarı (Q)

Bir patlatma tasarımindan en önemli unsurlardan biriside şarj miktarıdır. Şarj

miktارının optimum bir şekilde kullanılması için özgül şarj miktarının iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Özgül şarj miktarının tesbiti için bir empirik ilişki geliştirilmiştir (Şekil 3). Optimum şarj miktarı için geliştirilen bağıntılar Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 3 : Ashby Tarafından Geliştirilen Özgül Şarj Miktarı, Çatlak Frekansı ve İçsel Sürtünme Açıları Arasındaki İlişki (Paşamehmetoğlu ve Ark., 1991).

2.2.7. Gecikme Süresi, Ateşleme Şekli, Boyutu ve Yönü.

Ateşleme şekli ve yönü, ateşleme sırası yani gecikme süresi ile ilgilidir. Gecikmeli kapsül kullanıldığından ateşleme sırasını ve yönünü kontrol etmek veya yönlendirmek daha kolaydır. Atım grubu boyutunu mümkün olduğu kadar fazla tutmak genellikle daha ekonomiktir. Çünkü bir seferde gevşetilen malzeme miktarı daha fazladır. Bununla birlikte atım grubunun büyük olması, bir seferde patlayan patlayıcı madde miktarını artırdığından sarsıntı ve şok dalgalarının fazla olmasına yol açabilir. Çevrede sarsıntıdan etkilenen yapı olması durumunda veya stabilite problemi olan ocaklarda bu durum sakincalıdır.

2.3. Teknik Faktörler

Bu grupta ise patlayıcı ile ilgili özelliklerin yanı sıra işletmede kullanılan veya kullanılması düşünülen makina ve ekipman özellikleri ve kapasiteleri etkendir.

Patlayıcı özellikleri olarak,

- Patlama basıncı
- Detonasyon hızı
- Yoğunluk
- Gaz hacmi gözönünde buludurulabilir.

Makina özellikleri olarak yükleyici makinanın kova hacmi, dolayısı ilede yiğinden malzeme alabilme kabiliyeti göz önünde tutulmalıdır. Şekil 1'de yükleyici kova hacmi ile delik çapı arasındaki ilişki görülmektedir. Teknik faktörler içerisinde, işletme büyülüklüklerinde koymak mümkündür, buda basamak boyutlarıdır. Basamak yüksekliği ile delik çapı arasında bir ilişki mevcuttur (Şekil 2).

2.4. Ekonomik Faktörler

Bu grupta ise kullanılan malzemelerin temini, fiyatı ve patlatma başarısı için içine girmektedir. Ekonomik bir çalışma yapabilmek için herseyden önce gereksiz patlayıcı kullanımından kaçınılmalıdır. Aynı zamanda patlama öyle olmalıdır ki, patlama sonrası oluşan yiğin düzenli ve yükleyici için kolay alınabilir bir yiğin olmalıdır. Zira makina yıpranmasına ve zaman kaybına yol açar. Ayrıca parçalanma sonucu en büyük blok boyutunun kırıcı giriş açıklığından büyük olmaması istenir aksi halde ikincil bir patlatma (patarlama) işlemine veya mekanik bir kırma işlemeye gerek duyulur buda yüksek maliyetli bir çalışma demektir.

4. FORMASYON ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada, uygulama alanı olarak seçilen Hekimhan - Deveci ocağından alınan ve laboratuvara nokta-yük ve tek eksenli basınç deneyine tabii tutulan, formasyon özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2 : Deveci Ocağına Ait Formasyon Özellikleri.

