



CİLT 12  
VOL

SAYI 1-2  
NO

HAZİRAN / ARALIK 1997  
JUNE / DECEMBER

ISSN 1019-1011

### İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

- The Solution of the Nonsymmetrical Contact Problem of an Elastic Layer Supported by Two Elastic Quarter Planes Using Three Different Methods  
*İki Elastik Çeyrek Düzlem ile Üzerlerine Oturan Elastik Bir Tabakanın Simetrik Olmayan Temas Probleminin Üç Değişik Yöntemle Çözümü*  
Orhan AKSOĞAN, S.Seren AKAVCI, Adib A. BECKER ..... 1
- Çok Sıra Boşluklu Perdelerin Sürekli Bağlantı Yöntemi Kullanılarak Statik Analizi  
*The Static Analysis of Multi-Bay Pierced Shear Walls by the Continuous Connection Technique*  
Murat BİKÇE, Orhan AKSOĞAN ..... 15
- Konut Çevrelerinde Kalite Seviyesinin Modellenmesi ve Adana Örneği  
*The Model for Quality of Evaluation the Housing of Domicile and Adana Sample*  
Serpil ÇERÇİ ..... 31
- Bozulabilen Ürünler İçin Fiyat İndirimli Stokastik Envanter Politikalarının Simülasyon ile İncelenmesi  
*Analysis of Price-Discounted Stochastic Inventory Policies for Perishable Items Using Simulation*  
Müjgan KURT, Rızvan EROL ..... 37
- Kalite İyileştirme Çalışmalarında İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Uygulanmasına Yönelik Bir Araştırma  
*An Investigation on Statistical Process Control Approaches at Quality Improvement Studies*  
Funda YILDIRIM, Hakan ÖNTÜRK ..... 43
- İşletmelerde Kalite Maliyetlerinin Ölçülmesi İçin Kantitatif Bir Yaklaşım  
*A Quantative Approach to Assess the Quality Costs in Manufacturing Firms*  
Seyit Ali GÜL, Funda YILDIRIM ..... 49

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ**  
**DERGİSİ**

*Çukurova University, Journal of Faculty of Engineering and Architecture*

**Sahibi**

A.Hamit SERBEST  
Çukurova Üniversitesi  
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanı

**Editör**

Mesut ANIL

**YAYIN KURULU**

Mesut ANIL                      Yusuf GÜRÇINAR  
Beşir ŞAHİN                      Hasan ÇETİN  
Recep YURTAL

**YAZI İNCELEME KURULU (Editorial Board)**  
(SÜREKLİ)

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| İ.Deniz AKÇALI (Ç.Ü.)  | Nur AKIN (İ.T.Ü.)       |
| Ergin ARIOĞLU (İ.T.Ü.) | Orhan AKSOĞAN (Ç.Ü.)    |
| Ahmet AYHAN (G.Y.T.E.) | Ergüzer BİNGÖL (Ç.Ü.)   |
| A.Feyzi BİNGÖL (F.Ü.)  | Baki CANİK (A.Ü.)       |
| Cavit DEMİRKOL (Ç.Ü.)  | İlhan ERHAN (M.S.Ü.)    |
| Aziz ERTUNÇ (Ç.Ü.)     | Cahit HELVACI (D.E.Ü.)  |
| M.Baki KARAMIŞ (E.Ü.)  | Erdal KEREY (İ.Ü.)      |
| Erhan KIRAL (Ç.Ü.)     | Salih KIRKGÖZ (Ç.Ü.)    |
| Erdem KOÇ (Ç.Ü.)       | Engin MERİÇ (İ.Ü.)      |
| Güven ÖNAL (İ.T.Ü.)    | Işık ÖZPEKER (İ.T.Ü.)   |
| Kazım PIHTILI (F.Ü.)   | Senai SALTOĞLU (İ.T.Ü.) |
| Hamit SERBEST (Ç.Ü.)   | Vedia TOKER (A.Ü.)      |
| Bedri TUÇ (G.Ü.)       | İbrahim UZMAY (E.Ü.)    |
| Servet YAMAN (Ç.Ü.)    | Cengiz YETİŞ (Ç.Ü.)     |
| Yücel YILMAZ (İ.T.Ü.)  | Tuncay YILMAZ (Ç.Ü.)    |

**(Bu Sayıda Görüşlerinden Yararlanılan Diğer Hakemler)**

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| Halil BAŞ (Niğde Ü.)   | Yüksel BURDURLU (S.Ü.)  |
| Cengiz DÜNDAR (Ç.Ü.)   | Ragıp ERDÖL (K.T.Ü.)    |
| Rızvan EROL (Ç.Ü.)     | Erkin ERTEN (Ç.Ü.)      |
| Mine İNCEOĞLU (İ.T.Ü.) | Halil KÖSE (Ege Ü.)     |
| Zeliha SELEK (Ç.Ü.)    | A.İhsan SÖNMEZ (E.Ü.)   |
| Funda YILDIRIM (Ç.Ü.)  | Çetin YILMAZ (O.D.T.Ü.) |

**YAZIŞMA ADRESİ**

Ç.Ü.Mühendislik-Mimarlık Fakültesi  
Dergi ve Yayın Kurulu Başkanlığı  
01330 Balcalı / ADANA

Tel: (322) 338 63 57 Faks: (322) 338 61 26

(Bu sayı Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Eğitim-Araştırma ve Güçlendirme Vakfı (ÇÜMVAK) - Yayıncılık ve Fuarçılık İktisadi İşletmesi (YA-FU) tarafından yayımlanmıştır).

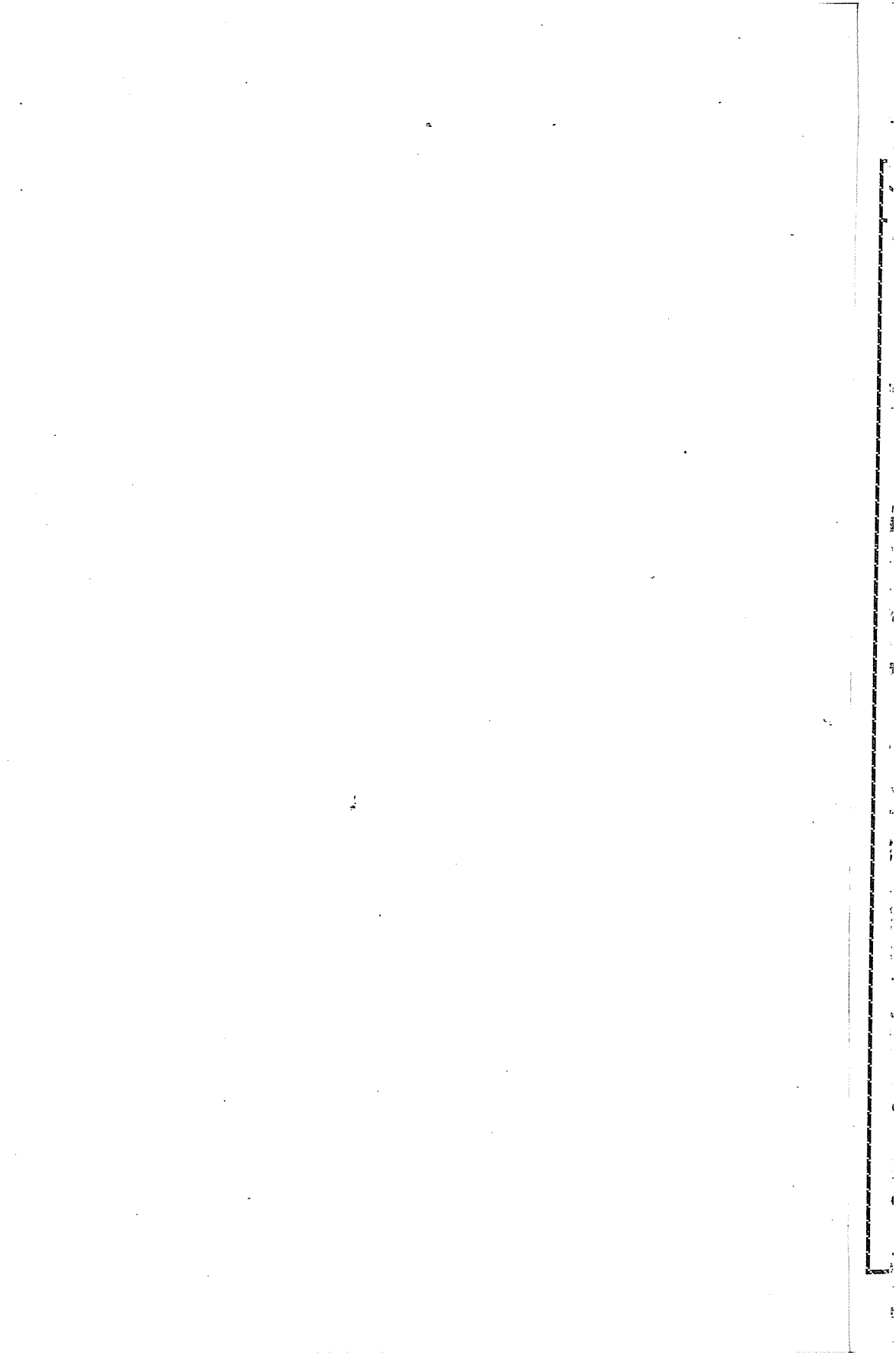
## ÖNSÖZ

Fakülte Dergimizin 12.cilt 1-2.sayısını yaklaşık bir yıllık gecikme ile yayınlayabildiğimiz için tüm yazarlarımız ve okurlarımızdan özür dileriz. 27 Haziran Adana depremi sebebiyle en az 3 ay süreyle Fakültemiz mensuplarının ve Dekanlığımızın tüm mesaisini bu konulara ayırması da bu gecikmede etkili bir unsur olmuştur.

Bu sayıda toplam 10 adet makaleye yer verilmiştir. Bu çalışmaların çoğu master ve doktora tezleriyle ilgilidir. Dizgisine başlanan 13.cildimiz de yine fakülte öğretim elemanlarımızca gerçekleştirilen tez çalışmalarına öncelik tanınacaktır.

Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Eğitim-Araştırma ve Güçlendirme Vakfı (ÇÜMVAK) - Yayıncılık ve Fuarçılık İktisadi İşletmesi (YA-FU) tarafından yayınlanan dergimize her türlü desteğini esirgemeyen Vakıf Başkanı ve Fakülte Dekanı Prof.Dr. A.Hamit Serbest'e, yazarlarımıza ve derginin yayına hazırlanmasında büyük emeği geçen Yayın Bürosu elemanı Filiz Karabıyık'a ve basımını büyük bir titizlikle gerçekleştiren Üniversitemiz Matbaası yetkililerine teşekkür etmeyi görev biliriz.

Yayın Kurulu





CİLT 12  
VOL

SAYI 1-2  
NO

HAZİRAN / ARALIK 1997  
JUNE / DECEMBER

ISSN 1019-1011

### İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

- The Solution of the Nonsymmetrical Contact Problem of an Elastic Layer Supported by Two Elastic Quarter Planes Using Three Different Methods  
*İki Elastik Çeyrek Düzlem ile Üzerlerine Oturan Elastik Bir Tabakanın Simetrik Olmayan Temas Probleminin Üç Değişik Yöntemle Çözümü*  
Orhan AKSOĞAN, S.Seren AKAVCI, Adib A. BECKER ..... 1
- Çok Sıra Boşluklu Perdelerin Sürekli Bağlantı Yöntemi Kullanılarak Statik Analizi  
*The Static Analysis of Multi-Bay Pierced Shear Walls by the Continuous Connection Technique*  
Murat BİKÇE, Orhan AKSOĞAN ..... 15
- Konut Çevrelerinde Kalite Seviyesinin Modellenmesi ve Adana Örneği  
*The Model for Quality of Evaluation the Housing of Domicile and Adana Sample*  
Serpil ÇERÇİ ..... 31
- Bozulabilen Ürünler İçin Fiyat İndirimli Stokastik Envanter Politikalarının Simülasyon ile İncelenmesi  
*Analysis of Price-Discounted Stochastic Inventory Policies for Perishable Items Using Simulation*  
Müjgan KURT, Rızvan EROL ..... 37
- Kalite İyileştirme Çalışmalarında İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Uygulanmasına Yönelik Bir Araştırma  
*An Investigation on Statistical Process Control Approaches at Quality Improvement Studies*  
Funda YILDIRIM, Hakan ÖNTÜRK ..... 43
- İşletmelerde Kalite Maliyetlerinin Ölçülmesi İçin Kantitatif Bir Yaklaşım  
*A Quantative Approach to Assess the Quality Costs in Manufacturing Firms*  
Seyit Ali GÜL, Funda YILDIRIM ..... 49

|  |     |
|--|-----|
| Büyükkaramanlı-Pulpınar (Pınarbaşı-Kayseri) Kromit Cevherleşmelerinin<br>Jeolojik, Metalojenik ve Ekonomik İncelemesi<br><i>The Investigation of the Geological, Metallogenical and Economical of<br/>Büyükkaramanlı-Pulpınar (Pınarbaşı-Kayseri) Chromite Deposits</i><br>İsmail AKÇA, Mesut ANIL ..... | 57  |
| Serrow-Urmiye (İran) Bölgesinde Yeralan Magmatik ve Metamorfik<br>Kayaçların Petrografisi ve Petrolojisi<br><i>Petrographic and Petrologic Investigation of Magmatic and<br/>Metamorphic Rocks of Serrow-Urmiye (Iran) Region</i><br>Ebrahim ELYASSİ, Fikret İŞLER, Mesut ANIL .....                     | 75  |
| Yeraltı Metal Maden İşletmelerinde Verimlilik ve Rasyonalizasyon<br><i>Productivity and Rationalization in Underground Metallic Mining</i><br>M.Suat DELİBALTA .....   | 93  |
| Katı Atık Bertaraf Teknolojilerinin Adana İçin Uygulanabilirliği<br><i>Applicability of Solid Waste Disposal Technologies for Adana City</i><br>Ahmet YÜCEER, Dilek SARIASLAN .....  | 105 |

**THE SOLUTION OF THE NONSYMMETRICAL CONTACT PROBLEM  
OF AN ELASTIC LAYER SUPPORTED BY TWO ELASTIC QUARTER  
PLANES USING THREE DIFFERENT METHODS\***

**Orhan AKSOGAN and Seren AKAVCI**

*Ç.Ü. Department of Civil Engineering, Adana/Turkey*

**Adib A. BECKER**

*University of Nottingham, Department of Mechanical Engineering, Nottingham*

**ABSTRACT :** *In this work, the nonsymmetrical plane elasticity problem of an elastic layer supported by two elastic quarter planes has been considered. The forgoing problem being solved by three different methods, the three solutions were compared and a perfect agreement was observed. The three methods, namely, the integral transform technique jointly used with a numerical solution technique for singular integral equations, the finite element method and the boundary element method, being dependent on completely different mathematical concepts, the very close match among their results is a perfect sign of their reliability.*

**İKİ ELASTİK ÇEYREK DÜZLEM İLE ÜZERLERİNE OTURAN ELASTİK  
BİR TABAKANIN SİMETRİK OLMAYAN TEMAS PROBLEMİNİN ÜÇ  
DEĞİŞİK YÖNTEMLE ÇÖZÜMÜ**

**ÖZET :** *Bu çalışmada, iki elastik çeyrek düzlem ile üzerlerine oturan bir elastik tabakanın simetrik olmayan temas problemi, düzlemsel elastisite problemi olarak incelenmiştir. Bu problem üç değişik yöntemle çözüldükten sonra üç çözüm karşılaştırılmış ve tam bir uyum içerisinde oldukları görülmüştür. Tekil integral denklemlere uygulanabilen sayısal bir çözüm tekniğiyle birlikte integral dönüşüm tekniğinden oluşan yöntem, sonlu elemanlar yöntemi ve sınır elemanlar yöntemi ile gerçekleştirilen bu üç çözümün, birbirlerinden tamamen değişik matematiksel kavramlara dayanıyor olmaları çok yakın uyum gösteren sonuçlarının güvenilirliğinin kesin bir göstergesidir.*

\* This work has been supported by NATO under Grant CRG.950184 and by the Çukurova University Research Fund under Grant ULS.MMF.98.10.

## 1. INTRODUCTION

There are quite a number of mathematical techniques to solve plane elasticity problems. So is the case, also, for nonlinear nonsymmetrical contact problems in which there may be two or more unknowns in the extent of contact surfaces. The present study considers such a problem in which an elastic layer is pressed against a pair of quarter planes. The contact surfaces are assumed to be frictionless and only compressive normal tractions can be transmitted through the contact area. Hence, the problem is that of a receding contact with two regions of unknown lengths (due to the nonsymmetry of the problem). The symmetrical case of the present problem has been solved by the first mentioned method in the abstract above, namely, the joint use of the integral transform technique and the numerical solution of singular integral equations [1]. The present problem is more sophisticated both analytically and numerically, due to the presence of two unknowns in the extent of the regions of contact, instead of the single one in the symmetrical case.

The similar problem of an elastic layer on an elastic half space was considered in [2-8]. The first three of them consider the layer to be an elastic continuum, whereas the latter ones consider it to be approximated by a thin plate having constant bending stiffness. Reference [3] deals with two unknowns in the extent of the contact regions as is the case in the present study.

A recent study [9] on the symmetrical case of the present problem, published by the present authors is a comparative study on the subject, in which the results of [1] are compared with those found by the authors with the PAFEC finite element computer program [10] and the BEACON boundary element computer program [11]. A perfect agreement of the results of the three methods has been reported in the abovementioned publication.

In the present study, starting with the basic equations of elastostatics expressed in two dimensional cartesian coordinates in the layer case and in polar coordinates in the quarter plane case, and applying the Fourier transform and the Mellin transform, respectively, the boundary value problem considered has been set up in the transform domain. Then, with the use of the corresponding inverse transforms, the final set of equations for the solution of the problem considered has been found in the physical space in the form of a singular integral equation with a generalized Cauchy kernel. This singular integral equation has the unknown contact pressure as the density function.

The algorithm for the computer program has been prepared employing a widely used numerical technique [12-14] to solve the singular integral equation obtained. The computer program has been prepared in FORTRAN 77 language. The results found for the symmetrical case have been compared with those found in the literature [1,9]. Furthermore, numerous selected examples with nonsymmetrical loadings have been solved and the results have been compared with those of particular finite element and



boundary element codes [10-11]. The results matched perfectly when fine enough meshes were used in applying the last two methods. The results found are presented in graphical form.

## 2. MATHEMATICAL PRELIMINARIES

The Fourier transform of a real function  $f(x)$  is defined by

$$f^F = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{i\xi x} dx \quad (1)$$

where  $\xi$  is the transform parameter. The inverse transform is given by

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} f^F e^{-i\xi x} d\xi \quad (2)$$

Furthermore, the Fourier transform of the  $n$ -th derivative of a function  $f(x)$  is given as

$$(f^n)^F = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d^n f}{dx^n} e^{i\xi x} dx = (-i\xi)^n f^F \quad (3)$$

provided that

$$\lim_{|x| \rightarrow \infty} \left( \frac{d^m f}{dx^m} \right) = 0, \quad m = 1, 2, \dots, n-1 \quad (4)$$

The Mellin transform of a real function  $f(r)$  is defined by

$$f^M = \int_0^{\infty} f(r) r^{s-1} dr \quad (5)$$

where  $s$  is the transform parameter. The inverse transform is given by

$$f(r) = \frac{1}{2\pi i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} f^M r^{-s} ds, \quad 0 < r < \infty \quad (6)$$

where  $c$  is such that  $r^{c-1} f(r)$  is absolutely integrable in  $(0, \infty)$ . Provided that

$$\left( r^{s+m} \frac{d^m f(r)}{dr^m} \right), \quad m = 1, 2, \dots, n-1 \quad (7)$$

as  $r \rightarrow 0$  and  $r \rightarrow \infty$ , the transforms of the derivatives of  $f(r)$  can be found by using the following relation:

$$\int_0^{\infty} r^n \frac{d^n f(r)}{dr^n} r^{s-1} dr = (-1)^n \frac{\Gamma(s+n)}{\Gamma(s)} f^M \quad (8)$$

where  $\Gamma$  expresses the gamma function.

### 3. FORMULATION OF THE PROBLEM

In the absence of body forces, if the stresses are expressed in terms of an Airy stress function  $\phi$ , in the form

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2}, \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2}, \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \phi}{\partial x \partial y} \quad (9)$$

the equilibrium equations being satisfied automatically the compatibility equation takes the following form:

$$\frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} = 0 \quad (10)$$

Taking the Fourier transform of this equation the solution in the transform domain is found to be

$$\phi^p = (A + B y) e^{-|\xi|y} + (C + D y) e^{|\xi|y} \quad (11)$$

where  $\xi$  is the transform parameter and A, B, C and D are integration constants which are functions of  $\xi$ . Using the stress-strain relations for isotropic materials and the strain-displacement relations pertaining to plane strain problems of linear elastostatics, employing the Fourier transform pair (1-2) with the property (3), after lengthy computations the x derivative of the displacement v in the direction of the y axis is found as

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial x} = \frac{1}{4\pi\mu} \int_{-\infty}^{\infty} \{ & -A|\xi|^2 e^{-|\xi|y} + B|\xi| e^{-|\xi|y} \left( -\frac{\kappa-1}{1} - |\xi|y \right) + C|\xi|^2 e^{|\xi|y} \\ & - D|\xi| e^{|\xi|y} \left( \frac{\kappa-1}{2} - |\xi|y \right) \} i \operatorname{Sgn}(\xi) e^{-i\xi x} d\xi \end{aligned} \quad (12)$$

where  $\operatorname{Sgn}$  stands for the sign function,  $\mu$  is the shear modulus,  $\kappa = 3 - 4\nu$  for plane strain and  $\kappa = (3 - \nu)/(1 + \nu)$  for generalized plane stress,  $\nu$  being Poisson's ratio.

The analogs of equations (9-12) in polar coordinates are, respectively, as follows:

$$\sigma_r = \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r}, \quad \sigma_\theta = \frac{\partial^2 \phi}{\partial r^2}, \quad \tau_{r\theta} = -\frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \theta} \right) \quad (13)$$

$$\left( \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial r^2} \right) \left( \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial \theta^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial r^2} \right) = 0 \quad (14)$$

THE SOLUTION OF THE NONSYMMETRICAL CONTACT PROBLEM OF AN ELASTIC LAYER SUPPORTED BY TWO ELASTIC QUARTER PLANES USING THREE DIFFERENT METHODS

$$\phi^M(s, \theta) = F e^{is\theta} + \bar{F} e^{-is\theta} + G e^{i(s+2)\theta} + \bar{G} e^{-i(s+2)\theta} \quad (15)$$

$$\frac{\partial u_\theta}{\partial r} = \frac{1}{4\pi\mu} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \left\{ s(s+1) [F e^{is\theta} - \bar{F} e^{-is\theta}] + [(s+1)(s+2) + (\kappa+1)(-s-1)] \right. \\ \left. [G e^{i(s+2)\theta} - \bar{G} e^{-i(s+2)\theta}] \right\} r^{-(s+1)} ds \quad (16)$$

in which,  $u_\theta$  expresses the transverse component of displacement normal to the radial direction,  $\mu$  and  $\kappa$  are as defined for the strip,  $s$  is the Mellin transform parameter and  $F$  and  $G$  are the complex integration constants which are functions of  $s$ , their complex conjugates being expressed with an overbar.

The boundary conditions for the layer (see Fig. 1) can be written as follows:

$$\begin{aligned} \sigma_y = -q(x), \quad \tau_{xy} = 0 \quad \text{for } y = h, \\ \sigma_y = -p(x), \quad \tau_{xy} = 0 \quad \text{for } y = 0, \end{aligned} \quad (17)$$

in which  $q(x)$  is the compressive loading at the top and  $p(x)$  (which is the combination of  $p_1(r)$  and  $p_2(\rho)$ ) is the compressive reaction at the bottom of the layer.

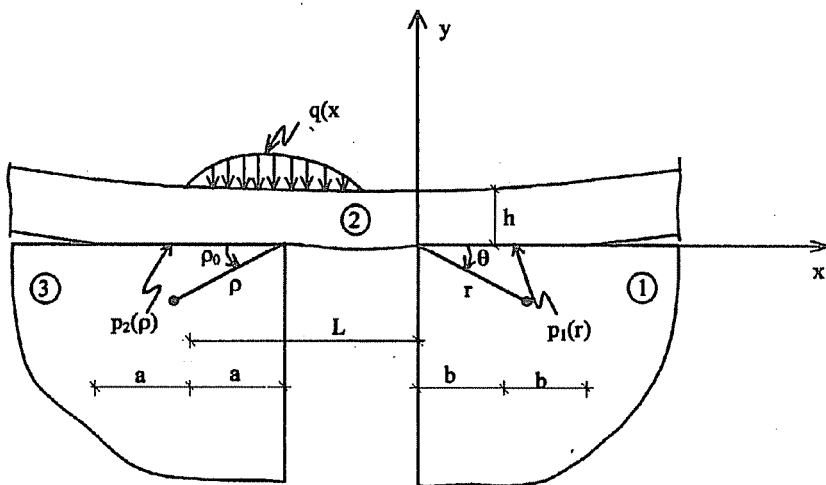


Fig 1. General Setting of the Problem

Substituting stress expressions (9) into (17), taking their Fourier transforms, solving them simultaneously for the integration constants and substituting them in (12) the displacement derivative is found as

$$\frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{\kappa_2 + 1}{4\pi\mu_2} \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \left[ -\frac{1}{t-x} + k_1(x,t) \right] p(t) dt + k_2(x,t) q(t) dt \right\} \quad (18)$$

in which the Cauchy singularity has been separated and the bounded kernels are defined to be

$$k_1(x,t) = -\int_0^{\infty} \frac{2[e^{-2\xi h} + 2\xi^2 h^2 e^{-2\xi h} - e^{-4\xi h} + 2\xi h e^{-2\xi h}]}{1 - 2e^{-2\xi h} + e^{-4\xi h} - 4\xi^2 h^2 e^{-2\xi h}} \sin \xi(t-x) d\xi, \quad (19)$$

$$k_2(x,t) = -\int_0^{\infty} \frac{2[e^{-2\xi h} - \xi h e^{-2\xi h} - 1 - \xi h] e^{-\xi h}}{1 - 2e^{-2\xi h} + e^{-4\xi h} - 4\xi^2 h^2 e^{-2\xi h}} \sin \xi(t-x) d\xi$$

The boundary conditions for the quarter plane on the right (see Fig.1) can be written as follows:

$$\begin{aligned} \sigma_{\theta} = -p_2(r), \quad \tau_{r\theta} = 0 \quad \text{for } \theta = 0, \\ \sigma_{\theta} = 0, \quad \tau_{r\theta} = 0 \quad \text{for } \theta = \frac{\pi}{2}, \end{aligned} \quad (20)$$

in which  $p_1(r)$  is the compressive stress between the layer and the quarter plane on the right. Substituting stress expressions (13) into (20), taking their Mellin transforms, solving them simultaneously for the integration constants and substituting them in (16) the displacement derivative, after taking the inverse transform, is found as

$$\frac{\partial u_{\theta}}{\partial r} = \frac{\kappa_1 + 1}{4\pi\mu_1} \int_0^{2b} k_3(r, r_0) p_1(r_0) dr_0, \quad \theta = 0, \quad (21)$$

in which, letting  $R = \log(r_0/r)$ ,

$$k_3(r, r_0) = \frac{1}{rR} + \int_0^{\infty} \left( \frac{\sinh \pi y}{\cosh \pi y - 1 - 2y^2} - 1 \right) \frac{\sin Ry}{r} dy - \frac{\pi^2}{(\pi^2 - 4)r} \quad (22)$$

The divergent part in the inverse transform integral as  $r_0 \rightarrow r$  has been separated by considering the asymptotic behavior of the integrand as  $y \rightarrow \infty$  [15]. For  $r > 0$  and  $r_0 > 0$ ,  $k_3(r, r_0)$  has a Cauchy-type singularity in the first term which has been explained in detail by the first author in the forgoing reference.

The boundary conditions for the quarter plane on the left (see Fig.1) can be written, in a similar way, as follows:

*THE SOLUTION OF THE NONSYMMETRICAL CONTACT PROBLEM OF AN ELASTIC LAYER  
SUPPORTED BY TWO ELASTIC QUARTER PLANES USING THREE DIFFERENT METHODS*

$$\begin{aligned} \sigma_\alpha &= -p_1(\rho), & \tau_{\rho\alpha} &= 0 & \text{for } \alpha &= 0, \\ \sigma_\alpha &= 0, & \tau_{\rho\alpha} &= 0 & \text{for } \alpha &= \frac{\pi}{2}, \end{aligned} \quad (23)$$

in which polar coordinates are taken as  $\rho$  and  $\alpha$  to avoid confusion and  $p_2(\rho)$  is the compressive stress between the layer and the quarter plane on the left. With a similar procedure as in the case of the right quarter plane, the displacement derivative is found to be

$$\frac{\partial u_\alpha}{\partial \rho} = \frac{\kappa_3 + 1}{4\pi\mu_3} \int_0^{2a} k_3(\rho, \rho_0) p_2(\rho_0) d\rho_0, \quad \alpha = 0, \quad (24)$$

in which  $k_3$  is defined as in (22) replacing  $r$  and  $r_0$  by  $\rho$  and  $\rho_0$ , respectively.

Expressing all quantities in rectangular coordinates, noting that

$$\begin{aligned} r &= x, & r_0 &= t, & \rho &= -x - L + a, & \rho_0 &= -t - L + a, \\ \frac{\partial v}{\partial x} &= -\frac{\partial u_\theta}{\partial r}, & p_1(r) &= p(x) & \text{in } 0 < x < 2b, \\ \frac{\partial v}{\partial x} &= \frac{\partial u_\alpha}{\partial \rho}, & p_2(\rho) &= p(x) & \text{in } -L - a < x < -L + a, \end{aligned} \quad (25)$$

the following equations are obtained

$$\begin{aligned} \int_0^{2b} \left\{ -\frac{1}{t-x} + k_1(x, t) + \frac{1 + \gamma_{12}}{1 - \gamma_{12}} k_3(x, t) \right\} p(t) dt \\ + \int_{-L-a}^{-L+a} \left\{ -\frac{1}{t-x} + k_1(x, t) \right\} p(t) dt = - \int_{-\infty}^{\infty} k_2(x, t) q(t) dt, \quad (0 < x < 2b), \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \int_{-L-a}^{-L+a} \left\{ -\frac{1}{t-x} + k_1(x, t) - \frac{1 + \gamma_{23}}{1 - \gamma_{23}} k_3(-x - L + a, -t - L + a) \right\} p(t) dt \\ + \int_0^{2b} \left\{ -\frac{1}{t-x} + k_1(x, t) \right\} p(t) dt = - \int_{-\infty}^{\infty} k_2(x, t) q(t) dt, \quad (-L - a < x < -L + a) \end{aligned}$$

in which

$$\gamma_{12} = \frac{(1 + \kappa_1)\mu_2 - (1 + \kappa_2)\mu_1}{(1 + \kappa_2)\mu_2 + (1 + \kappa_1)\mu_1}, \quad \gamma_{23} = \frac{(1 + \kappa_3)\mu_2 - (1 + \kappa_2)\mu_3}{(1 + \kappa_3)\mu_2 + (1 + \kappa_2)\mu_3} \quad (27)$$

The bielastic constants  $\gamma_{12}$  and  $\gamma_{23}$  are of the same form as that found for two materials in [2]. In the integral equations (26)  $q(x)$  is the known loading and  $p(x)$  is the contact pressure between the layer and the two quarter planes, which are unknown both in magnitude and in extent, namely,  $2a$  and  $2b$ . The side conditions needed for these additional discrete unknowns are obtained from the vertical force and moment equilibrium equations of the layer as follows:

$$\int_{-L-a}^{-L+a} p(t)dt + \int_0^{2b} p(t)dt = \int_{-\infty}^{\infty} q(t)dt, \quad \int_{-L-a}^{-L+a} tp(t)dt + \int_0^{2b} tp(t)dt = \int_{-\infty}^{\infty} tq(t)dt \quad (28)$$

Separating the Cauchy kernels in (26), it can be seen that the remaining kernels are bounded at the end points  $x=2b$  and  $x=-L-a$  for all values of  $x$  and  $t$ . However, they will be unbounded at the end points  $x=0$  and  $x=-L+a$  when both  $x$  and  $t$  tend towards their values at those points. Hence, the solution is of the following form:

$$p_1(t) = f_1(t)t^{\alpha_1}(2b-t)^{\beta_1}, \quad 0 < t < 2b,$$

$$P_2(t) = f_2(t)(-L+a-t)^{\alpha_2}(t+L+a)^{\beta_2}, \quad -L-a < t < -L+a, \quad (29)$$

$$-1 < \text{Re}(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2) < 1$$

in which  $f_1(t)$  and  $f_2(t)$  are unknown bounded functions in  $0 \leq t \leq 2b$  and  $-L-a \leq t \leq -L+a$ , respectively. One can easily prove that  $\beta_1 = \beta_2 = 0.5$  [12]. The equation for finding  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  are the same as those for the frictionless contact of  $90^\circ$  wedges of materials having constants  $\mu_1, \kappa_1$  and  $\mu_3, \kappa_3$ , respectively, with a half plane of a material having constants  $\mu_2, \kappa_2$  which are, respectively, as follows:

$$\frac{\mu_1(\kappa_2+1)}{\mu_2(\kappa_1+1)}(2\lambda_1-1+\cos\pi\lambda_1)\cos\pi\lambda_1-\sin^2\pi\lambda_1=0, \quad (30)$$

$$\frac{\mu_3(\kappa_2+1)}{\mu_2(\kappa_3+1)}(2\lambda_2-1+\cos\pi\lambda_2)\cos\pi\lambda_2-\sin^2\pi\lambda_2=0,$$

where  $\alpha_1 = \lambda_1^f - 1$  and  $\alpha_2 = \lambda_2^f - 1$  in which  $\lambda_1^f$  and  $\lambda_2^f$  are the first roots of (30) with smallest positive real parts (i.e., the first poles to the right of  $\text{Re}(\lambda)=0$ ), respectively.

Having selected the correct form for the unknown function, the integral equations (26) and the conditions (28) yield the unknown pressure distribution  $p(x)$  and the contact widths  $2a$  and  $2b$ . Finally, using  $p(x)$  any quantity of interest can be determined by solving the related stress boundary value problems for the respective parts, namely,

regions 1,2, and 3.

It can easily be proved that the contact widths  $2a$  and  $2b$  are independent of the amplitude of applied loads and depend only on their distribution [1-3]. In fact, since an additional constant factor in front of both  $q(x)$  and  $p(x)$  cancel out from (26) and (28), they are left unchanged by such a change. Hence, when the load is multiplied by a factor the only thing that changes is that the contact pressure distribution is also multiplied by the same factor.

#### **4. SOLUTION BY FINITE ELEMENT METHOD**

The solution of the problem in hand is also found by means of a commercial finite element software called PAFEC. This software has originated from Nottingham University and has later been improved and developed extensively by a commercial firm by the name of the software [10]. This software has a special way of handling singularities at crack tips and corners of elastic regions. The midside nodes of isoparametric elements are brought to quarter points nearer to the nodes with square root singularity. This supplies the square root singularity at the pertinent nodes.

#### **5. SOLUTION BY BOUNDARY ELEMENT METHOD**

The problem considered in this paper has also been solved by employing the boundary element method. For this purpose a software program called BEACON, developed by the second author [11], has been employed. This program also handles the square root singularities by quarter point nodes. The program has a graphical part for drawing stress and displacement distributions and is written in FORTRAN 77. It takes care of the determination of the length of contact region by a built-in loop which provides final solutions without any tension in the contact region or overlap ahead of the end of the contact region where receding or progressing takes place.

#### **6. NUMERICAL RESULTS AND DISCUSSION**

The singular integral equations and the respective side conditions, namely, (26) and (28), have been solved by the numerical method given by Erdogan and others [12-14]. During the application of the forgoing method, observing that the fundamental function of the integral equation is the weight of the Jacobi polynomials, the integral equations may be solved by using the related Gaussian quadrature formulas for singular integral equations with generalized Cauchy kernels [12].

There being two unknown lengths in the boundaries, namely,  $2a$  and  $2b$ , the solution is carried out by some kind of double iteration. By means of this double iteration the solution of the singular integral equations is found by an interpolation type of procedure to satisfy both of the boundary conditions (28) and, in the meantime,  $2a$  and  $2b$  are also determined.

The stress distribution in the contact regions deserves paramount interest in contact problems. Hence, numerical applications and graphical presentations have been chosen from the stress distributions in the two contact regions. Only one side being handled in symmetrical problems, both sides had to be considered separately in the nonsymmetrical cases.

A computer program has been prepared in FORTRAN 77 language for the present analysis with the numerical procedure mentioned above. Using this program a number of symmetrical problems have been handled, first, to check the reliability of the program comparing the results with those of [1,9]. Two of those example problems have been presented in Figs. 2-3.

Finally, two nonsymmetrical example problems have been solved both by the present method and by the finite element computer program PAFEC and the boundary element computer program BEACON. The stress distributions found on the two sides had to be drawn in two separate figures for easier and better understanding of the reader (see Figs. 4-5). It can easily be seen that the match of the results of the three methods is quite well. As the meshes get finer in PAFEC and BEACON and the number of Gaussian quadrature points are increased in the program prepared in the present study, the agreement of the results get better and better.

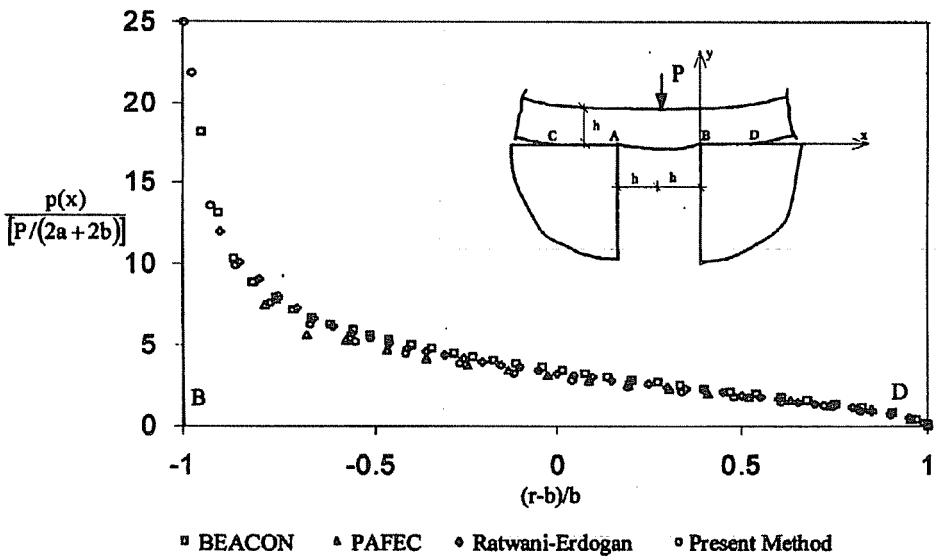


Fig.2. The Stress Distribution in the Contact Region for Symmetric Concentrated Load ( $\gamma=0.75$ )



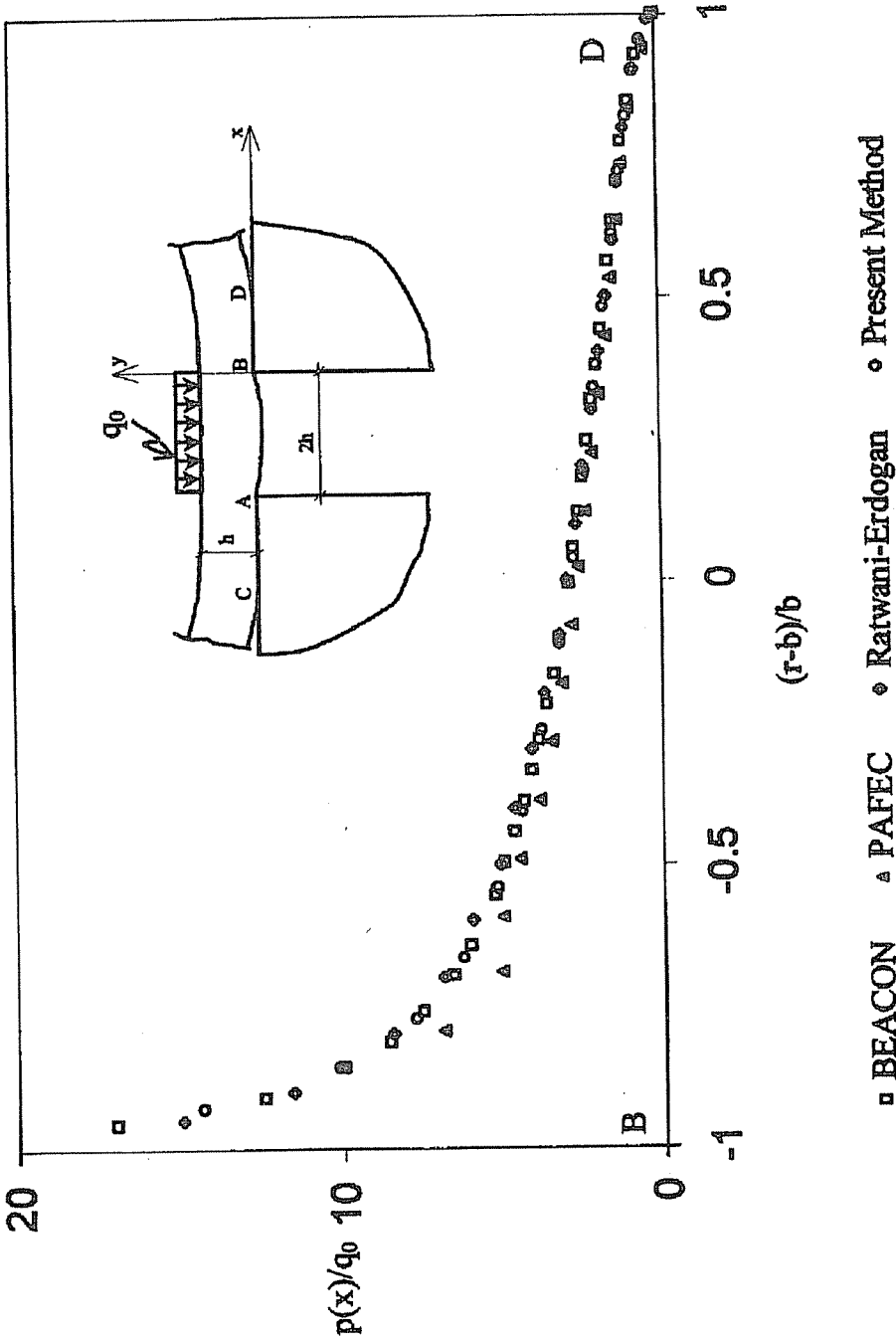


Fig.3 The Stress Distribution in the Contact Region for Symmetric Uniform Load ( $\nu=0.98$ )

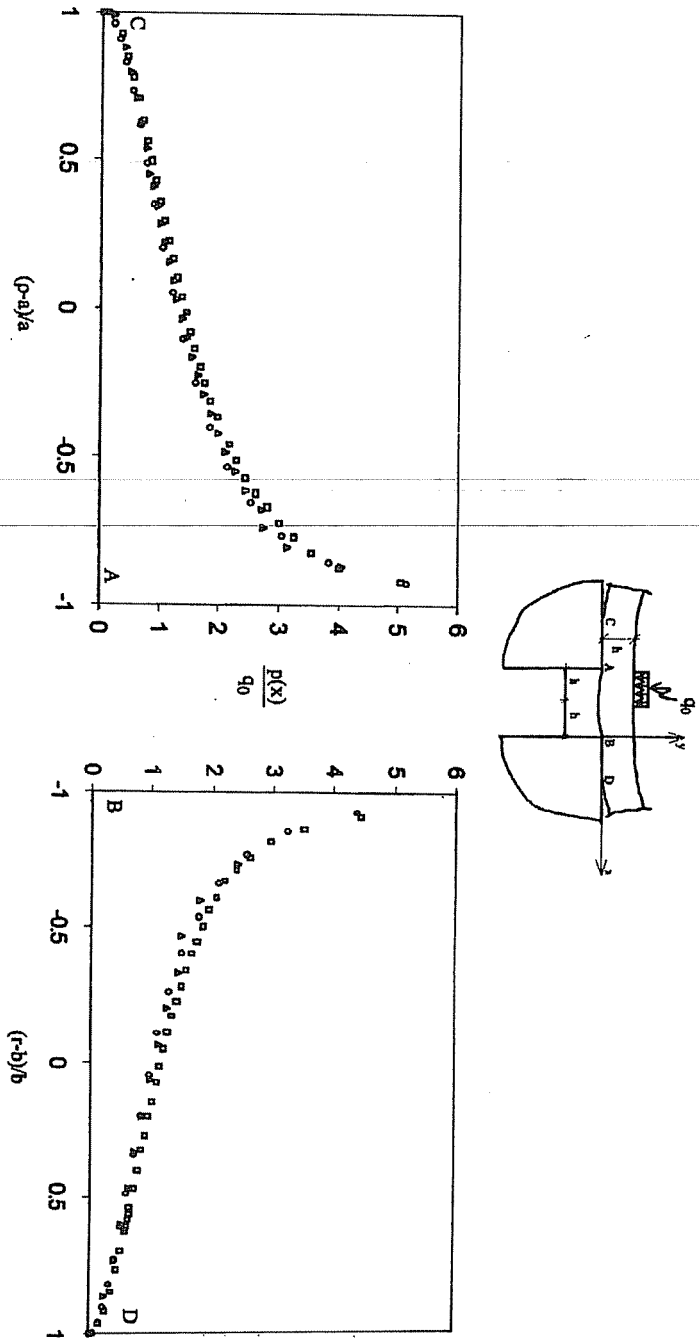


Fig.4 The Stress Distribution in the Contact Region for Nonsymmetric Uniform Load ( $\gamma_{12}=\gamma_{21}=0.75$ )

THE SOLUTION OF THE NONSYMMETRICAL CONTACT PROBLEM OF AN ELASTIC LAYER SUPPORTED BY TWO ELASTIC QUARTER PLANES USING THREE DIFFERENT METHODS

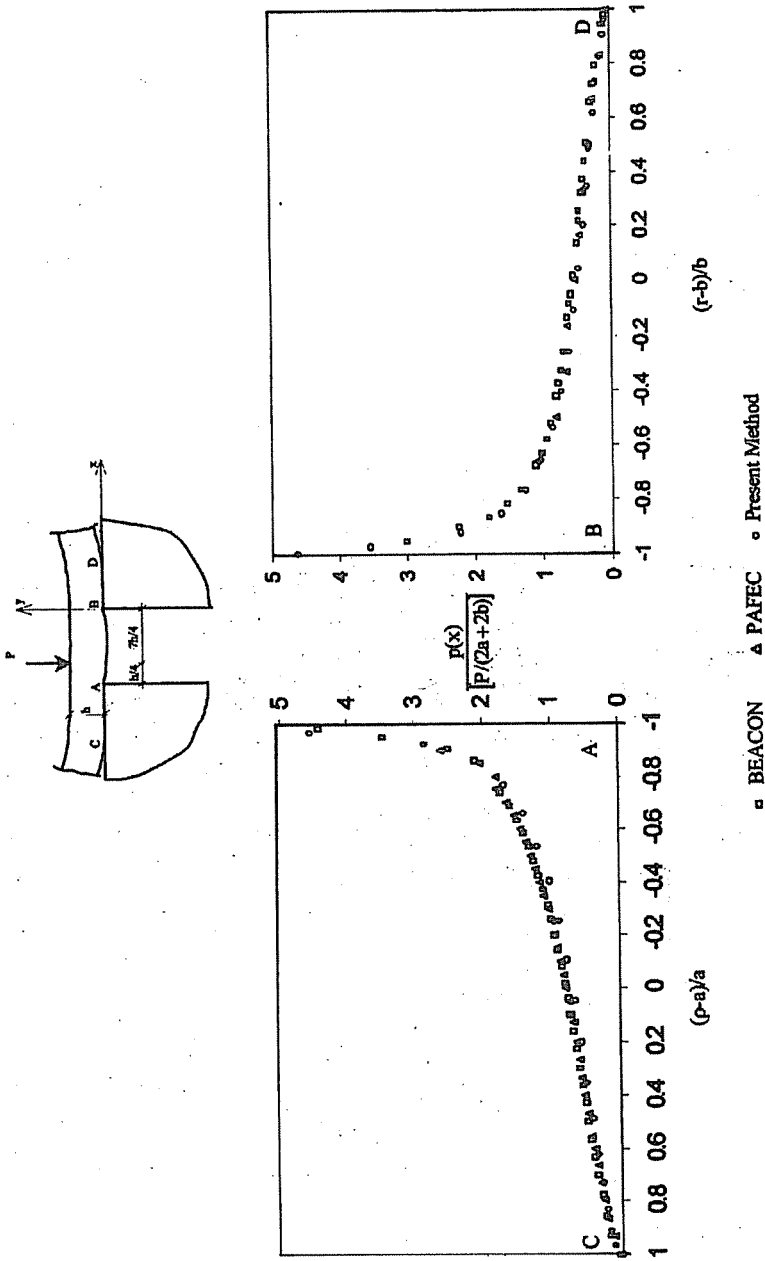


Fig. 5 The Stress Distribution in the Contact Region for Nonsymmetric Concentrated Load ( $\nu_{12} = \nu_{23} = 0.75$ )

## 7. REFERENCES

1. Erdogan,F. and Ratwani,M., "The Contact Problem for an Elastic Layer Supported by Two Elastic Quarter Planes", *ASME Journal of Applied Mechanics*, Vol.41, pp. 673-678, 1974.
2. Keer,L.M., Dundurs,J. and Tsai,K.C., "Problems Involving a Receding Contact Between a Layer and a Half Space", *ASME Journal of Applied Mechanics*, Vol. 39, pp. 1115-1120,1972.
3. Ratwani,M. and Erdogan,F., "On the Plane Contact Problem for a Frictionless Elastic Layer", *International Journal of Solids and Structures*, Vol.9, pp. 921-936, 1973.
4. Pu,S.L. and Hussain,M.A., "Note on the Unbonded Contact Between Plates and an Elastic Half Space", *ASME Journal of Applied Mechanics*, Vol. 37, pp. 859-861, 1970.
5. Weitsman,Y., "On the Unbonded Contact Between Plates and an Elastic Half Space", *ASME Journal of Applied Mechanics*, Vol. 36, pp. 198-202, 1969.
6. Weitsman,Y., "Elastic Foundations Reacting in Compression Only", *ASME Journal of Applied Mechanics*, Vol. 37, pp. 1019-1029, 1970.
7. Weitsman,Y., "A Tensionless Contact Between a Beam and an Elastic Half Space", *Int. Journal for Engineering Science*, Vol. 10, pp. 73-81, 1972.
8. Yoon,K.E. and Rim,K., "Analysis of Unbonded Contact Problems Through Application of an Optimization Technique", *Developments in Mechanics*, Vol.6, *Proceedings of the 12th Midwestern Mechanics Conference*, pp. 659-668, 1971.
9. Aksogan,A., Akavci,S.S. and Becker,A.A., "A Comparative Study of the Contact Problem for an Elastic Layer Supported by Two Elastic Quarter Planes", *Journal of Faculty of Eng. and Arch. of Çukurova University*, Vol. 11, No. 1, pp. 25-31, 1996.
10. PAFEC 75 Data Preparation Manual, Pafec Ltd., Nottingham, 1978.
11. Becker,A.A., "A Boundary Element Computer Program for Practical Contact Problems", *Modern Practice in Stress and Vibrational Analysis*, J.E. Mottershead,ed., Pergamon Press, Oxford, 1989.
12. Erdogan,F., Gupta,G.D., and Cook,T.S., "Numerical Solution of Singular Integral Equations", *Methods of Analysis and Solutions of Crack Problems*, Sih, G. C., ed., Noordhoff International Publishing, Leyden, 1973.
13. Krenk,S., "On the Use of the Interpolation Polynomial for Solution of Singular Integral Equations", *Quart. Appl. Math.*, Vol. 32, pp. 479-484, 1975.
14. Aksogan,O., "Numerical Solutions for a Class of Multi-Part Mixed Boundary Value Problems", *International Journal of Numerical Methods in Engineering*, Vol. 12, pp. 1025-1030, 1978.
15. Erdogan,F. and Aksogan,O., "Bonded Half Planes Containing an Arbitrarily Oriented Crack", *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 10, No.6, pp.569-585, 1974.

