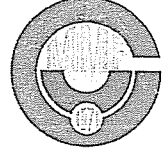




ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ  
DERGİSİ



ÇUKUROVA UNIVERSITY  
JOURNAL OF FACULTY OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE

CİLT 20  
VOL

SAYI 2  
NO

Aralık 2005  
December

ISSN 1019-1011

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

|   |    |
|---|----|
| On Effective Length Factor of Framed Columns in the TS 500 Building Code<br><i>TS 500'deki Kolon Etkili Boy Faktörleri</i><br>Halil GÖRGÜN, S.Seren AKAVCI.....   | 1  |
| Description of Particle Image Velocimetry Technique and its Applications<br><i>Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçme Tekniğinin Tanıtımı ve Sabit Bir Silindirin Etrafındaki Akışa Uygulanması</i><br>Azize AKKOCA, N.Adil ÖZTÜRK.....   | 15 |
| Effect of Temperature on Anaerobic Digestion of Carbohydrates<br><i>Sıcaklığın Karbonhidratların Anaerobik Giderimine Etkisi</i><br>M.Ümit ÜNAL, Salih AKSAY, Turan YILMAZ.....   | 27 |
| Effect of Mixed Substrate on the Stability of Anaerobic Digestion<br><i>Karışık Substratın Anaerobik Arıtım Stabilitesine Etkisi</i><br>M.Ümit ÜNAL, Salih AKSAY, Turan YILMAZ.....   | 37 |
| İplik Üretim Sistemlerinde Enerji Kullanımı-Ring İplik Eğirme Sistemi Örneği<br><i>The Energy Consumption of Yarn Manufacturing Systems-Reference to Ring Spinning System</i><br>Erdem KOÇ, Emel KAPLAN.....  | 45 |
| Yüksek Fırın Cürufu ve Bazaltik Pomza Katkılı Betonların Deniz Yapılarında Kullanılmasının Beton Durabilitesi Açısından Avantajları<br><i>Advantages of Using Concrete Incorporated with Ground Granulated Blast-Furnace Slag and Basaltic Pumice in Terms of Concrete Durability in Marina Structure</i><br>Orhan AKSOĞAN, Hanifi BİNİCİ, Ela Bahşude GÖRÜR..... | 59 |
| Etkili Rijitlik Modelleri Kullanılarak Yapıların Üç Boyutlu Analizi<br><i>Three Dimensional Analysis of Structures Using Effective Stiffness Models</i><br>Cengiz DÜNDAR, İ.Fatih KARA, A.Kamil TANRIKULU.....  | 67 |
| İki Sıra Boşluklu Deprem Perdelerinde Tek Güçlendirici Kiriş Konumunun Toplam Perde Eğilme Momentine Etkisi<br><i>The Effect of The Level of a Single Stiffening Beam on the Total Bending Moment of Two-Bay Coupled Shear Walls</i><br>Engin EMSEN, Orhan AKSOĞAN, Murat BİKÇE, Halil GÖRGÜN.....  | 81 |

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

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

**Sahibi**

Tuncay YILMAZ  
Çukurova Üniversitesi  
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanı

**Editör**

Mesut ANIL

**YAYIN KURULU**

Mesut ANIL Melih BAYRAMOĞLU  
Hasan ÇETİN Recep YURTAL  
Osman BABAARSLAN

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

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| İ.Deniz AKCALI (Ç.Ü.)  | Orhan AKSOĞAN (Ç.Ü.)  |
| Ahmet AYHAN (S.Ü.)     | Sedat TEMUR (S.Ü.)    |
| A.Feyzi BİNGÖL (F.Ü.)  | Cavit DEMİRKOL (Ç.Ü.) |
| İlhan ERHAN (M.S.Ü.)   | Aziz ERTUNC (S.D.Ü.)  |
| Cahit HELVACI (D.E.Ü.) | M.Baki KARAMIŞ (E.Ü.) |
| Erdal KEREY (İ.Ü.)     | Salih KIRKGÖZ (Ç.Ü.)  |
| Erdem KOC (Ç.Ü.)       | Güven ÖNAL (İ.T.Ü.)   |
| Işık ÖZPEKER (İ.T.Ü.)  | Kazım PIHTILI (F.Ü.)  |
| Hamit SERBEST (Ç.Ü.)   | Bedri TUÇ (G.Ü.)      |
| Ibrahim UZMAY (E.Ü.)   | Servet YAMAN (Ç.Ü.)   |
| Cengiz YETİŞ (Ç.Ü.)    | Tuncay YILMAZ (Ç.Ü.)  |

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

|                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| S.Seren AKAVCI (Ç.Ü.)       | Hüseyin AKILLI (Ç.Ü.)      |
| Fatih ALTUN (E.Ü.)          | H.Murat ARSLAN (Ç.Ü.)      |
| Cengiz Duran ATIŞ (Ç.Ü.)    | Mesut BAŞIBÜYÜK (Ç.Ü.)     |
| Murat BİKÇE (M.K.Ü.)        | Osman ÇAKIROĞLU (K.T.Ü.)   |
| Faruk Fırat ÇALIM (M.K.Ü.)  | Zeynel DEMİREL (Mer.Ü.)    |
| Onur ERMAN (Ç.Ü.)           | H.İbrahim EKİZ (Mer.Ü.)    |
| Ragıp ERDÖL (K.T.Ü.)        | Kemal GÜRBÜZ (Ç.Ü.)        |
| Tefaruk HAKTANIR (E.Ü.)     | Hasan KAPLAN (P.Ü.)        |
| Ali KOÇ (M.K.Ü.)            | Emel LAPTALI ÖRAL (M.K.Ü.) |
| Levent ÖNAL (E.Ü.)          | Fatih ÖZCAN (N.Ü.)         |
| Muammer ÖZGÖREN (S.Ü.)      | Erol ÖZER (Mer.Ü.)         |
| Emel Ceyhun SABIR (Ç.Ü.)    | Ayşe SAĞSÖZ (K.T.Ü.)       |
| Metin Hakan SEVERCAN (N.Ü.) | A.Kamil TANRIKULU (Ç.Ü.)   |
| A.Hamza TANRIKULU (Ç.Ü.)    | Hakan TÜRKER (M.K.Ü.)      |
| Hüseyin YAPICI (E.Ü.)       | Hüseyin R.YERLİ (Ç.Ü.)     |
| Güzel YILMAZ (Har.Ü.)       | Zeynep ZAIMOĞLU (Ç.Ü.)     |

**YAZISMA ADRESİ**

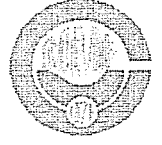
Ç.Ü.. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi  
Dergi ve Yayın Kurulu Başkanlığı  
01330 Balcalı / ADANA

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

(Bu sayı Çukurova Mühendisler - Mimarlar Güçlendirme Derneği tarafından bastırılmıştır).



ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ  
DERGİSİ



ÇUKUROVA UNIVERSITY  
JOURNAL OF FACULTY OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE

CİLT  
VOL 20

SAYI  
NO 2

Aralık  
December 2005

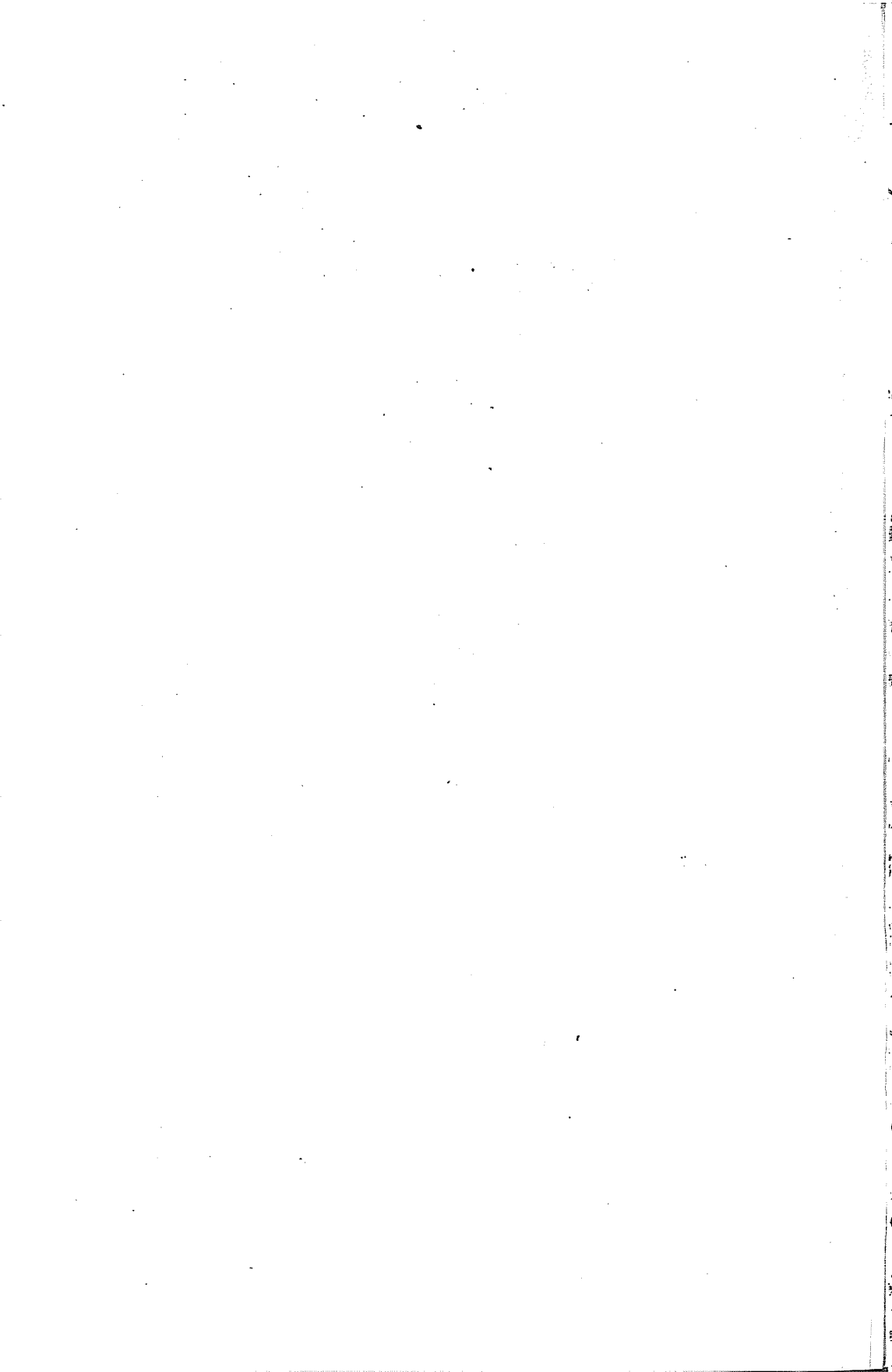
ISSN 1019-1011

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

|   |    |
|---|----|
| On Effective Length Factor of Framed Columns in the TS 500 Building Code<br><i>TS 500'deki Kolon Etkili Boy Faktörleri</i><br>Halil GÖRGÜN, S.Seren AKAVCI.....   | 1  |
| Description of Particle Image Velocimetry Technique and its Applications<br><i>Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçme Tekniğinin Tanıtımı ve Sabit Bir Silindir Etrafındaki Akışa Uygulanması</i><br>Azize AKKOCA, N.Adil ÖZTÜRK.....   | 15 |
| Effect of Temperature on Anaerobic Digestion of Carbohydrates<br><i>Sıcaklığın Karbonhidratların Anaerobik Giderimine Etkisi</i><br>M.Ümit ÜNAL, Salih AKSAY, Turan YILMAZ.....   | 27 |
| Effect of Mixed Substrate on the Stability of Anaerobic Digestion<br><i>Karışık Substratın Anaerobik Arıtım Stabilitesine Etkisi</i><br>M.Ümit ÜNAL, Salih AKSAY, Turan YILMAZ.....   | 37 |
| İplik Üretim Sistemlerinde Enerji Kullanımı-Ring İplik Eğirme Sistemi Örneği<br><i>The Energy Consumption of Yarn Manufacturing Systems-Reference to Ring Spinning System</i><br>Erdem KOÇ, Emel KAPLAN.....  | 45 |
| Yüksek Fırın Cürufu ve Bazaltik Pomza Katkılı Betonların Deniz Yapılarında Kullanılmasının Beton Durabilitesi Açısından Avantajları<br><i>Advantages of Using Concrete Incorporated with Ground Granulated Blast-Furnace Slag and Basaltic Pumice in Terms of Concrete Durability in Marina Structure</i><br>Orhan AKSOĞAN, Hanifi BİNİCİ, Ela Bahşude GÖRÜR..... | 59 |
| Etkili Rijitlik Modelleri Kullanılarak Yapıların Üç Boyutlu Analizi<br><i>Three Dimensional Analysis of Structures Using Effective Stiffness Models</i><br>Cengiz DÜNDAR, İ.Fatih KARA, A.Kamil TANRIKULU.....  | 67 |
| İki Sıra Boşluklu Deprem Perdelerinde Tek Güçlendirici Kiriş Konumunun Toplam Perde Eğilme Momentine Etkisi<br><i>The Effect of The Level of a Single Stiffening Beam on the Total Bending Moment of Two-Bay Coupled Shear Walls</i><br>Engin EMSEN, Orhan AKSOĞAN, Murat BİKÇE, Halil GÖRGÜN.....  | 81 |

|   |     |
|---|-----|
| Kiriş-Duvar Bağlantıları Esnek Olan İki Sıra Boşluklu Perdelerin Statik Analizi<br><i>Static Analysis of Two-Bay Coupled Shear Walls with Flexible Beam-Wall Connections</i><br>Engin EMSEN, Halil GÖRGÜN, Orhan AKSOĞAN.....   | 95  |
| İki Eksenli Eğilme ve Eksenel Basınca Maruz Yüksek Dayanımlı<br>Beton Kolonlar İçin Dikdörtgen Gerilme Bloğu Parametreleri<br><i>Rectangular Stress Block Parameters for High-Strength Concrete Columns<br/>Subjected to Biaxial Bending and Axial Load</i><br>Serkan TOKGÖZ, Cengiz DÜNDAR, Cengiz Duran ATIŞ..... | 111 |
| Prefabrik Yapı Elemanı Üretimi İçin Bilgisayar Destekli Kalıp Tasarımı<br><i>Computer-Aided Mould Design in the Production of Precast Concrete Structures</i><br>Gültekin AKTAŞ, Tarık BARAN, A.Kamil TANRIKULU.....  | 121 |
| Prefabrik Yapı Elemanlarında Taze Beton-Kalıp Etkileşimi İçin Titreşim Etkisindeki<br>Taze Betonun Modellenmesi<br><i>Modelling of Fresh Concrete for Fresh Concrete-Mould Interaction in<br/>Precast Concrete Structures under Vibration</i><br>Gültekin AKTAŞ, Tarık BARAN, A.Kamil TANRIKULU.....                | 131 |
| İnşaat Projelerinin Gerçekleştirilme Süreci İçin Tasarlanmış Bir Sözleşme Yönetim Modeli<br><i>A Contract Management Model for Construction Projects</i><br>Nuran KAYA DANIŞMAN, M.Emin ÖCAL.....   | 147 |
| Sugözü Uçucu Külü Kullanımının Beton Basınç Dayanımı Üzerindeki Etkisi<br><i>Effects of Sugözü Fly Ash on Compressive Strength of Concrete</i><br>Cengiz Duran ATIŞ, Okan KARAHAN, Cahit BİLİM, Kamuran ARI.....  | 159 |
| Çeşitli Deprem Yönetmeliklerinin Türk Deprem Yönetmeliği (TDY-1998) İle Karşılaştırılması<br><i>Comparison of Turkish Seismic Code (TDY-1998) with Various Seismic Codes</i><br>Mehmet Fatih ŞAHAN, Ali Hamza TANRIKULU.....  | 169 |
| Boşluklu Perdeli Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliği'ne (TDY 98) Göre İncelenmesi<br><i>A Study on Structures Containing Coupled Shear Walls According to Turkish Earthquake<br/>Code-98</i><br>Mehmetcan MAVRUK, H.Murat ARSLAN.....   | 185 |
| Toprakkale (Osmaniye) Bazaltik Pomzasından Yüksek Mukavemetli Hafif Beton İmalı<br><i>High-Strength Lightweight Concrete Made with Scoria from Toprakkale<br/>(Osmaniye) Basaltic Pumice</i><br>Alaettin KILIÇ, Ergül YAŞAR, Cengiz Duran ATIŞ.....   | 201 |
| Titreşim Esaslı Taşıt Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi<br><i>Determination of Vibration Based Vehicle Design Parameters</i><br>İbrahim KELEŞ, Ertuğrul BALTACIOĞLU.....  | 211 |
| Polyester/Elastan Örme Kumaşlarda Elastan Elyafının Renk Haslıklarına Etkisinin İncelenmesi<br><i>Investigation of the Effect of Elastane Fiber on Fastness in Polyester/Elastane Knitting Fabric</i><br>Emel Ceyhan SABIR, Yalçın YEŞİL.....   | 221 |
| Dörtüyl ve Çevresinde Bulunan Taşınmaz Kültür Varlıkları<br><i>Immovable Cultural Wealths in Dörtüyl and its Surrounding</i><br>Pırıl ÖZEL, Erkin ERTEN.....  | 233 |

|   |     |
|---|-----|
| Hidrojeolojik Veri Tabanlı Bir Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışması Örneği:<br>Adana İli Yerleşim Alanı<br><i>An Example from Geographical Information System Based on Hydrogeological Data Bases:<br/>Adana Settlement Area</i>   | 251 |
| İsali-Doruk-Yumurtalık Civarının (Adana) Tektono-Stratigrafisi<br><i>Tectono-Stratigraphy of İsali-Doruk-Yumurtalık (Adana) Area</i>  | 271 |
| Gülşen UYSAL, Ulvi Can ÜNLÜGENÇ.....  | 287 |
| Osmaniye Kentinde Yeşil Alanlar ve Kent Nazım İmar Planlarında Yeşil Alanlar<br><i>The Green Areas and in Urban Plans of the Green Areas of Osmaniye City</i>   | 287 |
| Gülcan TÜRKOĞLU, Nilgün YÜCEER.....   | 303 |
| Osmaniye Kenti Nazım İmar Planları<br><i>Urban Plans of Osmaniye</i>  | 303 |
| Gülcan TÜRKOĞLU, Nilgün YÜCEER.....   | 319 |
| Eski Maden İşletmeleri ve Taş Ocaklarının Tehlikeli Atık Deposu Olarak Kullanılma Olanakları<br>ve Çukurova Bölgesinde Bir Uygulama: Tarsus Sağlıklı Köyü Boynuztepe Mevkii Eski Alçı<br>Taşı Ocağı<br><i>The Usage Possibility of Hazardous Waste Storage of Abandoned Open-Pit Mine Areas and<br/>Quarries and an Application of Çukurova Region: Tarsus Sağlıklı Village, Boynuztepe<br/>Abandoned Gypsum Open-Pit</i> | 319 |
| Mesut ANIL, Özen KILIÇ, Mehmet TÜRKMENOĞLU.....   |     |



## ÖNSÖZ

Fakülte Dergimizin 20. cilt 2. sayısını kısa bir gecikmeyle yayınlamış bulunuyoruz. 2005 yılına ait bu ciltde 4'ü İngilizce ve 21'i Türkçe olmak üzere 25 adet makale yer almaktadır. Bundan sonra yayınlanacak olan 2006 yılı 1. sayısını da Haziran ayında yayınlamayı planlıyoruz. Dergimize değerli öğretim elemanlarımızın güncel çalışmalarını bekler, gösterdikleri ilgiye teşekkür ederiz.

Fakülte bütçesinde yeterli ödenek olmadığı için dergimizin baskısını gerçekleştiren Çukurova Mühendisler-Mimarlar Güçlendirme Derneği'ne ve büyük bir özveriyle derginin dizgisini yapan Yazım-Yayın Bürosu sekreteri Filiz Demirkıran'a ve basımını büyük bir titizlikle gerçekleştiren Üniversitemiz Matbaası yetkililerine teşekkür etmeyi görev biliriz.

Yayın Kurulu





## ON EFFECTIVE LENGTH FACTOR OF FRAMED COLUMNS IN THE TS 500 BUILDING CODE

**Halil GÖRGÜN**

*D.U., Department of Civil Engineering, Diyarbakir/Turkey*

**S. Seren AKAVCI**

*C.U., Department of Architecture, Adana/Turkey*

**ABSTRACT** : *The main aim of this work is to provide practical alternative k-factor equations for the design of framed columns in building frames. To this end, charts used for determining the effective length factors and the TS 500 simplified k-factor equations are evaluated and compared. Column effective length factors k have been computed for a number of sway sub-frames in unbraced and partially braced frames. The variable parameter was the relative flexural stiffness  $\alpha$  of the frame members. Alternative k-factor equations based on parametric study are then derived and developed. Parametric equations have been presented for the variations in k with  $\alpha$ . The results enable designers to determine k factors for situations currently not catered for in codes of practice, in particular the upper storey of a partially braced frame. The proposed k-factor equations are found simple to use, can be programmed on small calculators, and in good agreement with results obtained from the alignment charts. It is concluded that the proposed parametric equations are suitable for adoption in practice.*

### TS 500'DEKİ KOLON ETKİLİ BOY FAKTÖRLERİ

**ÖZET** : *Bu çalışmanın başlıca amacı kat kolonlarındaki kolon etkili boy faktörü için alternatif pratik denklemler sağlamaktır. Bunun için kolon etkili boy faktörü için kullanılan diyagramlar ve TS 500'deki yaklaşık k-faktörü denklemleri değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Kolon etkili boy faktörleri, yatay ötelenmesi önlenmemiş ve kısmen önlenmiş çerçevelerde yer alan yatay ötelenmesi önlenmemiş basit çerçeveler için hesaplanmıştır. Değişken parametre olarak çerçeve elemanların rölatif eğilme rijitliği  $\alpha$  alınmıştır. Daha sonra, parametrik çalışmaya dayalı k-faktörü denklemleri geliştirilmiştir. Parametrik denklemler, k da meydana gelen değişikliklerin  $\alpha$  nın bir fonksiyonu olarak sunulmuştur. Sonuçlar, tasarımcılara mevcut standartlarda yer almayan durumlar için k faktörlerini, özellikle kısmen ötelenmesi önlenmiş bir çerçevenin üst katı için, hesaplama imkanı vermektedir. Önerilen k-faktörü denklemlerin kullanımı kolay, küçük hesap makinelerine programlanabilen ve diyagramlardan elde edilen sonuçlarla uyum içerisinde oldukları görülmüştür. Önerilen parametrik denklemlerin pratikte kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.*

## 1. EFFECTIVE LENGTH FACTORS IN COLUMN ANALYSIS

The determination of column effective lengths in the analysis of reinforced concrete skeletal frames is well established and owes much to the work of Cranston (1), Wood (2), and Timoshenko et. al. (3). The notion of using effective length factors  $k$  to assess the buckling capability of a column, either individually or as part of a structural frame, has found favour with design engineers. Simple equations for  $k$  have been presented in terms of column end boundary conditions and/or relative frame stiffness functions, so that the designer may compute, not only column buckling capacities but also second order deflections and ultimate second order bending moments, often termed  $M_{add}$  in BS 8110 (4) or  $M_{sd}$  in EC 2 (5). The British Code for concrete structures, BS 8110:1985 (4) has adopted such an approach after Cranston (1) whereby column end conditions were equated to  $\alpha$ , the total relative stiffness of the column to that of the beam(s) (or beams and slabs) framing into the ends of the column. The approach may be used for both braced and unbraced concrete frames. The beam - column connections are assumed to be fully rigid and of equal (or greater) strength to that of the members.

The current TS Building Code (TS 500-2000) (6) uses the moment magnifier design approach to account for the second-order  $P-\delta$  (member instability) and  $P-\Delta$  (frame instability) effects in the design of reinforced concrete columns. The validity of this approach depends to a large extent on an accurate determination of the effective length factor  $k$ . The TS Building Code (TS 500-2000) (6) recommends the use of simplified equations, as in the current ACI Building Code (ACI 318-02) (7), derived from the alignment charts, Fig. 1 (8), developed originally by Julian and Lawrence (9) for framed compression members. Alternatively, the modified  $k$ -factor equations proposed by Cranston (1) and Furlong (10) may be used in lieu of the alignment charts. The paper discusses the  $k$ -factor problems to highlight the basic assumptions and particular difficulties associated with reinforced concrete columns in sway frames.

In the context of the present work, *stability* implies general *frame stability* in which columns will not buckle independently of one another. It is therefore necessary to investigate the stability of a framework as a whole and to take into account  $\alpha$  effects at both ends of the column. This paper presents the results for column effective length factors in three types of sub-frames commonly occurring in skeletal frames. Only sway frames are considered in this work. This instability was obtained using a geometric second-order two-dimensional frame computer program analysis developed by Aksoğan and Görgün (11). In all cases maximum column loads in each sub-frame, and hence  $k$  factors are obtained for given values of  $\alpha$ .

## 2. RESEARCH SIGNIFICANCE

This paper evaluates the present TS Building Code (TS 500-2000) effective length factor for framed columns. It is found that very conservative results are obtained by the TS 500 simplified equations when the end restraints of columns are big. To this end, it is proposed that some comments be added to the present TS Building Code concerning the simplified  $k$ -factor equations.

### 3. ALIGNMENT CHARTS FOR k-FACTOR

The alignment charts, Fig. 1 (8), have been developed on the basis of the following equations (12), (13).

For nonsway frames

$$\frac{\alpha_1 \alpha_2 \left(\frac{\pi}{k}\right)^2}{4} + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \left(1 - \frac{\frac{\pi}{k}}{\tan\left(\frac{\pi}{k}\right)}\right) + \frac{2 \tan\left(\frac{\pi}{2k}\right)}{\frac{\pi}{k}} = 1 \quad (1)$$

For sway frames

$$\frac{\alpha_1 \alpha_2 \left(\frac{\pi}{k}\right)^2 - 36}{6(\alpha_1 + \alpha_2)} = \frac{\frac{\pi}{k}}{\tan\left(\frac{\pi}{k}\right)} \quad (2)$$

where  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  are the relative flexural stiffness ratios at A and B ends of Column AB Fig. 2 (14), and Fig. 3 (15), respectively. They are defined as:

$$\alpha_{1,2} = \frac{\sum E_c I_c / \ell_c}{\sum E_b I_b / \ell_b} \quad (3)$$

In which  $\sum$  indicates a summation of all members rigidly connected that joint and lie in the plane in which the column buckling is being considered. E is the modulus of elasticity, I the moment of inertia, and  $\ell$  the unsupported length. The subscripts 1 and 2 refer to the joints at two ends of the column, as shown in Figs. 2 and 3. Subscripts c and b represent columns and restraining beams, respectively. Once  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  have been calculated, k can be obtained by solving above transcendental function (16).

Eq. (1) and (2) are based upon assumptions (17-20) of idealized conditions and the subassemblage models of frames, as shown in Figs. 2 and 3. These assumptions are listed as follows (12), (13).

1. All members have constant cross section and behave elastically
2. All joints are rigid
3. For nonsway frames, rotations at apposite ends of the restraining beams are equal in magnitude, and produce single curvature bending (Fig. 2). For sway frames, rotations at apposite ends of the restraining beams are equal in magnitude and produce reverse curvature bending (Fig. 3).
4. The stiffness parameters  $\ell\sqrt{P/EI}$  of all columns are equal.
5. Joint restraint is distributed to the column above and below the joint in proportion to  $1/\ell$  of two columns.
6. All columns buckle simultaneously.

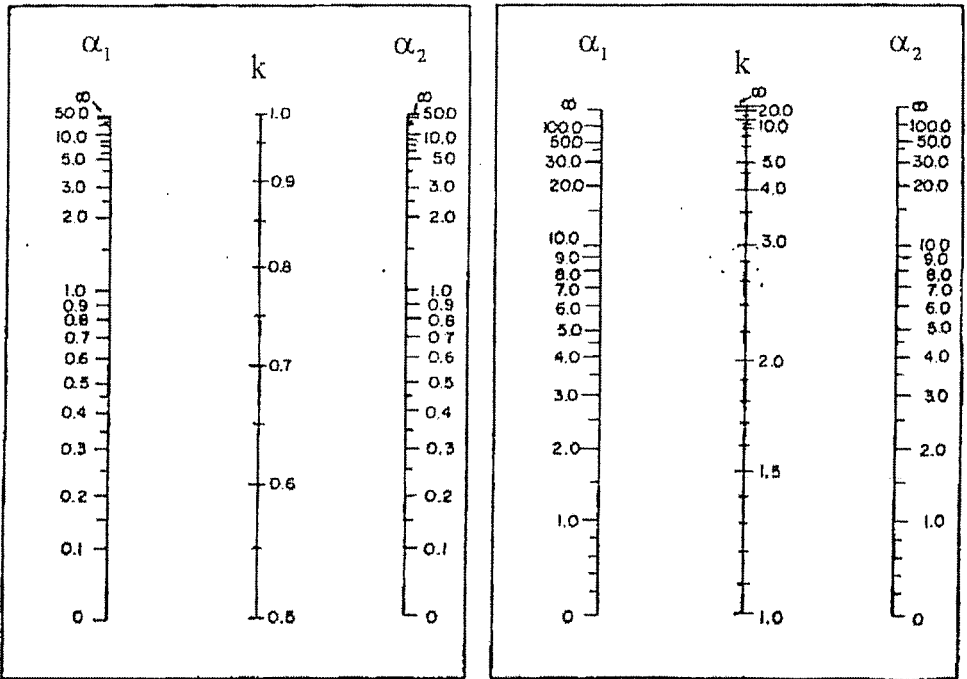


Fig.1. Alignment charts for k-factors in nonsway frames (left) and in sway frames (right) (adopted from MacGregor et al, (8))

#### 4. FURLONG EQUATIONS FOR k-FACTOR OF SWAY COLUMNS

Based on a rectangular sway frame consisting of two identical beams and two identical columns, and by assuming that secondary effects of axial compression along deflected members are neglected, Furlong (10) developed the following simplified formulas to approximate k-factor of columns in sway frames (12).

For  $\alpha < 2$

$$k = \frac{20 - \alpha}{20} \sqrt{1 + \alpha} \quad (4)$$

For  $\alpha \geq 2$

$$k = 0.9 \sqrt{1 + \alpha} \quad (5)$$

Furlong (10) suggested if different ratios  $\alpha$  occur at ends of the same column, the average k value should be taken.

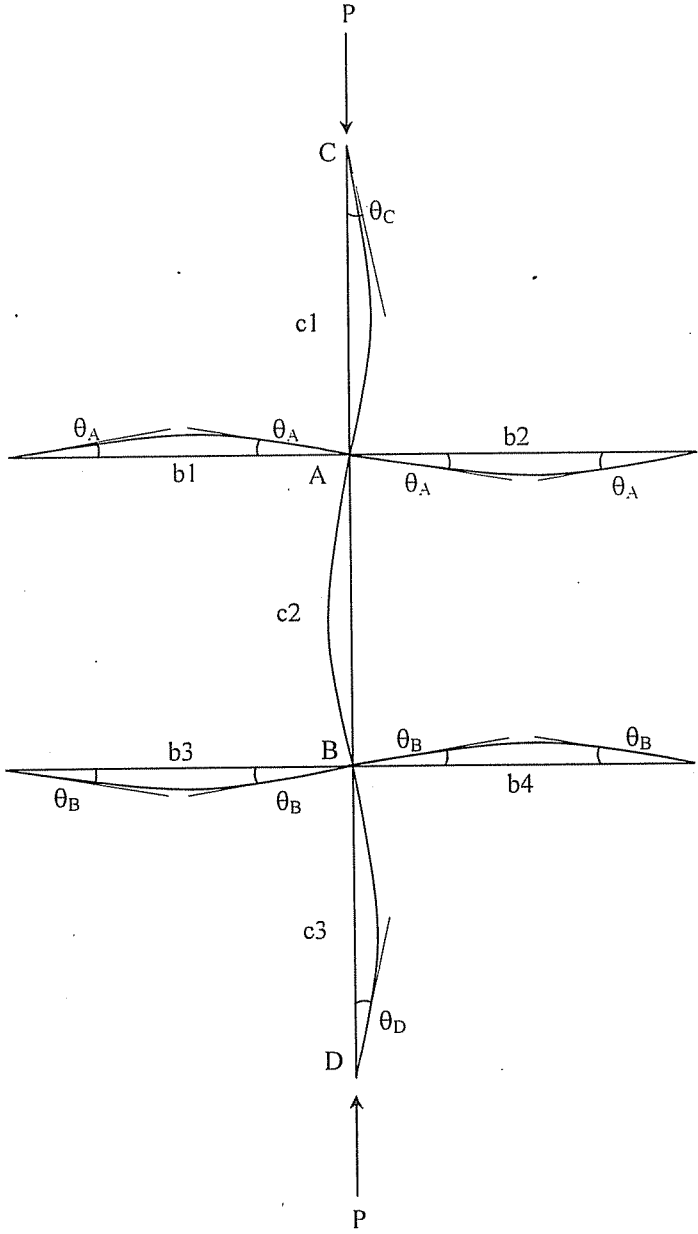


Fig.2. Subassembly model for  $k$ -factor in nonsway frames (14)

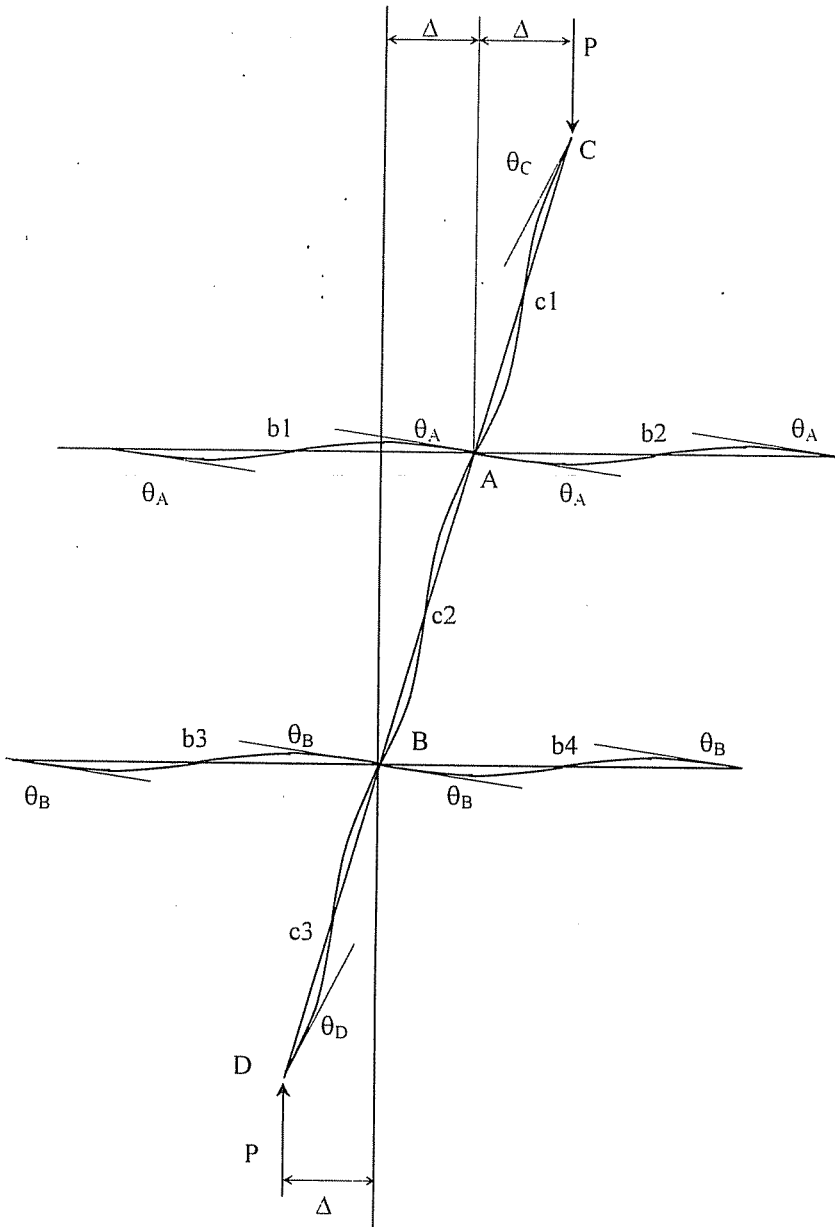


Fig.3. Subassemblage model for k-factor in sway frames (15)

## 5. TS 500 SIMPLIFIED EQUATIONS FOR k-FACTOR OF FRAMED COLUMNS

The current TS Building Code (TS 500-2000) recommends the use of the simplified equations as the primary source of design aid for estimating k-factors as follows.

For columns in a nonsway frame, TS adopted the Cranston (1) formulas

$$k = 0.7 + 0.05(\alpha_1 + \alpha_2) \leq 0.85 + 0.05\alpha_1 \leq 1.0 \quad (6)$$

Where  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  are the value of  $\alpha$  at the two ends of the column, and  $\alpha$  is the lesser one of the two values. The smaller value of Eq. (6) provides an upper bound to the effective length factor for nonsway compression members. Eq. (6) was proposed by Cranston (1) and adopted also by the British Standard BS 8110 1985 (4).

For columns in a sway frame, TS adopted the Furlong (10) formulas with the following adjustments:

For  $\alpha_m < 2$

$$k = \frac{20 - \alpha_m}{20} \sqrt{1 + \alpha_m} \quad (7)$$

For  $\alpha_m \geq 2$

$$k = 0.9 \sqrt{1 + \alpha_m} \quad (8)$$

For an unbraced column with a hinge at one end, the following formula is suggested

$$k = 2.0 + 0.3\alpha_2 \quad (9)$$

where

$$\alpha_{1,2} = \sum (I/\ell)_{\text{column}} / \sum (I/\ell)_{\text{beam}}; \quad \alpha_m = 0.5(\alpha_1 + \alpha_2) \quad (10)$$

The  $\alpha_m$  factor is defined as the mean value of the  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  ( $\alpha_1 \leq \alpha_2$ ) at the two ends of a compression member.

## 6. PARAMETRIC STUDY

Reinforced concrete sway frames are analysed either as *fully unbraced* frames, Fig. 4(a), or as *partially braced* frames, Fig. 4(b), where shear walls (or cores) provide lateral bracing up to a certain level and the frame is unbraced above this point, or as *fully braced* frames.

Three sub frames, labelled F1, F2 and F3 in Fig. 5, were identified for the analysis. Sub frames F1 and F2 represent the upper floor and the ground floor levels, respectively, in an unbraced frame, whilst sub frame F3 represents the upper floor in a partially braced frame immediately above the level of the bracing. It may be seen in Fig. 4(b) that the columns adjacent to the bracing walls are fully encastre at their upper end, and may therefore be considered fully rigid at their lower end in the sub frame F3.

For the analysis, the range of values for  $\alpha$  was obtained from realistic joint values used in typical concrete frames, i.e.  $\alpha = 0.5$  to 10. In fact because the computer program requires a value for  $\alpha$  greater than 0,  $\alpha = 0.001$  was used to simulate  $\alpha = 0$ . For simplicity and reliability in the analysis, the length of the beams and columns in the sub-frames were made equal, and in general the cross sectional properties of the column members were varied in order to necessitate a change in  $\alpha$ , although this is not important once the results are normalised with respect to  $\alpha$  and k. The maximum

critical load for the column converged to within an accuracy of better than 0.1 per cent of the ultimate squash load for the column, so that the error in  $k$  is approximately 0.1 per cent.

## 7. RESULTS

### 7.1. Variations in Column Effective Length Factors

Comparing the results obtained from this work and those calculated using BS 8110, and TS 500 equations, Fig. 6 through 9 show the results for the variation in  $k$  with  $\alpha$  assuming fully rigid connections. Note that in the case of sub-frame F1,  $\alpha_1 = \alpha_2$ , where  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  are the relative stiffnesses of the column to the lower and upper beams, respectively. In sub-frame F2,  $\alpha_1 = 0$  because the foundation is rigid. There is no equation in BS 8110, and TS 500 to deal with sub-frame F3.

The results in Fig. 6 through 8 show that the codes equations are in good agreement with analytical results for  $0 < \alpha < 2$ , and conservative thereafter. It is postulated that an equation for sub-frame F3 may be taken as the mean of the equations for F1 and F2. The results suggest that the TS 500 code equations might be modified for values of  $\alpha > 3$ .