	I_s (kg/cm ²)	σ_c (kg/cm ²)	ζ_f (ad/m)	ϕ	δ (kg/cm ³)	V_p (m/sn)	E (kg/cm ²)
Siderit	79.2	1901	2	35°	3.5	1555	665280
Serpantin	42.3	1015.2	4	25°	2.65	1209	355320

I_s : Nokta Yük İndeksi

ϕ : İçsel Sürtünme Açısı

δ : Yoğunluk

V_p : Dalga Yayılma Hızı

σ_c : Basınç Dayanımı

E : Elastisite modülü

ζ_f : Çatlak aralığı

v : Poisson oranı

$$\text{Burada } V_p; \quad V_p = \left[\frac{E(1-v)g}{\delta(1+v)(1-2v)} \right]^{1/2} \quad (\text{Tanrıverdi}, 1970)$$

formülü ile, E ve v' de

$E = 352 \sigma_c$ (Birön ve Arıoğlu, 1985)

$v = 1 / m$, $m = 5$ (Köse ve Kahraman, 1989) bağıntıları kullanılarak hesaplanmıştır.

5. BİLGİSAYAR PROGRAMININ TANITIMI

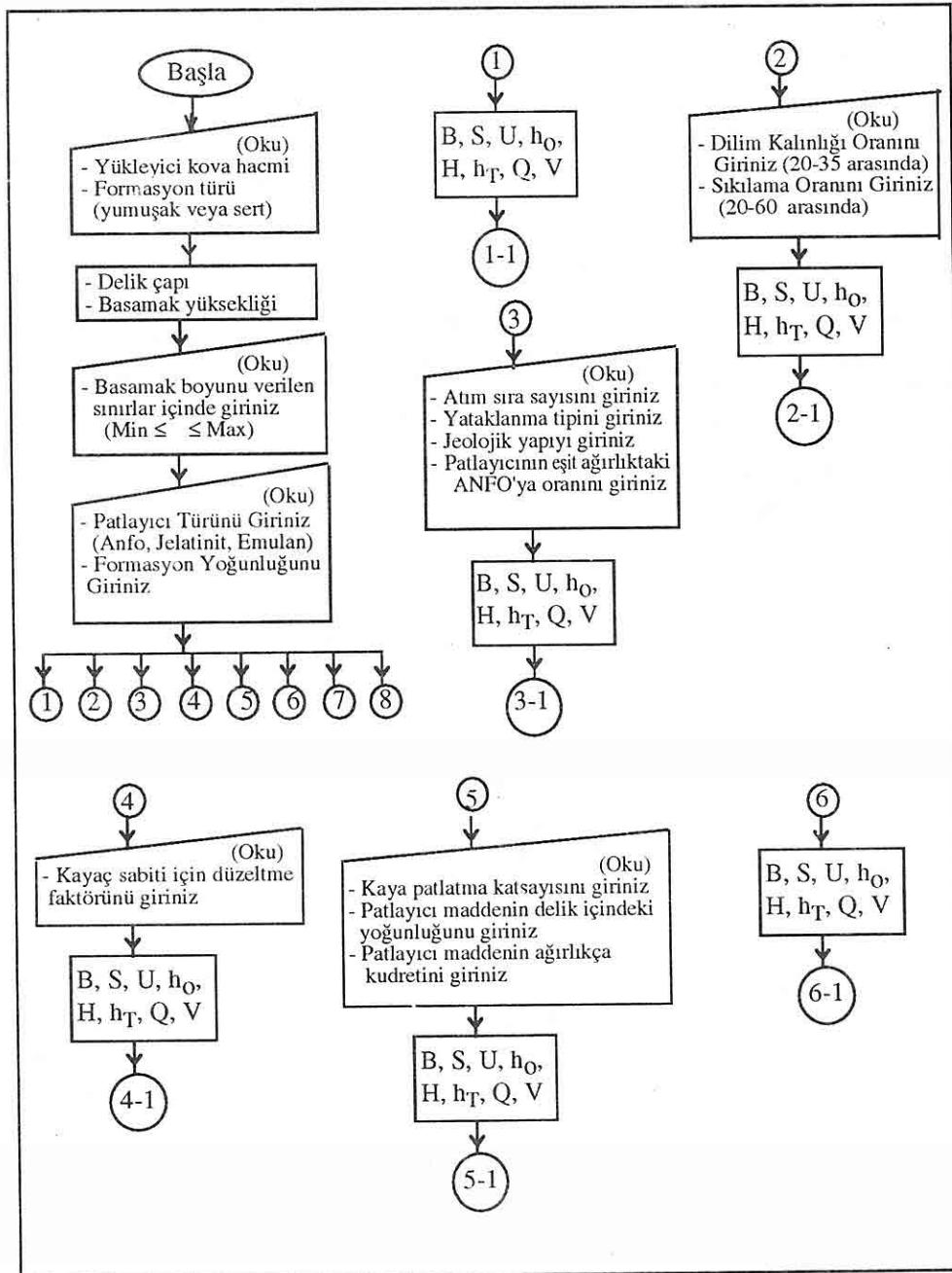
FORTRAN 77 programlama dili kullanılarak yazılan ve PATDIZ adı verilen program, 8 değişik yaklaşımıma göre delme - patlatma tasarımlı yapmaktadır.