## ÇOK SIRA BOŞLUKLU PERDELERİN SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ KULLANILARAK STATİK ANALİZİ

**Murat BİKÇE**

*M.K.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, İskenderun/Türkiye*

**Orhan AKSOĞAN**

*Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye*

**ÖZET :** *Ekonomik ve mimari ihtiyaçlardan dolayı boşluklu perdelerde sıra sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bu ihtiyaçları dikkate alarak, bu çalışmada, değişik geometrilere sahip çok sıra boşluklu perdelerin sürekli bağlantı yöntemi ile analizi yapılmış ve MATHEMATICA ve FORTRAN programlama dillerinde pratikte kullanılabilecek birer bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu analizde, değişik perdelerdeki eksenel kuvvetlerin değişimi koordinat fonksiyonları cinsinden ifade edilmiştir. Son olarak, yalnız iki ve yalnız üç koordinat fonksiyonu alınarak, hazırlanan bilgisayar programı ile, çeşitli örnekler çözülmüş ve bulunan sonuçlar SAP90 paket programından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Gerilmeler, toplam taban momentleri ve deplasmanlar tablolarda karşılaştırılmıştır.*

### THE STATIC ANALYSIS OF MULTI-BAY PIERCED SHEAR WALLS BY THE CONTINUOUS CONNECTION TECHNIQUE

**ABSTRACT :** *Due to economic and architectural needs the number of rows of openings in pierced shear walls has increased day by day. Considering these needs, in this study, the analysis of multi-bay pierced shear walls with different geometries has been carried out by the continuous connection technique and the pertinent computer programs have been prepared with MATHEMATICA and FORTRAN programming languages for practical use. In this analysis, variation of axial forces in different shear walls are defined by coordinate functions. Finally, various examples are solved, using the implemented computer program, employing only two and three coordinate functions and the results found are compared with those of the SAP90 coding. The stresses, total bottom moments and displacements have been compared in pertinent tables.*

## 1. GİRİŞ

Çok katlı binalarda, artan kat sayısı ile birlikte bina daha fazla yatay kuvvete maruz kalmaktadır. Artan bu yatay etkilere karşı emniyeti yalnız çerçevelerle temin etmek, kolon boyutlarını büyüteceğinden, gerek alt kolonlardaki hacim kaybı nedeniyle, gerekse maliyet bakımından uygun çözüm olmamaktadır. Özellikle deprem bölgelerinde kolonlar, taşıdıkları servis yüklerinden daha fazla eğilme momentine maruz kalmaktadır. Bu durumda yatay etkilere karşı, rijitlikleri kolonlara göre daha fazla olan perde elemanlar tercih edilmektedir.

Coull ve Puri (1), tek kesit değişikliği olan ve tepesinde tekil veya üniform yüklerle yüklenmiş simetrik perdeler için yatay yerdeğiştirmeleri veren formüller elde etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada perdelerdeki kayma deformasyonlarının etkilerini de hesaba katarak buldukları sonuçları çeşitli deney sonuçları ile karşılaştırmışlardır.

Yüksek yapılarda boşluklu perdelerin kullanımının yaygınlaşması ile boşluk sıra sayısı da artmaktadır. Sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak yapılan boşluklu perdelerin analizinde bilinmeyen sayısını düşük tutmak amacıyla genellikle tek sıra boşluklu perde veya simetrik perdeler üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Koo ve Cheung (2), sürekli bağlantı yöntemi kullanarak tekil, üniform ve üçgen yayılı yatay yükler altında çok sıra boşluklu perdelerin analizini yapmışlardır. Daha sonra Aksoğan ve ark. (3) yükseklik boyunca değişik bölgelerde özelliklerin değişmesini gözönüne alarak çok bölgeli boşluklu perdeleri aralarında güçlendirici kirişler de olabildiğine göre çözmüşler ve bir bilgisayar programı yapmışlardır. Daha sonra Aksoğan ve Arslan (4) yüksekliği boyunca genişliği de değişen boşluklu perdeleri incelemişler ve bundan doğan eksantrisitetleri de hesaplarında gözönüne almışlardır.

Bu çalışmada, sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak istenilen sayıda sıra boşluk içeren ve perdeleri dikkate alıp yaklaşık çözüm yapabilen bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. MATHEMATICA ortamında çalışan programın aynısı FORTRAN dilinde de hazırlandığından gerektiğinde doğrudan doğruya sayısal olarak tasarlanan durumlar için sayısal çözüm daha hızlı elde edilebilmektedir. Bu ikinci programın bir amacı da, alet kapasitesi veya başka bir nedenle, sembolik işlem yapabilen MATHEMATICA ile çalışma olanağı olmadığı zaman çok basit bir bilgisayarda bile önerilen pratik yöntemin sayısal olarak uygulanabilmesidir.

## 2. SÜREKLİ BAĞLANTI YÖNTEMİ İLE BOŞLUKLU PERDE ANALİZİ

Boşluklu perdelerin analizini basit bir yöntemle yapabilmek için literatürde aşağıdaki kabuller yaygın bir şekilde kullanılmıştır.

1) Perde duvarlarının ve bağlantı kirişlerinin özellikleri bölge yüksekliği boyunca sabittir.

2) Eğilme rijitliği  $EI_b$  olan ayırık bağlantı kirişlerinin yerine eğilme rijitliği birim yükseklik için  $EI_b/h$  olan eşdeğer sürekli bağlantı ortamı oluşturulur.

3) Perde duvarlarda, eğilmeden önce eksene dik olan düzlem kesitler eğilmeden sonra da eksene dik ve düzlem kalırlar.

4) Bağlantı kirişleri üzerinde ara yük yoktur.

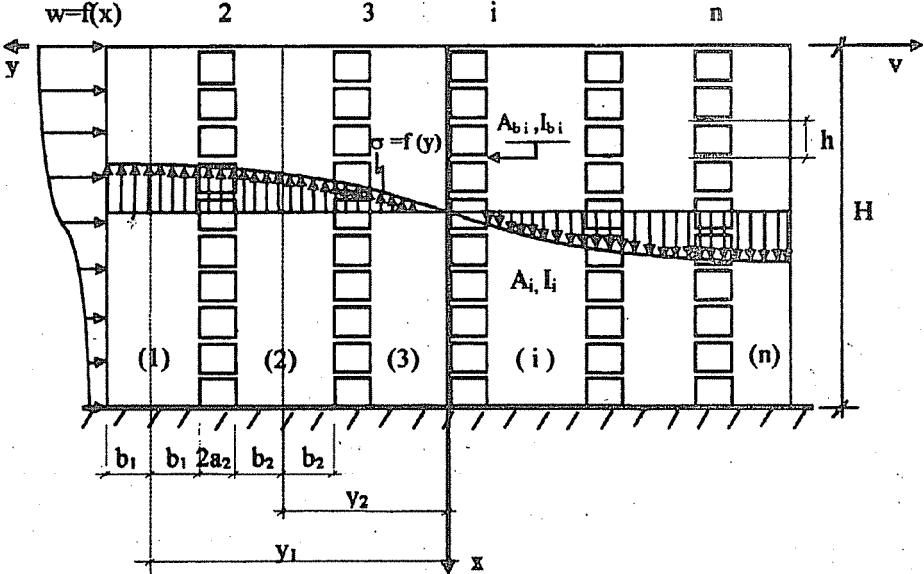
5) Bağlantı kirişlerinin eksenleri doğrultusunda sonsuz rijit oldukları kabul edildiği için bütün perdeler aynı yükseklikte eşit yanal deplasman yaparlar. Bu nedenle aynı yükseklikte tüm duvarların eğriliklerinin de birbirlerine eşit olacağını varsayımıyla bir perdedeki eğilme momenti,

$$M_i = \frac{I_i}{\sum_j I_j} M \quad (1)$$

şeklinde elde edilebilir. Burada,  $I$  perdelerin atalet momentlerini ve  $M$  belirli bir yükseklikte tüm perdelerdeki eğilme momentleri toplamını gösterir.

6) Bağlantı kirişlerindeki ayırık kesme kuvvetlerinin yerini onlara eşdeğer ve birim yükseklikteki değeri  $q$  olan sürekli kesme kuvvetleri alır.

Boşluklu perdelerin analizinde temel bilinmeyen olan sürekli ortamdaki kesme kuvveti fonksiyonu sayısı arttıkça çözümü güç diferansiyel denklem sistemleri ortaya çıkar.



Şekil 1. Çok sıra boşluklu perde.

Bu çalışmada sürekli bağlantı yöntemi kullanılarak ve aksenal kuvvetler temel bilinmeyen alınarak çok sıra boşluklu perdelerin (Şekil 1) statik analizi yapılmıştır.

Perdedeki aksel kuvvetlerin sayısı sonludur ve herhangi bir kesit içerisinde aksel kuvvetlerin dağılımı sonlu bir seri açılımla gösterilebilir. Şekil 1'de çok sıra boşluklu perdelerin analizinde kullanılan notasyonla birlikte herhangi bir yatay kesitte aksel kuvvetleri oluşturan normal gerilmelerin dağılımı görülmektedir.

Bu çalışmada, bu değişim bazı koordinat fonksiyonları cinsinden ifade edilecektir. Eğer koordinat fonksiyonları birbirinden bağımsız ve tam bir seri olarak seçilirse kesin çözüm elde edilir. Ancak, koordinat fonksiyonlarının sadece birkaçı kullanıldığında çözüm yaklaşık olur. Bu çalışmadaki sayısal örnekler serinin ilk birkaç teriminin alınmasının pratik uygulamalarda uygun basit bir çözüm olduğunu göstermiştir.

### 3. FORMÜLASYON

#### 3.1. Aksel Kuvvet ve Gerilmeler

Boşluklu perdelerdeki aksel kuvvetler  $N_i$  ( $i=1,2,3,\dots,n$ ), bilinmeyenler olarak ele alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan yaklaşımda bu aksel kuvvetleri ifade etmek için koordinat fonksiyonları seçilecektir.  $\phi_k(y)$  ( $k=1,2,3,\dots,n$ ) şeklinde seçilen bu fonksiyonların aksel kuvvetleri kesin ifade edebilmesi için gerekli ve yeterli şart, birbirlerinden lineer bağımsız ve tam olmalarıdır. Burada, ayrıca, aşağıda belirtildiği gibi özel bir ortogonalite şartı da kullanılmıştır.

$$\sum_i \phi_k(y_i) \phi_h(y_i) A_i = \begin{cases} 0 & \leftarrow k \neq h \\ J_k & \leftarrow k = h \end{cases} \quad (2)$$

( $k=1,2,3,\dots,n$ ;  $h=1,2,3,\dots,n$ ;  $i=1,2,3,\dots,n$ )

$A_i$  i nolu perdenin kesit alanını tanımlamaktadır. Buna göre,  $N_i$  aksel kuvvetleri şu şekilde yazılabilir;

$$N_i = \sum_{k=1}^n \frac{F_k A_i}{J_k} \phi_k(y_i) \quad (3)$$

Buradaki  $F_k$  yeni bilinmeyenler olup aslında bir tür genelleştirilmiş kuvvetleri gösterirler. Eğer eşdeğer sürekli ortama dönüştürülmüş bağlantı kirişlerinin kayma rijitliği ve bunun yanısıra boşluklu perdelerin yükseklik/genişlik oranı çok büyükse, bütün boşluklu perde sistemi kolon-kiriş gibi davranacaktır ve herhangi bir yatay düzlem boyunca gerilme dağılımı lineer olacaktır. Bu durumda perde merkezlerinde gerilmeler,

$$\frac{N_i}{A_i} = a + by_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (4)$$



şeklinde ifade edilebilir ki, burada a ve b,  $y_i$  (1,2,3,...,n)'den bağımsızdır. Eğer bağlantı kirişlerinin kayma rijitliği ve bunun yanısıra boşluklu perdelerin yükseklik/genişlik oranı çok büyük değilse,  $\sigma_i = N_i / A_i$  gerilmeleri (4) nolu denklemden farklı olacaktır. Böylece genel halde  $\phi_1$  ve  $\phi_2$  fonksiyonları normal gerilme olan  $\sigma$ 'nın lineer kısmını ifade etmek üzere,

$$\left. \begin{array}{l} \phi_1(y) \equiv 1 \\ \phi_2(y) \equiv y \end{array} \right\} \quad (5)$$

şeklinde seçilirse (3) denklemindeki diğer  $\phi_k$  ( $i=3,4,\dots,n$ ) terimleri  $\sigma$  lineer dağılımını modifiye eden terimleri gösterirler. (2) denklemine  $\phi_1$  ve  $\phi_2$  fonksiyonları uygulanırsa,

$$\sum_i \phi_1(y_i) \phi_1(y_i) A_i = \sum_i A_i = J_1 \quad (6a)$$

$$\sum_i \phi_2(y_i) \phi_2(y_i) A_i = \sum_i (y_i)^2 A_i = J_2 \quad (6b)$$

$$\sum_i \phi_1(y_i) \phi_2(y_i) A_i = \sum_i y_i A_i = 0 \quad (6c)$$

denklemleri elde edilir. (6a) ve (6b) denklemlerinde  $J_1$  perdelerin kesit alanlarının toplamını ve  $J_2$  ikinci merteye alan momentlerinin toplamını tanımlarken (6c) denklemi, y aksı orjininin boşluklu perdenin yatay kesit merkezinde olması gerektiğini gösterir.  $\phi_h(y_i)$  ve  $N_i$  çarpımları toplanarak ve (2) ile (3) denklemleri kullanılarak,

$$\sum_i N_i \phi_h(y_i) = \sum_k F_k \frac{\sum_i \phi_h(y_i) \phi_k(y_i) A_i}{J_k} = F_h \quad (7a)$$

denklemini elde edilir. Genelleştirilmiş  $F_h$  kuvvetinin fiziksel anlamı (7a) denkleminde daha iyi anlaşılacaktır. Örneğin:

$$F_1 = \sum_i N_i \quad (7b)$$

$$F_2 = \sum_i N_i y_i \quad (7c)$$

Diğer bir deyişle  $F_1$  boşluklu perdenin bütün kesitinin toplam eksenel kuvveti iken  $F_2$  perdenin eksenel kuvvetlerinin oluşturduğu eğilme momentidir.

### 3.2. Denge Şartları

$M_d$ , herhangi bir yatay kesitin üzerindeki dış kuvvetlerin oluşturduğu eğilme momentini ve  $W_d$  ise o kesite etki eden düşey dış yüklerin toplamını göstermek üzere düşey kuvvetlerin dengesinden,

$$F_1 = \sum_i N_i = -W_d \quad (8)$$

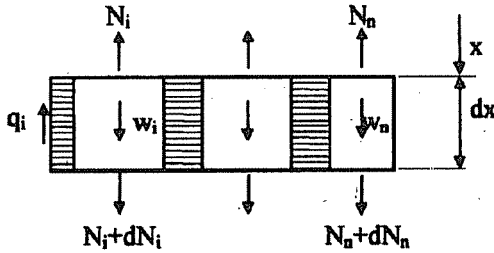
ve momentlerin dengesinden,

$$M = M_d - F_2 \quad (9)$$

denklemleri elde edilir. (1) denklemi şimdi şu şekilde yazılabilir,

$$M_i = \frac{I_i}{\left(\sum_j I_j\right)} (M_d - F_2) \quad (10)$$

Şekil 2'de, boşluklu perdede  $i$  nolu boşluğun ortasından tabakanın düşey olarak kesilmesiyle  $x$  ile  $x+dx$  düzlemleri arasında kalan diferansiyel parçanın sağda kalan kısmı üzerindeki düşey kuvvetler gösterilmiştir.



Şekil 2. Kesme kuvveti  $q_i$ 'yi gösteren cisim düşey kuvvet diyagramı.

Bu cisim için düşey kuvvetlerin dengesi dikkate alınrsa aşağıdaki eşitliği yazmak mümkündür,

$$q_i = \sum_{j=i}^n \frac{dN_j}{dx} + \sum_{j=i}^n w_j \quad (11)$$

Burada  $q_i$ ,  $i$  numaralı boşluğun birim uzunluğundaki kesme kuvveti ve  $w_j$ ,  $j$  duvarının birim uzunluktaki düşey yüküdür. (3) denklemi (11) denkleminde yerine konulursa,

$$q_i = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{k=1}^n \frac{F'_k \phi_k(y_i) A_j}{J_k} + w_j \right) = \sum_{k=1}^n \frac{F'_k S_{ki}}{J_k} + \sum_{j=1}^n w_j \quad (12)$$

eşitliği elde edilir. Burada, aşağıdaki tanımlar geçerlidir:

$$F'_k = \frac{dF_k}{dx} \quad (13)$$

$$S_{ki} = \sum_{j=1}^n \phi_k(y_i) A_j \quad (14)$$

### 3.3. Temel Denklemler

Genelleştirilmiş kuvvetlerden  $F_1$ , (8) eşitliğinden  $M_i$  ise  $F_2$ 'ye bağlı olarak (10) denklemden elde edilir. Geriye kalan bağımsız bilinmeyenler olan  $F_2, F_3, \dots, F_n$  ise minimum şekil değiştirme enerjisi prensibiyle bulunabilir.

Bütün sistemin şekil değiştirme enerjisi,

$$K_i = \frac{1}{2h \left( \frac{a_i^3}{3EI_{bi}} + \frac{\mu a_i}{GA_{bi}} \right)}, \quad i = 2, 3, \dots, n \quad (15)$$

bağlantı kirişlerinin kayma rijitliklerini göstermek üzere,

$$U = \int_0^H \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{M_i^2}{2EI_i} + \sum_{i=1}^n \frac{N_i^2}{2EA_i} + \sum_{i=2}^n \frac{q_i^2}{2K_i} \right\} dx \quad (16)$$

şeklinde olup, (10), (3), ve (11) denklemleri burada yerlerine konulursa şekil değiştirme enerjisi ifadesi,

$$U = \int_0^H \bar{F}(F_k, F'_k) dx \quad (17)$$

şekline dönüşür. Minimum U için Euler denklemleri şu şekilde yazılır:

$$\frac{\partial \bar{F}}{\partial F_h} - \frac{d}{dx} \frac{\partial \bar{F}}{\partial F'_h} = 0 \quad (h = 2, 3, \dots, n) \quad (18)$$

(18) denklemlerinde gerekli işlemler yapıldıktan sonra aşağıdaki temel denklemler elde edilir,

$$-\frac{1}{E \sum_i I_i} \{M_d - F_2\} \delta_{2h} + \frac{F_h}{EJ_h} - \sum_{k=1}^n d_{hk} F'_k - \sum_{i=2}^n \frac{S_{hi}}{J_h} \left\{ \sum_{j=1}^n w_j \right\} = 0 \quad (h = 2, 3, \dots, n) \quad (19)$$

Burada, aşağıdaki tanımlar geçerlidir:

$$\delta_{2h} = \begin{cases} 0 & \leftarrow h \neq 2 \\ 1 & \leftarrow h = 2 \end{cases} \quad (20)$$

$$d_{hk} = \sum_{i=2}^n \frac{S_{hi} S_{ki}}{J_h J_k K_i}, \quad F'_k = \frac{d^2 F_k}{dx^2} \quad (21)$$

(19) denklem takımının çözümünde kullanılacak sınır şartları aşağıdaki gibidir:

a) Boşluklu perdenin tepesinde yani  $x=0$ 'da,

$$F_h(0) = \sum_{i=1}^n N_i(0) \phi_h(y_i) \quad (22a)$$

Burada  $F_h(0)$  ve  $N_i(0)$ , sırasıyla,  $F_h$  ve  $N_i$ 'nin tepe noktasındaki değerleridir.

b) Boşluklu perdenin tabanında yani  $x=H$ 'da, temelin rijit olması durumunda,

$$q_i(H) = \sum_{k=1}^n \frac{F'_k(H) S_{ki}}{J_k} + \sum_{j=1}^n w_j = 0 \quad (22b)$$

(19) denklemleri seriden çok sıra boşluklu perdenin duvar sayısı kadar terim alınırsa kesin olarak çözülebilir. Fakat nümerik örneklerden de görüleceği gibi ilk birkaç terim yeterli ve tatminkar sonuçlar vermektedir. Buna ek olarak basitlik amacıyla düşey kuvvetlerin olmadığı kabul edildiğinden,

$$w_i = 0 \quad F_1 = 0 \quad (23)$$

alınarak hesap yapılacaktır.

### 3.4. Üç Terimli Çözüm

Eksenel kuvvetlerin dağılımını veren eğriyi yakalayabilmek için sabiti hesaba katan  $\phi_1$  ve lineer artışı dikkate alan  $\phi_2$  fonksiyonlarına ek olarak üçüncü koordinat fonksiyonu  $\phi_3$  kübik seçilecektir. Çok sıra boşluklu perdelerin diğer yöntemlerle çözümünün sonuçları ile seçilen birçok değişik  $\phi_3$  fonksiyonlarıyla bu yönteme göre çözümün sonuçlarının karşılaştırılması göstermiştir ki, seçilebilecek en uygun fonksiyon,

$$\phi_3(y_i) = c + y_i + dy_i^3 \quad (24)$$

şeklinde. Burada c ve d sabitlerdir. Denklem (2)'de verilen şartlardan,

$$\left. \begin{aligned} \sum_i \phi_3(y_i) \phi_1(y_i) A_i &= \sum_i \phi_3(y_i) A_i = 0 \\ \sum_i \phi_3(y_i) \phi_2(y_i) A_i &= \sum_i \phi_3(y_i) y_i A_i = 0 \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

denklemleri elde edilir ve ileride kullanılmak üzere  $J_3$  şu şekilde tanımlanabilir:

$$J_3 = \sum_i \phi_3^2(y_i) A_i \quad (26)$$

(24) denklemini (25) denkleminde yerine koyarsak (6c) eşitliği yardımı ile c ve d sabitleri bulunur ve (24) denklemi,

$$\phi_3(y_i) = \frac{\left( \sum_i y_i^3 A_i \right) \left( \sum_i y_i^2 A_i \right)}{\left( \sum_i y_i^4 A_i \right) \left( \sum_i A_i \right)} + y_i - \frac{\sum_i y_i^2 A_i}{\sum_i y_i^4 A_i} y_i^3 \quad (27)$$

şekline dönüşür. (19) denklemleri  $h = 2, 3$  için şu şekilde yazılabilir:

$$\left. \begin{aligned} -\frac{1}{E \sum_i I_i} M_d + \left( \frac{1}{E \sum_i I_i} + \frac{1}{EJ_2} \right) F_2 - d_{22} \frac{d^2 F_2}{dx^2} - d_{23} \frac{d^2 F_3}{dx^2} &= 0 \\ \frac{1}{EJ_2} F_3 - d_{32} \frac{d^2 F_2}{dx^2} - d_{33} \frac{d^2 F_3}{dx^2} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

Boyutsuz değişken olan,

$$\xi = \frac{x}{H} \quad (29)$$

(28) denkleminde yerine konulduktan sonra bir aşama daha basitleştirilerek,

$$\left. \begin{aligned} -M_d + b_{20} F_2 - b_{22} \frac{d^2 F_2}{d\xi^2} - b_{23} \frac{d^2 F_3}{d\xi^2} &= 0 \\ b_{30} F_3 - b_{32} \frac{d^2 F_2}{d\xi^2} - b_{33} \frac{d^2 F_3}{d\xi^2} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

diferansiyel denklem sistemiyle temel denklemler  $\xi$ 'ye bağlı olarak ifade edilir. Burada,

$$\left. \begin{aligned}
 b_{20} &= 1 + \frac{\sum I_i}{J_2}, & b_{30} &= 1 + \frac{\sum I_i}{J_3} \\
 b_{hk} &= \left( \frac{E \sum I_i}{H^2} \right) \left( \sum_i \frac{S_{hi} S_{ki}}{J_h J_k K_i} \right)
 \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

göstermektedir. Tepede düşey yük olmadığı için aksenal kuvvetler,

$$N_i(0) = 0 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (32)$$

olur ve (22a) ile (22b) ifadelerindeki sınır şartları,

$$\left. \begin{aligned}
 \xi = 0 \text{ için } F_h(0) &= 0 \\
 \xi = 1 \text{ için } F'_k(1) &= 0
 \end{aligned} \right\} (h = 2, 3) \quad (33)$$

şeklini alır. (30) diferansiyel denklem sisteminin özel çözümleri,

$$[F_2]_d = \frac{1}{b_{20}} \left[ \sum_{j=0}^{\infty} \frac{1}{\left( \frac{b_{20}}{b_{22}} \right)^j} \frac{d^{2j}}{d\xi^{2j}} (M_d) \right] \quad (34)$$

$$[F_3]_d = \frac{b_{32}}{b_{30} b_{20}} \left[ \sum_{j=0}^{\infty} j \frac{d^{2j}}{d\xi^{2j}} (M_d) \right] \quad (35)$$

şeklinde verilebilir. Bu şekilde verilen özel çözüm  $M_d$  dış kuvvet momentinin yüksekliğe bağlı olarak polinom şeklinde ifade edildiği her durum için geçerlidir. Bu nedenle, özel durumlar olarak literatürde ele alınan üniform yayılı, üçgen şeklinde yayılı ve tepede tekil yatay kuvvetler için de uygulanabilir. Başka fonksiyonlar ile verilen  $M_d$  durumları için özel çözümlerin ele alınan probleme göre bulunması gerekir.

(30) sabit katsayılı lineer diferansiyel denklem sistemi,

$$\begin{Bmatrix} -M_d \\ 0 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{20} & 0 \\ 0 & b_{30} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} F_2 \\ F_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} -b_{22} & -b_{23} \\ -b_{32} & -b_{33} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} F_2' \\ F_3' \end{Bmatrix} = 0 \quad (36)$$

şeklinde yazılabilir. Bu karakteristik denklemin çözümü de,

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{array} \right\} = \left\{ \frac{(b_{20}b_{33} + b_{30}b_{22}) \pm \sqrt{(b_{20}b_{33} + b_{30}b_{22})^2 - 4b_{20}b_{30}(b_{22}b_{33} - b_{23}^2)}}{2b_{20}b_{30}} \right\}^{1/2} \quad (37)$$

şeklinde bulunur. Bu problemin homojen çözümü aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\left. \begin{array}{l} F_{2h} \\ F_{3h} \end{array} \right\} = C_1 \begin{Bmatrix} A_1 \\ 1 \end{Bmatrix} e^{-\lambda_1 \xi} + C_2 \begin{Bmatrix} A_2 \\ 1 \end{Bmatrix} e^{-\lambda_2 \xi} + C_3 \begin{Bmatrix} A_1 \\ 1 \end{Bmatrix} e^{-\lambda_1(1-\xi)} + C_4 \begin{Bmatrix} A_2 \\ 1 \end{Bmatrix} e^{-\lambda_2(1-\xi)} \quad (38)$$

Bu ifadelerin iki defa türevleri alınarak (30) denklemlerinin birincisinde yerlerine yazılırsa ve homojen çözüm arandığından denklem sıfıra eşitlenirse,

$$A_1 = \frac{b_{23}}{\left(\frac{b_{20}}{\lambda_1^2}\right) - b_{22}}, \quad A_2 = \frac{b_{23}}{\left(\frac{b_{20}}{\lambda_2^2}\right) - b_{22}} \quad (39)$$

elde edilir. (33) ifadelerindeki dört adet sınır şartı ve (38) ifadesi kullanılarak aşağıdaki eşitlikleri yazmak mümkündür,

$$\left. \begin{array}{l} C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_1 e^{-\lambda_1} + C_4 A_2 e^{-\lambda_2} + F_{28}(0) = 0 \\ C_1 + C_2 + C_3 e^{-\lambda_1} + C_4 e^{-\lambda_2} + F_{38}(0) = 0 \\ -C_1 A_1 \lambda_1 e^{-\lambda_1} - C_2 A_2 \lambda_2 e^{-\lambda_2} + C_3 A_1 \lambda_1 + C_4 A_2 \lambda_2 + F'_{28}(1) = 0 \\ -C_1 \lambda_1 e^{-\lambda_1} - C_2 \lambda_2 e^{-\lambda_2} + C_3 \lambda_1 + C_4 \lambda_2 + F'_{38}(1) = 0 \end{array} \right\} \quad (40)$$

Bu denklemler yardımıyla  $C_i$  sabitleri elde edilir ve homojen çözümler de bulunmuş olur. (30) diferansiyel denklem sisteminin genel çözümü,

$$F_2 = [F_2]_0 + [F_2]_h \quad F_3 = [F_3]_0 + [F_3]_h \quad (41)$$

şeklinde özel ve homojen çözümler toplanarak bulunur.

### 3.5. İki Terimli Çözüm

Bu durumda (30) denklem takımının yerini aşağıdaki denklem alır:

$$-M_d + b_{20}F_2 - b_{22} \frac{d^2 F_2}{d\xi^2} = 0 \quad (42)$$

Burada,  $b_{20}$  ve  $b_{22}$  (31)'de tanımlandığı gibi olup sınır şartları ise şöyledir,

$$\left. \begin{array}{l} \xi = 0 \text{ için } F_2(0) = 0 \\ \xi = 1 \text{ için } F_2'(1) = 0 \end{array} \right\} \quad (43)$$

Bu durumda çözüm,

$$F_2 = C_1 e^{-\lambda \xi} + C_2 e^{\lambda \xi} + F_{2b} \quad (44)$$

şeklindedir. Burada,

$$\left. \begin{array}{l} \lambda = \sqrt{\frac{b_{20}}{b_{22}}} \\ C_1 = \frac{-\lambda F_{2b}(0) + e^{-\lambda} F_{2b}'(1)}{\lambda(1 + e^{-2\lambda})} \\ C_2 = \frac{-F_{2b}'(1) - \lambda e^{-\lambda} F_{2b}(0)}{\lambda(1 + e^{-2\lambda})} e^{-\lambda} \end{array} \right\} \quad (45)$$

tanımları geçerli olup  $F_{2b}$ , (34) ile tanımlandığı gibidir.

### 3.6. Yatay Deplasman Fonksiyonunun Belirlenmesi

Yatay deplasman fonksiyonunun  $x$ 'e göre ikinci türevinin perde eğilme rijitliği ile çarpımı toplam momente eşit olduğundan (9) ifadesi yardımı ile herhangi bir  $x$  değeri için perdenin moment eğrilik ilişkisi,

$$\left( E \sum_{i=1}^n I_i \right) \frac{d^2 v}{dx^2} = M = (M_d - F_2) \quad (46)$$

şeklinde ifade edilebilir. Buradan iki kere integrasyon ile aşağıdaki ifade elde edilir:

$$v = \frac{1}{\left( E \sum_{i=1}^n I_i \right)} \int \left\{ \int (M_d - F_2) dx \right\} dx + Bx + D \quad (47)$$

Sınır şartları,

$$x = H \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} v = 0 \\ \frac{dv}{dx} = 0 \end{array} \right. \quad (48)$$

şeklinde olduğuna göre (47) ifadesindeki  $B$  ve  $D$  integrasyon sabitleri bulunur. Dış yükleme şekli ve ona bağlı olarak hesaplanan  $M_d$ , (47)'de yerine yazıldığında yatay deplasman fonksiyonu  $x$ 'e bağlı olarak elde edilir.

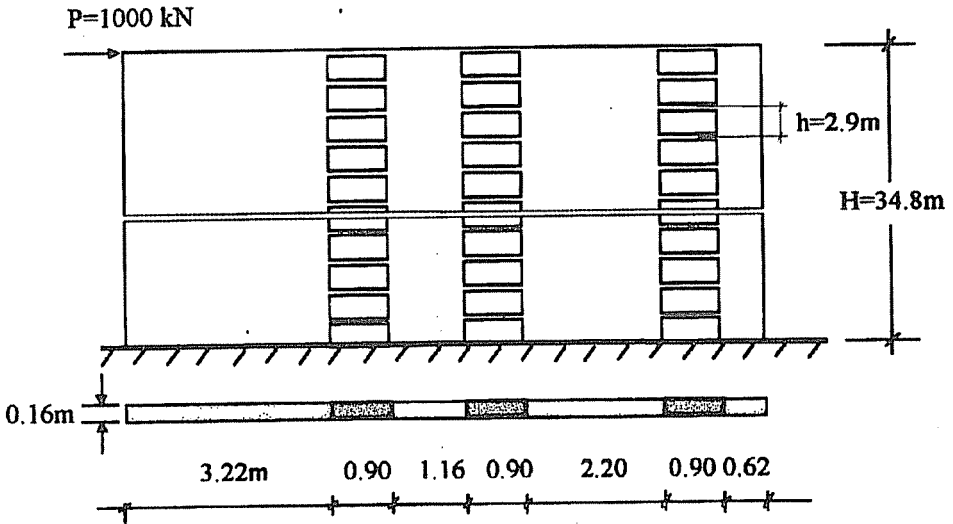


#### 4. SAYISAL UYGULAMALAR VE SONUÇLAR

Bu çalışmada hazırlanan programın doğruluğunu araştırmada başlıca üç yöntem kullanılmıştır. Bunlardan birincisi eşdeğer çerçeve yöntemidir. Bu yöntemde, perde duvarları kolon elemanlar, bağlantı kirişleri ise kiriş elemanlar olarak modellenip SAP90 paket programı ile çözüm yapılmıştır. İkinci yöntem sonlu farklar yöntemini esas alarak çözüm yapan "Sonlu Şerit Yöntemi"dir. Üçüncü yöntem ise "Sonlu Elemanlar Yöntemi" olup bunun için, örnek problem üzerinde sonlu elemanlar ağı oluşturularak malzeme özellikleri girilip problem PAFEC sonlu elemanlar paket programı ile çözülmüştür.

#### Örnek 1:

Koo ve Cheung (1) tarafından çözümü verilen örnekte önemli gerilmelerin ve perde tabanındaki toplam momentin Sonlu Şerit Yöntemi ve SAP90 ile uyumluluğunu göstermek amacıyla rijit temele oturan kat yüksekliği 2.9 m ve sistem yüksekliği 34.80 m olan çok sıra boşluklu perde alınmıştır. Değişik genişlikte 4 duvardan oluşan sisteme tepede 1000 kN'luk tekil yük etki etmektedir (Şekil 3). Bağlantı kirişlerinin boşluk genişliği bina yüksekliği boyunca sabittir. Perde kalınlıkları tüm perdeler için 0.16 m olup tüm elemanlar için  $E=20.0 \times 10^6$  kN/m<sup>2</sup> alınmıştır Bu örneğin, bağlantı kirişi yüksekliği 0.80 m ve 0.31 m alınarak çözümleri yapıp, sırası ile Çizelge 1a ve Çizelge 1b'de sonuçlar mukayese edilmiştir.



Şekil 3. Örnek 1'e ait çok sıra boşluklu perde ve enkesiti.

Çizelge 1a. Bağlantı kirişi yüksekliğinin 0.80 m değeri için elde edilen sonuçlar.

| Bilinmeyenler                        | KOO VE CHEUNG | SAP90    | SUNULAN YÖNTEM | SAP90'A ORANLA FARKLAR (%) |                |
|--------------------------------------|---------------|----------|----------------|----------------------------|----------------|
|                                      |               |          |                | Koo & Cheung               | Sunulan Yöntem |
| $\sigma_1$ (kN/m <sup>2</sup> )      | 9489.0        | 9355.6   | 9523.0         | 1.43                       | 1.79*          |
| $\sigma_2$ (kN/m <sup>2</sup> )      | -589.2        | -914.0   | -564.1         | 34.54                      | 38.3           |
| $\sigma_3$ (kN/m <sup>2</sup> )      | -8633.0       | -8551.1  | -8986.4        | 0.96                       | 5.09           |
| $\sigma_4$ (kN/m <sup>2</sup> )      | -17550.0      | -16565.7 | -16527.3       | 5.94                       | 0.23*          |
| $\xi = 0.2$ için $\Sigma M_i$ (kNm)  | 362.5         | 398.4    | 420.5          | 9.01                       | 5.55           |
| $\xi = 0.4$ için $\Sigma M_i$ (kNm)  | 860.2         | 959.7    | 841.2          | 10.37                      | 12.35          |
| $\xi = 0.6$ için $\Sigma M_i$ (kNm)  | 1185.2        | 1301.5   | 1261.9         | 8.94                       | 3.04           |
| $\xi = 0.8$ için $\Sigma M_i$ (kNm)  | 1739.5        | 1859.3   | 1694.4         | 6.44                       | 8.87           |
| $\xi = 1.0$ için $\Sigma M_i$ (kNm)  | 3363.5        | 4104.0   | 3483.5         | 18.04                      | 15.1           |
| Tepe noktasının yanal deplasmanı (m) |               | 0.0766   | 0.07427        |                            | 3.02           |

\* Önemli gerilmelerin bulunduğu perdeler.

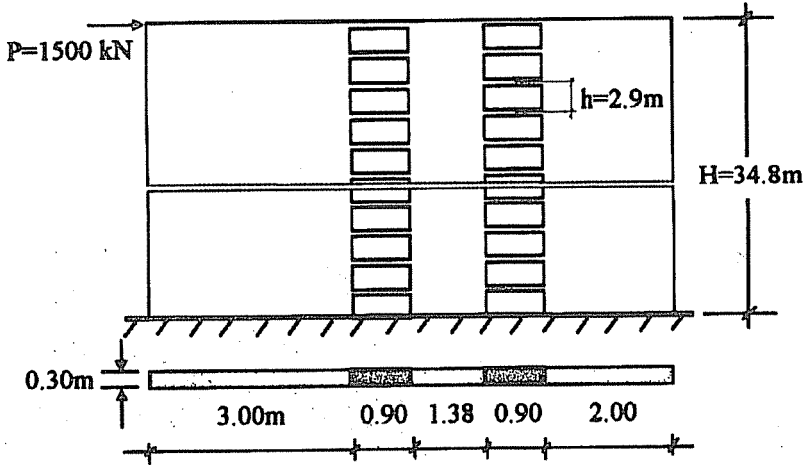
Çizelge 1b. Bağlantı kirişi yüksekliğinin 0.31 m değeri için elde edilen sonuçlar.

| Bilinmeyenler                        | KOO VE CHEUNG | SAP90    | SUNULAN YÖNTEM | SAP90'A ORANLA FARKLAR (%) |                |
|--------------------------------------|---------------|----------|----------------|----------------------------|----------------|
|                                      |               |          |                | Koo & Cheung               | Sunulan Yöntem |
| $\sigma_1$ (kN/m <sup>2</sup> )      | 8668.9        | 8695.6   | 8776.3         | 0.31                       | 0.93*          |
| $\sigma_2$ (kN/m <sup>2</sup> )      | -748.0        | -860.2   | -519.9         | 13.04                      | 39.56          |
| $\sigma_3$ (kN/m <sup>2</sup> )      | -7265.8       | -7471.6  | -8281.8        | 2.75                       | 10.84          |
| $\sigma_4$ (kN/m <sup>2</sup> )      | -17842.8      | -16969.7 | -15231.5       | 5.15                       | 10.24*         |
| $\xi = 0.2$ için $\Sigma M_i$ (kNm)  | 352.0         | 392.5    | 424.6          | 10.32                      | 8.18           |
| $\xi = 0.4$ için $\Sigma M_i$ (kNm)  | 877.5         | 872.6    | 864.3          | 0.56                       | 0.95           |
| $\xi = 0.6$ için $\Sigma M_i$ (kNm)  | 1314.6        | 1364.3   | 1388.5         | 3.64                       | 1.77           |
| $\xi = 0.8$ için $\Sigma M_i$ (kNm)  | 2441.9        | 2396.7   | 2379.7         | 1.89                       | 0.71           |
| $\xi = 1.0$ için $\Sigma M_i$ (kNm)  | 5768.6        | 5923.0   | 5938.7         | 2.61                       | 0.27           |
| Tepe noktasının yanal deplasmanı (m) |               | 0.1044   | 0.10816        |                            | 3.60           |

\* Önemli gerilmelerin bulunduğu perdeler.

**Örnek 2:**

Önemli gerilmelerin ve perde tabanındaki toplam momentin PAFEC ve SAP90 ile uyumluluğunu göstermek amacıyla rijit temele oturan kat yüksekliği 2.9 m ve sistem yüksekliği 34.80 m olan çok sıra boşluklu perde alınmıştır. Değişik genişlikte 3 duvardan oluşan sisteme tepede 1500 kN'luk tekil yük etki etmektedir (Şekil 4). Bağlantı kirişlerinin boşluk genişliği bina yüksekliği boyunca sabittir ve bağlantı kirişi yüksekliği 0.80 m'dir. Perde kalınlıkları tüm perdeler için 0.30 m olup tüm elemanlar için  $E=20.0 \times 10^6$  kN/m<sup>2</sup> alınmıştır. Yukarıda değerleri verilen örneğin, sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 4. Örnek 2'ye ait çok sıra boşluklu perde ve enkesiti.

Çizelge 2. Örnek 2'nin çözümü ile elde edilen sonuçlar.

| Bilinmeyenler                        | PAFEC     | SAP90     | SUNULAN YÖNTEM | PAFEC'E ORANLA FARKLAR (%) |                |
|--------------------------------------|-----------|-----------|----------------|----------------------------|----------------|
|                                      |           |           |                | SAP90                      | SUNULAN YÖNTEM |
| $\sigma_1$ (kN/m <sup>2</sup> )      | 9416.05   | 9449.00   | 9592.04        | 0.35                       | 1.87*          |
| $\sigma_2$ (kN/m <sup>2</sup> )      | -2693.75  | -2362.00  | -2510.94       | 12.32                      | 6.79           |
| $\sigma_3$ (kN/m <sup>2</sup> )      | -12378.00 | -12543.00 | -12655.51      | 1.33                       | 2.24*          |
| $\xi = 1.0$ için $\Sigma M_1$ (kNm)  | 6315.21   | 6429.00   | 5857.87        | 1.80                       | 7.24           |
| Tepe noktasının yanal deplasmanı (m) | 0.08896   | 0.08729   | 0.087662       | 1.88                       | 1.46           |

\* Önemli gerilmelerin bulunduğu perdeler.

Kaynak (1)'de çözümlü verilen dört farklı genişlikte perdeden oluşan çok sıra boşluklu perde ele alınarak bağlantı kirişi yüksekliğinin 0.80 m ve 0.31 m değerleri için çözümler yapılmıştır. Karşılaştırma yapmak üzere bu problem için sonlu şerit yöntemi ve SAP90 ile elde edilen sonuçlar, çizelgeler (Çizelge-1a,b) üzerinde gösterilmiştir. SAP90'a oranla farklar yüzde olarak incelendiğinde, önemli gerilmelerde ("\*" ile işaretli) bu çalışmadaki yöntemle sonlu şerit yönteminden daha iyi sonuçlar elde edilmiş olduğu görülür. İkinci örnek sonlu elemanlar yöntemi ile bu çalışmada kullanılan yöntemi karşılaştırmak amacı ile hazırlanmıştır. Aynı örnek problem SAP90 ile çözülerek sonuçlar Çizelge 2 üzerinde karşılaştırılmıştır. Farkların yüksek olduğu yerler sadece gerilme değerlerinin düşük olduğu perdelerde ortaya çıkmakta, diğer perdelerde farklar % 5'i geçmemektedir. Bağlantı kirişi yüksekliği azaltıldığında sonuçların daha da uyumlu olduğu görülmüştür.