Fig 9 shows the results for the variations in  $k$  for selected values of  $\alpha$  in the sub-frames F1, F2, and F3. The dashed lines show the plots of the proposed parametric equations given in Section 7.2

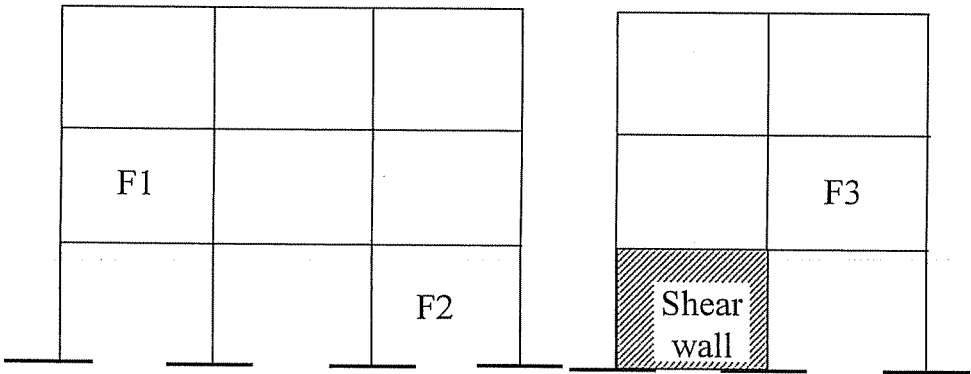


Fig.4. Types of frames used in the analysis (a) unbraced (left) and (b) partially braced (right)



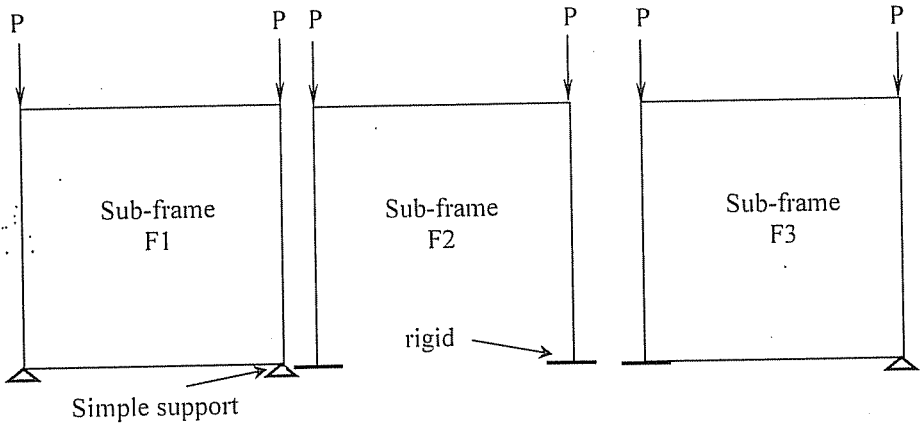


Fig.5. Definitions of sub-frames used in effective length study

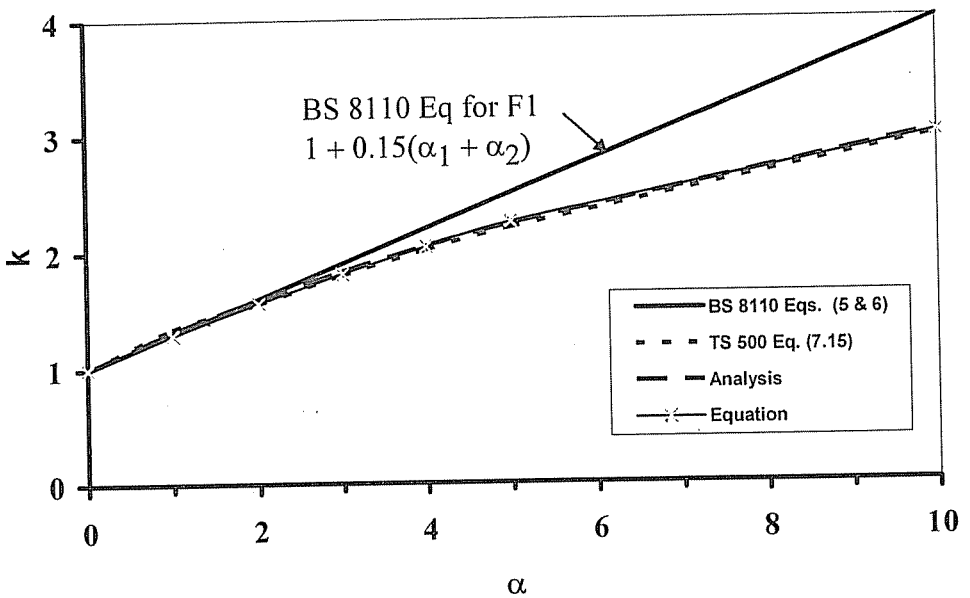


Fig.6. Variation in column effective length factor  $k$  with frame stiffness  $\alpha$  ( $\alpha_1 = \alpha_2$ ) for sub-frame F1

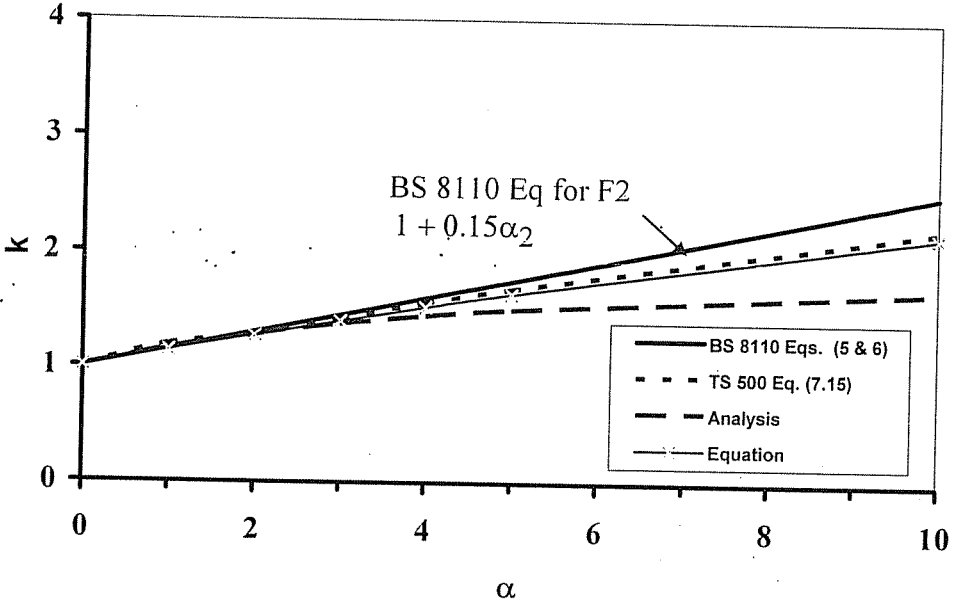


Fig.7. Variation in column effective length factor  $k$  with frame stiffness  $\alpha$  ( $\alpha_1 = 0$ ) for sub-frame F2

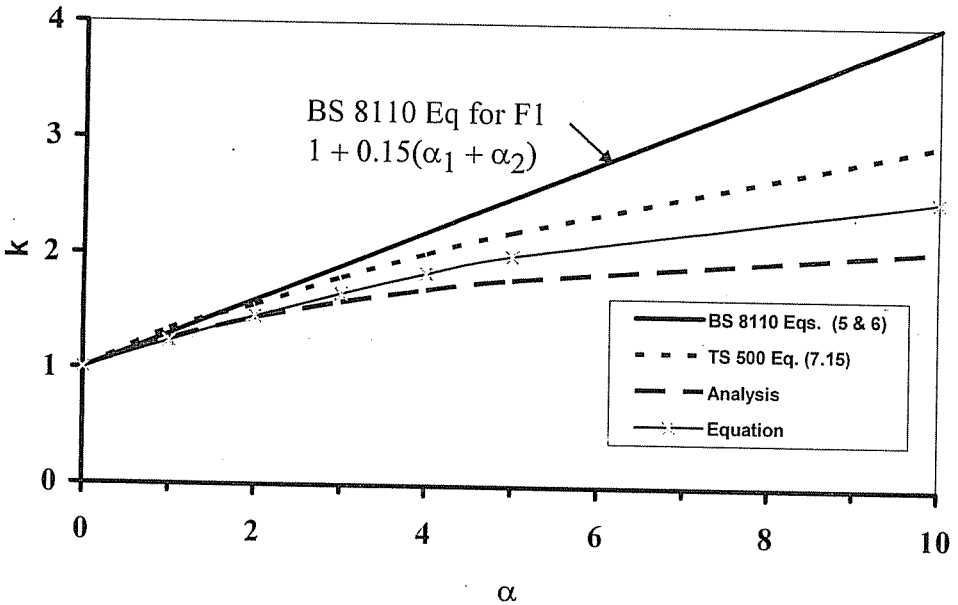


Fig.8. Variation in column effective length factor  $k$  with frame stiffness  $\alpha$  ( $\alpha_1 = \alpha$ ) for sub-frame F3

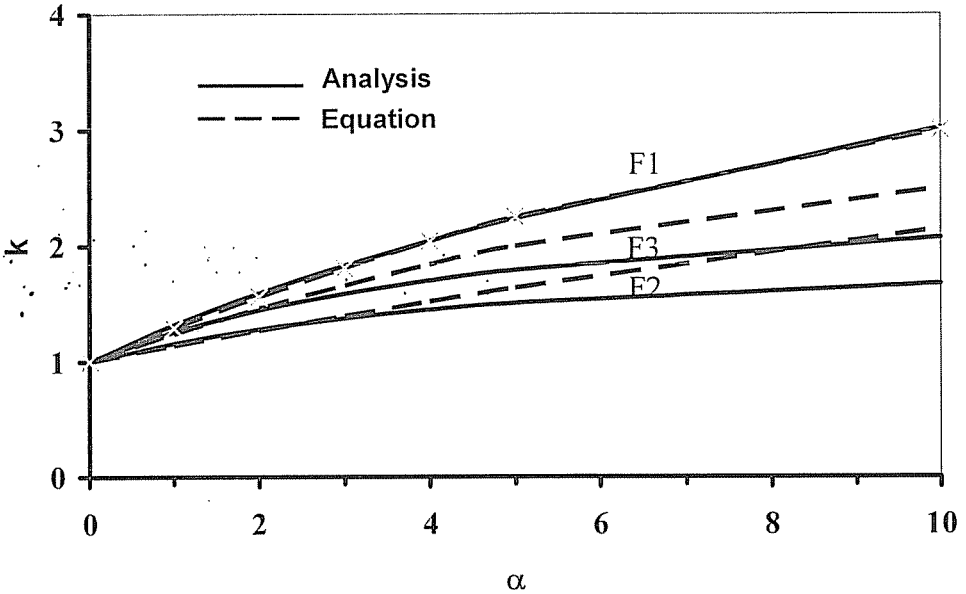


Fig.9. Variation in column effective length factor  $k$  with frame stiffness for sub-frames used in the analysis

### 7.2. Parametric Equations

Referring to Fig. 6, the data for the upper storey sub-frame F1 may be approximated by using the following empirical relationship:

$$k = 1.0 + 0.30\alpha_m - 0.01\alpha_m^2 \quad (11)$$

Referring to Fig. 7, the data for the ground floor sub-frame F2 may be given as:

$$k = 1.0 + 0.28\alpha_m - 0.01\alpha_m^2 \quad (12)$$

Referring to Fig. 8, the data for the upper storey sub-frame F3 may be given as:

$$k = 1.0 + 0.25\alpha_m - 0.01\alpha_m^2 \quad (13)$$

## 8. DISCUSSION

It has been established that where column effective length factors  $k$  are determined within a structural framework, the nature of that framework and its boundary conditions will influence the results. All the results show an increase in  $k$  with:

- i) an increasing number of degrees of freedom
- ii) an increase in  $\alpha$

The results obtained for the upper storey in the partially braced sub-frame F3 are of particular interest to designers because the boundary conditions for the column which is not adjacent to a shear wall is unspecified in codes of practice. Treating the column alone would lead to very high  $k$  factors.

Since the effective length factor of sway columns will approach infinity as the  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  ( $\alpha \leq \alpha_2$ ) values at both column ends approach infinity, the parametric

equations are not suitable for this case. Since real fixed or hinged supports for a column seldom exist in actual structure,  $\alpha = 1,0$  and  $\alpha = 10$  are recommended for fixed and hinged supports, respectively. Eqs. (11) through (13) should therefore be limited to a range, for example  $\alpha$  values not greater than 10.

From the stability analysis, it arrives at following boundary conditions:

1. For column fixed at bottom end and hinged at top end

$$\alpha_1 = 0, \alpha_2 = \infty \quad k = 2.0 \quad (14)$$

2. For column hinged at bottom end and fixed at top end

$$\alpha = 0, \alpha_2 = \infty \quad k = 2.0 \quad (15)$$

3. For column hinged at bottom end and fixed at top end

$$\alpha = 0, \alpha_2 = 0 \quad k = 1.0 \quad (16)$$

4. For column with equal end restraints

$$\alpha_1 = 10, \alpha = 10 \quad k = 3.02 \quad (17)$$

5. For column fixed at bottom end and  $\alpha = 10$  at top end

$$\alpha_1 = 0, \alpha = 10 \quad k = 1.67 \quad (18)$$

## 9. CONCLUSIONS

In the present study, the alignment chart method for determining the effective length factors for columns in building frames, along with the TS simplified k-factor equations, have been evaluated and compared critically.

Frame stability analyses on three types of one-storey x one-bay sub-frames in *unbraced* and *partially braced* skeletal frames have shown that column effective length factors k increase due to:

- i) an increasing number of total degrees of freedom at the joints in the ends of the beams and columns.
- ii) an increase in  $\alpha$ , the relative stiffness of the columns to the beam members;

The determination of the k-factors using the alignment charts is simple, but requires iterations for a solution of the charts equations in computer programming. The TS simplified k-factor equations are much simpler, but they may not lead to an economical design, and more than one equations are used especially for  $\alpha_m < 2$ , and  $\alpha_m \geq 2$  for sway frames. It has been observed that very conservative results are obtained using the TS simplified k-factor equations.

Parametric equations have been presented for the variations in k with  $\alpha$ . The results enable designers to determine k factors for situations currently not catered for in codes of practice, in particular the upper storey in a partially braced frame. The proposed k-factor equations are simple to use, can be programmed on small calculators, and agree well with the exact solutions. The method is recommended for general use.

## 10. REFERENCES

1. Cranston, W.B., "Analysis and Design of Reinforced Concrete Columns", Research Report No. 20, Paper 41.020, Cement and Concrete Association, London, 54 pp., 1972.

2. Wood, R.H., "Effective Lengths of Columns in Multi-Storey Buildings, Parts 1, 2 and 3", *The Structural Engineer*, 52, 7(1972).
3. Timoshenko, S. and Gere, J.M., "Theory of elastic stability, McGraw-Hill", 2nd ed., 1961.
4. "BS 8110, Structural Use of Concrete, Part 2. Code of Practice for Special Circumstances", British Standards Institute, London, 154 pp., 1985.
5. "Eurocode EC2, "Design of Concrete Structures", Part 1: General Rules for Buildings", British Standards Institute, London, 1992.
6. "TS 500, "Requirements for Design and Construction of Reinforced Concrete Structures (TS 500-2000)", Turkish Standards Institution, 67 pp., Ankara, 2000.
7. "ACI 318-02/318R-02 ACI, "Building Code Requirements for reinforced Concrete and Commentary", American Concrete Institute, Detroit, 2002.
8. MacGregor, J.G., Breen, J.E. and Pfrang, E.O., "Design of Slender Concrete Columns", *ACI JOURNAL*, 67 (2), 6, 1970.
9. Julian, O.G. and Lawrence, L.S., "Notes on J and L Nomograms for Determination of Effective Length", Unpublished Report, Jackson and Moreland Engineers, Boston, 1959.
10. Furlong, R.W., "Column Slenderness and Charts for Design", *ACI JOURNAL*, 68 (1), 9, 1971.
11. Aksogan, O. and Görgün, H., "The Nonlinear Analysis of Planar Frames Composed of flexurally connected members", *Cukurova University Journal of Faculty of Engineering and Architecture*, 8 (2), 117, 1993.
12. Hu, Y.X., Zhou, R.G., King, W.S., Duan, L. and Chen, W.F., "On Effective Length Factor of Framed Columns in the ACI Building Code", *ACI Structural Journal*, 90 (2), 135, 1993.
13. Duan, L., King, W.S. and Chen, W.F., "K-Factor Equation to Alignment Charts for Column Design", *ACI Structural Journal*, 90 (3), 242, 1993.
14. Duan, L. and Chen, W.F., "Effective Length Factor for Column in Braced Frames", *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 114 (10), 2357, 1988.
15. Duan, L. and Chen, W.F., "Effective Length Factor for Column in Unbraced Frames", *Journal of Structural Engineering, ASCE*, 115 (1), 149, 1989.
16. Galambos, T.V., "Structural Members and Frames", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1986.
17. Johnston, B.G. ed., "SSRC Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures", 3rd Edition, John Wiley & Sons, 414, New York, 1976.
18. "Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings", American Institute of Steel Construction, Chicago, 219 pp. (1986).
19. "Allowable Stress Design Specification for Structural Steel Buildings", American Institute of Steel Construction, Chicago, 1989.
20. Chen, W.F. and Lui, E., "Stability Design of Steel Frames", CRC Press, Boca Raton, 373 pp., 1991.



## DESCRIPTION OF PARTICLE IMAGE VELOCIMETRY TECHNIQUE AND ITS APPLICATIONS

**Azize AKKOCA**

*Me. U., Mechanical Engineering Department, Mersin/Turkey*

**N. Adil ÖZTÜRK**

*C.U., Mechanical Engineering Department, Adana/Turkey*

**ABSTRACT :** *Particle Image Velocimetry (PIV) is an optical measurement technique in which velocity field is measured over a region illuminated by a two-dimensional light sheet. The velocity field is measured based on sequentially acquired images of seeding particles introduced into the fluid medium, as these particles have the fluid's velocity. The seeding particles are illuminated by a thin light sheet produced by a laser. Successive images of the illuminated particles are recorded by using a camera and a cylindrical lens. The images are divided into small subsections named as interrogation area. The interrogation area can change from 16x16 to 128x128 pixels. There exists at least 15 particles in an interrogation area depending on the size. It is also possible to focus in the flow field where the mechanism of the flow of interest is to be captured. In-plane particle displacements are found and then velocity, vorticity, and streamline fields are computed and stored in a computer. In the present study, some of the PIV applications are described briefly and then flow characteristics around a surface mounted cylinder are investigated and the results are presented.*

### PARÇACIK GÖRÜNTÜLEMELİ HIZ ÖLÇME TEKNİĞİNİN TANITIMI VE SABİT BİR SİLİNDİR ETRAFINDAKİ AKIŞA UYGULANMASI

**ÖZET :** *Parçacık görüntülemeli hız ölçme tekniği (PIV), bir ışık hüzmesi ile aydınlatılan iki boyutlu bir bölgedeki hız alanını ölçmeye yarayan ölçüm tekniği olarak tanımlanabilir. Akışkanın hız alanı, akışkanın hızı ile aynı hıza sahip olan partiküllerin ard arda ölçülen hızlarını belirlemek suretiyle bulunmaktadır. Partiküller, ilgili bölgede lazer ile aydınlatılmakta, kamera ve silindirik mercekler yardımıyla yer değiştirme büyüklükleri kaydedilmektedir. Ölçümü yapılan hız alanı, 16x16 pikselden başlayıp 128x128 piksele kadar olabilen çok küçük alt bölgelere ayrılmaktadır. Her bir alt bölgede en az 15 adet partikül bulunmaktadır. Ölçüm alanı, akış bölgesinde tam olarak yakalanması istenen pek çok detayı elde edecek şekilde ayarlanabilmektedir. Bu işlemlerden sonra hız, girdap, ve akım çizgisi gibi bilgiler, bilgisayar yardımıyla hesaplanmakta ve kaydedilmektedir. Bu çalışmada, PIV' nin bazı uygulamalarından kısaca söz edildikten sonra, düzgün bir yüzeye monte edilen bir silindir etrafındaki akış özellikleri araştırılmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur.*

## 1. INTRODUCTION

In the late 1980's Particle Image Velocimetry (PIV) begin to emerge as the first technique to acquire whole flow field data. By using the PIV technique, instantaneous velocities of a fluid can be measured over a region illuminated by a two-dimensional laser light sheet. In a typical PIV system, the flow field is illuminated by a pulsed laser source to obtain a very thin and intense light sheet. This is necessary to illuminate only a thin slice of the fluid in order to limit the number of overlapping particles in the fluid. The flow field is seeded by spherical particles. The laser light source is pulsed twice in order to determine the change in position of the particles between the two pulses. A high resolution CCD camera is used to transfer the captured images to a computer program. Then the computer calculates the vector field by processing the acquired images. A synchronizer is used to make sure that all of the above-mentioned components are initiated at the exact moment.

In the following sections, some recent applications of the PIV used in various engineering areas are presented briefly. After that, the experimental results for a heat exchanger model obtained by a digital PIV system exists in the Fluid Mechanics Laboratory at Mechanical Engineering Department of Çukurova University are presented.

## 2. SOME APPLICATIONS OF THE PIV IN VARIOUS ENGINEERING AREAS

### 2.1. Fiber-Bundle-Image-Guided PIV System

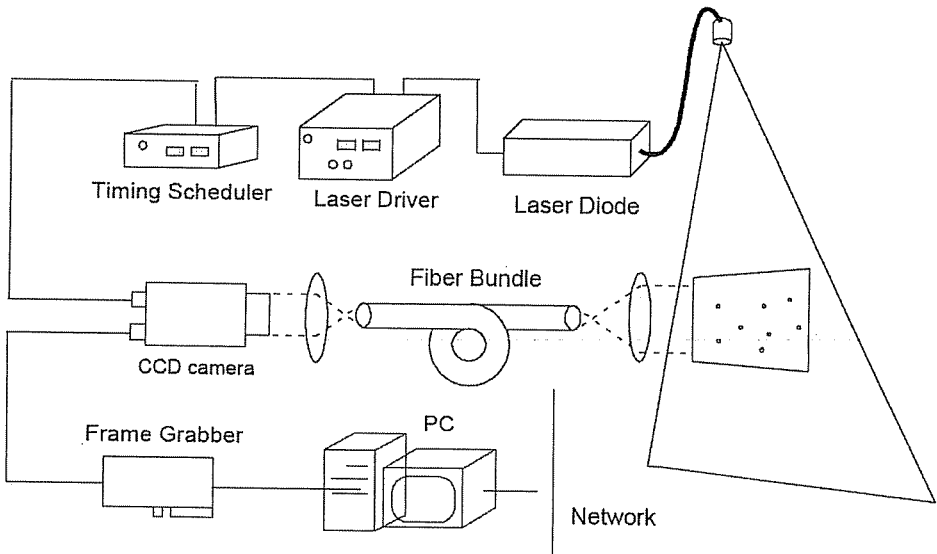


Figure1. Fiber-Bundle-Image-Guided PIV system (1)



The PIV system shown in Fig. 1 contains an optical fiber bundle scope. In cases of flows in closed vessels such as reactor, power plant, chemical plant, or combustor, the illumination and the recording of particle images becomes very difficult and restrictive. Tani *et al.*, (1) started that in these cases, it is necessary to utilize transparent optical windows in appropriate positions to observe a flow field inside a vessel. Optical fiber bundles, which can directly transmit images, are widely used in medical applications. Fiber bundles are adequately elastic, display a high, uniform light transmission capability and have an excellent heat and high radiation resistance. With these advantages, they can be effectively used for closed vessels, nuclear reactors, long pipes, and so on, and are expected to become a successful diagnostic tool not only for medical applications but also industrial applications, such as, the visual examination of cavities.

## 2.2. Stereoscopic PIV System

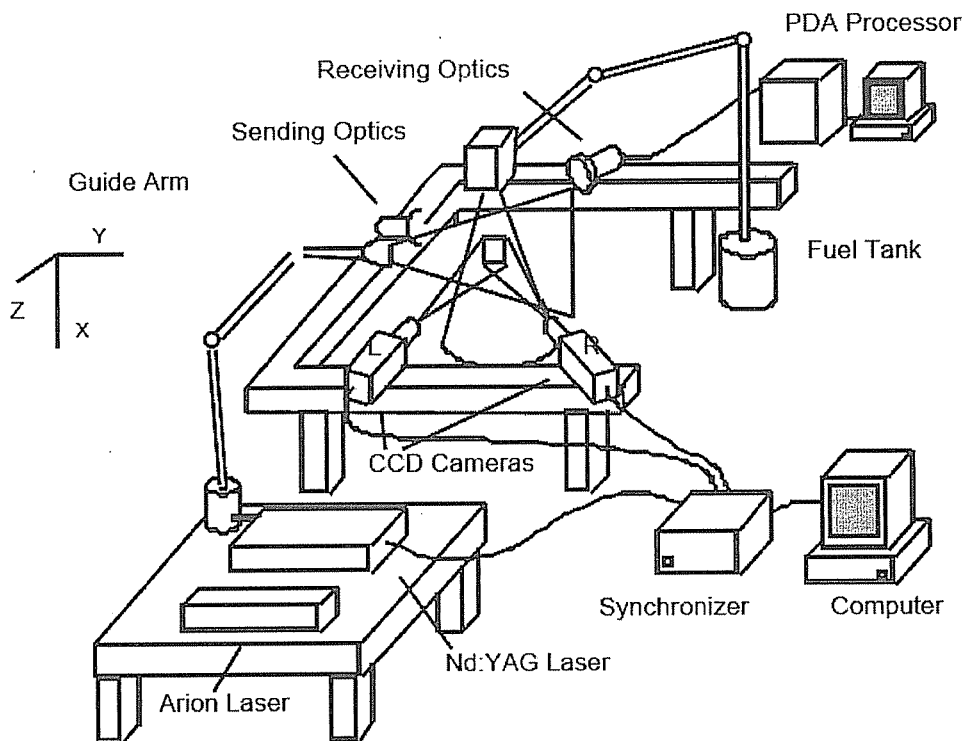
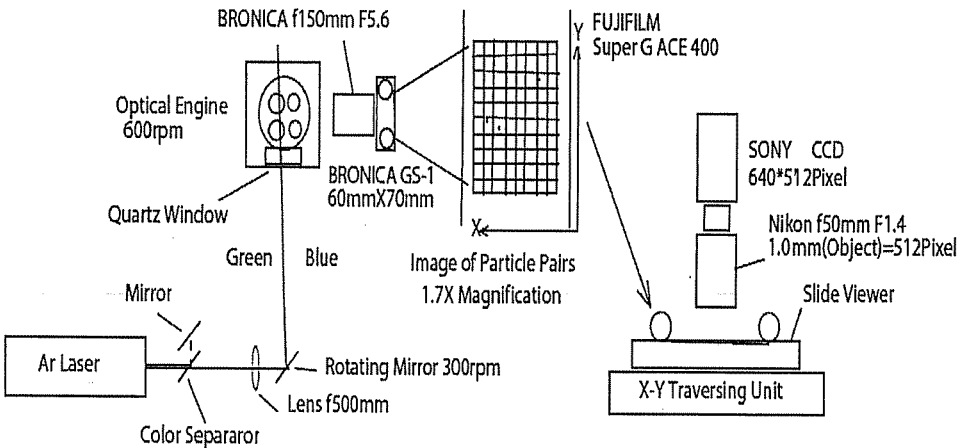


Figure 2. Stereoscopic PIV system (2).

Figure 2 shows a Stereoscopic PIV system (SPIV). Palero *et al.*, (2) indicated that SPIV is a well-known measurement technique for in-plane velocity components in a whole fluid plane. But it has some limitations, such as time series data, turbulent spectrum analysis, or small spatial resolution. Moreover, it is clear that PIV includes information from many different particle sizes that happen to be in the measurement plane, and the particle number density is one of the major error sources in PIV measurement. Furthermore, if the flow is three-dimensional, the out-of-plane component is a source of error in the measured in-plane components. The measured components have an additional term, that is proportional to the out-of-plane component and that increases as the measurement point is far from the camera axis. A stereoscopic system can obtain three-component of the velocity in a planer domain. Recently, some efforts have been made to extend PIV to the measurement of whole three-dimensional velocity fields. The most straightforward approach is based on stereoscopic viewing of the fluid plane, with the translational and angular displacement methods being the most popular configurations. In the translational method, the optical axis of the cameras are parallel to each other and perpendicular to the fluid plane while in the angular method the camera axis forms a certain angle (called stereoscopic angle) with the fluid plane's normal. SPIV cannot only provide the whole velocity vector but also give the in-plane components without the error due to the perspective.

### 2.3. Super-Resolved PIV



**Figure 3.** Schematic diagram of engine, optics, and interrogation system used for dual sweep PIV (3).

Kaneko *et al.* (3) developed a high-resolution PIV to examine in-cylinder gas flow in a 4-stroke gasoline engine. As shown in the figure, a beam from an Ar laser is split into two colors by a color filter, and reflected with a rotating mirror, which makes a laser sheet in a measurement region. The mirror rotates at half engine speed, and the

scanning laser sheet is produced in each cycle at the same phase. The time interval of the two laser beams is adjusted so that the tracer particles in the scanned area move at an appropriate distance. This can be easily adjusted by the relative angle of the green and blue beams. The scattered light from the particles is green and blue in turn. This laser beam scanning has very high light intensity so as to detect small seeding particles.  $\text{TiO}_2$  is used as seeding particles.

#### 2.4. Color PIV (CPIV)

Jaw *et al.* (4) used the color PIV to analyze the soap bubble collapse flow. Bubble collapse flows are applied in many engineering applications such as the surface cleaning, metal hardening, or micro fusion, etc. The system setup of the color PIV method is shown in Figure 4. Two different color pulsed laser sheets are generated to illuminate the flow field. Smoke is used as the seeding material and is filled inside and outside of the soap bubble. The two laser sheets are triggered sequentially with a short separation of time. Since the red, green, and blue sensors of a color 3-CCD camera have maximum sensitivity to the three primary colors, only the particles illuminated by the primary color laser has significant images recorded on the corresponding CCD chip.

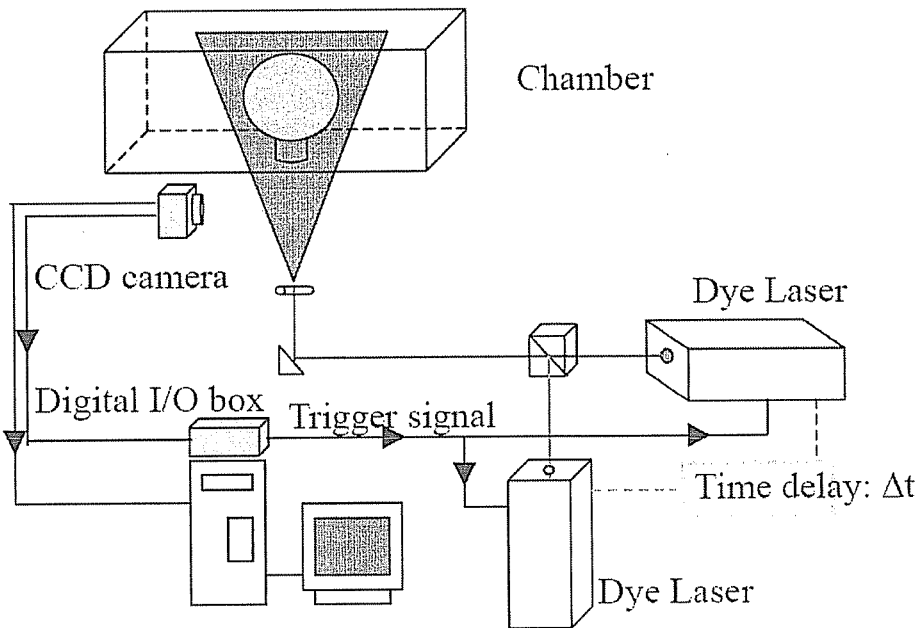
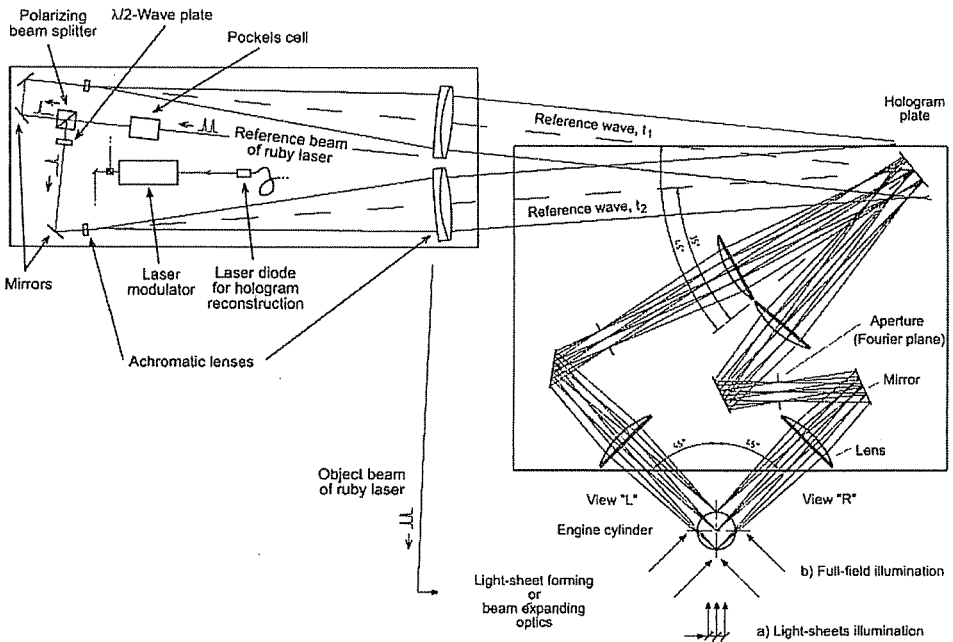


Figure 4. System setup for CPIV (4).

## 2.5. Holographic PIV (HPIV)

It is well-known that in-cylinder flow has a major impact on fuel-air mixing and combustion. Cycle-to-cycle flow variations inherent in piston engines make it difficult to describe in detail the three-dimensional flow field using one or two dimensional velocity measurements taken at different engine cycles. Holographic particle image velocimetry (HPIV) is able to capture instantaneous three-dimensional velocity fields even in the case of high-speed gas flows and can resolve spatial flow structures up to the turbulent integral-length scale. The HPIV system consists of three optical setups: the image relay setup including the hologram holder, the reference beam switching system including the recording and reconstruction laser, and the flow field illumination setup. For hologram recording, a double-pulsed ruby laser is used providing a light energy. Just behind the ruby laser output, a beam splitter separates the beam into a reference and an object beam. The main part of the light energy goes into the object beam, which is directed to the field illumination setup. The path lengths of the reference and object beam between the beam splitter and the hologram plate are matched properly to optimize the contrast of the interference pattern inside the hologram plane (5).



**Figure 5.** Recording arrangement of image-relay and hologram-holder setup, reference-beam switching and laser setup, and flow field illumination. The ruby laser for hologram recording is placed underneath the reference-beam switching setup. This setup can be rotated to meticulously align the reference-beam angles (5).

## 2.6. Micro PIV

Micro Particle Image Velocimetry achieves a resolution as small as  $1 \mu\text{m}^3$  by microscopically imaging fluorescent particles (6,7). It differs fundamentally from standard PIV in that it relies upon the sharp depth-of-focus of the microscopic objective to define the measurement volume in the dimension perpendicular to the viewing axis. (8) two distinct modes of operation are possible. If the flow field is deep in the direction of the microscope's axis, the number of out-of-focus images must be controlled by reducing the concentration of particles. The out-of-focus images are manifested as a light background blur with the in-focus images being much more intense. The disadvantage to this approach is that one must perform correlation analysis of the multiple frames of PIV images, and ensembles average them to build up a statistically stable correlations function from which to extract the mean particle displacement. This works if the flow is the same in each frame, i.e. steady or periodically sampled at constant phase. The second mode, "high image density", relies on the depth of the flow field being small enough to limit the background glow of the out-of-focus particles by limiting their number. In this case, the concentration of particles is large enough to provide the 7-10 particles per interrogation volume that is needed to obtain statistically reliable correlations from a single frame. The PIV interrogation becomes virtually identical to conventional macroscopic PIV methods. Measurement volumes are typically  $10 \mu\text{m}^3$  in this case, and therefore the micro-flow must be large enough for this sort of resolution to be adequate. Fortunately, there is a large class of flows that occur in channels of several hundred microns in size that are of practical interest.

## 3. SURFACE MOUNTED CYLINDER AND EXPERIMENTAL SET-UP

One of the most challenging problems in fluid mechanics is the measurement of the overall flow field properties, such as the velocity, vorticity and pressure. Hot-Wire and Laser Doppler velocimetry can only measure velocity at a single point. However as it is known, many flow fields such as coherent structures in shear flows or wake flows are highly unsteady. For these types of flow, one should measure whole flow field instantly in order to interpret these types of flow in detail.

In the present study, PIV Technique is used to determine the velocity field around the surface mounted cylinder having height to diameter ratio of 6. Cylinder diameter and the Reynolds number based on the cylinder diameter are 5 cm and 9600, respectively. The flow Reynolds number is  $Re = 7000$  based on the cylinder diameter. Top-view of the test section is shown in Fig. 6. The cylinder and the plate are made from Plexiglas material so that the laser light propagates easily. The illuminated particles by using an intense and a thin light sheet laser are also clearly seen in Fig. 6. Spurious vectors in the flow domain are illustrated in Fig. 7. Before the image processing, all the spurious vectors are detected and removed using Cleanvec software (9) and then the digital images were improved and smoothed by neighborhood averaging technique.

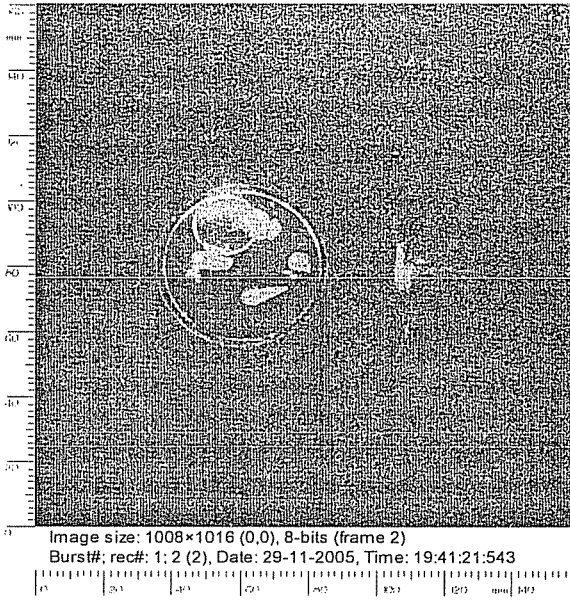


Figure 6. Top-view of the test section illuminated by the laser source

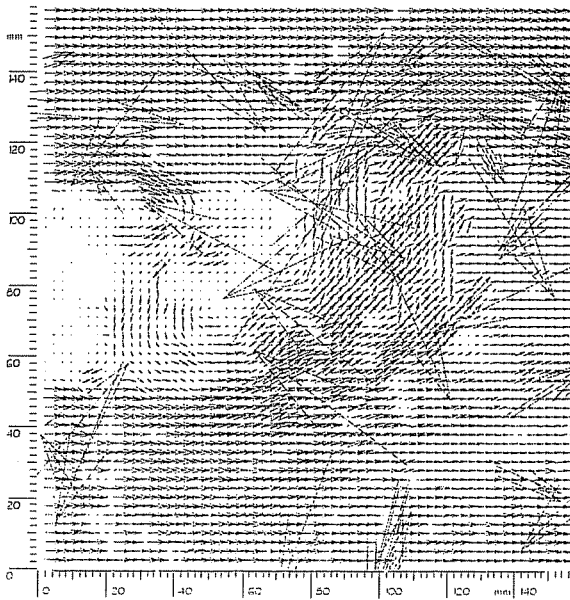
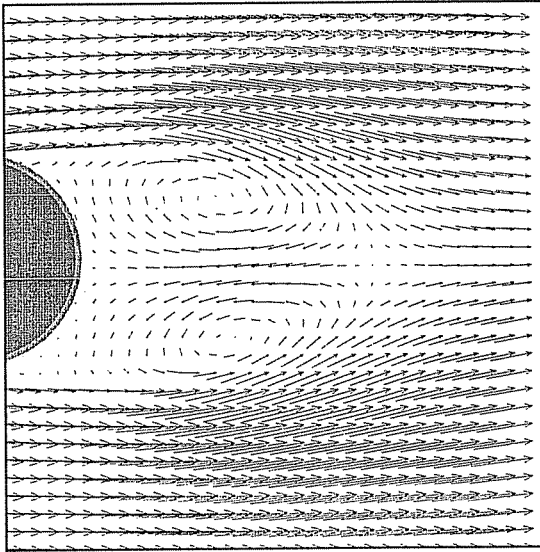
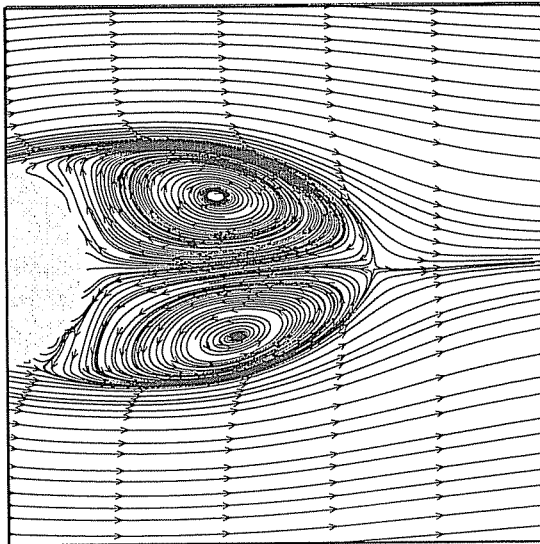


Figure 7. Spurious vectors in the flow domain



**Figure 8.** Time averaged velocity vector map at 8 cm above the base of the cylinder, for  $Re = 7000$

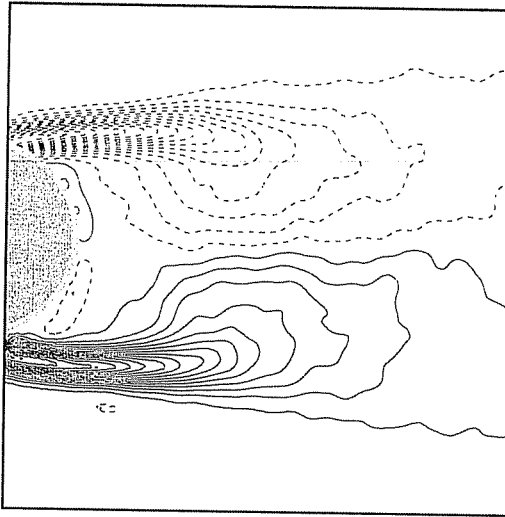
Figure 8 shows time averaged velocity vector map at 8 cm above the base of the cylinder, for  $Re = 7000$ . The size of the wake region is obtained wide and two symmetric foci rotating in opposite direction are clearly seen.



**Figure 9.** Time averaged streamline pattern at 8 cm above the base of the cylinder, for  $Re = 7000$

Figure 9 illustrates time-averaged streamline pattern at 8 cm above the base of the cylinder, for  $Re = 7000$ . It is clearly seen that wide and symmetrical two foci rotating in the opposite direction appears in the wake region. A saddle point followed by these two symmetrical foci is also observed.

Figure 10 demonstrates time-averaged vorticity contours at 8 cm above the base of the cylinder, at  $Re = 7000$ . It is clearly seen that the vorticity layers beginning from the stagnation point of the cylinder are convecting in the flow direction in the shear layer. It is observed that the vorticity layers are symmetric with each other according to the plane of symmetry of the cylinder. The positive vorticity layers and the negative vorticity layers are drawn as solid and dashed lines, respectively. The minimum and the incremental values of the vorticity are  $\pm 1s^{-1}$  and  $2s^{-1}$ , respectively.



**Figure 10.** Time averaged vorticity contours at 8 cm above the base of the cylinder, for  $Re = 7000$ .  $w = \pm 1s^{-1}$  and  $\Delta w = 2s^{-1}$

#### 4. CONCLUSION

In the present study general descriptions and some typical applications of the PIV technique are presented. In addition, experimental results obtained by a digital PIV system for a surface mounted cylinder having height to diameter ratio of 6 for  $Re = 7000$  are also presented. Time averaged flow data obtained at 8 cm above the base of the cylinder show that symmetrical and a wide wake region exists. In the experiments, the flow field is focused in order to capture the flow details in the shear layer. However, it is known that, the flow structure exterior to the shear layer is also very important and should be well-understood in terms of heat transfer characteristics. Therefore, it is concluded that, digital PIV system may be improved in order to capture three-dimensional instantaneous velocity fields in the heat exchanger flow passage. By measuring the three-component of the velocity in a planer domain, it would be possible to obtain more information on the flow details especially in the exterior of the shear layer to interpret the heat transfer characteristics.



## 5. REFERENCES

1. Tani, N., Mori, M., Hishida, K., Maeda, M., "Development of fiber-bundle image-guided PIV", Course notes, Department of system design engineering, Keio University, Japan, 2005.
2. Palero, V., Ikeda, Y., Nakajima, T., Shakal, J., "Comparison of PIV and SPIV in application to industrial spray burner", Course notes, Rokkodai, Nada, Kobe 657-8501 Japan, 2005.
3. Kaneko, M., Ikeda, Y., Nakajima, T., "Spatial evaluation of in-cylinder turbulence flow using high-resolution PIV", Notes of Subaru Research Center Ltd., Tokyo, Japan, 2005.
4. Jaw, S.Y., Haik, Y., Hwang, R.R., Chen, C.J., "Measurement of soap bubble collapse flow using color PIV", 16<sup>th</sup> ASCE Engineering Mechanics Conference, July 16-18, Univ. of Washington, Seattle, 2003.
5. Konrath, R., Schröder, W., Limberg, W., "Holographic particle image velocimetry applied to the flow within the cylinder of a four-valve internal combustion engine", *Experiments in Fluids*, 33: 781-793, 2002.
6. Santiago, J.G., Meinhart, C.D., Wereley, S.T., Beebe, D.J., Adrian, R.J., "A particle image velocimetry system for micro fluidics", *Experiments in Fluids*, 25: 316-319, 1998.
7. Meinhart, C.D., Wereley, S.T., Santiago, J.G., "PIV measurements of a micro-channel flow", *Experiments in Fluids*, 27: 414-419, 1999.
8. Adrian, R.J., Yamaguchi, E., Vanka, P., Plattner, T., Lai, W., "Validation of micro PIV measurements in PDMS micro-channel flow geometries", Department of Theoretical and Applied Mechanics, University of Illinois, Urbana, Illinois.
9. <http://lpcf.tam.uiuc.edu>



## EFFECT OF TEMPERATURE ON ANAEROBIC DIGESTION OF CARBOHYDRATES

M. Ümit ÜNAL

Ç.Ü., Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

Salih AKSAY

M.Ü., Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Mersin/Türkiye

Turan YILMAZ

Ç.Ü., Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

**ABSTRACT :** *Anaerobic digestion of model wastewaters containing starch, glucose and fructose was investigated in batch culture at mesophilic and ambient temperature during winter. Carbohydrate utilisation was faster at mesophilic temperature. A higher VFA accumulation was observed at ambient temperature. Effect of temperature on VFA accumulation and biogas yield was found to be statistically significant. The results indicate that anaerobic digestion can also be performed at lower temperatures.*

**Keywords:** *Anaerobic digestion, temperature, carbohydrate, stability*

### SICAKLIĞIN KARBONHİDRATLARIN ANAEROBİK GİDERİMİNE ETKİSİ

**ÖZET :** *Nişasta, glikoz ve früktoz içeren model atıksuların kesikli kültürde anaerobik giderimi mezofilik ve kış çevre sıcaklığında araştırılmıştır. Mezofilik sıcaklıkta karbonhidrat giderimi daha hızlı gerçekleşmiştir. Ortam sıcaklığında gerçekleştirilen denemelerde uçucu yağ asitleri birikimi daha fazla olmuştur. Sıcaklığın uçucu asit birikimi ve biyogaz verimine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sonuçlar anaerobik arıtımın düşük sıcaklıkta da gerçekleştirilebileceğini göstermektedir.*

**Anahtar Kelimeler:** *Anaerobik arıtım, sıcaklık, karbonhidrat, stabilite*

## 1. INTRODUCTION

Anaerobic digestion of a given type of waste substrate depends on the growth and metabolism of organisms that are very different from each other in terms of physiology, nutritional requirements, growth kinetics capabilities and sensitivity to environmental stress. For an efficient anaerobic process the acidogenic bacteria must grow in harmony with the methanogenic bacteria, because any loss in the balance of activities of these two groups of organisms, particularly in favour of the relatively fast growing acid formers, leads to an upset in the digestion process (1).