Ancak programın temeli, yükleyici makina kova hacmi üzerine kurulmuş olup, delik çapı ve basamak yüksekliği buna bağlı olarak program tarafından hesaplanmaktadır. Formasyon türüne göre yükleyici kova hacmini girdiğimizde 1 nolu şekildeki ilişkiden faydalananarak uygun delik çapı bulunur. Program, bulduğu delik çapını kullanarak Şekil 2'den uygun basamak yüksekliğinin belirli iki değer aralığında seçmesini ve klavye vasıtası ile bu değerin girilmesini ister. İşletme boyutu, şev stabilitesi, makina kapasitesi gibi özellikler gözönüne alınarak bu değerler aralığında seçilen basamak yüksekliği, klavyeden girilir. Daha sonra patlayıcı madde türü, formasyon yoğunluğu ve delik eğimi klavyeden girilerek programın değişik yaklaşımına göre tasarımlar yapmasına olanak verilir. Program akış diyagramı Şekil 4'de görülmektedir.

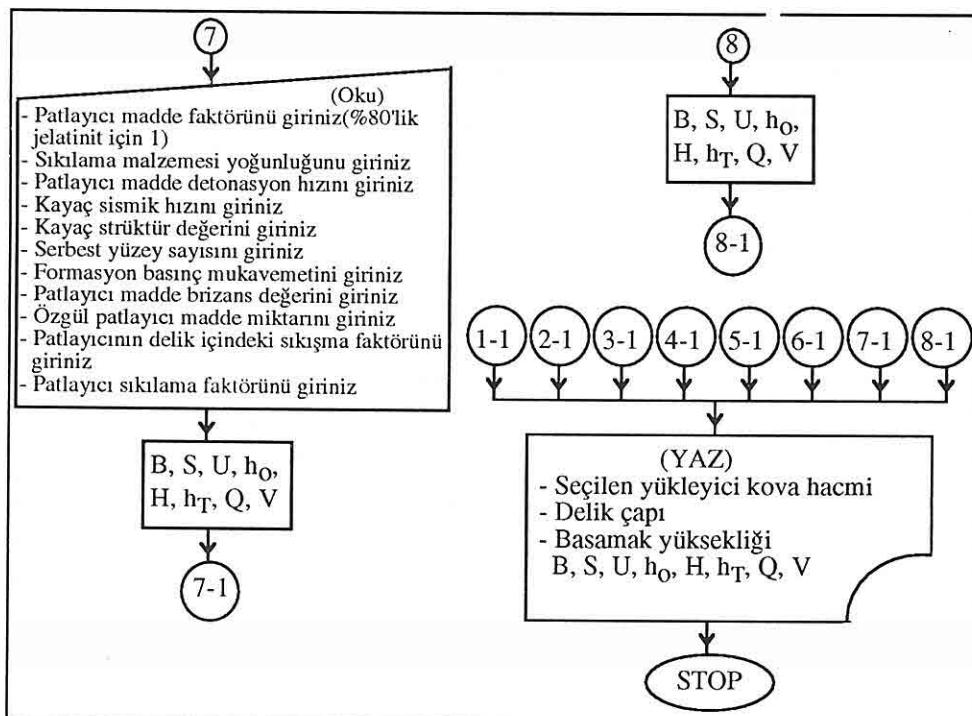
Deveci ocağına ait formasyon özellikleri ve patlayıcı madde özellikleri kullanılarak çalıştırılan PATDIZ programının ürettiği sonuçlar Tablo 3, 4, 5 ve 6'da verilmiştir. Program Deveci ocağı için 4.5 m^3 ve 3.5 m^3 kova hacimli yükleyiciler için delik çapını 127 mm olarak seçmiştir. Yine program deveci ocağı için Basamak Yüksekliğini 12.5 m olarak hesaplamıştır.