## 5. KAYNAKLAR

1. Coull,A. and Puri,R.D., *Analysis of Coupled Shear Walls of Variable Cross-section, Build.Science, Vol.2, 313-320, 1968.*
2. Koo,K.K. and Cheung,Y.K., *The Static Analysis of Multi-bay Coupled Shear Walls, Building and Environment, Vol.19(2), 93-99, 1984.*
3. Aksoğan,O., Türker,H.T. and Oskouei,A.V., *Stiffening of Coupled Shear Walls at Arbitrary Number of Heights, Advances in Civil Engineering, First Technical Congress. Vol.2, 780-787, North Cyprus, 1993.*
4. Aksoğan,O. ve Arslan,H.M., *Güçlendirici Kirişlerin ve Kesit Değişikliklerinin Elastik Mesnetlenmiş Boşluklu Deprem Perdelerinin Davranışına Etkileri, Dokuzuncu Ulusal Mekanik Kongresi Kongre Bildiri Kitabı, Cilt 1, 158-167, Ürgüp, 1996.*

## KONUT ÇEVRELERİNDE KALİTE SEVİYESİNİN MODELLENMESİ VE ADANA ÖRNEĞİ

Serpil ÇERÇİ

Ç.Ü. Mimarlık Bölümü, Adana / Türkiye

**ÖZET :** Konut çevrelerine ilişkin kalite düzeylerini gösterebilecek değişkenlerin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, Adana kentinin tarihsel süreklilik içerisinde gelişen iki farklı bölgesinin konut çevreleri incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen, kullanım sonrası değerlendirme modeli aracılığı ile konut çevresi niteliksel sorunları saptamaya yönelik bir araştırmanın, metodolojik yaklaşımı sunulmuş; Konut çevresi ve kullanıcıya ilişkin değişkenler bilişsel, duygusal ve davranışsal parametreler ile değerlendirildiğinde aralarında anlamlı ilişkiler bulunmuştur.

### THE MODEL FOR QUALITY OF EVALUATION THE HOUSING OF DOMICILE AND ADANA SAMPLE

**ABSTRACT :** In this study, the aim is to point out the variables showing the quality levels of evaluation housing of domicile, houses that are built in historical period and belongs to two different regions of Adana city are searched. Because of this aim, by the evaluated model after using, methodological approach with the researchs about quality problems the housing domicile is presented. According to the results, a meaningful relation is found between domicile and domicile users variables, that are evaluated as knowledge , emotional and behavioral parameters.

## 1. GİRİŞ

Süreç içindeki değişimler çerçevesinde, kullanıcıların kültürel ve psiko-sosyal özelliklerine bağlı olarak algılama, bilinç, bilişsel, memnuniyet ve beklentileri açılarından konut yakın çevrelere ilişkin kalite yetersizliklerinin ortaya çıkardığı sorunlar; incelenmesi ve çözüm gerektiren sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Genel fiziksel çevre kalitesi oluşumunda etkili olan; sağlık, konfor, anlam, bakım, tasarım ve kullanım uygunluğu, vb. paradigmalardan işlemsel hale getirilmesi gerekliliği vardır. Bu amaçla kalite ölçütlerinin konabilmesi için bir takım parametrelere dönüştürülmesi önem taşımaktadır. Nitelikli bir çevrenin sağlanması gereken performans özelliklerini ortaya koyan bu ölçütlerin, kuramsal çerçevelere ve modellere dayandırılması gerekmekte (1), Canter ve Kenny ise, bu gerekliliği deneysel araştırmaların, kuramsal formülasyona dayandığı sürece bir öneminin ve işlerliğinin olduğunu savunmaktadırlar (2). Bu konu ile geliştirilen kuramsal çerçeve ve modellerde, örneğin; çevre kalitesinin sosyal ve fiziksel bileşenlerine (3); Çevre - memnuniyet - davranış ilişkilerinde belirli ve dolaylı olarak sosyal davranışın önemine (4); kullanıcıların çeşitli çevresel özellikleri algılaması (5), yönüne önem verilmektedir. Bu çalışmada ise, konut yakın çevresi niteliksel değerlendirmelere olanak sağlayan kavramsal bir model geliştirilerek (1); kullanıcıların sosyal, kültürel ve temel gereksinimlerinin nasıl karşılandığı, ayrıca çevrelerinden beklentilerinin ne olduğu; memnuniyet, tutum ve tercihleri konusunda, kullanım sonrası değerlendirmelerden yola çıkarak sözel ve sayısal olarak somut değerler elde edilmeye çalışılmıştır.

## 2. KONUT ÇEVRE KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN GELİŞTİRİLEN MODEL

Modelde, tasarıma ya da bu alanda yapılacak çalışmalara ışık tutacak ölçütleri belirleyen "kalite kararları"; bu kararlara doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyen "nesnel belirleyiciler", "öznel belirleyiciler" ve "çevresel değerlendirmeler" aracılığıyla belirlenmeye çalışılmaktadır. Kullanıcı ve konut çevresi özellikleri nesnel belirleyici; filtrasyon görevi üstlenen kişilik faktörleri ise, öznel belirleyici olarak ele alınmışlardır. Ayrıca bu belirleyiciler vasıtası ile, bilişsel, duygusal ve davranışsal parametrelerle ilişkilendirilerek konut çevresinin niteliksel ölçütleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır (1).

Modelde konut yakın çevre özellikleri ve kullanıcı özellikleri olarak tanımlanan dışsal değişkenler; öznel belirleyicilerle etkilenen bilişsel ve duygusal değerlendirmeler; niyetlerle belirlenen duygusal davranışlar, hedefe yönelik tavır (karar) olarak yorumlanmaktadır. Bu kararların, gelecekteki fiziksel çevre kalitesi çalışmalarında ölçüt olarak kullanılması ile yararlı bir veri tabanı oluşturacağı düşünülebilir.

### 3. DEĞİŞKENLER VE ALAN ARAŞTIRMASI

Yapılan araştırmalarda; gerekenin üzerinde bir yaşam kalitesi elde edilmesi hedeflendiğinde, çevre kalitesinin nesnel bileşenleri ile birlikte, bu çevrede yaşayan insanların öznel değerlendirmelerinin birlikte ele alınabileceği yaklaşım ve yöntemlerin geliştirilmesinin gerekli olduğu (6); çevre kalitesinin sadece nesnel belirleyiciler ile saptanamayacağı ve bu konuda araştırmaların yapılması gerektiği vurgulanmaktadır.

Bu amaçla tasarım çalışmalarına katkı sağlayabilecek, somut değerleri elde etme amacıyla oluşturulan modelde, araştırmanın hedefine uygun bir şekilde ve çok sayıda bağımlı ve bağımsız değişkenler seçilmiş ve bu değişkenler arasındaki ilişki araştırılmıştır. Değişkenlerin sayısını arttırmak mümkün olmakla birlikte, bu değişkenlerin tümünün tek bir çalışma içinde ele alınmasının oldukça güç olması nedeniyle anlamsal farklılıkların olabileceği değişkenlerin analiz edilmesi uygun görülmüştür.

Çevre kalitesinin boyutlarını Adana halkının algıladığı ve değerlendirdiği biçimde irdelenmesi amacı ile yapılan kavramsal katılım çalışması için geleneksel ve gelişmiş bölge olarak adlandırılan iki bölge seçilmiştir. Bu bölgeler;

. Kentin güneyinde yer alan ve halen merkez niteliğini devam ettiren, geleneksel konutların bulunduğu "Eski merkez ve çevresi",

. Kentin kuzeyinde son 10-15 yılda hızla gelişen, çok katlı binaların yer aldığı "Yeni Adana bölgesi".

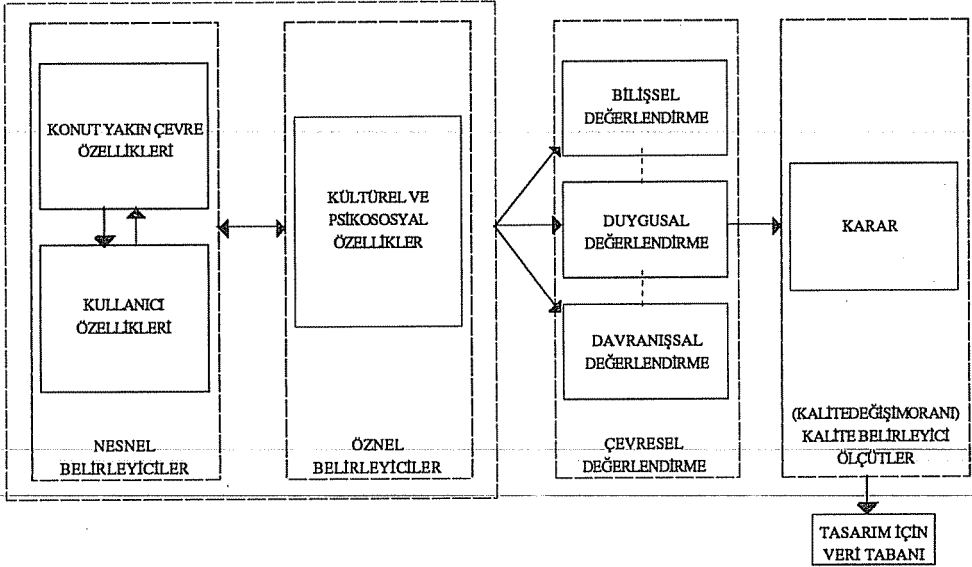
Bu çalışmada konut yakın çevre ölçütlerini belirleyecek olan veri tabanını oluşturmak için kullanıcı ve konut çevresi ile ilgili bağımlı ve bağımsız değişkenlerin karşılıklı ve kendi içlerindeki ilişkilerini ve niteliğini öznel ve nesnel olarak incelenmesi açısından, ölçüm ve analizler gerekli görülmüştür.

Bu ölçümler için, araştırma bölgelerinde kota uygulaması yapılmış olup toplam 200 anket yapılmıştır. Deneklerden alınan yanıtlar anket formlarında dikkatle kodlanarak bilgisayarda veri dosyalarına kaydedilmiştir. Çevresel kalite ölçütünü ortaya çıkaracak verilerin analizi için chi-square ( $\chi^2$ ) testi ve belirli yüzdeler için cross tabs uygulaması IBM 4361, VM işletim sisteminde SPSS (Statistical Package for Social Sciences) istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır.

### 4. ÇEVRESEL DEĞERLENDİRME SONUÇLARI

Adana kentinde gelişmiş ve geleneksel iki bölgenin konut çevrelerinde kalite kararlarını ortaya çıkaran çevresel değerlendirme sonuçlarına göre;

• Adana halkının büyük bir farkla, çoğunluğunun geleneksel bölge dışındaki bölgelerde yaşamak istemesi dikkat çekici bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir zamanlar itibarlı ve seçkin olan ancak günümüzde tercih edilmeyen bölge olarak sürekliliğini koruyan bu bölgelerde; fiziksel çevrenin iyileştirilmesi, sosyal çevreye hizmet edecek çeşitli olanakların sunulması yanısıra pozitif değerlerinin korunarak



iyileştirilmesi ve yeniden işlevlendirilmesi ile yerleşimde önemli tercih nedeni olacağı da araştırma bulguları arasında yer almaktadır.

- Yine her iki bölge deneklerinin gerek Adana kenti içinde ve gerekse genel anlamda merkezi bir yerde yaşamayı tercih etmedikleri; büyük çoğunlukla göl ve baraj mevkiini, öncelikle düzenli, bakımlı ve geniş olanakları olan bir site ortamını tercih ettikleri görülmektedir.

Çevresel memnuniyeti etkileyen en önemli göstergeler olarak kabul edilen eğitim seviyesi, önceki konut deneyimi, demografik yapılanma gibi özelliklerin günümüz konut bölge insanlarına göre farklılık gösterse de, araştırma bulgularından elde edilen verilere göre, örnek seçilen geleneksel konut çevrelerindedeki arzu edilen sosyal ve fiziksel çevre kalitesinin sağlanamadığı, insanlara daha çok olanakların sunulabildiği bir yerleşim özlemi içinde oldukları saptanmıştır.

Bu çalışmada çok sayıdaki değişkenler arasındaki ilişkiler çeşitli şekillerde kombinasyon yapılarak, ilişki dereceleri ölçülebilir ve çeşitli niteliksel sonuçlar elde edilebilir. Ancak çalışma kapsamının sınırlı olması gerektiğinden yeterli kabul edilmiştir. Özetle, hem nesnel belirleyiciler, hem de kullanıcıların algı, duygu ve davranışına bağlı olarak yapılan bu kullanım sonrası değerlendirme çalışmasında, Adana'da konut çevresi memnuniyetinin bireyler arasındaki sosyal koşullardan çok, fiziksel koşullara bağlı olduğu bulunmuştur.

Bu çalışmada kalite ölçütlerini ortaya çıkaran kullanım sonrası değerlendirme modelinde ortaya çıkan kararların gelecekteki fiziksel çevre kalitesi çalışmalarında ölçüt olarak kullanılması önerilmekte ve yararlı bir veri tabanı oluşturacağı umulmaktadır.



## 5. SONUÇ

Bu araştırmada ortaya konan kavramsal modelde, öznel ve nesnel belirleyicilerin bilişsel, duygusal, davranışsal etkileşimi sonucu tavır belirleyici çevresel değerlendirme sonuçlarına göre, çevrenin niteliksel ve niceliksel durumunu tayin edecek kararlar, dolayısıyla tasarıma ışık tutacak ölçütler oluşmaktadır. Başka bir anlatımla, sözü edilen davranış düzeyleri (tercih ve tutumlar) kullanıcıların konut çevresindeki sosyal yada nesnel-çevresel durumlarına karşı tepki veya yanıtlarını (beklenti içinde olma, memnun olma gibi) açıklamakta, bu yanıtlar ise çevresel değerlendirmelere bütünsel olarak etki ederek niteliksel ölçütleri ortaya koymaktadır.

Kullanıcıların çevresel değerlendirmeleri sonucunda önemsiz görülen bazı verilerin elenmesi sonucu belirgin farklılıklar gösteren ya da anlamlı sonuçların elde edildiği veriler bir araya gelerek ortaya bir kararı çıkarmaktadır. Ancak, asıl kararların bilişsel, duygusal ve davranışsal olarak çevresel değerlendirmelerin her birinde oluşan sonuçlar olduğu; modeldeki kararın ise, sembolik bir özellik taşıdığı ve aslında bu kararın sözü edilen sonuçların bir sentezi olduğunun belirtilmesi akla gelebilecek karmaşık düşüncelerin giderilmesi açısından gerekli görülmüştür.

Bu çalışmada konut ve kullanıcıya ilişkin eğitim, gelir, meslek, yaş, çocuk sayısı değişkenleri bilişsel, duygusal ve davranışsal parametreleri ile değerlendirildiğinde aralarında anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Elde edilen bulgulara göre, bireylerin beklenti, memnun olma veya olmama durumuna göre başka semtlere taşınmak istemesi ya da farklı tutumları konut çevresinin açık alan, emniyet, otopark, sosyal aktivite, sosyal ilişki, yeşil alan, binalar arası yakınlık, iklimsel konfor vb. değişkenlere bağlı olarak değişmektedir. O halde bu değişkenlerin yönetsel birimler, tasarımcılar tarafından önemsenmesi gerekmekte, önemsenmediği veya şartların iyileştirilemediği durumda bireyin bazı kişisel özelliklerinin eğitilerek bilinçlendirilmesi yoluyla değiştirilmesi gerekmektedir.

En az iç mekan kadar önemli bir kullanım kalitesi gerektiren konut dışı mekanlarda insanca yaşam standartlarının sağlanmasında bu tür ölçüt ve kararların etkili olabilmesi için konunun boyutu kurumsal ve yönetsel olarak ele alınması gerekmektedir. Ayrıca alınacak kararlarda; geleneksel konut ve yerleşmelerdeki pozitif değerlerin; ekosistemi içine alan ve mikroklimatik verilerin kullanımının önemsendiği, yeni plan ve program yaklaşımlarının birlikteliği de gereklidir.

Bu amaçla bireylerin yaşanabilir nitelikte çevre isteklerine yanıt verebilecek ve konutu çevresi ile ele alabilen, ayrıca bakım, yönetim, organizasyon konusunda da duyarlı olabilecek birlik ve kuruluşların desteklenmesi gerekli görülmektedir.

Bu öneriler çerçevesinde önemli olan; nitelikli tasarımlar için, eğitim kurumları kuruluşlar ile tasarımcıların işbirliği içerisinde olması ve bunun için ise, ilk adım olarak tasarımcı-kullanıcı diyalogunun kurulması ve yaşanabilirliği sağlanmış çevrelerin sürekliliğinin korunması için toplum bilincinin oluşturulmasıdır.

**6. KAYNAKLAR**

1. Çerçi,S., *Konut Yakın Çevresi Kalitesinin Kullanıcı Bilişsel, Duygusal ve Davranışsal Parameterelelere Bağlı Olarak Değerlendirilmesi*, İTÜ, s.109-136, 1997.
2. Canter and Kenny, "A Multivariate Model of Housing Satisfaction" *International Review of applied Psychology*, s.82, 1985.
3. Rapaport,A., *Thinking About Home Environments, A Conceptual Framework. Home Environments Advance in Theory and Research*, s.255, Newyork, 1985.
4. Weidemenn,S., Anderson,J.R., *A Conceptual Fromework for Residential Satisfaction, Home Environments, Altman ve Werner Newyork*, s.157, 1985.
5. Francescato,G. vd., *Evaluating The Built Environment From then User's Point of View: An Attitudinal Model of Residential Satisfaction Building Evaluation. New York*. 1989.
6. Erkut,G., *Kentsel Mekan ve Yaşam Kalitesi, Mimari ve Kentsel Çevrede Kalite Arayışları Sempozyumu*, s.39, Haziran, İTÜ, 1995.

**BOZULABİLEN ÜRÜNLER İÇİN FİYAT İNDİRİMLİ STOKASTİK  
ENVANTER POLİTİKALARININ SİMÜLASYON İLE İNCELENMESİ****Müjgan KURT ve Rızvan EROL***Ç.Ü. Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye*

**ÖZET :** *Bu çalışmada bozulabilen fiyat indirimli mallar için stok kontrolü problemi ele alınmıştır. Problemden (S,s) envanter sistemini baz alarak sistemde periyodik gözden geçirme stok kontrolü uygulanmıştır. Problemin çözümünde simülasyon tekniğini kullanarak bu karmaşık problemin sistem davranışını araştırmak amacıyla farklı envanter seviyeleri ve farklı yeniden sipariş verme noktaları için sistem test edilmiştir. Elde edilen simülasyon sonuçları, uygun istatistiksel optimizasyon tekniği kullanarak analiz edilmiş ve en iyi envanter politikası belirlenmiştir. Basit ESM modelindeki optimum çözüm, ele alınan stokastik envanter modelindeki elde edilen en iyi çözümden daha kötü olduğu görülmüştür.*

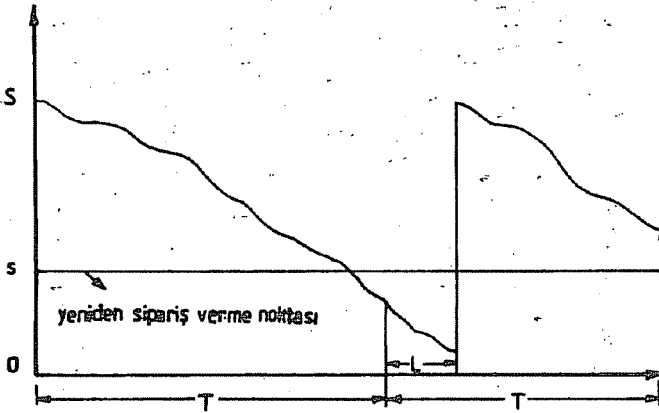
**ANALYSIS OF PRICE-DISCOUNTED STOCHASTIC INVENTORY  
POLICIES FOR PERISHABLE ITEMS USING SIMULATION**

**ABSTRACT :** *In this study we have investigated inventory control problem for perishable items with price quantity discounts. An (S,s) periodic review system is used to control inventory level at the end of each day. The behavior of this stochastic inventory system is analyzed using simulation experiments for varying reorder points (s) and reorder levels (S). Resulting simulation output is fed to the statistical optimization method to determine the optimum inventory policy based on the total cost. Simple EOQ (Economic Order Quantity) solution has been shown to be worse than that of the statistical optimization.*

## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada, fiyat indirimli bozulabilen ürünler için stokastik problemin simülasyon tekniği ile incelenmesi ele alınmıştır. Birçok Envanter Sisteminde bozulma faktörü ihmal edilecek bir faktör değildir. Bozulma, çürüme, artık kalma veya zamanın geçmesi ile malın değişikliğe uğraması ve kullanılamaz hale gelmesi olarak tanımlanmaktadır. Yukarıda belirtilen iki özellik; bozulma ve fiyat indirimi göz önünde bulundurularak simülasyon tekniği kullanarak bu tür stok (envanter) sistemindeki davranış ve optimum çalışma koşulları belirlenmiştir.

Çalışmamıza konu olan sistem,  $(S,s)$  envanter sistemi olarak tanımlanmakta ve stok seviyesinin gözden geçirilmesi periyodik olarak yapılmaktadır. Şekil-1'de görüldüğü gibi  $t=0$  anında envanter sisteminde maksimum miktarda stok bulunmakta olup  $(S)$ , zaman geçtikçe stok seviyesi gelen taleplerden dolayı azalmaktadır. Sistemdeki stok seviyesinin gözden geçirilmesi belli periyotlarda yapılmakta olup  $(T)$ ,  $t=T$  anında stok seviyesinin yeniden sipariş verme noktasının altında olduğu gözlemlendiğinde yeniden sipariş verilmektedir. Siparişin belli bir temin süresi olduğundan dolayı siparişin temin edilmesi için belli bir süre geçmekte  $(L)$  ve sipariş geldiği anda sistem yine maksimum sipariş seviyesine ulaşmış olmaktadır.



Şekil 1. Envanter Sistemi Modeli.

## 2. STOK SİSTEMİNİN TANIMI

Yapılan çalışmada aşağıda belirtilen varsayımlar geçerli olmaktadır;

- Talep, geliş zamanlara bağlı olup rassaldır.
- Temin süresi rassaldır.
- Siparişler partiler halinde verilmekte ve önceden verilen sipariş gelmeden ikinci bir sipariş verilmemektedir.

- Envanter sistemindeki stok seviyesi periyodik olarak gözden geçirilmektedir.
- Malın birim fiyatı değişken olup sipariş verilen parti büyüklüğüne göre fiyat indirimi uygulanmaktadır.
- Malın dayanma süresi değişkendir.

### **3. ARAŞTIRMANIN ADIMLARI**

Araştırmanın adımları simülasyon sürecini tarif eden adımlardan geçmektedir:

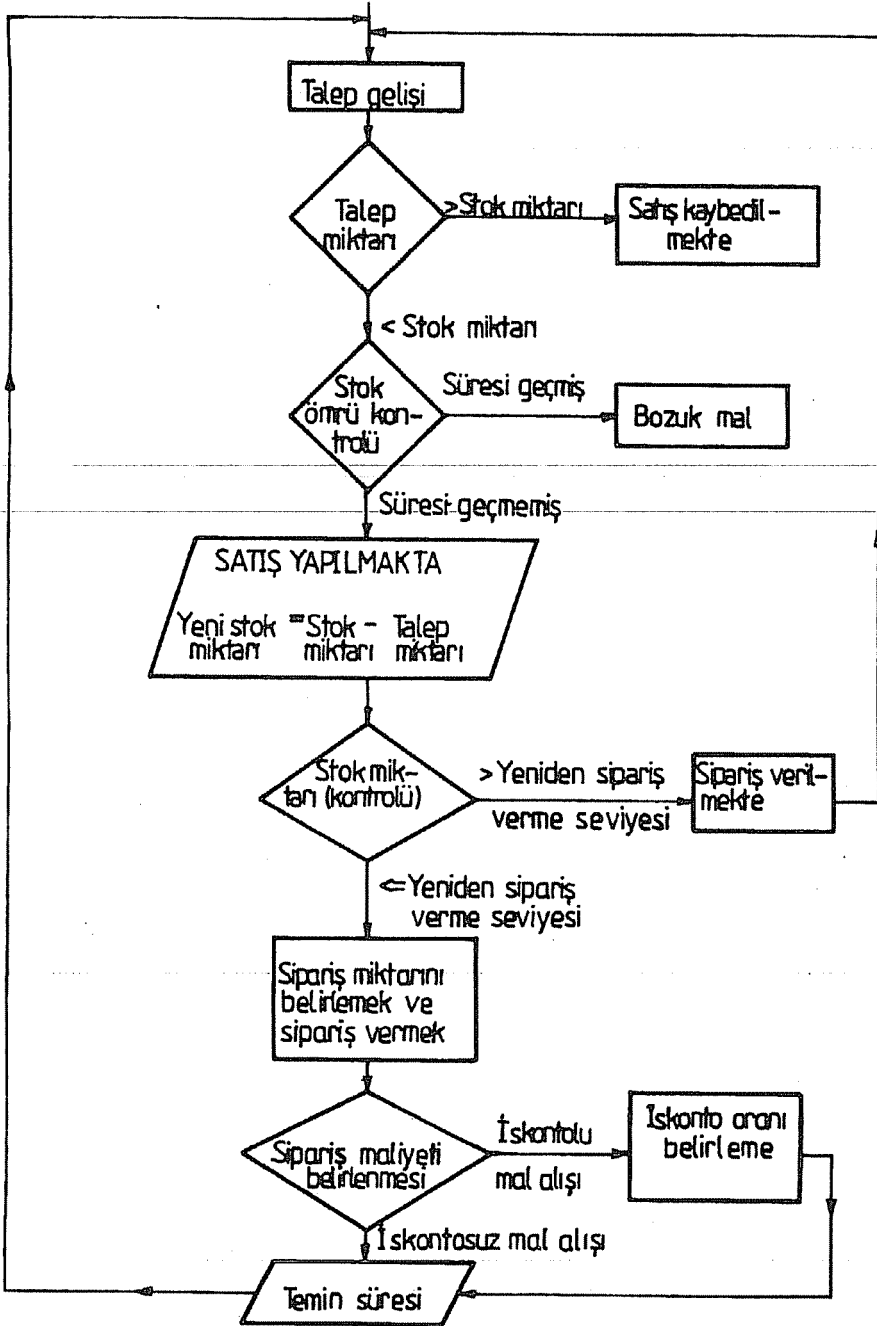
- i) Problem tanımlanmakta ve amaçlar tespit edildikten sonra bir sonraki adıma geçilmekte,
- ii) Dikkate alınacak maliyet unsurları ve karar değişkenlerinin belirlenmesi,
- iii) Modelin tanımlanması için stok kontrolünün mantıksal akış diyagramının hazırlanması,
- iv) Modelin gerektirdiği verilerin toplanması ve kullanılacak hale getirilmesi,
- v) Simülasyon modelinin SIMAN IV yazılım dilini kullanarak dönüştürülmesi,
- vi) İstenilen veriler ile simülasyonu gerçekleştirmek, geçerlilik testlerinin yapılması,
- vii) Simülasyon sonuçlarından çıkan verilerin yorumlanması.

### **4. STOK SİSTEMİNİN AKIŞ DİYAGRAMI**

Ele alınan stok sisteminde talebin gelmesi, stok miktarı siparişi karşılayıp karşılamadığı, stokta bulunan malların kullanım ömrü kontrolü, satışın gerçekleşmesi, stok miktarı kontrolü, sipariş miktarı tespiti, sipariş verilmesi, sipariş maliyetinin belirlenmesi ve siparişlerin temin edilmesine kadar geçen aşamalar öncelik sıralarına göre Şekil-2'de izlenen yol açıkça görülmektedir.

Stok sistemine talep gelişleri rassal olmakta ve talep miktarı değişik değerler alabilmektedir. Stokta bulunan mal miktarı talep miktarını karşılamıyor ise müşteri geri gideceğine göre satış kaybedilmiş olduğu anlamına gelmektedir. Eğer stok miktarı talep miktarını karşılıyor ise bu durumda satış yapılmadan önce, mallar sınırlı kullanım ömrüne sahip olduklarından dolayı, malların kullanım süreleri geçip geçmediği kontrol edilmektedir. Malların süreleri geçmiş ise mallar ayrılmakta ve satışa sunulmamaktadır (bozuk mal). Malların kullanım ömrü kontrol sırasında belirlenen süreyi geçmediği tespit edildiğinde mallar satışa sunulmaktadır.

Satış yapıldıktan sonra yeni stok miktarı kontrol edilmekte olup yeniden sipariş verme seviyesinin altına düşmediği takdirde sipariş verilmemektedir. Aksi halde, stok miktarı yeniden sipariş verme seviyesinin altına indiğinde önceden verilen ve beklenen bir sipariş olmadığı sürece sipariş verilebilmektedir. Sipariş verilme esnasında sipariş maliyetleri belirlenmektedir. Sipariş maliyetleri verilen malın sipariş miktarına göre değişmekte olup miktardan dolayı iskonto uygulanmaktadır. Sipariş verilen mallar belli sürelerde temin edilmekte olup stok sisteminin akışı yine başa rassal talep gelişine dönmektedir.



Şekil 2. Stok Sisteminin Akış Diyagramı.

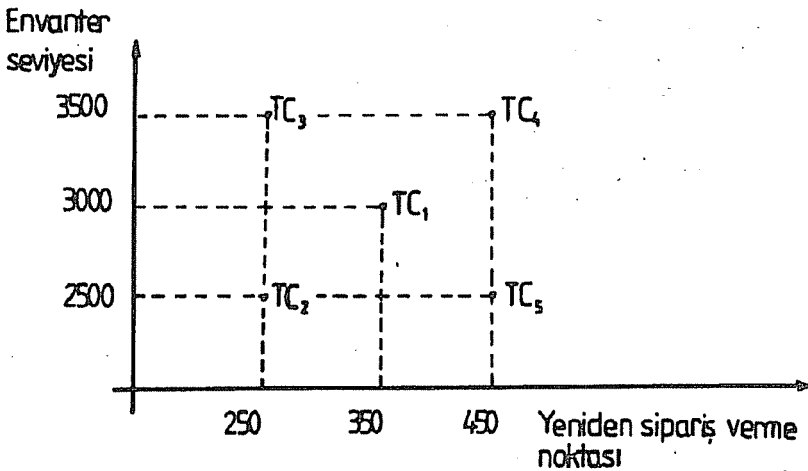
## 5. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Ele alınan problemde (S,s) envanter sistemini baz alarak SIMAN IV programlama dilinde simülasyon programı hazırlanmıştır. Farklı yeniden sipariş verme noktaları ve envanter seviyeleri için envanter sistemlerinin simülasyon sonuçları uygun istatistiksel optimizasyon teknikleri kullanarak sistemlerin davranışları incelenmiştir.

Simülasyonun başlangıç noktası için yeniden sipariş verme noktası (s) ve envanter seviyesi (S) değerleri belirlenmiştir. Uygun talep gelişleri ve talep miktarları seçilip temin süresi bir gün olarak alınmıştır. Yeniden sipariş verme noktasının (s) tespitinde Q sistemi (Q=s), envanter seviyesinin (S) tespitinde ise klasik fiyat indirimli modeli kullanarak başlangıç değerleri hesaplanmıştır. Bulunan iki değer kesiştiği nokta etrafında Şekil-3'de görüldüğü gibi dört farklı nokta alınıp seçilen bu envanter sistemleri analiz edilmiştir. Seçilmiş olan yeniden sipariş verme noktaları ve envanter seviyeleri aşağıda sıralanmıştır;

- \* Birinci nokta - s=350, S=3000
- \* İkinci nokta - s=250, S=2500
- \* Üçüncü nokta - s=250, S=3500
- \* Dördüncü nokta - s=450, S=3500
- \* Beşinci nokta - s=450, S=2500

Sıralanan noktalar (envanter sistemleri) arasından istatistiksel hesaplamalar neticesinde ikinci ve beşinci nokta (envanter sistemi) en uygun oldukları belirlenmiştir.



Şekil 3. Simülasyon Uygulamalarında Seçilmiş Olan Beş Farklı Envanter Seviyesi ve Yeniden Sipariş Verme Noktalı Sistemler.

## 6. ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Simülasyon uygulamalarından ve istatistiksel analizlerden aşağıdaki sonuçlar alınmıştır;

- Temin sürelerinin rassal olarak kabul edilmesi uygun görülmüştür,
- İki uygun envanter sisteminin aynı anda bulunması yeniden sipariş verme noktasının bu örnekte etkisinin olmayışını göstermektedir. Gün sonunda elde kalan stok miktarlarının çoğunlukta 250 adedin altında olması bu sonucun başlıca bir sebebidir. Dolayısıyla yeniden sipariş verme noktasının hem 250, hem de 450 adet durumlarında her gün sonunda sipariş verilecektir. Neticede, yeniden sipariş verme seviyesinin (reorder level) toplam stok maliyetine daha büyük etkisi olmaktadır.
- Talep gelişleri rassal olarak kabul edilmesi uygun görülmüştür.
- Basit ESM (Ekonomik Sipariş Miktarı) Modeli ile bulunan optimum çözümün gerçekte problemin stokastik olması nedeniyle optimum olmadığı görülmüştür.

## 7. KAYNAKLAR

1. Baker,R.C., and Urban,M.C., *Deterministic Fixed Order - Level Inventory Models; An Application for Irradiation Sterilizers. European Journal of Operational Research.* 22, 249 - 256, 1991.
2. Burwell,T.H., and Dave,D., *An Inventory Model With Planned Shortages and Price Dependent Demand. Decision Sciences,* 22, 1187 - 1191, 1991.
3. Goh,C.H., *Perishable Inventory Models With Batch Demand and Arrivals. ORL (The Netherlands).* 13 , 1 - 8, 1993.
4. Goh,C.H., *Two-Stage Perishable Inventory Models. Management Science.*39,1993.
5. Emshoff,J.R., and Sisson,R.L., *Design and Use of Computer Simulation Models. The MacMillan Company, New York.* 1970.
6. Law,M.A., and Kelton,W.D., *Simulation Modeling and Analysis. McGraw Hill.* 757. 1991.
7. Shiue,Y.C., *An Inventory Model for Perishable Items in a Lot-Size System with Quantity Discount. European Journal of Operational Research.* 23, 260 - 264, 1990.
8. Systems Modelling Corp., *SIMAN IV Reference Guide.* 426, 1989.
9. Love,S., *Inventory Control. Mc-Graw-Hill.* 345, 1979.



## KALİTE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARINDA İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİKLERİNİN UYGULANMASINA YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA

**Funda YILDIRIM**

*Ç.Ü., Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye*

**Hakan ÖNTÜRK**

*Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana / Türkiye*

**ÖZET :** İstatistiksel yöntemler, uzun yıllardan beri kalite kontrol ve kalite güvencesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, bölgemizde faaliyet gösteren işletmelerde istatistiksel yöntemlerin uygulamalarının araştırılması ve uygulamada karşılaştıkları sorunları tespit etmek ve çözüm önerileri geliştirmek amacıyla uygulamalı bir araştırma yapılmıştır. Bu çerçevede öncelikle kalite, istatistik, istatistiksel teknikler kavramları ele alınmıştır. İstatistiksel yöntemler ve işletmelerde uygulamaları belirlendikten sonra, uygulamada karşılaşılan sorunlara ilişkin çözüm önerileri ortaya konulmuştur.

### AN INVESTIGATION ON STATISTICAL PROCESS CONTROL APPROACHES AT QUALITY IMPROVEMENT STUDIES

**ABSTRACT :** Statistical methods have been playing an important role for along time in quality control and assurance. In this study an applied search has been performed in order to investigate the applications of statistical methods and to identify the problems such methods encounter in industrial sector that operate in our region, primarily the concept of quality, statistics and statistical techniques were covered and then information on applications at the local companies were given.

After statistical methods and their applications at industrial sector were explained on theoretical basis, the questionnaire methods were employed in order to detect the applications of statistical methods in our local companies. As the results of the questionnaire were evaluated, various problems and the suggestions for solving the were established.

## 1. GİRİŞ

Kalite yönetiminde, istatistiksel tekniklerin ilk kullanımı, Dr. Walter A. Shewart'ın (1924) üretim süreçlerinin kritik parametrelerinin kontrol altında tutulması amacıyla geliştirdiği kontrol şemalarıdır (1-4). İstatistiksel teknikler, süreçlerin kontrolunun yanı sıra, kalite problemlerinin belirlenmesi amacıyla geliştirilen, Pareto analizi, histogramlar, dağılım diyagramları, regrasyon analizi, varyans analizi ve gruplandırma tekniklerini de içerir. Bunlara ek olarak, sebep-sonuç şemaları, hata kaynaklarının, sistematik ve görsel olarak ifade edilmesine yardımcı olur.

ISO 9000 Kalite Güvence Sistem Belgesine sahip olmak, dünya piyasalarında ürün pazarlayabilmenin bir ön şartı haline gelmiştir. Bu standartlar, uygun istatistiksel tekniklerin işletmelerce kullanılmasını bir zorunluluk haline getirmiştir (Madde 20, (5)). Ülkemiz ekonomisinde ihracatın öneminin gün geçtikçe artması, firmalarımızın ISO 9000 belgelerine sahip olmalarını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle, istatistiksel tekniklerin kullanımı yaygınlaşmıştır.

Bu çalışmanın amacı, istatistiksel tekniklerin kullanımı ile işletmelere ait önemli faktörler (işletme ölçekleri, personelin eğitim seviyesi, ISO 9000 Kalite Güvence Belgesine sahip olması, ihracat durumu v.b.) arasındaki ilişkilerin, anket yöntemiyle elde edilmiş verilerin istatistiksel analizini yaparak irdelemektir. Bu amaçla 5 ana hipotez öne sürülmüştür. Örneklemeye yöntemi, öngörülen hipotezler ve kullanılan analiz yöntemleri materyal ve metod bölümünde, anket verilerinin değerlendirilmesi araştırma bulguları bölümünde, ulaşılan sonuçlar bölümünde verilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada bölgemizde sanayinin yoğunlaştığı Adana, Mersin, Gaziantep, Kahramanmaraş, Kayseri, Konya, Hatay ve Niğde illerinin sanayi odalarına kayıtlı yaklaşık 2000 dolayındaki işletmeden, sistematik tesadüfi örnekleme metodu kullanılarak, 200 işletme denek olarak seçilmiştir. Araştırmada veri toplama yöntemi olarak "Anket" yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sorularını cevaplandırmak için 19 sorudan oluşan anket formları seçilen işletmelere posta yoluyla gönderilmiş ve anketler yine posta yoluyla toplanmıştır. Elde edilen veriler, SPSS (6) istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Gönderilen 200 anket formundan 77'sine cevap alınmıştır. Anket dönüş oranı %38.5 olarak gerçekleşmiştir. Tablo 1'de araştırmaya katılan işletmelerin, faaliyet alanları bazında dağılımları verilmiştir. Araştırmaya en çok tekstil ve gıda sektöründen katılım olmuştur. Diğer adı altında toplanan işletmelerin faaliyet alanları, cam, kimya, ambalaj ve kağıt gibi değişik sektörleri içermektedir.

### Hipotezler ve Analiz Metodu

İstatistiksel tekniklerin kullanımı ile işletmelere ait bilgiler arasındaki anlamlı olan ilişkileri tesbit etmek amacıyla aşağıda belirtilen 5 ana hipotez öne sürülmüştür:

**Tablo 1.** Araştırmaya Katılan İşletmelerin Faaliyet Alanları

| Faaliyet Alanı      | Gözlem Sayısı | Yüzdesi    |
|---------------------|---------------|------------|
| Tekstil             | 21            | 27.3       |
| Gıda                | 14            | 18.2       |
| Otomotiv            | 6             | 7.8        |
| Plastik             | 5             | 6.5        |
| Madencilik          | 2             | 2.6        |
| Elektrik-Elektronik | 1             | 1.3        |
| İnşaat              | 1             | 1.3        |
| Turizm              | 1             | 1.3        |
| Diğer               | 26            | 33.8       |
| <b>Toplam</b>       | <b>77</b>     | <b>100</b> |

**Hipotez 1:** İşletmelerin ölçekleri ile istatistiksel tekniklerin kullanım oranı arasında anlamlı bir ilişki vardır.

**Hipotez 2:** İşletmelerde çalışan yükseköğretim mezunu eleman sayısı ile istatistiksel tekniklerin kullanım oranı arasında anlamlı bir ilişki vardır.

**Hipotez 3:** İşletmelerin ISO 9000 belgesi durumu ile istatistiksel tekniklerin kullanım oranı arasında anlamlı bir ilişki vardır.

**Hipotez 4:** İşletmelerin ihracat yapmaları ile istatistiksel teknikleri kullanma ihtimalleri arasında anlamlı bir ilişki vardır.

**Hipotez 5:** İşletmelerin ihracat yapmaları ile ISO 9000 kalite güvence sistem belgesine sahip olmaları arasında anlamlı bir ilişki vardır.

Yukarıda belirtilen hipotezlerin testi için, parametrik olmayan ki-kare testi ve işaret testi kullanılmıştır.

### Bağımsızlık için $X^2$ Testi (7)

Bu testin amacı, r tane popülasyona ait deneklerin önceden belirlenmiş c adet sınıfa dağılımında popülasyon türünün bir etkisinin olup olmadığını test etmektir. Bu testte ilk aşama, bağımsız kabul edilen gözlemlerin rxc adet hücreye yerleştirilmesidir. Test istatistiği T, gözlemlenen değerlerin beklenen değerlerden farkını ölçer ve aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanır.

$$T = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad \text{ve} \quad E_{ij} = \frac{R_i C_j}{N} \quad (1)$$

Gözlemlerin önceden belirlenen sınıflara dağılımının, populasyon türünden bağımsız olduğu hipotezi, alfa anlamlılık düzeyinde, eğer  $T > X^2_{(r-1)(c-1) 1-\alpha}$  ise red edilir.

### İşaret Testi

Bağımsızlık testinde anlamlı bir ilişki çıkması durumunda, bu ilişkinin hangi yönde olduğu İşaret Testi kullanılarak tesbit edilebilir. Bu testte, her gözlem çifti  $(X_i, Y_i)$  üç gruba ayrılır. Eğer  $X_i < Y_i$  ise "+",  $X_i > Y_i$  ise "-" ve  $X_i = Y_i$  ise "0" olarak gruplandırılır. Test istatistiği T, "+" grubuna düşen gözlem sayısı olarak tanımlanır. İşaret testinin hipotezlerin değişik formlarda olmasına izin vermesi sebebiyle, karar verme kuralı hipotezlerin nasıl oluşturulduğuna bağlıdır. Kritik bölgenin hesaplanmasında, aşağıdaki deklemler kullanılır:

$$T \cong \frac{n}{2} - \sqrt{n} \quad (2)$$

Burada n, "0" grubuna dahil olmayan toplam gözlem sayısıdır.

### Oranlar (p) İçin Örnekleme Hatasının Hesabı (8)

Anket sonuçlarının değerlendirilmesinde verilmiş olan oranlardaki hata payı e (yüzde olarak), denklem (3) kullanılarak hesaplanır.

$$\hat{e} = z_{1-\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \quad (3)$$

Bu denklemde, n gözlem sayısını, p tahmin edilen oranı ve z ise 1-alfa güvenlik düzeyine karşılık gelen standart normal dağılım değerini göstermektedir.

Bu araştırmada, hata paylarının hesabında %95 güvenlik düzeyi esas alınmıştır.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Araştırmaya katılan işletmelerin, %66.2'si (+%11) istatistiksel teknikleri kullandıklarını bildirmişlerdir. İşletmelerde, bu tekniklerin en çok uygulandığı bölümler, üretim (%88.2), kalite kontrol (%86.3), üretim planlama (%50.9), pazarlama (%35.2) olarak sıralanmıştır. Bu tekniklerin en yaygın kullanım alanları, fire nedenlerinin analizi (%84.3), makina duruş nedenleri (%68.6), süreç yeterlilik analizleri (%62.07) ve müşteri şikayetlerinin analizidir (%56.9). Kullanılan tekniklerin en yaygın olanları ise, Pareto analizi (%60.8), histogramlar (%52.9), regresyon analizi (%50.9), sebep-sonuç diyagramları (%49) ve kontrol şemalarıdır (%47.1).

Araştırmanın ana hipotezleri aşağıda sırasıyla test edilmiştir.

### **Hipotez 1: (İşletme Ölçeği)**

Araştırmaya katılan işletmeler çalışan sayısı bakımından, %50.6'sı büyük ölçekli (150'den çok), %26'sı küçük ölçekli (1-50 arasında) ve %23.4'ü orta ölçekli (51-150 arasında) işletmelerden oluşmuştur. Anket verilerine dayanarak, işletme ölçeği ile istatistiksel tekniklerin kullanım oranı arasında anlamlı bir ilişki olduğu hipotezi kabul edilmiştir. Bu ilişkinin, işletme ölçeğine bağlı olarak, hangi yönde olduğu ise işaret testi kullanıldığında; 1) İşletme ölçeği büyüdükçe istatistiksel tekniklerin kullanım oranının arttığı, 2) Küçük ölçekli işletmelerde kullanım oranının eşit olduğu, 3) Orta ve büyük ölçekli işletmeler arasında, kullananların sayısının daha fazla olduğu görülmüştür.

### **Hipotez 2: (Yüksekokul Mezunu Eleman Sayısı)**

Araştırmaya katılan işletmelerde yüksekokul mezunu eleman sayıları, %20.8'inde 1-3, %16.9'unda 4-6, %7.8'inde 7-10 ve %54.5'inde 10 fazla kişi olarak dağılmıştır. Yüksekokul mezunu eleman sayısı ile istatistiksel tekniklerin kullanım oranı arasında anlamlı bir ilişki olduğu tesbit edilmiştir. Bu ilişkinin, yüksekokul mezunu eleman sayısına bağlı olarak, hangi yönde olduğu ise, işaret testi kullanılarak incelendiğinde, bu elemanların sayıları arttıkça, istatistiksel tekniklerin kullanım oranlarının arttığı görülmüştür.

### **Hipotez 3: (ISO 9000 Belgesi Durumu)**

İşletmelerin ISO 9000 belgesi durumu incelendiğinde, %39.2'sinin (+%11) belge sahibi olduğu, %23.5'inin (+%10) belgeye sahip olmadığı ve %37.3'ünün (+%11) ise ISO 9000 sistemini kurma aşamasında olduğu gözlemlenmiştir. ISO 9000 belgesi durumu ile istatistiksel tekniklerin kullanım oranları arasında anlamlı bir ilişki olduğu sonucunu varılmıştır. Bu ilişkinin yönü incelendiğinde, belge sahibi veya kurma aşamasında olan işletmelerde, bu tekniklerin kullanım ihtimalinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

### **Hipotez 4: (İhracat Durumu)**

Araştırmaya katılan işletmelerin, %77.9'unun ihracat yaptığı belirlenmiştir. Eldeki veriler incelendiğinde, ihracat faktörü ile istatistiksel tekniklerin kullanımı arasında anlamlı bir ilişki için, yeterli bir delil bulunamamıştır. Ancak bir sonraki adımda yapılan işaret testi, ihracat yapan işletmeler içinde, teknikleri kullanan işletmelerin daha fazla olduğunu göstermiştir.

### **Hipotez 5 : (İhracat Durumu ile ISO 9000 İlişkisi)**

İhracat durumu ile ISO 9000 belgesi durumu arasında anlamlı bir ilişkinin olduğunu söyleyebilmek için yeterli bulunamamıştır. Gözlem sayısı artırılarak, bu konudaki

belirsizlik giderilebilir.

Tekniklerin kullanılmama nedenleri sorulduğunda, katılımcı işletmeler tarafından gösterilen sebepler arasında, teknikler konusunda yetişmiş eleman eksikliği (%53.8), gerekli verilerin tutulmaması (%38.5), gereken önemin verilmemesi (%23.1) ve çalışanların eğitim eksikliği (%19.2) verilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR

İstatistiksel teknikler, ürün ve servis kalitesinin iyileştirilmesi sürecinde sistematik yaklaşımlardır. Bu tekniklerin gerektiğinde ve doğru olarak kullanımı, işletmelerin gün geçtikçe küreselleşen uluslararası piyasalarda rekabet güçlerini arttırabilmelerinde etkin bir faktördür. Bu çalışmada, bu tekniklerin kullanımı konusundaki önemli gerçeklerin tesbiti için anket verilerine dayanan bir analiz gerçekleştirilmiştir. İşletme ölçeğinin, yüksekokul mezunu eleman sayısının ve ISO 9000 belgesine sahip olmanın, ankette belirtilen tekniklerin kullanım oranını olumlu yönde etkilediği görülmüştür. İstatistiksel tekniklerin kullanılmama nedenleri incelendiğinde, işletmelerin konu hakkında yetişmiş eleman eksikliklerini gidermeleri, üst yönetimin yeterli ve sürekli destek sağlaması ve tekniklerin etkin bir biçimde yürütülmesi için sağlıklı bir veri toplama ve değerlendirme sisteminin kurulması gerekmektedir. ISO 9000 çalışmalarının, ülkemizde bu tekniklerin kullanımının artmasında olumlu etkileri olmuştur. Ancak, ISO 9000 uygulamalarını, sadece bir belgelendirme çalışması olarak değerlendirmek yerine, sürekli kalite iyileştirme sürecinde, motive edici bir faktör ve pazarda rekabet gücü için bir ön şart olarak düşünmek gerekir.