The stability of anaerobic digesters is a major concern in commercial systems. Any material or effect that interferes with methane formation can lead to instability. Fluctuations in the quality of effluent, such as changes in pH, temperature, composition, etc will exert a dual influence on the types and amounts of products through selection of species best adapted to the conditions created and effect of these conditions on the individual species. This can upset the balance between different groups of bacteria in an anaerobic digester and can cause digester failure (2).

This research was undertaken to determine the effects of lower temperature and fluctuations in temperature during winter on the anaerobic digestion of starch, glucose and fructose in batch culture.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Experimental Set-up

Two litre capacity flat-bottomed culture vessels fitted with a flange lid fitted with a multi socket served as digesters. The experiments were carried out in jacketed-fermenters. The temperature in experiments at mesophilic temperature was maintained at 37 °C by thermostatically controlled re-circulating water bath. Stirring was achieved by magnetic stirrers. The inoculum used in this study was obtained from an anaerobic continuous stirred tank reactor (CSTR) of Efes Pilsen Company, Turkey. The feed used in this study was a soluble, complex organic mixture, which was well characterized for work with anaerobic mixed cultures (3). The feed was prepared freshly just before the experiments and magnetically stirred under vacuum for ½ hour in order to remove any dissolved oxygen. The composition of the feed is given below:

**Table 1.** Constituents of the wastewater

| Constituents   | g.l <sup>-1</sup> tap water |
|--|-----------------------------|
| Carbohydrate (starch, glucose or fructose)                     | 1.000                       |
| Bacteriological peptone (Lab M)                                | 0.259                       |
| Meat extract (Oxoid 'Lab Lemco' L 29)                          | 0.125                       |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (BDH Analar)                   | 0.240                       |
| NaHCO <sub>3</sub> (BDH Analar)                                | 1.250                       |
| CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O (BDH, Laboratory reagent) | 0.220                       |
| MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O (Sigma, M 1880)           | 0.048                       |

The experiments were carried out in duplicate and the results are expressed as mean with standard deviation. The variables were temperature (ambient and 37 °C), carbohydrate (starch, glucose or fructose) and concentrations (2 and 4 g.l<sup>-1</sup>). The reactor

working volume was 1.5 l. The pH was kept between 6.7-7.4 and at times when pH dropped below 6.7, it was brought to neutrality by the addition of 2 N NaOH. The inoculation was 10 %. C:N ratio was kept constant at 10 by adjusting the composition of the feed given above according the level of carbohydrate.

## 2.2. Analytical Methods

30 ml of sample was withdrawn through the sampling hood each time and the bulk liquid was analysed for pH, chemical oxygen demand (COD), carbohydrate and volatile fatty acid (VFA). The measurement of COD (soluble COD) was done by titrimetric method of small-scale closed tube digestion (4). The COD of the effluent in starch experiments was measured after filtration through a Whatman type GF/&C glass-fibre filter and after centrifugation in glucose and fructose experiments. VFA concentration was determined spectrophotometrically at 500 nm (5). Glucose, fructose and starch concentrations were determined by the phenol-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> method (6). In starch experiments, starch was solubilized by simmering the sample in boiling water for five minutes (7). The volume of the biogas produced during the experiments was measured in ml by liquid displacement. The biogas was collected over an acidified brine (3.13 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and 10 % NaCl) in a graduated glass container (8). The biogas volumes were corrected for standard temperature and pressure. The temperature in experiments at ambient temperature was followed with a min-max thermometer.

## 2.3. Statistical Evaluation

Effects of temperature, carbohydrate and its concentration on VFA accumulation, biogas yield and COD removal were evaluated by variance of analysis using SPSS v.10.0 package (9).

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

In order to find out the effect of lower temperature and fluctuation in temperature on the stability of anaerobic digestion, experiments were carried out in cold season at ambient temperature. Changes in daily temperature (with minimum and maximum temperature) during the experiments are given in Table 2. The fluctuation in temperature on daily basis ranged between 3-5 °C.

### 3.1. Carbohydrate Utilisation

At ambient temperature most of the starch was utilised in 96 hours, whereas glucose was utilised in 8-10 hours and fructose in 8-12 hours (see Table 3). Carbohydrate utilisation was a lot faster at mesophilic temperature, starch being consumed in 24 hours and fructose and glucose within 4-8 hours (Table 4). A slower starch utilisation is attributed to polymeric structure of starch, which needs to be hydrolysed by hydrolytic bacteria. It has been reported that hydrolysis is the first step required for the microbial utilisation of complex biopolymers, and it is slower at psychrophile temperatures (5-20°C) (10). Like the rate of all biological processes, the rate of anaerobic digestion will drop at decreasing temperatures. This applies particularly to hydrolysis of undissolved complex biopolymers such as proteins, carbohydrates, and lipids (11).

**Table 2.** Daily temperature change during the experiments at ambient temperature during winter

| Time (h) | Temperature (°C)             |                              | Temperature (°C)               |                                | Temperature (°C)                |                                 |
|----------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|          | Starch (2g.l <sup>-1</sup> ) | Starch (4g.l <sup>-1</sup> ) | Glucose (2 g.l <sup>-1</sup> ) | Glucose (4 g.l <sup>-1</sup> ) | Fructose (2 g.l <sup>-1</sup> ) | Fructose (4 g.l <sup>-1</sup> ) |
| 0        | 13                           | 16                           | 16                             | 18                             | 18                              | 18                              |
| 24       | 13-15                        | 16-19                        | 16-18                          | 17-19                          | 17-18                           | 18-20                           |
| 48       | 14-18                        | 14-19                        | 16-18                          | 18-19                          | 17-19                           | 18-21                           |
| 72       | 15-18                        | 13-18                        | 16-19                          | 18-20                          | 16-18                           | 19-21                           |
| 96       | 14-18                        | 14-17                        | 16-18                          | 19-20                          | 17-19                           | 19-22                           |
| 120      | 14-18                        | 13-16                        | 17-19                          | 18-20                          | 17-19                           | 20-23                           |
| 144      | 14-18                        | 13-17                        | -                              | 19-20                          | -                               | 21-23                           |
| 168      | -                            | 14-16                        | -                              | 18-21                          | -                               | 21-24                           |
| 192      | 13-18                        | 14-17                        | -                              | -                              | -                               | -                               |
| 218      | 13-18                        | -                            | -                              | -                              | -                               | -                               |

**Table 3.** Carbohydrate utilisation at ambient temperature

| Time (h) | Starch (mg.l <sup>-1</sup> ) |          | Glucose (mg.l <sup>-1</sup> ) |          | Fructose (mg.l <sup>-1</sup> ) |          |
|----------|------------------------------|----------|-------------------------------|----------|--------------------------------|----------|
| 0        | 1908±126                     | 3780±11  | 2175±73                       | 4129±145 | 1944±4                         | 3906±255 |
| 2        | 1438±89                      | 3699±98  | 1956±141                      | 3974±95  | 1694±146                       | 3933±24  |
| 4        | 1512±166                     | 3598±51  | 1530±165                      | 3473±164 | 1238±436                       | 3618±136 |
| 6        | 1672±226                     | 3724±79  | 824±245                       | 2736±310 | 369±497                        | 3238±262 |
| 8        | 1624±107                     | 3649±156 | 24±3                          | 1192±726 | 11±4                           | 2710±208 |
| 10       | 1517±136                     | 3444±92  | 8±6                           | 23±4     | -                              | 1349±152 |
| 12       | 1413±327                     | 3049±521 | 9±1                           | 20±4     | -                              | 20±1     |
| 24       | 940±98                       | 2565±69  | 5±1                           | -        | -                              | -        |
| 48       | 339±2                        | 536±321  | -                             | -        | -                              | -        |
| 72       | 423±83                       | 229±124  | -                             | -        | -                              | -        |
| 96       | 104±55                       | 115±13   | -                             | -        | -                              | -        |
| 120      | -                            | 87±14    | -                             | -        | -                              | -        |
| 144      | 80±13                        | 68±3     | -                             | -        | -                              | -        |
| 168      | -                            | 66±7     | -                             | -        | -                              | -        |
| 192      | 79±11                        | 57±4     | -                             | -        | -                              | -        |

**Table 4.** Carbohydrate utilisation at mesophilic temperature

| Time (h) | Starch (mg.l <sup>-1</sup> ) |           | Glucose (mg.l <sup>-1</sup> ) |        | Fructose (mg.l <sup>-1</sup> ) |          |
|----------|------------------------------|-----------|-------------------------------|--------|--------------------------------|----------|
|          |                              |           |                               |        |                                |          |
| 0        | 1874±231                     | 3784±91   | 2028±42                       | 4159±1 | 2074±33                        | 3997±194 |
| 2        | 1764±95                      | 3024±1123 | 1860±88                       | 4090±0 | 318±43                         | 3712±184 |
| 4        | 1498±13                      | 3545±643  | 236±210                       | 3215±0 | 14±3                           | 234±157  |
| 6        | 1282±134                     | 3177±191  | 12±1                          | 964±0  | 11±1                           | 4±1      |
| 8        | 662±42                       | 2754±91   | 10±2                          | 17±10  | -                              | -        |
| 10       | 387±11                       | 1785±180  | -                             | -      | -                              | -        |
| 12       | 255±7                        | 1226±145  | -                             | -      | -                              | -        |
| 24       | 88±2                         | 186±49    | -                             | -      | -                              | -        |
| 48       | 72±16                        | 135±3     | -                             | -      | -                              | -        |
| 72       | -                            | 72±2      | -                             | -      | -                              | -        |

### 3.2. Change in VFA Concentration and pH.

An important parameter for an anaerobic digester is the VFA concentration. An accumulation in VFA concentration originates from imbalance between VFA producing and consuming organisms (12). In all experiments VFA accumulation was observed (Tables 5 and 6), which indicates that the rate of production of VFA by the acidogenic

**Table 5.** Change in VFA concentration at ambient temperature

| Time (h) | VFA Concentration (mg.l <sup>-1</sup> ) |                               | VFA Concentration (mg.l <sup>-1</sup> ) |                                | VFA Concentration (mg.l <sup>-1</sup> ) |                                 |
|----------|---|-------------------------------|---|--------------------------------|---|---------------------------------|
|          | Starch (2 g.l <sup>-1</sup> )           | Starch (4 g.l <sup>-1</sup> ) | Glucose (2 g.l <sup>-1</sup> )          | Glucose (4 g.l <sup>-1</sup> ) | Fructose (2 g.l <sup>-1</sup> )         | Fructose (4 g.l <sup>-1</sup> ) |
| 0        | 70±23                                   | 82±15                         | 167±29                                  | 146±38                         | 37±40                                   | 86±26                           |
| 2        | 118±61                                  | 104±9                         | 214±86                                  | 236±20                         | 133±93                                  | 143±0                           |
| 4        | 129±30                                  | 136±24                        | 376±175                                 | 406±3                          | 320±151                                 | 192±62                          |
| 6        | 156±38                                  | 166±11                        | 449±199                                 | 569±25                         | 572±141                                 | 334±75                          |
| 8        | 121±0                                   | 187±22                        | 644±108                                 | 975±93                         | 681±38                                  | 596±147                         |
| 10       | 135±20                                  | 234±71                        | 704±64                                  | 1207±105                       | 732±58                                  | 1060±149                        |
| 12       | 172±33                                  | 229±160                       | 612±117                                 | 1122±104                       | 857±44                                  | 1326±238                        |
| 24       | 115±24                                  | 542±324                       | 783±95                                  | 1813±240                       | 702±119                                 | 1857±4                          |
| 48       | 49±8                                    | 1014±605                      | 279±208                                 | 1442±97                        | 135±12                                  | 1466±107                        |
| 72       | 60±0                                    | 689±722                       | 51±31                                   | 837±34                         | 22±8                                    | 683±0                           |
| 96       | 60±0                                    | 600±808                       | 21±12                                   | 184±178                        | 14±12                                   | 270±4                           |
| 120      | 29±17                                   | 443±608                       | 19±2                                    | 43±20                          | 22±8                                    | 84±8                            |
| 144      | 38±13                                   | 167±221                       | -                                       | 19±10                          | -                                       | 48±20                           |
| 168      | -                                       | 241±314                       | -                                       | 11±8                           | -                                       | 28±0                            |
| 192      | 34±31                                   | 38±28                         | -                                       | -                              | -                                       | -                               |

bacteria exceeded the rate of VFA consumption by the methane bacteria. In all experiments except starch experiment with 4 g.l<sup>-1</sup> starch at ambient temperature, more VFA accumulated, which is attributed to the lower activity of methanogenic bacteria at lower temperatures (13). It was reported that methane production from acetate is the rate-limiting step at lower temperature (14).

**Table 6.** Change in VFA concentration at mesophilic temperature

| Time (h) | VFA Concentration (mg.l <sup>-1</sup> ) |                               | VFA Concentration (mg.l <sup>-1</sup> ) |                                | VFA Concentration (mg l <sup>-1</sup> ) |                                 |
|----------|---|-------------------------------|---|--------------------------------|---|---------------------------------|
|          | Starch (2 g.l <sup>-1</sup> )           | Starch (4 g.l <sup>-1</sup> ) | Glucose (2 g.l <sup>-1</sup> )          | Glucose (4 g.l <sup>-1</sup> ) | Fructose (2 g.l <sup>-1</sup> )         | Fructose (4 g.l <sup>-1</sup> ) |
| 0        | 30±7                                    | 58±12                         | 106±21                                  | 184±51                         | 52±14                                   | 94±6                            |
| 2        | 38±13                                   | 98±2                          | 391±2                                   | 592±30                         | 149±115                                 | 196±21                          |
| 4        | 68±6                                    | 182±23                        | 642±35                                  | 1285±249                       | 311±55                                  | 1000±22                         |
| 6        | 78±31                                   | 386±41                        | 632±10                                  | 1489±243                       | 215±6                                   | 1112±16                         |
| 8        | 67±47                                   | 598±84                        | 557±29                                  | 1529±0                         | 267±44                                  | 1194±42                         |
| 10       | 14±4                                    | 926±105                       | 376±107                                 | 1418±388                       | 162±10                                  | 1243±58                         |
| 12       | 13±6                                    | 1120±22                       | 209±45                                  | 1465±284                       | 147±9                                   | 1180±21                         |
| 24       | 5±2                                     | 1117±72                       | 42±66                                   | 1003±37                        | 21±18                                   | 544±57                          |
| 48       | 7±1                                     | 155±46                        | 59±19                                   | 395±6                          | 26±15                                   | 369±6                           |
| 72       | 7±1                                     | 104±71                        | 54±6                                    | 276±88                         | 52±33                                   | 225±83                          |
| 96       | 9±8                                     | 109±71                        | 63±15                                   | 186±42                         | 16±4                                    | 99±40                           |
| 120      | 5±2                                     | 112±66                        | 67±8                                    | 80±51                          | 23±1                                    | 17±1                            |
| 144      | 7±1                                     | 113±65                        | -                                       | 25±6                           | -                                       | 20±5                            |

The highest VFA accumulations were observed in glucose and fructose experiments. This can be explained by faster glucose and fructose utilisation compared to starch utilisation which requires hydrolysis. The effects of temperature, carbohydrate and its concentration on VFA accumulation were statistically evaluated by variance analysis and effects of all the variables were found to be statistically important at  $p < 0.01$ . In all experiments at ambient temperature the pH remained between 6.68-7.30 which is considered optimum for methanogenic bacteria (10). In starch and fructose experiments at mesophilic temperature pH remained between 6.7-7.4, whereas in glucose experiments the initial pH dropped to 6.6.

### 3.3. Biogas Yield

Biogas yields on starch, glucose and fructose were calculated for each experiment and expressed as ml of biogas produced per mg substrate consumed per litre of the fermenter working volume. The results are tabulated in Table 7. The effects of temperature, carbohydrate and its concentration on biogas yield were statistically evaluated by variance analysis and effects of temperature and carbohydrate were found to be statistically important at  $p < 0.01$ , whereas effect of carbohydrate concentration was not significant.



**Table 7.** Comparison of biogas yields

|                        |          | Biogas yield           |      |
|------------------------|----------|------------------------|------|
| Ambient Temperature    | Starch   | (2 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.46 |
|                        |          | (4 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.49 |
|                        | Glucose  | (2 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.45 |
|                        |          | (4 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.60 |
|                        | Fructose | (2 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.62 |
|                        |          | (4 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.51 |
| Mesophilic Temperature | Starch   | (2 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.58 |
|                        |          | (4 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.58 |
|                        | Glucose  | (2 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.56 |
|                        |          | (4 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.50 |
|                        | Fructose | (2 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.69 |
|                        |          | (4 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.69 |

### 3.4. COD Removal

The efficiency of anaerobic digestion is determined by the knowledge of the amount of carbon (COD) entering and leaving the system (15). The changes in COD during the experiments are given in tables 8 and 9. The highest COD removal was observed in glucose and fructose experiments at both temperatures. The COD removal efficiencies ranged between 94-97% in glucose experiments and 95-99% in fructose experiments, whereas those in starch experiments ranged between 57-75% at both temperatures. The effects of temperature, carbohydrate and its concentration on COD removal were statistically evaluated by variance analysis and effect of carbohydrate type was found to be statistically important at  $p < 0.01$ .

**Table 8.** COD removal at ambient temperature

| Time (h) | COD (mg.l <sup>-1</sup> )     |                               | COD (mg.l <sup>-1</sup> )      |                                | COD(mg.l <sup>-1</sup> )        |                                 |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|          | Starch (2 g.l <sup>-1</sup> ) | Starch (4 g.l <sup>-1</sup> ) | Glucose (2 g.l <sup>-1</sup> ) | Glucose (4 g.l <sup>-1</sup> ) | Fructose (2 g.l <sup>-1</sup> ) | Fructose (4 g.l <sup>-1</sup> ) |
| 0        | 3873±165                      | 9042±236                      | 2833±189                       | 6084±306                       | 3450±307                        | 6804±419                        |
| 24       | 3680±368                      | 6533±24                       | 1550±124                       | 3483±354                       | 1350±35                         | 4484±330                        |
| 48       | 1715±559                      | 3524±673                      | 979±159                        | 2634±23                        | 609±6                           | 3234±1155                       |
| 72       | 1348±513                      | 3383±695                      | 447±105                        | 1717±35                        | 154±29                          | 2292±342                        |
| 96       | 1611±848                      | 1458±652                      | 183±3                          | 871±38                         | 163±19                          | 1098±127                        |
| 120      | 1674±27                       | 2788±689                      | 172±1                          | 467±35                         | -                               | 569±109                         |
| 144      | 1675±106                      | 2608±436                      | -                              | 303±15                         | -                               | 402±97                          |
| 168      | -                             | 2400±601                      | -                              | 227±7                          | -                               | 286±56                          |
| 192      | 1600±0                        | 2192±12                       | -                              | -                              | -                               | -                               |
| 218      | 1613±11                       | -                             | -                              | -                              | -                               | -                               |

**Table 9.** COD removal at mesophilic temperature

| Time (h) | COD (mg.l <sup>-1</sup> )     |                               | COD (mg.l <sup>-1</sup> )      |                                | COD (mg.l <sup>-1</sup> )       |                                 |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|          | Starch (2 g.l <sup>-1</sup> ) | Starch (4 g.l <sup>-1</sup> ) | Glucose (2 g.l <sup>-1</sup> ) | Glucose (4 g.l <sup>-1</sup> ) | Fructose (2 g.l <sup>-1</sup> ) | Fructose (4 g.l <sup>-1</sup> ) |
| 0        | 3490±410                      | 7433±424                      | 3317±23                        | 6534±377                       | 2866±378                        | 5800±188                        |
| 24       | 2075±23                       | 4083±59                       | 421±29                         | 2467±23                        | 350±94                          | 2079±359                        |
| 48       | 2009±78                       | 2632±226                      | 106±18                         | 1592±212                       | 142±35                          | 2858±554                        |
| 72       | 1592±200                      | 2359±59                       | 88±35                          | 1250±223                       | 103±35                          | 837±272                         |
| 96       | 1677±3                        | 1925±71                       | -                              | 854±247                        | 91±91                           | 395±266                         |
| 120      | 1679±129                      | 1896±147                      | -                              | 489±318                        | -                               | 143±32                          |
| 144      | 1452±33                       | 1908±177                      | -                              | 201±99                         | -                               | 153±32                          |
| 168      | 1492±35                       | 1850±177                      | -                              | 159±30                         | -                               | 83±4                            |

#### 4. CONCLUSIONS

All the carbohydrates (starch, glucose and fructose) used in this study were utilised more slowly at ambient temperature. Starch utilisation was the slowest at both temperatures. At ambient temperature VFA accumulation in all experiments except starch experiment with 4 g.l<sup>-1</sup> was higher compared to that at mesophilic temperature. Effects of temperature, carbohydrate and carbohydrate concentration on VFA accumulation were found to be statistically significant at  $p < 0.01$ . Biogas yields on carbohydrate varied depending on the temperature and carbohydrate used. Effect of temperature on % COD removal was not significant at  $p < 0.01$ . As a result, it can be stated that anaerobic digestion can also be carried out at lower temperatures.

#### 5. REFERENCES

1. Gosh, S., Conrad, J.R. and Klass, D.L., "Anaerobic acidogenesis of wastewater sludge", *JWPCF*, 47: 30-45, 1975.
2. Zeevalkink, J.A. and Maaskant, W., "Biogas from effluents of starch industries by anaerobic treatment", *Starch/Starke* 36: 131-135, 1984.
3. Grobicki, A., Stuckey, D.C., "Performance of the anaerobic baffled reactor under steady-state and shock loading conditions", *Biotech. Bioeng.*, 37:344-355, 1991.
4. Anonymous, "Chemical Oxygen Demand (Dichromate value) of Polluted and Wastewaters", 2. Ed., HMSO, London, 1986.
5. Anonymous, "Determination of Volatile Fatty Acids in Sewage Sludge", HMSO, London, 1979.
6. Dubois, M., Gilles, G.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F., "Colorimetric method for determination of sugars and related substances", *Analytical Chem.*, 28: 350-356, 1956.
7. Dennis, V.M. and Winfield, B.A., "The Determination of starch and cellulose in refuse and compost", *Water Poll. Cont.*, 77:529-531, 1978.

8. Unal, M.U., "Anaerobic Digestion: Effect of Carbon Source on Batch Kinetics", PhD Thesis, The University of Reading, UK, 1995.
9. Barnes, J.W., "Statistical Analysis for Engineering and Scientists", A Computer Based Approach. McGraw-Hill, p.396, New York, 1994.
10. Sixt, H. and Sahn, H., "Biomethanation", In *Biotechnology of Waste Treatment and Exploitation*, (J.J. Sidwick and R. S. Holdom Editors), Ellis Harwood Ltd., pp 149-172, West Sussex, 1987.
11. Koster, I.K. and Lettinga, G., "Application of the upflow anaerobic sludge bed (UASB) process for treatment of complex wastewater at low temperature", *Biotech. Bioeng.*, 27: 1411-1417, 1985.
12. Switzenbaum, M.S., Gomez-Giraldo, E. and Hickey, R.F., "Monitoring of the anaerobic methane fermentation process", *Enzyme Microb. Technol.* 12 :722-730, 1990.
13. Pack, K.M.W., Skilton, J.M., Hawkes, F.R. and Hawkes, D.L., "Effects of temperature shock treatments on the stability of anaerobic digesters operated on separated cattle slurry", *Water Res.*, 20:453-462, 1986.
14. Vavilin, V.A., Lokshina, L.Y., Rytov, S.V., Kotsyurbenko, O.R., Nozhevnikova, A.N. and Parshina, S.N., "Modelling methanogenesis during anaerobic conversion of complex organic matter at low temperatures", *Wat. Sci. Tech.* 36: 531-538, 1997.
15. Kotze, J.P., Thiel, P.G. and Hattingh, W.H.J., "Anaerobic digestion-II. The characterization and control of anaerobic digestion", *Water Res.*, 3:459-494, 1969.



## EFFECT OF MIXED SUBSTRATE ON THE STABILITY OF ANAEROBIC DIGESTION

**M. Ümit ÜNAL**

Ç. Ü., Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

**Salih AKSAY**

M.Ü., Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Mersin/Türkiye

**Turan YILMAZ**

Ç. Ü., Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

**ABSTRACT :** *In order to find out effects of mixed substrates on the stability of anaerobic digestion, mixtures of various carbohydrates (starch-glucose, starch-fructose and starch-glucose-fructose) at varying concentrations (2 g.l<sup>-1</sup> and 4 g.l<sup>-1</sup>) were used. A sequential substrate utilization was observed, glucose and/or fructose depletion followed by starch utilization. Glucose and/or fructose exerted catabolite repression on starch utilization.*

**Keywords:** *Anaerobic digestion, mixed substrate, stability, wastewater treatment*

### KARIŞIK SUBSTRATIN ANAEROBİK ARITIM STABİLİTESİNE ETKİSİ

**ÖZET :** *Değişik konsantrasyonlardaki (2 ve 4 g.l<sup>-1</sup>) farklı karbonhidrat karışımlarının (nişasta-glikoz, nişasta-früktöz, nişasta-glikoz-früktöz) anaerobik arıtımın stabilitesine etkisi incelenmiştir. Sıralı bir substrat kullanımı gözlenmiştir; ilk olarak glikoz ve/veya frütoz tüketildikten sonra nişasta kullanımı başlamıştır. Glikoz ve/veya früktöz nişasta kullanımını katabolit represyona uğratmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** *Anaerobik arıtım, karışık substrat, stabilite, atıksu arıtımı*

## 1. INTRODUCTION

Despite its many advantages, the anaerobic digestion process has a poor process stability. The problem has been accentuated by a perceived lack of reliability in the process. Widespread application of the anaerobic digestion has been hampered somewhat by its reputation as being easily upset and unreliable. Further development of anaerobic process technology is dependent on a better understanding of the factors associated with the stability of the biological process involved. The anaerobic process is easily upset whenever the balance between fast-growing acid formers and the more fastidious methane formers is upset for some reason (1, 2).

The nature and chemical composition of the materials used in anaerobic digestion dictate the operative degradation sub-processes and the microbial groups involved in the anaerobic conversion of these substrates (3). Therefore, the composition of the microbial population in an anaerobic digester will be dependent on the composition and amount of the substrate it receives. When composition of the substrate supplied to a digester is changed, a subsequent change in the composition of the microbial population will occur. These changes will presumably be accompanied by changes in the chemical and enzymatic properties of the microbial population and in this way the microbial population will adapt itself to the new substrate (4).

Fluctuating feed composition can pose a problem in anaerobic digestion because e.g. substrate components may affect enzyme synthesis through catabolite repression or inhibition etc. A good example from the food industry relates to starch, glucose and fructose rich feeds. Since starch cannot penetrate the cells, extracellular enzymes are expressed when starch is the substrate. Glucose, however, represses extracellular enzyme synthesis. In this study, the effects of the mixed substrate on the stability of anaerobic digestion were examined

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Experimental Set-up

Two litre capacity flat-bottomed culture vessels fitted with a flange lid fitted with a multi socket served as digesters. The experiments were carried out in jacketed-fermenters. The temperature was maintained at 37 °C by thermostatically controlled recirculating water bath. Stirring was achieved by magnetic stirrers. The inoculum used in this study was obtained from an anaerobic continuous stirred tank reactor (CSTR) of Efes Pilsen Company, Turkey. The feed used in this study was a soluble, complex organic mixture, which was well characterized for work with anaerobic mixed cultures (5). The feed was prepared freshly just before the experiments and magnetically stirred under vacuum for ½ hour in order to remove any dissolved oxygen. The composition of the feed is given below:

The experiments were carried out in duplicate and the results are expressed as means with standard deviation. The reactor working volume was 1.5 l. The pH was kept between 6.7-7.4 and at times when pH dropped below 6.7, it was brought to neutrality by the addition of 2 N NaOH. The inoculation was 10 %. C:N ratio was kept constant at 10 by adjusting the composition of the feed given above according the level of carbohydrate.

**Table 1.** Constituents of the wastewater

| Constituents   | g.l <sup>-1</sup> tap water |
|--|-----------------------------|
| Carbohydrate (starch, glucose or fructose)                     | 1.000                       |
| Bacteriological peptone (Lab M)                                | 0.259                       |
| Meat extract (Oxoid 'Lab Lemco' L 29)                          | 0.125                       |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (BDH Analar)                   | 0.240                       |
| NaHCO <sub>3</sub> (BDH Analar)                                | 1.250                       |
| CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O (BDH, Laboratory reagent) | 0.220                       |
| MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O (Sigma, M 1880)           | 0.048                       |

## 2.2. Analytical Methods

30 ml of sample was withdrawn through the sampling hood each time and the bulk liquid was analysed for pH, chemical oxygen demand (COD), carbohydrate and volatile fatty acid (VFA). The measurement of COD (soluble COD) was done by titrimetric method of small-scale closed tube digestion (6). The COD of the effluent in starch experiments was measured after filtration through a Whatman type GF/&C glass-fibre filter and after centrifugation in glucose and fructose experiments. VFA concentration was determined spectrophotometrically at 500 nm (7). Glucose, fructose and starch concentrations were determined by the phenol-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> method (8). In starch experiments, starch was solubilized by simmering the sample in boiling water for five minutes (9). The volume of the biogas produced during the experiments was measured in ml by liquid displacement. The biogas was collected over an acidified brine (3.13 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and 10 % NaCl) in a graduated glass container (10). The biogas volumes were corrected for standard temperature and pressure.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. Carbohydrate Utilization

Utilization of mixed substrate was monitored by measuring the total carbohydrate and starch analyses. It should be born in mind that the analytical results of total carbohydrates represent the total concentration of carbohydrate mixtures. In all experiments, the sludge used as inoculum was acclimated with glucose and/or fructose prior to the experiment. Therefore, it can be assumed that the hydrolytic bacteria did not synthesize the amylolytic enzymes prior to the experiments.

Utilizations of the mixtures of carbohydrates are presented in Table 2. A salient feature of the experiments is the sequential substrate utilization: consumption of glucose and/or fructose first, followed by starch utilization. As can be seen in Table 2, total carbohydrate concentrations dropped rapidly in the early hours of the experiments, during which starch changed very little. From this observation it can be concluded that glucose and/or fructose exerted catabolite repression on starch utilization by repressing the synthesis of amylolytic enzymes.

Table 2. Anaerobic digestion of mixed substrates

| Time (h) | Starch-glucose      |        |                     |          | Starch-fructose     |         |                     |          | Starch-glucose-fructose |         |                     |          |
|----------|---------------------|--------|---------------------|----------|---------------------|---------|---------------------|----------|-------------------------|---------|---------------------|----------|
|          | 2 g.l <sup>-1</sup> |        | 4 g.l <sup>-1</sup> |          | 2 g.l <sup>-1</sup> |         | 4 g.l <sup>-1</sup> |          | 2 g.l <sup>-1</sup>     |         | 4 g.l <sup>-1</sup> |          |
|          | TC                  | S      | TC                  | S        | TC                  | S       | TC                  | S        | TC                      | S       | TC                  | S        |
| 0        | 1672±17             | 957±58 | 3629±151            | 1868±148 | 1710±8              | 976±19  | 3317±22             | 1789±13  | 1791±38                 | 872±55  | 3708±208            | 894± 47  |
| 2        | 00±23               | 837±   | 22 4±38             | 33± 00   | 09 ±74              | 908±    | 23 ± 73             | 680±77   | 043± 36                 | 784± 8  | 829±99              | 642±83   |
| 4        | 907±2               | 787±60 | 393± 0              | 577±69   | 825±65              | 929± 9  | 697±97              | 730± 3   | 657±6                   | 746±3   | 1569±185            | 1517±147 |
| 6        | 716±1               | 753±27 | 1361±40             | 1562±116 | 758±8               | 901±51  | 1485±36             | 1587±22  | 571±69                  | 590±125 | 1607±160            | 1470±213 |
| 8        | 720±15              | 744±4  | 1227±88             | 1418±191 | 742±24              | 823±21  | 1362±59             | 1469±22  | 590±83                  | 496±235 | 1449±505            | 687±169  |
| 10       | 654±31              | 722±12 | 1214±54             | 1414±33  | 583±81              | 630±101 | 1120±475            | 1348±206 | 582±78                  | 329±137 | 1189±390            | 572±191  |
| 12       | 621±65              | 644±94 | 1071±123            | 1246±124 | 305±82              | 667±209 | 1146±93             | 1185±154 | 393±317                 | 232±140 | 885±265             | 426±179  |
| 24       | 151±24              | 115±18 | 117±66              | 69±59    | 44±7                | 34±14   | 142±29              | 38±36    | 104±8                   | 22±17   | 134±5               | 4±1      |
| 48       | 72±7                | 3±3    | 52±0                | 1±0      | 56±0                | 0±0     | 54±0                | 2±1      | 37±0                    | 1±2     | 88±14               | 0±0      |
| 72       | 40±5                | 3±3    | 53±8                | -        | 45±2                | -       | 51±2                | -        | 34±3                    | -       | 81±12               | -        |
| 96       | 39±3                | -      | 54±1                | -        | 36±4                | -       | 50±3                | -        | 35±1                    | -       | 64±11               | -        |
| 120      | 41±2                | -      | 46±5                | -        | 38±4                | -       | 46±1                | -        | 36±4                    | -       | 51±3                | -        |
| 144      | 40±4                | -      | 52±1                | -        | -                   | -       | 56±3                | -        | -                       | -       | -                   | -        |

TC: total carbohydrate (mg.l<sup>-1</sup>)      S: starch (mg.l<sup>-1</sup>)

Biosynthesis of catabolic enzymes is controlled by catabolite repression. When there is more than one substrate in the medium, the substrate, which supports microbial growth best, is utilized first and the enzymes, which are required for the utilization of the other substrate, undergo catabolite repression (10).

From investigations in batch cultures it is evident that amylase and pullulanase biosynthesis in thermophilic anaerobic bacteria is controlled by both substrate induction and catabolite repression. Since starch cannot penetrate the cells, extracellular enzymes are expressed when the hydrolysis products of starch are used as substrates. Glucose, on the other hand, was found to repress the synthesis of extracellular enzyme by anaerobic bacteria (11). Hyun and Zeikus (12) found that amylase synthesis in *Clostridium thermohydrosulfuricum* was more severely repressed by glucose than xylose. Madi et al (13) investigated thermostable amylolytic enzymes from a *Clostridium* isolate. They found that starch, pullulan, maltotriose and maltose induced the synthesis of  $\alpha$ -amylase and pullulanase, while glucose, ribose, fructose and lactose did not.

Effects of inhibition and repression on the utilization of substrates by heterogeneous bacterial communities in sewage sludge were investigated under aerobic conditions with batch cultures (14). Three case histories of the substrate utilization and growth in multisubstrate media by heterogeneous bacterial populations were presented: concurrent substrate utilization and growth on both substrate simultaneously (glucose plus benzoate); sequential substrate elimination accompanied by diauxic growth as a result of inhibition of enzyme activity (glucose plus galactose); sequential substrate utilization accompanied by diauxic growth caused by repression of enzyme formation (glucose plus L-phenylalanine, benzoate plus L-phenylalanine).



### 3.2. VFA Formation and Change in pH

VFA formation and change in pH during anaerobic digestion of mixed substrates are given in Table 3. In all experiments, the VFA level began to increase from the first hour onwards, and rose to a maximum between 2-6<sup>th</sup> hours. As expected, the VFA maximums at higher substrate concentrations were higher. With the formation of biogas, VFA concentrations in all experiments decreased gradually. The accumulation of VFA can be explained by the fact that the acid-producing bacteria converted carbohydrates to VFA faster than it could be utilized by methane bacteria, in other words the rate of production of VFA by acidogenic bacteria exceeded the rate of VFA consumption by methane bacteria as found by previous workers (e.g., 15). Banerjee et al (16) investigated anaerobic digestion of mixtures of domestic wastewater-effluent from a potato-processing factory, which is rich in starch. They reported that the level of VFA increases which was attributed to the hydraulic retention time and temperature. Despite the VFA accumulation, the change in pH was very little and it remained always in optimum range for methane fermentation. Most problems in anaerobic digestion can be attributed to accumulation of VFAs and a fall in pH (17, 18).

**Table 3.** VFA formation and change in pH during anaerobic digestion of mixed substrates

| Time (h) | Starch-glucose      |      |                     |      | Starch-fructose     |      |                     |      | Starch-glucose-fructose |      |                     |      |
|----------|---------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|-------------------------|------|---------------------|------|
|          | 2 g.l <sup>-1</sup> |      | 4 g.l <sup>-1</sup> |      | 2 g.l <sup>-1</sup> |      | 4 g.l <sup>-1</sup> |      | 2 g.l <sup>-1</sup>     |      | 4 g.l <sup>-1</sup> |      |
|          | VFA                 | pH   | VFA                 | pH   | VFA                 | pH   | VFA                 | pH   | VFA                     | pH   | VFA                 | pH   |
| 0        | 87±14               | 7.28 | 57±6                | 7.30 | 36±19               | 7.18 | 75±26               | 7.43 | 80±11                   | 7.20 | 119±8               | 7.15 |
| 2        | 240±36              | 6.93 | 221±17              | 7.05 | 196±32              | 6.98 | 199±9               | 7.20 | 289±115                 | 6.95 | 516±169             | 6.93 |
| 4        | 180±9               | 7.00 | 399±48              | 7.00 | 196±56              | 6.98 | 696±64              | 7.05 | 345±2                   | 6.90 | 638±180             | 7.03 |
| 6        | 157±16              | 7.05 | 384±94              | 7.03 | 103±28              | 6.95 | 749±194             | 7.08 | 250±96                  | 6.95 | 606±158             | 7.05 |
| 8        | 147±31              | 7.03 | 226±116             | 7.03 | 50±38               | 7.00 | 676±149             | 7.05 | 196±3                   | 6.95 | 518±224             | 7.00 |
| 10       | 80±56               | 7.05 | 171±58              | 7.05 | 52±3                | 7.03 | 467±120             | 7.08 | 106±17                  | 7.00 | 371±223             | 7.10 |
| 12       | 74±43               | 7.00 | 109±17              | 7.08 | 18±21               | 7.00 | 439±19              | 7.08 | 49±36                   | 6.98 | 404±278             | 7.05 |
| 24       | 33±32               | 6.95 | 40±23               | 6.98 | 17±13               | 6.95 | 169±36              | 7.10 | 45±3                    | 6.90 | 52±43               | 7.08 |
| 48       | 36±25               | 6.98 | 38±17               | 6.98 | 19±19               | 6.93 | 42±7                | 7.10 | 45±11                   | 6.90 | 40±27               | 7.10 |
| 72       | 33±18               | 7.00 | 28±2                | 7.05 | 7±10                | 6.95 | 34±18               | 7.10 | 39±3                    | 6.95 | 40±19               | 7.13 |
| 96       | 18±7                | 7.00 | 0±0                 | 7.13 | 3±4                 | 6.95 | 37±14               | 7.10 | 47±1                    | 6.95 | 34±26               | 7.10 |
| 120      | 0±0                 | -    | 0±0                 | 7.10 | 0±0                 | 6.98 | 43±23               | 7.18 | 42±7                    | 6.95 | 37±14               | 7.10 |
| 144      | -                   | -    | -                   | 7.10 | -                   | -    | 25±6                | 7.20 | -                       | -    | -                   | -    |

VFA: volatile fatty acid (mg.l<sup>-1</sup>)

### 3.3. Biogas Productions and Biogas Yields

With the consumption of carbohydrates and VFA formation, the biogas increased steadily in all experiments (Table 4). Methanogenic bacteria convert acetate, carbon dioxide, carbon monoxide, hydrogen and formate to biogas which consists of a mixture of methane and carbon dioxide (19).

**Table 4.** Biogas formation during anaerobic digestion of mixed substrates

| Time (h) | Starch-glucose      |                     | Starch-fructose     |                     | Starch-glucose-fructose |                     |
|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
|          | 2 g.l <sup>-1</sup> | 4 g.l <sup>-1</sup> | 2 g.l <sup>-1</sup> | 4 g.l <sup>-1</sup> | 2 g.l <sup>-1</sup>     | 4 g.l <sup>-1</sup> |
|          | Biogas (ml)         | Biogas (ml)         | Biogas (ml)         | Biogas (ml)         | Biogas (ml)             | Biogas (ml)         |
| 0        | 0±0                 | 0±0                 | 0±0                 | 0±0                 | 0±0                     | 0±0                 |
| 2        | 305±7               | 410±66              | 296±46              | 317±132             | 155±46                  | 347±0               |
| 4        | 591±13              | 992±59              | 704±40              | 764±92              | 392±56                  | 629±40              |
| 6        | 746±7               | 1318±33             | 919±40              | 1048±33             | 561±83                  | 797±66              |
| 8        | 863±0               | 1556±0              | 1060±53             | 1277±13             | 720±136                 | 952±73              |
| 10       | 966±27              | 1747±72             | 1206±73             | 1454±79             | 856±169                 | 1121±86             |
| 12       | 1093±20             | 1938±79             | 1342±93             | 1677±92             | 978±222                 | 1318±86             |
| 24       | 1618±73             | 2618±804            | 1670±27             | 2912±59             | 1457±143                | 2313±100            |
| 48       | 1801±80             | 2851±751            | 1792±13             | 3406±112            | 1574±96                 | 2627±13             |
| 72       | 1872±100            | 2968±797            | 1872±20             | 3536±99             | 1635±76                 | 2763±20             |
| 96       | 1928±113            | 3052±797            | 1928±20             | 3601±112            | 1682±63                 | 2824±13             |
| 120      | 1970±119            | 3089±797            | 1956±20             | 3676±99             | 1733±83                 | 2852±13             |
| 144      | 1994±126            | 3117±797            | -                   | 3722±99             | -                       | -                   |

In order to compare the biogas productions, biogas yields were calculated for each experiments, which is defined as ml of biogas produced per mg substrate consumed (total carbohydrate) per litre of the fermenter working volume. The results are presented in Table 5. The highest biogas yield was obtained in starch-glucose experiment at 2 g.l<sup>-1</sup> concentration.