Tablo 3 : Serpantin İçin PATDIZ Programı'nın Ürettiği Delme-Patlatma Dizaynı.

Yaklaşımalar	Yükleyici Kova Hacmi : 4.5 m^3							
	Delik Çapı : 127 mm							
	Basamak Yüksekliği : 12.5 m							
Yaklaşımalar	B (m)	S (m)	U (m)	h_o (m)	H (m)	h_T (m)	Q (ton)	V (m^3)
Arioglu	3.7	3.9	1.2	3.7	14.2	10.5	.12	185.82
Hagan	3.2	5.1	1.0	4.4	14.0	9.6	.11	209.68
Konya	4.0	7.2	1.6	4.0	14.6	10.6	.12	374.35
Olofsson	4.3	6.0	1.4	4.3	14.4	10.2	.12	332.83
Langefors	5.6	7.0	1.8	5.6	14.8	9.2	.11	509.93
Gustafsson	5.2	6.5	1.7	5.2	14.7	9.5	.11	443.39
Bir Yaklaşım	3.1	5.7	1.7	7.6	14.7	7.1	.08	226.73
Tamrock	3.8	4.8	1.3	3.8	14.4	10.6	.13	235.89



Şekil 4 : PATDIZ Programı Akış Diyagramı.



Şekil 4 'ün devamı.

Tablo 4 : Siderit İçin PATDIZ Programı'nın Ürettiği Delme-Patlatma Dizaynı.

Yükleyici Kova Hacmi : 4.5m ³ Delik Çapı : 127 mm Basamak Yüksekliği : 12.5 m								
Yaklaşımalar	B (m)	S (m)	U (m)	h_O (m)	H (m)	h_T (m)	Q (ton)	V (m ³)
Arıoğlu	3.7	3.9	1.2	3.7	14.2	10.5	.12	185.82
Hagan	3.2	5.1	1.0	4.4	14.0	9.6	.11	209.68
Konya	3.9	7.1	1.6	3.9	14.6	10.7	.12	363.21
Olofsson	4.3	6.0	1.4	4.3	14.4	10.2	.12	332.83
Langefors	5.6	7.0	1.8	5.6	14.8	9.2	.11	509.93
Gustafsson	5.2	6.5	1.7	5.2	14.7	9.5	.11	443.39
Bir Yaklaşım	3.1	5.7	1.7	4.6	14.7	10.1	.12	226.73
Tamrock	3.8	4.8	1.3	3.8	14.4	10.6	.13	235.89

Tablo 5 : Serpantin İçin PATDIZ Programı'nın Ürettiği Delme-Patlatma Dizaynı.

Yükleyici Kova Hacmi : 3 m³ Delik Çapı : 127 mm Basamak Yüksekliği : 12.5 m								
Yaklaşımalar	B (m)	S (m)	U (m)	h ₀ (m)	H (m)	h _T (m)	Q (ton)	V (m ³)
Arioğlu	2.7	2.9	.9	2.7	13.9	11.2	.06	102.42
Hagan	2.2	3.6	.7	3.1	13.7	10.6	.06	102.97
Konya	3.7	6.9	1.5	3.7	14.5	10.8	.06	333.28
Olofsson	2.8	4.2	1.0	2.8	14.0	11.2	.06	151.89
Langefors	3.8	4.7	1.3	3.8	14.3	10.5	.06	232.07
Gustafsson	3.5	4.4	1.2	3.5	14.2	10.7	.06	202.37
Bir Yaklaşım	2.3	4.0	1.2	5.6	14.2	8.6	.05	117.37
Tamrock	2.7	3.3	.9	2.7	14.0	11.3	.06	115.8

Tablo 6 : Siderit İçin PATDIZ Programı'nın Ürettiği Delme-Patlatma Dizaynı.