#### 5. KAYNAKLAR

1. Duncan,A.J., *Quality Control and Industrial Statistics*, Richard D. Irwin Inc., 1959.
2. Bajaria,J.M., *Statistical Process Control and Automation*. Quality Progress, 1986.
3. Roes,K.C., Does,R.J., *Shewart Type Charts in Non-Standard Situations*, *Technometrics*, 37(1), 15-23, 1995.
4. Hoyer,R.W., Ellis,W.C., *A Graphical Exploration of SPC*, *Quality Progress*, June, 57-64, 1996.
5. Randall,R.C., *Randall's Practical Guide to ISO 9000: Implementation, Registration and Beyond*. Addison-Wesley Co.,New York, 1995.
6. Anonymous, *SPSS Users's Guide*. SPSS Inc., 1989.
7. Conover,W.J., *Practical Nonparametric Statistics*, John Wiley-Sons, Inc., 1980.
8. Cochran,W. G., *Sampling Techniques*, John Wiley-Sons, Inc.,New York, 1977.

## İŞLETMELERDE KALİTE MALİYETLERİNİN ÖLÇÜLMESİ İÇİN KANTİTATİF BİR YAKLAŞIM

Seyit Ali GÜL

Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana / Türkiye

Funda YILDIRIM

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

**ÖZET :** İşletme cirolarının %6-7'sini tutan kalite maliyetleri bir çok işletmede ölçülmemektedir. Bunun nedeni, kalite maliyetlerinin ölçülmesi için uygulanabilir bir modelin olmamasından kaynaklanmaktadır. Bu araştırmada, kalite maliyetleri sınıflandırılarak maliyet merkezleri belirlenmiştir. Bu maliyet merkezlerinde hangi kalite maliyetlerinin oluşacağı belirlenmiş ve bunlar değişkenlerle ifade edilmiştir. %100 muayenenin ve örnekleme muayenesinin yapıldığı durumlarda kalite maliyetlerinin hesaplanması için modeller oluşturulmuştur. Ayrıca süreç sırasında oluşacak kalite maliyetleri ölçümü kontrol diyagramları kullanılarak yapılmıştır. Oluşturulan model bir işletmede uygulanmıştır. Değişkenlerin az olması nedeni ile kullanımı kolay olan model doğru sonuçlar vermiştir.

### A QUANTATIVE APPROACH TO ASSESS THE QUALITY COSTS IN MANUFACTURING FIRMS

**ABSTRACT :** Quality costs which form 6-7 % of revenues in most manufacturing firms are not tracked in many companies. This is due to lack of a convenient applicable model in assesment of quality costs. In this study, the cost centers have been determined by classifying quality costs. The types of quality costs that will be accumulated in these cost centers have been determined and expressed by equations. Models have been developed for the assesment of quality costs for both 100% inspection and inspection by sampling. On the other hand, the quality costs which occur during the process have been estimated by using control charts. The developed model has been applied to a textile company. Since the number of variables in the model are very few, the model is simple to use and yields accurate results.

## 1. GİRİŞ

Hızlı ve sürekli değişen teknoloji, işletmeleri etkilemekte ve değişikliğe zorlamaktadır. İşletmeler varlıklarını sürdürebilmek için değişiklikleri önceden tahmin etmek ve gerekli önlemleri almak zorundadırlar. Günümüzde işletmeler kalite ile rekabet etmektedirler. Bundan dolayı yöneticiler, kalitenin meydana getireceği maliyeti bilmeleri gerekmektedir.

Yapılmış olan araştırmalarda, kalite maliyetleri işletme cirolarının yaklaşık %6-7'sini tutmaktadır. Bu miktar işletmelerin müşteri isteklerini karşılamaması nedeni ile ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle kalite maliyetleri mutlaka hesaplanmalı ve değişimi kontrol edilmelidir.

Bu çalışmanın temel amacı: Sanayi işletmelerindeki kalite maliyetlerinin belirlenmesi için sayısal bir model oluşturmaktır. Ayrıca kalite maliyetlerine sistemli yaklaşarak, anlamlı rakamlarla ifade edilmesi ve bunun çeşitli işletme kriterleri (satış, alınan hammaddeler, kar, işçilik vb.) ile karşılaştırmasını yapmaktır.

Bu araştırmada, kalite maliyetlerinin olduğu noktalar ile maliyet çeşitleri belirlenmiştir. Kalite maliyet merkezlerine göre oluşan maliyet kalemleri analiz edilmiştir. İşletmelerin hammadde alırken veya üretmiş oldukları ürünlerle ilgili kalite maliyetlerinin nasıl hesaplanacağı belirlenmiştir.

%100 muayenenin yapılmadığı noktalarda beklenen kalite maliyetleri poisson dağılımında yararlanarak hesaplanmıştır.

Kalite maliyetleri 1950'lerden sonra yöneticiler tarafından dikkate alınmıştır. Bu konuda ilk adım Juran tarafından 1951'de atılmış, daha sonrada Feigenbaum 1957'de bu konuda çalışmalar yapmıştır (1,2). Bu iki kalite bilimcisi kalite maliyetlerini önleme, ölçme-değerlendirme, iç başarısızlık ve dış başarısızlık maliyetleri diye ayırmaktadır.

ABD'de son dönemlerde gerçekleştirilen bir araştırmada üst düzey yöneticilerin çoğunluğunun, kuruluşlarındaki kalite maliyetlerinin işletme giderlerinin sadece %5'ini oluşturduğuna inandıklarını ortaya çıkarmıştır. Buna karşılık hem üretim hemde hizmet sektörlerinde yapılan sayısız inceleme bu oranın sanıldığından daha yüksek olduğunu, gerçek kalite maliyetlerinin işletme giderlerinin % 25-40 gibi bir oranına karşılık geldiğini göstermektedir (3).

Nandakumar, Datar ve Akella (1993), tarafından dinamik programlama yöntemleri kullanılarak geliştirilmiş olan kalite maliyet modelinde daha çok maliyetleri azaltma yöntemleri (optimizasyon) üzerinde durulmuştur (4).

Taguchi, ürünün kalite düzeyinin basamak değil sürekli fonksiyonla simgelenebileceğinden hareketle, ürün kalite düzeyinin hedef düzeyden ayrılmasının maliyetinin hesaplanması için Kayıp Fonksiyonu yöntemini önermiştir (5).

Kötü kalitenin maliyetini ve hata oranını belirlemek, bugünkü rekabet ortamında artık şirketlere bir avantaj sağlamamaktadır. Kalite maliyeti metriği olarak ele alınan



zaman-maliyet profilleri yardımıyla, kalite ve hız kavramlarının iş dünyasının stratejik kararlarına etkisi incelenebilmektedir. Zaman-maliyet profillerinin oluşturulması kalite geliştirme çabalarının önemli parçasını oluşturur. Her bir iş süreci için süreç performansının kalitesi doğrudan o işlem için harcanan zamanla ilgilidir. Süreç kalitesindeki iyileştirmeler (boşa harcanmış zamanların elenmesi, bekleme ve doğrulama süresinin ortadan kalkması vb.) çevrim zamanını (bir parti ürünün üretilmesi için geçen zaman) kısaltır. Buralardan elde edilen kazançlar doğrudan maliyet zaman profillerinde izlenebilir. %100 kalite seviyesine ulaşıldığında çevrim zamanı mevcut süreçler için en küçük noktadır demektir (6).

## 2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada; öncelikle kalite maliyetleri sınıflandırılmış ve bu sınıfların alt kalemleri belirtilmiştir. Böylece her kalem somut ölçülebilir biçimde tanımlanmıştır. Üretim sırasında kalite maliyetlerinin oluştuğu merkezler belirlenmiştir. İşletmelere giren hammaddelerden nihai ürünlere kadar ve satış sırasında oluşan kalite maliyetleri göz önüne alınmıştır.

Kalite maliyetleri sınıflandırıldıktan sonra, işletmeye girecek olan hammaddelerin %100 muayene ve örnekleme muayenesi sırasında oluşan kalite maliyetlerinin alt maliyetleri dikkate alınarak bir hesaplama yöntemi geliştirilmiştir. Ayrıca süreç sırasında oluşacak kalite maliyetlerinin ölçümü için kontrol diyagramları kullanılmıştır.

Kalite maliyetlerini hesaplama yöntemi, giriş kontrolü, süreç kontrolü ve nihai ürün kontrolü yapılan işletmeler için tasarlanmıştır. Kalite maliyetleri, ürünün arzu edilen kalite standartlarından sapmaların meydana getirdiği maliyetlerdir. İşletmelere giren hammadde veya malzeme muayenesi sırasındaki kalite maliyetleri için şu hesaplamalar yapılabilir:

• Gelen malzemeler standartlara uymuyorsa, eğer düzeltme yapılması gerekiyorsa, düzeltme maliyetleri ve düzeltme yapıldıktan sonra ikinci defa yapılan test ve muayene maliyetleri kalite maliyeti olarak ortaya çıkar. Örneğin satın alınan ham bezlerin işletme standartlarına uymaması sonucu kalite kontrol bölümünde cımbız işlemine tabi tutulması gibi.

%100 muayenenin yapıldığı noktalarda kalite maliyetleri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$M_1 = \sum_{i=1}^n (D_i + T_i)$$

$M_1$  : İşletmeye giren hammaddeler için kalite maliyeti (TL, \$ vb.)

$D_i$  : i. Hammadde için düzeltme maliyeti (TL, \$ vb.)

$T_i$  : i. Hammadde için 2.test ve muayene maliyeti (TL, \$, vb.)

$n$  : Düzeltici işleme tabii tutulacak parti sayısı

$$D_i = X_i * P_i * d_i, \quad T_i = X_i * P_i * t_i,$$

şeklinde hesaplanır.

$X_i$  : i.Parti büyüklüğü (m,kg vb.)

$P_i$  : i. Partideki düzeltme gerektiren hatalı oranı

$d_i$  : i.Partideki hatalı birim maliyeti (TL/m, TL/kg, vb.)

$t_i$  : i.Partideki 2. test birim maliyeti (TL/m, TL/kg vb.)

İkinci test maliyetleri düzeltme işlemlerinden sonra yapılmaktadır.

Bu durumda  $M_1$ ;

$$M_1 = \sum_{i=1}^n (X_i * P_i * d_i + X_i * P_i * t_i) = \sum_{i=1}^n X_i * P_i (d_i + t_i)$$

şeklinde bulunur.

• İkinci durumda, gelen malzemenin iade edilmesi sonucu işletmeye getirdiği üretim kayıpları ve yapılan masraflar nedeniyle kalite maliyetinin hesaplanmasıdır.

$$M_2 = \sum_{i=1}^n (\dot{U}_i \dot{I}_i)$$

$M_2$  : İadeler için kalite maliyetleri ve hammaddelerin zamanında elde edilmemesinden doğan kalite maliyetleri,

$\dot{U}_i$  : i.Hammaddenin iade edilmesi nedeni ile oluşan üretim kaybı

$\dot{I}_i$  : i. Hammaddenin iade masrafları

• Giren hammaddelerde ve çıkan ürünlerde %100 muayene yapılmıyor ise, kalite maliyetleri şu şekilde hesaplanır;

Kabul örnekleme yöntemi, %100 muayenenin yapılmadığı durumlarda, işletmeye giren hammaddeler ve çıkan ürünlerle ilgili yığının kabul edilip edilmeyeceği kararı için kullanılan örnekleme yöntemidir.

i. Partinin beklenen kalite maliyeti aşağıdaki şekilde bulunur;

• Hatalı ürün bulmanın beklenen kalite maliyeti;

$$M_3 = \sum_{i=1}^n S_i * (1 - O_i(x = k_i / p_i)) * N_i$$

$M_3$  : Beklenen kalite maliyeti (TL),

$(1 - O_{i(x=k_i/p_i)})$ : i. Partiyi ret etme olasılığı,

$N$  : Parti büyüklüğü.

$k$  : Hatalı ürün sayısı,

$n$  : Örnek büyüklüğü,

$p$  : Yığının kalitesini belirleyen olasılık,

İşletmelerde hammaddelerle ilgili toplam kalite maliyetleri ( $M_g$ ):

$$M_g = \sum_{i=1}^n ((X_i * P_i (d_i + t_i)) + U_i + c_i + \sum_{i=1}^n S_i * (1 - O(x = k_i / P_i)) * N_i$$

Ekonomik ve psikolojik nedenlerle, kaliteyi kabul yada reddetmeden önce birden fazla örnek alınabilir ve bunlar üzerinde farklı kararlar verilebilir. Tekrarlanan testler ve örnekleme masraflarının maliyetleri ayrıca kalite maliyeti olarak hesaplanmalıdır.

Üretilen nihai ürünlerde yapılan %100 muayene ve örnekleme muayenesi sırasındaki kalite maliyetleri aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$M_{\text{cü}} = \sum_{i=1}^n X_i * P_i (d_i + t_i) + \sum_{i=1}^n (h_i + S_i) + \sum_{i=1}^n (S_{1i} - S_{2i}) * N_i$$

$X_i$  : i.Parti büyüklüğü (m,kg vb.)

$P_i$  : i. Partideki düzeltme gerektiren hatalı oranı

$d_i$  : i.Partideki hatalı birim maliyeti (TL/m, TL/kg, v.b.)

$t_i$  : i.Partideki 2. test birim maliyeti (TL/m, TL/kg v.b.)

$S_i$  : i. Partinin hatalı ürün maliyeti (TL/m, TL/kg ),

$h_i$  : i. Partideki hatalı ürün sayısı (miktarı)(m, kg v.b.).

$S_{1i}$  : 1.Sınıf kalitesinin fiyatı (TL/m),

$S_{2i}$  : 2. Sınıf kalitesinin fiyatı (TL/m),

$N_i$  : Sınıfı indirgenmiş parti büyüklüğüdür (m).

Kalite kontrol yöntemleri, muayenenin yapılacağı zamana ve ölçüm tipine göre farklılık gösterir. Muayene süreç sırasında yapılırsa, kontrol şemaları yönteminden yararlanarak kalite maliyetleri hesaplanır.

Bir üretim sürecinde değişkenliğin tesadüfi veya özel faktörlerden hangisinin etkisiyle meydana geldiğinin saptanabilmesi, kontrol diyagramlarında kontrol limitlerinin belirlenmesi ile mümkün olmaktadır. Kontrol limitleri dışına çıkan bir değişkenlik görüldüğü takdirde süreçte kalite maliyetlerinin hesaplanması gerekir. Süreci tekrar kontrol altına almak için yapılmış olan önleme faaliyetleri kayıt edilerek önleme maliyetleri olarak dikkate alınmalıdır.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada ABC İşletmesinin 1997 Haziran ayına ait kalite maliyetleri metod kısmındaki teknikler kullanılarak hesaplanmıştır.

Haziran 1997'deki ABC İşletmesinin toplam satış tutarı: 5.036.463.000.000 TL olarak belirlenmiştir. Bu satışlar üzerinde işletmeye yapılan iadeler ve iskonto tutarları (Dış Başarısızlık Maliyetleri) 2.517.027.143 TL olarak bulunmuştur. Ayrıca 1997 Haziran ayına ait genel üretim masraflarının toplamı 3.455.412.000.000 TL olarak tespit edilmiştir.

Bi aylık kalite maliyetleri 295.514.214.515 TL olarak bulunmuştur. Önleme, ölçme-değerlendirme ve başarısızlık maliyetlerinin toplam kalite maliyetleri içindeki dağılımı aşağıdaki gibi bulunmuştur:

|                                       |   |                    |
|---------------------------------------|---|--------------------|
| i-) Önleme maliyetleri                | : | 3.563.000.000 TL   |
| ii-) Başarısızlık maliyetleri         | : | 247.576.364.515 TL |
| iii-) Ölçme değerlendirme maliyetleri | : | 44.374.850.000 TL  |
| Önleme Maliyetleri                    | : | % 1,3              |
| Ölçme-Değerlendirme Maliyetleri       | : | % 15               |
| Başarısızlık Maliyetleri              | : | % 83,7             |

ABC İşletmesinin Haziran 1997 ayındaki satış tutarları, üretim masrafları ve çalışan başına düşen kalite maliyetleri şu şekilde belirtilmiştir:

|                       |   |                      |
|-----------------------|---|----------------------|
| Toplam çalışan sayısı | : | 2750                 |
| Toplam satış tutarı   | : | 5.036.463.000.000 TL |
| Üretim Masrafları     | : | 3.455.412.000.000 TL |

Kalite maliyetlerinin satış miktarına oranı % 5,8 olarak bulunmuştur. Bu oran yapılmış olan araştırmalarda bulunmuş olan değerlere yakındır. Yapılan araştırmalarda bu değer yaklaşık % 2-5 arasında olduğu belirlenmiştir.

Kalite maliyetleri üretim masraflarının % 8'i kadardır. Ve kişi başına düşen kalite maliyetleri 107.459.029 TL'dir.

### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, işletmelerde kalite maliyetlerinin ölçülmesi amacı ile bir model geliştirilmiştir. Bu modelin başarıya ulaşması ancak yöneticilerin sundukları maliyet değerlerinin gerçekçi olması ve verilerin sağlam analizlere dayanmasına bağlıdır. Söz konusu model işletmenin üretim miktarına ve ürün cinsine bağlı değildir. Günümüzün ekonomik koşullarında kalite maliyetleri yalnızca ilgili işletmeyi etkilememekte ülke ekonomisini etkilemektedir.

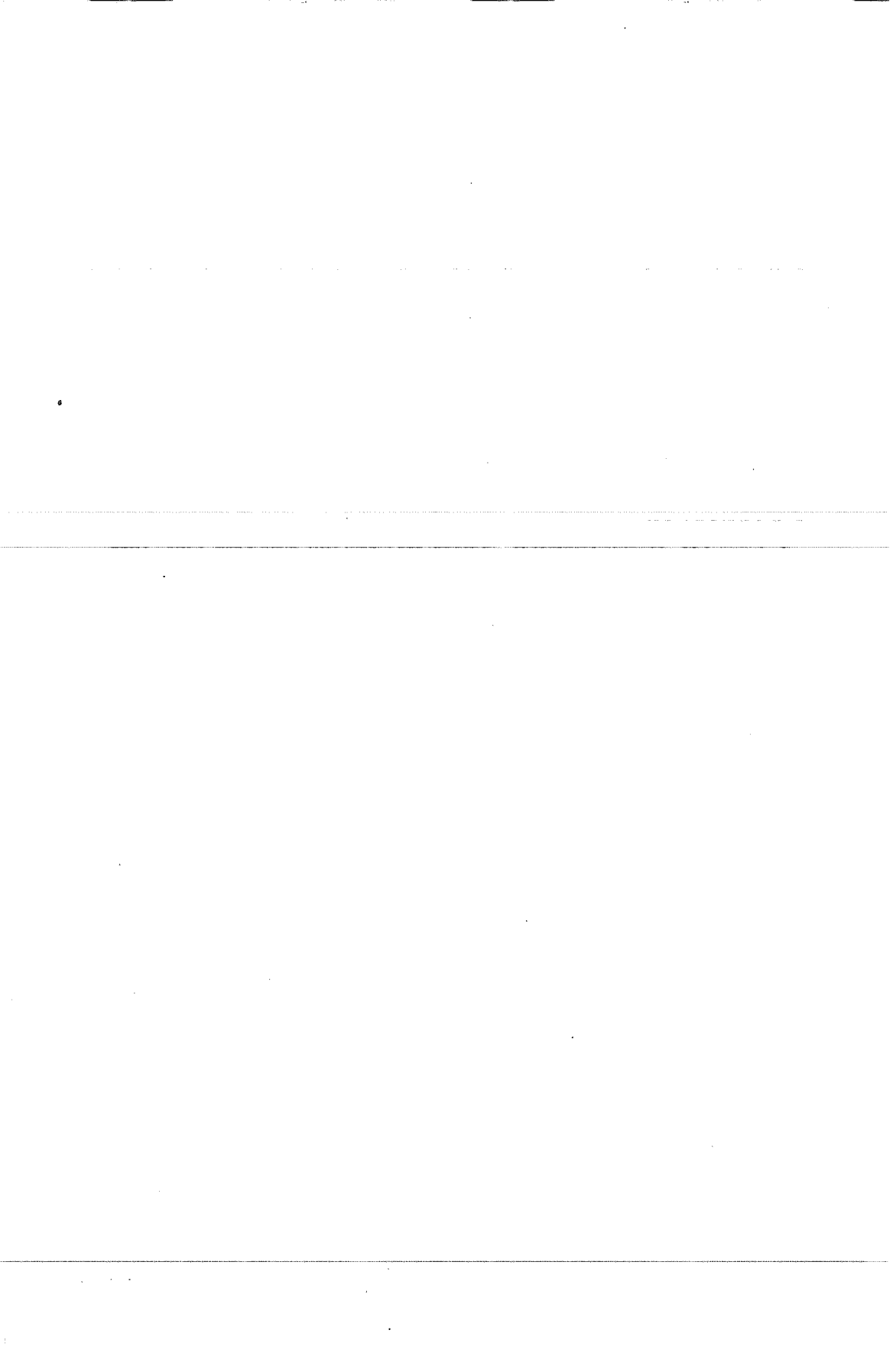
Kalite bilincinin ve bu konudaki duyarlılıklarının toplumda ve diğer müşteri gruplarında yaygınlaşması, ürünün işletme dışına çıkmasından sonra neden olduğu zararlardan bir kısmının onu üretime ödetilmesi, üreticileri, daha kaliteli üretim yapmaya zorlamaktadır.

Elde edilen bu sonuçlar değerlendirildiğinde, önleme faaliyetlerindeki bir artış doğal olarak başarısızlık maliyetlerini azaltacaktır. Uygulama sonuçlarına bakıldığında, başarısızlık maliyetleri oldukça yüksek çıkmıştır. Bu da ölçme ve değerlendirme faaliyetlerine gereken önemin verilmediği ve önleme faaliyetlerine işletme tarafından herhangi bir yatırım yapılmadığı sonucunu doğurmaktadır. Bunun başlıca sebepleri kaliteye gereken önemin verilmemesi ve yöneticilerin kalite maliyetlerini baz almadıklarıdır.

Elde edilen sonuçların, daha önce bu konuda yapılmış olan araştırmalardan farklı olduğu gözlenmiştir. Bu farklılığın sebeplerini araştırdığımızda; bölgemizdeki işletme yapıları, yönetimin kaliteye ve kalite iyileştirme faaliyetlerine yaklaşımının önemli olduğunu söyleyebiliriz.

## **5. KAYNAKLAR**

1. *Juran, J.M., Quality Control Hand Book, Mc Graw Hill, New York, 326s., 1988.*
2. *Feigenbaum, A.V., Total Quality Control, Mc Graw Hill, London, 124s., 1983.*
3. *Aubrey, C.A., Kalitesizlik Maliyetleri ve Değerlendirilmesi Semineri, İstanbul, 1997.*
4. *Nandakumar, P., Datar, S.M. and Akellar., Models for Measuring and Accounting for Cost of Conformance, Quality, Management Science, 39(1):1-16, 1993.*
5. *Taguchi, G., Elsayed, T., Hsiang, T., Quality Engineering in Production Systems, Mc Graw-Hill, London, 178s., 1989.*
6. *Bodinson, G.W., Time Based Competition: The Quality Metric of The 1990's, Juran Institute Conference Atlanta, 1990.*



**BÜYÜKKARAMANLI-PULPINAR (PINARBAŞI-KAYSERİ) KROMİT  
CEVHERLEŞMELERİNİN JEOLojİK, METALOJENİK VE  
EKONOMİK İNCELEMESİ**

**İsmail AKÇA**

*M.T.A. Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, Adana/Türkiye*

**Mesut ANIL**

*Ç.Ü Maden Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye*

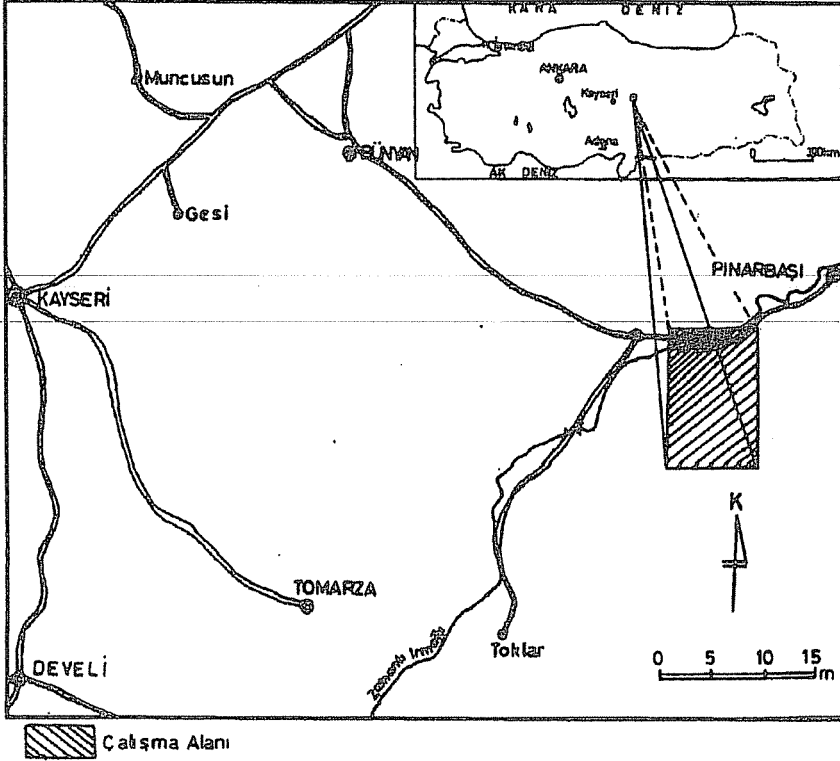
**ÖZET :** *İnceleme alanı Kayseri ili, Pınarbaşı ilçesi batısındaki ofiyolitik seri içerisinde bulunan Büyükkaramanlı-Pulpınar dolaylarında yer almaktadır. Bölgede önemli kromit yataklanmalarının yer aldığı en önemli iki biriminden biri Kireçlik Yayla Karmaşığı olup, tektonik bir uyumsuzlukla çalışma alanının yakın güneyindeki Elmaçat Yayla Kireçtaşları üzerine yerleşmiştir. Daha kuzeyde ise okyanusal kabuğun ürünü olan Pınarbaşı Ofiyolit Napı yer almaktadır. Tersiyer yaşlı Köprübaşı formasyonu kendisinden yaşlı bütün birimleri uyumsuzlukla örtmektedir. Bölgedeki kromit yataklarının hemen tamamına yakını Alpin tipi kromit yatakları şeklindedir. Genellikle kümülatik dizinin tabanına yakın kesimlerde, harzburjit ve dunit bileşimli ultrabazik tektonitlerde yer almaktadır. Çalışma alanında daha çok düzensiz ve küçük rezervli kromit yatakları gelişmiştir.*

**THE INVESTIGATION OF THE GEOLOGICAL, METALOGENICAL  
AND ECONOMICAL OF BÜYÜKKARAMANLI-PULPINAR  
(PINARBAŞI-KAYSERİ) CHROMITE DEPOSITS**

**ABSTRACT :** *The study area is lokated in opiolitic series of the Pınarbaşı-Kayseri around Büyükkaramanlı-Pulpınar. Kireçlik Yayla Karmaşığı which is one of the most important formation inculides chromite deposits. This formation has settled with tektonic discordance on the Elmaçat Yayla Limestones where is the south of study area. Pınarbaşı ophiolitic nappe, is product of the ocean crust, is lokated in North of the study area. Köprübaşı formation of Tertiary aged covers all over old formations in this area. All of the chromite mineralisation shout the Alpine type chromite deposits which have an irregular distribution and small reserve in the study area. Generally, ultrabasic tectonits form harzburjit and dunitic zones observed in the bottom of cumulatic series.*

## 1. GİRİŞ

İnceleme alanı; Kayseri İli, Pınarbaşı ilçesi 8 km. güneybatısında, Büyükkaramanlı, Pulpınar, Emeğil ve Bahçecik köyleri civarını kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

İncelenen saha Doğu Torosların orta ve kuzey kesimlerinde yer alan birimlerin bir bölümünü oluşturmaktadır olup, farklı stratigrafik dizilim ve yapısal konum gösteren dört ana başlıkta incelenmiştir.

Otokton birim

Allokton birim

Ofiyolit napı

Örtü kayaları

Çalışma alanının güneyinde nisbi otokton konumlu Geyikdağı Birliği (Doğu Toros Otoktonu), kuzeyinde ise farklı litolojik birimleri kapsayan ve birbirleriyle ilişkili birlikler yer alır.

Esas kromit cevherleşmelerinin yer aldığı Pınarbaşı Ofiyolit napı; Doğu Toros



dağlarının orta ve kuzey kesimlerinde yer almakta olup, Pınarbaşı'nın güneyinde Kireçlik Yayla Karmaşığı, Pazarörenin kuzeyinde Aygörmezdağı napı üzerine bindirmektedir. Kireçlik Yayla Karmaşığı Orta ve Üst Triyastan Senoniyene kadar devam etmekte, Aygörmezdağı napı ise Devoniyenden Üst Kretaseye kadar devam etmektedir. Ofiyolitler, post-tektonik karakter gösteren karasal sedimanter kayaçlar ile ara ve asidik bileşimli volkano sedimanter kayaçlar tarafından örtülmektedir.

## **2. STRATİGRAFI VE PETROGRAFI**

### **2.1. Otokton Birim**

Çalışma alanının yakın güneyinde yaş aralığı Kambriyenden Üst Kretaseye kadar uzanan ve kalınlığı 7000 m.'yi bulan otokton birim yüzelemektedir. Çalışma alanındaki birimlerin temelini teşkil etmesi bakımından burada yer verilen birime Özgül (1) Geyikdağı Birliği adını vermiştir. Bu birimi çalışma alanı içinde göremeyiz.

Özgül ve Arpat(2)'in çalışmalarına göre, birlik altında Kambriyen yaşlı şist, kuvarsit ve yumrulu kristalize kireçtaşlarıyla başlamaktadır. Bunun üzerine yumrulu kireçtaşları ve mil içerikli şeylden oluşan Ordovisyen gelmektedir. Ordovisyen üzerine uyumsuz olarak gelen Silüryen; kumtaşı, şeyl ile kumtaşı-şeyl araldanması ve kumtaşı-çamurtaşı-şeyl-killikireçtaşı düzensiz araldanmasından oluşmuştur. Bazı seviyeleri dolomitleşmiş kireçtaşlarından oluşan Devoniyen, Silüryen üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Birlik üstte doğru Karbonifer yaşlı kireçtaşı-şeyl araldanması ve kuvarsit, killi kireçtaşı; altta kuvarsit üstte kireçtaşlarından oluşan Permiyen ve killi, milli kireçtaşı, kireçli kiltası ve şeylden oluşan Triyasa geçmektedir. Triyas üzerine uyumsuz olarak gelen ve yer yer dolomitik seviyeler içeren Jura-Kretase yaşlı kireçtaşları gelmektedir.

#### **2.1.1. Jura-Kretase**

##### **2.1.1.1. Elmaçat Yayla Kireçtaşı**

Rudistli kireçtaşı ve pelajik kireçtaşlarından oluşan bu birimin en iyi yüzelediği yer, çalışma alanının yakın güneyinde yer alan Elmaçat Yayla ve çevresi olduğundan bu ad verilmiştir (3).

Bu birime çalışma alanı içerisinde rastlanmaz, ancak sadece üst dokanağı çalışma alanı içinde yer alan Kireçlik Yayla Karmaşığı (Pk) ile tektonik dokanaklıdır. Birimin yaşı; Üst Senoniyen (olasılıkla Kampaniyen)'dir (3).

#### **2.2. Alloktion Birim**

Çalışma alanının güneyinde yer alan ve kuzeydoğu-güneybatı yönünde yüzlekler veren ilksel düzeni bozulmamış, bazı yerlerde kısmen de olsa başkalaşıma uğramış birim olarak; Pınarbaşı grubunda yer alan Kireçlik Yayla Karmaşığı (Pk)'ni görülmektedir.

## 2.2.1. Kretase

### 2.2.1.1. Kireçlik Yayla Karmaşığı (Pk)

Kireçlik Yayla Karmaşığı serpantinleşmiş dunit, harzburjit, piroksenit, gabro, split ve yer yer radyolaritlerin birbiriyle karışmasından oluşmuştur (Şekil 2). Bu karmaşık değişik boyutlarda, değişik fasiyeslerde, Jurasik'ten-Üst Kretase'ye kadar değişik yaşlarda sedimanter bloklar içerir. En iyi yüzlek verdiği yer güneydoğusunda Kireçlik Yayla ve civarı olduğundan bu ad verilmiştir (3).

Ultrabazik kayalar hemen her yerde serpantinleşmiş olup, serpantin matriksi plastik hale gelmiş ve yer yer hafifçe başkalaşma uğramıştır. Aşırı derecede serpantinleşen bu ultrabazikler çoğu yerde parlak ve yaygın makaslama yüzeyleri içerirler.

#### 2.2.1.1.1. Gabrolar

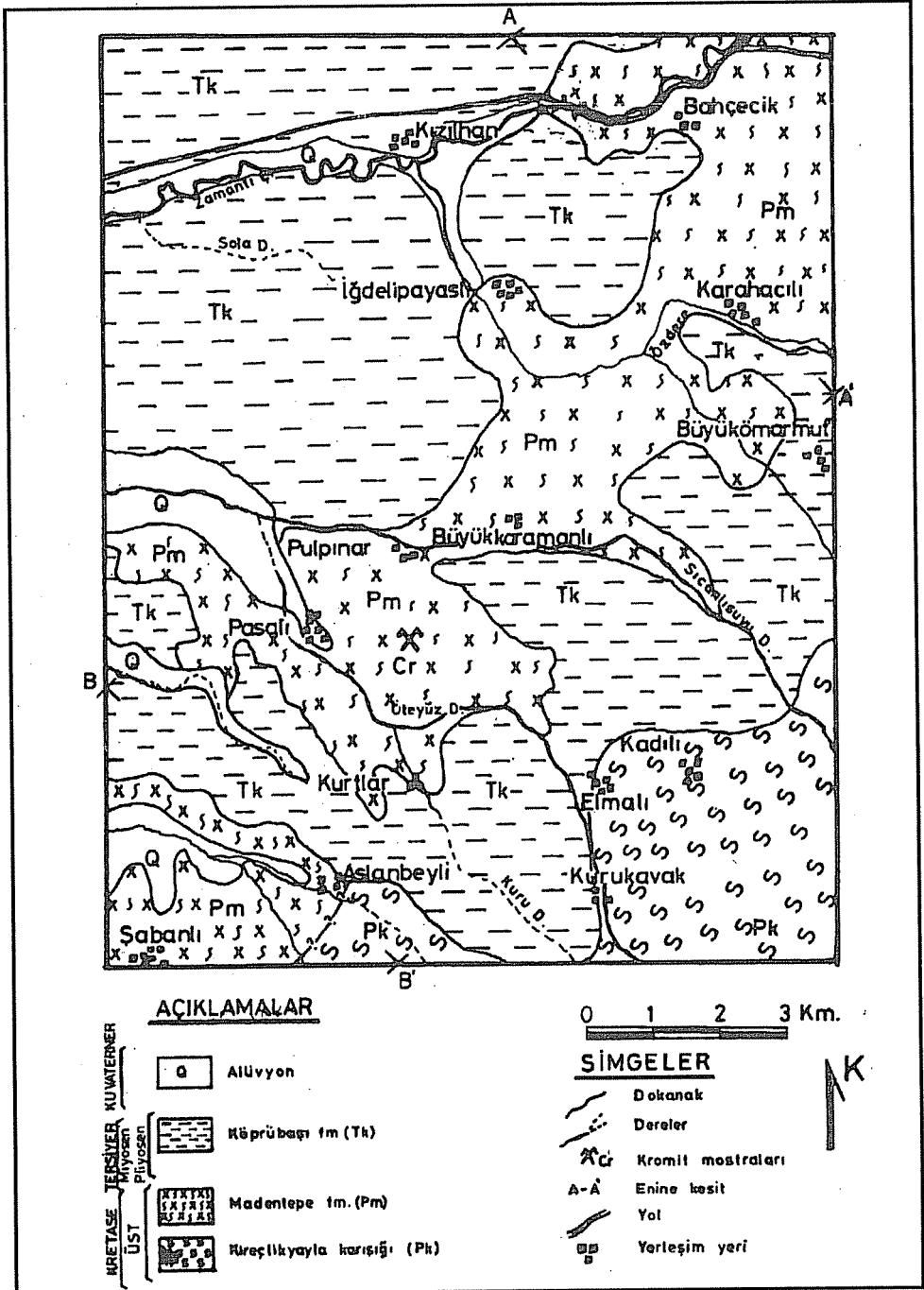
Çeşitli boyutlarda dayk ve blok şeklinde, serpantinleşmiş ultrabazik matriks içinde yüzeylenmektedir. Bu gabrolar bazen tamamen bloğumsu ayrılmaya uğramış, yer yer çakıltaşı görünümünde olduğu gibi, hiç bir mekanik iz taşımayan, ilksel yapılarını korumuş, taze, tabakalı yüzeylemeler şeklindedir. Tektonik ayrılmaya uğramış gabro bloklarının kenar zonları ve yer yer merkezi kısımları, tamamen ezilerek küçük makaslama ve cilalı yüzeyler ile birbirine bağlanmış küçük parçalara ayrılmıştır. Yönlenme ve plastik deformasyon gösteren bu seviyeler, daha büyük gabro çakıllarını içeren matriks görünümündedir. Gabrolar; piroksen, olivin ve hornblendli gabro türündendir. Genel mikroskobik incelemelerde, hipidiomorf taneseli bir yapı göstermekte olup, esas bileşimleri labrador ve piroksenden oluşmuştur. Labradorlar idiomorf, bazen hipidiomorf fenokristalleri halindedir ve albit ikizlenmesi gösterir. Piroksenleri ojit olup, yer yer kristal kenarlarında uralitleşme gözlenmektedir. Kataklastik dokulu milonitik gabrolar ise, klinopiroksen, ayrılmış plajiyoklas ve amfibolden oluşur.

#### 2.2.1.1.2. Diyabaz

Kireçlik Yayla Karmaşığı içerisinde çeşitli boyutlarda ve değişik yönlerde, serpantinleşmiş ultrabazikleri kesen dayklar şeklindedir. Bu daykların merkezi kısımları iri, kenar zonları ise ince taneli olup, laminalı, parçalı, yeşil, çok sert ve somdudur. Mikroskobik incelenmesinde; badem şeklindeki gaz boşluklarını kalsit doldurmuş, kalıntılar halinde engellemeli tekstür gösteren feldispat mikrolitlerinin üzeri kalsit ve kil mineralleşmesine dönüşmüş olup, hamurda kriptokristalen kalsit ve yer yer klorit görülmektedir.

Çeşitli derecede serpantinleşmiş ultrabazik, bazik ile split, aglomera, grovackların oluşturduğu yaygın makaslama matriks ile boyutları desimetre'den metrelerce değişen, farklı yaş ve fasiyeste kayatürü bloklarının karışımından oluşan Kireçlik Yayla Karmaşığı'nın peridotitlerle temsil edilen kuzey kısımları içinde bulunan kromit

BÜYÜKKARAMANLI-PULPINAR KROMİT CEVHERLEŞMELERİNİN  
JEOLOJİK, METALOJENİK VE EKONOMİK İNCELEMESİ



yüzeylemelerinin yankayaç ile olan kuzey-güney doğrultulu ve doğuya eğimli şeklindeki ilişkilerinin birincil olduğu ve birbirleriyle uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Güneyde ise yine hakim kayaç serpantinleşmiş peridotittir. Ancak bu kesimde yoğun serpantinleşme ve ezik yapı nedeniyle çoğu zaman serpantinitin köken kayacını tanımak olanaksızdır. Ayrıca bu kromit yüzeylemelerinin dokanak ilişkilerinin tektonik olduğu, az sayıdaki cevher yüzeylemesinde görülmüş olan birincil ilişkilerinin ise birbirleriyle uyumsuz olduğu görülmüştür. Hem kuzeyde hem de güneyde cevher-yankayaç dokanağı dışında magmatik bantlanma, lineasyon, foliasyon gibi yapı elemanları gözlenmemiştir.

### 2.3. Ofiyolit Napı (Madentepe formasyonu) (Pm)

Çalışma alanında önemli kromit yataklarının bulunduğu birim, magmasal tabakalı, yer yer de tektonik yapıda olan ultrabazikler ve bunlarla ilksel ilişkili tabakalı ve som gabrolarla ultrabazik kayaçları kesen değişik dokuda dayklar (gabro, diyabaz, pegmatitik piroksenit)'dan oluşan bu kompleksin en iyi yüzeylemeleri Pınarbaşı yakın batısı ve kuzeybatısındaki Madentepe ve çevresinde görüldüğünden, Madentepe formasyonu (Pm) adı verilmiştir (3). Bu birime değişik adlar verenler de olmuştur, Pınarbaşı Ofiyolit Napı (5), Pınarbaşı Ofiyoliti (6).

Madentepe formasyonunda yüzeyleyen kromitler ve çevresinde yapılan gözlemlerde cevher-yankayaç dokanağı dışında magmatik bantlanma, lineasyon ve foliasyon gibi yapı elemanları gözlenmemiştir.

Madentepe formasyonu'nun bölgeye yerleşme yaşı konusunda kesin bir yaş söylemek güçtür. Fakat çalışma alanı güneyinde nisbi otokton olarak yer alan Geyikdağı Birliği'ne ait Kampaniyen-Maestrihtiyen yaştaki Elmaçat Yayla Kireçtaşı üzerinde tektonik bir dokanakla yer alması; En genç Kampaniyen yaşta kireçtaşı blokları içermesi ve üzerine Paleosen yaşta Köprübaşı formasyonu'nun uyumsuz olarak gelmesi nedeniyle formasyonun yerleşme yaşının olası Maestrihtiyen olduğu söylenebilir.

Pınarbaşı yöresi ofiyolitleri'nin jeotektonik konumu ve dolayısıyla oluşum ortamını belirleyen ayrıntılı bir çalışma yapılamamıştır. Ancak, Çapan(7)'in majör element analizleri irdelenirse, Pınarbaşı Ofiyolitleri'nin aynı kuşaktaki diğer ofiyolitlerle eşkökenli bir magmaya, bir başka deyişle aynı okyanus kabuğu malzemesine ait oldukları, özellikle Marmaris ve Mersin Ofiyolitiyle aynı oldukları söylenebilir (6). Öte yandan buradaki yataklanmalar Anıl (8) tarafından daha önce incelenen Pozantı-Karsantı, Mersin ve Hatay ofiyolitindeki öteki kromit cevherleşmesiyle de büyük benzerlik göstermektedir.

### **2.3.1. Ultrabazikler**

Harzburjıt, dunit ve piroksenitlerden oluşan ultrabazikler, Madentepe formasyonu'nun genellikle alt seviyelerini oluşturmaktadır. Harzburjıt ve dunit, çalışma alanında yer yer ardalanmalıdır ve magmasal bantlanma göstermektedir. Tektonizmanın yoğun olduğu yerlerde bu özellik görülmekte olup eklem sistemleriyle parçalanarak tektonik breş ve bloğumsu yapı kazanmıştır. Ayrıca magmatik bantlanma, yer yer birbirine dik makaslama yüzeyleri ile kesilen çatlak sistemleri gelişmiş olup bu çatlaklar boyunca her yerde görülmeyen tabakalanmaya paralel olivin mineralleri uzamış ve "i" şeklini almıştır. Bu ultrabaziklerdeki serpantinleşme oranı değişiktir. En yoğun olarak çatlak sistemleri boyunca ultrabazikleri kesen gabro dayklarının dokanaklarında görülmektedir. Ultrabazikler içinde bilhassa dunit ve harzburjıtlere bağlı olarak gelişen kromitler izlenmektedir.

Dunit ve harzburjıtlere'den başka bu formasyon içinde piroksenit yüzeylemeleri de izlenmiştir. Emeğil ve Bahçecik köyleri arası en güzel örnekleri görülmektedir. Bunlar iri piroksenlerden oluşmakta olup içerisinde 3-4 cm. kalınlıkta ve daha iri piroksen kristallerinden oluşan piroksenit filonları görülmektedir. Birbirini dike yakın açılarla kesen eklem sistemleri gelişmiştir. Eklemler boyunca serpantinleşme ve aspestleşme izlenmektedir.

#### **2.3.1.1. Gabrolar**

Madentepe formasyonu içinde gerek mineralojik bileşim, gerekse yapısal konumu farklı olan gabro yüzeylemeleri yer almaktadır. Peridotitlerin üzerinde, onlarla ilksel ilişkili olan tabakalı ve tabakasız gabrolar arasında 6-7 m. peridotit-gabro geçiş zonu görülmektedir. Makroskobik ve mikroskobik incelemelerde bu zon ultrabazik bileşimli kayaçların bazik bileşimli kayaçlara yani gabrolara geçişi, feldispatlı peridotitlerle, olivinli gabroların ardalanması şeklinde görülmektedir. Bu zondaki geçişler keskin sınırlı olduğu gibi, dereceli geçiş şeklinde de gözlenmiştir.

#### **2.3.1.2. Dayklar**

Madentepe formasyonu'na ait ultrabazikleri kesen ojıtlı gabro ve diyabaz daykları izlenmiştir. Gabro dayklarının yüzeylemeleri oldukça yoğun olup çeşitli yön ve doğrultularda, çeşitli boyutlarda (yaklaşık 3-10 m eninde, 10-100 m boyunda)'dır. Yankayaçlarla dokanağı oldukça keskin olup, dokanakta ince taneli, açık renkli olup feldispatın hakim olduğu izlenmektedir. Gabro daykları birbirini kesen çeşitli yönlerde çatlaklar içermekte ve bir bantlaşmaya rastlanmamaktadır. Ayrıca bu gabro dayklarını kesen birçok yersel faylar da sık sık görülmektedir.

Gabro dayklarından başka, ultrabazikleri kesen diyabaz daykları da görülmektedir. Diyabaz daykları, gabro daykları kadar yaygın değildir. Bu dayklar çeşitli doğrultularda ve boyutlarda olup, yankayaçlarla dokanağı keskindir. Ultrabazik ve

gabrolardan sonra oluşan diyabaz dayklarının yerleşmeleri sırasında yankayaçlarının soğuk olması nedeniyle kenarlarında ince taneli bir yapı gösteren koyu renkte bir soğuma zonu oluşmuştur. Bu kenarlarındaki ince taneli soğuma kenarlarına karşın, merkezi yerlerinde iri taneli ve açık renkte soğuma zonları görülmektedir.

## 2.4. Örtü Kayaları

Allokton ve karışık birimlerin bölgeye yerleşmesinden sonra (Maestrihtiyen sonu) çökelen birimler Özer ve diğ. (5) tarafından Örtü Kayaları olarak adlandırılmışlardır. Bu birimler Tersiyer yaşlı Köprübaşı formasyonu (Tk) ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır (Q).

### 2.4.1. Tersiyer

#### 2.4.1.1. Köprübaşı formasyonu (Tk)

Kendisinden yaşlı bütün birimleri uyumsuzlukla örten; çakıltası, kumtaşı, tüfit, platobazalt ve travertenlerle temsil edilen formasyon, Erkan ve diğ. (3) tarafından adlandırılmıştır.

Çalışma alanında çok geniş yüzeylemeler göstermekte olan birim en altta çakıltası ile temsil edilmektedir. Genellikle kendisinden yaşlı bütün birimlerin çakıllarını içermektedir. Ardalanma şeklinde kumlu marn, tüf ve kireçli marnla devam eden birimde üste doğru tatlı su kireçtaşları yer almaktadır. En üst seviyelerinde andezit ve bazalt tüfleri formasyonun bütün seviyelerini uyumsuzlukla örtmektedir. Tüm seviyeleri ile bir yerde izlenemediği için tüm kalınlığı hakkında kesin birşey söylemek zordur. Ancak bu kalınlık 100-200 m. civarındadır (Şekil 3).