**Table 5.** Biogas yields

|                         |                        | Biogas yield |
|-------------------------|------------------------|--------------|
| Starch - Glucose        | (2 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.815        |
|                         | (4 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.581        |
| Starch - Fructose       | (2 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.783        |
|                         | (4 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.760        |
| Starch-glucose-fructose | (2 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.659        |
|                         | (4 g.l <sup>-1</sup> ) | 0.522        |

### 3.4. COD Removal

COD removals during the anaerobic digestion of mixed substrates are given in Table 6. The COD removals in all experiments were efficient. Most of the COD removal took place during the first 48<sup>th</sup> hours. The highest COD removal was in experiment with the mixtures of glucose-starch-fructose (4 g.l<sup>-1</sup>) with 83% and the lowest being 64 % with starch-glucose (2 g.l<sup>-1</sup>).

**Table 6.** COD removal during anaerobic digestion of mixed substrates

| Time (h) | Starch-glucose            |                           | Starch-fructose           |                           | Starch-glucose-fructose   |                           |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          | 2 g.l <sup>-1</sup>       | 4 g.l <sup>-1</sup>       | 2 g.l <sup>-1</sup>       | 4 g.l <sup>-1</sup>       | 2 g.l <sup>-1</sup>       | 4 g.l <sup>-1</sup>       |
|          | COD (mg.l <sup>-1</sup> ) | COD (mg.l <sup>-1</sup> ) | COD (mg.l <sup>-1</sup> ) | COD (mg.l <sup>-1</sup> ) | COD (mg.l <sup>-1</sup> ) | COD (mg.l <sup>-1</sup> ) |
| 0        | 3133±1508                 | 5611±157                  | 3967±0                    | 5900±47                   | 3500±471                  | 6861±1100                 |
| 24       | 1600±141                  | 1778±196                  | 1925±212                  | 1900±330                  | 1433±47                   | 1971±147                  |
| 48       | 1297±125                  | 1504±94                   | 1252±91                   | 1583±35                   | 1229±77                   | 1362±35                   |
| 72       | 1022±87                   | 1283±99                   | 1107±73                   | 1330±73                   | 963±66                    | 1384±66                   |
| 96       | 978±115                   | 1281±80                   | 1008±172                  | 1345±219                  | 928±2                     | 1197±0                    |
| 120      | 1017±94                   | 1129±130                  | 1033±108                  | 1298±45                   | 968±24                    | 1170±62                   |
| 144      | 1115±66                   | 1083±147                  | -                         | 1365±14                   | -                         | -                         |

#### 4. CONCLUSIONS

The following conclusions can be drawn from this study:

- i. A sequential substrate utilization was observed, glucose and/or fructose depletion followed by starch utilization.
- ii. Glucose and/or fructose exerted catabolite repression on starch utilization.
- iii. COD removal varied between 64-83%.
- iv. Mixed substrate did not adversely affect the stability of anaerobic digestion.

#### 5. REFERENCES

1. Zeevalkink, J.A. and Maaskant, W., "Biogas from effluents of starch industries by anaerobic treatment", *Starch/Staerke*, 36: 131-135, 1984.
2. Lettinga, G., "The Prospects of Anaerobic Waste Water Treatment", In G.L. Ferrero, M.P. Ferranti and H.Naveu (Eds) *Anaerobic Digestion and Carbohydrate Hydrolysis of Waste*, Elsevier, p.262-273, London, 1984.
3. Pavlostathis, S.G. and Giraldo-Gomez, E., "Kinetics of anaerobic treatment", *Wat. Sci. Tech.*, 24: 35-59, 1991.
4. Hatting, W.H.J., Kotze, J.P., Thiel, P.G., Terien, D.F. and Siebert, M.L., "Biological changes during the adaptation of an anaerobic digester to a synthetic substrate", *Water Res.*, 1:255-277, 1967.
5. Grobicki, A., Stuckey, D.C., "Performance of the Anaerobic Baffled Reactor Under Steady-state and Shock Loading Conditions", *Biotech. Bioeng.*, 37:344-355, 1991.
6. Anonymous, "Chemical Oxygen Demand (Dichromate value) of Polluted and Wastewaters", 2. Ed., HMSO, London, 1986.
7. Anonymous, "Determination of Volatile Fatty Acids in Sewage Sludge", HMSO, London, 1979.
8. Dubois, M., Gilles, G.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. and Smith, F., "Colorimetric method for determination of sugars and related substances", *Analytical Chem.*, 28: 350-356, 1956.
9. Dennis, V.M. and Wimwield, B.A., "The determination of starch and cellulose in refuse and compost", *Water Poll. Con.1*, 77:529-531, 1978.

10. Unal, M.U., "Anaerobic Digestion: Effect of Carbon Source on Batch Kinetics", PhD Thesis, The University of Reading, UK, 1995.
11. Antranikian, G., "Physiology and Enzymology of Thermophilic Anaerobic bacteria degrading starch", *FEMS Microbiol. Rev.*, 75:201-218, 1990.
12. Hyun, H.H. and Zeikus, J.G., "Regulation and genetic enhancement of glucoamylase and pullulanase production in *Clostridium thermohydrosulfuricum*", *J. Bacteriol.*, 164:1146-1152, 1985.
13. Madi, E., Antranikian, G., Ohmiya, K. and Gottschalk, G., "Thermotable amylolytic enzymes from a new *Clostridium* isolate", *Appl. Environ. Microb.*, 53:1661-1667, 1987.
14. Stumm-Zollinger, E., "Effects of inhibition and repression on the utilization of substrates by heterogeneous bacterial communities", *Applied Microbiology*, 14: 654-664, 1966.
15. Andrews, J.F. and Graef, S.P., "Dynamic Modelling and Simulation of the Anaerobic Digestion Process", (American Chemical Society) *Anaerobic Biological Treatment Processes*, p.126-162, 1971.
16. Banerjee, A., Elefsiniotis, P. and Tuhtar, D., "The effect of addition of potato-processing wastewater on the acidogenesis of primary sludge under varied hydraulic retention time and temperature", *J. Biotechnol.*, 72:203-212, 1999.
17. Archer, D.B. and Kirsop, B.H., "The microbiology and control of anaerobic digestion", In A. Wheatley (Ed), *Anaerobic Digestion: A Waste Treatment Technology*, Elsevier, p 56, London, 1990.
18. Mackie, R.I., White, B.A. and Bryant, M.P., "Methanogenesis, biochemistry", In J. Ledeborg (Editor-in-Chief), *Encyclopedia of Microbiology*, vol. 3, Academic Press, pp 97-109, London, 1992.
19. Hobson, P.N., Summers, R. and Harries, C., "Single and multistage fermenters for treatment of agricultural wastes", In J. M. Grainger and J. M. Lynch (Eds), *Microbiological Methods for Environmental Microbiology*, Academic Press, London, 1984.

## İPLİK ÜRETİM SİSTEMLERİNDE ENERJİ KULLANIMI-RİNG İPLİK EĞİRME SİSTEMİ ÖRNEĞİ

Erdem KOÇ ve Emel KAPLAN

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

**ÖZET :** Bu çalışmada; tekstil ve konfeksiyon sanayinde mamul maliyetlerini büyük oranda etkileyen enerjinin önemi üzerinde durulmuş, söz konusu sanayi dalında kullanılan enerji türleri hakkında kısa bilgi verilmiştir. Tekstil ve konfeksiyon endüstrisinin üretim basamaklarından iplik üretiminde enerji kullanımı genel olarak değerlendirilmiş, seçilmiş bir iplik işletmesinin enerji tüketimi sistematik bir şekilde analiz edilip irdelenmiştir. Belirli özellik ve numaradaki iplik üretiminde kullanılan enerji (özgül enerji) miktarını hesaplayan formüller geliştirilmiş, seçilmiş iplik türü için önerilen formüller yardımıyla hesaplanmış değerler, literatürde mevcut verilerle karşılaştırılmıştır.

### THE ENERGY CONSUMPTION OF YARN MANUFACTURING SYSTEMS- REFERENCE TO RING SPINNING SYSTEM

**ABSTRACT :** In this study, the importance of energy which affects product cost primarily in Textile and Apparel Industry has been emphasized and also general information about the kinds of energy used in this industry has been given. The energy consumption of yarn manufacturing which forms one of the production steps of textile and apparel industry has been explained generally and the energy consumption of a chosen spinning mill has been investigated systematically. Simple equations in order to calculate the specific energy consumption of a chosen yarn type has been developed. The specific energy consumption of a particular yarn type which has been produced in investigated mill has been determined by using advised equations and the results obtained has been compared with the data available in literature.

## 1. GİRİŞ

Enerji, üretimde kullanılması zorunlu bir üretim faktörü ve toplumların refahının yükselmesi için gerekli bir unsur olarak, ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel girdilerinden birisidir. Dünyada hızlı sanayileşme, nüfusun büyük bir artış göstermesi, yeni teknolojilerin kullanıma sunduğu makina ve araçların çeşitlenmesi gibi etkenler her geçen gün enerjiye duyulan ihtiyacı arttırmaktadır. Enerji; istenen kalitedeki mal ve hizmeti, istenen zamanda ve minimum maliyetle sunmayı amaçlayan işletmeler için vazgeçilmez bir üretim faktörü olup, mal ve hizmet fiyatlarına etki eden önemli unsurlardan birisi konumundadır.

Çeşitli nitelikteki elyafı hammadde olarak kullanarak, çeşitli üretim basamaklarıyla iplik, kumaş, konfeksiyon gibi ürünler elde eden tekstil ve konfeksiyon sanayisi için de enerji önemli unsurlardandır. Genel olarak; enerji maliyeti bu sanayi dalında; toplam iplik maliyetinde %6-14, kumaş maliyetinde %7-15, konfeksiyon mamulü maliyetinde %6-10 arasında değişen oranlarda pay almaktadır. Bu oranlar, üretimin gerçekleştirildiği işletmelerin makina parkına, ekonomik durumuna, yönetimine ve enerji birim fiyatlarına göre farklılık göstermektedir [1, 2]. Hem mamul maliyetlerinin azaltılması hem de ülkemizdeki enerji kaynaklarının hızla tükenmeye yüz tutması nedeniyle günümüzde enerjinin etkili ve verimli biçimde kullanımı giderek önem kazanmaya başlamıştır.

Tekstil ve konfeksiyon sanayiinde gerek makinaların çalıştırılması ve işlemlerin yürütülmesi, gerekse üretimin gerçekleştirileceği ortamın iklimlendirilmesi ve aydınlatılması için çeşitli enerji türlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ortamın aydınlatılması ve makinaların çalıştırılması için elektrik enerjisi kullanılırken; proseslerin yürütülmesi için ısı enerjisine gerek duyulmaktadır. Üretim yapılacak ortamın iklimlendirilmesi ise; hem elektrik hem de ısı enerjisi kullanılarak sağlanabilmektedir. Bunun yanında, üretimde kullanılan makinalarda ihtiyaç duyulan basınçlı havayı sağlamak için kompresörlerde elektrik enerjisi gerekli olmaktadır. Söz konusu sanayi dalında; ısı enerjisi yaygın olarak; kömür, mazot, fuel-oil, doğal gaz ve buhardan elde edilmektedir [3].

Tekstil işletmelerinde; üretilen mamulün birim miktarı için gerekli olan özgül enerji; mamul yapısına, üretim basamaklarına ve makinalara göre değişeceğinden, üretimin gerçekleştirildiği alt bölümlerde farklılık göstermektedir. Bu çalışmada tekstil ve konfeksiyon işletmelerinde üretimin ilk basamağı olan iplik üretiminde enerji kullanımı değerlendirilmektedir [2].

İplik üretimi; kullanılan elyafın uzunluğuna göre filament iplik üretimi ve eğrilmiş iplik üretimi olarak nitelendirilmekte ve kesikli elyaftan oluşan iplik eğrilmiş iplik adını almaktadır. Eğrilmiş iplik üretiminde; balyalar halindeki elyaf, harman-hallaç dairesinde bulunan bir seri makina (balya açıcı, karıştırıcı, temizleyici vb.) ile açılıp temizlenmekte, tarak prosesinde şerit formunu almakta, takip eden cer prosesi ile inceltirilip paralel hale getirilmektedir. Bu aşamadan sonra, ihtiyaç duyulması halinde tarama ve fitil aşamaları gelmekte, daha sona ise iplik eğirme aşamasında iplik elde edilmektedir. Uygulanan işlemler üretilecek ipliğin özelliklerine ve kullanılan iplik sistemine göre farklılaşmaktadır [4- 6].

İplik eğirme aşaması iplik makinalarında elyaf demetinin istenen inceliğe getirilip yüksek miktarda büküm almasıyla sağlanmaktadır. Yaygın olarak kullanılan iplik

üretim sistemleri; iplik kalitesi bakımından da en iyi özellikler gösteren ring ve open-end rotor sistemleri olarak bilinmektedir. Üretilecek iplik penye iplik ise, cer aşamasından sonra tarama işlemi ile elyaf demetindeki kısa elyaf uzaklaştırılmakta, karde iplik üretimi söz konusu ise tarama işlemi uygulanmamaktadır. Penye iplik üretiminde tarama işleminin ardından şerit halindeki elyaf ikinci defa cer işlemine tabi tutulmakta, daha sonra fitil prosesi ile inceltiye düşürülerek düşük oranda büküm almaktadır. Ring iplik sisteminin kullanıldığı durumlarda iş akışı bu şekilde olurken, open-end rotor sisteminde penye ve fitil aşaması bulunmamaktadır. Ayrıca, ring iplik sisteminde üretilen iplikler düşük metrajlı kopslara sarılmakta, bu nedenle iplik eğirmeden sonra bobinlere sarımın gerçekleştiği bobinleme işlemine ihtiyaç duyulmaktadır [4-6].

İplik işletmelerinde üretim sırasında tüketilen enerji; kullanılan hammaddeden üretilecek ürüne, işletme şartlarından yerleşim planına, kullanılan makinalardan, iş akışına kadar her türlü parametreden etkilenmekte ve maliyeti değişmektedir. Çizelge 1'de seçilmiş ülkeler için pamuklu, Ne 30/1 penye ring ve karde open-end rotor iplik maliyetlerinde maliyeti oluşturan unsurların payı görülmektedir. Her iki iplik türü için de iplik maliyetine etki eden önemli faktörler **hammadde** ve makina amortisman maliyeti, faizler, vergiler gibi maliyetleri kapsayan **sermaye** olarak görülmektedir. Enerji ise; söz konusu ülkelerde ring iplik maliyetinde %4-12, open-end rotor iplik maliyetinde ise %3-%10 arasında değişen oranlarda pay almaktadır.

Çizelge 1. Ring ve open-end iplik maliyetlerinde maliyet unsurlarının payı [7]

| Ring ve Open-End Rotor İplik Maliyetlerinde Unsurların Payı (%) (2003) |          |     |      |     |           |     |        |     |         |     |         |     |      |     |
|--|----------|-----|------|-----|-----------|-----|--------|-----|---------|-----|---------|-----|------|-----|
| Ülkeler / Unsurlar   | Brezilya |     | Çin  |     | Hindistan |     | İtalya |     | G. Kore |     | Türkiye |     | ABD  |     |
|  | Ring     | OE  | Ring | OE  | Ring      | OE  | Ring   | OE  | Ring    | OE  | Ring    | OE  | Ring | OE  |
| Hammadde   | 50       | 56  | 61   | 66  | 51        | 57  | 40     | 51  | 53      | 60  | 49      | 57  | 44   | 55  |
| İşçilik  | 2        | 1   | 2    | 1   | 2         | 1   | 24     | 11  | 8       | 3   | 4       | 2   | 19   | 8   |
| Enerji   | 4        | 3   | 8    | 7   | 12        | 10  | 10     | 10  | 6       | 5   | 9       | 7   | 6    | 5   |
| Telef  | 7        | 6   | 11   | 9   | 7         | 6   | 6      | 6   | 8       | 7   | 8       | 6   | 6    | 6   |
| Yardımcı madde   | 4        | 6   | 4    | 5   | 5         | 6   | 3      | 5   | 4       | 6   | 4       | 5   | 4    | 6   |
| Sermaye  | 32       | 28  | 14   | 12  | 23        | 20  | 17     | 17  | 21      | 19  | 26      | 23  | 21   | 20  |
| Toplam   | 100      | 100 | 100  | 100 | 100       | 100 | 100    | 100 | 100     | 100 | 100     | 100 | 100  | 100 |

Daha önce yapılan çalışmalarda, iplik üretiminde bir kg iplik üretimi söz konusu olduğunda, 2.7-4 kWh/kg arasında değişen miktarlarda elektrik enerjisi kullanıldığı, 1.1-4.7 MJ/kg arasında değişen miktarlarda ise ısı enerjisi kullanılabildiği belirtilmektedir. Bu aşamada kullanılan ısı enerjisinin büyük bir kısmı ortamı iklimlendirmek için klimalarda kullanılırken, belirli bir bölümü de çeşitli türdeki ipliklere fikse gibi ısı işlemler uygulanması sırasında tüketilmektedir [8, 9].

Bu çalışmada; iplik işletmelerinde enerji kullanımı hakkında genel bilgi verilmiş, seçilmiş bir iplik işletmesinin enerji tüketimi kurulu güç, fiili güç, aylık ve yıllık enerji kullanımı dikkate alınarak analiz edilmiştir. İplik üretiminde özgül enerji tüketimini belirlemek için teorik yaklaşımda bulunulmuş, formüller geliştirilmiştir. Söz konusu formüller kullanılarak belirli özellikte ve numaradaki iplik için özgül enerji kullanımı hesaplanmış, bu değerler literatürde yer alan değerlerle karşılaştırılmıştır.

## 2. İPLİK ÜRETİMİNDE ENERJİ KULLANIMI

İplik işletmelerinde enerji; makinaların çalıştırılmasında, klimalarda, aydınlatmada ve basınçlı hava sağlamak amacıyla kompresörlerde kullanılmaktadır. İplik üretimi harman-hallaç, tarak, cer, fitil, iplik eğirme gibi birbirini takip eden birçok aşamadan sonra gerçekleşmektedir. Tipik bir iplik üretim sisteminde; penye iplik için üretim aşamalarındaki enerji kullanımı kWh ve yüzde (%) olarak Çizelge 2’de verilmektedir. Görüldüğü gibi; 1000 iğlik üretim bandında penye iplik üretimine tekabül eden enerji miktarı 221.1kWh olmakta, bu enerjinin %61’lik kısmı üretim sırasında makinalarda tüketilmektedir. Makinalarda gerçekleşen enerji tüketiminin büyük bir kısmı ise ring iplik eğirme ve tarak aşamalarında gerçekleşmektedir [10].

**Çizelge 2.** Tipik bir penye iplik üretiminde enerji kullanımı [10]

| Tipik Bir Penye İplik Üretiminde Enerji Kullanımı |             |     |
|---|-------------|-----|
| Üretim Aşamaları                                  | kWh/1000 iğ | %   |
| Harman-Hallaç                                     | 16.7        | 7.5 |
| Tarak   | 17.7        | 8   |
| Penye (Tarama)                                    | 10.9        | 5   |
| Cer ve Fitil                                      | 9.1         | 4   |
| Ring İplik Eğirme                                 | 66.1        | 30  |
| İplik Terbiye İşlemleri                           | 14.7        | 6.5 |
| TOPLAM  | 135.2       | 61  |
| Klimalar  | 85.9        | 39  |
| Genel Toplam                                      | 221.1       | 100 |

Seçilmiş ülkeler için Ne 30/1 penye ring ve karde open-end rotor ipliğinde enerji kullanımı ve maliyeti Çizelge 3’te değerlendirilmektedir. Ring iplik üretimi için gerekli elektrik enerjisi miktarı 3.49-3.62 kWh/kg arasında değişirken, bu değer open-end rotor ipliği için 2.44-2.58 kWh/kg arasında değişmektedir. Görüldüğü gibi, her iki iplik türü için de Türkiye, enerji maliyeti bakımından en pahalı üçüncü ülke konumunda bulunmaktadır. Bu nedenle, Türkiye’de enerji maliyetlerinin düşürülmesi bakımından, enerji tüketim miktarlarının azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

**Çizelge 3.** Ring ve open-end rotor iplik için enerji kullanımı [7]

| Ülkeler   | Elektrik Fiyatları (\$/kWh) | Ring İplik               |                         | Open-End İplik           |                         |
|-----------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
|           |                             | Enerji Tüketimi (kWh/kg) | Enerji Maliyeti (\$/kg) | Enerji Tüketimi (kWh/kg) | Enerji Maliyeti (\$/kg) |
| Çin       | 0.066                       | 3.49                     | 0.23                    | 2.58                     | 0.17                    |
| Hindistan | 0.084                       | 3.57                     | 0.30                    | 2.50                     | 0.21                    |
| Türkiye   | 0.070                       | 3.57                     | 0.25                    | 2.57                     | 0.18                    |
| Brezilya  | 0.031                       | 3.54                     | 0.11                    | 2.58                     | 0.08                    |
| Kore      | 0.047                       | 3.62                     | 0.17                    | 2.55                     | 0.12                    |
| ABD       | 0.045                       | 3.56                     | 0.16                    | 2.44                     | 0.11                    |
| İtalya    | 0.105                       | 3.52                     | 0.37                    | 2.57                     | 0.27                    |

### 2.1. Seçilmiş Bir İplik İşletmesinde Enerji Kullanımı

İplik üretiminde enerji kullanımının değerlendirilmesi için seçilmiş bir iplik işletmesinde yerinde incelemeler yapılmış, söz konusu işletme için kurulu güç, aylık ve yıllık enerji tüketimi irdelenmiş ve birim iplik üretimi için gerekli enerji miktarı



belirlenmiştir. İncelenen işletmede değişik türdeki lifler hammadde olarak kullanılabilmekte, ring ve open-end rotor iplikleri çeşitli iplik numaralarında üretilmekte ve üretim için yalnızca elektrik enerjisi kullanılmaktadır. İşletmede kurulu makina parkının yanı sıra, değişik özelliklerde beş adet klima ve makinalara basınçlı hava sağlayan iki adet kompresör bulunmaktadır. Bu işletmede bulunan makina ve teçhizatın kurulu gücü Çizelge 4'te verilmektedir. Çizelgede ayrıca ekipmanların enerji verimlerinin değerlendirilmesiyle elde edilen, saatteki fiili güç de yer almaktadır. Bu işletmede; kurulu fiili güç 2432.8kW olup, bunun %78.4'ü üretim makinalarında kullanılırken, %16'sı klimalar tarafından kullanılmaktadır.

**Çizelge 4. Seçilmiş bir iplik işletmesinde makinaların kurulu gücü (İşletme verileri)**

| Makina Cinsi                | Mak. Sayısı (adet) | Bir Makina İçin |                | Toplam         |                | Toplam Fiili Gücün İçinde Makine Gruplarının Payı (%) |
|-----------------------------|--------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|---|
|                             |                    | Kurulu Güç (kW) | Fiili Güç (kW) | Kurulu Güç(kW) | Fiili Güç (kW) |   |
| Harman-Hallaç (Ket-pam)     | 1                  | 36.00           | 22.00          | 36.00          | 22.00          | 8.10  |
| Harman-Hallaç (Otomatik)    | 1                  | 64.00           | 42.00          | 64.00          | 42.00          |   |
| Harman-Hallaç (M. Pamuk1)   | 6                  | 16.30           | 8.00           | 97.75          | 48.00          |   |
| Harman-Hallaç (M. Pamuk2)   | 3                  | 7.15            | 4.00           | 21.45          | 12.00          |   |
| Harman-Hallaç (Poly/vis)    | 4                  | 26.10           | 10.75          | 104.50         | 43.00          |   |
| Dik Kule                    | 5                  | 9.40            | 6.00           | 47.00          | 30.00          |   |
| <b>HAR. HALLAÇ TOPLAMI</b>  |                    | <b>158.95</b>   | <b>92.75</b>   | <b>370.70</b>  | <b>197.00</b>  | 9.44  |
| Tarak Mak. (Sacolowell)     | 5                  | 4.00            | 3.30           | 20.00          | 16.50          |   |
| Tarak (C10)                 | 8                  | 13.25           | 8.50           | 106.00         | 68.00          |   |
| Tarak (Rieter)              | 10                 | 20.70           | 14.50          | 207.00         | 145.00         |   |
| <b>TARAK TOPLAMI</b>        |                    | <b>37.95</b>    | <b>26.30</b>   | <b>333.00</b>  | <b>229.50</b>  | 4.30  |
| Cer Makinaları              | 14                 | 10.00           | 7.50           | 140.00         | 105.00         |   |
| Penye Makinaları            | 4                  | 6.53            | 5.50           | 26.12          | 22.00          |   |
| Lap Makinası                | 1                  | 13.00           | 11.00          | 13.00          | 11.00          |   |
| Fitil Makinaları            | 12                 | 17.30           | 11.40          | 207.50         | 136.80         |   |
| Vater (Ring) Makinaları     | 33                 | 40.00           | 34.00          | 1320.00        | 700.00         |   |
| Vater Gezer Robotları       | 10                 | 0.497           | 0.30           | 4.97           | 3.00           |   |
| Open-end 1                  | 5                  | 81.60           | 60.00          | 408.00         | 300.00         |   |
| Open-end 2                  | 1                  | 100.00          | 67.50          | 100.00         | 67.50          |   |
| Bobin Makinaları            | 10                 | 15.50           | 13.50          | 155.00         | 135.00         |   |
| <b>MAKİNALAR TOPLAMI</b>    |                    |                 |                | <b>3078.29</b> | <b>1906.80</b> |   |
| Kompresör 1                 | 1                  | 58.00           | 40.00          | 58.00          | 40.00          |   |
| Kompresör 2                 | 1                  | 45.00           | 24.00          | 45.00          | 24.00          |   |
| <b>Kompresörler Toplamı</b> |                    | <b>103.00</b>   | <b>64.00</b>   | <b>103.00</b>  | <b>64.00</b>   | 16.00   |
| Klima1                      | 1                  | 110.00          | 55.00          | 110.00         | 55.00          |   |
| Klima2                      | 1                  | 147.10          | 91.00          | 147.10         | 91.00          |   |
| Klima3                      | 1                  | 147.10          | 116.00         | 147.10         | 116.00         |   |
| Klima4                      | 1                  | 126.00          | 73.00          | 126.00         | 73.00          |   |
| Klima5                      | 1                  | 81.50           | 55.00          | 81.50          | 55.00          |   |
| <b>Klimalar Toplamı</b>     |                    | <b>611.70</b>   | <b>390.00</b>  | <b>611.70</b>  | <b>390.00</b>  | 2.98  |
| Aydınlatma                  | 2555               | 0.04            | -              | 102.00         | 72.00          |   |
| <b>GENEL TOPLAM</b>         |                    |                 |                | <b>3894.99</b> | <b>2432.80</b> | <b>100</b>  |

Aynı işletme, sekiz saatten oluşan üç vardiya halinde, ayda 25 gün çalışmakta olup, incelenen makinalar için aylık (mayıs ayı) toplam enerji tüketimi ve makinaların yanında klima, aydınlatma ve kompresörler için aylık enerji tüketimi Çizelge 5'te değerlendirilmektedir. Görüldüğü gibi; işletmenin aylık fiili enerji kullanımı; 1.459.680 kWh/ay olmaktadır.

Çizelge 5. İncelenen iplik işletmesinde mayıs ayı fiili enerji kullanımı (İşletme verileri)

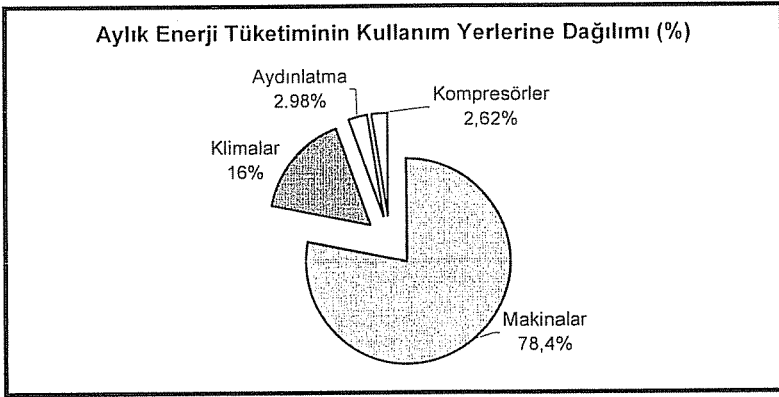
| Makine Cinsi                      | Saatlik Enerji Tüketimi (kWh) | Günlük Enerji Kullanımı (kWh) | Aylık Enerji Kullanımı (kWh) |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Harman-Hallaç (Keten-pamuk)       | 22                            | 528.0                         | 13200                        |
| Harman-Hallaç (Otomatik pamuk)    | 42                            | 1008.0                        | 25200                        |
| Harman-Hallaç (Manuel Pamuk1)     | 48                            | 1152.0                        | 28800                        |
| Harman-Hallaç (Manuel Pamuk2)     | 12                            | 288.0                         | 7200                         |
| Harman-Hallaç (Polyes/viskon)     | 43                            | 1032.0                        | 25800                        |
| Dik Kule                          | 30                            | 720.0                         | 18000                        |
| <b>HARMAN HALLAÇ TOPLAM</b>       | <b>197</b>                    | <b>4728.0</b>                 | <b>118200</b>                |
| Tarak Mak. (Sacolowell)           | 16,5                          | 396.0                         | 9900                         |
| Tarak (C10)                       | 68                            | 1632.0                        | 40800                        |
| Tarak (Rieter)                    | 145                           | 3480.0                        | 87000                        |
| <b>TARAK MAKİNALARI TOPLAMI</b>   | <b>229,5</b>                  | <b>5508.0</b>                 | <b>137700</b>                |
| Cer Makinaları                    | 105                           | 2520.0                        | 63000                        |
| Penye+ Lap Makinaları             | 33                            | 792.0                         | 19800                        |
| Fitil Makinaları                  | 136.8                         | 3283.2                        | 82080                        |
| Ring Makinaları + Gezer Robotları | 703                           | 16872.0                       | 421800                       |
| Open-end Makinaları               | 367,5                         | 8820.0                        | 220500                       |
| Bobin Makinaları                  | 135                           | 3240.0                        | 81000                        |
| <b>MAKİNALAR TOPLAMI</b>          | <b>1906.8</b>                 | <b>45763.2</b>                | <b>1144080</b>               |
| KLİMALAR                          | 390                           | 9360.0                        | 234000                       |
| AYDINLATMA                        | 72                            | 1728.0                        | 43200                        |
| KOMPRESÖRLER                      | 64                            | 1536.0                        | 38400                        |
| <b>GENEL TOPLAM</b>               | <b>2432.8</b>                 | <b>58387.2</b>                | <b>1459680</b>               |

İncelenen işletmenin aylık enerji tüketiminin kullanım yerlerine göre dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi; işletmenin toplam enerji kullanımında makineler %78.4 oranında pay almakta (a), makinelerin tükettiği aylık toplam enerjide iplik makineleri en yüksek paya (ring iplik %37, open-end rotor %19.3)sahip olmaktadır (b).

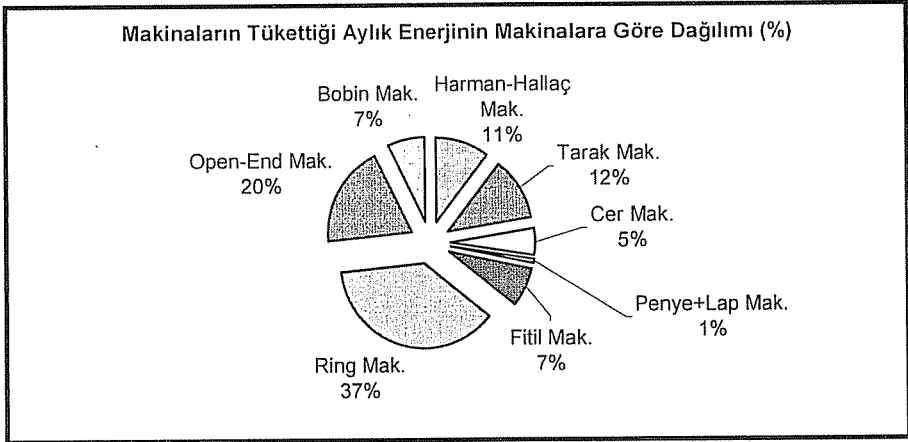
Aylık enerji kullanım değerlerinin, aylık iplik üretim miktarlarına bölünmesi ile birim iplik üretimi için gerekli olan enerji miktarları belirlenebilmektedir. Gerekli işlem yapılarak incelenen işletme için bir yıllık süreçte aylık özgül enerji kullanım değerleri hesaplanmış ve Şekil 2'de verilen dağılım elde edilmiştir. Bu değerler, ortalama değerler olup, iplik numarası ve özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. İşletmede bir kg iplik için 3.23kWh/kg ile 3.76kWh/kg arasında değişen miktarlarda enerji kullanımı söz konusu olmaktadır.

## 2.2. Belirli İplik Türü İçin Özgül Enerji Tüketiminin Hesabı

Birim iplik miktarının üretimi için tüketilen enerji miktarı; üretilen ipliğin özelliklerine, üretimin gerçekleştirildiği makina ve özelliklerine göre değişim göstermektedir. Burada; herhangi bir özellikteki iplik için özgül enerji kullanımı teorik bir yaklaşımla değerlendirilmektedir. Teorik yaklaşımda; öncelikle üretim sırasında kullanılan her makinanın hammaddeyi işleme süresi; makina hızları ve telef oranları dikkate alınarak elde edilmektedir. Daha sonra ise; söz konusu işleme süresi ve makinelerin fiili gücü değerlendirmeye alınarak, iplik üretiminin gerçekleştirildiği her proseste makineler tarafından tüketilen enerji miktarları hesaplanmaktadır. Üretiminde proseslerin çokluğu nedeniyle burada iplik üretimi için ilk işlem olarak değerlendirilen harman-hallaç prosesindeki ilk makina için teorik yaklaşımda bulunmaktadır. Diğer harman – hallaç makinelerinin ve takip eden proseslerdeki makinelerin hızları, telef

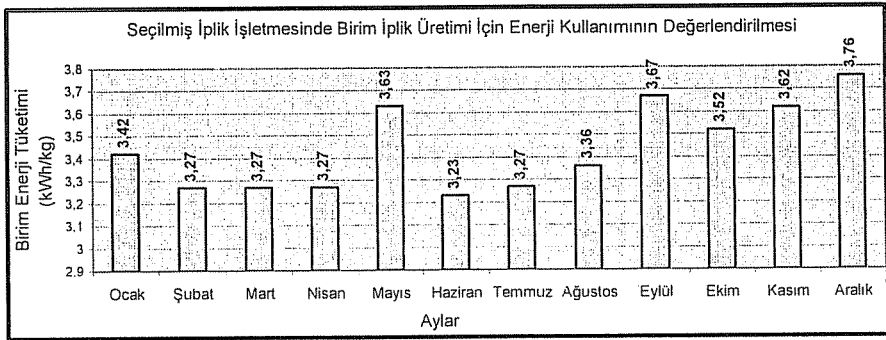


a) Toplam enerjinin dağılımı



b) Makinalardaki dağılım

**Şekil 1.** İncelenen işletmede aylık enerji kullanımının dağılımı.



**Şekil 2.** Seçilmiş iplik işletmesinde birim iplik miktarı için enerji kullanımı.

oranları, mekanik verimleri ve enerji kayıpları farklı olduğundan; bu hesaplamalar, proseslere göre uygun şekilde adapte edilmelidir [2].

Harman hallaç dairesindeki ilk makinada işlenmesi gereken hammadde miktarı  $H_{HH1}$  (kg), toplam telef oranı  $T_{Top}$  (%) ve üretilen iplik miktarı  $M$  (kg) dikkate alınarak;

$$H_{HH1} = M * (1 + T_{Top}) \quad (1)$$

olarak bulunmaktadır. Diğer makinalarda işlenmesi gerekli olan elyaf miktarı için her makinaya has telef oranları dikkate alınmalıdır. Harman hallaçtaki ilk makinada geçen işlem süresi  $S_{HH1}$  (saat), makinanın üretim hızı  $L_{HH1}$  (kg/saat), makina randımanı  $\eta_{HH1}$  (%) ve  $n_{HH1}$  ilk makinanın sayısı olmak üzere

$$S_{HH1} = \frac{H_{HH1}}{L_{HH1} * \eta_{HH1} * n_{HH1}} \quad (2)$$

şeklinde belirlenebilmektedir. Bu süre esas alınarak bu makinada hammaddenin işlenmesi için kullanılan elektrik enerjisi miktarı  $E_{HH1}$  (kWh);

$$E_{HH1} = N_{HH1} * S_{HH1} * \eta_{EHH1} * n_{HH1} \quad (3)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada  $N_{HH1}$  (kW) ilk harman hallaç makinasının kurulu gücünü ve  $\eta_{EHH1}$  (%), harman hallaç makinasının enerji verimini ve  $n_{HH1}$  söz konusu üretim için kullanılan harman hallaç makinasının sayısını belirtmektedir. Bu şekilde ipliğin üretiminde yer alan her aşamada makinalarda kullanılan enerji miktarı belirlenmekte, makinalarda kullanılan toplam enerji miktarı  $E_M$  aşağıdaki formülle ifade edilebilmektedir.

$$E_M = \sum_{i=1}^n E_{HHi} + E_T + E_P + E_C + E_F + E_i + E_B \quad (4)$$

Burada  $E_{HHi}$  harman-hallaçta ( $i$ , bu proseste yer alan makinaları,  $n$  makinaların toplam sayısını belirtmektedir.),  $E_T$  tarakta,  $E_C$  cerde,  $E_F$  fitilde,  $E_i$  iplik eğirmede (ring ya da open-end rotor) ve  $E_B$  bobin aşamasında makinaların çalıştırılması için tüketilen enerji miktarlarını göstermektedir.

İplik üretiminde klimalar, aydınlatma ve üretim makinalarına basınçlı hava sağlamak için kompresörlerde de enerji tüketimi söz konusudur. Üretimde yer alan  $j$ . makinaya birim zamanda birim basınçlı havayı sağlamak için kompresörlerde gerekli güç  $N_K$  (kW/m<sup>3</sup>),  $j$  numaralı makina için gerekli basınçlı hava miktarı  $B_j$  (m<sup>3</sup>/h) ve  $n_j$  söz konusu makina sayısı olmak üzere basınçlı hava için  $j$ . makinada kullanılan enerji miktarı  $E_{Koj}$  (kWh);

$$E_{Koj} = N_K * B_j * S_j * n_j \quad (5)$$

ifadesiyle belirlenebilmekte olup, tüm üretim için kompresörlerde tüketilen enerji miktarı  $E_{TKo}$  (kWh);

$$E_{TKo} = \sum_{j=1}^m E_{Koj} \quad (6)$$

şeklinde belirlenebilmektedir. Bu ifadede,  $j$  üretimde bulunan makinaları,  $m$  ise toplam makine sayısını belirtmektedir.

Belirli özellik ve miktardaki iplik üretiminde klimalar ve aydınlatma için kullanılan enerji miktarı ise dağıtım yoluyla bulunmaktadır. Belirli iplik miktarı için klimalarda tüketilen enerji miktarı  $E_K$  (kWh);

$$E_K = \frac{E'_k * M}{G} \quad (7)$$

eşitliği ile belirlenebilmektedir. Bu eşitlikte  $E'_k$  bir aylık süreçte klimalar için kullanılan enerji miktarı (kWh/ay),  $G$  aylık iplik üretim miktarı (kg/ay) olarak belirtilmektedir. Aynı şekilde aydınlatma için kullanılan enerji miktarı  $E_{Ay}$  (kWh) ise;

$$E_{Ay} = \frac{E'_{Ay} * M}{G} \quad (8)$$

ifadesiyle hesaplanmaktadır. Burada  $E'_{Ay}$  bir aylık süreçte aydınlatma için kullanılan enerji (kWh/ay) olarak ifade edilmektedir.

Bütün bu hesaplamalar sonucu; belirli özellik ve miktardaki iplik için gerekli toplam enerji miktarı  $E_{Top}$  aşağıdaki gibi belirlenebilmektedir.  $E_{TKo}$  her aşamada basınçlı hava için tüketilen enerji miktarını,  $E_K$  klimalar,  $E_{Ay}$  aydınlatmada tüketilen enerji olarak ifade edilmektedir.

$$E_{Top} = E_M + E_{TKo} + E_K + E_{Ay} \quad (9)$$

### 2.3. Seçilmiş İplik Türü İçin Uygulama

Bu formül esas olmak üzere, seçilmiş belirli miktarda iplik üretimi için enerji tüketim hesabı yapılmaktadır. Seçilen iplik 3000kg, Ne 30/1 numarada, pamuklu penye dokuma ipliği olup, tipik üretim basamaklarından geçirildikten sonra, ring iplik makinasında 17500d/dk iğ devri ile büküm katsayısı  $\alpha_e=4$  olacak şekilde üretilmiştir. Bu iplik üretimine ait üretim parametreleri (kullanılan makina tipleri, makina adetleri, makinaların fiili güçleri vb.) ile ilgili bilgiler incelenen işletmeden temin edilmiş, yukarıdaki analiz esas alınarak; her makinadaki işlem süreleri, makinalarda ve basınçlı hava temininde kullanılan enerji miktarları hesaplanmıştır.

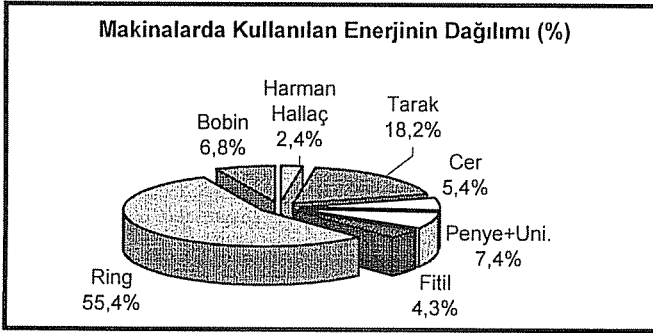
#### *Makinalar ve Kompresörlerin Enerji Kullanımı*

İşletme verilerinden; kompresörlerde birim zamanda birim basınçlı havayı elde etmek için gerekli güç ( $N_K$ ) 0.12kWh/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş, harman hallaç aşamasındaki makinalar birbiri ile bağlantılı olduğundan, burada basınçlı hava tüketimi üretim süresi 6.6 saat alınarak topluca değerlendirilmiştir. İşletmeden sağlanan ve hesaplanan veriler toplu halde Çizelge 6'da değerlendirilmiştir. Görüldüğü gibi; seçilen iplik türü ve miktarının üretiminde makinalar için tüketilen toplam enerji miktarı 7121.5 kWh olup, bunun 3950.5kWh'ı ring iplik makinalarında sarf edilmektedir. İncelenen üretim hattı için basınçlı hava temininde 769.47kWh enerji tüketildiği görülmüştür.