Yükleyici Kova Hacmi : 3 m³ Delik Çapı : 127 mm Basamak Yüksekliği : 12.5 m								
Yaklaşımalar	B (m)	S (m)	U (m)	h ₀ (m)	H (m)	h _T (m)	Q (ton)	V (m ³)
Arioğlu	2.7	2.9	.9	2.7	13.9	11.2	.06	102.42
Hagan	2.2	3.6	.7	3.1	13.7	10.6	.06	102.97
Konya	3.7	6.9	1.5	3.6	14.5	10.8	.06	325.76
Olofsson	2.8	4.2	1.0	2.8	14.0	11.2	.06	151.89
Langefors	3.8	4.7	1.3	3.8	14.3	10.5	.06	232.07
Gustafsson	3.5	4.4	1.2	3.5	14.2	10.7	.06	202.37
Bir Yaklaşım	2.3	4.0	1.2	3.4	14.2	10.8	.06	117.37
Tamrock	2.7	3.3	.9	2.7	14.0	11.3	.06	115.84

6. SONUÇLAR

Çalışmanın yapıldığı dönemde ocakta uygulanmakta olan, Siderit için $B = 5 \text{ m}$, $S = 5 \text{ m}$ Serpantin için $B = 6 \text{ m}$, $S = 6 \text{ m}$ boyutundaki patern ile yapılan atımlarda %25 civarında iri blok çıktıgı gözlenmiştir. 4.5 m^3 ve 3 m^3 kova hacimli yükleyiciler kullanıldığında, PATDIZ programının ürettiği sonuç tablolara bakıldığında, Formasyon özelliklerini göz önünde bulunduran yaklaşımlarda Siderit ve Serpantin için B , S , U , ho , H , ht , Q , V büyülüklükleri farklılık göstermektedir. Bununla birlikte formasyon özelliklerini göz önünde bulundurmayan yaklaşımlarda ise bu büyülüklükler formasyon cinsine bağlı olmaksızın aynı delik çapı ve aynı basamak yüksekliğinde değişim göstermemiştir.

Programın ürettiği sonuçlar Deveci ocağına uygulanmış olup, patlatma sonucu oluşan yoğun şekli ve gevşekliği, iri blok yüzdesi (%10) gözönüne alındığında (iri blok boyutu için baz olarak yükleyici makinanın kovaya alabilme kabiliyeti ve cevher için kırıcı giriş açıklığı olan 800 mm gözönüne alınmıştır) optimum sonucu Serpantin için Tamrock, Siderit için Arioğlu yaklaşımı vermiştir.

Yapılan çalışmalarda, deneme atımı sayısını azaltmak için önceden uygulanmakta olan delik geometrisi büyülüklüklerine yakın değerde sonuç üreten yaklaşımlar olan Konya, Olofsson, Lange fors, Gustafsson yaklaşımları için deneme atımları yapılmamıştır.