Litolojik özellikleri ve içerdiği faunaya göre görsel fasiyeste çökelleri yansıtan birim Pliyosen yaşındadır.

### 2.4.2. Kuvaterner

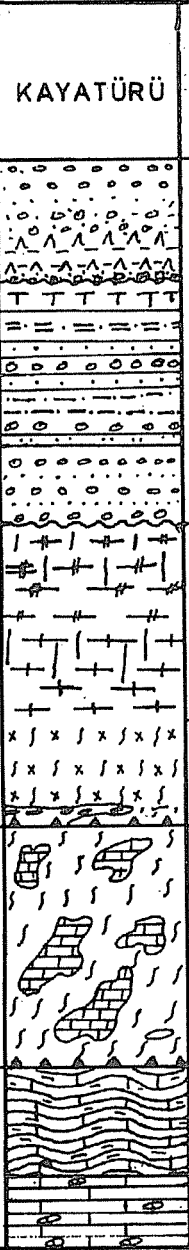
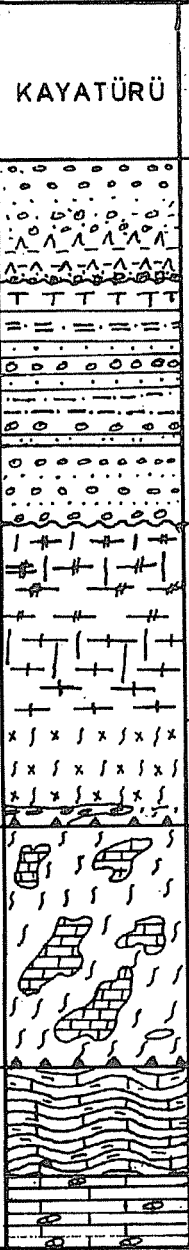
İnceleme alanında kuvaterner birimlerini akarsu vadilerinde oluşan, kum, çakıl ve yamaç depoları ile alüvyonlar oluşturur.

## 3. TEKTONİK

İnceleme alanı Alpin Orojenez kuşağı'nın etkisi altında kalmıştır. Tektonik hareketler neticesinde cevher doğrultusuna genelde dik olan ve küçük atımlar halinde cevherin üst kısımlarını batıya doğru öteleyen faylar cevherleşmeyi oldukça etkilediğinden madencilik yönünden önem taşımaktadır. Ayrıca diyabazlar dayk şeklinde harzburjit ve dunitleri kestiğinden fay gibi cevherleşmeyi bölerek madencilik çalışmalarında aktif rol oynamaktadır.

Çalışmanın esasını teşkil eden Pınarbaşı Ofiyolit Napı ilksel olarak kuzeyden güneye doğru devinerek Üst Maestrihtiyen öncesinde yerleştiğini söyleyebiliriz. Ancak

BÜYÜKKARAMANLI-PULPINAR KROMİT CEVHERLEŞMELERİNİN  
JEOLOJİK, METALOJENİK VE EKONOMİK İNCELEMESİ

| K R E T A S E  | K U V. S İ S T E M   | T E R S İ Y E R                       | K A Y A T Ü R Ü  | A Ç I K L A M A L A R   |
|--|--|---------------------------------------|--|---|
|  |  |                                       |  |   |
| Üst  | Kretase  | Pliyoşen                              |  | <p>Alüvyon</p> <p>Çakıltaşı, kumtaşı, tüfit, traverten</p> <p>Açısal Uyumsuzluk</p> <p>Diyabaz ve piroksenit daykaları</p> <p>İzotrop ve tabakalı gabro</p> <p>Geçişli dokanak</p> <p>Peridotit, harzburjit, dunit</p> <p>Ekzik serpantin</p> <p>Tektonik</p> <p>Matriks; serpantin, diyabaz, gabro, kumtaşı</p> <p>Bloklar; Triyas, Jura, Kretase</p> <p>Tektonik</p> <p>Külli pelajik kireçtaşı,<br/>rudistli kireçtaşı</p> |
|  |  |                                       |  |   |
| Maestrihtiyen  | Kretase  | Maestrihtiyen                         |  | <p>Alüvyon</p> <p>Çakıltaşı, kumtaşı, tüfit, traverten</p> <p>Açısal Uyumsuzluk</p> <p>Diyabaz ve piroksenit daykaları</p> <p>İzotrop ve tabakalı gabro</p> <p>Geçişli dokanak</p> <p>Peridotit, harzburjit, dunit</p> <p>Ekzik serpantin</p> <p>Tektonik</p> <p>Matriks; serpantin, diyabaz, gabro, kumtaşı</p> <p>Bloklar; Triyas, Jura, Kretase</p> <p>Tektonik</p> <p>Külli pelajik kireçtaşı,<br/>rudistli kireçtaşı</p> |
|  |  |                                       |  |   |
| <p>Maestrihtiyen</p> <p>Elmacat<br/>Yayla<br/>Kireçtaşı</p> <p>100 - 400</p> | <p>Üst</p> <p>Maestrihtiyen</p> <p>Kireçlik Yayla<br/>Karmaşığı</p> <p>100 - 400</p> | <p>Maestrihtiyen</p> <p>Köprübaşı</p> | <p>Pm</p> <p>Pk</p> <p>Ke</p>  | <p>Alüvyon</p> <p>Çakıltaşı, kumtaşı, tüfit, traverten</p> <p>Açısal Uyumsuzluk</p> <p>Diyabaz ve piroksenit daykaları</p> <p>İzotrop ve tabakalı gabro</p> <p>Geçişli dokanak</p> <p>Peridotit, harzburjit, dunit</p> <p>Ekzik serpantin</p> <p>Tektonik</p> <p>Matriks; serpantin, diyabaz, gabro, kumtaşı</p> <p>Bloklar; Triyas, Jura, Kretase</p> <p>Tektonik</p> <p>Külli pelajik kireçtaşı,<br/>rudistli kireçtaşı</p> |

Şekil 3. Çalışma alanının geliştirilmiş dikme kesiti.

Eosen sonunda ve daha sonraki tektonik olaylar neticesinde hem kuzeye hem de güneye dalımlı yeni bindirmeler oluşmuş, bu da eski bindirmelerin yeniden devinmesine ya da deformasyonuna sebep olmuş ve kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu sol yanal atımlı fay demetlerinin gelişmesine yol açmıştır. Bütün bunların yanısıra mikroskobik incelemeler de king bantlanmalarına rastlanmıştır.

#### 4. CEVHERLEŞMELER

Toros Ofiyolitik Kuşağında yer alan çalışma alanı bölgenin önemli kromit yataklarını oluşturmaktadır. Podiform yataklanmalar gösteren bölgede işletilmiş ve işletilmekte olan ve önemli sayılabilecek otuzun üzerinde krom ocağı bulunmaktadır. Bu ocaklar değişik zamanlarda madencilik politikasına bağlı olarak işletilmiştir. 1970'li yıllardan beri işletme yapılan bu bölgede çoğu düzensiz yataklanma gösteren kromit cevherleşmelerinden önemli bir kısmı tüketilmiştir. Ancak kromit fiyatlarının 100 \$/ton'un üstüne çıkması durumunda yine de önemli sayılabilecek bir potansiyel mevcuttur.

Tektonizmadan etkilenen ve tektonizmaya bağlı olarak gelişen faylar ile diyabaz daykları cevherleşmeyi kontrol etmektedir. Genelde dunitik zonlarda cevherleşmeler yoğundur. Bu ocaklardan önemli olanları şunlardır:

##### 4.1. Pulpınar Ocakları

Çalışma alanı orta kesimlerinde yer alan bu ocaklar Madentepe formasyonu içinde açılmıştır. Bu birim, ocakların bulunduğu yerde başlıca serpantinleşmiş harzburjitlerle temsil edilmekte olup, yer yer serpantinleşmiş dunit bant ve mercekleri de gözlenmektedir.

Pulpınarda cevherleşme dunitik zon içinde gelişme gösterir. Diyabazlar dayk şeklinde harzburjit ve dunitleri kesip mevcut cevheri de tektonize ederek cevherleşmeyi olumsuz yönde etkilemişlerdir. Pulpınar ocaklarının kuzeyi alüvyonlarla örtülüdür, güney tarafında ise genel litoloji serpantinleşmiş harzburjittir.

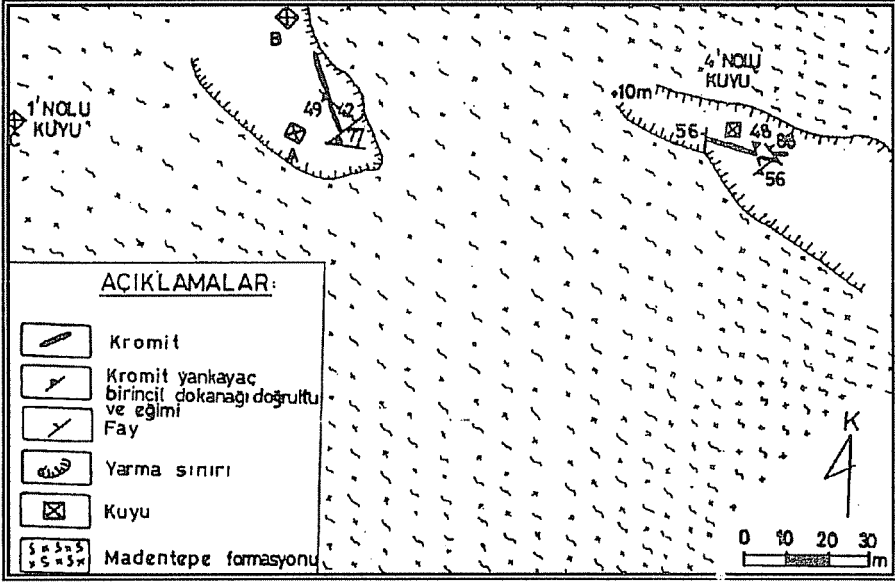
##### 4.1.1. Pulpınar 1 No'lu Ocak

Pulpınar Köyü'nün yaklaşık 1,5 km. güney-güneybatısında, Hörküçük Mahallesi mevkiindedir. 10x40x10 m. boyutunda, K45D yönünde açılmıştır. Ocağın doğu duvarı boyunca K46D/49GD duruşlu cevher izlenmektedir. Halen 25-30 m. kalınlığında doğrultu boyunca bir hafriyat yapıldığından, kromit damarının gerçek kalınlığı saptanamamıştır. Kuzeybatı ucunda incelerken biten cevher, güneydoğu ucunda K30B/90 duruşlu ve zon kalınlığı 2 m. olan etkin bir fay cevherleşmeyi kesmiştir. Fay sağ yönlü doğrultu atımlı olup, 20 m. öteleme yaptığı cevherleşmenin batı kısmındaki blokunuda yaklaşık 5 m düşürdüğü sanılmaktadır.



*BÜYÜKKARAMANLI-PULPINAR KROMİT CEVHERLEŞMELERİNİN  
JEOLOJİK, METALOJENİK VE EKONOMİK İNCELEMESİ*

Bu ocakta 3 adet kuyu vardır (1a,1b,1c kuyuları) (Şekil 4). 1a ve 1c kuyularındaki cevher tamamen alınmış olduğundan düşük tenörlü 2.000 ton'luk bir görünür rezerv vardır. 1b kuyusu 5.000 ton görünür, 35.000 ton muhtemel+mümkün rezerv olmak üzere 40.000 ton'luk bir potansiyel cevher ihtiva etmektedir.



Şekil 4. Pulpınar 1 ve 4 no'lu ocaklar.

#### 4.1.2. Pulpınar 2 No'lu Ocak

Pulpınar Köyü'nün yaklaşık 1 km. güneyinde yer almaktadır. Bu zonda 80 m, uzunluğunda, 35 m genişliğinde, 15 m derinliğinde büyük bir yarma açılmış olup, burada 120 m derinliğinde bir kuyu inilmiştir.

Yarmadaki cevherleşmenin genel konumu K30-40D/60GD şeklindedir. Hemen hemen tamamıyla dunitik bir zon içerisinde gelişmiş olup, dissemine, banthı, nodüler ve masif yapıda cevher tipleri görülür. İlksel kalınlık 3 m olmasına rağmen fayların etkisiyle yarmadaki cevher kalınlığı artmıştır. Ocakta 10.000 ton görünür, 60.000 ton muhtemel+mümkün rezerv olmak üzere toplam 70.000 ton'luk potansiyel cevher bulunmaktadır.

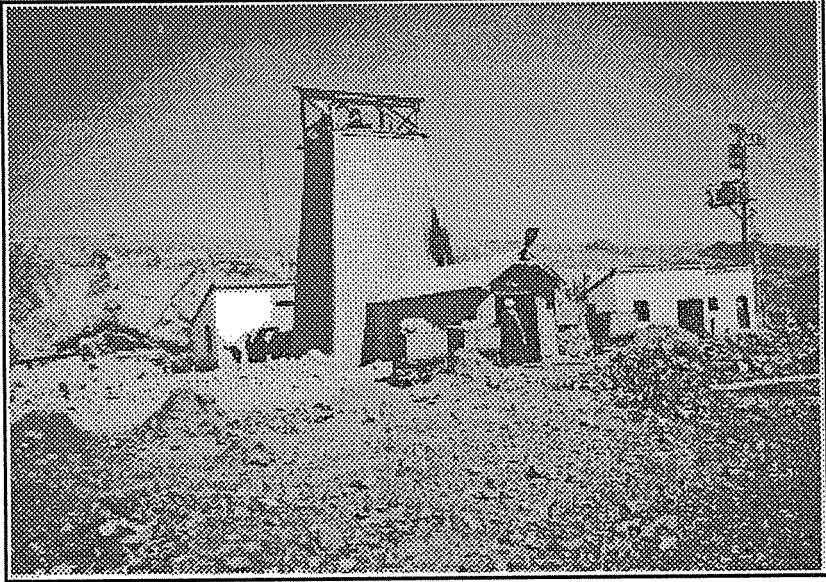
#### 4.1.3. Pulpınar 3 No'lu Ocak

Pulpınar Köyü'nün 650 m güneyinde, Sittiuşağı Mahallesi mevkiinde 35x42x14 m. boyutunda açılmıştır. Yarmada, dissemine, nodüler, masif ve genel olarak banthı yapı gösteren cevherleşmenin genel konumu K60D/70GD'dur.

Yarma tabanından itibaren iki kattan oluşan bir kuyu açılmıştır. İki kat arasında yapılan ölçümlerde cevherin taban dalım açısı 40, tavan dalım açısı ise ortalama 50 derece olarak belirlenmiştir. Ocağın 1519 kotundan bir kuyu ile inilir.

#### 4.1.4. Pulpınar Rıfat Ocağı

Pulpınar madeninde kromit önemli cevher zonunu oluşturur. 1519 kotundan 155 m.lik bir kuyu (Resim 1) ile cevher zonuna inilir. 125 ve 155. metrelerden iki kat galerisi sürülmüştür. Kuyunun derinleştirilmesini aksatmamak için 3 no'lu kuyunun tabanından bir desandre inilerek 1424 kotundan itibaren 60 m kalınlığındaki cevher askıya alınmıştır. Yaklaşık 75.000 tonluk kromit cevherinin tahmin edildiği bu cevher zonunun tabanı hala tesbit edilememiştir. Çünkü 1364 kotunda sürülen taban galerisinin (670D) 8. metresinde de kalınlığı 2 m olan bandlı ve saçınımlı cevher damarlarının kesildiği görülmekte olup, buradan alınan örneklerin % 30 dolaylarında  $Cr_2O_3$  içerdiği anlaşılmıştır. Gerek 125 ve gerekse 155. metrelerde kesilen kromit damarlarının kalınlık ve dalımları bu genel istikametlerde cevherin devam edebileceğini göstermektedir.



Resim 1. Pulpınar-Rıfatocağı kuyubaşı.

#### 4.1.5. Pulpınar Kismet Ocağı

Pulpınar Köyü'nün, Sittiuşağı Mahallesi mevkiinde açılan bir desandre dir. Cevher eğimi boyunca inilmiştir. Buradaki cevherleşmenin genişliği, 25 m.'ye kadar çıkabilen

**BÜYÜKKARAMANLI-PULPINAR KROMİT CEVHERLEŞMELERİNİN  
JEOLOJİK, METALOJENİK VE EKONOMİK İNCELEMESİ**

dunitik bir zon içerisinde yayılmaktadır. Cevher tenörü ortalama %25  $Cr_2O_3$ 'tür. Konumu kıvrımlanmanın etkisiyle değişkendir. Kısaca cevher her iki uçtan gelen kompresif kuvvetlerin etkisiyle ilk konumunu kaybederek değişik konumlar almıştır. Bu ocakta 5.000 ton görünür, 45.000 ton muhtemel + mümkün rezerv olmak üzere toplam 50.000 tonluk bir potansiyel cevher sözkonusudur.

#### **4.1.6. Pulpınar Kavak Ocağı**

Cevher uzantısı boyunca açılan on kadar yarma ile 10 m.'lik bir galeriden ibarettir. Genişliği 0.5-2 m. arasında değişen cevherleşme dissemine ve bantlı yapıdadır. Ortalama tenörü %25  $Cr_2O_3$ 'tür.

Kavak ocağı civarında hakim litoloji harzburjittir. Bunun yanında cevherleşme dunit ile birlikte mostra vermiştir. Küçük boyutta mostra veren diyabaz daykları da mevcuttur. Cevherleşme oldukça kıvrımlı bir yapı arz etmektedir. Bu yüzden topografyada ondülasyonlu bir yapı kazanmıştır. Ocakta 10.000 ton görünür, 90.000 ton muhtemel + mümkün rezerv olmak üzere toplam 100.000 tonluk bir potansiyel mevcuttur. Yapılacak sondaj çalışmaları sonucunda bu potansiyel artırılabilir.

#### **4.1.7. Pulpınar 4 No'lu Ocak**

Pulpınar Köyü'nün 1300 m. güneyinde Hörküçük Mahallesi mevkiinde ve Kavak Ocağı'nın 200 m. kuzeydoğusunda yer almaktadır.

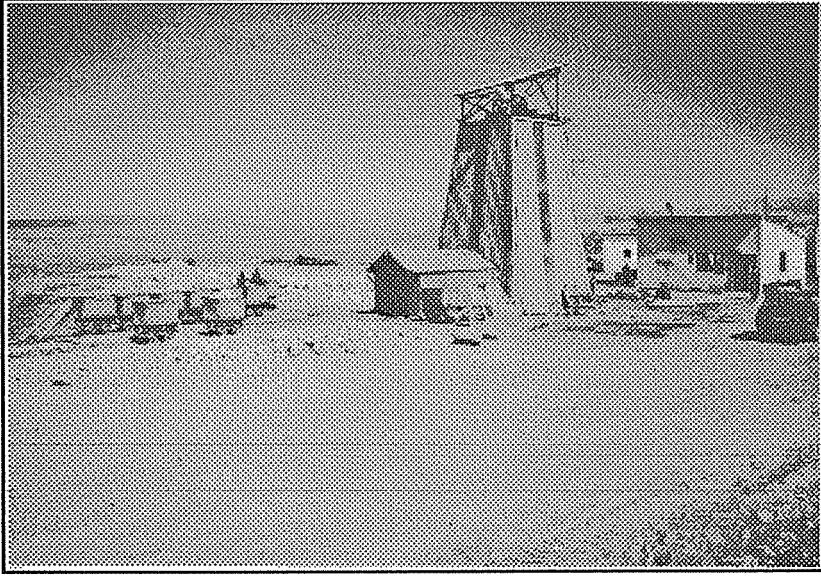
Başlangıçta 10x70x1.5 m. boyutunda açılan ocağın yarma tabanından itibaren 40, 70, 100 ve 130 katları olmak üzere dört kattan ibaret bir kuyu inilmiştir (Resim 2). Bölgenin en büyük ocaklarından biridir. Masif, dissemine, bantlı ve nodüler yapı gösteren cevherin ortalama tenörü %20-52.5  $Cr_2O_3$  arasında değişmektedir.

Yapılan sondajlar sonucu yüzeyden itibaren en az 150 m. aşağı devam eden değişik seviyelerde 175 m. uzunluğunda cevherleşmeler mevcuttur. Burada 322.000 ton görünür, 180.000 ton muhtemel + mümkün rezerv olmak üzere toplam 502.000 ton bir potansiyel mevcuttur. Arama çalışmaları halen devam ettirilmekte olup, bu rakamların artacağı ihtimali çok yüksektir.

#### **4.1.8. Pulpınar Elmalı Ocağı ve Civar Ocaklar**

Elmalı Ocağı, Pulpınar-Elmalı yolu kenarında açılmıştır. Ocak çevresinde hakim litoloji harzburjit olup ortalama %15  $Cr_2O_3$  tenörlü 15.000 ton görünür, 15.000 ton muhtemel + mümkün rezerv olmak üzere 30.000 tonluk bir cevher vardır.

Çalışma alanının güneybatı kısımlarında yer alan bu ocak ve yakın civarında düşük tenörlü birkaç ocak daha vardır. Bunlar küçük çaplı olup, 3.000 ton görünür, 27.000 ton muhtemel + mümkün rezervli, ortalama %15  $Cr_2O_3$  tenörlü bir potansiyelden sözedilebilir.



Resim 2. Pulpınar 4 nolu ocak kuyubaşı.

#### 4.1.9. Bölgedeki Diğer Ocaklar

Yukardaki ocaklardan başka bölgede kayda değer irili ufaklı birçok ocak vardır. Bunların önemli olanları; Kırımışağı Ocakları, Kurtlar Köyü civarındaki Ocaklar ve Emegil-Bahçecik Köyleri civarındaki Ocaklardır. Bunların tamamına yakını Madentepe formasyonu içinde açılmış olup, Kireçlik Yayla Karmaşığı içinde yer alanlar da vardır.

### 5. MİKROSKOBİK GÖZLEMLER

İnceleme alanında görülen kromit cevherleşmelerinden ve yataklanmaların görüldüğü yankayaçlardan alınan çok sayıdaki kayaç örneklerinden yapılan parlak kesit ve kesitler polarizan mikroskopta ve maden mikroskobunda ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kromit cevherleşmesinin tamamının dunitik bir zon içinde görülmesi, gerek kromit kristallerinde ve gerekse ona eşlik eden olivin ve piroksenlerin çekilme, kırılma, bükülme ve parçalanma gibi tektonik deformasyonlardan en az bir veya birkaçını göstermesi Alpin tipi kromit yataklarının genel özelliklerini taşıdıklarını göstermektedir. Bölgede görülen kromit cevherleşmelerinde gerek makroskobik gözlemlerde ve gerekse mikroskop altında yapılan incelemelerde kompakt veya masif, saçınımlı, bantlı, nodüler veya karışık cevher tiplerinin yaygın olduğu anlaşılmıştır.

Pulpınar ocaklarında  $Cr_2O_3$  içeriği nisbeten daha yüksek olan kompakt kromit yaygın olup, tektonizma etkisiyle kristaller arasındaki dokanaklar belirsiz bir durumdadır. Kromite eşlik eden olivinin ise tamamen serpantinleştiği ve deforme olmuş kromit

kristalleri arasında sıkışma yönünde yer yer şeritler oluşturduğu görülmektedir.

Saçınımlı kromitlerin ya izole olarak dünitik gang içinde genellikle 0,2 mm'nin altında öz ve yarı özşekilli kristaller halinde dağıldıkları veya ritmik bandlar şeklinde yanal devamlılıkları masif kromitlere göre nisbeten daha düzenli oldukları anlaşılmaktadır. Bu tip cevherlere eşlik eden olivin kristallerinin de büyük ölçüde pull-apart dokusu gösterdiği ve çok ileri derecede serpantinleştiği görülmüştür. Kromitlerde ise kompakt ve nodüler kromitlere göre daha az deformasyon geçirmişlerdir.

Nodüler kromit daha seyrek görülür. 1-3 cm boyutundaki nodüllerin yoğun tektonizma sebebiyle elipsoid şeklini aldıkları anlaşılmaktadır. Yan kayacı oluşturan dünit içindeki olivinlerin çok aşırı derecede serpantinleşmesi sebebiyle bazı fay zonlarında serbest hale geldikleri görülmektedir.

Karışık cevherin ise birden fazla cevher tipinin birarada görülmesiyle özellik taşıdığı görülmektedir. Aynı ocaktan alınan örneklerde bile kompakt kromitin yanısıra, saçınımlı ve bandlı cevher tipini görmek mümkündür.

Cevher tipi ne olursa olsun kromitlerde görülen kırılma, parçalanma, uzama gibi deformasyonlar görülürken olivinlerde parçalanma ve serpantinleşme, ortopiroksenlerde ise king bandları, bükülme ve büzülme gibi tektonizma şiddetini açıkça belirten olaylar görülür.

Kromitlerden kalıplara alınarak parlatılan kesitlerin maden mikroskopundaki incelemelerinde de polarizan mikroskoptaki gibi benzer gözlemler elde edilmiştir. Kataklazma geçiren kompakt kromitlerde birden çok kırık sistemi gelişmiştir. Büyük büyütmeli objektifler kullanıldığında kromit içinde çok ince (10-20 µm) olivin kapanımları görülmüştür. Gerek kırıklarda ve gerekse izole olarak serpantinleşmiş dünitik gang içinde nikel sülfür minerallerinden pendlandit, heazlewoodit, millerit az çok her kesitte görülmüştür. Masif kromitlerin kırık ve çatlaklarından başlayarak gelişen manyetit görülmektedir.

Nodüler, saçınımlı ve bandlı kromitlerde de benzer durum gözlenmektedir. Nodüler kromitlerde de nikel sülfür mineralleri gözlenir. Ayrıntılı incelemelerde dantirik yapılara pek rastlanmamıştır. Tamamen serpantinleşmiş olivinlerin krizotil ve lizardit şeritlerine bol miktarda imkan tanıdığı anlaşılmıştır. Saçınımlı kromitlerde ise kristallerin daha diri kaldıkları, 0,2 mm'nin altındaki kristallerin çoğunun öz veya yarıöz şekilli oldukları görülmektedir. Bu tip cevherlerde nikel sülfür minerallerinin daha çok gang içinde izole noktalar halinde dağıldıkları saptanmıştır.

## **6. KİMYASAL İNCELEMELER**

İnceleme alanından alınan kromit örnekleri analize tabi tutulmuş olup, alınan sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1. Büyükkaramanlı - Pulpınar Ocaklarından Alınan Kromit Cevherlerinin Kimyasal Analiz Sonuçları.**

| Örnek No | Elementler (%)                 |                                |       |       |                  |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|------------------|
|          | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO   | FeO   | SiO <sub>2</sub> |
| AK-2     | 36.79                          | 10.83                          | 19.80 | 10.97 | 16.03            |
| AK-3     | 28.02                          | 8.81                           | 23.58 | 10.26 | 21.71            |
| AK-5     | 42.54                          | 5.99                           | 27.18 | 13.38 | 9.93             |
| AK-6     | 39.22                          | 5.76                           | 34.92 | 10.09 | 8.97             |
| AK-7     | 37.59                          | 10.68                          | 19.50 | 10.82 | 15.80            |
| AK-8     | 27.77                          | 8.75                           | 23.45 | 10.95 | 21.57            |
| AK-9     | 39.87                          | 5.69                           | 34.50 | 9.99  | 8.87             |
| AK-10    | 49.28                          | 5.21                           | 18.89 | 14.92 | 1.97             |
| AK-12    | 14.67                          | 4.06                           | 33.38 | 10.63 | 25.47            |
| AK-13    | 50.50                          | 8.27                           | 16.15 | 15.64 | 8.38             |
| AK-14    | 31.35                          | 5.32                           | 28.22 | 9.90  | 19.98            |
| AK-15    | 40.47                          | 5.66                           | 34.17 | 9.93  | 8.28             |
| AK-16    | 27.61                          | 8.86                           | 23.73 | 10.32 | 21.84            |
| AK-18    | 34.07                          | 11.45                          | 20.70 | 11.42 | 16.71            |
| AK-19    | 40.68                          | 9.10                           | 18.97 | 10.98 | 14.81            |

Tablo 1'den açıkça görüldüğü gibi inceleme alanındaki kromit cevherlerinin Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerikleri oldukça değişkendir. Kompakt (masif) kromitlerde % 40'ın üstüne çıkan bu tenör saçınımlı ve bandlı kromitlerde % 27'ye kadar düşmektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> arasında negatif bir korelasyon gözlenirken FeO, MgO ve SiO<sub>2</sub> ile Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> arasında belirgin bir ilişki görülmemektedir. Masif (kompakt) ve nodüler kromit doğrudan takoz cevher olarak değerlendirilebilmekte ancak bandlı ve saçınımlı cevherler mutlaka zenginleştirildikten sonra satılabilmektedir.

## 7. EKONOMİK JEOLJİ

Pulpınar-Pınarbaşı yöresindeki kromit cevherleşmelerinin varlığı 1950'li yıllardan beri bilinmekte ve değişik zamanlarda, değişik kişilerce madencilik politikasına bağlı olarak günümüze kadar işletilmektedir.

Bölgedeki cevherleşmeler Kireçlik Yayla Karmaşığı ve Pınarbaşı Ofiyolit Napında gelişmiştir. Bunlardan ikinci grupta yer alanlar tenörlerinin yüksek olması nedeniyle daha ekonomiktir. Pulpınardaki 8 adet ocakta toplam 437.000 ton muhtelif tenörlü görünür, 685.000 ton da muhtemel + mümkün olmak üzere toplam 1.122.000 tonluk bir potansiyel mevcuttur. Bunlara diğer küçük çaptaki ocaklardaki toplam 300.000 tonluk kromit cevherleri eklendiğinde bölgede 1.422.000 tonluk bir cevherin varlığından

söz edilebilir. Ancak yapılacak sondaj, galeri ve detaylı araştırmalar sonucunda bu potansiyelin artacağı muhakkaktır.

## 8. SONUÇLAR

Doğu Torosların orta ve kuzey kesimlerinde yer alan çalışma alanı farklı stratigrafik dizilim ve yapısal konum gösteren, otokton birim, allokton birim, ofiyolit napı, örtü kayaları olmak üzere dört ana başlık altında incelenmiştir.

Çalışmanın esasını teşkil eden kromit cevherleşmeleri genelde Madentepe formasyonu içerisinde gelişmiş olup, Kireçlik Yayla Karmaşığında da yer alanlar vardır. Genelde masif, dissemine, nodüler ve bantlı yapı gösteren cevherlerin tenörlerinin oldukça değişken olduğu, masif cevherin yüksek  $Cr_2O_3$  içerikli olmasına karşılık saçınımlı ve bantlı kromitlerin % 20-40  $Cr_2O_3$  içerdikleri anlaşılmıştır.

Bölgede iç yapının oldukça düzenli olup, genel doğrultusu kuzeydoğu-güneybatıya olduğu gözlenmiştir. Bu yapının bir konum arzetmesinin sebebi ofiyolitlerin kuzeyden ve kuzeybatıdan sıkıştırılmış olduğunu gösterir. Etkin olan tektonik olaylar, krom adese ve bantlarını etkilemişlerdir.

İnceleme alanında cevher yankayaç ilişkisi bantlı ve saçınımlı cevher tiplerinde uyumlu, kompakt (masif) ve nodüler kromit kütlelerinde uyumsuzdur. İster uyumlu, ister uyumsuz olsun kromit cevherleşmesi genellikle dünitik bir zarfla çevrilidir.

Buradaki kromit cevherleşmelerinin gösterdiği özellikler Pozantı-Karsantı, Mersin ve Hatay (Kızıldağ) ofiyolitlerine bağlı olarak görülen öteki kromit yataklanmalarıyla çok benzer özellikler gösterdiği anlaşılmıştır.

Yapılacak daha ayrıntılı çalışmalarla bölgedeki diğer kromit yataklarından ve ayrıca son yıllarda M.T.A.'nın da araştırmaya ağırlık verdiği olivin (dünitlerden) açısından değerlendirilerek ekonomiye kazandırılabilceği söylenebilir.

## 9. KAYNAKLAR

1. Özgül,N., *Torosların Bazı Temel Jeoloji Özellikleri: Türkiye Jeol. Kur. Bült., XIX, 1, 1976.*
2. Özgül,N. ve Arpat,E., *Structural Units of the Tours Orogenic Belt and Their Continuation in Neighbouring Regions; Selection of Papers on the Eastern Mediterranean Region Presented at the 23rd Congress of CIESM in Athens, November 1972 de; Bull. of the Geol. Soci. of Greece, 10-1, p. 156,164, 1973.*
3. Erkan,E.N., Özer,S., Simengen,M., Terlemez,Y., Sarız-Şarkışla-Gemerek-Tomarza Arsını Temel Jeolojisi. M.T.A. Derleme No.6546, 1978.
4. Akça,İ., *Büyükkaramanlı-Pulpınar Kromit Cevherleşmelerinin Jeolojik, Metalojenik ve Ekonomik İncelemesi. Master Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst., 109 s.*
5. Özer,S., Terlemez,İ., Sümengen,M. ve Erkan,E.N., *Pınarbaşı (Kayseri) Çevresindeki Alloktan Birimlerin Stratigrafisi ve Yapısal Konumları. Türkiye Jeol. Kur.*

Bült. XVII / 1, s.51-67, 1984.

6. Yılmaz,A., Bedi,Y., Uysal,Ş., Yusufoglu,H., Atabey,E. ve Aydın,N., *Doğu Toroslarda Uzunyayla ile Berit Dağı Arasının Jeolojisi. M.T.A. Raporu Derleme No. 9453.*

7. Çapan 1981 a,*Toros Kuşağı'na Ait Beş Ofiyolit Masifinde Marmaris, Mersin, Pozantı, Pınarbaşı, Divriği Majör Element Analizlerinin İstatistiksel Yorumu. II. Faktörü: Yerbilimleri (H.Ü. Yerbilimleri Enst. Bülteni), 8, 83-89.*

8. Anıl,M., *Pozantı-Karsantı, Mersin ve Kızıldağ (Hatay) Ofiyolitlerindeki Bazı Kromit Yataklarının Morfolojik, Yapısal ve Jenetik Özellikleri, Akdeniz Bölgesindeki Benzer Kromit Yataklarıyla Karşılaştırılması. TÜBİTAK, Doğa Dergisi 14. Sayı, 645-675, 1990.*



## SERROW-URMİYE (İRAN) BÖLGESİNDE YERALAN MAGMATİK VE METAMORFİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ VE PETROLOJİSİ

**Ebrahim ELYASSİ**

Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana/Türkiye

**Fikret İŞLER**

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

**Mesut ANIL**

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

**ÖZET:** Bu çalışma ile Yüksekova Karmaşığının İran'da Serrow bölgesindeki uzantısı araştırılmıştır. Bölgede Prekambriyen yaşlı Keher formasyonu (mermer, gnays, amfibolit, amfibolüst) en yaşlı birimi oluşturur. Volkanik karmaşık ve granitlerden oluşan Silvana karmaşığı Keher formasyonu ile tedrici geçişlidir. Keher formasyonu ve Silvana karmaşığı gabbro, diyorit ve diyabaz bileşimli dayklar tarafından yer yer kesilmektedirler. Metamorfik kayaçlar üzerinde uyumsuz olarak Permiyen yaşlı dolomitik kireçtaşları yer alır. Oligo-Miyosen yaşlı ve Kum formasyonu olarak tanımlanan kireçtaşı ve kumtaşları da Permiyen yaşlı dolomitik kireçtaşları üzerine uyumsuzlukla gelirler.

Magmatik ve metamorfik kayaçlardan yapılan kimyasal analizlerin değerlendirilmesi sonucunda magmatik kayaçların alkali ve kalkoalkali özellikte oldukları ve tektonik ortam olarak da volkanik yay ve çarpışma ürünü magmatikleriyle ilişkili oldukları anlaşılmıştır. Ayrıca metamorfik kayaçların büyük bir çoğunluğunun da magmatik (orto) kökenli oldukları ortaya konulmuştur.

### PETROGRAPHIC AND PETROLOGIC INVESTIGATION OF MAGMATIC AND METAMORPHIC ROCKS OF SERROW-URMİYE (İRAN) REGION

**ABSTRACT :** In this study, the extension of Yüksekova Complex locating in Serrow region (Iran) has been systematically examined. Keher formation, Precambrian

*in age; and is composed of marble, gneiss, amphibolite and amphibolite schist, is the oldest unit of the region. Silvana complex consists of volcanic complex and granites. The contact relationship between Silvana complex and Keher formation is gradually changing. The rocks, belonging to the Keher formation and Silvana complex, are cut by the dykes with the gabbroic, dioritic and diabasic composition from place to place. Dolomitic limestones, Permian aged, overlies unconformably metamorphic rocks. Also, limestone and sandstones, Oligo-Miocene aged and determined as Kum formation, spread over unconformably Permian dolomitic limestones.*

*The results of the evaluation of chemical analyses of magmatic and metamorphic rocks, it is observed that magmatic rocks are alkalic and calc-alkalic characteristics and they are tectonically related to magmatics originated from volcanic arc and collision product. In addition, it is indicated that the majority of the magmatic rocks are orthomagmatic origin.*

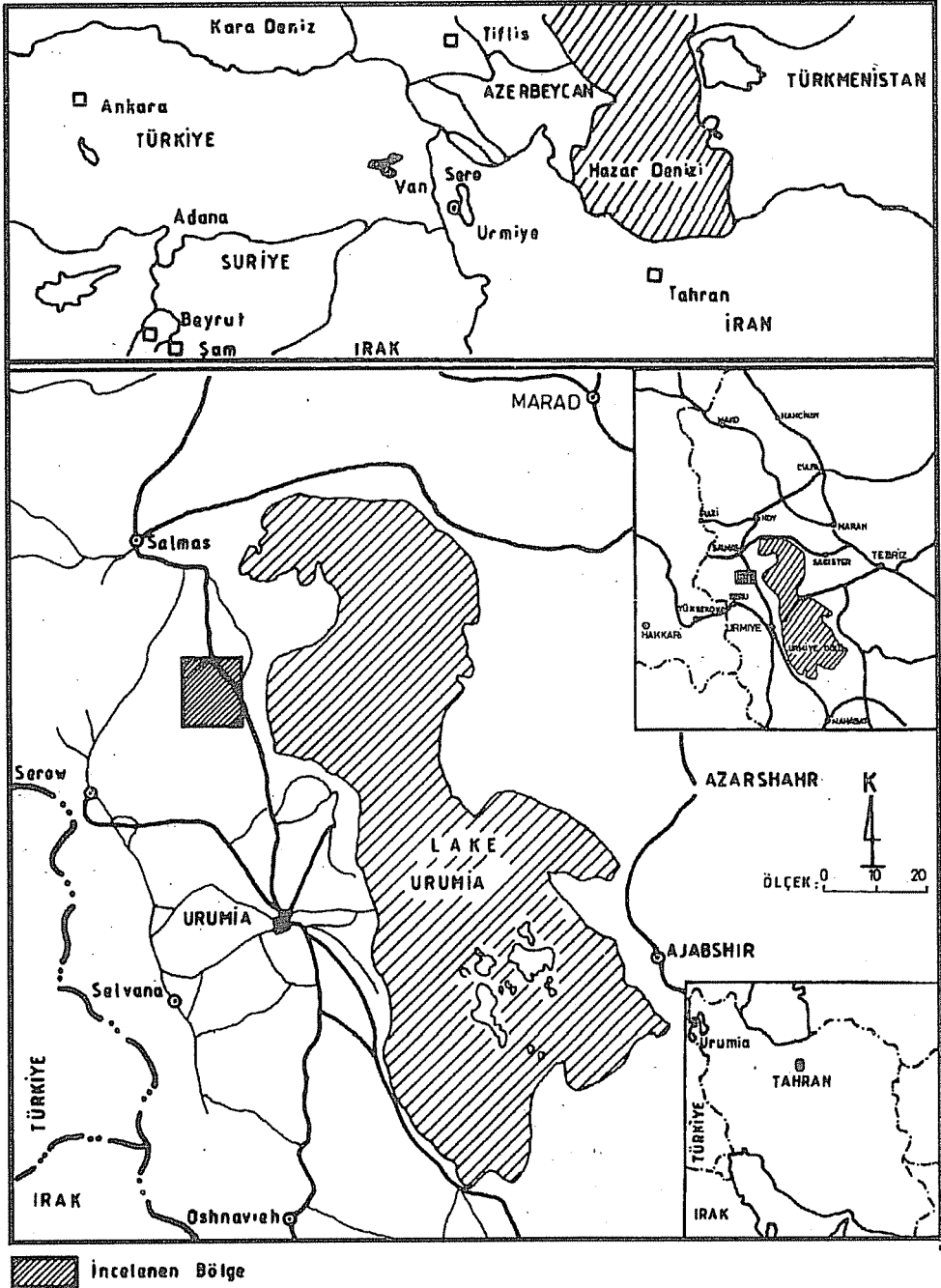
## 1. GİRİŞ

İnceleme alanı Türkiye'nin doğusunda İran sınırları içerisi ve Serrow bölgesinde yer alır (Şekil-1), Urumia gölünün hemen batısında bulunan inceleme alanı yaklaşık 150 km<sup>2</sup>lik bir bölgeyi kapsar.

Bölgenin Yüksekova ilçesine çok yakın olması nedeniyle Yüksekova karmaşığı ile ilgisi araştırılmıştır. İnceleme alanında, yakın konumdaki Yüksekova karmaşığı üzerine birçok çalışmalar bulunmaktadır. İlk çalışmalar Gansser (1) tarafından başlatılmış daha sonra Abaie (2), Buzurgnia (3), Shtocline (4) Tahrani (5) ile çalışmalar devam etmiştir. Hakipoor ve Nebati (6), Nebati ve Hakipoor (7) Serrow bölgesinde Prekambriyen yaşlı metamorfik kayalar ayırtlamışlar, ayrıca granit yüzeylenmeleri ile damar kayalarını incelemişlerdir. Perinçek (8,9,10) yaptığı çalışmalarda ilk defa Yüksekova karmaşığını tanımlamış ve bu karmaşığın kireçtaşı, şeyl, kumtaşı, volkanik kumtaşı, tuf, aglomera, bazalt, diyabaz, gabro, serpantin, granit ve granodiyoritlerden oluştuğunu belirtmiştir. Perinçek ve Özkaya (11) Yüksekova karmaşığının tektonik dokanıklığını belirtmiş ve Keban ve Bitlis metamorfikleri ile ilgisini ortaya koymuştur. Hempton ve Savcı (12), Yazgan (13,14,15) Yüksekova karmaşığı üzerine çalışmışlardır. Perinçek ve Kozlu (16) Yüksekova karmaşığında volkanitleri kesen granit ve granodiyoritlerin adayayı magmatizmasındaki farklılaşmanın son evresini temsil ettiğini belirtmişlerdir. Bingöl (17,18,19) Yüksekova karmaşığının kuzeye dalımlı bir yitim zonunda kısmen okyanus, kısmen de kıta kenarı üzerinde gelişmiş yay magmatizması türleri olduğunu ileri sürmüştür.

Aydoğdu (20) Yüksekova karmaşığı kayalarının yitim sonucu oluştuğunu vurgulamış, Aksoy (21) ise; bu karmaşığın Hakkari'den Elbistan'a kadar oldukça geniş yüzeylenmeler verdiğini belirtmiştir. Daha bir çok araştırmacı Turan ve Bingöl (22), Akgül (23), Erdem (24) Önal (25) çalışmalarında Yüksekova karmaşığına değinmişlerdir.

SERROW, URMIYE BÖLGESİNDE YERALAN MAGMATİK VE METAMORFİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ VE PETROLOJİSİ



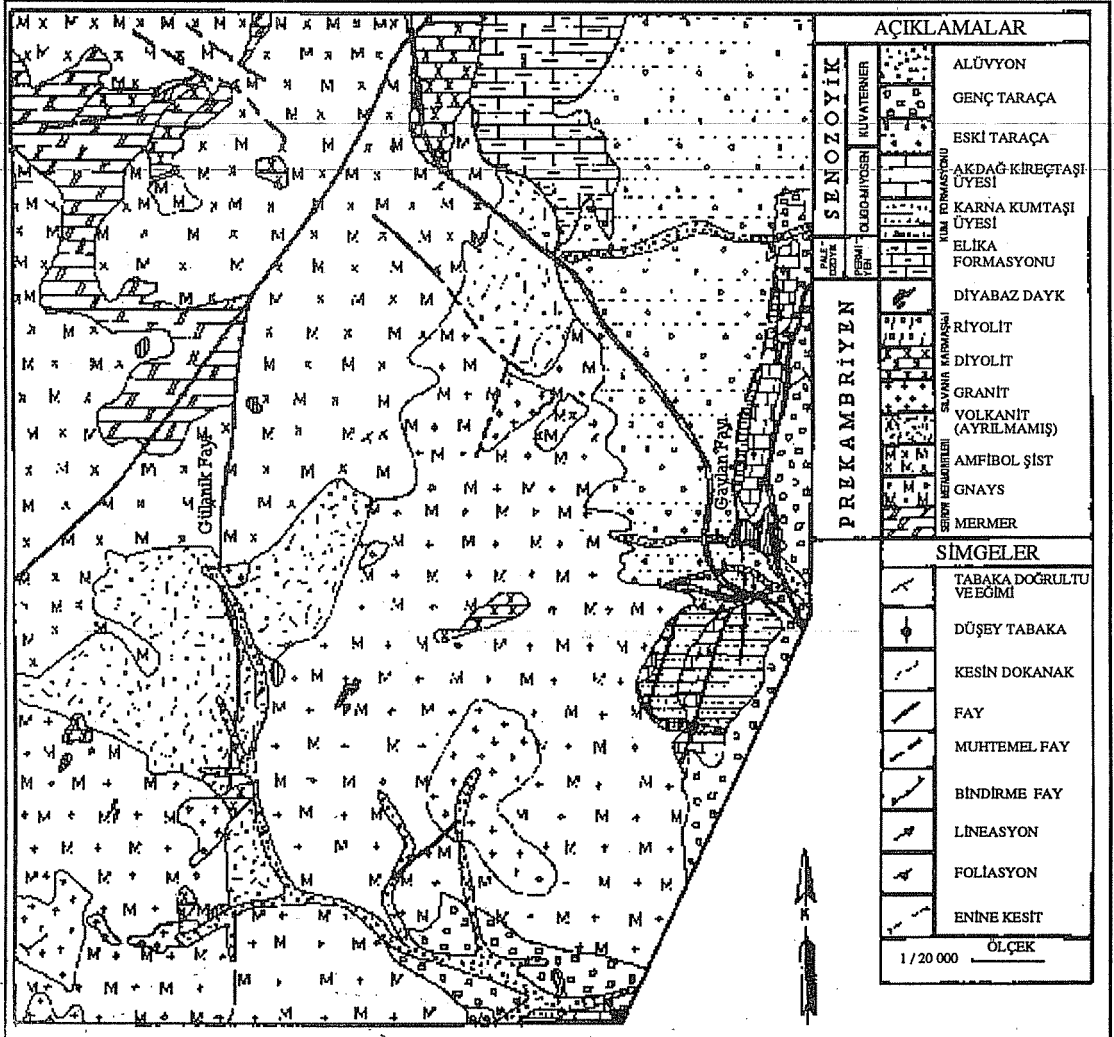
Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası ve Türkiye ile olan konumu.

## 2. STRATİGRAFİ VE PETROGRAFI

İncelenen bölgede Prekambriyen yaşlı Keher formasyonu, Silvana karmaşığı ve bunları kesen dayklar ile Permiyen yaşlı dolomitik kireçtaşları ve bunlar üzerinde uyumsuz olarak yer alan Oligo-Miyosen yaşlı Kum formasyonu bulunmaktadır (Şekil-2).

### 2.1. Prekambriyen

İnceleme alanında yer alan metamorfiklerin yaşı ile ilgili olarak önemli bir bulgu bu



Şekil 2. Göljen-Bulargu-Kahriz (KB Urmiye)'in jeoloji haritası.

çalışmada elde edilememiştir. Ancak Tahrani (5) ve Hakipoor ve Nebati (6) çalışmalarında metamorfiklerin yaşını Prekambriyen olarak belirttiklerinden bu yaş aynen kabul edilmiştir. Ayrıca Nebati ve Hakipoor (7) çalışmalarında Silvana karmaşığı ve daykları da Prekambriyen yaşında göstermişlerdir.