Çizelge 6. Seçilmiş iplik üretiminde makinalarda ve kompresörlerde tüketilen enerji

| Makinalar  | Üretim Parametreleri |                |                               | Hesaplanan Değerler |                                       |   |
|------------|----------------------|----------------|-------------------------------|---------------------|---------------------------------------|---|
|            | Makina Sayısı        | Fiili Güç (kW) | B. Hava İçin Çekilen Güç (kW) | İşlem Süresi (saat) | Makinalar İçin Enerji Kullanımı (kWh) | Basınçlı Hava İçin Enerji Kullanımı (kWh) |
| Uniflock   | 1                    | 6.00           | 1.340                         | 4.02                | 24.12                                 | 11.30                                     |
| Uniclean   | 1                    | 6.75           |                               | 4.00                | 27.00                                 |   |
| Unimix     | 1                    | 5.25           |                               | 6.10                | 32.03                                 |   |
| Uniflex    | 1                    | 9.00           |                               | 6.60                | 59.40                                 |   |
| Kondenser  | 1                    | 4.00           |                               | 6.50                | 26.00                                 |   |
| Tarak      | 4                    | 14.50          | 1.092                         | 22.40               | 1299.20                               | 97.80                                     |
| Cer I      | 1                    | 7.50           | 0.058                         | 20.23               | 151.73                                | 1.17                                      |
| Unilap     | 1                    | 11.00          | 0.396                         | 9.60                | 105.60                                | 3.80                                      |
| Penye      | 3                    | 5.50           | 0.288                         | 25.62               | 422.73                                | 22.10                                     |
| Cer II     | 1                    | 8.25           | 0.067                         | 28.80               | 237.60                                | 2.00                                      |
| Fitil      | 1                    | 11.40          | 0.048                         | 26.73               | 305.00                                | 1.30                                      |
| Ring İplik | 3                    | 34.00          | 4.350                         | 38.73               | 3950.50                               | 505.40                                    |
| Bobinleme  | 1                    | 13.50          | 3.500                         | 35.60               | 480.60                                | 124.60                                    |
| TOPLAM     |                      |                |                               |                     | 7121.50                               | 769.47                                    |

Şekil 3'te incelenen makinalarda üretim sırasında kullanılan 7121.5 kWh enerjinin makinalar bazında dağılımı verilmekte olup, en fazla tüketim ring iplik eğirme makinasında (%55.4) gerçekleşmekte, bunu sırayla tarak (%18.2) ve penye (%7,4) aşamasındaki makinalar izlemektedir.



Şekil 3. Makinalarda kullanılan enerjinin dağılımı (%).

İncelenen Ne 30 penye iplik üretiminde makinaların enerji tüketiminin dağılımı; literatürde yer alan, Ne 60 numarada penye iplik üretimi için belirtilen değerlerle Çizelge 7'de karşılaştırılmaktadır. Ne 60 numaralı iplik, Ne 30 numaralı ipliğe oranla daha ince olduğundan; bu tip iplik için ring iplik eğirme makinalarında enerji tüketiminin daha yüksek olacağı açıktır. Ayrıca, Ne 30 numaralı iplik için bobinleme aşaması da değerlendirmeye alınmakta, bu aşamanın değerlendirme dışı bırakılması halinde değerlerin birbirine yaklaşacağı görülmektedir. Bunların dışında, üretimde kullanılan makina türleri, verimleri, enerji kayıpları ve telef oranlarının değişikliği de verilerin farklılığına neden olmaktadır.

**Çizelge 7. Enerji kullanımının karşılaştırılması**

| Makinalar İçin Enerji Tüketiminin Dağılımının Karşılaştırılması |                    |                         |
|---|--------------------|-------------------------|
| Üretim Aşamaları  | Ne 60 (Literatür)* | Ne 30 (Mevcut Yaklaşım) |
| Harman-Hallaç   | 3.37               | 2.4                     |
| Tarak   | 6.52               | 18.2                    |
| Penye   | 3.52               | 7.4                     |
| Cer   | 2.09               | 5.5                     |
| Fİtil   | 5.77               | 4.3                     |
| Ring İplik  | 78.73              | 55.4                    |
| Bobinleme   | -                  | 6.8                     |
| TOPLAM  | 100                | 100                     |

\* [11]

**Toplam Enerji Kullanımı (Klimalar ve Aydınlatma İçin Gerekli Enerji Dahil)**

İncelemeye konu olan işletmede; klimalar ve aydınlatma için aylık (mayıs ayı) enerji tüketimi, fiili güç dikkate alınarak, sırayla 234000 kWh/ay ve 43200kWh/ay olarak hesaplanmış, işletme kayıtlarından bu aya ait iplik üretim miktarı ise 401580kg/ay olarak tespit edilmiştir. 3000kg Ne 30/1 penye ipliğinin üretimi sırasında klimalar ve aydınlatma için kullanılan enerji miktarları, teorik yaklaşımda yer alan ilgili formüllerle hesaplanmakta, makinalar ve basınçlı hava için önceden hesaplanan değerlerle (Çizelge 6) birlikte Çizelge 8’de verilmektedir. Görüldüğü gibi; söz konusu üretimde toplam enerji tüketimi 9961.7kWh olmakta, bunun %71.3’ü makinalarda gerçekleşmekte, makinaları %17.5 ile klimalar izlemektedir.

**Çizelge 8. Seçilmiş iplik üretimi için toplam enerji kullanımının dağılımı**

| Kullanım Yeri        | Enerji Tüketimi (kWh) | Enerji tüketim Oranı (%) | Özgül enerji Tüketimi (kWh/kg) |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Üretimdeki Makinalar | 7121.5                | 71.3                     |                                |
| Kompresörler         | 769.5                 | 7.7                      |                                |
| Aydınlatma           | 322.7                 | 3.5                      |                                |
| Klimalar             | 1748.0                | 17.5                     |                                |
| TOPLAM               | 9961.7                | 100                      | $\frac{9961.7}{3000} = 3.32$   |

Ele alınan üretim sisteminde özgül enerji tüketimi Çizelge 8’den de görüldüğü gibi, 3.32 kWh/kg olarak belirlenmektedir. Ne 30/1 penye iplik üretimi için değişik ülkelerde özgül enerji kullanımını Çizelge 3’te de verildiği gibi, 3.49-3.62 kWh/kg arasında değişmekte, mevcut çalışmadan elde edilen değer (3.32 kWh/kg), daha düşük çıkmaktadır. Literatürdeki değerlere ait üretim parametreleri bilinmediğinden; farklılığın üretimde kullanılan makina tipi, sayısı, verimi, telef miktarı gibi parametrelerin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Benzer şekilde yapılan hesaplamalar sonucunda farklı iplik numaraları ve türleri için elde edilen özgül enerji miktarları Çizelge 9’da verilmektedir. Bütün iplik türleri için; iplik incelidikçe kullanılan enerji miktarları artmaktadır. Dokumada kullanılan ipliğin büküm katsayısı ve büküm miktarı daha fazla olmakta, bu nedenle üretim hızı triko ipliğe oranla daha düşük olmaktadır. Aynı numarada dokuma ipliğinin üretimi için daha fazla enerji kullanılmaktadır. Penye iplikte ise karde iplik üretiminden farklı olarak şerit

birleştirme ve penye aşamaları bulunmakta, dolayısıyla aynı numarada penye ipliğinin birim miktarını üretmek için karde iplikten fazla enerji tüketilmektedir. Teorik yaklaşımın Ne 30 numarada penye dokuma ipliği için uygulanması sonucu, 1kg için 3.32kWh/kg enerji tüketildiği hesaplanmakta, aynı tip iplik için çizelgeden özgül enerji tüketimi 3.64kWh/kg olarak belirlenmektedir. Değerler arasındaki farklılıklara daha önce belirtilen üretim parametrelerinin farklılığının neden olduğu düşünülmektedir.

**Çizelge 9. Çeşitli özellikteki iplikler için özgül enerji kullanımı [12]**

| İplik Numarası<br>(Ne) | Çeşitli Özellikteki İplikler İçin Özgül Enerji Kullanımı (kWh/kg) |        |       |        |
|------------------------|---|--------|-------|--------|
|                        | Penye   |        | Karde |        |
|                        | Triko   | Dokuma | Triko | Dokuma |
| 16/1                   | 1,38  | 1,63   | 1,34  | 1,62   |
| 18/1                   | 1,58  | 1,88   | 1,54  | 1,86   |
| 20/1                   | 1,79  | 2,12   | 1,73  | 2,09   |
| 24/1                   | 2,19  | 2,60   | 2,11  | 2,55   |
| 30/1                   | 3,06  | 3,64   | 2,96  | 3,57   |
| 36/1                   | 3,89  | 4,62   | 3,74  | 4,53   |
| 40/1                   | 4,42  | 5,25   | 4,23  | 5,12   |
| 50/1                   | 5,52  | 6,81   | 5,52  | 6,72   |

### Ring İplik Makinasında Özgül Enerji Kullanımı

İplik üretiminde en fazla enerji tüketimi, iplik eğirme aşamasında gerçekleştiğinden iplik makinelerinde enerji kullanımı ile ilgili birçok çalışma yapılmış, bu çalışmalardan birinde ring iplik makinelerinde birim iplik miktarı için tüketilen enerji miktarının  $E_R$  (kWh/kg);

$$E_R = 106.7 * F^{-1.482} * D_r^{3.343} * n^{0.917} * \alpha_{\text{tex}}^{0.993} \quad (10)$$

eşitliği ile hesaplanabileceği gösterilmiştir [13]. Burada  $F$  iplik numarasını (tex),  $D_r$  bilezik çapını (m),  $n$  iğ devrini (1000 d/dk) ve  $\alpha_{\text{tex}}$  büküm katsayısını ifade etmektedir. Enerji kullanımı hesaplanan 30/1 penye dokuma ipliği için ring makinasında iğ devri 17500d/dk,  $\alpha_{\text{tex}}$  3828 ( $\alpha_e = 4$ ), bilezik çapı 0.04m olmakta, bu verilerin yukarıdaki eşitlikte değerlendirilmesi sonucunda ring iplik makinasında bu tür ipliğinin 1kg'mı elde etmek için 1.36kWh enerji tüketildiği belirlenmektedir. Mevcut çalışmadaki yaklaşımla bu değer 1.32kWh olarak hesaplanmaktadır. Görüldüğü gibi; çalışmada hesaplanan değer ile eşitlik (10)'dan elde edilen değer birbirine yaklaşık %3'lük hata payı ile yakın olmaktadır. İki değer arasındaki farklılığa, kullanılan iplik eğirme makinasının telef oranı, mekanik verimi, enerji kayıpları gibi parametrelerin değişiminin sebep olduğu düşünülmektedir.

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülke ekonomisine büyük katkı sağlayan tekstil ve konfeksiyon sanayinde, mamullerin maliyetinde önemli oranda pay alan enerji, iplik maliyetinde %6 ile %14 arasında değişen oranlarda pay almaktadır. Bu çalışmada; iplik üretiminde enerji kullanımı değerlendirilmiş, birim iplik üretiminde enerji kullanımını hesaplama yolu üzerinde durulmuştur. İplik üretiminin ilk basamağı olan harman hallağtaki ilk makina



için enerji tüketimi değerlendirilmiş, diğer ünitelerde de benzer yaklaşımlar kullanılarak belirli tür iplik için özgül enerji tüketimi belirlenmiş ve bu hesaplama yolunun pratikte kullanılabilirliğini araştırılmıştır. Çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 1) Seçilmiş bir iplik işletmesinin bir aylık enerji kullanımının, mayıs için 1.459.680kWh olduğu, bu kullanımda üretimde yer alan makinaların %78.4, klimaların %16, aydınlatmanın %2.98 ve kompresörlerin %2.62 oranında pay aldığı görülmüştür.
- 2) Bu işletmede bir yıllık süreçteki iplik üretim ve enerji tüketim miktarları aylık olarak değerlendirildiğinde; bir kg iplik için aylık ortalama 3.23 ve 3.76 kWh arasında değişen miktarlarda enerji tüketildiği belirlenmiştir.
- 3) Geliştirilen hesaplama yolu uygulanarak 3000kg, Ne30/1 penye dokuma ipliğinin seçilmiş işletmede toplam 9961.7kWh enerji kullanıldığı belirlenmiş; bunun %71.3'ünün üretimdeki makinalarda, %17.5'inin klimalarda gerçekleştiği görülmüştür. Makinaların çalıştırılması amacıyla kullanılan enerjide ring iplik eğirme aşaması %55.4 oranında pay alırken, bu aşamayı tarak (%18.2) aşaması izlemiştir. Bu değerler, literatürde yer alan değerlerle karşılaştırılmış, literatür ve hesaplanan değerler arasındaki farklılıkların; üretimde kullanılan makina türleri, verimleri, enerji kayıpları ve telef oranları gibi parametrelerdeki değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmüştür.
- 4) Teorik yaklaşımla, 1kg 30/1 penye dokuma ipliği için 3.32kWh enerji tüketildiği hesaplanmıştır. ITMF tarafından yayınlanan raporda ise değişik ülkelerde aynı özellikteki iplik için enerji sarfiyatının 3.49-3.62 kWh arasında olduğu belirtilmiştir. Hesaplama ile elde edilen değerle, rapordaki değerler arasındaki farklılığa; kullanılan makina sayısının, özelliklerinin, kurulu gücünün, çalışma saatlerinin, hammadde özelliklerinin ve telef oranının farklı olmasının sebep olabileceği tahmin edilmektedir.
- 5) Ring iplik makinasında 30/1 pamuklu, penye dokuma ipliğinin birim miktarı için tüketilen enerji, eşitlik (10)'da verilen formülle 1.36 kWh/kg olarak belirlenmiş, teorik yaklaşım kullanılarak aynı tür iplik için bu değer, 1.32kWh/kg olarak hesaplanmıştır. İki değer arasındaki yaklaşık %3'lük farklılığın; makina özellikleri, verimi, hammadde özellikleri, telef oranı gibi parametrelerden kaynaklandığı düşünülmüş, çalışmada yer alan yaklaşımın kullanılabilir olduğu görülmüştür.
- 6) İplik işletmelerinde enerji kullanımını azaltmak için, enerji tasarrufu kavramı tüm işletmeye benimsetilmeli, gerekli olmadığı durumlarda aydınlatma ve klimalar kullanılmamalıdır. Kullanılan makinaların verimleri artırılmalı, enerji kayıpları ve telef oranları minimum olacak şekilde ayarları yapılmalıdır. Bunun yanında; işletmelerdeki genel duruşlardan sonra tekrar çalışmaya geçerken, makinalar ve tesisat sırayla işletmeye alınmalı. böylece motorların çalışmaya başlarken çektiği yüksek güçlerin üst üste gelmesi engellenip, işletmenin çektiği toplam güç düşük tutulmalıdır. Ayrıca üretilecek iplik kalitesine uygun olacak şekilde; aynı numarada iplik için, önceden analizler yapılarak en optimum sistem ve üretim parametreleri seçilmelidir.

#### 4. KAYNAKLAR

1. Kaplan,E. ve Koç,E., "Türk Tekstil Sanayinde Enerji Kullanımının Genel Değerlendirmesi", Ç.Ü. Müh.-Mim. Fakültesi Dergisi, Cilt 19, Sayı 2, 97-111, Aralık 2004.
2. Kaplan,E., "Tekstil Sektöründe Maliyet Unsurları-Enerji Maliyetlerinin Genel Değerlendirilmesi", Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 2004.
3. DİE, "İmalat Sanayiinde Enerji Tüketimi (500 Ton Eşdeğer Petrol ve Daha Fazla Enerji Tüketen İşyerleri) 1999-2001", Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, Yayın No 2916, 159s., Ankara, 2004.
4. Lavrence,C.A., "Fundamentals of Spun Yarn Technology", CRC Press, 2003.
5. Lord,P.R., "Hand Book of Yarn Production Technology Science and Economics", Cambridge Woodhead Publishing, The Textile Institute, UK, 2003.
6. Grosberg,P., Iype,C., "Yarn Production-Theoretical Aspects", The Textile Institute, United Kingdom, 1999.
7. ITMF, "Uluslararası Üretim Maliyetlerinin Karşılaştırılması İplik / Dokuma / Örmeye", Uluslararası Tekstil Üreticileri Federasyonu, 31s., İsviçre, 2003.
8. Tarakçıoğlu,I., "Tekstil Terbiye İşletmelerinde Enerji Tüketimi ve Tasarrufu", Uludağ Üniversitesi Basımevi, 244s, 1984.
9. Özgür,D., Temir,G. ve Turna,T., "Entegre Tekstil Prosesleri İçin Uygun Bileşik Elektrik ve Isı Sistemlerinin Belirlenmesi-1", Termodinamik Dergisi, Sayı 123, 107-110, 2002.
10. [www.unido.org](http://www.unido.org)
11. Bozkurt,Y., "Konvansiyonel İplik Üretiminde Enerji Tüketimi ve Tasarrufu", Tekstil İşletmelerinde Enerji Tüketimi ve Tasarrufu Semineri Notları, Sümerbank Tekstil Eğitim ve Araştırma Müessesesi, Yayın No 77, 40s, Bursa, 1985.
12. Kuşçuoğlu,R. ve Koç,E., "Ring İplik Üretim Maliyetleri ve Maliyet Unsurları", Tekstil Teknoloji Dergisi, Yıl 8, Sayı 85, 142-152, Temmuz 2003.
13. Krause,H.W. and Soliman,H.A., "Energy Consumption of Rotor Type OE-Spinning Machines as Compared to Ring Spinning Frame", International Textile Bulletin, Third Quarter, 285-303, 1982.

## YÜKSEK FIRIN CÜRUFU VE BAZALTİK POMZA KATKILI BETONLARIN DENİZ YAPILARINDA KULLANILMASININ BETON DURABİLİTESİ AÇISINDAN AVANTAJLARI

Orhan AKSOĞAN

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

Hanifi BİNİCİ ve Ela Bahşude GÖRÜR

K.S.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

**ÖZET :** *Bu çalışmanın amacı, deniz suyu etkisinin yarattığı aşınmaya dayanıklı beton üretiminde bazaltik pomza ve yüksek fırın cürufunun kullanılmasıdır. Bazaltik pomza ve yüksek fırın cürufu ile ince agrega % 40, 60 ve 80 oranlarında yer değiştirilerek beton üretilmiştir. Üretilen beton örneklerin, aşınma, permabilite ve deniz suyuna karşı dayanımları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan, pomza ve yüksek fırın cürufu katkıli betonların durabilitesinin kontrol numunesinden yüksek olduğu görülmüştür. Kontrol örneğinin permabilite değeri bütün örneklerden büyük bulunmuştur. % 40 pomza + % 40 yüksek fırın cüruf katkıli örneğin permeabilite değeri yüksek bulunurken basınç dayanımı en az bulunmuştur. Genellikle katkı oranı arttıkça permeabilite değerleri de azalmaktadır. Eşit katkıli örneklerin permeabilite değerleri diğerlerinden azdır. Yüksek fırın cürufu katkıli örneklerin permeabilite değerleri pomza katkıli örneklerden daha azdır. Bu sonuçlar, pomza ve yüksek fırın cürufunun eşit oranda katılarak az geçirimli beton üretilbileceğini göstermektedir.*

### ADVANTAGES OF USING CONCRETE INCORPORATED WITH GROUND GRANULATED BLAST-FURNACE SLAG AND BASALTIC PUMICE IN TERMS OF CONCRETE DURABILITY IN MARINA STRUCTURE

**ABSTRACT :** *The aim of this study is to use the basaltic pumice (GBP) and ground granulated blast-furnace slag (GBFS) for the production of the concrete which is resistant against seawater erosion. 40, 60 and 80% of the fine aggregate (sand) was replaced by GBP and GBFS. The abrasion, and the resistance to seawater of all studied concrete specimens were determined. It was observed that the durability of GBFS+GBP concrete was higher than that of the control specimens. The permeability values of control specimens were higher than that of all other specimens. The permeability values of 40% pumice + 40% GBFS specimens were highest. However, those specimens have lowest compressive strength values. Generally, permeability values were lower for equal amounts of additives of the two types compared to unequal ones. Permeability values of GBFS specimens were lower than GBP specimens. These results show that, to obtain a concrete with very low permeability, one should use equal amounts of GBS and GBP.*

\* Bu çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: BAP OMY001

## 1. GİRİŞ

Eski Romalılar, volkanik küllerin veya öğütülmüş tuğla ve kiremitlerin söndürülmüş kireç ile birleştirilmesiyle elde edilen bağlayıcı malzemeleri, irili ufaklı çok sayıda yapılarında kullanmışlardır. Yaklaşık 2000 yıldan beri söndürülmüş kireç ile birleştirilerek hidrolik bağlayıcı olarak kullanılan İtalya'da Vezüv yanardağı eteklerindeki Puzzouli kasabasından puzzolan olarak alınan volkanik küller, kimyasal bileşenleri itibarıyla, uçucu küllere çok benzemektedirler. Volkanik küller, tüfler, ponza taşları ve traslar doğal puzzolanlar sınıfına girerler. Uçucu küller, pişirilmiş küller, granüle yüksek fırın cürufu ve silikon metallerin üretiminde yan ürün olarak elde edilen yoğunlaştırılmış silis dumanı da yapay puzzolanlar sınıfında yer almaktadırlar [1].

Genellikle puzzolanların kalsiyum hidroksiti bağladıkları için klorun girmesini engelleyen zırh tabakasını yok ettikleri ve bu yüzden klorun difüzyonunu hızlandırdıkları bilinmektedir. İyapı geçirimsiz bir yapıya dönüştüğü için klor girişi zorlaşmış olduğundan içeriye girmemekte, aslında klor miktarı az olsa da çok daha hızlı bir şekilde donatılara ulaşmaktadır. Puzolanik veya kalsiyum hidroksit miktarı az çimentolar deniz yapılarında kullanılmamalı, puzzolanların karakterlerinin belirlenmesi ve dayanıklılık açısından yeterlilik, su emme, klor geçirimsizliği denenmelidir[2].

Kimyasal maddelerin betonu yıpratıcı etkileri çeşitli yollardan olabilir, asitler kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girerek suda çözünen tuzları meydana getirir. Silis dumanı çimentonun genellikle %15'ine kadar katıldığından C<sub>3</sub>A miktarını daha fazla katılan diğer puzzolanlar kadar azaltmaktadır. Ancak, geçirgenliği etkin bir şekilde azaltması ve kalsiyum hidroksiti bağlamadaki yüksek aktivitesinden dolayı daha başlangıçtan beri betonda zararlı etkilere karşı en az diğer puzzolanlar kadar direnç sağlamaktadır [3].

Türkiye'deki çimento tipleri arasında en çok üretilen ve doğal olarak en çok kullanılan çimento tipi "Katkılı Çimento"dur. Hatta günümüzde piyasalarda, standart Portland çimentosu bulabilmek çoğu kez güç olmaktadır. Katkılı çimentonun standart Portland çimentosundan en önemli farkı, döner fırından çıkarılan klinkere, % 40'a varan oranda puzolanik madde katılmasıdır [4].

Puzolanların tipik özelliklerinden biri kireçle reaksiyona girmeleridir. Değişik tip puzzolanlarla-kireç arasındaki tepkimeler farklı reaktiviteye sahiptirler [5].

Değişik tane çaplarına sahip ferrokrom cürufu ile belirli oranlarda çeşitli tip bağlayıcılar karıştırılarak oluşturulan katı poroz yapı malzemelerinin ısı iletkenlik özellikleri araştırılmış ve yalıtım sıvası olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

Cürufun bileşimi; kullanılan cevherin yapısına, kireçtaşının bileşimine, kok tüketimine ve üretilen demirin cinsine bağlı olarak geniş bir aralıkta değişebilir. Bu faktörler cürufun; kireç, silika, alümina ve magnezyumdan ibaret dört ana bileşeni ile sülfür kükürdü, demir oksit ve mangan oksitler gibi yan bileşenlerin oranlarını etkilerler [6]. Beton üretiminde YFC+Pomza kullanılması durumunda süper akışkanlaştırıcı veya akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmalıdır. Zira pomza ve YFC katkı betonların su ihtiyacı fazla olmaktadır [7].

Bu çalışmada, KSU Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği laboratuvarında Osmaniye Tüysüz pomzası ve Yüksek Fırın cürufunun betona katkı maddesi olarak

katılmasının beton aşınması ve basınç dayanımına etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışma iki kısım test programından oluşmuştur. Çalışmada tüm materyallerin mühendislik özellikleri belirlenmiş ve bu özellikler kimyasal ve fiziksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Araştırmada, Osmaniye Tüysüz bazaltik pomzası (TP), İskenderun Demir Çelik Fabrikası Cürufu (YFC) ile Adana Çimento Fabrikasından sağlanan KPÇ 32,5 ve maksimum tane boyutu 4.75 mm olan ince agrega kullanılmıştır. TP ve YFC, betonda ince agrega hacminin yüzde oranı 20, 40 ve 60 oranında alınarak kullanılmıştır. Karışımlara su katılarak yapılan harçlar metal kalıplara dökülerek numuneler üretilmiştir. Bu numunelerin ısı iletkenlik özellikleri araştırılmış ayrıca mukavemet özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada dört grup numune hazırlanmıştır. Birinci grup C adı verilen kontrol numunesidir. Örneklerin isimleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Örneklerin isimleri ve karışım oranları

| Numune                                      | C    | S1   | S2   | S3   | S4   | S5   | S6   | S7   | S8   | S9   |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Çimento(kg/m <sup>3</sup> )                 | 300  | 300  | 300  | 300  | 300  | 300  | 300  | 300  | 300  | 300  |
| TP  | 0    | 110  | 165  | 220  | 220  | 330  | 440  | -    | -    | -    |
| TP (%)                                      | 0    | 20   | 30   | 40   | 40   | 60   | 80   | -    | -    | -    |
| YFC   | 0    | 110  | 165  | 220  | -    | -    | -    | 220  | 330  | 440  |
| YFC (%)                                     | 0    | 20   | 30   | 40   | -    | -    | -    | 40   | 60   | 80   |
| Su (kg/m <sup>3</sup> )                     | 135  | 135  | 135  | 135  | 135  | 135  | 135  | 135  | 135  | 135  |
| Su/Çimento                                  | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 | 0.45 |
| Akışkanlaştırıcı (l/m <sup>3</sup> )        | 2.5  | 3.0  | 3.2  | 3.4  | 3    | 3    | 3    | 3.2  | 3.4  | 3.5  |
| Çökme (mm)                                  | 32   | 30   | 30   | 32   | 30   | 28   | 26   | 28   | 25   | 25   |
| Sıcaklık (°C)                               | 28   | 31   | 29   | 29   | 30   | 30   | 30   | 30   | 30   | 29   |
| Taze Betonun Yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> ) | 2410 | 2385 | 2390 | 2400 | 2385 | 2350 | 2345 | 2410 | 2425 | 2440 |

Kullanılan bazaltik pomza ve çimentonun kimyasal element içerikleri Çizelge 2’de, fiziksel özellikleri ise 3’te, agregaların fiziksel özellikleri Çizelge 4’te ve agregaların elek analiz sonuçları ise Çizelge 5’te verilmiştir. Total element içerikleri için deneyler; Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Achan Üniversitesi, İskenderun Demir Çelik fabrikası ve İskenderun OYSA Çimento fabrikasında ayrı ayrı yapılmıştır. Bulunan sonuçlar birbirlerine çok yakın değerler vermiştir.

**Çizelge 2.** Pomzanın ve çimentonun kimyasal element içerikleri

| Bileşenler (%)                     | Çimento | YFC                       | TP                           |
|------------------------------------|---------|---------------------------|------------------------------|
| SiO <sub>2</sub>                   | 20.1    | 39.7                      | 43.9                         |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>     | 5.2     | 12.8                      | 14.1                         |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>     | 3.9     | 1.7                       | 12.1                         |
| CaO                                | 64.1    | 32.9                      | 9.3                          |
| MgO                                | 2.2     | 7.4                       | 8.9                          |
| Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O | 1.4     | 0.8                       | 0.3                          |
| SO <sub>3</sub>                    | 1.2     | 1.4                       | -                            |
| LOI                                | 0.5     | -                         | 0.5                          |
| EN 197-1 (%)                       |         |                           |                              |
| CaO / SiO <sub>2</sub>             | MgO     | CaO+SiO <sub>2</sub> +MgO | (CaO+MgO) / SiO <sub>2</sub> |
| ≥ 2                                | < 5     | ≥ 66.7                    | ≥ 1                          |

**Çizelge 3.** Pomza ve çimentonun fiziksel özellikleri

| Bileşen | Özgül ağırlık kg/cm <sup>3</sup> | Özgül yüzey cm <sup>2</sup> /g | 200 µ Elek üzerinde alan % | 90 µ Elek üzerinde kalan % |
|---------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Çimento | 3.19                             | 2800                           | 0.09                       | 0.3                        |
| TP      | 2.97                             | 2800                           | 0.06                       | 0.2                        |

**Çizelge 4.** Agregaların Fiziksel Özellikleri

| Özellik                | İnce Agregası | Kaba Agregası |
|------------------------|---------------|---------------|
| Özgül Ağırlık          | 2.73          | 2.75          |
| İncelik modülü         | 2.70          | -             |
| Su Emme Kapasitesi (%) | 0.80          | 1.22          |
| Boşluk Oranı (%)       | 35.20         | 40.32         |

**Çizelge 5.** Agregaların Elek Analiz Sonuçları

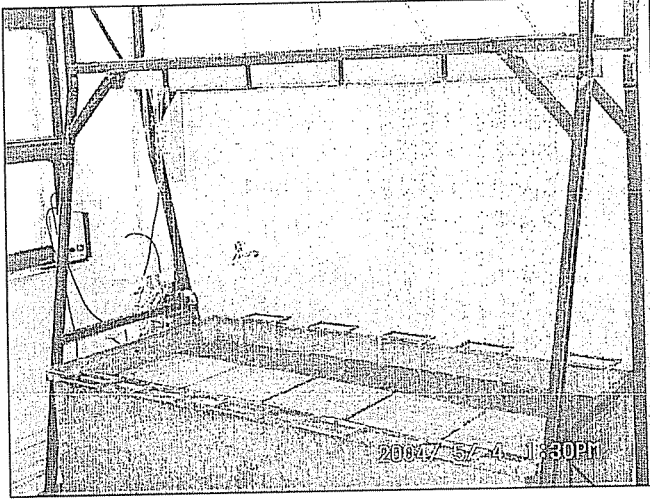
| İnce Agregası |             | Kaba agregası |             |
|---------------|-------------|---------------|-------------|
| Elek no       | Yüzde Geçen | Elek no       | Yüzde Geçen |
| 150 µm        | 7.3         | 4.75 mm       | 5           |
| 300 µm        | 36.7        | 10 mm         | 33.4        |
| 600 µm        | 64.3        | 20 mm         | 96.3        |
| 1.18 mm       | 74.8        | 40 mm         | 100         |
| 2.36 mm       | 89.5        |               |             |
| 4.75 mm       | 97.6        |               |             |

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 3.1. Beton Örneklerin Aşınması

Beton numunelerinin deniz suyu ortamındaki aşınma değerleri yeni geliştirilen bir sistemle bulunmuştur. Bu sistem Şekil 1'de verilmiştir. Boyutları 30x30x10 cm olan beton numuneler, kür havuzunda 5 gün deniz suyu ortamında sürekli devri daim çalışan aşağıdaki sistemde aşınmaya maruz bırakılmıştır. Numunelerin bu sistemdeki aşınma

değerleri kütle kaybı ölçülerek bulunmuştur. Çalışmada 12 aylık aşınma değerleri alınmıştır.



**Şekil 1. Aşınma sistemi**

### **3.2. Beton Örneklerin Basınç Dayanımları**

Deneysel çalışmada 15x15x15 cm boyutlu küp numuneler kullanılmıştır. Örnekler laboratuvardaki ortalama sıcaklığı 25 C<sup>0</sup> olan deniz suyu ile dolu kür havuzunda bekletilmiştir. Deniz suyunun Ph her hafta ölçülerek, Ph değeri 12'nin üstüne çıktığında taze deniz suyu sağlanmıştır. Örneklerin basınç dayanımları TS 3114'e göre [8] belirlenmiştir. Her grup numune için 3, 7, 28, 90, 180 ve 365 günlük basınç dayanımlarını belirlemek üzere her yaş grubundan üçer adet örnek üretilmiştir.

### **3.3. Permeabilite Değerlerinin Bulunması**

Genellikle betonun dayanıklılığının özellikle farklı koşullar altında bulunan yapılarda, geçirgenliğiyle ilgili olduğu kabul edilir. Beton permeabilite deneyi geçirgenlik katsayısını bulmak amacıyla yapılır. Bu çalışmada, Darcy kanunu kullanılıp silindirik numune üzerinde su geçiş miktarı ölçülerek geçirgenlik katsayısının bulunması sağlandı. Bu amaçla bu test 7, 28, 90 ve 180 günlük numuneler üzerinde tekrarlandı.

## **4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA**

### **4.1. Aşınma Değerleri**

Betonların aşınma değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi Çizelge 6'da verilmiştir. S1, S2, S3 için ortalama aşınma değeri % 1.24, S4, S5, S6 için % 1.86 ve S7, S8, S9 için ise bu ortalama değer % 1.33 olarak bulunmuştur. Kontrol numunesi için bulunan değer ise % 3,2'dir. Bu sonuçlarla, eşit miktarda TP ve YFC katılarak üretilen numunelerin aşınma değerlerinin kontrol örneğinden %61 daha az olduğu anlaşılmıştır. Diğer numunelerin aşınma değerleri de aynı şekilde kontrol örneğinden

azdır. Bu sonuçlar aşınmaya maruz olan yerler için beton üretiminde pomza ve yüksek fırın cürufu kullanılmasının aşınma etkisini azaltabileceğini göstermiştir.

#### 4.2. Basınç Dayanımları

Numunelerin basınç dayanım değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Numunelerin basınç dayanım değerleri karşılaştırıldığında, TP ve YFC katkılı numunelerin 7 gündeki dayanımları bütün serilerde kontrol örneğinden daha düşük bulunurken özellikle 365 günlük dayanımlarda bu değer çok yakındır. Hatta S7, S8 ve S9 numunelerinin basınç dayanımları kontrol örneğinden daha büyük bulunmuştur.

#### 4.3. Permeabilite Değerleri

Numunelerin permeabilite katsayıları Şekil 2'de verilmiştir. Numunelerin 7 günlük permeabilite katsayıları karşılaştırıldığında, kontrol örneğinin en çok geçirgenliğe sahip olduğu görülmektedir. Pomza ve yüksek fırın cürufu birlikte kullanılarak üretilen numunelerin permeabilite katsayıları en düşük bulunmuştur. 28 günden sonraki permeabilite değerleri çok küçükken 90 günden sonra permeabilite katsayıları fazla değişmemektedir. Eşit katkılı örneklerin permeabilite değerleri diğerlerinden azdır. Yüksek fırın cürufu katkılı örneklerin permeabilite değerleri pomza katkılı örneklerden daha azdır. Bu sonuçlar geçirimsiz beton üretimi için, pomza ve yüksek fırın cürufunun birlikte kullanılmasının iyi sonuçlar vereceğini göstermiştir.

**Çizelge 6.** Örneklerin zamana bağlı kütle kaybı

|  | Örneklerin kütleleri ve laboratuardaki kütle kaybı oranları |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|--|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|  | C   | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> | S <sub>4</sub> | S <sub>5</sub> | S <sub>6</sub> | S <sub>7</sub> | S <sub>8</sub> | S <sub>9</sub> |
| İlk kütleler (g)                       | 21850   | 22801          | 21560          | 21490          | 21902          | 21703          | 21856          | 22230          | 21590          | 22160          |
| 12 ay sonraki kütleler (g)             | 21150   | 22410          | 21310          | 21304          | 21415          | 21323          | 21503          | 21917          | 21297          | 21885          |
| 12 ay sonraki kütle kaybı oranları (%) | 3.20  | 1.71           | 1.15           | 0.86           | 2.22           | 1.75           | 1.62           | 1.41           | 1.35           | 1.24           |

**Çizelge 7.** Basınç Dayanım Değerleri (MPa)

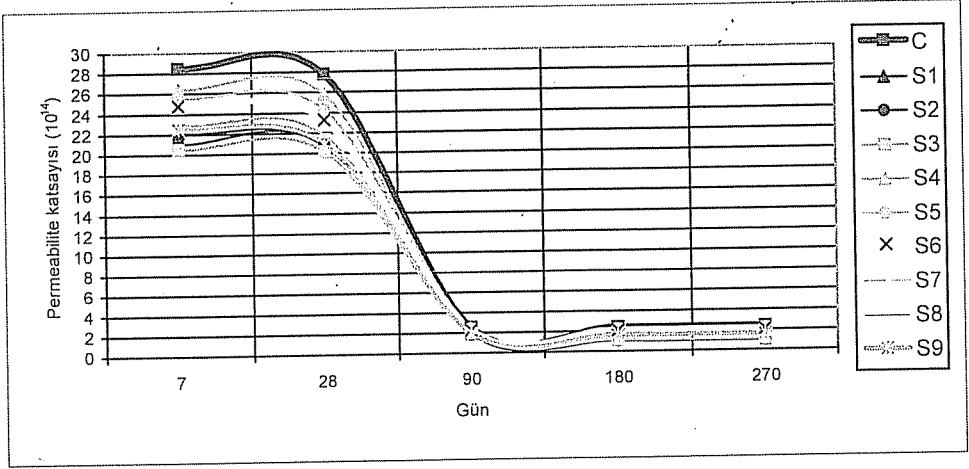
| Günler | C    | S <sub>1</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>3</sub> | S <sub>4</sub> | S <sub>5</sub> | S <sub>6</sub> | S <sub>7</sub> | S <sub>8</sub> | S <sub>9</sub> |
|--------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 7      | 22.7 | 20.7           | 17.9           | 15.5           | 18.9           | 17.7           | 22.5           | 17.4           | 16.6           | 17             |
| 28     | 34.3 | 30.9           | 29.5           | 26.6           | 29.4           | 30.8           | 34.7           | 27.0           | 27.4           | 27.7           |
| 90     | 43   | 37             | 40.4           | 30.2           | 32.4           | 30.1           | 31.4           | 40.3           | 40.9           | 40.8           |
| 365    | 43.5 | 40.7           | 41.2           | 39.8           | 35.3           | 34.6           | 37.5           | 45.3           | 47.2           | 44.6           |

#### 4.3. Permeabilite Değerleri

Numunelerin permeabilite katsayıları Şekil 2'de verilmiştir. Bu şekilden 7 günlük değerler karşılaştırıldığında, kontrol örneğinin en büyük geçirgenliğe sahip olduğu görülmektedir. Pomza ve yüksek fırın cürufu birlikte kullanılarak üretilen numunelerin permeabilite katsayıları en düşük bulunmuştur. 28 günden sonraki permeabilite



değerleri çok küçükken 90 günden sonra permeabilite katsayıları fazla değişmemektedir. Eşit katkılı örneklerin permeabilite değerleri diğerlerinden azdır. Yüksek fırın cürufu katkılı örneklerin permeabilite değerleri pomza katkılı örneklerden daha azdır. Bu sonuçlar geçirimsiz beton üretimi için, pomza ve yüksek fırın cürufunun birlikte kullanılmasının iyi sonuçlar vereceğini göstermiştir.



Şekil 2. Numunelerin permeabilite katsayıları

## 5. KAYNAKLAR

1. Erdoğan, T., "Çimento sempozyumu", 39s, TMMOB 16-17, Ankara, 1995.
2. Akman, S., "Traslı Çimento Nedir Ne Değildir", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası. Yayını, Panel, 55s, Ankara, 1994.
3. Yeğinobalı, A., "Silis Dumanı ve Çimento ile Betonda Kullanımı", TÇMB/AR-GE/Y01.01, 48s, Ankara, 2001.
4. Şahin, A., "Ergani Yöresinde Mevcut Puzolanik Katkı Maddelerinin Çimento ve Beton Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 1995.
5. Binici, H., Kaplan, H., Kapur, S., "Osmaniye Delihalil Trası ile İlgili Deneysel Çalışma", Mühendislik Bilimleri Dergisi (Journal of Engineering Science), 843- 851, Denizli, 1998.
6. Yıldız, T., "Ferrokrom Cürufularının Çeşitli Bağlayıcı Kombinasyonlarında Isı İletim Özelliklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 1994.
7. Binici, H., "PÇ-GYFC-Pomza Üçlü Karışımlarının Özellikleri", Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2002.
8. TS 3114, "Beton basınç mukavemeti tayini", Ankara, Aralık 1990.



## ETKİLİ RİJİTLİK MODELLERİ KULLANILARAK YAPILARIN ÜÇ BOYUTLU ANALİZİ

Cengiz DÜNDAR, İ. Fatih KARA ve A. Kamil TANRIKULU  
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

**ÖZET :** *Bu çalışmada kiriş ve kolon elemanlarda oluşan çatlamlar göz önünde bulundurularak, taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan betonarme yapıların rijit diyafram modeli ile üç boyutlu analizi için bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Yapıya etkiyen yatay ve düşey yüklerden dolayı elemanların çatlama halinde, etkili atalet momentlerinin hesabında ACI, CEB ve olasılığa dayalı etkili rijitlik modelleri kullanılmıştır. Analizde ayrıca kayma deformasyonlarının etkisi de göz önünde bulundurularak etkili kayma modüllerinin hesabında literatürde mevcut olan değişik yöntemler kullanılmıştır. Geliştirilen bilgisayar programı aracılığı ile dört katlı bir betonarme çerçeve örneği çözümlenerek düğüm noktalarında elde edilen yatay deplasmanlarla, katların relatif yatay ötelemelerinin lineer analiz sonuçlarına göre nasıl bir değişim gösterdiği irdelenmeye çalışılmıştır.*

### THREE DIMENSIONAL ANALYSIS OF STRUCTURES USING EFFECTIVE STIFFNESS MODELS

**ABSTRACT :** *In this study, a computer program has been developed using rigid diaphragm model for the three dimensional analysis of reinforced concrete buildings with beams and columns in cracked state. ACI, CEB and probability-based effective stiffness models are used for the effective moment of inertia of the cracked members. In the analysis, shear deformations are taken into account and reduced shear stiffness is considered by using effective shear modulus models available in the literature. Using the developed computer program a parametric study is carried out on a four story three dimensional reinforced concrete building subjected to external loads to observe the variations in lateral deformations considering beams and columns in uncracked and cracked states.*

## 1. GİRİŞ

Betonarme taşıyıcı sistemlerin, yatay ve düşey yükler etkisi altındaki yapısal analizi, malzeme davranışının doğrusal elastik olduğu kabulüne dayanan hesap yöntemleri ile yapılmasına karşın, kesit hesaplarında beton ve çeliğin elastik ötesi davranışları göz önüne alınmaktadır. Betonun çekme dayanımının düşük olması sebebiyle betonarme elemanlarda çatlama kaçınılmaz bir olay olup açıklık boyunca büyük değişimler gösterebilmektedir. Çatlamaların etkisi de hesaba katılarak, betonarmenin gerçek özelliği olan doğrusal olmayan davranışlarının dikkate alınmasıyla, yapıda oluşacak iç kuvvet ve yer değiştirme değerleri lineer analiz sonuçlarına göre önemli değişimler gösterebilmektedir. Bu değişime neden olan en büyük etken ise çatlama sonrası elemanların açıklıkları boyunca büyük değişiklik gösteren eğilme ve kayma rijitlikleri değerleridir.

Betonarme taşıyıcı sistemlerin kendisinden beklenen işlevi yerine getirebilmesi için göçme durumuna karşı belirli bir güvenliğe sahip olmasının yanında, kullanım yükleri altında da büyük yer değiştirmeler yapmaması hatta bu değerlerin belli sınırların altında kalması gerekmektedir. Bu amaçla kirişlerde oluşan çökmelerin gerçeğe daha yakın olarak hesaplanabilmesi için çatlama ile ilgili olarak bu elemanların eğilme ve kayma rijitliklerinde oluşan değişimler önemli olmaktadır. Yapılar düşey yükler yanında deprem ve rüzgar etkisi nedeniyle oluşan yatay yüklere de maruzdurlar. Bu yüklerden dolayı gerek yapıda meydana gelen yatay yer değiştirmelerin, gerekse ikinci mertebeli momentlerinin hesaplanmasında kolonlarda çatlama sonrası oluşacak etkili eğilme ve kayma rijitlikleri de önem kazanmaktadır. Bu değerleri uygun yöntemlerle göz önüne alınarak yapılan analizler, çatlama ile ilgili olarak bulundurmada geliştirilen lineer analiz yöntemlerine göre daha gerçekçi sonuçlar ortaya çıkarmaktadır.