Ancak çalışmanın yapıldığı dönemde işletmede gecikmeli kapsül kullanılmadığından atımlarda gecikme uygulanmamıştır, gecikmeli kapsül kullanımının sonuçları değiştireceği unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Arioğlu, E., 1990., Açık İşletmelerde Patlatma Tasarımında Dilim Kalınlığının Belirlenmesine İşletme ve Jeomekanik Büyüülüklükleri Gözeten Yarı Analistik Bir Yaklaşım., Ulusal Kaya Mekanığı Sempozyumu., Ankara. Sayfa 55-81.
- Bilgin H. A., 1986., Açık İşletmelerde Patlatma Sorunları ve Tasarımı., Seminer., O.D.T.Ü. Maden Müh. Böl., 102 sayfa.
- Birön, C., ARIOĞLU, E., Madenlerde Tahkimat İşleri ve Tasarımı., Birsen Yayınevi., 360 sayfa.
- Demirci, A., 1984., Açık İşletmelerde Delik Geometrisinin Belirlenmesi ve Çatlaklı Kayaçlara Uygulanması., Etibank Bülteni., Sayı 68., Sayfa 3-8.
- Gustafsson, R., 1973 Swedish Blasting Technique., Published By SPI., Gothenburg., Sweden., 378 pages.
- Hagan, T. N., 1974., Rock Breakage By Explosives., Australian Geomechanic National Symposium Of Fragmentation., Alaide., pp
- Konya, C. J., Walter, E. J., 1990., Surface Blast Design., A Division of Simon and Schuster., New Jersey.,pages.

Köse, H., Kahraman, B., 1989., Kaya Mekanigi,D.E.Ü. Müh. Fak., Yayın No MM/MAD-89 EY 177.

Langefors, U., Kihlström, B, A. 1963., *The Modern Technique of Rock Blasting.*, John Wiley and Sons Inc., New York,pages.

Olafsson, S, O.,1990., *Applied Explosives Technology For Construction And Mining.*, Second Edition., 301 pages.

Özer,Ü., ANIL,M., 1994., *Delme-Patlatma Tasarım için kullanılan bazı yaklaşımların ampirik olarak incelenmesi*,2.Delme-Patlatma Sempozyumu,16-18 Ocak,Ankara,Sayfa 107-112.

Tamrock., 1984., "Handbook on Surface Drilling and Blasting",, 310 p.

Tanrıverdi, İ., 1970., *Kaya Mekanigi Ve İnşaat İşlerinde Tatbikati.*, Mars Matbaası., 442 sayfa.

GEOSOUND/YERBİMLİMLERİ 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 6 sayfayı geçemez. Ancak yazarları tarafından ısrar edilen ve kısaltılamayacak makaleler her yıl sayfa başına tesbit edilen katkı payı miktarı kadar ödeme yapılarak yayınlanabilir. Yazılar A4 ebadındaki kağıtların bir yüzüne çevresine 2.5 cm boşluk bırakılarak yazılmalı, harita, kesit ve levhalar da aynı boyutta hazırlanmalıdır. Yazılar Macintosh bilgisayarda herhangi bir program dilinde hazırlanarak makale ekinde yazı disketi ile verilmelidir. Macintosh imkanı olmayan yazarlar ücret ödeyerek yazılarını yayın sekreterliğine yazdırabilirler.

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 bölüstürülür. Yayınlanan yazılar için telif hakkı ödenmez.

Şekiller, haritalar, grafikler aydinger üzerine çini mürekkep kullanılarak, koyu bir şekilde çizilmeli, fotoğraf ve levhalar 13x19 cm boyutundaki çerçeve dışına çıkarılmadan hazırlanmalıdır. Yerbilimleri / Geosound ofset metoduyla basıldığı için yazıların mizanpajı yazarlar tarafından yapılmalı, şekiller, tablolar, fotoğraflar metin içine yerleştirilmeli ve alt yazılar tek dilde yazılmalıdır.

Makaleler, biri orjinal olmak üzere 3 nüsha halinde aşağıdaki adrese disketile birlikte gönderilmelidir.

Yerbilimleri / Geosound Editörlüğü
Ç.Ü.Müh.Mim.Fakültesi
Jeoloji ve Maden Mühendisliği Bölümleri
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel (Fax) : 338 67 11 veya 338 63 57 (Tel) 338 61 26 (Fax)

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 6 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
Ç.Ü.Müh.Mim.Fakültesi
Jeoloji ve Maden Mühendisliği Bölümleri
01330 - Balcalı / ADANA / TÜRKİYE
Tel (Fax) : 338 67 11 veya 338 63 57 (Tel) 338 61 26 (Fax)