### **2.1.1. Metamorfitler**

İnceleme bölgesinde birbirleri ile kesin dokanaklarla ayrılamayan geçişli ve stratigrafik olarak belirli bir düzen sunmayan mermerler, amfibolit şistler ve gnayslar metamorfit birimleri oluşturmaktadır.

#### **2.1.1.1 Gnayslar**

Metamorfitler içerisinde büyük çoğunluğu oluşturan gnayslar gözlü ve bantlı olmak üzere iki farklı konumda izlenirler. Arazide açık kül renkli olmaları ile dikkat çeken gnaysların esas mineralini kuvars oluşturur. İri ksenomorf taneli kuvarslar genellikle belirli yönde bir uzanım kazanmış olup, hemen hemen hepsinde dalgalı sönme gözlenir. İkinci hakim minerali oluşturan alkali feldspat ve plajiyoklaslar genelde fenoblastlar şeklinde olup, tektonizma sonucu yer yer kırılma ve bükülmeler gösterirler. Bazı feldspatlarda pertitik yapı ve kaolenleşme gözlenmiştir. Çok canlı pleokrizması ile dikkati çeken biyotit lamellerinde yer yer bükülmeler ve kırılmalar görülür. Bazı gnays örneklerinde az miktarda küçük subtomorf blastlar şeklinde muskovit ve epidotlar izlenmiştir. Çok seyrek olarak da subtomorf sfenlere rastlanmıştır.

#### **2.1.1.2. Amfibolit ve Amfibol Şistler**

Gnayslardan sonra metamorfite içerisinde yaygın olarak amfibolit ve amfibol şistler görülür. Siyaha yakın koyu renkleriyle dikkati çekerler. Bazen mermer, kuvars, serisit şistlerle aralanma gösterirler. Genelde gnaysların altında bulunmaktadır. Gnaysların bulunduğu bölgelerde yer yer açığa çıkmış amfibolitlere rastlanmıştır. Amfibolitlerin bulunduğu bazı bölgelerde metagabrolar gözlenmiştir ve metagabrolarla amfibolitlerin sınırları tedrici geçişlidir. Yapılan mikroskopik çalışmalarla amfibolitlerin esas mineralini % 70-90 civarında otomorf ve subtomorf hornblendlerin oluşturduğu ve geri kalan kısımları da plajiyoklas, potasyumlu feldspat ve kuvars minerallerinin hornblendler arasında yer aldığı gözlenmiştir. Tektonizma sonucu minerallerde yer yer bükülmeler, kırılmalar ve ufalanmalar tesbit edilmiştir. Bazı kısımlardan alınan örneklerde % 70'in altında hornblendler gözlenmiş ve bu hornblendlerle belirli yönde uzama ve dizilim tesbit edilmiştir. Diğer mineraller de bu dizilime uygunluk göstermişlerdir. Bu durumda olan örnekler amfibol şist olarak adlandırılmıştır.

### 2.1.1.3. Mermerler

İnceleme alanının kuzeybatısında yaklaşık kuzey-güney doğrultusunda uzanırlar. Genellikle açık renkli yer yer düzenli tabakalanmalıdır. Yoğun tektonik olaylar sonucu yer yer ezilmiş ve milonitize olmuşlardır. Aşırı çatlak ve kırıklı olmaları nedeniyle blok verme oranı düşüktür. Bu nedenle çok iyi kristalize olan bu mermerlerden ancak bir kaç ocak ekonomik olarak işletilebilmektedir. Yapılan mikroskopik çalışmalar sonucu birbirleriyle iyi kenetlenme gösteren iri kalsit kristallerinden meydana geldiği gözlenmiştir. Bazı örneklerde yer yer küçük kuvars ve muskovit minerallerine rastlanmıştır. Tüm örneklerde ise tektonizmanın etkisi olarak kalsit kristallerinde kıvrım, çatlak ve yer yer bükülmeler izlenmiştir. Basınç ikizlenmeleri çok yaygındır.

### 2.1.2. Silvana Karmaşığı

İnceleme alanı içerisinde genellikle orta ve güney kesiminde izlenen kataklastik granit, volkanik-karmaşık-diyorit/gabro ve metamorfite-kesen-dayklar-Silvana karmaşığı olarak adlandırılmış ve yine Prekambriyen yaşı olarak gösterilmiştir (6,7).

#### 2.1.2.1 Kataklastik Granit

Bölgenin güney kesiminde yukarı Gülanik ve Hamamlar mevkiinin kuzeyinde büyük stoklar şeklinde gnays birimleri içerisinde yer alırlar. Gnayslarla olan sınırları net olmayıp geçişlidir. Muhtemelen gnayslar bu granitlerin daha yüksek dereceli metamorfizma geçirmesi ile meydana gelmişlerdir. Yapılan mikroskopik çalışmalar sonucu incelenmiş olan örneklerin hemen hemen hepsinde tektonizmanın etkileri gözlenmiştir. Granitin esas minerallerini oluşturan potasyumlu feldspatlar, plajiyoklaslar ve kuvarslar çok kırıklı ve çatlaklı bir yapı sunarlar ve yer yer bükülmeler gösterirler. Bazı kırıklar birbirlerinden uzaklaşmış ve ötelenmişlerdir. Tanelerin sınırlarında tanelerin parçalanıp ufalanmış şekli izlenir. Ksenomorf iri kuvars tanelerinin hemen hemen hepsi dalgalı sönme gösterir.

İncelenen örneklerde biyotit mineraline rastlanmamıştır. Ancak bir örnekte tamamen kloritleşmiş biyotit görülmüştür. Plajiyoklas ve potasyumlu feldspatlarda da alterasyon mineralleri olarak kaolinleşme, serizitleşme, epidotlaşma ve kısmen de kalsitleşme tespit edilmiştir.

#### 2.1.1.1. Diyorit/Gabro

Bölgemiz içerisinde diyorit/gabro birimleri genellikle amfibolit ve amfibol şist birimleri içerisinde, seyrek olarak yer yer gnayslar içerisinde tektonik pencere şeklinde izlenirler. Arazide koyu yeşil renkte (siyaha yakın) ve ince taneli olarak izlenirler. Daha önce de değinildiği gibi, amfibolit veya amfibol şistlerle dokanakları net olmayıp, tedrici geçişlidirler. Büyük bir olasılıkla amfibolitler bu birimlerin (diyorit/gabro) orta derecede metamorfizma geçirmesiyle oluşmuşlardır.

Mikroskopik çalışmalarda da diyorit/gabrolarda alterasyonun yoğun olduğu gözlenmiştir. Bu örneklerin çoğu metadiyorit olarak isimlendirilmiştir. İncelenen örneklerde plajiyoklaslar iri fenokristaller şeklinde bolca görülürler. Yapılan ölçümler sonucu plajiyoklasların % 35 An. içeren andezin oldukları tespit edilmiştir. Plajiyoklaslar ve kayacı oluşturan diğer mineraller tektonizmadan fazlaca etkilenmişlerdir. Minerallerde çatlak, kırık, ötelenme ve bükülmelere sık sık rastlanılmaktadır. Alterasyon ürünleri olarak plajiyoklaslarda kaolinleşme, serizitleşme, kloritleşme, epidotlaşma ve kalsitleşme genellikle yaygın olarak izlenirler. Ayrıca metadiyorit örneklerinin ikinci hakim mineralini oluşturan hornblendler de yaygın olarak aktinolit ve epidota dönüşümler gözlenmiştir.

## **2.2. Permiyen Dolomitik Kireçtaşları**

Permiyen yaşlı dolomitik kireçtaşları incelenen bölgenin kuzeyinde yer alır. Bu birim jeoloji haritasında Erika formasyonu olarak işaretlenmiştir (Şekil 2). Bunlar Prekambriyen yaşlı metamorfik kayaçlar üzerine tektonik bir dokanakla gelmemektedir. Yapılan paleontolojik yaş tayinlerinde yaş verebilecek karakteristik bir fosile rastlanılmamıştır. Ancak Serrow'un 1/250.000 ölçekli jeoloji haritasında bu birimler Permiyen olarak gösterilmiştir. Öte yandan İJK çalışmalarında Triyas yaşlı dolomitlere litolojik olarak benzerliklerinden dolayı bu birime Triyas yaşı vermiştir.

## **2.3. Senozoyik**

Bölgede Senozoyik yaşlı birimler olarak Oligo-Miyosen yaşında Kum formasyonu ve Kuvaterner yaşlı eski ve yeni taraçalar ile alüvyon birimleri yer alır.

### **2.3.1. Kum Formasyonu**

Adını kum şehriden alan bu formasyon ilk kez Gansser (1) tarafından isimlendirilmiştir. Formasyon kalınlığı 1200 metre civarında olup, dokuz ayrı birimden oluşmuştur. Birimler tabandan tavana doğru taban kireçtaşı, marn-kumlu marn ve kumtaşı, ayrılmış organik kireçtaşı ve marn, volkanik madde içerikli sedimentler, briyazaa kireçtaşı, şeylli kireçtaşı, jips ve kırmızı şeyl seviyesi, yeşil marn seviyesi ve kireçtaşı seviyesi şeklindedir.

İran'da petrolün ilk önce kum formasyonu içinde bulunmuş olması nedeniyle bu formasyonun önemi büyüktür. İnceleme alanı içerisinde Kum formasyonunun yalnızca iki birimi marn-kumtaşı ve kireçtaşı birimleri yer alır. Bu birimler inceleme alanının doğusunda kuzey-güney uzanımlı olup, jeolojik haritamızda Karna kumtaşı üyesi ve Akdağ kireçtaşı üyesi isimleri ile gösterilmiştir. Altta Karna kumtaşı üyesi marn, kumtaşı ve konglomera aralanması şeklinde olup, düzgün tabakalıdır. Bunlar üzerine uyumlu olarak gelen Akdağ kireçtaşı üyesi açık gri ve düzenli tabakalanma sunar. Bu birimden alınan örneklerden yapılan paleontolojik yaş tayinlerinde Amphistegina, sp.,

Miagypsina sp., Elphidium sp., Gypsina sp., Astergerina sp., Lepidocyclina sp., Miliolidae, textularia sp., Sphaerogypsina sp., gibi fosil Oligo-Miyosen yaşlı fosil topluluğu tespit edilmiştir.

### 3. TEKTONİK

İnceleme alanında yer alan magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaların tektonik açıdan çok kompleks bir yapı sunması Prekambriyen'den bu yana bölgede oluşan tektonik olayların çok çeşitli olmsındandır. Bu yüzden saha gözlemlerinde faylanmalar, kıvrımlanmalar, parçalanmalar ve aşınmaların bugünkü konumuna bakarak kesin bir bilgi sunmak oldukça güçtür. Eski bir tektonik olayla oluşmuş yapı, bir sonraki tektonizmaya bozulmuş veya tamamen kaybolmuş olabilir. Bölgedeki yapısal jeoloji açısından yapılan gözlemleri makroskobik ve mikroskobik olarak ikiye ayırmak mümkündür. İran jeolojisinin en karmaşık bölgelerinden birini oluşturması bakımından bu bölgedeki tektoniği genel hatlarıyla belirtmek gerekir. Bu bölge İran'da görülen 4 tektonik kuşağın etkisinde kalmıştır. Bu tektonik birlikler; Türkiye sınırına yakın bir konumdaki Hoy-Mahabad tektonik kuşağı, bu sınırdan başlayarak KB-GD istikametinde etkileri görülen Sanandaj-Sircan tektonik kuşağı, Hazar Denizinin batısından başlayarak Türkiye sınırına kadar uzanan Alborz-Azerbaycan tektonik kuşağı ve merkezi zonlarda etkisi görülen merkezi İran tektonik kuşaklarıdır (Şekil-3). Serrow bölgesi özellikle ilk üç tektonik kuşağının etkisinde kalmıştır (26).

#### 3.1. Faylar

İnceleme alanında başlıca iki grup fayın olduğu söylenebilir. Bunlardan önemli bir kısmı KD-GB yönündedir. İkinci grup faylar ise daha çok K-G doğrultudur (Şekil-2).

##### 3.1.1. Urmiye Fayı

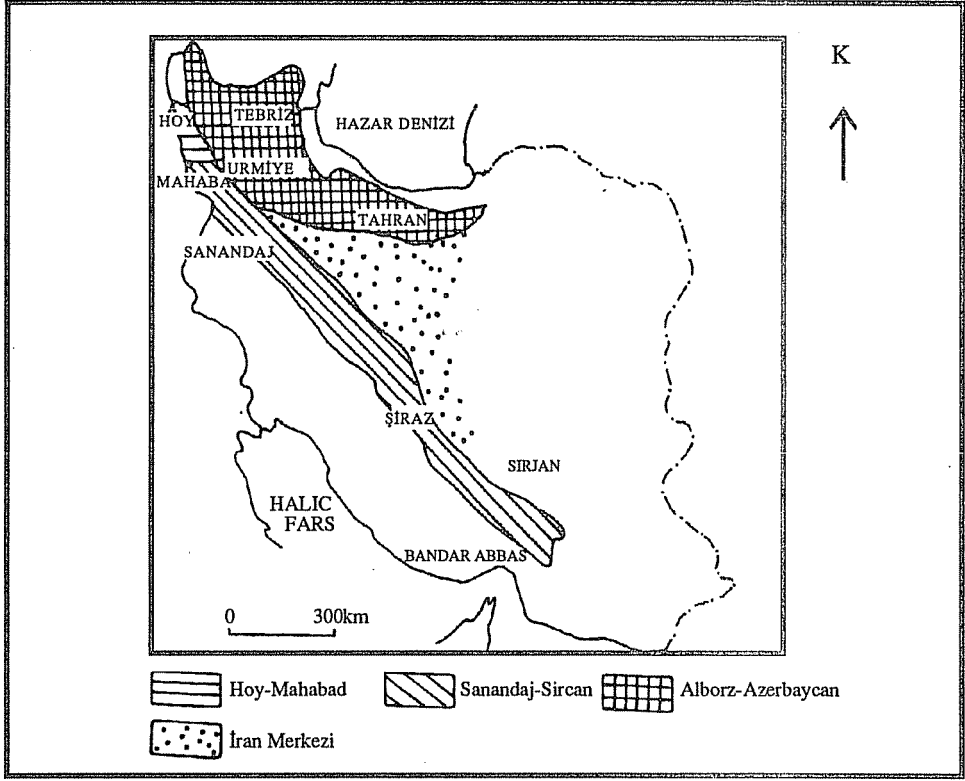
Urmiye fayı veya diğer adıyla Zerrinevud fayı I.J.K. etüdlerine göre Tebriz fayının uzantısıdır. Bu fay Maku'dan güneye doğru devam ederek Urmiye gölünün batısında Zerrinerud'a kadar devam eder. Bu fay üstirastan Üst kretase'ye kadar kalın tortullar, şistler ve volkanik malzemeyle dolmuştur. Doğu kesim ise çökme sonucu derin denize dönüşmüştür. Şahrabi (27) C<sup>14</sup> izotoplarına dayanarak Urmiye gölünün yaşını radyometrik olarak 6500-8500 yıl aralığında oluştuğunu belirtmiştir.

##### 3.1.2. Bohle Fayı

Bohle fayı Bohle köyünün kuzeybatısından geçer ve yaklaşık 9 km devam eder. Fayın doğrultusu K35D'dur. Bu fay 200 m sağ yan atımlı olmasına rağmen bazı yerlerde düşey doğrultuda ötelenme gösterir.



SERROW, URMIYE BÖLGESİNDE YERALAN MAGMATİK VE  
METAMORFİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ VE PETROLOJİSİ



Şekil 3. İnceleme alanının önemli ölçüde etkilendiği İran'ın belli başlı tektonik kuşakları (26).

### 3.1.3. Kuşçi Fayı

Kuşçi rampasının doğusunda Urmiye-Selmas karayolunun paralelinde ve yaklaşık 4 km uzunluğunda devam eder. Genel doğrultusu K45D olup, Permien birimlerinin metamorfik birimler üzerinde bulunması bu fay eğiminin doğuya doğru meyilli olduğunu gösterir.

### 3.1.4. Gevlan Fayı

Gulonji ve Gevlan köylerinin yanından geçtiği için bu ismi almıştır. Bu fayın uzunluğu 6 km kadar olup, genel doğrultusu K-G'dir. Bu fay Prekambriyen yaşlı kuvarsitleri açık bir şekilde kesmesi bakımından öncelilerden daha gençtir.

### 3.1.5. Gülanık Fayı

Bu fay Bohle köyünün kuzeyinden başlar ve Aşağı Küre köyünün kuzeybatısına kadar devam eder. Eğimi dike yakındır. Kayma miktarı 300 m'yi bulur. Normal veya

ters fay olduğu pek belli değildir. Bu fayın sokulum yaparak yerleşmiş bir kaç volkanik kayaç grubuyla ilgili olduğu sanılmaktadır.

### 3.1.6. Kahriz Fayı

Kahriz köyünün batısında yer alır ve 23 km uzunluğundadır. K70D istikametindeki bu fay boyunca KB'dan GD'ya doğru Keher ve Kum formasyonlarının tekrarlanması ters fay olduğunu gösterir.

### 3.2. Kıvrımlar

İnceleme alanındaki kıvrımlar makroskobik ve mikroskobik olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Makroskobik kıvrımlar daha çok sedimanter orijinli kayaçlarda görülürken, mikroskobik kıvrımlar ise magmatik ve metamorfik kayaçlarda görülür. Makroskobik kıvrımlar Kehriz ve Mişik köylerinin güney ve güneybatı sınırında, kuzeyde Urmiye-Serrow karayolunun güney sınırında, Gevlan köyü yakınında, Kuşçi askeriyesi ve rampasında izlenmektedir. Burada tortul birimleri Prekambriyen öncesi ve Paleozoyik ve Senozoyik olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. Metamorfizma derecesi ve kıvrımlanma bu iki grupta oldukça farklıdır. Infrakambriyen-Paleozoyik'de kıvrımlanmış kayaçlarda şiddet oldukça yüksektir. Antiklinal ve senklinaler yoğun tektonizma sebebiyle kapalı hale gelerek izoklinal kıvrımlar oluşmuştur. Oysa Senozoyik yaşlı kıvrımların şiddeti daha düşüktür. Görülen antiklinal, senklinal ve manoklinal yapılarının eğimi az ve oldukça dengelidir.

Paleozoyik ve Mesozoyik dağ oluşum fazlarının şiddetli faaliyetleri birinci grubu oluşturan tortul kayaçların başkalaşmasına sebep olmuştur. Buna karşılık Senozoyik dağ oluşum fazları bu yaştaki tortul birimler üzerinde az etkili olmuştur. Bu kayaçlar üzerindeki kıvrım şiddetinin az etkili olmasının sebebi muhtemelen granit, granodiyorit gibi sokulumların kıta içerisine Eosen ve Oligosen'de sızması ve bu kayaçların temelini sertleştirmesinden kaynaklanmaktadır.

## 4. JEOKİMYASAL İNCELEMELER

İnceleme alanında yüzeylenme gösteren kayaçlardan bol miktarda örnekler toplanmıştır. Özellikle kimyasal analize yönelik toplanan örneklerin ayrışmamış ve taze olmalarına dikkat edilmiştir. Magmatik ve metamorfik kayaçlardan toplanan 25 adet örneğin Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Mineraloji-Petrografi laboratuvarında (MİPSAL) ana ve iz element kimyasal analizleri yapılmıştır (Tablo-1). Elde edilen değerler bazı diyagramlarda incelenerek kökensel yorumlar yapılmıştır.

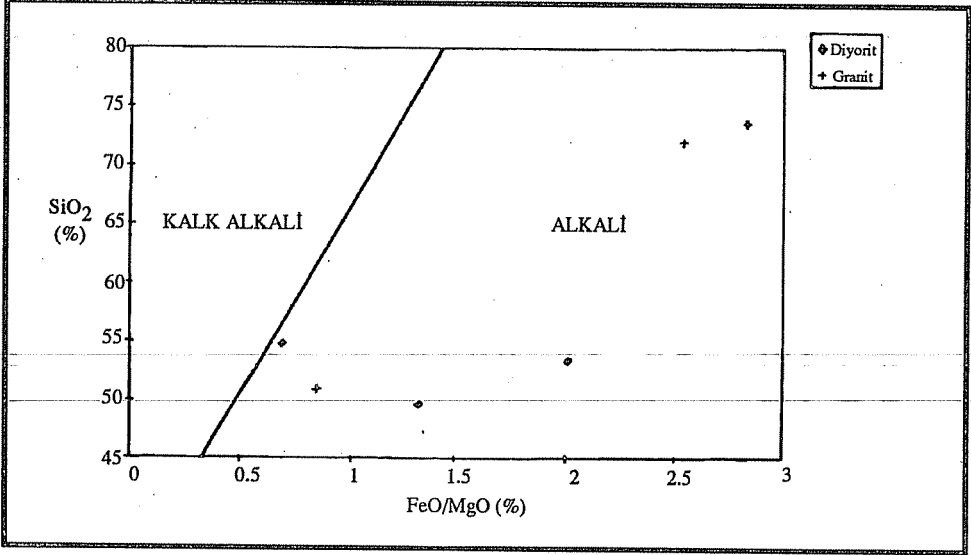
### 4.1. Miyashiro (1974) Diyagramı

Bölgemiz magmatik kayaçları (granit+diyorit) temsil eden 6 örneğin Miyashiro (28) diyagramına yerleştirildiğinde (Şekil-4) örneklerin hemen hepsinin alkali bölgede

Tablo 1. İnceleme alanında yüzeyleyen magmatik ve metamorfik kayaçların ana ve iz element kimyasal analiz sonuçları (analizler Ç.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır).

| Kayaç Adı                       | Öm.No. | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MnO  | MgO   | CaO   | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | AK Toplam | Cr     | Ni   | Co  | Cu | Pb  | Zn | Rb  | Ba  | Sr   | Ga  | Nb | Zr | Y   | Tb  |     |
|---------------------------------|--------|------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------|-------|-------|-------------------|------------------|-------------------------------|-----------|--------|------|-----|----|-----|----|-----|-----|------|-----|----|----|-----|-----|-----|
| Gnays                           | 1      | 74.78            | 13.85                          | 0.16             | 1.59                           | 0.03 | 0.42  | 0.37  | 3.48              | 5.01             | 0.13                          | 0.39      | 100.21 | 673  | 330 | 5  | 15  | 22 | 67  | 168 | 735  | 36  | 24 | 14 | 171 | 58  | 10  |
| Gnays                           | 2      | 74.90            | 14.13                          | 0.09             | 1.74                           | 0.02 | 0.35  | 0.42  | 4.38              | 4.74             | 0.03                          | 0.03      | 100.83 | 737  | 365 | 6  | 17  | 18 | 45  | 190 | 125  | 33  | 28 | 24 | 235 | 106 | 19  |
| Amfibol                         | 3      | 42.67            | 9.46                           | 7.45             | 18.47                          | 0.23 | 5.08  | 10.93 | 1.75              | 0.28             | 2.79                          | 0.78      | 99.89  | 397  | 49  | 64 | 23  | 5  | 97  | 19  | nd   | 67  | 14 | 6  | 101 | 23  | nd  |
| Turnatini kuvarsit              | 4      | 74.38            | 12.08                          | 0.27             | 6.04                           | 0.03 | 1.75  | 1.57  | 2.69              | 0.21             | 0.06                          | 0.95      | 100.03 | 1154 | 463 | 21 | 19  | 3  | 55  | 26  | 23   | 192 | 31 | 4  | 117 | 5   | 1   |
| Gnays                           | 5      | 75.57            | 13.24                          | 0.29             | 0.64                           | 0.02 | 0.35  | 1.25  | 7.15              | 0.08             | 0.14                          | 0.01      | 98.74  | 1145 | 595 | 1  | 26  | 7  | 43  | 20  | 19   | 190 | 16 | 12 | 204 | 26  | 5   |
| Amfibol şist                    | 6      | 51.03            | 12.99                          | 1.53             | 11.63                          | 0.18 | 7.05  | 9.66  | 3.31              | 0.77             | 0.31                          | 0.71      | 98.17  | 683  | 170 | 41 | 40  | 3  | 88  | 47  | 94   | 131 | 16 | 5  | 132 | 23  | nd  |
| Amfibol şist                    | 7      | 50.57            | 13.91                          | 1.17             | 11.08                          | 0.18 | 8.04  | 9.83  | 1.84              | 0.68             | 0.13                          | 1.68      | 99.11  | 602  | 210 | 39 | 20  | 5  | 95  | 27  | 120  | 109 | 16 | 4  | 65  | 13  | 0.2 |
| Gnays                           | 8I     | 74.16            | 14.00                          | 0.47             | 1.79                           | 0.02 | 0.41  | 3.56  | 5.18              | 0.24             | 0.17                          | 0.32      | 100.32 | 761  | 306 | 6  | 22  | 11 | 46  | 25  | 43   | 335 | 25 | 15 | 284 | 34  | 11  |
| Amfibol                         | 8B     | 54.39            | 14.48                          | 0.58             | 8.96                           | 0.16 | 6.62  | 11.97 | 0.98              | 0.05             | 0.03                          | 0.58      | 99.80  | 982  | 283 | 32 | 82  | 5  | 72  | 17  | nd   | 85  | 15 | 2  | 20  | 5   | nd  |
| Kuvarsit diyorit                | 9A     | 53.31            | 16.15                          | 0.68             | 8.99                           | 0.15 | 4.47  | 8.35  | 3.13              | 0.96             | 0.13                          | 2.29      | 98.61  | 1031 | 342 | 32 | 31  | 7  | 92  | 31  | 132  | 178 | 18 | 5  | 49  | 14  | nd  |
| Diyorit                         | 9C     | 54.70            | 14.40                          | 0.26             | 6.38                           | 0.13 | 9.22  | 12.17 | 1.59              | 0.05             | 0.04                          | 0.74      | 99.68  | 1141 | 334 | 22 | 43  | 4  | 69  | 18  | 10   | 102 | 16 | 3  | 19  | 4   | nd  |
| Amfibol şist                    | 10     | 52.03            | 13.81                          | 1.45             | 10.11                          | 0.19 | 6.26  | 8.50  | 3.72              | 0.62             | 0.21                          | 1.88      | 98.78  | 553  | 177 | 35 | 51  | 5  | 91  | 31  | 75   | 196 | 17 | 11 | 94  | 19  | 2   |
| Muskovit, biyotit, kuvars şist  | 10A    | 70.06            | 14.92                          | 0.44             | 3.70                           | 0.05 | 1.31  | 1.53  | 3.35              | 4.59             | 0.13                          | 0.67      | 100.75 | 935  | 406 | 13 | 22  | 22 | 70  | 134 | 1219 | 128 | 21 | 9  | 208 | 42  | 8   |
| Epitakt serisit, albüminit şist | 10X    | 46.08            | 13.66                          | 4.36             | 14.57                          | 0.18 | 4.24  | 10.86 | 2.70              | 0.48             | 1.66                          | 0.59      | 99.08  | 182  | nd  | 51 | 330 | 11 | 127 | 20  | 84   | 300 | 16 | 12 | 46  | 13  | nd  |
| Epitakt serisit, albüminit şist | 11     | 75.24            | 13.71                          | 0.04             | 1.17                           | 0.02 | 0.52  | 0.56  | 3.56              | 5.26             | 0.05                          | 0.60      | 100.73 | 780  | 363 | 3  | 52  | 27 | 46  | 138 | 151  | 49  | 18 | 5  | 78  | 53  | 8   |
| Muskovit, kuvarsit şist         | 11A    | 67.61            | 16.18                          | 0.41             | 3.69                           | 0.05 | 1.40  | 1.19  | 3.47              | 4.57             | 0.14                          | 1.65      | 100.36 | 657  | 298 | 13 | 33  | 21 | 61  | 141 | 771  | 94  | 23 | 11 | 181 | 49  | 8   |
| Aktinolit                       | 11B    | 41.37            | 12.75                          | 0.76             | 12.40                          | 0.18 | 19.12 | 7.65  | 1.24              | 0.12             | 0.07                          | 3.99      | 99.65  | 1814 | 767 | 44 | 5   | 2  | 80  | 17  | nd   | 17  | 15 | 2  | 29  | 11  | nd  |
| Kalsitlişek granit              | 11C    | 50.80            | 15.22                          | 0.70             | 8.51                           | 0.15 | 9.05  | 8.86  | 1.15              | 2.89             | 0.07                          | 1.30      | 98.70  | 698  | 272 | 30 | 38  | 8  | 93  | 105 | 140  | 93  | 14 | 2  | 46  | 23  | nd  |
| Muskovit, kuvarsit şist         | 13A    | 72.03            | 14.41                          | 0.24             | 2.82                           | 0.04 | 1.11  | 1.15  | 3.28              | 5.28             | 0.06                          | 0.28      | 100.70 | 804  | 367 | 9  | 19  | 15 | 56  | 175 | 342  | 53  | 25 | 22 | 245 | 80  | 18  |
| Kalsitlişek granit              | 13B    | 59.25            | 13.71                          | 1.93             | 10.40                          | 0.13 | 2.77  | 5.24  | 3.57              | 2.50             | 0.21                          | 1.01      | 98.72  | 680  | 187 | 37 | 25  | 12 | 83  | 69  | 327  | 153 | 19 | 17 | 188 | 31  | 3   |
| Mean diyorit                    | 14     | 73.70            | 14.85                          | 0.05             | 1.72                           | 0.02 | 0.41  | 0.51  | 3.55              | 5.38             | 0.05                          | 0.46      | 100.70 | 814  | 395 | 5  | 20  | 32 | 46  | 225 | 11   | 18  | 24 | 9  | 72  | 72  | 12  |
| Kalsitlişek granit              | 16     | 49.49            | 13.03                          | 1.38             | 10.38                          | 0.16 | 7.75  | 10.27 | 2.32              | 1.07             | 0.18                          | 2.65      | 98.68  | 515  | 93  | 36 | 405 | 14 | 116 | 42  | 143  | 192 | 16 | 7  | 84  | 14  | 01  |
| Mean diyorit                    | 16A    | 54.18            | 13.48                          | 1.41             | 10.30                          | 0.16 | 5.26  | 7.55  | 3.98              | 1.04             | 0.20                          | 1.59      | 99.15  | 811  | 263 | 36 | 77  | 13 | 85  | 37  | 127  | 175 | 17 | 11 | 127 | 20  | 0.5 |
| Amfibol şist                    | 17     | 73.30            | 14.07                          | 0.30             | 2.19                           | 0.03 | 0.66  | 0.77  | 3.21              | 5.20             | 0.06                          | 0.79      | 100.38 | 805  | 392 | 7  | 19  | 16 | 55  | 137 | 704  | 61  | 23 | 19 | 302 | 57  | 21  |

yeraldıkları görülür. Her ne kadar analiz sayısı az ise de fazla sayıda örnekte bile bu durumun fazla değişmeyeceği söylenebilir.



Şekil 4. İnceleme alanına ait granit ve diyoritlerin Miyashiro (28) diyagramlarındaki durumu.

#### 4.2. Rb-SiO<sub>2</sub>

Pearce (29)'in volkanik yay granitoidi (VAG) ve çarpışma granitoidi (Syn-COLG) ayırımında kullanılan diyagramda görüldüğü gibi bölgemiz kayaçlarına ait örneklerin hepsi volkanik yay granitoidleri (VAG) bölgesinde toplanmışlardır (Şekil-5).

#### 4.3. Nb-SiO<sub>2</sub> diyagramı

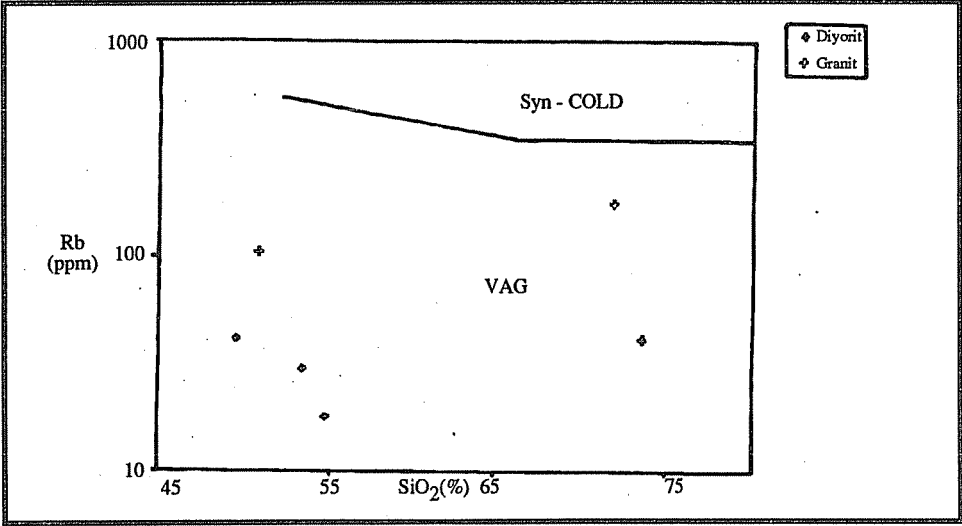
Pearce ve diğ.(29)'nin tektonik ortam belirleme diyagramında inceleme alanına ait granitoid kayaçlarını temsil eden noktaların yerleştirildiğinde, biri haricinde tüm örneklerin VAG-COLG-ORG bölgesinde yeraldıkları görülür (Şekil-6).

#### 3.4. Rb-(Y+Nb) diyagramı

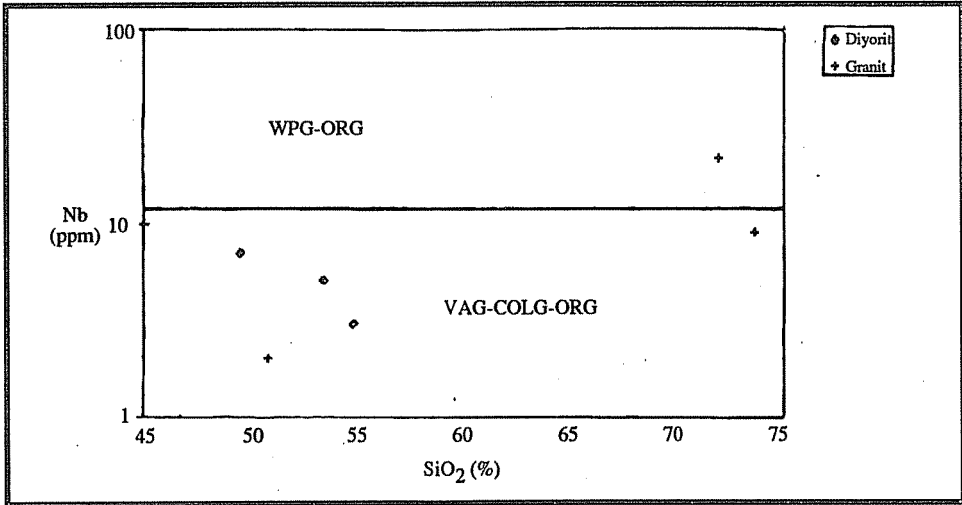
İnceleme bölgemize ait granitoid ve diyoritlerin tektonik ortam belirleyici diyagramlarından Rb-(Y+Nb) diyagramına da yerleştirildiğinde (Şekil-7) biri haricinde tüm örneklerin volkanik yay (VAG) bölgesinde yeraldıkları görülmektedir.

#### 4.5. C-AL-ALK ve Al-S-F diyagramları

Osann(30)'ın geliştirmiş olduğu bu diyagramlar bölgemizde yaygın yüzeylenme gösteren gnaysların ve amfibolit-amfibol şist gibi metamorfik kayaçların kökenlerinin

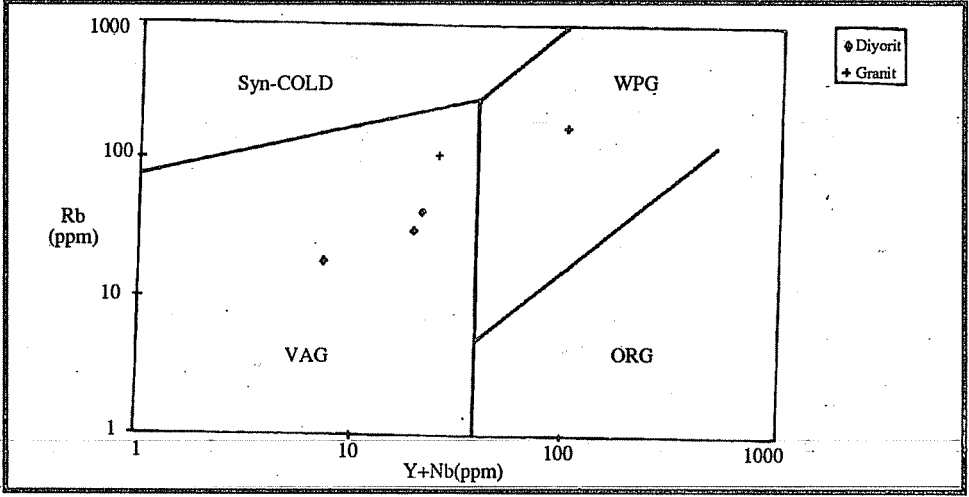


Şekil 5. Silvana karmaşığına ait magmatik serisi kayaçlarının Rb-SiO<sub>2</sub> diyagramındaki dağılımı (29).

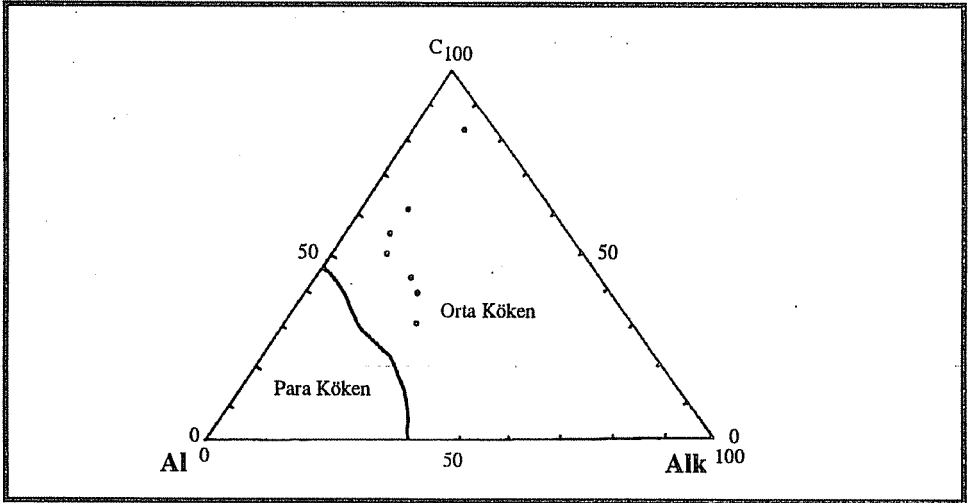


Şekil 6. İnceleme alanına ait granit ve diyorit örneklerinin Pearch ve diğ. (29) diyagramındaki dağılımları.

belirlenmesinde kullanılmıştır. İnceleme alanındaki amfibol ve amfibol şist kayaçlarına ait örnekler ayrı ayrı C-AL-ALK ve Al-S-F diyagramlarına yerleştirildiklerinde tüm örneklerin orta köken bölgesinde toplandıkları görülür (Şekil-8-9). Aynı şekilde bölgemiz gnayslarına ait örneklerin yine ayrı ayrı bu diyagramlara yerleştirildiğinde



Şekil 7. İnceleme alanına ait granit ve diyorit örneklerinin Rb-(Y+Nb) diyagramındaki dağılımı.



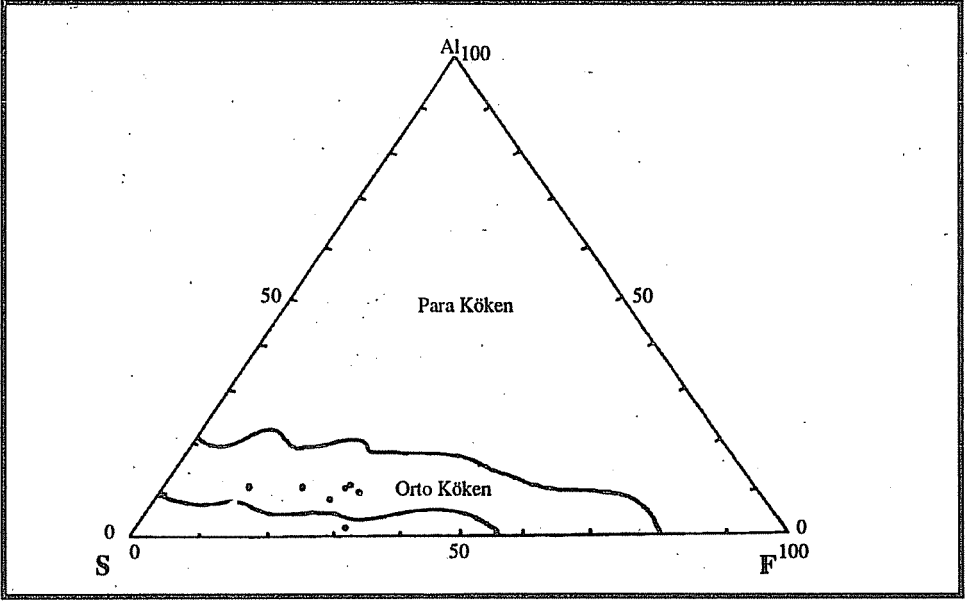
Şekil 8. İnceleme alanına ait amfibolit-amfibol şistlerin C-AL-ALK diyagramındaki yerleri.

(Şekil-10-11) Al-S-F diyagramındaki iki örneğin dışında tüm örneklerin her iki diyagramında da yine orta köken alanında toplanmış oldukları görülür.

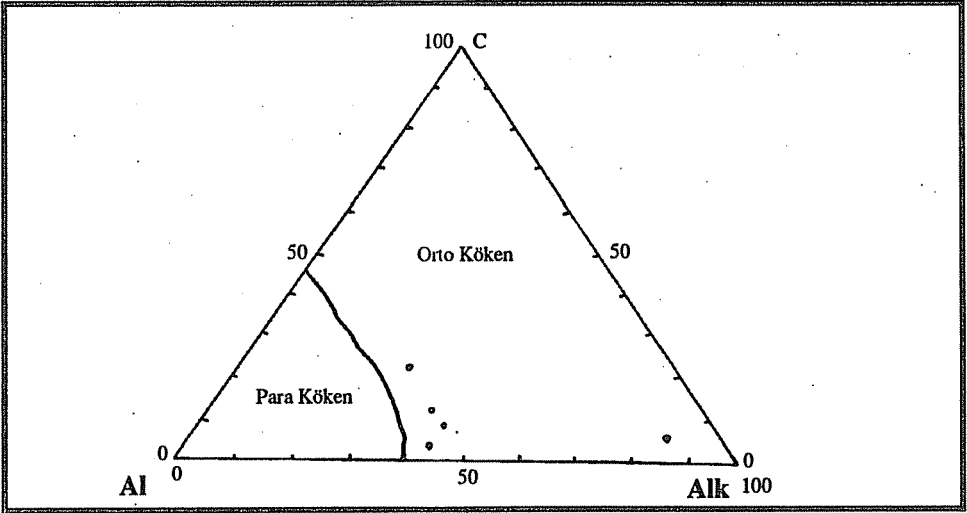
## 5. SONUÇLAR

Türkiye'nin doğusunda ve hemen yakın sınırında (İran) bulunan inceleme alanı (Serrow)'unda yüzeylenme gösteren kayalar detaylı bir şekilde incelenmiştir.

SERROW, URMIYE BÖLGESİNDE YERELAN MAGMATİK VE METAMORFİK KAYAÇLARIN PETROGRAFİSİ VE PETROLOJİSİ

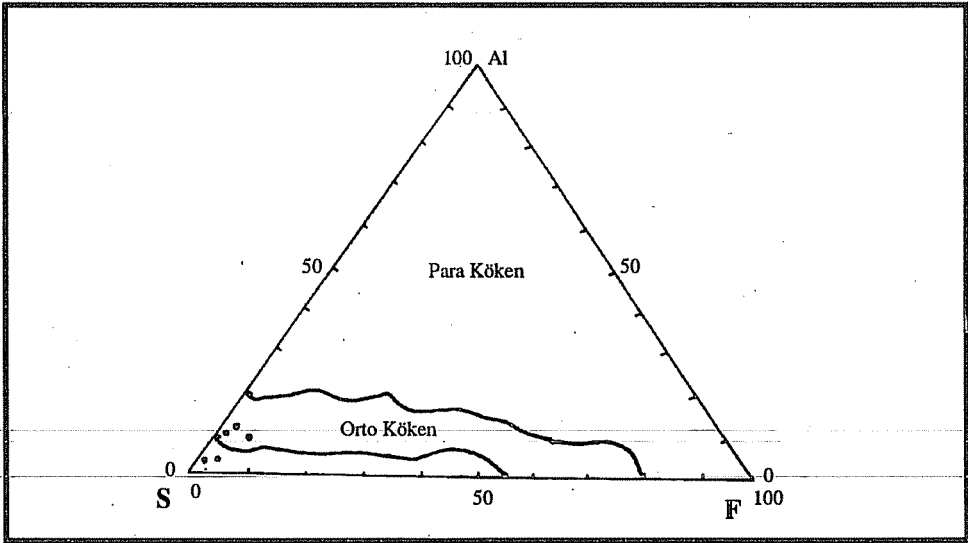


Şekil 9. İnceleme alanına ait amfibol-amfibol şistlerin Al-S-F diyagramındaki durumu.



Şekil 10. İnceleme alanındaki gnaysların C-AL-ALK üçgen diyagramındaki dağılımı.

Petrografik özellikleri, jeotektonik konumları, metamorfik kayaçların ilksel konumu ve bölgenin maden olanakları araştırılmıştır. Oldukça kompleks bir yapı sunan bu bölgenin jeoloji haritası çıkarılmış ve önemli kırık hatları belirlenmiştir.



Şekil 11. Gnaysların Al-S-F üçgen diyagramındaki durumu.

Yapılan çalışmaların ışığı altında bölgedeki kayaçlarının Türkiye'de Yüksekova karmaşığı ile benzerlik gösterdiği ve magmatik kayaçların volkanik yay ürünü oldukları ortaya konulmuştur. Gnays-amfibolit ve amfiböl şist gibi metamorfik kayaçların yaklaşık büyük bir bölümünün magmatik kökenli (orta köken) oldukları tespit edilmiştir. Metalik maden olanakları, sözkonusu bölgenin yeterince incelenemediğinden tam olarak saptanamamıştır. Ancak mermer ve kırmataş için önemli bir potansiyel oluşturan bu bölgede daha ayrıntılı çalışmaların yapılması gereklidir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Gansser, A., *New Aspect at the Geology in Central Iran.*, Proceeding, 414. World Petroleum Congress. Rome, Section IIA/5, pp 280-300, Rome, 1955.
2. Abaie, J., *History and Development of the Abery and Sarajeh Fields of Central Iran.* Iran Petrol. Inst. Bull. No, 15, pp 561-574, Iran, 1964.
3. Buzurgnia, F., *Qum Formation Stratigraphy of the Central Basin of Iran and Its Intercontinental Position.* Bulletin of the Iranian Petroleum Institute 24, pp 69-75, Iran, 1966.
4. Shtocline, J., *Iran Esentral, Septentrional at Oriental. Lérique Stratigraphique International, 111 Fascicule gb, Iran, pp.1-283, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 1972.*
5. Tahrani, H., *Prekambriyen ve Paleozoik Stratigrafisi, Tahrán Üniv. Yayını No 1868, Tahrán, 1985.*
6. Hakipoor, E. ve Nebati, E., *Serrow Bölgesinin 1.250.000'lik Jeoloji Haritası, Rapor*



no; A3, S.58, Tahran, 1988.

7. Nebati,E. ve Hakipoor,E., *Urmiye Prekambrieni, İran Jeolojisi Kitabı*, Tahran Üniv. yayını, s.276-278, Tahran,1988.

8. Perinçek,D., *Palu-Karabegan-Elazığ-Sivrice-Malatya Alanının Jeolojisi ve Petrol İmkanları*, TPAO Arşivi Rap.No 1361, (Yayınlanmamış), Ankara, 1979.

9. Perinçek,D., *The geology of Hazro - Korudağ - Cüngüş - Maden - Ergani - Hazar - Elazığ - Malatya Area. Guide Book. Türkiye Jeol.Kur.Yayımları 33*, Ankara,1979.