Betonarme yapılara etkileyen yatay ve düşey yüklerden dolayı elemanlarda oluşan çatlama ile ilgili olarak göz önünde bulunduran birçok çalışma literatürde mevcuttur. Cosenza yaptığı çalışmada düşey yükler etkisi altındaki betonarme kirişleri çatlama etkisini göz önünde bulunduracak şekilde sonlu elemanlar yöntemiyle analiz etmiştir (1). Çalışmasında betonun çekme direncinin eğilme rijitliğine katkısını ACI, CEB, sabit çekme rijitleşmesi ve lineer çekme rijitleşmesi gibi modellerle göz önünde bulundurmıştır. Esneklik katsayılarının elde edilmesinde düzgün yayılı yüklü basit mesnetli bir kiriş kullanmış ve analizde kayma deformasyonlarının etkisini göz önünde bulundurmamıştır. Dündar, Kara ve diğ., kirişlerdeki çatlama ile ilgili olarak göz önünde bulundurarak betonarme çerçevelerin üç boyutlu analizi için bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir (2). Çalışmalarında kayma deformasyonlarının etkisini de hesaba katarak etkili kayma modüllerinin hesabında Al-Mahaidi (3), Cedolin ve Dei Poli (4) ile Yüzügüllü ve Schnobrich'in (5) önermiş oldukları yöntemleri, etkili atalet momentlerinin hesabında ise ACI (6) ve CEB (7) modellerini kullanmışlardır. Chun-Man, Mickleborough et. al., yatay yükler etkisi altındaki betonarme yapılarda çatlama ile ilgili olarak göz önünde bulundurarak iteratif yöntemlere dayalı iki farklı analiz algoritması geliştirmişlerdir (8). Çalışmalarında ayrıca yatay ve eksenel yükler etkisi altındaki iki katlı betonarme bir çerçeveyi de deneysel olarak yüklemeye tabii tutup, geliştirdikleri analiz yöntemlerinden elde ettikleri sonuçlarla deneysel sonuçları karşılaştırmışlar ve özellikle yüklerin servis yüklerini aşmadığı durumlarda uyumlu sonuçlar elde etmişlerdir.

## 2. FORMÜLASYONDA KULLANILAN MODELLER

### 2.1. Etkili Eğilme Rijitliği için Kullanılan Modeller

Yatay ve düşey yükler etkisi altındaki yapıda kiriş ve kolon elemanlarının çatlaması halinde etkili atalet momenti değerleri ACI, CEB ve olasılığa dayalı etkili rijitlik modelleri tarafından verilen (1), (2) ve (3) denklemleri aracılığı ile göz önünde bulundurulurken analize dahil edilmişlerdir.

#### ACI Modeli:

$$I_{\text{eff}} = \left( \frac{M_{\text{cr}}}{M} \right)^m I_1 + \left[ 1 - \left( \frac{M_{\text{cr}}}{M} \right)^m \right] I_2, \quad M \geq M_{\text{cr}} \quad (1a)$$

$$I_{\text{eff}} = I_1, \quad M < M_{\text{cr}} \quad (1b)$$

#### CEB Modeli:

$$I_{\text{eff}} = \left[ \beta_1 \beta_2 \left( \frac{M_{\text{cr}}}{M} \right)^2 \frac{1}{I_1} + \left( 1 - \beta_1 \beta_2 \left( \frac{M_{\text{cr}}}{M} \right)^2 \right) \frac{1}{I_2} \right]^{-1}, \quad M \geq M_{\text{cr}} \quad (2a)$$

$$I_{\text{eff}} = I_1, \quad M < M_{\text{cr}} \quad (2b)$$

Bu denklemlerdeki  $I_1$  ve  $I_2$  sırası ile kesitin çatlamadan önceki ve sonraki atalet momenti değerleridir. Yine aynı denklemlerde geçen  $\beta_1, \beta_2$  yüklemeye ve donatı özelliklerine bağlı olacak şekilde değişmekte ve yüksek aderanslı donatı çeliği ve ilk yüklenme durumlarında bu değerlerin ( $\beta_1, \beta_2$ ) 0.8 olarak alınması CEB tarafından önerilmektedir. Bu eşitliklerde ayrıca deneysel sonuçlarla uyumlu olacak şekilde  $m=4$  olarak alınmaktadır.

#### Olasılığa Dayalı Etkili Rijitlik Modeli:

Yapıya etkiyen yüklerden dolayı çatlayan kiriş ve kolon elemanlarındaki etkili atalet momenti değerleri bu elemanlarda oluşan moment diyagramındaki çatlayan ve çatlamayan bölge alanlarının toplam alana oranına bağlı olacak şekilde (şekil 1) elde edilerek analize dahil edilmişlerdir. Literatürde olasılığa dayalı etkili rijitlik şeklinde de belirtilen bu yöntemde (8) etkili atalet momentleri (3) denklemlerindeki gibi elde edilmektedir.

$$A_{\text{uncr}} = A_1 + A_2 = \int_{M(x) < M_{\text{cr}}} M(x) \quad (3a)$$

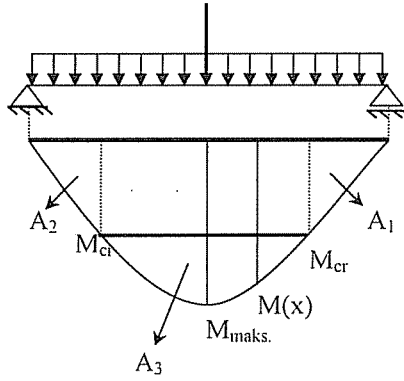
$$A_{\text{cr}} = A_3 = \int_{M(x) \geq M_{\text{cr}}} M(x) \quad (3b)$$

$$A = A_{\text{cr}} + A_{\text{uncr}} \quad (3c)$$

$$P_{\text{uncr}} [M(x) < M_{\text{cr}}] = \frac{A_{\text{uncr}}}{A} \quad (3d)$$

$$P_{\text{cr}} [M(x) \geq M_{\text{cr}}] = \frac{A_{\text{cr}}}{A} \quad (3e)$$

$$I_{\text{eff}} = P_{\text{uncr}} I_1 + P_{\text{cr}} I_2 \quad (3f)$$



**Şekil 1.** Yükler etkisi altındaki basit mesnetli bir kirişte eğilme momentinden dolayı oluşan çatlayan ve çatlamayan bölgeler

(3) denklemlerdeki  $P_{uncr}$  bir kiriş veya kolon elemanında oluşan moment dağılımına bağlı olarak  $M$  momentinin  $M_{cr}$  momentinden küçük olma olasılığını,  $P_{cr}$  ise  $M$  momentinin  $M_{cr}$  momentini aşma olasılığını yani kesitin çatlama olasılığını ifade etmektedir. (1), (2) ve (3) eşitliklerindeki  $M$ , ilgili kesitteki eğilme momentini  $M_{cr}$  ise çatlama anındaki eğilme momentini ifade etmekte olup, kirişlerde,

$$M_{cr} = \frac{f_r I_1}{y_t} \quad (4)$$

şeklinde, kolonlarda ise her iterasyon sonucunda elde edilen eksenel yük düzeyine bağlı olarak değişen formda

$$M_{cr} = \frac{(f_r + \sigma_v) I_1}{y_t} \quad (5)$$

ifadesindeki gibi hesaplanmaktadır. (4) ve (5) denklemlerindeki  $f_r$ , betonun eğilmedeki çekme dayanımını,  $y_t$  kesitin en alt yüzünden ağırlık merkezine olan uzaklığını,  $\sigma_v$  ise eksenel basınç gerilmesini ifade eden değerlerdir.

## 2.2. Etkili Kayma Rijitliği İçin Kullanılan Modeller

Yükler etkisi altında, elemanların en alt yüzünde oluşan çekme şekil değiştirmesi değerinin, çatlama anındaki çekme şekil değiştirmesi değerini aşması halinde, etkili kayma modülleri literatürde mevcut olan ve aşağıdaki denklemlerde görülen değişik modeller aracılığı ile göz önünde bulundurulularak analize dahil edilmişlerdir.

Al-Mahaidi Modeli:

$$\bar{G}_c = \frac{0.4 G_c}{\epsilon_1 / \epsilon_{cr}}, \quad \epsilon_1 \geq \epsilon_{cr} \quad (6a)$$

$$\bar{G}_c = G_c, \quad \varepsilon_1 < \varepsilon_{cr} \quad (6b)$$

Yüzüğüllü ve Scnobrich Modeli:

$$\bar{G}_c = 0.25 G_c, \quad \varepsilon_1 \geq \varepsilon_{cr} \quad (7)$$

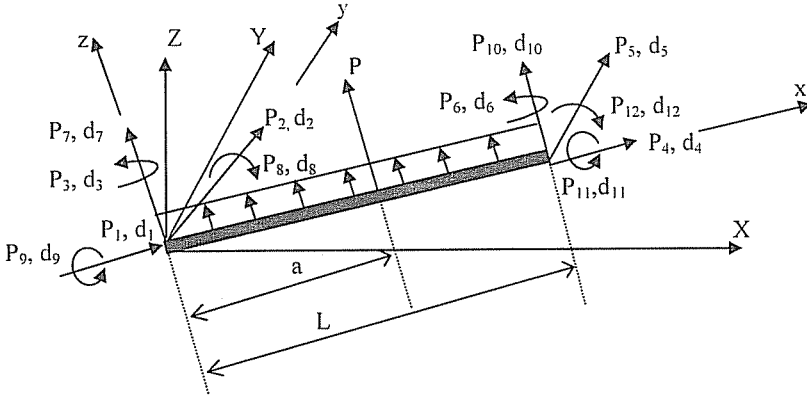
Cedolin ve Dei Poli Modeli:

$$\bar{G}_c = 0.24 G_c (1-250 \varepsilon_1), \quad \varepsilon_1 \geq \varepsilon_{cr} \quad (8)$$

Bu denklemlerdeki  $\varepsilon_1$  ilgili kesitteki çekme şekil değiştirmesi değerini,  $\varepsilon_{cr}$  çatlama anındaki çekme şekil değiştirmesini ve  $G_c$  ise betonun elastik kayma modülünü ifade etmektedirler.

### 3. TEMEL DENKLEMLER

Betonarme yapıyı oluşturan çerçevelerin çubuk elemanlardan oluştuğu kabul edilerek çubukların açıklıkları boyunca yerel z eksenini doğrultusundaki düzgün yayılı yük ve ara tekil yükler etkisi altında olabilecekleri göz önünde bulundurulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Düzgün yayılı yük ve ara tekil yüklerden dolayı bir elemanda oluşabilecek uç deplasmanları ve bunlara karşılık gelen kuvvetler

Bu çalışmada, üç boyutlu analiz için rijit diyafram modelinin göz önünde bulundurulmasından dolayı kiriş elemanlarda sadece yerel y eksenini doğrultusundaki eğilme momentlerinden dolayı çatlama oluşmaktadır. Bununla birlikte kolonlarda ise yerel y ve z eksenleri doğrultusundaki eğilme momentleri nedeniyle çatlama oluşabileceği göz önünde bulundurulduğundan, bir önceki bölümde verilen etkili atalet momenti denklemlerinde geçen  $I_{eff}$ ,  $M_{cr}$ ,  $M$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  ve etkili kayma modelleri denklemlerinde geçen  $\varepsilon_1$  ve  $\varepsilon_{cr}$  değerleri, her iki eksene ait eğilme ve kayma ile ilgili değerlerdir.

Analizde temel denklemlerin oluşturulması için ilk etapta birim yüklemeler uygulanarak eleman esneklik katsayıları elde edilmiş, daha sonra da denge denklemleri ve uygunluk şartlarından yararlanılarak bazı bölgelerinde çatlama oluşabilecek kiriş ve kolon elemanlarının rijitlik matrisi ve yük vektörü değerleri bulunmuştur. Genel olarak üç boyutlu bir eleman için esneklik katsayıları konsol bir kiriş elemanına ilgili yönlerde birim kuvvetler uygulanılarak elde edilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Konsol bir kirişe uygulanan birim kuvvet yönleri

Uygunluk denklemlerinden de faydalanılarak esneklik katsayılarını içeren aşağıdaki eşitlik matris formunda elde edilmektedir.

$$\begin{bmatrix} f_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f_{22} & f_{23} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f_{32} & f_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & f_{77} & f_{78} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & f_{87} & f_{88} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & f_{99} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_7 \\ P_8 \\ P_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_7 \\ d_8 \\ d_9 \end{bmatrix} \quad (9)$$

(9) ifadesindeki  $f_{ij}$ ,  $j$  doğrultusunda bir birimlik kuvvet uygulanması sonucu  $i$  doğrultusunda oluşan deplasman olup, aşağıdaki denklemden görüldüğü gibi virtürel iş prensibinden yararlanılarak elde edilmektedir.

$$f_{ij} = \int_0^L \left( \frac{M_{zi} M_{zj}}{E_c I_{effz}} + \frac{M_{yi} M_{yj}}{E_c I_{effy}} + \frac{V_{yi} V_{yj}}{G_c A} s + \frac{V_{zi} V_{zj}}{G_c A} s + \frac{M_{bi} M_{bj}}{G_c I_0} + \frac{N_i N_j}{E_c A} \right) dx \quad (10)$$

Bu eşitlikteki  $M_{zi}$ ,  $M_{zj}$ ,  $M_{yi}$ ,  $M_{yj}$ ,  $M_{bi}$ ,  $M_{bj}$ ,  $V_{zi}$ ,  $V_{zj}$ ,  $V_{yi}$ ,  $V_{yj}$ ,  $N_i$  ve  $N_j$  değerleri,  $i$  ve  $j$  doğrultusunda bir birimlik kuvvet uygulanması sonucu oluşan eğilme momenti, burulma momenti, kesme kuvveti ve normal kuvvet değerleridir. Yine aynı denklemdaki  $A$ ,  $E_c$ ,  $s$ ,  $G_c$ ,  $I_0$  ve  $G_c$  ise, kesit alanı, elastisite modülü, şekil katsayısı, etkili kayma modülü, burulma atalet momenti ve elastik kayma modülü değerleridir.

Yapıyı oluşturan elemanlar üzerine etkiyen düzgün yayılı yük ve ara tekil yüklerden dolayı oluşan uç kuvvetleri uygunluk şartları ve denge denklemleri kullanılarak aşağıdaki eşitliklerdeki gibi bulunmaktadırlar:



$$P_{70} = -(f_{88} f_{70} - f_{78} f_{80}) / (f_{77} f_{88} - f_{78} f_{87}) \quad (11a)$$

$$P_{80} = -(f_{77} f_{80} - f_{78} f_{70}) / (f_{77} f_{88} - f_{78} f_{87}) \quad (11b)$$

$$P_{100} = -(q L + P + P_{70}) \quad (11c)$$

$$P_{120} = -(q L^2/2 + P(L-a) + P_{70}L + P_{80}) \quad (11d)$$

$$P_{10} = P_{20} = P_{30} = P_{40} = P_{50} = P_{60} = P_{90} = P_{110} = 0. \quad (11e)$$

Bu denklemlerdeki  $f_{i0}$  değerleri dış yüklerden dolayı  $i$  doğrultusunda oluşan deplasmanlar olup (12) ifadesindeki gibi virtürel iş prensibinden yararlanılarak hesaplanmaktadır.

$$f_{i0} = \int_0^L \left( \frac{M_{yi} M_0}{E_c I_{effy}} + \frac{V_{zi} V_0}{G_c A} \right) dx \quad (12)$$

Bu eşitlikteki  $M_0$  ve  $V_0$  değerleri elemanın yerel  $z$  eksenı doğrultusundaki dış kuvvetlerden dolayı oluşan eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleridir.

Esneklik katsayısı terimleri içerisinde bulunan eğilme momenti, kesme kuvveti ve burulma momenti değerleri ilgili yönlerde birim kuvvetler uygulanması sonucu aşağıdaki eşitliklerdeki gibi elde edilmektedir.

$$M_2(x) = x \quad ; \quad V_2(x) = 1 \quad (13a)$$

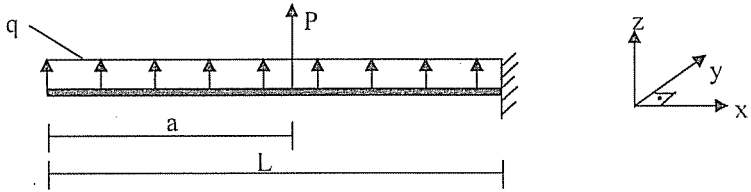
$$M_3(x) = -1 \quad ; \quad V_3(x) = 0 \quad (13b)$$

$$M_7(x) = -x \quad ; \quad V_7(x) = 1 \quad (13c)$$

$$M_8(x) = -1 \quad ; \quad V_8(x) = 0 \quad (13d)$$

$$M_9(x) = -1 \quad ; \quad V_9(x) = 0 \quad (13e)$$

(12) denklemindeki eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleri ise konsol bir kiriş elemanına yerel  $z$  eksenı doğrultusundaki dış kuvvetlerin uygulanması sonucu (14) ifadelerindeki gibi elde edilmektedir.



Şekil 4. Konsol bir kirişe uygulanan dış kuvvetler

$$M_0(x) = \begin{cases} -\frac{qx^2}{2} & 0 \leq x \leq a \\ -\frac{qx^2}{2} - P(x-a), & a < x \leq L \end{cases} \quad (14a)$$

$$V_0(x) = \begin{cases} qx, & 0 \leq x \leq a \\ qx + P, & a < x \leq L \end{cases} \quad (14b)$$

Analizde etkili eğilme rijitliği için ACI ve CEB modellerinin göz önünde bulundurulması halinde esneklik katsayıları

$$f_{22} = \frac{1}{E_c} \int_0^L \frac{x^2}{I_{effz}} dx + \frac{s}{A} \int_0^L \frac{1}{G_c} dx \quad (15a)$$

$$f_{23} = \frac{1}{E_c} \int_0^L \frac{(-x)}{I_{effz}} dx \quad (15b)$$

$$f_{33} = \frac{1}{E_c} \int_0^L \frac{1}{I_{effz}} dx \quad (15c)$$

$$f_{77} = \frac{1}{E_c} \int_0^L \frac{x^2}{I_{effy}} dx + \frac{s}{A} \int_0^L \frac{1}{G_c} dx \quad (15d)$$

$$f_{78} = \frac{1}{E_c} \int_0^L \frac{x}{I_{effy}} dx \quad (15e)$$

$$f_{88} = \frac{1}{E_c} \int_0^L \frac{1}{I_{effy}} dx \quad (15f)$$

$$f_{70} = \frac{q}{2E_c} \int_0^L \frac{x^3}{I_{effy}} dx + \frac{qs}{A} \int_0^a \frac{x}{G_c} dx + \frac{P}{E_c} \int_a^L \frac{x(x-a)}{I_{effy}} dx + \frac{s}{A} \int_a^L \frac{P}{G_c} dx \quad (15g)$$

$$f_{80} = \frac{q}{2E_c} \int_0^L \frac{x^2}{I_{effy}} dx + \frac{P}{E_c} \int_a^L \frac{(x-a)}{I_{effy}} dx \quad (15h)$$

formunda elde edilmektedir. Etkili eğilme rijitliği hesabında olasılığa dayalı etkili rijitlik yönteminin kullanılması halinde ise esneklik katsayıları

$$f_{22} = \frac{L^3}{3E_c I_{effz}} + \frac{s}{A} \int_0^L \frac{1}{G_c} dx \quad (16a)$$

$$f_{23} = -\frac{L^2}{2E_c I_{effz}} \quad (16b)$$

$$f_{33} = \frac{L}{E_c I_{effz}} \quad (16c)$$

$$f_{77} = \frac{L^3}{3 E_c I_{effy}} + \frac{s}{A} \int_0^L \frac{1}{G_c} dx \quad (16d)$$

$$f_{78} = \frac{L^2}{2 E_c I_{effy}} \quad (16e)$$

$$f_{88} = \frac{L}{E_c I_{effy}} \quad (16f)$$

$$f_{70} = \frac{qL^4}{8 E_c I_{effy}} + \frac{qs}{A} \int_0^a \frac{x}{G_c} dx + \frac{P}{3 E_c I_{effy}} (L^3 + a^3/2 - 3aL^2/2) + \frac{s}{A} \int_a^L \frac{P}{G_c} dx \quad (16g)$$

$$f_{80} = \frac{qL^3}{6 E_c I_{effy}} + \frac{P}{E_c I_{effy}} (L^2/2 + a^2/2 - aL) \quad (16h)$$

şeklinde elde edilmektedirler.

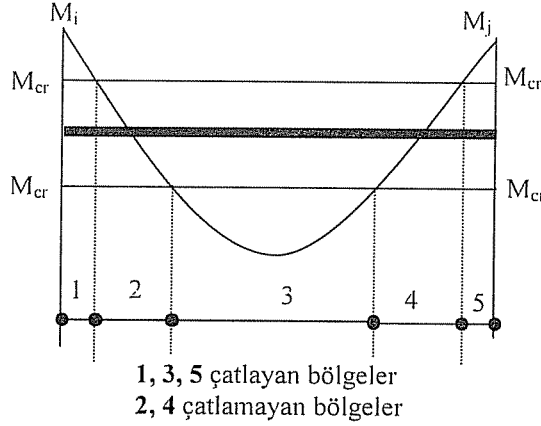
Üç boyutlu bir eleman için (12x12) boyutundaki rijitlik matrisi ise, (9) denklemindeki esneklik katsayılarını içeren matrisin tersi alınarak ve denge denklemleri kullanılarak elde edilmektedir. Eleman denklemi sonuç olarak,

$$\underline{k} \underline{d} + \underline{P}_0 = \underline{P} \quad (17)$$

formunda elde edilmektedir. Bu eşitlikteki  $\underline{k}$  (12x12),  $\underline{d}$  (12x1),  $\underline{P}_0$  (12x1) ve  $\underline{P}$  (12x1) değerleri eleman rijitlik matrisi, deplasman vektörü, dış kuvvetlerden dolayı oluşan uç kuvvet vektörü ve sonuç uç kuvvet vektörü değerleridir. Bu değerler eleman eksen takımında (x,y,z) olup, transformasyon matrisi aracılığı ile global eksen takımına (X,Y,Z) çevrilmektedirler.

Yapıların üç boyutlu analizi için geliştirilen ve bu çalışmada da kullanılan rijit diyafram modelinde, her elemanın deplasmanları master noktası deplasmanları cinsinden yazılarak eleman rijitlik denklemi elde edilmekte, daha sonra ise her elemandan gelen etki ve katkılar göz önünde bulundurularak sistem rijitlik matrisi ve sistem yük vektörü oluşturulmaktadır. Elde edilen sistem denklemi çözülerek sistem deplasmanları ile her elemanın uç kuvvetleri ile uç deplasmanları bulunmaktadır.

Yapıyı oluşturan kiriş ve kolon elemanlarının çatlayan ve çatlamayan bölgelere sahip olabileceğinden dolayı, esneklik katsayılarının elde edilmesinde kullanılan integral değerleri her bölge için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Çatlamamanın meydana geldiği bölgelerdeki atalet momenti ve kayma modülü değerlerinin eğilme momentine bağlı olarak değişimi, yapıdaki iç kuvvetlerin yeniden dağılımını zorunlu kıldığından, analizde iteratif bir yöntem uygulanarak çözüme gidilmiştir. Genel olarak bir kiriş veya kolon elemanında eğilme momenti etkisi altında oluşabilecek çatlayan ve çatlamayan bölgeler şekil 5 de gösterilmiştir.



**Şekil 5.** Herhangi bir kiriş veya kolon elemanında genel olarak eğilme momentinden dolayı oluşabilecek çatlayan ve çatlamayan bölgeler

#### 4. BİLGİSAYAR PROGRAMI

İteratif yöntemle dayalı olarak geliştirilen bilgisayar programı Fortran 77'de yazılmıştır. Programda, her iterasyon sonucu hesaplanan uç kuvvetleri bir önceki iterasyondaki değerlere bağlı olarak bulunup,

$$\left| \frac{P_i^n - P_i^{n-1}}{P_i^n} \right| \leq \varepsilon \quad (18)$$

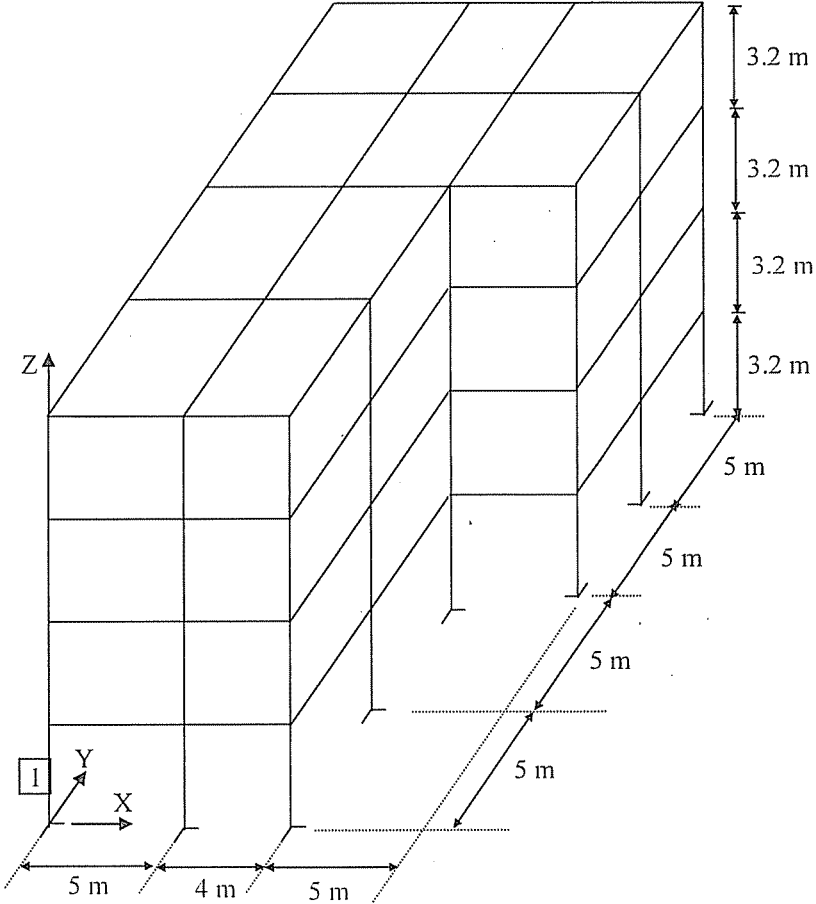
şeklinde bir yakınsaklık kriteri kullanılmıştır. Bu denklemdaki  $\varepsilon$  yakınsaklık kriteri,  $n$  iterasyon numarası,  $P_i^n$  ve  $P_i^{n-1}$   $n$ . ve  $(n-1)$ . iterasyonda hesaplanan eleman uç kuvveti değerleridir.

Bilgisayar programına veri girişi “genel bilgiler”, “eleman özellikleri”, “mesnet şartları”, “koordinatlar” ve “yükler” olmak üzere beş data bloğundan oluşan ve herhangi bir editör yazılımı ile hazırlanabilen data dosyasından yapılabilmektedir.

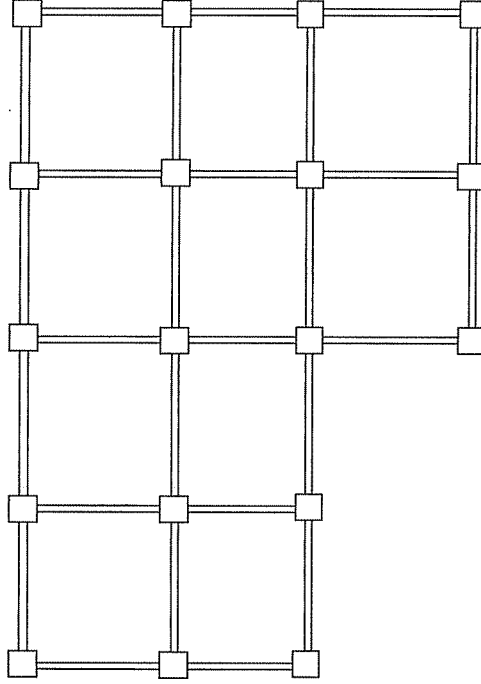
#### 5. ÜÇ BOYUTLU BETONARME BİR ÇERÇEVE ÜZERİNDE PARAMETRİK ÇALIŞMA

Bu bölümde, yatay ve düşey yükler etkisi altında bulunan dört katlı betonarme yapı, geliştirilen bilgisayar programı aracılığı ile çözümlenmiştir. Analizde etkili atalet momentlerinin hesabında ACI ve olasılığa dayalı etkili rijitlik modelleri, etkili kayma modüllerinin hesabında ise Al-Mahaidi'nin önermiş olduğu yöntem kullanılmış olup, bu örnek ile ilgili bilgiler çizelge 1 de verilmektedir. Her katta, kirişler üzerine etkileyen düşey yükler ( $q$ ) sabit kalırken, kat seviyelerindeki master noktalarına etkileyen yatay yükler ( $F$ ) %10, %20, %30, %40 ve %50 arttırılarak, yapının 2. katında oluşan maksimum relatif yatay ötelemeler, çatlamların göz önünde bulundurulması ve bulundurulmaması halleri için ayrı ayrı elde edilmiştir. Bu değerler kat yüksekliğine oranlanıp, TDY 97'de belirtilen sınır değer de ( $\Delta_{imaks.}/h_i$ ) göz önünde bulundurulurak

karşılaştırılmaları. Şekil 8 de gösterilmektedir. Ayrıca şekil 6'da gösterilen 1 numaralı kolonun etkili atalet momenti değerleri yatay yüklerin arttırılmasına bağlı olarak, etkili eğilme rijitliği hesabında olasılığa dayalı etkili rijitlik modelinin kullanılması halinde elde edilmiştir. Bu sonuçlar, kolonun çatlamamış haldeki kesit atalet momentine oranlanıp, elde edilen değerlerin, yapıya uygulanan yatay yüklere göre değişimi şekil 9'da gösterilmiştir.



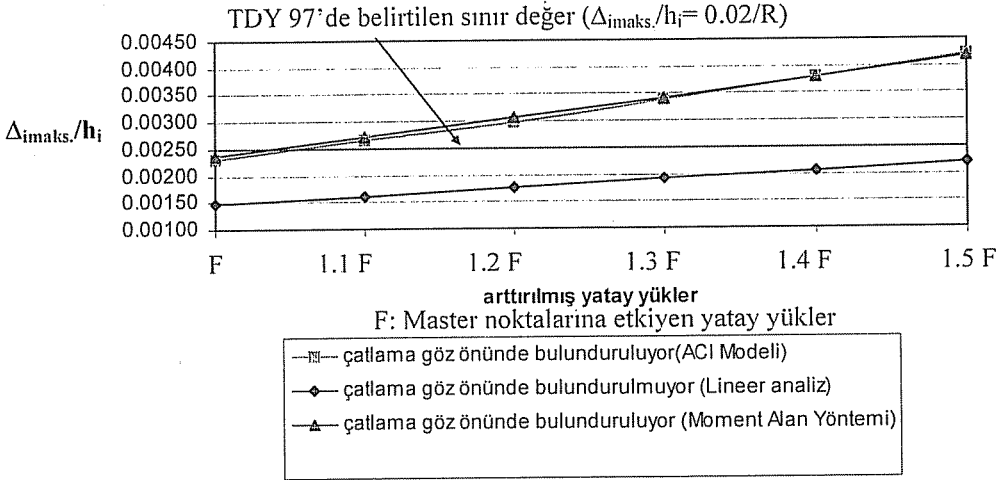
Şekil 6. 4 Katlı betonarme çerçeve örneği



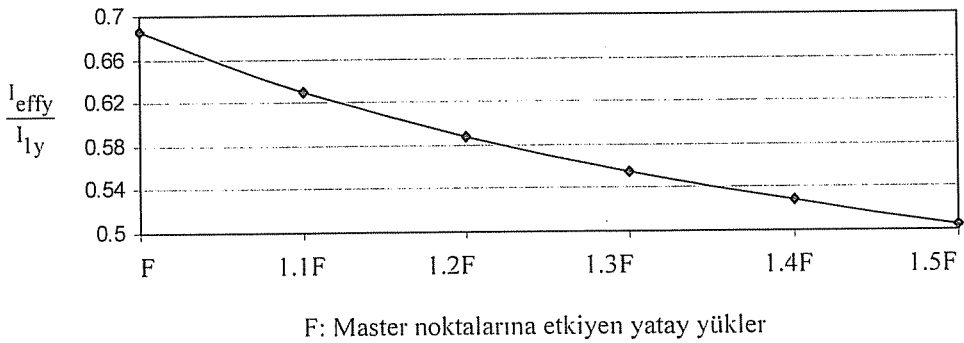
Şekil 7. Dördüncü kat kolon yerleşim planı

Çizelge 1. Betonarme çerçeve örneğine ait bilgiler

|  | 1. Kat  | 2. Kat  | 3. Kat     | 4. Kat  |
|--|---------|---------|------------|---------|
| Kolon Boyutları<br>(mmxmm)   | 500x500 | 500x500 | 500x500    | 450x450 |
| Kiriş Boyutları<br>(mmxmm)   | 250x500 | 250x500 | 250x500 mm | 250x500 |
| Düşey Yükler<br>(kN/m)   | q       | q       | q          | 0.8 q   |
| X Eksenini<br>Doğrultusunda<br>Master Noktalarına<br>Etkiyen Yatay<br>Yükler(kN) | 150     | 300     | 450        | 375     |
| R=8 (Süneklilik düzeyi yüksek betonarme çerçeve)                                 |         |         |            |         |



Şekil 8.  $\Delta_{\text{maks.}}/h_i$ 'nin uygulanan yüklere göre değişimi



Şekil 9. Kesit etkili atalet momentinin uygulanan yüklere göre değişimi

## 6. SONUÇLAR

Yatay ve düşey yükler etkisi altında bulunan betonarme çerçeve örneklerinin, bu çalışmada geliştirilen bilgisayar programı aracılığı ile çözümlenmesi sonucu, yapının kat seviyelerinde oluşan yatay deplasmanların lineer analiz sonuçlarına göre önemli değişimler gösterdiği görülmüştür. Özellikle yapıya etkiyen yüklerin artmasına bağlı olarak, çatlamların oluşması ve ilerlemesi ile birlikte, elde edilen görelî kat ötelemelerinin lineer analiz sonuçlarına göre büyük değişimler gösterdiği ve  $(\Delta_{imaks.}/h_i)$ 'nin TDY 97'de belirtilen sınır değeri aştığı görülmüştür. Ayrıca etkili eğilme rijitliği hesabı için farklı modeller kullanılmasına karşın sonuçların birbirleriyle uyum içerisinde olduğu ve çatlamların oluşması ile birlikte elemanlar arasında kuvvet aktarımlarının oluştuğu gözlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular ışığı altında, yapısal analizde, kiriş ve kolon elemanlarda oluşan çatlamların göz önünde bulundurulmasının tasarım sırasında ve hasarlı yapıların onarım ve güçlendirme çalışmalarında yararlı olabileceği düşünülmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Cosenza, E., "Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Elements In a Cracked State", *Computers & Structures*, 36(1), 71-79, 1990.
2. Dündar, C., Kara, İ.F., Tanrıku, A.K., "Kirişlerdeki Çatlama Göz Ömine Alınarak Çerçevelerin Üç Boyutlu Analizi", *Türkiye İnşaat Mühendisliği XVI. Teknik Kongre ve Sergisi, Böl. 8*, 2001.
3. Al-Mahaidi, R.S.H., "Nonlinear Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Deep Members", *Department of Struc. Engrg., Cornell Universty, Report No. 79-1*, 1978.
4. Codelin, L., Dei Poli, S., "Finite Element Studies of Shear Critical Reinforced Concrete Beams", *J. Engineering Mech. Div., ASCE, (EM3)*, 1977.
5. Yüzügüllü, O., Schnobrich, W.C., "A Numerical Procedure for the Determination of the Behaviour of a Shear Wall Frame System", *ACI J.*, 70(7), 474-479, 1973.
6. ACI Committee 435, "Deflection of Reinforced Concrete Flexural Members", *ACI J.*, 63, 637-674., 1966.
7. Comite Euro-International du Beton, *Manual on Cracking and Deformation, Bulletin d'Information, No.158-E*, 1985.
8. Chun-Man Chan, Neil, C. Mickleborough, Feng Ning, "Analysis of Cracking Effects On Tall Reinforced Concrete Buildings", *Journal Of Structural Engineering, Vol. 126, No. 9*, 995-1003, 2000.
9. Türk Standartları, *Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (TS 500)*, Türk Standartları Enstitüsü, 2000.
10. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 2 Eylül 1997 Tarih ve 23098 Sayılı Resmi Gazete.



## İKİ SIRA BOŞLUKLU DEPREM PERDELERİNDE TEK GÜÇLENDİRİCİ KİRİŞ KONUMUNUN TOPLAM PERDE EĞİLME MOMENTİNE ETKİSİ

**Engin EMSEN ve Orhan AKSOĞAN**

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

**Murat BİKÇE**

M.K.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hatay/Türkiye

**Halil GÖRGÜN**

D.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır/Türkiye

**ÖZET :** Güçlendirici kirişe sahip boşluklu perdelerde, kiriş konumunun uygun seçilmesi ile iç kuvvetler önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Bu çalışmada, Sürekli Bağlantı Yöntemi (SBY) kullanılarak, rijit bir temele oturan, güçlendirici kirişli iki sıra boşluklu perdelerin statik analizi ele alınmış, bir adet güçlendirici kirişin her kat seviyesinde ayrı ayrı bulunması durumunda perdede oluşan toplam eğilme momenti değişimi incelenmiştir. Bu işlemler sırasında, FORTRAN dilinde hazırlanan bilgisayar programı ile SAP2000 (6) ve ANSYS (7) yapı analizi programları kullanılarak perde modellenmiş ve seçilen iki sıra boşluklu perde örneği için en iyi güçlendirici kiriş konumu belirlenmiştir.

## THE EFFECT OF THE LEVEL OF A SINGLE STIFFENING BEAM ON THE TOTAL BENDING MOMENT OF TWO-BAY COUPLED SHEAR WALLS

**ABSTRACT :** In coupled shear walls with stiffening beams, the internal forces can be decreased by choosing a suitable positions for the stiffening beams. In this study, CCM has been used to handle the static analysis of a coupled shear wall on a rigid foundation having stiffening beams and the variation of the total bending moment values at two most critical sections are examined for the shear wall with a stiffening beam at each story height one at a time. During these calculations, using the FORTRAN program prepared and the SAP2000 (6) and ANSYS (7) structural analysis programs, the shear wall has been modeled and the best level for the stiffening beam is found for a selected example shear wall with two rows of openings.

## 1. GİRİŞ

Eğilme rijitliği yüksek olan deprem perdeleri, yüksek yapılarda kat sayısının artması ile binaya daha fazla etkiyen yatay kuvvetleri karşılamak için kullanılmaktadır. Bu perdeler içleri dolu olduğu zaman birer konsol kiriş gibi çalışırlar ve hesapları kolaydır. Ancak, bir perde, içindeki pencere, kapı ve koridorlarla ortaya çıkan boşluklar nedeniyle boşluklu perdeye dönüştüğü zaman yüksek dereceden hiperstatik olduğu için hesabı güçleşmektedir. Hesaplama işlemini basitleştirmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Yatay yükler etkisindeki boşluklu perdelerin analizi için yaygın olarak kullanılan bir yöntem Sürekli Bağlantı Yöntemi (SBY)'dir. Bu yöntemde, boşluklu perdeler birleşik perdeler gibi gözönüne alınarak bağlantı kirişi adı verilen kat kirişleri ve döşemeler bina yüksekliği boyunca eşdeğer rijitlikteki sürekli yayılı kirişler olarak gösterilir ve bu elemanlarda oluşan kesme kuvvetleri sürekli dağıtılmış reaksiyonlar olarak modellenir (1).

Perdeler arası bağlantı rijitliğinin boşluklar nedeni ile yeterli seviyede olmadığı durumlarda binanın düşey taşıyıcı elemanlarında oluşan eğilme momenti değerleri yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Bu durumun önlenmesi amacı ile bina boyunca belirli yüksekliklere "Güçlendirici Kiriş" olarak adlandırılan eğilme rijitliği yüksek bağlantı elemanları konulmaktadır (2,3). Perdelerde bırakılan boşluklar gözönüne alınarak yapılan çalışmalar sonunda perdelerin, dolayısı ile binaların, projelendirilmesinin ekonomik şekilde yapılabilmesi için, bina yüksekliklerinin 30-40 kat ile sınırlı kalması gerektiği ortaya çıkmıştır. Daha yüksek binalarda genel tasarım kurallarına (tepe noktasının yatay yerdeğiştirmesinin toplam bina yüksekliğine oranı  $\approx 1/500$  v.b.) uymak amacıyla perdelerin güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu tür yapı elemanlarına ise "güçlendirilmiş boşluklu perde" denilmektedir. Boşluklu perdelerin güçlendirilmesi ile oluşan iç kuvvetlerde azalmalar görüleceğinden bina yüksekliğinde artış sağlanabilir. Bu nedenle binada depo, servis veya başka bir amaç ile boş bırakılan kata yüksek bir kiriş yapmak en uygun çözüm olarak görünmektedir. Yapılacak olan bu kiriş, çelik kafes sistem veya rijitliği yüksek bir betonarme kiriş olabilir. Yapısal davranışta iyileşmeyi sağlayacak olan bu kirişlerin sayısı ve yerleri proje mühendisine bağlıdır.

Sürekli bağlantı yönteminde yapılan en önemli kabul bağlantı kirişlerini ve güçlendirici kirişleri eksenleri doğrultusunda rijit olarak ele almaktır. Bu kabule dayanarak perdenin herhangi bir seviyesindeki yatay yerdeğiştirmeler aynı değerde olacaktır. Bu durumun kat döşemeleri için yaygın olarak kullanılan rijit diyafram modeliyle de uyum içinde olduğu bilinen bir gerçektir.

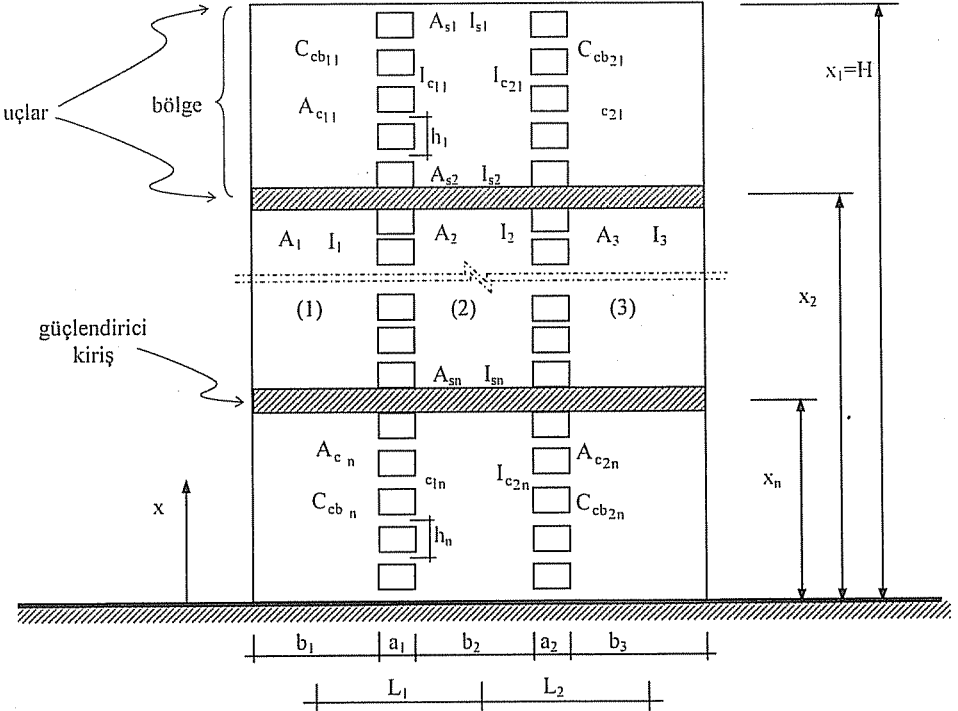
Sürekli bağlantı yönteminde temel diferansiyel denklemler, her iki açıklıkta bağlantı kirişlerinin orta noktasındaki düşey yerdeğiştirmeler için yazılan uygunluk denklemleridir (4). Elde edilen ikinci mertebeden lineer diferansiyel denklem takımı için, perdelerin tabanında ve tepesinde sınır şartları ve güçlendirici kirişlerde süreklilik şartları yazılarak çözüm yapılır. Analiz sonucunda perde duvarlardaki eksenel kuvvet fonksiyonları bulunur. Problemin ikinci aşamasında ise her bölge için perdelerde moment-eğrilik ilişkisi kullanılarak yatay yerdeğiştirme fonksiyonu bulunur. Boşluklu perde problemi, SBY sayesinde iki boyutludan tek boyutlu probleme indirgenir.

Bu çalışmada, değişik konumlarda güçlendirici kirişler ile desteklenmiş iki açıklıklı simetrik olmayan boşluklu perdelerin statik analizi ele alınmıştır (5). Çalışma sonunda,

önerilen yöntemle hazırlanan bilgisayar programı, SAP2000 (6) ve ANSYS (7) yapı analizi programlarıyla seçilen örnek bir boşluklu perde çözülerek sonuçlar çizelge ve grafiklerle sunulmuştur.

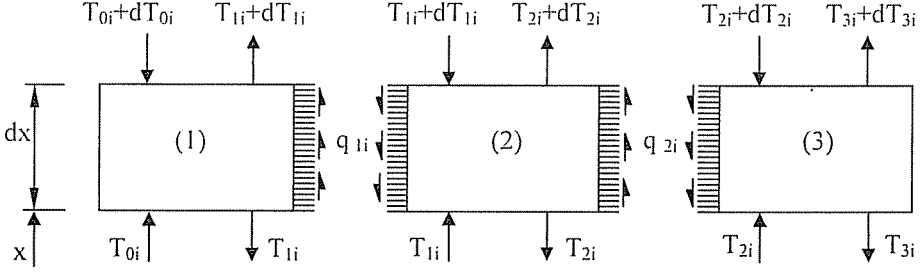
## 2. ANALİZ

Yüksek binalarda, rüzgar ve depremden dolayı meydana gelen yatay kuvvetler genellikle perdeler tarafından karşılanır. İçi dolu bir perde konsol kiriş gibi çalıştığından hesabı kolaydır. Ancak, içlerinde kapı, pencere ve koridor geçişleri için bırakılan boşluklarla zayıflayan deprem perdeleri yüksek dereceden hiperstatik olduklarından hesapları da güçleşmektedir. Yatay yüklere karşı etkili bir dayanım gösteren deprem perdelerinin çok katlı yapılarda yaygın bir şekilde tercih edilmesi ile birlikte, mimari nedenlerle bırakılan boşlukların sıra sayısında da artış olmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. İki sıra boşluklu perde

Bu çalışmada, iki sıra boşluklu perdeyi oluşturan komşu iki boşluk sırası arasındaki her bir düşey eksenli betonarme taşıyıcı, "duvar" olarak adlandırılmıştır. Sürekli bağlantı ortamına çevrilen iki sıra boşluklu perdelerde, her iki boşluk için sağ ve sol duvarlarda birim boyda oluşan kesme kuvvetleri ile bu kesme kuvvetlerinin duvar ekseninde oluşturduğu kuvvetler ayrı ayrı ifade edilip, i'inci bölgede, dx uzunluğunda ve sonsuz küçük boyda bir parça alınıp, bu parça üzerine etkiyen düşey yöndeki kuvvetler Şekil 2'de gösterilmiştir. Burada,



Şekil 2. Düşey yöndeki kuvvetlerin dengesi

$$q_{0i} = q_{3i} = T_{0i} = T_{3i} = 0 \quad (1)$$

bağıntısı geçerli olmak üzere, kuvvetlerin düşey yöndeki dengesi yazılırsa,  $i$  numaralı bölge için  $T_{1i}$ ,  $T_{2i}$  duvarlardaki eksenel kuvvet bileşenleri ve  $q_{1i}$ ,  $q_{2i}$  sürekli bağlantı ortamındaki kesme kuvveti akış fonksiyonları arasında,

$$\frac{dT_{1i}}{dx} = -q_{1i} \quad \frac{dT_{2i}}{dx} = -q_{2i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

denklemleri elde edilir. Bu çalışmada, dikkat edilmesi gereken bir nokta,  $i$  bölgesinde iki numaralı duvar üzerinde eksenel kuvvet yerine duvarın komşu boşluklarındaki kesme kuvvetlerinin tepeden itibaren toplamları olan  $T_{1i}$  ve  $T_{2i}$  fonksiyonlarının temel bilinmeyenler olarak ele alınıyor olmasıdır. Bunların arasındaki fark,  $i$  bölgesindeki iki numaralı duvarın eksenel kuvvetini

$$N_{2i} = T_{1i} - T_{2i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

şeklinde verir.

### 2.1. Moment-Eğrilik İlişkisi

Eğilme etkisi altındaki bir çubuk elemanı için moment-eğrilik ilişkisi

$$EI \frac{d^2y}{dx^2} = M \quad (4)$$

şeklinde tanımlıdır. Boşluklu perde sisteminde her bir duvar için (4) ifadesi yazıldığında, sırasıyla, 1'inci, 2'inci ve 3'üncü duvarlar için moment-eğrilik ilişkisi

$$EI_1 \frac{d^2y_1}{dx^2} = M_{1i}, \quad EI_2 \frac{d^2y_2}{dx^2} = M_{2i}, \quad EI_3 \frac{d^2y_3}{dx^2} = M_{3i} \quad (5)$$

olarak elde edilir. Bu ifadeler taraf tarafa toplandığında

$$E(I_1 + I_2 + I_3) \frac{d^2 y_i}{dx^2} = M_{1i} + M_{2i} + M_{3i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

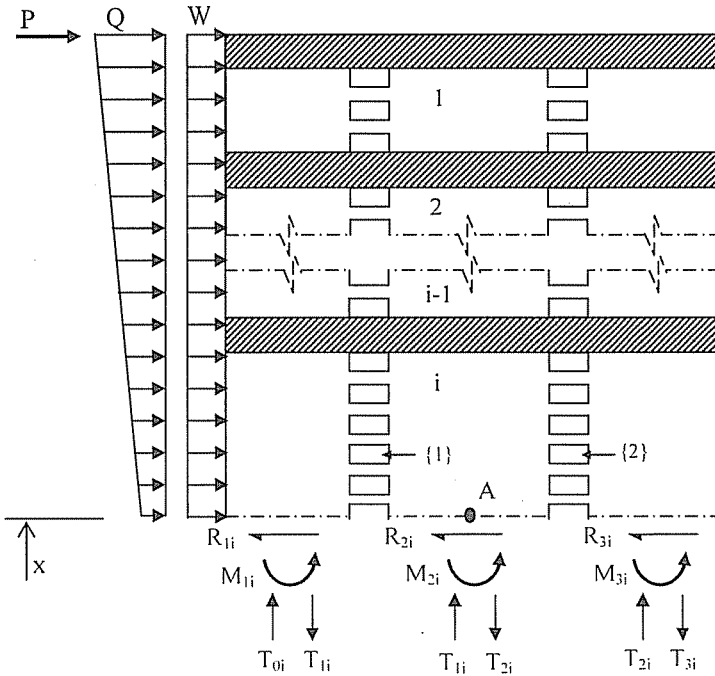
bağıntısı elde edilir. Burada, I toplam perde atalet momenti ve

$$M_{1i} + M_{2i} + M_{3i} = \sum_{j=1}^3 M_{ji} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

toplam perde reaksiyon momentini tanımlayı yapıp (6) denklemleri yeniden yazıldığında, iki sıra boşluklu perde için moment-eğrilik ilişkisi

$$EI \frac{d^2 y_i}{dx^2} = \sum_{j=1}^3 M_{ji} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

olarak elde edilir. (i) bölgesinde herhangi bir yükseklikte yatay olarak kesilmiş iki sıra boşluklu perdede (Şekil 3) A noktasına göre momentlerin dengesinden, dış kuvvetlerin toplam momenti  $M_{ei}$  olarak gösterilirse



**Şekil 3.** İki sıra boşluklu perdenin yatay bir kesitindeki iç kuvvetler

$$M_{1i} + M_{2i} + M_{3i} + T_{1i}L_1 + T_{2i}L_2 - M_{ei} = 0 \quad (9)$$

bağıntısı elde edilir. Bu ifade (7) yardımı ile düzenlendiğinde

$$\sum_{j=1}^3 M_{ji} = M_{ei} - \sum_{j=1}^2 (T_{ji}L_j) \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

şeklinde, herhangi bir  $x$  yüksekliği için, duvarlarda oluşan toplam perde eğilme momenti değeri elde edilir. (10) ifadesi, (8)'de yerine yazıldığında

$$EI \frac{d^2 y_i}{dx^2} = M_{ei} - \sum_{j=1}^2 (T_{ji}L_j) \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

şeklinde iki sıra boşluklu bir perde için moment-eğrilik ilişkisi elde edilir. Burada,  $L_j$ ,  $j-1$  ve  $j$ 'yinci duvar eksenleri arasındaki mesafe ve  $y_i$  yanal deplasman fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Denklemin sağ tarafında yeralan  $M_{ei}$  terimi  $i$  bölgesinde ve herhangi bir  $x$  yüksekliğinden daha yukarıda kalan dış yüklerden doğan moment değeridir. Statik analiz için,  $P$  perde tepesinde yatay tekil yük,  $W$  uniform yayılı yük ve  $Q$  üçgen yayılı yük şiddeti olmak üzere, bu moment değeri

$$M_{ei} = P(H-x) + \frac{W(H-x)^2}{2} + \frac{Q(H-x)^2(2H+x)}{6H} \quad (12)$$

şeklinde tanımlıdır.

## 2.2. Uygunluk Denklemi

Her iki açıklıkta ayrı ayrı olmak üzere, bağlantı kirişlerinin orta noktasında uygunluk denklemleri yazılıp gerekli düzenlemeler yapılırsa

$$\begin{aligned} L_j \frac{dy_i}{dx} - \frac{h_i a_j^3}{12EI_{c_{ji}}} q_{ji} & - \frac{1}{E} \sum_{t=i+1}^n \left[ \left\{ \frac{1}{A_j} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{j,t} - T_{j-1,t}) dx + \left\{ \frac{1}{A_{j+1}} \right\} \int_{x_{t+1}}^{x_t} (T_{j,t} - T_{j+1,t}) dx \right] \\ & - \frac{1}{E} \left[ \left\{ \frac{1}{A_j} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{j,i} - T_{j-1,i}) dx + \left\{ \frac{1}{A_{j+1}} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{j,i} - T_{j+1,i}) dx \right] - \delta_{r_j} = 0 \end{aligned} \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (13)$$

şeklinde birim boydaki kesme kuvveti fonksiyonlarına bağlı ikinci mertebeden homojen olmayan bir lineer diferansiyel denklem sistemi elde edilir. Burada  $j$ , boşlukların ve

boşluklar arasında kalan duvarların numaralarını ifade eden bir değişkendir. Ayrıca,  $a_j$ ,  $A_j$  ve  $\delta_{f_j}$  sırasıyla,  $j$  numaralı boşluk genişliği,  $j$  numaralı duvar enkesit alanı ve  $j$ 'yinci boşluğun iki yanındaki temellerin bağlı düşey yerdeğiştirmesidir. Bu denklemdaki terimler kiriş ortasında, sırasıyla, duvarların eğilmelerinden, moment sıfır noktasındaki kesme kuvvetlerinin doğurduğu eğilmelerden, kiriş-duvar bağlantılarının bağlı dönmelerinden, duvarların eksenel boy değişimlerinden ve temel hareketinden doğan bağlı düşey yerdeğiştirmeleri gösterirler. Denklemlerin  $x$ 'e göre türevi alınarak (2) ve (11) numaralı bağlantılar kullanılır ve gerekli düzenlemeler yapırsa:

$$\frac{d^2 T_{1j}}{dx^2} - \alpha_{11}^2 T_{1j} - \alpha_{12}^2 T_{2i} = -\beta_{1i}^2 M_{ei} \quad (14)$$

$$\frac{d^2 T_{2i}}{dx^2} - \alpha_{21}^2 T_{1j} - \alpha_{22}^2 T_{2i} = -\beta_{2i}^2 M_{ei}$$

denklemleri elde edilir. Burada

$$\beta_{1i}^2 = \frac{1}{\left[ \frac{h_i I a_1^3}{12 L_1 I_{c1i}} \right]}, \quad \beta_{2i}^2 = \frac{1}{\left[ \frac{h_i I a_2^3}{12 L_2 I_{c2i}} \right]} \quad (15)$$

ve

$$\begin{aligned} \alpha_{11}^2 &= \beta_{1i}^2 \left[ L_1 + \frac{I}{L_1} \left( \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) \right] & \alpha_{12}^2 &= \beta_{1i}^2 \left( L_2 - \frac{I}{L_1} \frac{1}{A_2} \right) \\ \alpha_{22}^2 &= \beta_{2i}^2 \left[ L_2 + \frac{I}{L_2} \left( \frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} \right) \right] & \alpha_{21}^2 &= \beta_{2i}^2 \left( L_1 - \frac{I}{L_2} \frac{1}{A_2} \right) \end{aligned} \quad (16)$$

tanımları geçerlidir. İkinci dereceden iki bilinmeyenli bir diferansiyel denklem takımı olan (14), yerine koyma yöntemiyle çözümlenerek  $T_{1j}$  ve  $T_{2i}$  perde eksenel kuvvet bileşenleri

$$\begin{aligned} T_{1j} &= D_{1i} \sinh(\mu_{1j} x) + D_{2i} \cosh(\mu_{1j} x) + D_{3i} \sinh(\mu_{2i} x) + D_{4i} \cosh(\mu_{2i} x) \\ &+ \frac{K_{3i}}{K_{2i}} \left[ M_{ei} + \frac{K_{1i}}{K_{2i}} M''_{ei} \right] - \frac{1}{K_{2i}} M''_{ei} \beta_{1i}^2 \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned}
T_{2i} = & \frac{(\mu_{1i}^2 - \alpha_{11}^2)}{\alpha_{12}^2} [D_{1i} \text{Sinh}(\mu_{1i}x) + D_{2i} \text{Cosh}(\mu_{1i}x)] \\
& + \frac{(\mu_{2i}^2 - \alpha_{11}^2)}{\alpha_{12}^2} [D_{3i} \text{Sinh}(\mu_{2i}x) + D_{4i} \text{Cosh}(\mu_{2i}x)] \\
& + \frac{1}{\alpha_{12}^2} \left[ \frac{K_{3i}}{K_{2i}} \left( M''_{ei} \left( 1 - \frac{K_{1i}}{K_{2i}} \alpha_{11}^2 \right) - \alpha_{11}^2 M_{ei} \right) + \left( \frac{\alpha_{11}^2}{K_{2i}} M''_{ei} + M_{ei} \right) \beta_{li}^2 \right] \quad (18)
\end{aligned}$$

olarak elde edilir. Burada

$$\begin{aligned}
K_{1i} &= \alpha_{11}^2 + \alpha_{22}^2 & \mu_{1i} &= \sqrt{\frac{K_{1i} + \sqrt{K_{1i}^2 - 4K_{2i}}}{2}} \\
K_{2i} &= \alpha_{11}^2 \alpha_{22}^2 - \alpha_{21}^2 \alpha_{12}^2 & & \\
K_{3i} &= \alpha_{22}^2 \beta_{li}^2 - \alpha_{12}^2 \beta_{2i}^2 & \mu_{2i} &= \sqrt{\frac{K_{1i} - \sqrt{K_{1i}^2 - 4K_{2i}}}{2}}
\end{aligned} \quad (19)$$

tanımları geçerlidir. (17-18) ifadelerindeki  $4n$  adet  $D_{1i}$ ,  $D_{2i}$ ,  $D_{3i}$  ve  $D_{4i}$  integrasyon sabitinin bulunması için tepe noktasında düşey kuvvetlerin dengesinden, perde tabanı ve bölge birleşim yerlerinde perde eğimlerinin ve yanal yerdeğıştirmelerin sürekliliğinden sınır şartları yazılır. Perdenin rijit bir temele oturması nedeniyle, bu amaçla düşünölen temel hareketlerinden doğan bağıl düşey yerdeğıştirme ve dönme ifadeleri

$$\delta_{f_1} = 0, \quad \delta_{f_2} = 0, \quad \left. \frac{dy_n}{dx} \right|_{x=0} = 0 \quad (20)$$

şeklinde dir.

Duvarların yatay yerdeğıştirmesi (11) numaralı denklemin  $x$ 'e göre iki kez integre edilmesiyle aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$y_i = \frac{1}{EI} \int \left[ \int (M_{ei} - T_{1i}L_1 - T_{2i}L_2) dx \right] dx + H_i x_i + G_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (21)$$

Bu ifade her bölge için yazıldığında  $n$  adet  $y_i$  fonksiyonu ve toplam  $2n$  adet  $H_i$  ve  $G_i$  bilinmeyen integrasyon sabiti elde edilir. Bu sabitler perde tabanında dönme ve yatay yerdeğıştirme şartları

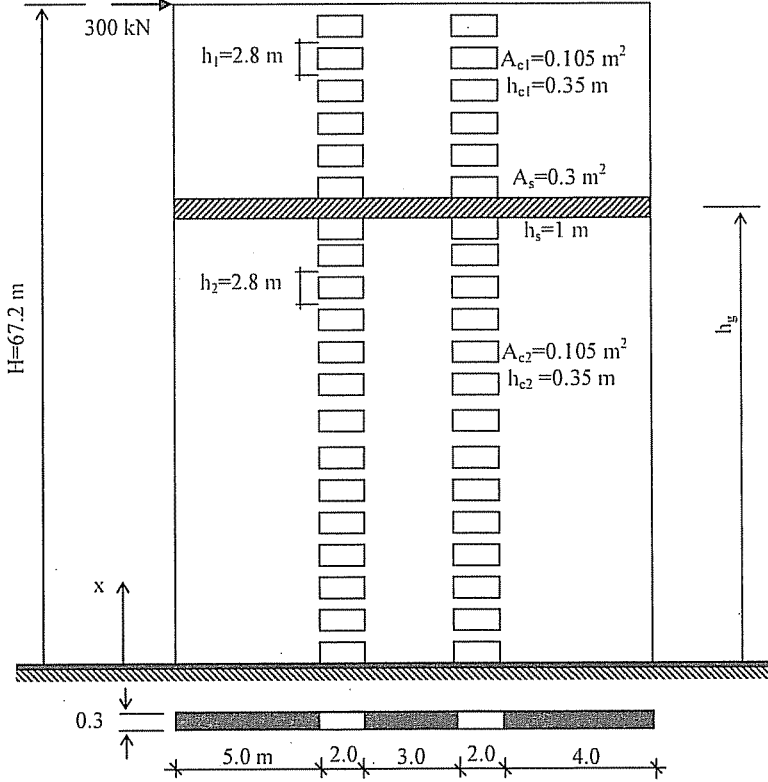
$$y_n \Big|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{dy_n}{dx} \right|_{x=0} = 0 \quad (22)$$

ile bölge birleşme noktalarında yazılan sınır şartları kullanılarak elde edilir.



### 3. SAYISAL UYGULAMA

Yanal yük etkisindeki iki sıra boşluklu perdelerde güçlendirici kiriş konumunun toplam perde eğilme momentine etkisini incelemek amacıyla Şekil 4'teki örnek hazırlanmıştır. Rijit temele oturan 24. katlı perdede tek güçlendirici kiriş, ilk kattan itibaren her kat seviyesinde ayrı ayrı uygulanarak toplam perde taban momenti ve toplam güçlendirici kiriş üstü momenti değişimleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar çizelge ve grafiklerle sunulmuştur.



Şekil 4. Örneğe ait iki sıra boşluklu perde ve en kesiti

Bu örnekte, toplam yüksekliği 67.2 m, kat yüksekliği 2.8 m, kalınlığı 0.3 m, boşluk genişlikleri 2 m, bağlantı ve güçlendirici kiriş yükseklikleri, sırasıyla, 0.35 m ve 1.00 m, Poisson oranı 0.3 ve elastisite modülü  $2 \times 10^7$  kN/m<sup>2</sup> olan perdeye tepesinden yatay olarak 300 kN'luk tekil kuvvet etki etmektedir.

Analiz sonucu elde edilen örneğe ait toplam perde taban momenti değerleri Çizelge 1'de ve toplam güçlendirici kiriş üstü momenti değerleri Çizelge 2'de oransal farkları ile birlikte sunulmuştur. Ayrıca, güçlendirici kiriş konumundan dolayı bu değerlerde oluşan değişimi göstermek amacıyla Şekil 5'teki grafikler hazırlanmıştır.

Boşluklu perde örneği SAP2000 ve ANSYS programları ile eşdeğer çerçeve yöntemine göre modellenirken duvarlar ve bağlantı kirişleri atalet momenti ve malzeme

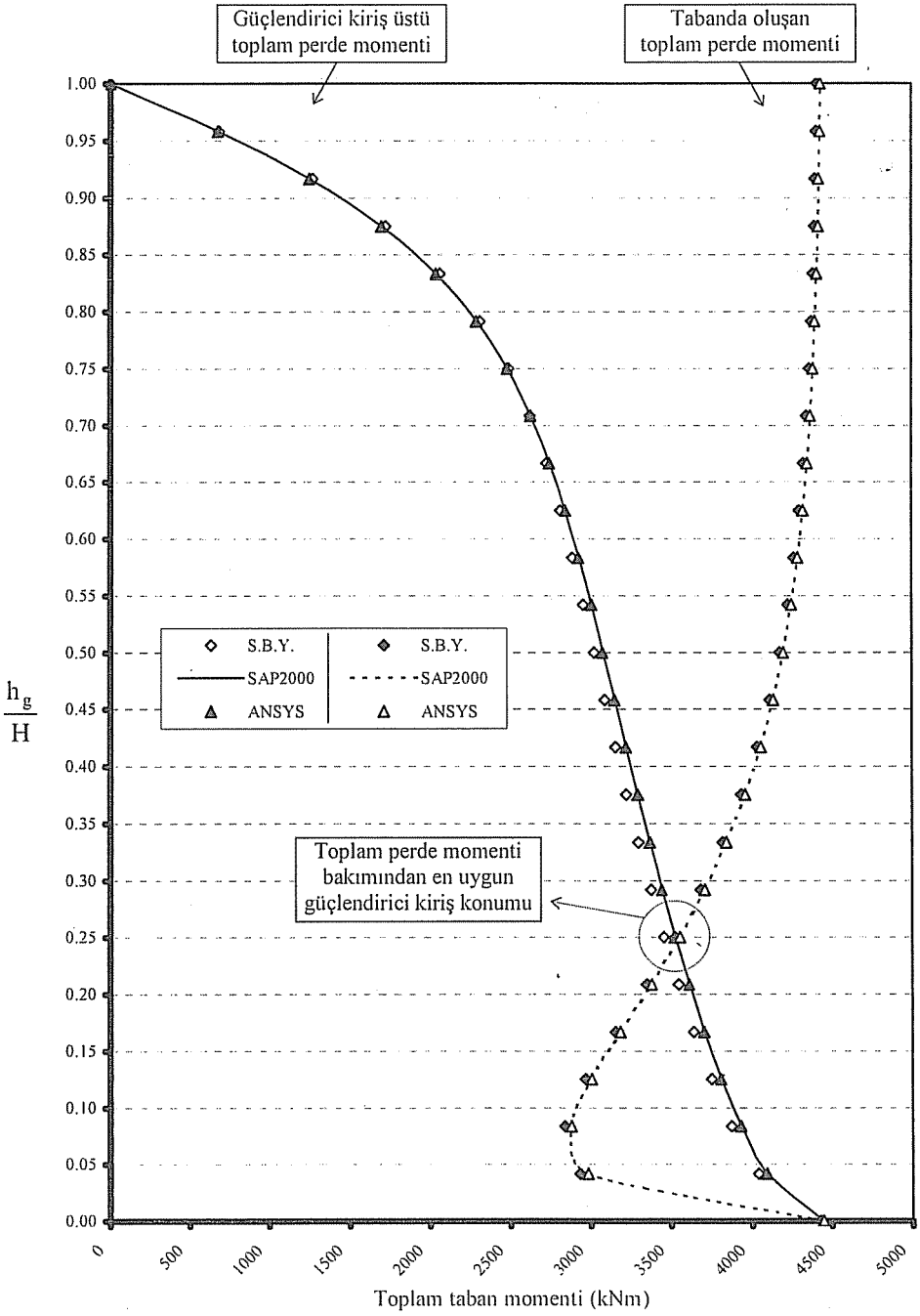
özellikleri bilinen birer çubuk eleman olarak ele alınmıştır. Duvar eksenleri ve bağlantı kirişlerinin uçları arasında kalan bölgelerde ise eğilme rijitliği yüksek olan çubuk elemanlar kullanılmıştır (Geniş kolon modeli).

**Çizelge 1.** Elde edilen toplam perde taban momenti değerlerinin karşılaştırılması

| Kat no   | $\frac{h_g}{H}$ | S.B.Y.                                      | SAP2000            |                  | ANSYS              |                  |
|----------|-----------------|---|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
|          |                 | Toplam taban momenti ( $\Sigma M_t$ ) (kNm) | $\Sigma M_t$ (kNm) | % fark (SBY ile) | $\Sigma M_t$ (kNm) | % fark (SBY ile) |
| 0        | 0.000           | 4428  | 4449               | 0.472            | 4447               | 0.437            |
| 2        | 0.083           | 2840  | 2880               | 1.389            | 2881               | 1.435            |
| 4        | 0.167           | 3154  | 3184               | 0.927            | 3186               | 0.980            |
| <b>6</b> | <b>0.250</b>    | <b>3525</b>                                 | <b>3551</b>        | <b>0.719</b>     | <b>3552</b>        | <b>0.750</b>     |
| 8        | 0.333           | 3822  | 3845               | 0.588            | 3846               | 0.613            |
| 10       | 0.417           | 4034  | 4057               | 0.557            | 4058               | 0.588            |
| 12       | 0.500           | 4177  | 4199               | 0.521            | 4200               | 0.548            |
| 14       | 0.583           | 4270  | 4292               | 0.502            | 4292               | 0.517            |
| 16       | 0.667           | 4329  | 4352               | 0.517            | 4352               | 0.527            |
| 18       | 0.750           | 4366  | 4389               | 0.524            | 4389               | 0.525            |
| 20       | 0.833           | 4389  | 4412               | 0.526            | 4412               | 0.525            |
| 22       | 0.917           | 4403  | 4426               | 0.530            | 4426               | 0.523            |
| 24       | 1.000           | 4411  | 4435               | 0.534            | 4435               | 0.528            |

**Çizelge 2.** Elde edilen güçlendirici kiriş üstü toplam perde momenti değerlerinin karşılaştırılması

| Kat no   | $\frac{h_g}{H}$ | S.B.Y.   | SAP2000            |                  | ANSYS              |                  |
|----------|-----------------|--|--------------------|------------------|--------------------|------------------|
|          |                 | Güçlendirici kiriş üstü momenti ( $\Sigma M_g$ ) (kNm) | $\Sigma M_g$ (kNm) | % fark (SBY ile) | $\Sigma M_g$ (kNm) | % fark (SBY ile) |
| 0        | 0.000           | 4428   | 4449               | 0.472            | 4444               | 0.360            |
| 2        | 0.083           | 3875   | 3935               | 1.521            | 3931               | 1.422            |
| 4        | 0.167           | 3641   | 3709               | 1.827            | 3705               | 1.730            |
| <b>6</b> | <b>0.250</b>    | <b>3455</b>  | <b>3526</b>        | <b>2.023</b>     | <b>3522</b>        | <b>1.903</b>     |
| 8        | 0.333           | 3297   | 3368               | 2.113            | 3365               | 2.028            |
| 10       | 0.417           | 3157   | 3224               | 2.070            | 3221               | 1.993            |
| 12       | 0.500           | 3026   | 3083               | 1.855            | 3080               | 1.749            |
| 14       | 0.583           | 2892   | 2934               | 1.412            | 2931               | 1.321            |
| 16       | 0.667           | 2732   | 2751               | 0.694            | 2748               | 0.585            |
| 18       | 0.750           | 2493   | 2487               | 0.264            | 2484               | 0.382            |
| 20       | 0.833           | 2066   | 2042               | 1.163            | 2040               | 1.282            |
| 22       | 0.917           | 1268   | 1253               | 1.239            | 1251               | 1.397            |
| 24       | 1.000           | 0  | 0                  | 0.000            | 0                  | 0.000            |



Şekil 5. Elde edilen toplam perde eğilme momenti değerlerinin karşılaştırılması

#### 4. SONUÇLAR

İncelenen örnekte tek güçlendirici kiriş, 24 katlı perdede ilk kattan itibaren her kat seviyesinde ayrı ayrı uygulanarak toplam perde taban momenti ve güçlendirici kiriş üstü toplam perde momenti değişimleri incelenmiştir. Örnek perde için yapılan analiz sonuçları düşünüldüğünde, tek güçlendirici kiriş, eğrilerin kesişim noktası olan perde toplam yüksekliğinin %25'inde iken, toplam perde momentinin tasarım açısından en uygun değerde olduğu görülmektedir. Güçlendirici kirişe sahip boşluklu perdelerde, kiriş konumunun uygun seçilmesi ile perdede oluşan iç kuvvet değerleri önemli ölçüde azaltılabilmektedir.

Elde edilen sonuçların yakınlığı açısından, sürekli bağlantı ve eşdeğer çerçeve yöntemleri, çok küçük bir farkla, benzer sonuçlar vermektedir.

Bu çalışmada önerilen yöntem iki bakımdan büyük kolaylık sağlamaktadır. Birincisi, çubuk elemanlar olarak hesap yapan diğer yöntemlere göre data hazırlamasının çok daha kolay olmasıdır. Ayrıca, değişik olasılıkları denemek için perdede bazı değişiklikler yapılması gerektiğinde yeni data hazırlanırken eskisinde bazı küçük değişiklikler yapılmasının yeterli olması da büyük kolaylık sağlamaktadır. İkinci kolaylık ise, burada verilen yöntemle yapılan çözüm süresinin diğer yöntemlere göre daha kısa olmasıdır. Bu iki kolaylık gözönüne alındığında kolayca görülebilir ki, bu yöntem öntasarım amacı ile çok etkin bir şekilde kullanılabilir. Perdenin özellikleri ve güçlendirici kirişlerin yerleri saptanırken, çok fazla sayıda olasılık kısa bir süre içerisinde denenerek, sistem seçimi aşaması etkin bir şekilde ve kısa bir sürede tamamlanır. Daha sonra yapılan kesin çözümde daha doğru sonuçlar veren bir yöntem uygulanabilir.

#### 5. SEMBOLLER

- $a_j$  : j numaralı boşluk genişliği,
- $A_j$  : j numaralı duvarın en kesit alanı,
- $b_j$  : j numaralı duvar genişliği,
- $E$  : elastisite modülü,
- $h_i$  : i bölgesindeki kat yüksekliği,
- $I_{s_i}$  :  $x_i$  yükseklikteki güçlendirici kirişin atalet momenti,
- $I_{c_{ji}}$  : i bölgesinin j numaralı boşluğundaki bağlantı kirişi atalet momenti,
- $I$  : duvarların atalet momentleri toplamı,
- $i$  : bölgelerin ve bölgeler arası sınırların numaraları,
- $j$  : açıklık (boşluk) ve duvar numaraları,
- $L_j$  : i bölgesinde j ve (j+1) numaralı duvar eksenleri arasındaki uzaklık,
- $M_{ei}$  : daha üstte kalan yükün x yüksekliğine göre momenti,
- $N_{ji}$  : i bölgesinde j numaralı duvarda oluşan eksenel kuvvet
- $n$  : düşey doğrultuda bölge sayısı,
- $q_{ji}$  : i bölgesinde j numaralı açıklıktaki kesme kuvveti akış fonksiyonu,
- $T_{ji}$  : i bölgesinin j numaralı boşluğundaki kesme kuvvetlerinin perde tepesinden itibaren toplamı,

- $V_{ji}$  :  $x_i$  yükseklikteki güçlendirici kirişin  $j$  açıklığındaki kesme kuvveti,  
 $x_i$  :  $i$  bölgesinin üst noktasının yüksekliği,  
 $y_i$  :  $i$  bölgesinde yatay yerdeğiştirme fonksiyonu,  
 $\delta_{ij}$  :  $j$  ve  $j+1$ 'inci duvar tabanları arasındaki bağıl düşey yerdeğiştirme,

## 5. KAYNAKLAR

1. Rosman,R., "Approximate Analysis of Shear Walls Subject to Lateral Loads", *Journal of the American Concrete Institute*, 61(6), s.717-732, 1964.
2. Coull,A. ve Subedi,N.K., "Coupled Shear Walls with Two and Three Bands of Openings", *Building Science*, Pergamon Press, 7, s.81-86, Great Britain, 1972.
3. Coull,A. ve Bensmail,L., "Stiffened Coupled Shear Walls", *Journal of Structural Engineering*, 117(8), s.2205-2223, 1991.
4. Aksogan,O., Türker,H.T. ve Oskouei,A.V., "Stiffening of Coupled Shear Walls at Arbitrary Number of Heights", *Advances in Civil Engineering, First Technical Congress*, 2, s.780-787, North Cyprus, 1993.
5. Emsen,E., "Elastik Temele Oturan Güçlendirici Kirişli İki Sıra Boşluklu Deprem Perdelerinin Serbest Titreşim Analizi", *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 163 s., Adana, 2002.
6. Wilson,E.L., "SAP2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures", *Computers and Structures, Inc.*, 1-2, 1997.
7. ANSYS Inc., "ANSYS Structural Reference Manuals", [www.ansys.com](http://www.ansys.com), 2005.



## KİRİŞ-DUVAR BAĞLANTILARI ESNEK OLAN İKİ SIRA BOŞLUKLU PERDELERİN STATİK ANALİZİ

**Engin EMSEN**

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

**Halil GÖRGÜN**

*D.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır/Türkiye*

**Orhan AKSOĞAN**

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

**ÖZET :** *Bu çalışmada, kiriş-duvar bağlantıları esnek olan iki sıra boşluklu perdelerin analizi ele alınmıştır. Çalışmada önerilen yöntemin dayandığı temel ilke, Sürekli Bağlantı Yöntemi (SBY) olup, bu tekniğe göre boşluklu perdeler, birleşik perdeler gibi gözönüne alınarak bağlantı kirişi adı verilen kat kirişleri perde yüksekliğince eşdeğer rijitlikte sürekli yayılı kirişlerle gösterilir (1). SBY'de temel diferansiyel denklemler, her iki açıklıkta bağlantı kirişlerinin orta noktasındaki düşey yerdeğiştirmeler için yazılan uygunluk denklemleridir. Perdenin kiriş-duvar birleşimlerinde bulunan esnek bağlantının da bu denklemlere katkısı vardır. Çalışmanın sonunda ele alınan birinci örnekte, bağlantı rijitliği değişiminin perde tepesi maksimum yerdeğiştirmesi ve toplam perde taban momentine etkisi, ikinci örnekte ise, perde yüksekliği boyunca üç bölgede farklı bağlantı rijitliği durumu incelenmiştir. Bütün sonuçlar, önce FORTRAN dilinde hazırlanan bilgisayar programı kullanılarak, daha sonra da SAP2000 (4) ve ANSYS (5) yapı analizi programları ile elde edilmiş ve çizelge ve grafiklerle karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.*

## STATIC ANALYSIS OF TWO-BAY COUPLED SHEAR WALLS WITH FLEXIBLE BEAM-WALL CONNECTIONS

**ABSTRACT :** *In this study, the static analysis of two-bay coupled shear walls with flexible beam-wall connections is considered. The method proposed in this study is based on the principle of Continuous Connection Method (CCM). According to this technique, coupled shear walls are considered as connected shear walls and the beams at story levels, called connecting beams, are modeled as continuously distributed lamellas of equivalent stiffness (1). The governing differential equations, in the CCM, are the compatibility equations written for the vertical displacements at the midpoints of the two bays. There is a contribution pertaining to the elastic beam-wall connections in these equations. At the end of the study, the first example investigates the effect of the connection rigidity on the maximum top displacement and the total bottom moment, and the second example considers the case of different connection rigidities in three regions along the height. All results have been carried out, first using the FORTRAN program prepared, and then with the SAP2000 (4) and ANSYS (5) structural analysis programs and are presented comparatively via tables and graphs.*

### 1. GİRİŞ

Yaşanan hızlı nüfus artışı nedeniyle, insanlar varolan yerleşim sahalarını daha ekonomik şekilde değerlendirmek için çok katlı binalar yapmak istemişlerdir. Ortaya çıkan bu ihtiyacı karşılamak için yapı mühendisleri yüksek binalar tasarlamaktadırlar. Fakat yüksek binalar, kat sayısının artmasına bağlı olarak, rüzgar ve deprem gibi yatay kuvvetlerin oluşturduğu eğilme momentleriyle aşırı zorlanmalara maruz kalmaktadırlar. Ayrıca, bina tepesindeki yatay yerdeğiştirmeler kabul edilemeyecek düzeylere çıkmaktadır. Bu sorunun çözümü için deprem perdeleri olarak adlandırılan, eğilme rijitliği yüksek yapı elemanları kullanılmaktadır. Bu perdeler birer konsol kiriş gibi çalışırlar ve hesapları kolaydır. Ancak, içlerinde pencere, kapı ve koridorlarla boşluklar olduğu zaman yüksek dereceden hiperstatik oldukları için hesapları güçleşmektedir. Bu boşluklu perdelerin hesap işlemlerini basitleştirmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Yatay yükler etkisindeki boşluklu perdelerin analizi için yaygın olarak kullanılan bir yöntem Sürekli Bağlantı Yöntemi (SBY)'dir. Bu yöntemde, boşluklu perdeler birleşik perdeler gibi gözönüne alınarak bağlantı kirişi adı verilen kat kirişleri ve döşemeler bina yüksekliği boyunca eşdeğer rijitlikteki sürekli yayılı kirişler olarak gösterilir ve bu elemanlarda oluşan kesme kuvvetleri sürekli dağıtılmış reaksiyonlar olarak modellenir (1).

Sürekli bağlantı yönteminde yapılan en önemli kabul bağlantı kirişlerini ve güçlendirici kirişleri eksenleri doğrultusunda rijit olarak ele almaktır. Bu kabule dayanarak perdenin herhangi bir seviyesindeki yatay yerdeğiştirmeler aynı değerde olacaktır. Bu durumun kat döşemeleri için yaygın olarak kullanılan rijit diyafram modeliyle de uyum içinde olduğu bilinen bir gerçektir.

Sürekli bağlantı yönteminde temel diferansiyel denklemler, her iki açıklıkta bağlantı kirişlerinin orta noktasındaki düşey yerdeğiştirmeler için yazılan uygunluk denklemleridir (2). Elde edilen ikinci mertebeden lineer diferansiyel denklem takımı için, perdelerin tabanında ve tepesinde sınır şartları ve güçlendirici kirişlerde süreklilik

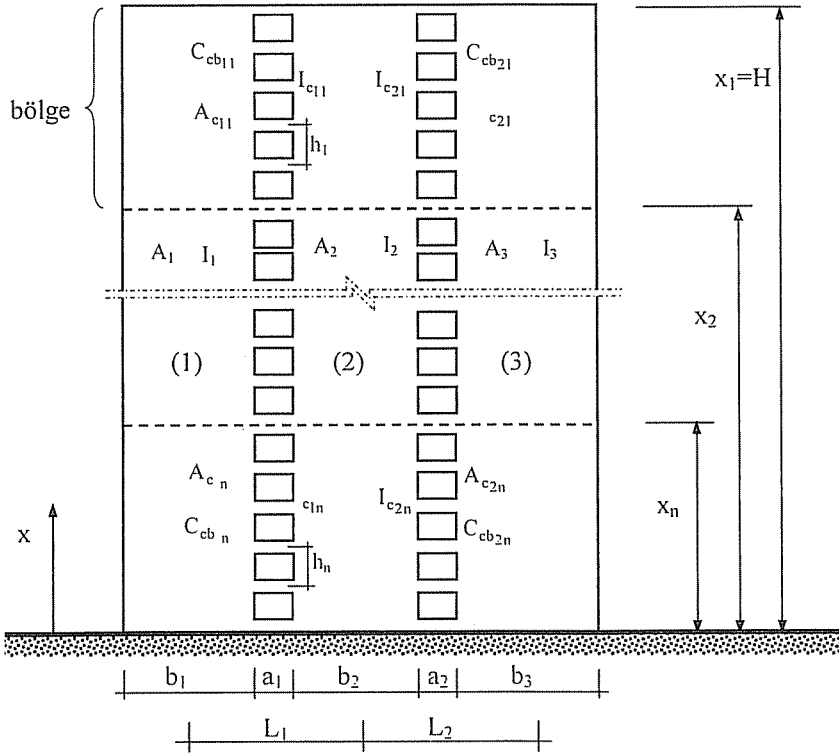


şartları yazılarak çözüm yapılır. Analiz sonucunda perde duvarlardaki eksenel kuvvet fonksiyonları bulunur. Problemin ikinci aşamasında ise her bölge için perdelerde moment-eğrilik ilişkisi kullanılarak yatay yerdeğiştirme fonksiyonu bulunur. Boşluklu perde problemi, SBY sayesinde iki boyutludan tek boyutlu probleme indirgenir.

Bu çalışmada, giriş-duvar bağlantıları esnek olan iki açıklıklı simetrik olmayan boşluklu perdelerin statik analizi ele alınmıştır (3). Çalışma sonunda, önerilen yöntemle hazırlanan bilgisayar programı ile bulunan çözümler SAP2000 (4) ve ANSYS (5) yapı analizi programlarıyla bulunanlarla karşılaştırılarak sonuçlar çizelge ve grafiklerle sunulmuştur.

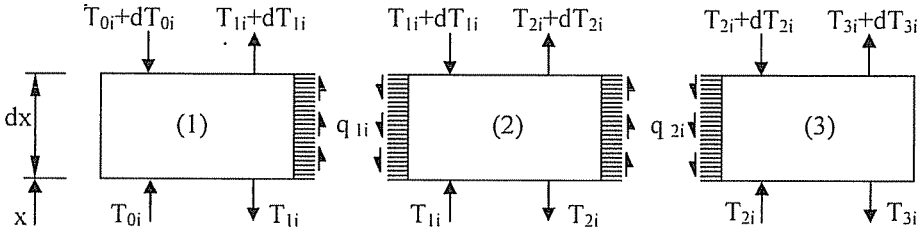
## 2. İKİ SIRA BOŞLUKLU PERDE ANALİZİ

Bu çalışmada, iki sıra boşluklu perdeyi oluşturan komşu iki boşluk sırası arasındaki her bir düşey eksenli betonarme taşıyıcı, “duvar” olarak adlandırılmıştır. Ayrıca, perdede aynı geometrik ve malzeme özelliğine sahip kat grubu da “bölge” olarak tanımlıdır. Yatay yüklere karşı etkili bir dayanım gösteren deprem perdelerinin çok katlı yapılarda yaygın bir şekilde tercih edilmesi ile birlikte, mimari nedenlerle bırakılan boşlukların sıra sayısında da artış olmuştur (6) (Şekil 1).