10. Perinçek,D., *Bitlis Metamorfitlerinde Volkanitli Triyas*, *Türkiye Jeol.Kur.Bült. C.23, Sayı 2*, S.202-218 Ankara, 1980.

11. Perinçek,D. ve Özkaya,İ., *Arabistan Kutası Kuzey Kenarının Tektonik Evrimi*, *Yerbilimleri 89*, s. 91-10, Ankara,1981.

12. Hempton,M.R. ve Savcı,G., *Elazığ Volkanik Karmaşığının Petrolojik ve Yapısal Özellikleri*, *Türkiye Jeol.Kur.Bült. Cilt 25, Sayı 2.*, s.143-150, Ankara, 1982.

13. Yazgan,E., *A Geotraverse Between the Arabian Platforme and the Munzur Nappes. Int. Symp. on the Geology of the Taurus Belt. Field Guide Book Exeursiony. Ankara, 1983.*

14. Yazgan,E., *Geodynamic Evolution of the Eastern Taurus Region Int. Symp. the Geology of the Taurus Belt.*, *Bildiriler*, 199-208, Ankara, 1984.

15. Yazgan,E., *Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Malatya i-27. MTA Genel Müdürlüğü Jeolojisi Etüd Dairesi*, Ankara,1985.

16. Perinçek,D. ve Kozlu,H., *Stratigraphy and Structural Region of the Unit in the Afşin-Elbistan-Doğuşehir Region (Eastern) Taurus. Geology of Taurus Belt. Int.Symp. Proc. Eds. Tekeli, O. and Görcüoğlu, M.C.*, p.181-198, Ankara, 1984.

17. Bingöl,A.F., *Elazığ-Pertek-Kovancılar Arası Volkanik Kayaçlarının Petrografik ve Petrolojik İncelemesi. F.Ü. Fen Fak.Derg.*, Elazığ, 1982.

18. Bingöl,A.F., *Geology of the Elazığ area. In the Eastern Taurus Region. Int.Symp. on the Geology of the Taurus Belt. Bildiriler*, 209-216, Ankara, 1984.

19. Bingöl,A.F., *Petrographical an Petrological Features of Intrusive Rocks of Yüksekova Kompleks in the Elazığ Region Eastern Taurus-Turkey Jour. F.Ü. 3/2. p. 1-17, Elazığ*, 1988.

20. Aydoğdu,S., *Yitim Zonlarındaki Magmatizma, Yüksek Lisans Semineri*, F.Ü., *Fen Bil.Ens. 38s.* (yayınlanmamış) Elazığ, 1991.

21. Aksoy,E., *Van Şehri Doğu-Kuzeydoğu Yöresinin Stratigrafisi*, *Ahmet Acar Jeoloji Semp.*, Ç.Ü. Müh.Mim.Fak., s.1-10. Adana, 1991.

22. Turan,M. ve Bingöl, A.F., *Kovancılar-Baskil-Elazığ Arası Bölgesinin Tektono - Stratigrafik Özellikleri*, *Ahmet Acar Jeoloji Semp.*, Ç.Ü.Müh.Mim.Fak., s.213-227, Adana, 1991.

23. Akgül,B., *Piran Köyü (Keban) Çevresindeki Magmatik Kayaçların Petrografik ve Petrolojik Özellikleri*, *Doktora tezi* (yayınlanmamış) F.Ü.Fen Bil.Ens., 125 s. Elazığ, 1993.

24. Erdem,E., Pötürge (Malatya) Metamorfiklerinin Petrografik ve Petrolojik Özellikleri, F.Ü.Fen Bil.Ens. Doktora Tezi, 119 s.(yayınlanmamış) Elazığ, 1994.
25. Önal,A., Polat-Begre (Doğuşehir) Çevresindeki Magmatik Kayaçların Petrografik ve Petrolojik Özellikleri, F.Ü. Fen Bil. Ens., Doktora Tezi 159 s. (yayınlanmamış) Elazığ,1995.
26. Turabi İJK (İran Jeoloji Kurumu), Serrow Bölgesi Jeolojisi, Yayın No A3, Tahran,1988.
27. Şahrabi,M., Holocene Lacustrine Facies and Climatic Cycles in the Hypersalin Urmıye Lake Basin, North West İnan, DİP. Arb. Ander. Abt. Fur Naturwiese, Eid., Tech., Hoch. (ETH) Zurich, 76 pp.,1981,
28. Miyashiro,A., Volcanic Rock Series in Island Areas and Active Continental Margins. Am. Jur. Sci., 274, 321-355,1974.
29. Pearch,J.A., Harris,N.W. ve Tınle,A.G., Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. J. Petrol, 25 pp., 956-983, 1984.
30. Osann in Aslaner, Metamorfik Petrografi Ders Notu, K.T.Ü., Trabzon, 1970.

**YERALTI METAL MADEN İŞLETMELERİNDE  
VERİMLİLİK VE RASYONALİZASYON****M.Suat DELİBALTA***Ç.Ü. Adana Meslek Yüksekokulu, Maden Programı, Adana / Türkiye*

**ÖZET :** *Ulusal kalkınmanın en önemli faktörlerinden biri de yüksek verimliliktir. Verimlilik; optimum bir üretimin gerçekleştirilmesi ile kaynakların en iyi şekilde değerlendirilmesidir. Batılı ülkeler çağdaş üretim tekniklerini kullanarak başarıya ulaşmışlardır. Ulusal ve uluslararası piyasalarda rekabet yeteneğinin artırılması ise ancak uygulanan rasyonalizasyon tedbirlerinin amaç ve başarısına bağlıdır.*

**PRODUCTIVITY AND RATIONALIZATION IN UNDERGROUND  
METALLIC MINING**

**ABSTRACT :** *Productivity is one of the most important factors of national development. Productivity is the best assesment of the resources which are obtained by optimum production. Western countries have succeeded using modern production techniques. The increase of competition capability in the national and international markets depends on the objective and success of applied rationalization precaution.*

## 1. GİRİŞ

Günümüzde gereksinimlerin sonsuz, ancak kaynakların sınırlı olması, bu kaynakların etkin ve verimli kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Kısıtlı kaynaklarını etkin biçimde kullanamayan ülkeler, uluslararası kalkınma yarışında geri kalmaktadır (1).

Ulusal refahın artırılmasında en önemli faktörlerden biri de verimliliktir. Verimlilik; daha düşük maliyetlerle üretim yaparak, yüksek kaliteli ürünlerle dünya piyasalarında rekabet şansını artırmaktır. Ayrıca uzun vadede verimlilik; yeni iş alanlarının yaratılmasına, enflasyonist baskıların azaltılmasına, adil gelir dağılımına, çevre korumaya ve işgüvenliğinin artırılmasına kadar bir dizi olumlu faydalar da sağlamaktadır. Ulusal ve uluslararası alanda rekabet yeteneğinin artırılması ise uygulanan rasyonalizasyon, tedbirlerinin amaç ve başarısına bağlıdır.

Bu çalışmada; madencilik sektörümüzün dünya piyasalarında rekabet edebilmesi ve ülke ekonomisine daha fazla katma değer sağlayabilmesi maksadıyla " Yeraltı metal maden işletmelerinde verimlilik ve rasyonalizasyon " konusu ele alınarak araştırılmıştır.

## 2. METAL MADEN İŞLETMELERİNDE VERİMLİLİK

### 2.1. Ön Bilgiler

Verimlilik kavramının ilk ortaya çıkışı bu yüzyıl başlarında Frederic Taylor'ın çalışmaları dönemine rastlamaktadır. Önceden bir işçinin daha fazla üretim yapabilmesi için, ya daha uzun saatler ya da daha sıkı çalışması gerektiğine inanılırdı. Taylor ise fazla çalışmaktan çok, işin yapılış şeklini değiştirerek toplam üretim miktarının artırılabileceğini iddia etmiştir. Taylor ile birlikte ortaya çıkan verimlilik daha çok İngilizce'deki "efficiency" (etkinlik) kavramının karşılığıdır.

1970'li yıllarının başında verimlilik kavramında önemli değişim yaşanmaya başlanmış, Taylor'cu verimlilik anlayışı özellikle maliyetlerin aşağı çekilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak dünya genelinde yaşanan değişimler, sadece maliyetleri azaltarak verimlilik artışı sağlamanın yeterli olmadığını ortaya çıkarmıştır. Organizasyonel etkinlik önem kazanmıştır. Organizasyonel etkinlik ve verimlilik faktörlerinin bir arada ele alınması ise; İngilizcede "productivity" (üretkenlik, verimlilik) olarak geçen yeni bir anlayışın doğmasına yol açmıştır.

Verimlilik anlayışındaki bu değişikliğin meydana gelmesinde, organizasyonel etkinliği artırmayı amaçlayan yeni tekniklerin de rolü olmuştur. Bunların başında Toplam Kalite Yönetimi (TKY) gelmektedir. TKY'de verimlilik, yapılan işin katma değer yaratıp yaratmadığı açısından incelenir.

Just in Time-JIT (Tam Zamanında Üretim Sistemi) ise, " işin ne zaman yapılması " gerektiğini düzenleyerek verimliliğe yeni bir boyut getirmiştir. Verimlilik kavramının değişmesinde rol oynayan bir diğer yönetim anlayışı ise " yalın üretim sistemi"dir.

21. yüzyıla girerken verimlilik çalışmalarının odak noktası, bilgi işçiliği ve hizmet sektörünün verimliliğine kaymaktadır. Bilgi ve yaratıcılığın girdisinin fazlaştığı yeni bir üretim düzeninde, verimliliği ölçmek ve araştırmak ise bir hayli zorlaşmaktadır (2).

## 2.2. Verimlilik

Verimlilik; kısıtlı kaynakları akılcı bir biçimde kullanarak en etkili sonuçları alabilmek yönünde gösterilen çabaların tümü olarak ifade edilir. Daha bilimsel bir ifadeyle verimlilik, mümkün olduğu kadar az girdi ile çok çıktı elde etmek ve bunların oranı olarak tanımlanır. Fakat çıktının kalitesi kötü olursa, buna verimli üretim diyemeyiz. O halde verimlilik hem üreticinin hem de tüketicinin önemli sorumluluklarının olduğu bir sistemi yansıtmaktadır. Verimli olabilmek için hem doğru işi yapmamız hem de en doğru şekilde yapmamız gerekmektedir.

Verimlilik kavramı ne ekonomikle ne de karlılıkla eşanlamlıdır. Ekonomiklik, ticari sonuç ile üretim faaliyetleri arasındaki pozitif bir ilişkiyi tanımlar. Karlılık ise, dönem başarısının diğer büyüklüklere oranını gösterir (toplam sermaye karlılığı, satıştan elde edilen karlılık gibi).

Verimlilik tanım değerleri, literatürde kısmen farklı şekillerde ifade edilebilir. Tanım değerinin bir ayrımı, ortak alınmış üretim faktörlerinin kapsamına göre mümkündür (toplam verimlilik, kısmi verimlilik gibi). İşletme ve iktisat bilim dallarında ise kısmi verimlilik; ortak belirlenmiş üretim faktörlerinin türüne göre tanımlanabilir (işgücü, makina, teknik ve sermaye verimliliği gibi) (3). Bunlar eşitlik olarak;

- Parasal İşgücü Verimliliği(TL) = Brüt Katma Değer / Çalışan Kişi Sayısı
- Parasal Sermaye Verimliliği(TL) = Brüt Katma Değer / Net Aktif Toplamı
- Fiziksel İşgücü Verimliliği = Üretim Miktarı / Çalışan Kişi Sayısı

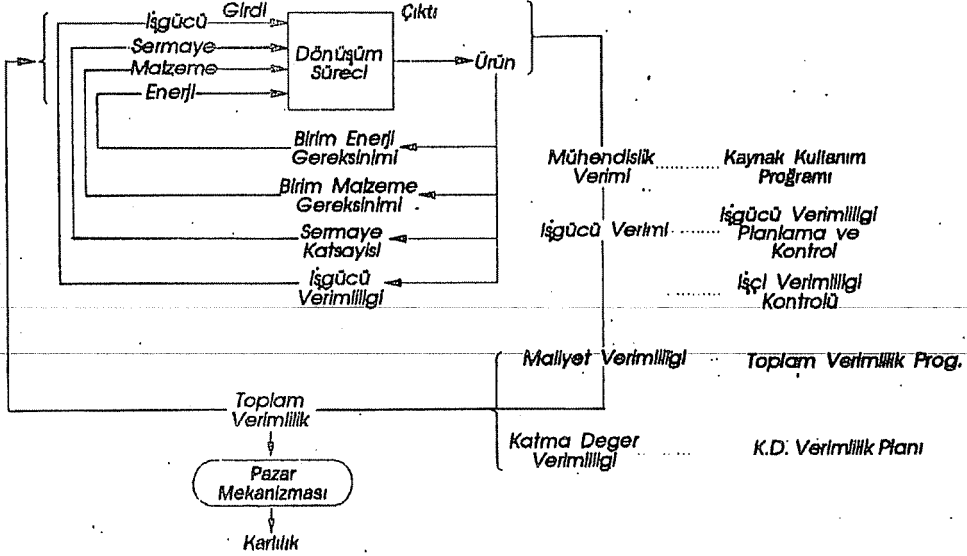
Genel anlamda emek verimliliğini yansıtan gösterge, işçi başına düşen üretimin fiziksel miktarıdır. Çünkü bu hesaplamada enflasyonist etkilerden ve indirgeme (deflate) sorunlarından uzak bulunmaktadır (4).

Yeraltı madenciliğinde işçilik maliyetlerinin büyük önemi nedeniyle, genellikle fiziksel işgücü verimliliği araştırılır. Madencilikte verimlilik; t/yevmiye olarak tanımlanır. Burada t'dan gang minerali içermeyen üretilmiş ham cevher tonları anlaşılmalıdır. Yevmiyeler herşeyden önce fiili uygulanmış çalışma zamanını yansıtmalıdır (5). Burada amaç;

- Her dönüşüm sürecinin performansını girdi-çıkı ilişkisi açısından objektif olarak ifade etmek,
- Sonuçları kolayca önlem alabilecek analitik bir sisteme uygun olarak ortaya koymak,
- Ölçüm sonuçlarını mümkün olduğu kadar diğer önemli faktör ve bölümlerle ilişkilendirmektir.

Makro düzeyde verimlilik genellikle basit bir oran olarak açıklanırken, işletme

düzeyindeki verimlilik; üretim ve yönetimde uyumlu bir çalışmanın yürütülmesi olarak düşünülmelidir. İşletme düzeyinde verimlilik ölçümünün üç aşaması ve buna karşılık gelen yönetsel faaliyetler Şekil 1'de görülmektedir .



Şekil 1. Verimlilik ve dönüşüm sistemi (6).

### 2.2.1. Çıktı Büyüklükleri Kapsamı

Üretilen mallar bir işletmenin çıktı büyüklüklerini oluşturur. Bir yeraltı maden işletmesinin çıktısı, üretim faaliyetleri sonunda bu yöntemden kazanılan mal miktarı veya servis verimidir (Çizelge 1). Üretim faaliyetlerinin çıktısı ise çeşitli şekillerde ifade edilebilir, örneğin üretilmiş ham cevher, ham cevherin tenörü, konsantre vb. olarak kilogram, metrik ton, long veya short ton şeklinde ve ayrıca bunlar yine kuru veya ıslak bazda verilebilir.

Çizelge 1. Değişik yeraltı madencilik faaliyetlerinin çıktı büyüklükleri (3).

| Faaliyetler  | Çıktı Büyüklükleri |
|--|--------------------|
| Galeri ilerlemesi  | $m^3/ZE$           |
| Üretim   | nt.km/ZE           |
| Nakliyat   | TE.km/ZE           |
| Dolgu  | $m^3/ZE$           |
| Tahkimat   | $m^2/ZE$           |
| TE : Nakliyat birimi,    nt : Net tonlar,    ZE : Zaman birimi |                    |

### 2.2.2. Girdi Büyüklükleri Kapsamı

Bir işletmede üretim faktörlerinin kullanım miktarı, aynı zamanda o işletmenin potansiyel girdi faktörlerini oluşturur. Madencilikte üretim faktörleri; temel ve yardımcı faktörler olmak üzere iki grup'ta toplanır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Madencilikte üretim faktörleri (3).

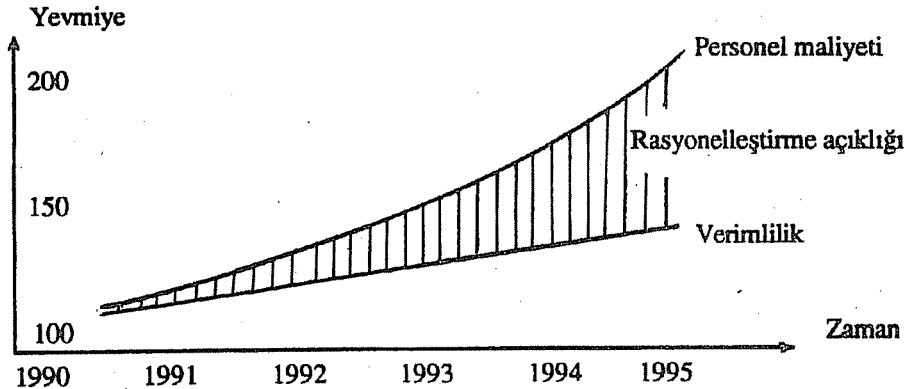
| Temel Faktörler      | Yardımcı Faktörler |
|----------------------|--------------------|
| İşçilik              | İşletme yönetimi   |
| Malzeme              | Planlama           |
| Enerji               | Organizasyon       |
| Maden yatağı rezervi |                    |

Endüstriyel üretim sürecindeki hammadde yerine maden yatağı rezerv miktarını dikkate almak, doğrusu maden ekonomisi esaslarına göre mantıklı olur. Ayrıca modern maden işletmelerinde özel önemi nedeniyle enerji kullanımını da bir üretim faktörü olarak dikkate almak gerekir.

### 2.3. Verimlilik Tanım Değerlerinin Kombinasyonu

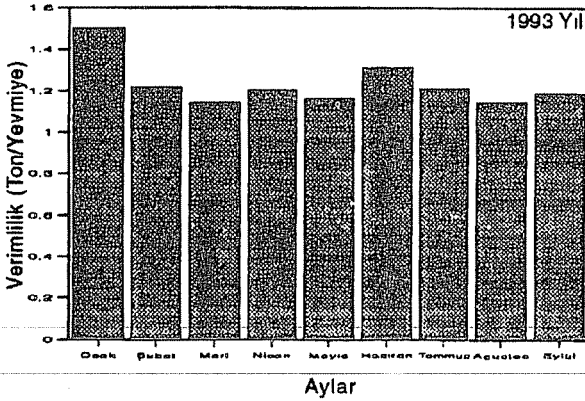
Burada amaç; kısmi verimlilik tanım değerlerinin muhtemel izlenim hatalarını düzelterek, hem tanım değerleri ilişkisi hem de ekonomik optimum faktör kombinasyonu üzerine bilgiler almaya çalışmaktır.

Teorik tespitlerden sonra verimlilik analizine geçilir. Karşılaştırma analizlerinde tam matematiksel bağıntılar yerine, grafik veya sütun diyagramlarla tanım değerlerin birbirine izafi değişimi izlenir (Şekil 2).



Şekil 2. Yevmiye'ye göre verimliliği ve personel maliyeti değişimi (3).

Toplam üretim maliyeti içerisinde işçilik maliyetinin %51 paya sahip olduğu Etibank Üçköprü Krom İşletmesi Andızlık ocağındaki üretim faaliyetleri 1993 yılı verimlilik değerleri Şekil 3'te sütun diyagramı olarak verilmiştir.



Şekil 3. Etibank Üçköprü krom işletmesi andızlık ocağı üretim verimliliği (7).

Yine ülkemizde 1993 yılı üretim miktarına göre metalik cevher madenciliğinin katma değer verimliliği ortalama  $0.531 \times 10^6$  TL/Kişi ve işçilik saati başına katma değer verimliliği ise  $0.098 \times 10^6$  TL/Saat gibi çok düşük seviyededir (8).

Buna karşın eski Sovyetler Birliği demir madenlerinden Ostslowakei yeraltı işletmesinde kullanılan MINI-JUMBO 141 HD, SIMBA-JUNIOR deliciler ve TORO 100 DH, JOY TLF-4 raysız kepçeli loder teknik ile; 17,2 t/yevmiye olan üretim verimi aynı yıl 26,4 t/yevmiye'ye daha sonra da 35,1 t/yevmiye'ye yükseltilmiştir. Böylece üretimde % 104'lük bir verim artışı ve % 40 işletme maliyetlerinde bir azalma sağlanmıştır (9). Maliyet azalması veya verimlilik artışı tespit edilmeli ve mümkünse gerekçeleri ayrıntılı olarak tanımlanmalıdır.

Yine Alman metal maden işletmelerinden Meggen ocağının işletildiği yıllarda uygulanan Ambarlı üretim yönteminde, kullanılan LHD tekniği ile üretim verimi 50-60 t/yevmiye arasında değişmiş ve ton başına 6-8 DM maliyet azalması sağlanmıştır (10).

Yukarıda verilen tespitler doğrultusunda; verimlilik artışı sağlamak amacıyla uygulanan rasyonalizasyon tedbirlerinin ileriye dönük kısmi verimlilik üzerine ne tür etkiler yapacağı hakkında ön bilgiler kazanılmış olmaktadır.

### 3. METAL MADEN İŞLETMELERİNDE RASYONALİZASYON

#### 3.1. Rasyonalizasyon Kavramı

Rasyonalizasyon; genellikle bir işletmenin verimlilik ve ekonomikliğinin yüksetilmesinde gerekli olan tedbirleri tanımlar. Diğer bir ifadeyle; efektif çalışma



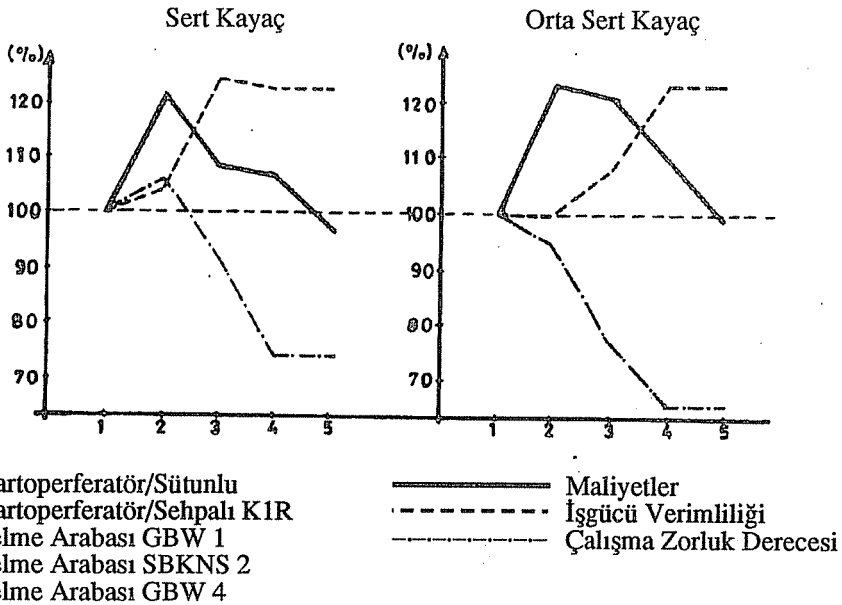
yöntemlerinde tüm teknik ve organizasyon tedbirlerini, özellikle mevcut yöntemlerin basitleştirilmesi, modernize edilmesi ve iyileştirilmesiyle aşağı çekmektir (5).

Ayrıca rasyonelizasyon, işletme üretim faktörlerini (bkz. Çizelge 2) mümkün olduğunca iktisatlı kullanmak, daima yeni teknolojik çözüm yolları aramak ve geliştirmek demektir. Genel olarak ulusal ve uluslararası piyasalarda rekabet yeteneğinin artırılması, sektörde uygulanacak rasyonelizasyon tedbirlerinin amaç ve başarısına bağlıdır (11).

### 3.2. Rasyonelizasyon Tedbirleri

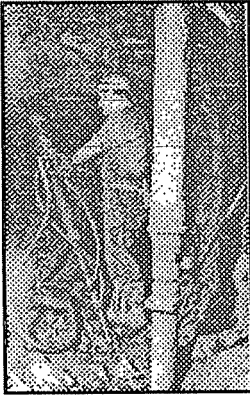
Bir yeraltı metal maden işletmesinde uygulanabilecek rasyonelizasyon tedbirleri son derece çeşitlidir. Ancak burada temel esas; uygulanan farklı tedbirlerin üretim maliyetleri üzerine etkileri yerinde incelenmeli, yani belirli bir rasyonelizasyon tedbirinin sağlamış olduğu maliyet azalması veya verimlilik artışı tespit edilmeli ve mümkünse gerekçeleri ayrıntılı olarak tanımlanmalıdır.

Yukarıda verilen açıklamaları daha somutlaştırmak için, eski Sovyetler Birliği'ndeki yeraltı metal maden işletmelerinde galeri açma ve üretim faaliyetlerinde uygulanan delme-patlatma prosesinde gerçekleştirilen rasyonelizasyon çalışmalarının işgücü verimliliğine, maliyetlere ve çalışma zorluk derecesine etkileri Şekil 4'te verilmiştir (12).



Şekil 4. Yatay galeri sürmede delme teçhizatına bağlı olarak çalışma zorluk derecesi, maliyetler ve çalışma verimliliğinin gelişimi.

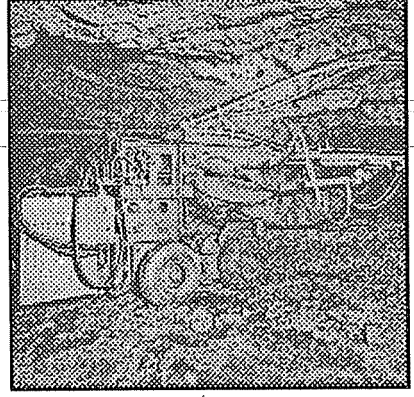
Benzer uygulamalar Almanya'daki Meggen yeraltı metal maden işletmesinde; delik delme, yükleme ve nakliyat faaliyetlerinin rasyonalizasyonunda da görülmektedir (Şekil 5,6). Sehpalı martoperferatör ve Skreyper yükleyici veya üstten aşırarak yükleyen Eimco geleneksel teçhizatlara karşın, raysız LHD kombinasyonlarıyla büyük ve damar içi hazırlık galerilerinin sürülmesinde 20m/adam-saat'ten 50 m/adam-saat'e yani %150 çalışma veriminin yükseldiği görülmüştür (13). Ayrıca uygulanan bu rasyonalizasyon tedbirleri sonucu; 266 olan yıllık iş kazası sayısı 86'ya inerek işgüvenliği hususunda da % 68'lik bir iyileşme sağlanmıştır (14).



Sehpalı delik delme

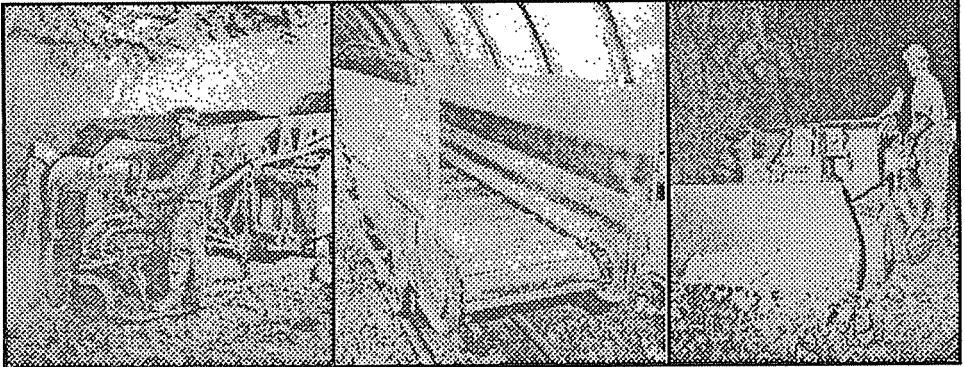


Bask delme ünitesi



Atlas copco delme arabası

Şekil 5. Meggen maden işletmesinde delik delme faaliyetleri çalışma koşullarının iyileştirilmesi (14).



Eimco 40 kepçeli yükleyici

8.7 m<sup>3</sup> Hagglund silo yükleyici1 m<sup>3</sup> Cavo yükleyici 310, raysız

Şekil 6. Meggen maden işletmesinde yükleme ve nakliyat faaliyetleri çalışma koşullarının iyileştirilmesi (14).

Rasyonalizasyon tedbirlerine örnek verebileceğimiz diğer birkaç metod ise, sığ ocaklarda kuyu nakliyatı yerine rampaların tesis edilmesiyle daha hızlı nakliyatın sağlanması olasılığıdır. Böylece ölü zaman ve işgücü kayıpları azaltılabilir. Yine katkı maddesiyle güçlendirilmiş dolgu malzemesi kullanılarak tahkimat giderleri ve üretim kayıpları azaltılabilir. Buna benzer yöntemler çoğaltılabilir.

### 3.3. Rasyonalizasyon Tedbirlerinin Sınır Koşulları

Yeraltı metal maden işletmelerinde şimdiye kadar başarıyla uygulanan rasyonalizasyon tedbirleri kuşkusuz ileriki yıllarda da gelişerek sürecektir. Ancak akla hemen şu soru gelebilir. Rasyonalizasyon tedbirleri nerede duracak ? Bu soru daha çok, doğal maden yatağı koşullarının önemli rol oynadığı yeraltı işletmelerinde, işgücü tasarrufu sağlayan makinaların tesis edilmesi veya kullanılması sınırlarıyla eşanlıdır.

Bu husustaki tüm sınır koşulları; jeolojik, teknik, ekonomik ve sosyal yönleriyle dikkate alınarak açıklanacaktır.

#### 3.3.1. Jeolojik ve Teknik Sınırlar

Rasyonalizasyon uygulamalarını güçleştiren koşullardan jeolojik ve teknik sınırlar genellikle pek çok türde olmakla birlikte, burada önemle bahsedilmesi gerekenler:

- Yeraltı ocak şartlarına uygun yüksek kapasiteli küçük iş makinalarının teminindeki zorluk. Örneğin bir tamburlu kesici-yükleyici makina maksimum kapasiteyle yaklaşık 5000 t/gün üretim yaparken, buna karşın linyit açık işletmesinde bir ekskavatör 100.000 m<sup>3</sup>/gün veya 125.000 t/gün üretim yapabilmektedir. Bir karşılaştırma yapıldığında bu 25 kat büyüklük demektir.

- Sıkça tektonik faylanmalar ve özellikle değişen jeolojik formasyon koşulları makinanın uyum yeteneğini azaltmaktadır.

- Ocak ikliminin denetimi ve zararlı gazlara karşı gerekli olan havalandırma, yeraltında sınırlı açılan küçük kesitler diğer işletme konsantrasyonlarının da önemli engellerini teşkil etmektedir.

- Yeraltı çalışma koşullarını belirsiz kılan, kaza yapma riskini arttıran ve yüksek teknoloji kullanımını güçleştiren toz, gürültü, aydınlatmanın yetersiz oluşu ve yüksek nemlilik vb. gibi ocak şartları; en önemli jeolojik ve teknik sınırları oluşturmaktadır (11).

#### 3.3.2. Ekonomik Sınırlar

Başta böylesi bir sınır, bedensel işgücünün çok ucuz olduğu geri kalmış ülkelerde veya gerekli teknolojik yatırımları gerçekleştirebilecek mali yapıya sahip olmayan işletmelerde görülür.

Ayrıca teknolojik olarak gerçekleştirilen rasyonalizasyon tedbirlerinin maden

işletmesine beklenen ekonomik katkıyı sağlayamaması halinde de böylesi bir sınırdan söz edilebilir.

Bunun için iki neden vardır:

- Optimum bir rasyonalizasyon faaliyeti için henüz tüm gerekli yatırımlar yapılmadığından, işletmenin elinde istenilen araçlar bulunamayabilir.

- Uzun vadeli yatırımlar, planlama ve bunları gerçekleştirmek için yeterli yönetsel (dispozitif) esaslar işletmede eksiktir.

Özetle teknolojik olarak olası rasyonalizasyon tedbirleri, ekonomik koşullardan dolayı tam ve istenilen zamanda gerçekleştirilemeyebilir (11).

### 3.3.3. Sosyal Sınırlar

Sosyal problemler ekonomiklikle yakından ilgilidir. Rasyonalizasyon tedbirleriyle gerçekleştirilen mekanizasyon ve otomasyonun temelinde, bedensel işgücünün az ya da çok bağımsız kılınması hedeflenmektedir. Bu uygulamayla amaç; yalnız hızlı ve miktar olarak yüksek üretim değerine ulaşmak değil, aynı zamanda bedensel işgücü ve yüksek maliyetli girdilerde tasarruf sağlayarak verimliliği artırmaktır (15).

"Rasyonalizasyon tedbirleri mutlaka işsizliğe neden olur" yaklaşımı kesinlikle reddedilmelidir. Çünkü bugün gerek ABD gerekse diğer endüstri ülkelerinden hangisine bakılırsa bakılsın işsizlik oranının gelişmekte olan ülkelerden çok daha düşük seviyelerde olduğu görülecektir. Bunun en büyük gerekçesi uygulanan rasyonalizasyon çalışmaları sonunda yeni iş kolları ve meslek dallarının gelişmesidir.

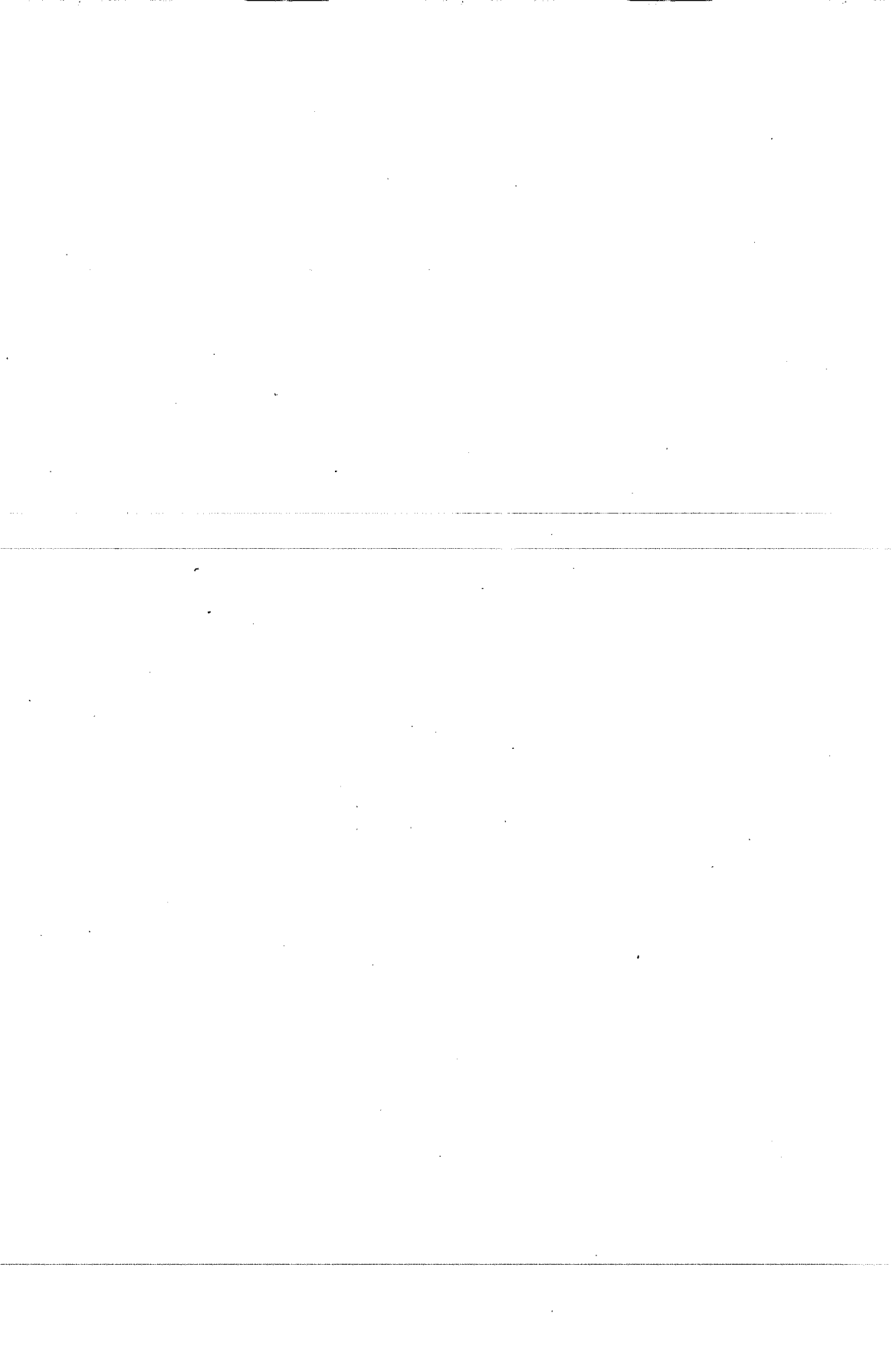
## 4. SONUÇLAR

Kısıtlı yeraltı ve yerüstü kaynaklarını etkin biçimde kullanamayan ülkeler, uluslararası kalkınma yarışında geri kalmaktadır. Ulusal ve uluslararası piyasalarda rekabet yeteneğinin artırılması ise ancak sektörel bazda gerçekleştirilecek yüksek verimlilik ve rasyonalizasyon çalışmalarıyla sağlanabilir. Bunu gerçekleştirmek ise; sadece işletmede maliyetleri azaltmakla yeterli olmayıp, aynı zamanda organizasyonel etkinliği de arttırmakla mümkündür. Makro düzeyde verimlilik genellikle basit bir oran olarak açıklanırken, işletme düzeyindeki verimlilik üretimde ve yönetimde uyumlu ve istekli bir çalışmanın yürütülmesini gerektirir. Çağdaş üretim ve yönetim tekniklerinin uygulandığı ülkelerde işgücü verimliliği kişi başına ortalama 10.89 t/yevmiye olurken, ülkemizde bu oran ne yazık ki 0.53-1.50 t/yevmiye civarındadır.

Uygulanan rasyonalizasyon tedbirleri sadece verimlilik artışı sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda yeni iş kollarının ve meslek dallarının gelişmesine de katkıda bulunmaktadır. Ağır çalışma koşullarının yaşandığı yeraltı metal maden işletmelerinde gerçekleştirilen rasyonalizasyon tedbirleriyle, işçilerin çalışma koşulları iyileştirilerek işgüvenliği artırılmakta ve iş kazalarında önemli azalmalar kaydedilmektedir. Ancak uygulanacak rasyonalizasyon tedbirlerine başlamadan önce; işletmede detaylı jeolojik, teknik, ekonomik ve sosyal sınır koşullarının araştırılması gereklidir.

## 5. KAYNAKLAR

1. Büyükkılıç,D., *Uluslararası Verimlilik Karşılaştırmaları (1980-1991)*. MPM Yayınları No:539, Ankara, 1994.
2. ...., *CAPITAL Aylık Ekonomi Dergisi, Yıl:3, Sayı:6, s.116-118, Hür Güç Gazetecilik A.Ş. İstanbul, 1995.*
3. Vogt,R., *Theoretische Untersuchungen zur Ermittlung von Kennziffern für die Bewertung der Produktivität und des Grades der Mechanisierung von untertagigen Bergbauverfahren*. TU Berlin, Institut für Bergbauwissenschaften, Deutschland, 1993.
4. Suiçmez,H., *KİT'lerde Verimlilik ve Karlılık Analizi (1982-1992)*, MPM yayınları No: 541, Ankara, 1994.
5. Wilke,F.L., Vogt,R., Zigos,G., *Mechanisierung von Grubenbetrieben in Abhängigkeit vom Arbeitskostenniveau*. TU Berlin, Institut für Bergbauwissenschaften, Deutschland, 1993.
6. Köroğlu,K., *İşletmelerde Verimlilik Ölçme-Değerlendirme Uygulamaları ve Rapor Sistemleri K. Kurosawa Modeli*. MPM Yayınları No: 571 , Ankara, 1966.
7. Delibalta,M.S., *Türkiyedeki Yeraltı Metal Maden İşletmelerinde Optimum Mekanizasyon Derecesinin Belirlenmesi ve Etibank Üçköprü Krom İşletmesinde Uygulama Olanakları* , İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksekisans Tezi, Ocak, İstanbul, 1995.
8. Akal,Z., *İmalatçı Kamu ve Özel Kesim Kuruluşlarında İşletmelerarası Toplam Performans, Verimlilik, Karlılık ve Maliyet Karşılaştırmaları*. MPM Yayınları No: 555, Ankara, 1995.
9. Szutton,T., *Der gegenwertige Stand und die zukünftige Entwicklung der gleislosen Technik im Untertageerzbergbau der CSSR*. Neue Bergbautechnik, 9. Jg. Heft 5, s.253-257, Mai, Kosice, 1979.
10. Wolff,W., *Möglichkeiten und Probleme der Abbau-und Fördertechnik mit gleislosen Dieselgeräten in geringmächtigen Lagerstätten*. Erzmetall Bd. 26, H. 9, s. 429-436. Meggen, 1973.
11. Reintges,H., *Grenzen der Rationalisierung im Steinkohlenbergbau*, Glückauf 109, Nr.7, s. 407-414, Marz, 1973.
12. Goutier,W., Kluge,D., *Entwicklung und Stand der Bohrgeräte für Sprenglochbohrungen*, Neue Bergbautechnik 10 Jg. Heft 11, s. 619-624, November, 1980.
13. Wogt,W., *Anforderungen an die maschinelle Ausrüstung von Streckenvortrieben kleinen Querschnitts*, Erzmetall Bd.23, H.11, s. 526-532, 1970.
14. Wolff,D., *Ist der Bergmannsberuf noch attraktiv? Ausbildung- Mechanisierung-Sicherheit gezeigt am Beispiel der Grube Meggen*. Erzmetall Bd 24, H.8, s.378-382, Meggen, 1971.
15. Ellsipsen,E., *Wirtschaftliche Möglichkeiten und Grenzen der Mechanisierung*, Erzmetall Bd. 18, H.9, s. 450-455, Wülfrath, 1965.



## KATI ATIK BERTARAF TEKNOLOJİLERİNİN ADANA İÇİN UYGULANABİLİRLİĞİ

Ahmet YÜCEER ve Dilek SARIASLAN  
Ç.Ü., Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana / Türkiye

**ÖZET :** *Bu çalışmada, katı atık üretiminde belirgin bir artış görülen Adana İli katı atıklarının uzaklaştırılması ile ilgili çeşitli değerlendirmeler yapılmış ve uygun görülen uzaklaştırma yönteminin planlama ve uygulama aşamaları incelenmiştir. Yapılan saha araştırmaları, fiziksel ve kimyasal analizler sonucunda, Adana İli katı atıklarında geri kazanılabilir madde %25, organik madde muhtevası %72.5, su muhtevası %52.5, kalorifik değeri 840 kcal/kg olarak saptanmıştır. Çalışmada, katı atık miktarları, seçilen pilot bölgelerden toplanan çöpler için yapılan fiziksel ve kimyasal analizlerin sonuçları, çevresel etki ve ekonomi açısından kabul edilebilirlikleri göz önünde tutularak Adana İli evsel, endüstriyel ve tıbbi atıklarının uzaklaştırılması için en uygun, ekonomik ve güvenilir yöntemin düzenli depolama tesisi yapmak olduğu görülmüştür. Son olarak yer seçimi tespiti için gerekli çalışmalar yapılmış ve kuzeydoğu Adana Bölgesinin depolama sahası olmak için en uygun bölge olduğu görüşüne varılmıştır.*

\* Bu çalışma Ç.Ü.Araştırma Fonu tarafından (FBE 95.133) Nolu proje ile desteklenmiştir.

## APPLICABILITY OF SOLID WASTE DISPOSAL TECHNOLOGIES FOR ADANA CITY

**ABSTRACT :** *An obvious increase has been observed in the solid waste production in Adana City. In this study, the disposal of the solid wastes has been evaluated and the planning and the applying stages of the appropriate method have been suggested. According to the site investigations, physical and chemical analyses, %25 recyclable matter, % 72.5 organic matter, % 52.5 water content and 840 kcal/kg energy content have been determined in the solid wastes of the Adana City. Considering the amount of the solid wastes, the results of the physical and chemical analyses and the acceptability by the environmental impacts and the economics, the most proper, economic and reliable method for the disposal of the domestic, industrial and the medical wastes of Adana City has been decided to be the sanitary landfill. Finally, the studies for the location of the landfill has been done and the northeastern part of the Adana City has been proposed as an appropriate region.*

### 1. GİRİŞ

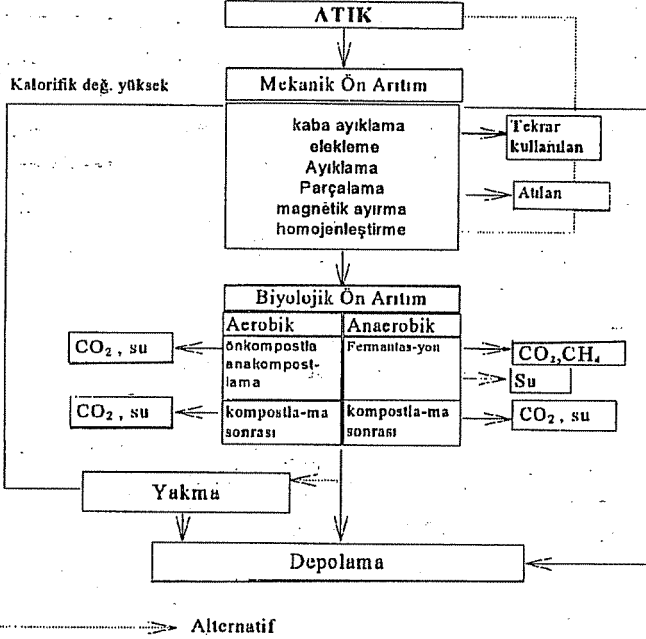
Dünyadaki hızlı nüfus artışıyla birlikte katı atıkların miktarı da önemli boyutlara ulaşmış ve çeşitli çevre sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Hızlı nüfus artışı, değişen yaşam standartları ve tüketim eğilimleri gibi faktörlerle katı atıkların miktarı günden güne artmakta ve buna bağlı olarak katı atıklardan kaynaklanan toplum ve çevre sağlığı problemleri önemli boyutlara ulaşmaktadır.

Katı atık probleminin giderek kontrolden çıkmasını önlemek için bu soruna sistemli bir şekilde yaklaşmak gerekir. Bunun için izlenecek yöntem, katı atıkların üretimini, biriktirilmesini, toplanmasını, değerlendirilmesini ve imhasını ilgilendiren tüm problemleri bir bütün olarak ele alacak Katı Atık Yönetim Sisteminin yapılması gerekir (1,2). Katı Atık yönetim sistemi içindeki beş katı atık imha ve değerlendirme alt sistemleri; düzenli depolama, yakma, piroliz, geri kazanım ve kompostlaştırmadır (1-3). Şekil 1'de görülen katı atık bertarafında, bu sistemlerden yalnız düzenli depolama tek başına uygulanabilir. Diğerleri ise bir sistem içerisinde uygulanmaktadır; kompostlaştırma yöntemi uygulanmadan önce katı atık içerisindeki geri kazanılabilir atıklar ayrılır, yakma sisteminde ise yakma sonunda oluşan atık madde düzenli çöp depolama sahalarına gönderilir (3).

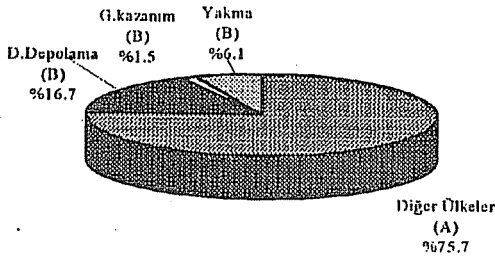
Endüstrileşmiş ülkelerde uygulanan katı atık bertaraf yöntemlerinin belirlenmesi için yapılan bir araştırmada, kişi başına üretilen ortalama evsel katı atık miktarı ise 0.94 kg/gün olduğu, 15 endüstrileşmiş ülkede uygulanan düzenli depolama, yakma ve geri kazanım yöntemleriyle bertaraf edilen katı atık yüzdeleri tespit edilmiş ve sonuçlar Şekil 2'deki grafikte verilmiştir. Şekil 2'de de görüldüğü gibi endüstrileşmiş ülkeler (dünya ülkelerinin % 24.3'ünü oluşturmaktadır.) katı atıklarının % 6'sı geri



kazanılmakta % 68.8'i düzenli depolama yöntemiyle, %25.2'si yakma yöntemiyle bertaraf edilmektedir (4). Yapılan başka bir çalışmada ise endüstrileşmiş ülkelerin yanısıra, düzenli depolama yöntemi hiç şüphesiz uzun periyodlarda en azından gelişmekte olan ülkelerde uygulanan ana katı atık bertaraf yöntemi olacağı belirtilmektedir (4).



Şekil 1. Katı Atık Bertarafında Alternatifler (3).



(A); Diğer Dünya Ülkeleri  
(B); Endüstrileşmiş Ülkeler

Şekil 2. Endüstrileşmiş Ülkelerde Bertaraf Edilen Katı Atık yüzdeleri (4,5).

## 2. MATERYAL ve METOD

### 2.1. Çalışma Alanının Tanıtılması

Çalışma alanı tarımsal potansiyeli açısından ülkemizin en önemli alanlarından Çukurova Bölgesinin merkezi olan Adana olup, il nüfus bakımından Türkiye'nin 6. ve Akdeniz Bölgesinin en büyük kentidir. Kentteki tarımsal gelişme, tarıma dayalı sanayileşme, özellikle kırsal alanlardan olan göçler, kentin nüfus ve sosyal yapısında gelişmelere neden olmuştur.

Adana, sosyal, ekonomik, kültürel ve yönetim faaliyetlerinin yoğunlaştığı metropolitan merkeze geçme durumunda bulunan kentler arasındadır. 1997 yılında yapılan nüfus sayımında açıklanan gayri resmi sonuçlara göre Adana İl Merkezinin nüfusu 1.100.000 kişi'dir.

### 2.2. Adana İl Merkezi Katı Atıkları

#### 2.2.1. Evsel Katı Atıklar

Adana İl Merkezi katı atıkları evsel, endüstriyel ve tıbbi atıklar olmak üzere üç grupta değerlendirilmiştir. D.İ.E. tarafından 1993 yılında yapılan "Hane halkı Çöp Kompozisyon Anketi" sonuçlarına göre, Adana'da kişi başına düşen günlük ortalama evsel katı atık miktarı 0,70 kg'dır. Adana İl Merkezinde üretilecek evsel katı atık miktarı bu değer göz önünde tutularak 1997 yılı için 770 ton/gün olarak hesaplanmıştır (6).

Atık Kompozisyonu: 1996 yılının Şubat, Mart, Nisan ve Ağustos aylarında, Adana Seyhan İlçe Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğü yardımıyla, daha önce yapılan çalışmalardaki elek analizi örneklerine göre atık kompozisyonu belirlenmiştir (7-9). Çöp analizi, Belediyenin tesbit ettiği araçlarla, gelir düzeyi yüksek ve düşük olan bölgelerden toplanan çöplerle yapılmıştır. Söz konusu aylarda, seçilen pilot bölgelerden toplanıp, Adana Seyhan İlçe Belediyesi Temizlik İşleri şantiyesindeki uygun bir alana boşaltılan çöpteki değerlendirilebilir atıklar (kağıt, metal, plastik, PET ürünleri, cam, tekstil) 4 kişilik ekip tarafından elle ayıklanmıştır ve ayrı ayrı yığılanmıştır. Yığılanmış malzeme grupları tartılarak sonuçları kaydedilmiştir.

Geri kazanılabilir nitelikteki maddelerin ayıklanmasından sonra, kalan organik kısım 8 mm. ve 40 mm. elek aralığı olan eleklerle elenmiştir. Elek altında kalan malzemeler tartılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir. Bu çalışma, 4 ay süreyle, gelir düzeyi yüksek pilot bölge ve gelir düzeyi düşük pilot bölge için ayrı ayrı yapılmıştır. Elek analizi sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Adana evsel katı atıklarının çöp ayıklama analiz sonuçları ortalama değerleri .

| Parametre                    | Alt Gelir Grubu İçin |                  | Üst Gelir Grubu İçin |                  |
|------------------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|
|                              | Miktar (kg)          | Oran (Ağırlık %) | Miktar (kg)          | Oran (Ağırlık %) |
| İnce Atık (<8mm)             | 269                  | 6.4              | 126                  | 4.1              |
| Orta organik atık (10-40 mm) | 1204                 | 28.6             | 1076                 | 35               |
| İri organik atık (>40mm)     | 1684                 | 40               | 953                  | 31               |
| Kağıt                        | 303                  | 7.2              | 338                  | 11               |
| Pet Ürünleri                 | 21                   | 0.5              | 92                   | 3                |
| Plastik                      | 274                  | 6.5              | 154                  | 5                |
| Cam                          | 84.2                 | 2                | 129                  | 4.2              |
| Metal                        | 92.62                | 2.2              | 98                   | 3.2              |
| Tekstil                      | 76                   | 1.8              | 71                   | 2.3              |
| Diğer                        | 202                  | 4.8              | 37                   | 1.2              |
| Toplam                       | 4210                 | 100              | 3075                 | 100              |

**Su Muhtevası :** Atığın su muhtevasını tayin etmek için Mart ve Ağustos aylarında yapılan elek analizinde, 40 mm.'lik elek üstünde kalan 8 mm. - 40 mm.'lik elek arasında kalan ve 8 mm.'lik elekten geçen çöp numuneleri alınmıştır. Deneyler 3'er kez tekrarlanmıştır ve deney sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** 1-2-3 No'lu deney sonuçlarına göre atıkların su muhtevası.

|                      | Mart Ayı   | Ağustos Ayı |
|----------------------|------------|-------------|
| 1 No'lu Deney Sonucu | %41        | %63         |
| 2 No'lu Deney Sonucu | %44        | %62         |
| 3 No'lu Deney Sonucu | %38        | %68         |
| <b>Ortalama</b>      | <b>%41</b> | <b>%64</b>  |

**Kalorifik Değeri :** Adana İli katı atığın kalorifik değeri, atığın üst kalorifik değerlerinden yararlanılarak, alt kalorifik değerine göre hesaplama yöntemiyle bulunmuştur. Laboratuvarda kalorifik değerinin ölçümü, titizlikle heterojen hale getirilmiş çöp örnekleriyle analiz yapılması gerektirdiğinden hesaplama yöntemiyle kalorifik değerinin bulunması, heterojen hale getirilmiş çöp örnekleriyle analiz yapma zorunluluğu ortadan kaldırmaktadır. Atığın üst kalorifik değerlerinden yararlanılarak, alt kalorifik değeri aşağıdaki ifadeye göre hesaplanabilir (10,11). Bazı katı atık maddelerinin üst kalorifik değerleri çizelge olarak Tablo 3' de verilmiştir (10,12).

**Tablo 3.** Bazı katı atık maddelerinin üst kalorifik değerleri (10,12).

$$H_U = H_o \left( \frac{100 - W}{5.85 \times W} \right)$$

Bu ifade de kullanılan parametreler;

$$H_U = \text{Atığın alt kalorifik değeri}$$

$$H_o = \text{Atığın üst kalorifik değeri}$$

$$W = \text{Atığın su içeriği}$$

| Katı Atık Madde Grupları            | Isı Değeri Ho (kcal/kg) |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Bitkisel Atıklar (Sebze, meyve vb.) | 3500                    |
| Tekstil, Deri, Lastik               | 4000-4600               |
| Karton, Kağıt, Mukavva              | 3500-4000               |
| Pe Atıkları                         | 9000                    |
| PVC Atıkları                        | 4500                    |
| Kül                                 | 600                     |

Adana İl Merkezi katı atıklarının üst kalorifik değeri, yapılan çöp analiziyle belirlenen madde gruplarının % dağılımı ve D.İ.E.'nin yaptığı katı atık envanter çalışmalarındaki, çöpün madde gruplarına göre % dağılımı göz önünde tutularak da hesaplanmıştır ve sonuçlar Tablo 4 ve 5' de verilmiştir (6).

**Tablo 4.** 1996 yılı analiz sonuçlarına göre üst kalorifik değerleri.

|  | Org. madde<br>3500 kcal/kg | Kağıt<br>4000 kcal/kg | PE, PET<br>9000 kcal/kg | PVC<br>4500 kcal/kg | Tekstil<br>4600 kcal/kg | Kül<br>600 kcal/kg | Toplam<br>H <sub>o</sub> (kcal/kg) |
|--|----------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|------------------------------------|
| Üst gelir grubu için<br>% Atık Miktarı | 70.1                       | 11                    | 3                       | 5                   | 2.3                     | 1                  | 3486.50                            |
| H <sub>o</sub> (kcal/kg)               | 2453.5                     | 440                   | 270                     | 225                 | 92                      | 6                  |                                    |
| Alt gelir grubu için<br>% Atık Miktarı | 75.0                       | 7.2                   | 0.5                     | 6.5                 | 1.8                     | 2                  | 3334.5                             |
| H <sub>o</sub> (kcal/kg)               | 2625                       | 288                   | 45                      | 292.5               | 72                      | 12                 |                                    |

**Tablo 5.** 1993 yılı D.İ.E.'nin analiz sonuçlarına göre üst kalorifik değerleri (6).

|   | Organik madde | Kağıt | PE-<br>PET | PVC   | Tekstil | Kül  | Toplam<br>H <sub>o</sub> (kcal/kg) |
|---|---------------|-------|------------|-------|---------|------|------------------------------------|
| Aralık ayı analizine göre<br>% Atık Miktarı | 70.12         | 11.39 | 1.31       | 0.44  | 0.79    | 16   | 3175.1                             |
| H <sub>o</sub> (kcal/kg)                    | 2454.2        | 455.6 | 117.9      | 19.8  | 31.6    | 96   |                                    |
| Temmuz ayı analizine göre<br>% Atık Miktarı | 75.42         | 18    | 1.11       | 0.27  | 0.72    | 1.66 | 3510.5                             |
| H <sub>o</sub> (kcal/kg)                    | 2639.7        | 720   | 99.9       | 12.15 | 28.8    | 9.96 |                                    |

Adana İli katı atıkları kalorifik değeri yukarıdaki ifadeye göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır;

a) Yapılan analiz sonuçlarına göre bulunan  $H_o$  değerleri göz önünde tutularak;

$$W = \% 64 \text{ (Yaz ayları için)}$$

$$H_U = H_o \left( \frac{100-W}{100} \right) - (5.85 \times W)$$

$$H_U = 3410.5 \left( \frac{100-64}{100} \right) - (5.85 \times 64)$$

$$H_U = 853.38 \text{ kcal/kg}$$

b) D.İ.E.'nin envanter çalışmaları sonuçlarına göre bulunan  $H_o$  değerleri göz önünde tutularak;

$$W = \% 64 \text{ (Yaz ayları için)}$$

$$H_U = H_o \left( \frac{100-W}{100} \right) - (5.85 * W)$$

$$H_U = 3342.8 \left( \frac{100-64}{100} \right) - (5.85 * 64)$$

$$H_U = 829.01 \text{ kcal/kg} \quad \text{Hort.} = H_{ua} + H_{ub} / 2 = 841.2 \text{ kcal/kg}$$

### 2.2.2. Endüstriyel Katı Atıklar

Adana İlinde faaliyet gösteren sanayiler gıda, içki, tütün sanayi; dokuma, giyim eşyası ve deri sanayi ; kimya, petrol, kömür, kauçuk - plastik ve plastik ürünleri sanayi, metal sanayi olarak gruplar halinde incelenebilir (13). Adana İlindeki endüstrilerden kaynaklanan atık miktarını tam olarak belirlemek oldukça zordur. Adana sanayinde hammaddelerin doğrudan işlenip, üretim yapılmaması yani montaj sanayi oluşu, meyve suyu ve yağ fabrikalarının katı atıklarının hayvan yemi olarak kullanılması ve benzeri nedenlerden dolayı günlük sanayi atıkları çok azdır. Bu konuda bir envanter olmamakla beraber sanayiye bağlı olmak üzere atık miktarı 1996 yılı için günde en fazla 30 ton/gün olarak beklenmektedir. (Bu miktara arıtma çamurları dahildir.)

### 2.2.3. Tıbbi Atıklar

Adana İl Merkezinde üretilen enfekte hastane atıklarının miktarı ise, Seyhan İlçe Belediyesi ile Ocak, Şubat ve Mart aylarında sağlık kuruluşlarının kırmızı poşetlerde biriktirdikleri, enfekte atıkları günlük olarak toplanarak tespit edilmiştir. Çalışmalar esnasında sorumlu hastane personeline, Çevre Bakanlığı tarafından hazırlanan atık beyan formu doldurtulmuştur. Envanter çalışmalarının sonuçlarına göre Adana İli merkezinde toplanan enfekte hastane atıklarının ortalama aylık 7655 torba ve 59.570 kg olduğu görülmüştür. Bu değerlere, Adana İl Merkezinde Tıbbi Atık Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun olarak toplanmayan, Yüreğir Belediyesi içinde kalan Karşıyaka Devlet Hastanesininin, sağlık ocaklarının, muayenehanelerin, özel laboratuvarların, kliniklerin vb. sağlık kuruluşlarının enfekte tıbbi atıkları da dahil edilerek, Adana İl Merkezinde üretilen enfekte hastane atıklarının ağırlığını yaklaşık olarak 70 ton/ay olarak kabul edilmiştir.

### 3. KATI ATIKLARIN BERTARAF YÖNTEMLERİ VE ADANA İL MERKEZİ KATI ATIKLARI İÇİN UYGULANABİLİRLİKLERİ

Devlet İstatistik Enstitüsü'nün hazırladığı raporlar, nüfus projeksiyonlarına göre hesaplanan katı atık miktarları, seçilen pilot bölgelerden toplanan çöpler için yapılan analizlerin sonuçları, çevresel etki ve ekonomi açısından kabul edilebilirlikleri göz önünde tutularak, Adana kenti katı atıkları için bertaraf yöntemleri ayrı ayrı irdelenmiştir.

#### 3.1. Yakma

Yakma, katı atıkları stabil hale getiren ve hacimlerini %70 oranında azaltan, ayrıca atıktan ısı ve elektrik enerjisi elde etmek için kullanılan bir bertaraf yöntemidir. Yakma prosesi genelde katı atıkların kalorifik değeri kendi kendine yanmaya müsait olduğu takdirde kullanılması uygundur (1,14,15). Bu teknolojinin kullanılabilmesinde, atığın yakmaya uygunluğu haricinde baca emisyonları ve kontrol teknolojisi gelişmiş olması da göz önünde tutulmalıdır (10). Son yıllarda denenmiş tecrübelerle göre de yakma teknolojisinin, sadece tehlikeli atıkların yakılmasında kullanılmasının avantajlı olduğu gözlenmiştir (16). Yakma işleminin yaygın şekilde kullanıldığı ülkeler arasında Almanya, Fransa, Hollanda, Danimarka ve Japonya sayılabilir. Bu ülkelerin çoğunda katı atıkların kağıt, plastik ve yanabilir diğer madde oranları yüksektir ve nem oranları düşüktür (%35'den az). Bu yüzden, atığın kalorifik değeri yüksektir (tipik olarak 1504 kcal/kg - 2245 kcal/kg). Kara ve Özkan yaptığı çalışmada atığın yanabilmesi için kalorifik değerinin 800 kcal/kg'den büyük olması, ilave yakıt gerekmeden kendi kendine yanabilmesi için ise kalorifik değerinin 1200-1500 kcal/kg olması gerektiği belirtilmiştir (14). Yapılan başka bir çalışmada ise atığın ilave yakıt gerekmeden kendi kendine yanabilmesi için kalorifik değerinin 1500-1600 kcal/kg olması gerektiği, atıktan elektrik enerjisi üretebilmek için ise kalorifik değerinin 2000-2500 kcal/kg olması gerektiği belirtilmiştir (10).

Adana İli katı atıklarının kalorifik değeri yaz ayları için ortalama 840 kcal/kg civarındadır. Bu değer, Adana İli katı atıklarının atığın enerjiye dönüştürüldüğü bir tesiste elektrik üretmeye yetmediği gibi, kendi kendine yanmaya bile müsait olmadığını göstermektedir.

Kara ve Özkan'ın bildirdiğine göre, kış aylarında kullanılan katı yakıttan dolayı, atık bileşimindeki kül yüzdesi artacak ve buna bağlı olarak atığın kalorifik değeri düşecektir (14). Adana'da Aralık ayında üretilen katı atığın üst kalorifik değeri, atık bileşimindeki kül yüzdesinin artmasına bağlı olarak, Temmuz ayında üretilen katı atığın üst kalorifik değerinden düşüktür (Tablo 5). Bunun yanı sıra, yapılan hesaplamalarda, 1996 yılında Adana'da üretilen katı atığın ortalama üst kalorifik değerinin (3410.5 kcal/kg), D.İ.E.'nin verilerine göre 1993 yılında üretilen atığın kalorifik değerinden fazla olduğu görülmüştür (3342.8 kcal/kg). Bunu katı yakıt

kullanılmasının azalmasına bağlı olarak, atık içindeki ince çöp miktarının düşmesine bağlanabilir. Ayrıca, tüketim eğilimlerinin değişmesi, ambalaj atıklarının yani yanabilir nitelikteki atıkların artması da atığın kalorifik değeri yükseltmiştir. Dolayısıyla ileriki yıllarda Adana katı atıklarının kalorifik değerinin artması sözkonusudur ve konu planlama aşamasında tekrar değerlendirilmelidir.

Yapılan bir çalışmada dünyada uygulanan yakma teknolojisinin sadece tehlikeli atıkların yakılmasında kullanılmasının avantajlı olduğu belirtilmiştir (16). Bu bakımdan, Adana İli tıbbi atıklarının çevre sağlığını ve çevre kirlenmesini önlemek açısından ekonomik olmasa bile yakılması düşünülebilir. Fakat, Clark (17)'ün bildirdiğine göre tıbbi atıkların, diğer atık tiplerine nazaran daha çok enfeksiyona sebep olduğuna dair bir belge bulunmamaktadır, hatta evsel atıklar da patojen mikroorganizmalar içerebilmektedir (Tablo 6). Dolayısıyla, Adana'da tıbbi atıkların yakılarak bertaraf edilmesi yerine, uygun koşullarda depolanması maliyet açısından daha avantajlı olduğu için uygun koşullarda depolanması düşünülmüştür.

Tablo 6. Çeşitli atıklarda bulunan mikroorganizma miktarları (17).

| Atık türü        | Mikroorganizma (pergram) |            |
|------------------|--------------------------|------------|
|                  | Koliform                 | Streptokok |
| Evsel            | $10^7$                   | $10^6$     |
| Klinik           | $10^5$                   | $10^4$     |
| İnsan dışkıları  | $10^7$                   | $10^6$     |
| Arıtma çamurları | $10^5$                   | $10^5$     |

### 3.2. Geri Kazanım

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre, atık azaltmanın amacı; geri dönüşebilir malzemenin uygun miktarını atıklardan geri kazanmak, geri dönüştürmek ve bertaraf sahalarına gönderilen atık miktarını azaltmaktır.

Adana İl Merkezi evsel katı atıkları için yapılan ayıklama analizi sonuçlarına göre; gelir düzeyi düşük olan bölgede geri kazanılabilir maddelerin oranı %20,20, gelir düzeyi yüksek olan bölgede ise bu oran %28,70 'dir. Buna göre, Adana İlindeki geri kazanılabilir maddelerin oranını ortalama % 25 kabul edilebilir. 1997 yılında Adana İl Merkezinde üretilen evsel katı atık miktarı, nüfus 1.100.000 kişi olarak kabul edildiğinde, 770 ton/gün olarak bulunmaktadır. Dolayısıyla, Adana İl Merkezi evsel katı atıklarının 193 ton/gün'lük kısmı geri kazanılabilir maddelerden oluşmaktadır. Ancak, Adana İlinde de çöpler içindeki değerlendirilebilir atıkları bağımsız çöp ayıklayıcıları tarafından toplandığı için geri kazanılabilir maddelerin oranı düşmektedir. Bu gayri resmi sektör organizasyonları tarafından basit ve sınırlı ayıklama işlemlerinin uygulanmasından dolayı Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği' nin

koyduğu ambalaj atıklarının %45 'ini geri kazanma hedefine ulaşılamamaktadır.

Yeterli teknoloji ve imkanlar ilk yatırım maliyeti düşük, geri ödeme süresi kısa tesis ve ekipmanlar için yeterli olmalıdır. Bu nedenle Adana İli için geri kazanım tesisi kapasite ve teknoloji seçimi en uygun şekilde yapılmak koşuluyla düzenli depolama sahası yakınına yapılabilir.

### 3.3. Kompostlaştırma

Adana İli evsel katı atıkları için yapılan ayıklama analizleri sonuçlarına göre gelir düzeyi düşük olan bölgede organik maddelerin oranı %75.0, gelir düzeyi yüksek olan bölgede organik maddelerin oranı %70.1 olarak bulunmuştur. Buna göre Adana İlindeki evsel katı atıkların içerdiği organik maddelerin oranını ortalama % 72 kabul edebiliriz. Toplam evsel katı atık miktarı 1997 yılında 770 ton/gün olarak tahmin edildiğine göre, 1997 yılında üretilen evsel katı atıkların içerdiği organik madde miktarı 554 ton/gün' dür.

Adana İli evsel katı atıklarının su içeriği Mart ayında yapılan analizde % 41, Ağustos ayında yapılan analizde %64 olarak bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada optimal kompostlama için katı atığın nem oranının % 40 civarında olması gerektiğini, atığın nem içeriğinin fazla olmasının daneler arasındaki boşlukların su ile dolarak havanın kütle içine girmesine engel olduğu için anaerob ortam yaratacağını belirtmiştir (18,19). Dolayısıyla bulunan nem oranlarının kompostlaştırma için uygun olmadığı, Adana İlinde yaz aylarında kompost prosesinin olumsuz yönde etkileneceği görülmektedir.

Adana İli evsel katı atıkları yüksek miktarda organik madde içerdiği gözönünde tutulursa, geri kazanım işlemine tabi tutulan atıkların optimum şartlar ve proses sağlandığında, kompostlaştırılması düzenli depolamaya rakip bir işletme prosesi olarak düşünülmüştür.

### 3.4. Düzenli Depolama

Düzenli depolama yöntemi yeraltı sularının, yüzeysel suların ve diğer çevresel kirliliklerin önlenmesi durumunda bertaraf yöntemleri arasında maliyetine göre daha fazla fayda sağlayan, çevresel açıdan kontrol edilmesi kolay bir yöntem olduğu kabul edilmektedir. Depolama yöntemiyle çöp bileşimi, nem muhtevası, dane büyüklüğü, kalorifik değeri vb. özelliklerine bakılmaksızın her türlü çöp bertaraf edilebilmektedir. Yapım, ekipman, işletme ve bakım maaliyetleri diğer bertaraf yöntemlerine nazaran düşüktür. Depolama sahaslarının işletimi risksizdir. Katı atıklar için hangi bertaraf yöntemi kullanılırsa kullanılsın, bertaraf işlemi sonunda arta kalan katı atıklar düzenli depolama sahasına götürülmektedir. Ayrıca deponi sahası tamamen dolduktan sonra nihai örtü tabakası ile örtülerek rekreasyon amaçlı kullanılabilir (4,9,11,20,21,22).

Katı atıkları için yapılan analiz sonuçları göz önüne alındığında, gerek katı atığın nem muhtevası, kalorifik değeri, organik maddelerin ve geri kazanılabilir maddelerin



oranı açısından, gerekse inşaat ve işletim maliyetleri açısından Adana İli katı atıklarının mevcut haliyle bertarafı için en uygun yöntemin düzenli depolama sahası yapmak olduğu görülmüştür. Ancak, ekonomik getirisi olmayacağı kabul edilerek, geri kazanma ve kompostlama yöntemlerinin, deponi hacmini de arttıracacağı dikkate alınır, yatırım maliyetleri düşük, küçük bir ayıklama tesisi ve kompost tesisinin kurulabileceği de düşünülmelidir.

Adana için en uygun bertaraf yönteminin düzenli depolama olduğu göz önüne alındığında uygulama aşaması için gerekli çalışmalar alt başlıklar halinde incelenmiştir.

### 3.4.1. Deponi Sahası Yer seçimi

Deponi sahasının yer seçiminde en önemli hususlar; sahaya ulaşım durumu, arazinin topografyası, sahanın kapasitesi, yeraltı suyu seviyesi, jeolojik özellikler, meteorolojik özelliklerdir. Yöresel otoritelerden sağlanan bu veriler doğrultusunda 1/25000 'lik harita yardımıyla yapılan araştırmalarda Adana İli Düzenli Depolama Sahaları için öneriler sunulmuştur.

Çöp transfer istasyonları yaparak bir bölgede veya Adana İli çevresinde birkaç yerde deponi sahası yapılması düşünülebilir. Adana İlinde deponi sahası olarak 5 yer alternatifi belirlenmiş ve A1, A2, A3, A4, A5 olarak isimlendirilmiş ve Şekil 3' deki haritada yerleri gösterilmiştir. Söz konusu bu bölgeler;

- Kireçocağı köyünün batısına düşen bölge, (A1)
- Çınarlı beldesinin kuzey doğusuna düşen bölge, (A2)
- Adana'nın kuzey doğusunda Damlıca mevkii, (A3)
- Adana'nın güneyinde, Yenidam köyünün güney batısına düşen bölge,(A4)
- İncirlik ilçesinin güney doğusuna düşen bölge,(A5)

Tablo 7. Adana İl Merkezi Düzenli Çöp Depolama Sahası Alternatif Bölgeler.

| Bölge Adı                          | Kireçocağı Köyü Batısı (A1) | Çınarlı Beldesi Kuzeydoğusu (A2) | Damlıca Mevkii (A3) | Yenidam Köyü Güneybatısı (A4) | Eski Taş Ocakları (A5) |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|
| Yeraltı su seviyesi                | 8-10 m.                     | ≈ 200 m.                         | 100-150 m.          | 3-4 m.                        | > 100 m.               |
| Arazi Eğimi                        | % 6-12                      | % 6-12                           | % 2-3               | 3-5 eğim                      | % 1-2                  |
| En yakın yerleşim birimine uzaklık | 2 km.                       | 5 km.                            | 3.5 km.             | 1.5 km.                       | 10 km.                 |
| Civarındaki yüzeysel su            | Kuru dere                   | yok                              | Kuru dere           | yok                           | yok                    |
| Arazinin mevcut kullanımı          | Tarım arazisi mera          | Sınırlı tarım arazisi fundalık   | Sınırlı tarım alanı | Tarım arazisi                 | Sınırlı tarım alanı    |
| Jeoloji                            | Killi                       | Klastik fasiye                   | Killi               | Kireçli kayalık               | Kalkerli               |

Yerleşimine etki eden iklim, toprak, yeraltı su seviyesi vb. faktörler göz önünde tutulduğunda Adana İli katı atık depolama sahası olarak en uygun yerin kuzeydoğu Adana bölgesi olduğu görülmektedir. Kuzeydoğu Adana bölgesinde Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünden alınan toprak etüdü ve arazi raporuna göre işlemeli tarıma müsait olan toprak alanı fazla değildir. DSİ hidrojeolojik etüd raporlarına göre (1986 yılı) bölgede yer yer Kaliçi, Handere, Kozan formasyonlarına rastlanmaktadır ve yeraltı su seviyesi yaklaşık 100 - 200 m'de ve zeminin geçirimsizdir (27). Dolayısıyla yeraltı suyu çöp süzüntü suyundan olumsuz yönde etkilenmeyecektir. Bölgede zeminin permeabilitesi ölçülüp, bu değer Yönetmeliğin öngördüğü  $1 \times 10^{-9}$  değerinden büyük bulunmazsa, taban ıslahında kil tabakası yüksekliğinin düşük tutulması sağlanabilir, bu da maliyet yönünden avantaj sağlayacaktır. Adana'da hakim rüzgar yönünün güneye doğru olması, koku, sinek vb. problemlerin şehir merkezine taşınmasını engelleyecektir.

Alternatif bölgelerden biri olan Damlıca mevki örnek teşkil etmesi açısından araştırılması amaçlanmıştır. Bölgenin şehir merkezine yaklaşık 20 km uzaklıktadır. Deponi alanı olarak önerilen bölgede hakim rüzgarlar yılın büyük bölümünde güneyden kuzeye doğrudur. Bu yönde 3.5 km. mesafede yerleşim birimi bulunmamaktadır. Bölgede taban suyu 1996 yılı D.S.İ'nin hidrojeolojik raporlarına göre yaklaşık 100-150 m'dir. Zeminde Handere Formasyonunun killi şiltli seviyeleri oluşmaktadır (23). Alternatif gösterilen bu bölgede deponi alanına katı atıkları taşıyacak araçlar toplama alanından ve/veya transfer istasyonundan Kozan yoluna, oradan da özel olarak yapılacak yoldan deponi alanına ulaşabilecektir. Bölgede Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünden alınan toprak etüdü ve arazi raporuna göre kırmızı kahverengi orman toprakları vardır ve işlemeli tarıma uygun olmayan veya sınırlı olarak uygun olan araziler vardır. Bölgede yağışa bağlı olarak kuru tarım yapılmaktadır. Arazinin genel topoğrafik yapısı ortalama % 2-3 eğimli olup depolama ve drenaj için oldukça uygun ve elverişlidir (24).

### 3.4.2. Arazi Kapasitesi-

Adana İl Merkezi katı atıkları için 20 yıllık bir deponi sahası düşünülmüştür. 20 yıllık nüfus projeksiyonları yapılmış, kişi başına düşen evsel katı atık, endüstriyel katı atık miktarı hesaplanmıştır. Tıbbi atık miktarı için 1996 yılında yapılan 3 aylık envanter çalışmaları sonuçları kullanılmıştır. Endüstriyel atıkları şimdiden saptama imkanı bulunmadığı için, bu miktar tesis işletmeye alındıktan sonra yürütülecek istatistiklere göre saptanılacağı düşünülmüştür.

Yapılan bir çalışmada kullanılan Adana İli katı atıklarının yoğunluğu olarak  $500 \text{ kg/m}^3$ , deponi alanında sıkışmış haldeki yoğunluk ise  $800 \text{ kg/m}^3$  değerleri Adana'da kişi başına üretilen katı atık miktarı  $1 \text{ kg/gün}$  değeri kabul edilerek deponi sahası için gerekli olan hacim hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 8 'de verilmiştir (26).

**Tablo 8.** Adana İİ Merkezi Evsel ve Endüstriyel Yıllık Katı Atık Miktarları.

| Yıllar | Nüfus<br>Kişi<br>N | Yıllık Toplam<br>Çöp Miktarı (ton)<br>$M=N \times q \times 365 \times 10^{-3}$ | Yıllık Çöp<br>Hacmi ( $m^3$ )<br>$W=M/0.5$ | Sıkıştırılmış Çöp<br>Hacmi ( $m^3$ )<br>$W=M/0.80 \text{ m}^3$ | Eklenik<br>Sıkıştırılmış Çöp<br>Hacmi ( $m^3$ ) |
|--------|--------------------|--|--|--|---|
| 1997   | 1.100.000          | 415.040  | 830.080                                    | 518.800  | 518.800   |
| 2000   | 1.229.134          | 479.323  | 958.646                                    | 599.154  | 2.791.274                                       |
| 2005   | 1.478.917          | 573.854  | 1.147.708                                  | 717.318  | 6.133.035                                       |
| 2010   | 1.779.460          | 687.029  | 1.374.058                                  | 858.786  | 10.133.734                                      |
| 2015   | 2.253.487          | 822.523  | 645.046                                    | 1.028.153  | 14.923.575                                      |
| 2017   | 2.305.529          | 841.518  | 1.683.036                                  | 1.051.898  | 15.644.059                                      |

Tablodaki eklenik çöp hacimleri, 1997 yılı gayri resmi olarak açıklanan nüfus (1.100.000 kişi) baz alınarak, D.İ.E.'nin kullandığı doğal artış yöntemine göre yapılan nüfus projeksiyonuna göre çıkarılmıştır. Planlama aşamasında mevcut nüfuslara göre eklenik çöp hacimleri tekrar hesaplanacağı göz önünde tutulmalıdır.

Damlıca mevkiinde planlanan depolama alanı için;

Ortalama çöp derinliği : 10 m.

Bir hücre yüzey alanı :  $20 \times 50 \text{ m} = 1000 \text{ m}^2$

Bir hücre hacmi :  $1000 \times 10 = 10.000 \text{ m}^3$  kabulleri yapılmıştır.

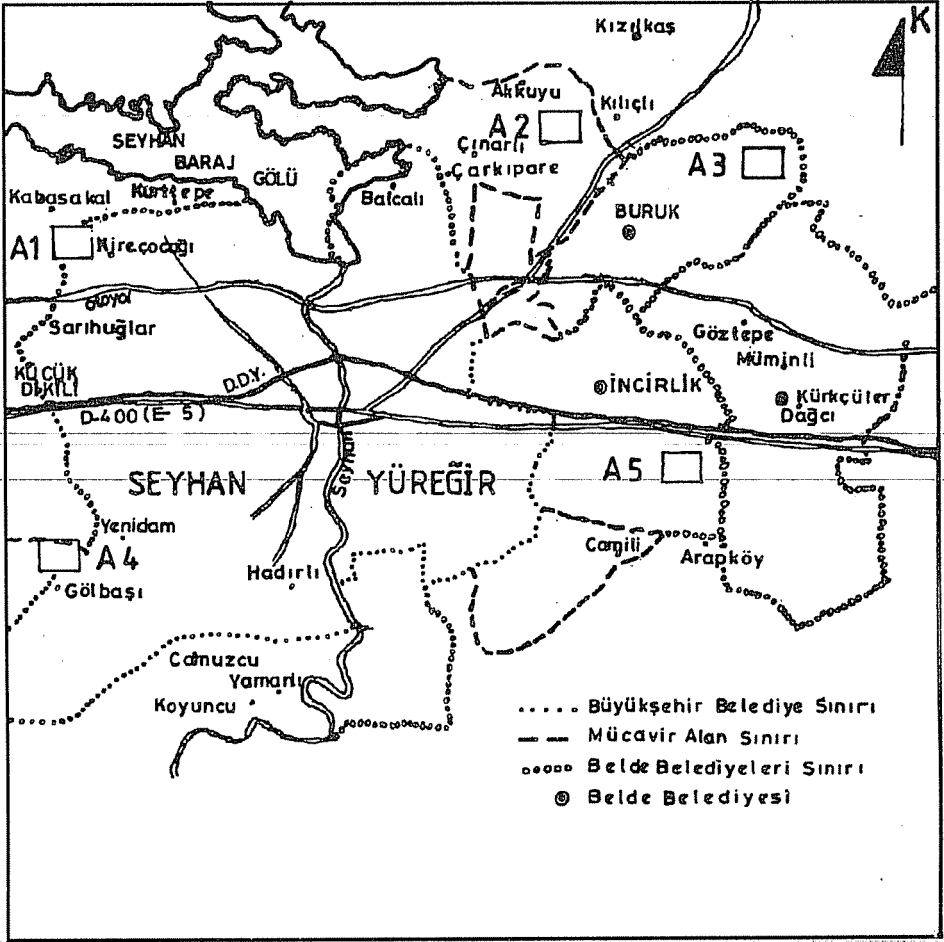
Planlanan sahanın  $606.050 \text{ m}^2$ 'dir. Dolayısıyla saha yaklaşık  $6.060.000 \text{ m}^3$  çöp depolayacak kapasitededir. Buna ilave olarak, eğim arttıkça çöp kalınlığının artacağı ve yanıl alanların kullanılacağı hesaplandığı taktirde depolama sahası en az 10 yıl hizmet verebilecektir.

#### 4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada Adana İİ Merkezinde üretilen katı atıkların çevreye ve ekolojik dengeye en az zarar verecek şekilde, en ekonomik ve uygun yöntemle bertaraf edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Adana İİ evsel katı atıklarının geri kazanılması, tekrar kullanımı veya ikincil hammaddeye dönüştürülmesi, yakma ve depolama yöntemleri tek tek kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama sonucunda;

1- Adana İİ katı atıkları geri kazanım için uygun değildir. Fakat yeterli teknoloji ve imkanlar dahilinde ilk yatırım maliyeti düşük, geri ödeme süresi kısa bir geri kazanım tesisinin düzenli depolama sahası yakınına yapılması düşünülebilir.

2- Adana İİnde yaz aylarında katı atığın içerdiği yüksek nem oranından dolayı kompost prosesinin olumsuz yönde etkileneceği aşikardır. Ancak, yüksek miktarda organik madde içeren atıklar, geri kazanım işlemine tabi tutulduktan sonra, optimum şartlar ve proses sağlandığında kompostlaştırılması düzenli depolamaya rakip bir işletme prosesi olarak düşünülebilir.



Şekil 3. Adana düzenli depolama sahası için alternatif bölgeler.

3- Atığın özellikle yaz aylarındaki düşük kalorifik değeri (840 kcal/kg), atığın enerjiye dönüştürüldüğü bir tesiste elektrik üretmeye yetmediği gibi, kendi kendine yanmaya bile müsait olmadığından yakma methodu mevcut atık durumuna göre uygun görülmemektedir.

4- Elde edilen veriler doğrultusunda evsel, endüstriyel ve tıbbi atıklarının bertarafı için en uygun, ekonomik ve güvenilir yöntemin düzenli depolama tesisi yapmak olduğu görülmektedir.

5- Düzenli depolama tesisi için gerekli kriterler göz önünde tutularak yer belirleme çalışmaları yapılmıştır. Depolama sahası için belirlenen 5 yer alternatifinden kuzeydoğu Adana Bölgesinde kalan bölgelerin en uygun olduğu görüşüne varılmıştır.

## 5. KAYNAKLAR

1. Ekici,P., Yüceer,A., Adana Kenti Katı Atıkları, Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Ç.Ü. Müh.-Mim. Fak., 15. Yıl Sempozyumu, 508. 514, Adana,1994.
2. Sorgun,K., Düzenli Çöp Depolama, SEGEM Yayınları, S.110. Kuşadası,1988.
3. Heerenklagoes,J., Stegmann,R., Overview on Mechanical - Biological Pretreatment of Residual MSW , Proceedings Sordinia 95, Fifth International Landfill Symposium, S.Margheritta Di Pula, Cagliari, S: 913 - 925, Italy,1995.
4. Cossu,R., Role of Landfilling in Solid Waste Management, Proceedings of fifth International Landfill Symposium., p.4-5, Italy, 1995.
5. Cossu,R., Carra, The Multi-Barrier Landfill and Related Engineering Problems, 5th International Landfill Symposium, Italy.
6. D.İ.E., Belediye İstatistikleri , Ankara,1993.
7. Evirgen,M.M., Kasapoğlu,K.E., Deponi Sahası Yerleşiminde Gözönünde Bulundurulması Gereken Jeolojik Faktörler, 5. Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi, Çukurova Ün. Basımevi, Adana, 1989.
8. Anonymous, Katı Atık Depo Sahaları Tip Projesi, 1. Ara Rapor, Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, T.C. Çevre Bakanlığı Çekök Genel Müd., Ankara, 1993.
9. Sorgun,K., Katı Atık Yönetimi, SEGEM Yayınları, S.149. Mersin, 1987.
10. Anonymous, Katı Atık Yönetim Etüdü ,CH2M Hill Int Ltd. Şti.- Artel Arıtma A.Ş., İstanbul, 1992.
11. Tchobanoglous,G., Integrated Solid Waste Management, Mc Graw Hill, p.364-365, p. 71-72, p. 84-85, Newyork, 1993.
12. Wasti,Y. ve ark., Geoteknik Açından Düzenli Katı Atık Depolanması, Eğitim Semineri, 6-7 Nisan ODTÜ- SEM, Ankara, 1995.
13. Adana İl Yıllığı, 50-55. Adana, 1991.
14. Kara,B.H. ve ark., Kayseri Şehri Katı Atık Problemine Genel Bir Bakış, Türkiye Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu II, Cilt 2., 481-485, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 1997.
15. Geberi,O., Katı Atıkların Tanıtılması, Toplanması ve Uzaklaştırılması, Boğaziçi Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., 1-26, 1987.
16. EPA, Permitting Hazardous Waste Incinerators, EPA/625/4-87/017,1987.
17. Clark,C., The Advantoges of Managing Clinical Waste in Kathmandu, Waste Management p.15, April 1995.
18. Berkün,M., Doğu Karadeniz Bölgesinde Katı Atıkların Özellikleri ve Giderilmesinin Tasarımı, K.T.Ü. Müh. Fak.Yayınları, Proje No 911120012, Trabzon, 1991.
19. Göksu,R. ve ark., Bursa Şehri Çöpünden Aerobik-Kapalı Kontrollü Sistem Kullanılarak Kompost Üretilmesi Üzerine Bir Çalışma, Uluslararası Çevre 87

*Sempozyumu, Teknografik Matbaacılık San. ve Tic., 244-246, İstanbul, 1987.*

20. Anonymous, *Katı Atık Yönetimi Uygulama Çalışması, Tugal Çevre Teknolojisi - Environmental Resources Management, İstanbul, 1995.*

21. Erdin, E., *Katı Atık Ders Notları, Dokuz Eylül Ün. Müh. Fakültesi, İzmir, 1990.*

22. Alyanak, İ., *Depolama Yerlerinde Karşılaşılan Zemin Mekaniği Problemleri ve Çözüm Önerileri, Uluslararası Çevre 87 Sempozyumu, 63-64, İstanbul, 1987.*

23. D.S.İ., *Hidrojeoloji Raporları, Ankara, 1996.*

24. Köy Hizmetleri Genel Müd., *Adana İli Arazi Varlığı, Köy Hiz. Genel Müd. Yayınları, Ankara, 1996.*

25. Yüceer, A., *Katı Atık Deponi Alanı Çevresel Etki Değerlendirmesi Ön Araştırma Raporu, Adana, 1997.*

26. Anonymous, *Çukurova Metropolitan Bölgesi Kentsel Gelişme Projesi, Dar Al-Handasah Consultants-Inbucon Management Cons. Ltd, IDO 48/A, 38, 1986.*

27. D.S.İ., *Hidrojeoloji Raporları, 1986.*

## YAZIM KURALLARI

Gönderilecek makaleler, Mühendislik Bilimleri ile ilgili başka bir yerde yayınlanmamış orijinal bir araştırma niteliğinde olmalıdır. Çeviri ve derleme makaleler kabul edilemez. Yazı dili Türkçe ve İngilizce'dir. Dergi ofset tekniği ile basıldığından makaleler Macintosh veya Macintosh uyumlu bilgisayarla yazılmış, biri orijinal ikisi fotokopisi olmak üzere üç nüsha olarak gönderilmelidir.

Makalelerin incelenmesi yapıldıktan sonra düzeltmeler yazarlar tarafından yapılmalı, tüm şekil ve grafikler yerleştirilmiş olarak, düzeltilmiş nüshaya ait disket ile birlikte 15 gün içerisinde geri gönderilmelidir. Makalenin başlığı metne uygun kısa ve açık ifadedi olmalıdır. Başlık büyük harflerle ve sayfa ortalanarak yazılmalıdır. Makale 1,5 satır aralıkla yazılmalıdır. Alt başlıklarla ilk paragraf ve paragraflar arasında 1,5 aralık bırakılmalıdır. Yazar ad ve soyadları ünvan belirtilmeden başlığın 1 cm altına sayfa ortalanarak yazılmalıdır. Yazar sayısı birden çok ise, hepsi alt alta yazılmalıdır. Yazar adresi (Üniversite, Fakülte, Bölüm, Şehir) makale başlığının altına yazılmalıdır.

Makaleler, çizelge, şekil ve fotoğraflarla birlikte en fazla 15 sayfa olmalıdır. Ancak kısaltılması mümkün olmayan makalelerin yayınlanmasında yayın kurulu yetkilidir. Şekil ve grafikler çini mürekkep ile aydınır kağıdına veya beyaz kuşe kağıda çizilmeli, resimler parlak fotoğraf kartına siyah-beyaz ve net basılmış olmalıdır.

Çalışma herhangi bir kurumun desteği ile yapılmış ise, bu ilk sayfa altına \* işaretini takip edecek şekilde dipnotu olarak yazılmalıdır.

Başlıklar 1., 2., ve alt başlıklar 1.1., 1.2.,..... v.b. numaralandırılıp alt başlıklar küçük harflerle, fakat kelime başharfleri büyük olarak yazılmalıdır. Metindeki eşitlikler (1), (2),.... v.b. numaralandırılmalı ve numaralar sayfanın en sağına yerleştirilmelidir. Daktiloda bulunmayan işaretler, siyah çini mürekkep ve şablon kullanılarak (veya elle çok düzgün bir şekilde) yazılmalıdır.

Makalenin bölümleri aşağıdaki sıraya göre olmalıdır: Türkçe başlık, özet, ingilizce başlık ve özet, metin, teşekkür (gerekli ise) ve kaynaklar. Özetler en az beş, en fazla 10 satır olmalıdır. Özetten sonra makalenin ingilizce başlığı büyük harflerle ve sayfa ortalanarak yazılıp, bunun altına da "Abstract" ingilizce olarak verilmelidir. Metinde mutlaka giriş ve sonuç bölümleri bulunmalıdır. Ara bölümler materyal ve metod, deneysel çalışma, teorik esaslar gibi başlıklar veya alt başlıklar şeklinde düzenlenebilir. Metin içinde kaynaklara atıfta bulunmak istenildiğinde, yazar adı verilerek veya verilmeksizin kaynak numarası parantez içinde gösterilmelidir. Numaralandırma metinde veriliş sırasına göre yapılmalıdır. İki'den fazla yazar sayısı durumunda ilk iki yazar adı yazılıp, türkçe kaynaklarda "ve diğ." yabancı kaynaklarda "et.al." ibaresi eklenir. Kaynak makale ise, önce yazar adı başharfi, yazarın soyadı, makalenin adı (yalnız ilk kelimenin baş harfi büyük), derginin adı veya varsa kısaltılmış adı, dergi cilt ve sayısı, parantez içinde yılı ve en sona da başlangıç ve bitiş sayfaları tire ile ayrılarak verilmelidir. Kaynak bir kitap ise yazar adının ilk harfi, soyadı, kitap adı (kelime harfleri büyük), yayınevi, yayın yeri, yayın yılı ve sayfa numarası verilmelidir.

Makalesi yayınlanan yazarlara bir adet dergi, 10 adet ayrı baskı gönderilir, ancak telif hakkı ödenmez. Dergiye gönderilen yazılar yayınlansın veya yayınlanmasın iade edilmez. Makaleleri yayınlama yetkisi dergi yayın kuruluna aittir.

Yayınlanması istenen makaleler aşağıdaki adrese gönderilmelidir.

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi

Dergi Yayın Kurulu Başkanlığı

01330 Balcalı-ADANA

Tel : (322) 338 63 57 Fax: (322) 338 61 26

|   |     |
|---|-----|
| Büyükkaramanlı-Pulpınar (Pınarbaşı-Kayseri) Kromit Cevherleşmelerinin Jeolojik, Metalojenik ve Ekonomik İncelemesi<br><i>The Investigation of the Geological, Metallogenical and Economical of Büyükkaramanlı-Pulpınar (Pınarbaşı-Kayseri) Chromite Deposits</i><br>İsmail AKÇA, Mesut ANIL ..... | 57  |
| Serrow-Urmiye (İran) Bölgesinde Yeralan Magmatik ve Metamorfik Kayaçların Petrografisi ve Petrolojisi<br><i>Petrographic and Petrologic Investigation of Magmatic and Metamorphic Rocks of Serrow-Urmiye (Iran) Region</i><br>Ebrahim ELYASSİ, Fikret İŞLER, Mesut ANIL .....                     | 75  |
| Yeraltı Metal Maden İşletmelerinde Verimlilik ve Rasyonalizasyon<br><i>Productivity and Rationalization in Underground Metallic Mining</i><br>M.Suat DELİBALTA .....  | 93  |
| Katı Atık Bertaraf Teknolojilerinin Adana İçin Uygulanabilirliği<br><i>Applicability of Solid Waste Disposal Technologies for Adana City</i><br>Ahmet YÜCEER, Dilek SARIASLAN .....   | 105 |