Şekil 1. İki sıra boşluklu perde

Sürekli bağlantı ortamına çevrilen iki sıra boşluklu perdelerde, her iki boşluk için sağ ve sol duvarlarda birim boyda oluşan kesme kuvvetleri ile bu kesme kuvvetlerinin duvar ekseninde oluşturduğu kuvvetler ayrı ayrı ifade edilip,  $i$  numaralı bölgede,  $dx$  uzunluğunda ve sonsuz küçük boyda bir parça alınarak, bu parça üzerine etkiyen düşey yöndeki kuvvetler Şekil 2’de gösterilmiştir. Burada,



Şekil 2. Düşey yöndeki kuvvetlerin dengesi

$$q_{0i} = q_{3i} = T_{0i} = T_{3i} = 0 \quad (1)$$

bağıntısı geçerli olmak üzere, kuvvetlerin düşey yöndeki dengesi yazılırsa,  $i$  numaralı bölge için  $T_{1i}$ ,  $T_{2i}$  duvarlardaki eksenel kuvvet bileşenleri ve  $q_{1i}$ ,  $q_{2i}$  sürekli bağlantı ortamlarındaki kesme kuvveti akış fonksiyonları arasında,

$$\frac{dT_{1i}}{dx} = -q_{1i} \quad \frac{dT_{2i}}{dx} = -q_{2i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

bağıntıları elde edilir. Bu çalışmada, dikkat edilmesi gereken bir nokta,  $i$  bölgesinde iki numaralı duvar üzerinde eksenel kuvvet yerine duvarın komşu boşluklarındaki kesme kuvvetlerinin tepeden itibaren toplamları olan  $T_{1i}$  ve  $T_{2i}$  fonksiyonlarının temel bilinmeyenler olarak ele alınıyor olmasıdır. Bunların arasındaki fark,  $i$  bölgesindeki iki numaralı duvarın eksenel kuvvetini

$$N_{2i} = T_{1i} - T_{2i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

şeklinde verir. Herhangi bir  $x$  yüksekliğinde kesilmiş iki sıra boşluklu bir perde için moment-eğrilik ilişkisi,

$$EI \frac{d^2 y_i}{dx^2} = M_{ei} - T_{1i} L_1 - T_{2i} L_2 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

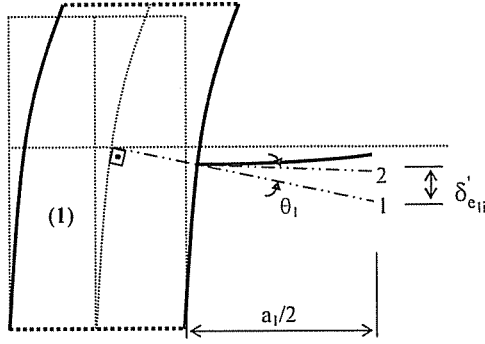
şeklinde ifade edilir. Burada,  $L_1$  ve  $L_2$  duvar eksenleri arasındaki mesafeler,  $y_i$  yanal deplasman fonksiyonu ve  $I$  perdelerin toplam atalet momenti olarak tanımlanmaktadır. Denklemin sağ tarafında yer alan  $M_{ei}$  terimi  $i$  bölgesinde ve herhangi bir  $x$  yüksekliğinden daha yukarıda kalan dış yüklerden doğan moment değeridir. Statik

analiz için, P perde tepesindeki yatay tekil kuvvetin şiddeti olmak üzere, bu moment değeri için

$$M_{ei} = P(H - x) \quad (5)$$

ifadesi geçerlidir.

Her iki açıklıkta ayrı ayrı olmak üzere, bağlantı kirişlerinin orta noktasında uygunluk denklemleri yazılırken, Şekil 3'te görülen durumda kiriş-duvar bağlantısı rijit olan perdeler için bağlantı kirişinin sol ucundaki teğetin 1 numaralı yerdeğiştirmeyi yapması beklenir. Oysa bağlantının esnek olduğu durumlarda teğetin yapacağı bağıl düşey yerdeğiştirme 2'deki gibi olacaktır.



**Şekil 3.** Bağlantı kirişlerinin esnek bağıl olması durumu

Buradaki esnek bağlantı, dönel yay davranışı ile ifade edilecektir. Birinci ve ikinci boşluklar için dönel yaydan dolayı oluşan bağıl düşey yerdeğiştirmeler

$$\delta'_{e_{li}} = -\theta_1 \times \frac{a_1}{2}, \quad \delta'_{e_{2i}} = -\theta_2 \times \frac{a_2}{2} \quad (6)$$

eşitlikleri ile bulunur. Dönel bir yaydaki dönme açısı

$$\theta = \frac{M}{C} \quad (7)$$

olup C dönel yay sabitidir. (7) eşitliğindeki  $\theta$  değeri (6) da yerlerine yazılırsa

$$\delta'_{e_{li}} = -\frac{M_1 a_1}{2C_{cb_{1i}}}, \quad \delta'_{e_{2i}} = -\frac{M_2 a_2}{2C_{cb_{2i}}} \quad (8)$$

ifadeleri elde edilir. Yukarıdaki denklemlerde  $M_1$  ve  $M_2$ , bir ve ikinci boşluklarda bağlantı kirişlerinin uçlarındaki momentler olup, her iki boşlukta moment sıfır noktasındaki düşey kuvvet cinsinden

$$M_1 = P_{1i} \frac{a_1}{2}, \quad M_2 = P_{2i} \frac{a_2}{2} \quad (9)$$

şeklinde elde edilir. Burada,  $P_{1i}$  ve  $P_{2i}$  kesme kuvvetleri olup

$$P_{1i} = q_{1i} h_i, \quad P_{2i} = q_{2i} h_i \quad (10)$$

şeklinde tanımlıdır. (9) ve (10) yardımıyla bir ve iki numaralı boşluklar için bulunan  $\delta'_{e_{1i}}$ ,  $\delta'_{e_{2i}}$  ifadeleri

$$\delta'_{e_{1i}} = -\frac{q_{1i} h_i a_1^2}{4C_{cb1i}}, \quad \delta'_{e_{2i}} = -\frac{q_{2i} h_i a_2^2}{4C_{cb2i}} \quad (11)$$

şeklinde elde edilir. Bağlantı kirişinin her iki ucu için bu denklemler düşünüldüğünde,

$$\delta_{e_{1i}} = \delta'_{e_{1i}} + \delta''_{e_{1i}} = -\frac{q_{1i} h_i a_1^2}{4C_{cb1i}} - \frac{q_{1i} h_i a_1^2}{4C_{cb1i}} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (12)$$

$$\delta_{e_{2i}} = \delta'_{e_{2i}} + \delta''_{e_{2i}} = -\frac{q_{2i} h_i a_2^2}{4C_{cb2i}} - \frac{q_{2i} h_i a_2^2}{4C_{cb2i}}$$

birinci ve ikinci boşluklar için esnek kiriş-duvar bağlantısından doğan bağıl düşey yerdeğiştirme ifadeleri elde edilir. Bu ifadeler düzenlenirse

$$\delta_{e_{1i}} = -\frac{q_{1i} h_i a_1^2}{2C_{cb1i}}, \quad \delta_{e_{2i}} = -\frac{q_{2i} h_i a_2^2}{2C_{cb2i}} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (13)$$

şeklinde basitleşir.

Bu ifadeler yardımcı ile her iki açıklıkta ayrı ayrı olmak üzere uygunluk denklemleri yazılıp gerekli düzenlemeler yapılırsa

$$\begin{aligned} L_j \frac{dy_i}{dx} - \frac{h_i a_j^3}{12EI_{c_{ji}}} q_{ji} - \frac{h_i a_j^2}{2C_{cb_{ji}}} q_{ji} \\ - \frac{1}{E} \sum_{i=i+1}^n \left[ \left\{ \frac{1}{A_j} \right\} \int_{x_{i+1}}^{x_i} (T_{j,i} - T_{j-1,i}) dx + \left\{ \frac{1}{A_{j+1}} \right\} \int_{x_{i+1}}^{x_i} (T_{j,i} - T_{j+1,i}) dx \right] \\ - \frac{1}{E} \left[ \left\{ \frac{1}{A_j} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{j,i} - T_{j-1,i}) dx + \left\{ \frac{1}{A_{j+1}} \right\} \int_{x_{i+1}}^x (T_{j,i} - T_{j+1,i}) dx \right] - \delta_{f_j} = 0 \end{aligned} \quad (j=1, 2, \quad i=1, 2, \dots, n) \quad (14)$$

şeklinde birim boydaki kesme kuvveti fonksiyonlarına bağlı ikinci mertebeden homojen olmayan bir lineer diferansiyel denklem sistemi elde edilir. Burada  $j$ , boşlukların ve boşluklar arasında kalan duvarların numaralarını ifade eden bir değişkendir. Ayrıca,  $a_j$ ,  $C_{cbij}$ ,  $A_j$  ve  $\delta_{ij}$ , sırasıyla,  $j$  numaralı boşluk genişliği,  $i$ 'yinci bölgenin  $j$ 'yinci boşluğundaki giriş-duvar bağlantı rijitliği,  $j$  numaralı duvar enkesit alanı ve  $j$ 'yinci boşluğun iki yanındaki temellerin bağlı düşey yerdeğiştirmesidir. Bu denklemdeki terimler giriş ortasında, sırasıyla, perdelerin eğilmelerinden, moment sıfır noktasındaki kesme kuvvetlerinin doğurduğu eğilmelerden, giriş-duvar bağlantılarının bağlı dönmelerinden, duvarların aksenal boy değişimlerinden ve temelin elastikliğinden doğan bağlı düşey yerdeğiştirmeleri gösterirler. Denklemlerin  $x$ 'e göre türevi alınarak (2) ve (4) numaralı bağıntılar kullanılır ve gerekli düzenlemeler yapılırsa:

$$\frac{d^2 T_{li}}{dx^2} - \alpha_{11}^2 T_{li} - \alpha_{12}^2 T_{2i} = -\beta_{li}^2 M_{ei} \tag{15}$$

$$\frac{d^2 T_{2i}}{dx^2} - \alpha_{21}^2 T_{li} - \alpha_{22}^2 T_{2i} = -\beta_{2i}^2 M_{ei}$$

denklemleri elde edilir. Burada

$$\beta_{li}^2 = \frac{1}{\left[ \frac{h_i I a_1^3}{12 L_1 I_{c1i}} + \frac{h_i E I a_1^2}{2 L_1 C_{cb1i}} \right]} \quad \beta_{2i}^2 = \frac{1}{\left[ \frac{h_i I a_2^3}{12 L_2 I_{c2i}} + \frac{h_i E I a_2^2}{2 L_2 C_{cb2i}} \right]} \tag{16}$$

ve

$$\alpha_{11}^2 = \beta_{li}^2 \left[ L_1 + \frac{I}{L_1} \left( \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) \right] \quad \alpha_{12}^2 = \beta_{li}^2 \left( L_2 - \frac{I}{L_1} \frac{1}{A_2} \right) \tag{17}$$

$$\alpha_{22}^2 = \beta_{2i}^2 \left[ L_2 + \frac{I}{L_2} \left( \frac{1}{A_2} + \frac{1}{A_3} \right) \right] \quad \alpha_{21}^2 = \beta_{2i}^2 \left( L_1 - \frac{I}{L_2} \frac{1}{A_2} \right)$$

tanımları geçerlidir. İkinci dereceden iki bilinmeyenli bir diferansiyel denklem takımı olan (15), yerine koyma yöntemiyle çözümlenerek  $T_{li}$  ve  $T_{2i}$  perde aksenal kuvvet bileşenleri

$$T_{li} = D_{li} \text{Sinh}(\mu_{li} x) + D_{2i} \text{Cosh}(\mu_{li} x) + D_{3i} \text{Sinh}(\mu_{2i} x) + D_{4i} \text{Cosh}(\mu_{2i} x) + \frac{K_{3i}}{K_{2i}} \left[ M_{ei} + \frac{K_{li}}{K_{2i}} M''_{ei} \right] - \frac{1}{K_{2i}} M''_{ei} \beta_{li}^2 \tag{18}$$

$$\begin{aligned}
T_{2i} = & \frac{(\mu_{1i}^2 - \alpha_{11}^2)}{\alpha_{12}^2} [D_{1i} \text{Sinh}(\mu_{1i}x) + D_{2i} \text{Cosh}(\mu_{1i}x)] \\
& + \frac{(\mu_{2i}^2 - \alpha_{11}^2)}{\alpha_{12}^2} [D_{3i} \text{Sinh}(\mu_{2i}x) + D_{4i} \text{Cosh}(\mu_{2i}x)] \\
& + \frac{1}{\alpha_{12}^2} \left[ \frac{K_{3i}}{K_{2i}} \left( M''_{ei} \left( 1 - \frac{K_{1i}}{K_{2i}} \alpha_{11}^2 \right) - \alpha_{11}^2 M_{ei} \right) + \left( \frac{\alpha_{11}^2}{K_{2i}} M''_{ei} + M_{ei} \right) \beta_{1i}^2 \right] \quad (19)
\end{aligned}$$

olarak elde edilir. Burada

$$\begin{aligned}
K_{1i} &= \alpha_{11}^2 + \alpha_{22}^2 & \mu_{1i} &= \sqrt{\frac{K_{1i} + \sqrt{K_{1i}^2 - 4K_{2i}}}{2}} \\
K_{2i} &= \alpha_{11}^2 \alpha_{22}^2 - \alpha_{21}^2 \alpha_{12}^2 & & \\
K_{3i} &= \alpha_{22}^2 \beta_{1i}^2 - \alpha_{12}^2 \beta_{2i}^2 & \mu_{2i} &= \sqrt{\frac{K_{1i} - \sqrt{K_{1i}^2 - 4K_{2i}}}{2}}
\end{aligned} \quad (20)$$

tanımları geçerlidir. (18-19) ifadelerindeki  $4n$  adet  $D_{1i}$ ,  $D_{2i}$ ,  $D_{3i}$  ve  $D_{4i}$  integrasyon sabitinin bulunması için tepe noktasında düşey kuvvetlerin dengesinden, perde tabanı ve bölge birleşim yerlerinde perde eğimlerinin ve yanal yerdeğiştirmelerin sürekliliğinden sınır şartları yazılır. Perdenin rijit bir temele oturması nedeniyle, bu amaçla düşünülen 1'inci ve 2'inci boşluk için bağıl düşey yerdeğiştirme

$$\delta_{f_1} = 0, \quad \delta_{f_2} = 0 \quad (21)$$

ve dönme ifadeleri,

$$\left. \frac{dy_n}{dx} \right|_{x=0} = 0 \quad (22)$$

şeklinde dir.

Duvarların yatay yerdeğiştirmesi (4) numaralı denklemin  $x$ 'e göre iki kez integre edilmesiyle aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$y_i = \frac{1}{EI} \left[ \int \int (M_{ei} - T_{1i}L_1 - T_{2i}L_2) dx \right] dx + H_i x_i + G_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (23)$$

Bu ifade her bölge için yazıldığında  $n$  adet  $y_i$  fonksiyonu ve toplam  $2n$  adet  $H_i$  ve  $G_i$  bilinmeyen integrasyon sabiti elde edilir. Bu sabitler perde tabanında dönme ve yatay yerdeğiştirme şartları

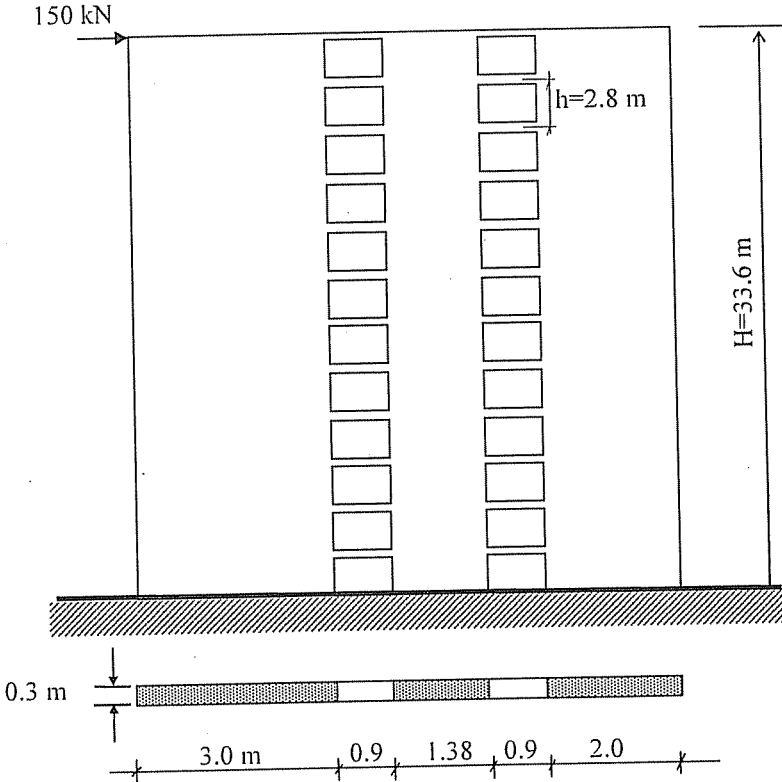
$$y_n \Big|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{dy_n}{dx} \right|_{x=0} = 0 \quad (24)$$

ile bölge birleşme noktalarında yazılan sınır şartları kullanılarak elde edilir.

### 3. SAYISAL UYGULAMA

Bu çalışmada hazırlanan bilgisayar programı, iki sıra boşluklu perdelerin bağlantı kirişlerinin duvarlarla birleştikleri yerlerdeki kiriş-duvar bağlantı esnekliklerini hesaba katacak şekilde hazırlanmıştır. Bu özelliğin daha iyi görülmesi amacıyla hazırlanan bu örnekte, değişik bağlantı esneklik durumları için farklı yöntemlerle analizler yapılarak elde edilen perde tepe noktası yanal yerdeğiştirme ve toplam perde taban momenti değerleri oransal farklarıyla birlikte Çizelge 1'de ve grafik olarak Şekil 5-6'da sunulmuştur.

Toplam yüksekliği 33.6 m, kalınlığı 0.30 m, kat yüksekliği 2.8 m, bağlantı kirişi yüksekliği 0.30 m ve elastisite modülü  $2.00 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$  olan perdenin tepesinde 150 kN'luk tekil kuvvet etki etmektedir (Şekil 4).

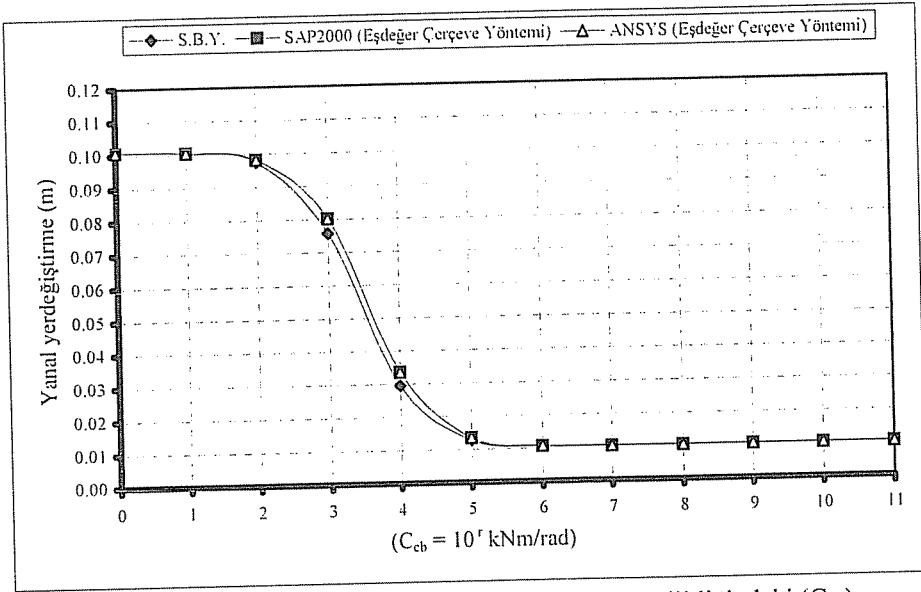


Şekil 4. Birinci örneğe ait iki sıra boşluklu perde ve en kesiti

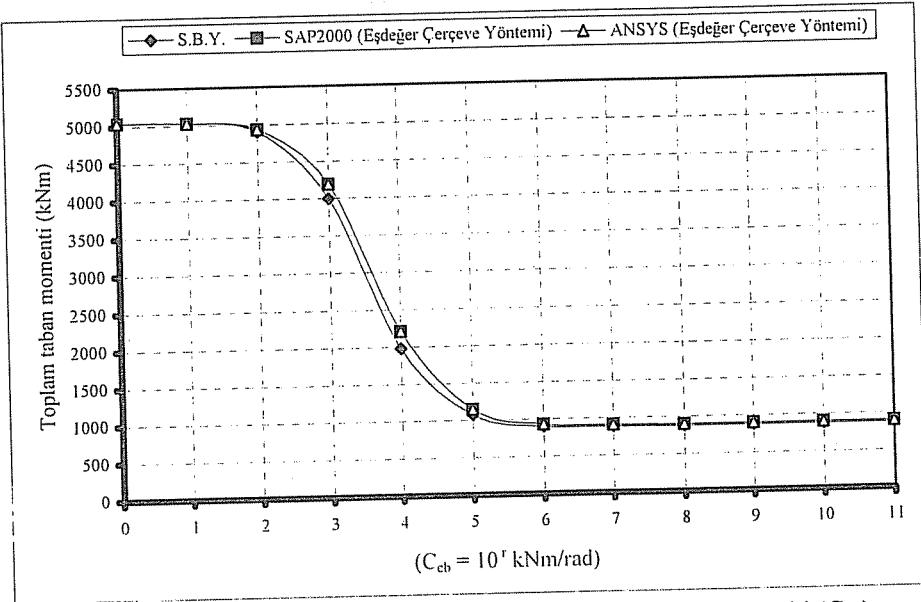
**Çizelge 1.** Bağlantı kirişi ile duvar arasındaki değişik bağlantı rijitlikleri ( $C_{cb}$ ) için elde edilen perde tepesi yanal yer değiştirmesi ve toplam perde taban momenti sonuçlarının karşılaştırılması

| $(C_{cb} = 10^r$<br>kNm/rad) | SBY                |                     |                   | SAP2000             |                     |                     |                   |                     | ANSYS               |                     |                   |                     |                     |                     |
|------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                              | Yanal<br>yerd. (m) | $\Sigma M$<br>(kNm) | Yan. yerd.<br>(m) | % fark<br>(SBY ile) | $\Sigma M$<br>(kNm) | % fark<br>(SBY ile) | Yan. yerd.<br>(m) | % fark<br>(SBY ile) | $\Sigma M$<br>(kNm) | % fark<br>(SBY ile) | Yan. yerd.<br>(m) | % fark<br>(SBY ile) | $\Sigma M$<br>(kNm) | % fark<br>(SBY ile) |
|                              |                    |                     |                   |                     |                     |                     |                   |                     |                     |                     |                   |                     |                     |                     |
| 0                            | 0.100776           | 5038.56             | 0.100784          | 0.008               | 5038.91             | 0.007               | 0.100780          | 0.004               | 5038.90             | 0.007               | 0.100780          | 0.004               | 5038.90             | 0.007               |
| 1                            | 0.100465           | 5025.60             | 0.100544          | 0.079               | 5029.07             | 0.069               | 0.100540          | 0.075               | 5029.10             | 0.070               | 0.100540          | 0.075               | 5029.10             | 0.070               |
| 2                            | 0.097471           | 4900.81             | 0.098212          | 0.754               | 4933.42             | 0.661               | 0.098212          | 0.754               | 4933.42             | 0.661               | 0.098212          | 0.754               | 4933.42             | 0.661               |
| 3                            | 0.075800           | 3993.59             | 0.080211          | 5.500               | 4192.41             | 4.742               | 0.080211          | 5.500               | 4192.40             | 4.742               | 0.080211          | 5.500               | 4192.40             | 4.742               |
| 4                            | 0.029427           | 1976.47             | 0.033634          | 10.507              | 2207.93             | 10.483              | 0.033634          | 10.507              | 2207.93             | 10.483              | 0.033634          | 10.507              | 2207.93             | 10.483              |
| 5                            | 0.012836           | 1075.28             | 0.013466          | 4.678               | 1151.40             | 6.611               | 0.013466          | 4.678               | 1151.40             | 6.611               | 0.013466          | 4.678               | 1151.40             | 6.611               |
| 6                            | 0.010663           | 904.487             | 0.010607          | 0.528               | 932.004             | 2.952               | 0.010607          | 0.528               | 932.000             | 2.952               | 0.010607          | 0.528               | 932.000             | 2.952               |
| 7                            | 0.010437           | 884.290             | 0.010304          | 1.291               | 905.053             | 2.294               | 0.010304          | 1.291               | 905.053             | 2.294               | 0.010304          | 1.291               | 905.053             | 2.294               |
| 8                            | 0.010414           | 882.226             | 0.010274          | 1.366               | 902.283             | 2.223               | 0.010274          | 1.366               | 902.283             | 2.223               | 0.010274          | 1.366               | 902.283             | 2.223               |
| 9                            | 0.010412           | 882.019             | 0.010271          | 1.373               | 902.005             | 2.216               | 0.010271          | 1.373               | 902.000             | 2.215               | 0.010271          | 1.373               | 902.000             | 2.215               |
| 10                           | 0.010412           | 881.999             | 0.010270          | 1.381               | 901.977             | 2.215               | 0.010270          | 1.381               | 901.977             | 2.215               | 0.010270          | 1.381               | 901.977             | 2.215               |
| Rijit bağlantı               | 0.010412           | 881.996             | 0.010270          | 1.381               | 901.974             | 2.215               | 0.010270          | 1.381               | 901.974             | 2.215               | 0.010270          | 1.381               | 901.974             | 2.215               |



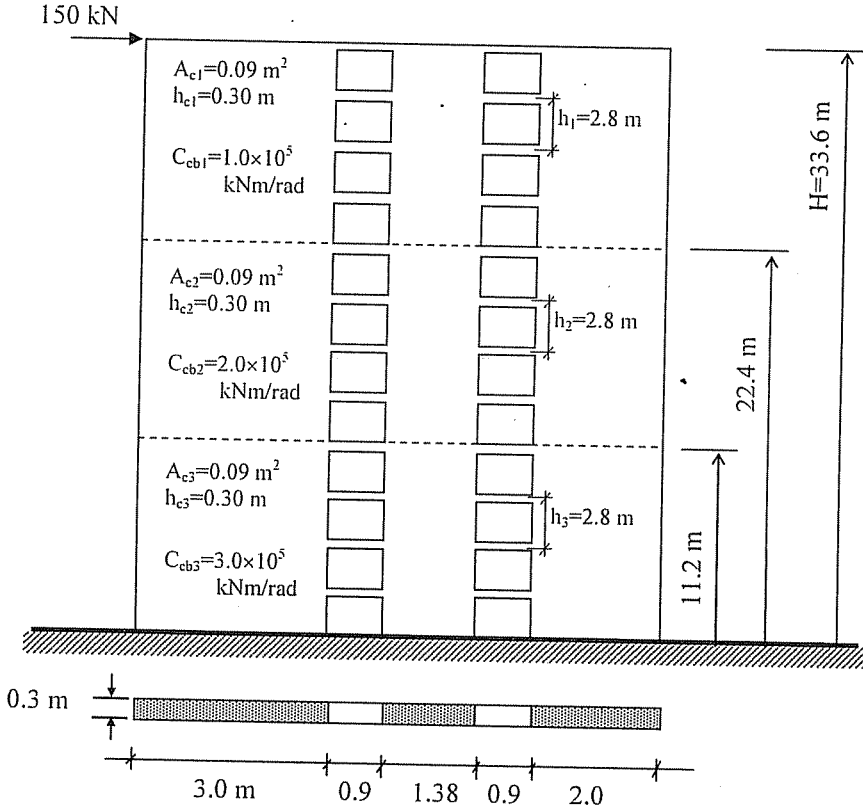


Şekil 5. Bağlantı kirişi ile duvar arasındaki bağlantı rijitliğindeki ( $C_{cb}$ ) değişimin perde tepesi yanal yerdeğiştirmesine etkisi



Şekil 6. Bağlantı kirişi ile duvar arasındaki bağlantı rijitliğindeki ( $C_{cb}$ ) değişimin toplam perde taban momentine etkisi

Düşünülen ikinci örnekte ise, Şekil 7'deki veriler kullanılarak üç bölge ve her bölgesinde birbirinden farklı kiriş-duvar bağlantı rijitliği bulunan, rijit zemine oturan ve simetrik olmayan iki sıra boşluklu bir perdenin bu çalışmada hazırlanan program ile ve SAP2000 ve ANSYS programları ile statik analizi yapılmıştır.



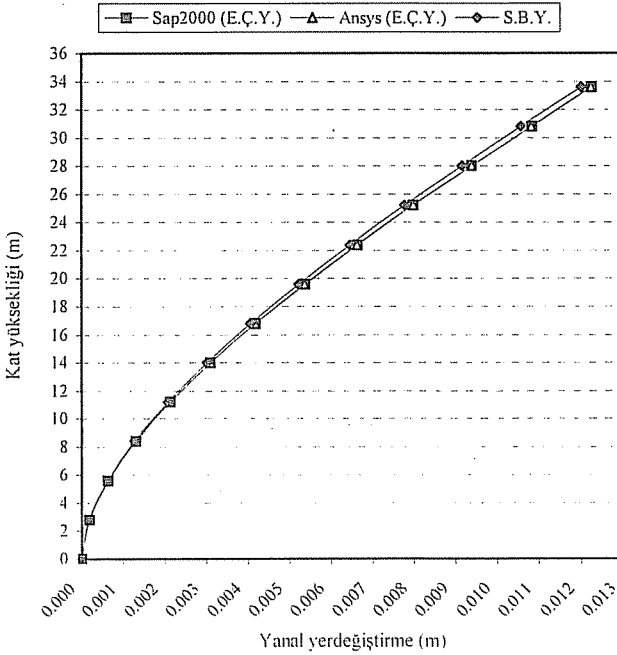
Şekil 7. İkinci örneğe ait iki sıra boşluklu perde ve en kesiti

Geometrik ve malzeme özellikleri bir önceki örnek ile aynı olan boşluklu perdede, kiriş-duvar bağlantı rijitlikleri bölgelerde, yukarıdan aşağı doğru sırasıyla,  $1.00 \times 10^5$  kNm/rad,  $2.00 \times 10^5$  kNm/rad ve  $3.00 \times 10^5$  kNm/rad'dır.

Elde edilen kat hizalarındaki yanal yerdeğiştirme değerleri oransal farklarıyla birlikte Çizelge 2'de ve Şekil 8'de sunulmuştur.

**Çizelge 2.** Elde edilen kat seviyelerindeki yanal yerdeğiştirme değerlerinin karşılaştırılması

| Kat no | Kat yüksekliği (m) | S.B.Y.                  | SAP2000        |                  | ANSYS          |                  |
|--------|--------------------|-------------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|
|        |                    | Yanal yerdeğiştirme (m) | Yan. yerd. (m) | % fark (SBY ile) | Yan. yerd. (m) | % fark (SBY ile) |
| 12     | 33.60              | 0.0120358               | 0.0122800      | 1.989            | 0.0122700      | 1.909            |
| 11     | 30.80              | 0.0105952               | 0.0108600      | 2.438            | 0.0108500      | 2.349            |
| 10     | 28.00              | 0.0091726               | 0.0094170      | 2.595            | 0.0094100      | 2.523            |
| 9      | 25.20              | 0.0077877               | 0.0080010      | 2.666            | 0.0080000      | 2.653            |
| 8      | 22.40              | 0.0064638               | 0.0066470      | 2.755            | 0.0066400      | 2.653            |
| 7      | 19.60              | 0.0052241               | 0.0053760      | 2.825            | 0.0053700      | 2.716            |
| 6      | 16.80              | 0.0040735               | 0.0041910      | 2.803            | 0.0041900      | 2.779            |
| 5      | 14.00              | 0.0030197               | 0.0031040      | 2.716            | 0.0031000      | 2.590            |
| 4      | 11.20              | 0.0020783               | 0.0021370      | 2.748            | 0.0021400      | 2.884            |
| 3      | 8.40               | 0.0012713               | 0.0013080      | 2.804            | 0.0013100      | 2.953            |
| 2      | 5.60               | 0.0006231               | 0.0006409      | 2.782            | 0.0006405      | 2.721            |
| 1      | 2.80               | 0.0001746               | 0.0001797      | 2.812            | 0.0001795      | 2.704            |
| 0      | 0.00               | 0.0000000               | 0.0000000      | 0.000            | 0.0000000      | 0.000            |



**Şekil 8.** Elde edilen yerdeğiştirme sonuçlarının karşılaştırılması

#### 4. SONUÇLAR

Bağlantı kirişlerinin duvarlarla birleştikleri yerlerdeki kiriş-duvar bağlantı rijitliğindeki değişimin perde tepesi yanal yerdeğiştirmesine ve perde toplam taban momentine etkisi incelenmiş ve sonuçlar çizelge ve şekillerle sunulmuştur.

Bu çalışmada önerilen yöntem iki bakımdan büyük kolaylık sağlamaktadır. Birincisi, çubuk elemanlar ve sonlu elemanlar olarak hesap yapan diğer yöntemlere göre data hazırlamasının çok daha kolay olmasıdır. Ayrıca, değişik olasılıkları denemek için perdede bazı değişiklikler yapılması gerektiğinde yeni data hazırlanırken eskisinde bazı küçük değişiklikler yapılmasının yeterli olması da büyük kolaylık sağlamaktadır. İkinci kolaylık ise, burada verilen yöntemle yapılan çözüm süresinin diğer yöntemlere göre daha kısa olmasıdır. Bu iki kolaylık gözönüne alındığında kolayca görülebilir ki, bu yöntem öntasarım amacı ile çok etkin bir şekilde kullanılabilir. Perdenin özellikleri ve güçlendirici kirişlerin yerleri saptanırken, çok fazla sayıda olasılık kısa bir süre içerisinde denenerek, sistem seçimi aşaması etkin bir şekilde ve kısa bir sürede tamamlanır. Daha sonra yapılan kesin çözümde daha doğru sonuçlar veren bir yöntem uygulanabilir.

#### 5. SEMBOLLER

- $a_j$  : j numaralı boşluk genişliği,  
 $A_j$  : j numaralı duvarın en kesit alanı,  
 $b_j$  : j numaralı duvar genişliği,  
 $C_{cbji}, C_{sbji}$  : i bölgesinde kiriş-duvar ve güçlendirici-duvar bağlantı rijitliği,  
 $E$  : elastisite modülü,  
 $h_i$  : i bölgesindeki kat yüksekliği,  
 $I_{cji}$  : i bölgesinin j numaralı boşluğundaki bağlantı kirişi atalet momenti,  
 $I$  : duvarların atalet momentleri toplamı,  
 $i$  : bölgelerin ve bölgeler arası sınırların numaraları,  
 $j$  : açıklık (boşluk) ve duvar numaraları,  
 $L_j$  : i bölgesinde j ve (j+1) numaralı duvar eksenleri arasındaki uzaklık,  
 $M_{ei}$  : daha üstte kalan yükün x yüksekliğine göre momenti,  
 $N_{ji}$  : i bölgesinde j numaralı duvarda oluşan aksenal kuvvet  
 $n$  : düşey doğrultuda toplam bölge sayısı,  
 $q_{ji}$  : i bölgesinde j numaralı açıklıktaki kesme kuvveti akış fonksiyonu,  
 $T_{ji}$  : i bölgesinin j numaralı boşluğundaki kesme kuvvetlerinin perde tepesinden itibaren toplamı,  
 $x_i$  : i bölgesinin üst noktasının yüksekliği,  
 $y_i$  : i bölgesinde yatay yerdeğiştirme fonksiyonu,  
 $\delta_{eji}$  : bağlantı esnekliğinden dolayı oluşan bağıl düşey yerdeğiştirme,  
 $\delta_{ij}$  : j ve j+1 'inci duvar tabanları arasındaki bağıl düşey yerdeğiştirme,

## 5. KAYNAKLAR

1. Rosman,R., "Approximate Analysis of Shear Walls Subject to Lateral Loads", *Journal of the American Concrete Institute*, 61(6), s.717-732, 1964.
2. Aksogan,O., Turker,H.T. ve Oskouei,A.V., "Stiffening of Coupled Shear Walls at Arbitrary Number of Heights", *Advances in Civil Engineering, First Technical Congress*, 2, s.780-787, North Cyprus, 1993.
3. Emsen,E., "Elastik Temele Oturan Güçlendirici Kirişli İki Sıra Boşluklu Deprem Perdelerinin Serbest Titreşim Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 163 s., Adana, 2002.
4. Wilson,E.L., "SAP2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures", *Computers and Structures, Inc.*, 1-2, 1997.
5. ANSYS Inc., *ANSYS Structural Reference Manuals*, [www.ansys.com](http://www.ansys.com), 2005.
6. Coull,A. ve Subedi,N.K., "Coupled Shear Walls with Two and Three Bands of Openings", *Building Science*, Pergamon Press, 7, s.81-86, Great Britain, 1972.



## İKİ EKSENLİ EĞİLME VE EKSENEL BASINCA MARUZ YÜKSEK DAYANIMLI BETON KOLONLAR İÇİN DİKDÖRTGEN GERİLME BLOĞU PARAMETRELERİ

Serkan TOKGÖZ, Cengiz DÜNDAR ve Cengiz Duran ATIŞ  
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

**ÖZET :** Sunulan çalışmada, yüksek dayanımlı beton için beton basınç bölgesinde kullanılan ve çeşitli yönetmeliklerce kabul edilmiş olan dikdörtgen gerilme bloğu modeli ve model parametreleri irdelenmektedir. Çalışma iki eksenli eğilme ve eksenel basınca maruz kolonların analiz ve tasarımı için beton basınç bölgesinde dikdörtgen dağılım modelini esas alan ve ikinci mertebe momentlerinden meydana gelen narinlik etkisinin de dahil edildiği bir yöntem ile ele alınmaktadır. Yöntemin geçerliliğini göstermek ve çeşitli yönetmeliklerce tanımlanmış olan dikdörtgen gerilme bloğu modelini ve model parametrelerini irdelemek amacı ile literatürde mevcut bir deneysel çalışma önerilen yöntemeye dayalı olarak geliştirilen bilgisayar programı ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarının deneysel sonuçlarla uyumlu olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kolon, yüksek dayanımlı beton, gerilme, şekil değiştirme

## RECTANGULAR STRESS BLOCK PARAMETERS FOR HIGH-STRENGTH CONCRETE COLUMNS SUBJECTED TO BIAXIAL BENDING AND AXIAL LOAD

**ABSTRACT :** In the presented study, the rectangular stress block model used in the concrete compression zone and its parameters accepted by various Standards for high-strength concrete have been examined. The study has been taken into account with a procedure based on the rectangular stress block in the concrete compression zone for the analysis and the design of columns, including slenderness effect due to the second order moments, under biaxial bending and axial load. An experimental study has been analyzed with a computer program based on the proposed method to demonstrate the effectiveness of the method and to examine the proposed rectangular stress block and its parameters defined by various Standards. A good degree of accuracy has been observed between the analysis and test results.

**Key Words:** Column, high-strength concrete, stress, strain.

## 1. GİRİŞ

Yüksek dayanımlı beton, ACI 318-2002 (1) yönetmeliğinde basınç dayanım değeri 42 MPa üzerinde olarak tanımlanmakta olup yüksek katlı modern binalarda, köprülerde, beton endüstrisinde vb. sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek dayanımlı beton güçlü agrega, yüksek dayanımlı Portland çimentosu ve düşük su/çimento oranı gerektirmektedir. Yüksek dayanımlı beton imalatında ayrıca uçucu kül, silis dumanı ve işlenebilirliği arttırmak için akışkanlaştırıcı kimyasal maddeler de kullanılabilir. Yüksek dayanımlı beton elemanlar normal dayanımlı beton malzemeden meydana gelen elemanlara göre daha etkili ve ekonomik tasarıma imkan vermektedirler. Yüksek dayanımlı betonun mekanik davranışı normal dayanımlı betona göre daha gevrek olduğundan yeterli miktarda sargı donatısı bulundurularak elemanın sünekliği sağlanabilmektedir.

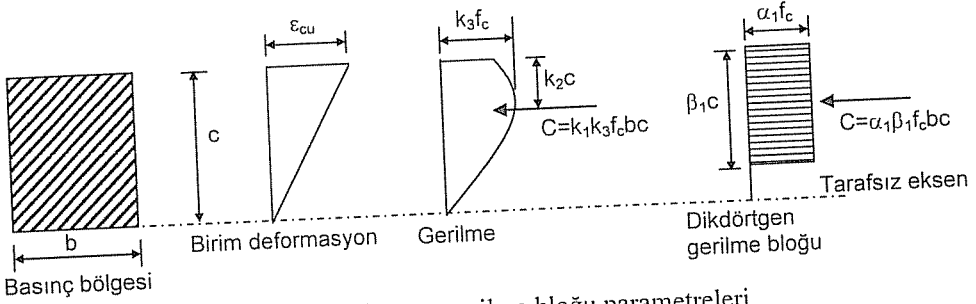
Betonun gerilme-birim deformasyon ilişkisi ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) beton basınç dayanımına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Yüksek dayanımlı beton oldukça gevrek bir malzeme olduğundan, gerilme-birim deformasyon ilişkisini temsil eden eğrinin, özellikle maksimum yük aşıldıktan sonra azalan kısmını belirlemek oldukça zordur. Yüksek dayanımlı betonun  $\sigma$ - $\epsilon$  ilişkisini belirlemek amacı ile literatürde sunulmuş bir takım deneysel ve teorik çalışmalar bulunmaktadır. Razvi ve Saatcioglu (2), beton basınç dayanımı 30 MPa ile 130 MPa arasında değişen betonların davranışı için sargı etkisinin de dahil edildiği bir matematiksel model önermişler ve önerdikleri modelin geçerliliğini doğrulamak amacı ile çeşitli özellikte hazırladıkları kolon numunelerini test ederek model ile karşılaştırmışlardır. Cusson ve Paultre (3), yüksek dayanımlı beton kolonların davranışını belirlemek için deneysel bir çalışma sunmuşlardır. Çalışma beton basınç dayanımı 60 MPa ile 120 MPa arasında değişen ve kesiti kare olan kolonlar üzerine gerçekleştirilmiştir. Cusson ve Paultre (4), sargılı yüksek dayanımlı betonun gerilme-birim deformasyonunu tanımlayan bir model önermişler ve modelin geçerliliğini göstermek amacı ile 50 adet yüksek dayanımlı sargılı kolonu salt eksenel yüklemeye tabi tutarak deney sonuçlarını önerdikleri model ile karşılaştırmışlar ve sonuçların uyumlu olduğunu göstermişlerdir. Literatürde yapılan deneysel çalışmalar normal dayanımlı betonlarda  $\sigma$ - $\epsilon$  ilişkisi maksimum gerilmeye kadar yaklaşık olarak parabol olmasına karşın, yüksek dayanımlı betonlarda bu ilişkinin yaklaşık olarak lineer olduğunu ortaya koymuştur (2-4). Maksimum gerilmeye karşılık gelen birim kısalma ( $\epsilon_{co}$ ), beton dayanımına bağlı olarak 20 MPa ile 100 MPa dayanım değerleri arasında yaklaşık olarak 0.0015 ile 0.0025 değerleri arasında değişmektedir. Yani beton basınç dayanımı arttıkça maksimum gerilmeye karşılık gelen birim kısalma değerinin de arttığı deneysel çalışmalarla ortaya konulmuştur (2-4).

Yüksek dayanımlı beton kolonların analiz ve tasarımında betonun gerilme-birim deformasyon ilişkisi çok önemli bir rol oynamaktadır. Yüksek dayanımlı betonun gerilme-birim deformasyon ilişkisini belirlemek zor olduğundan bunun yerine beton basınç bölgesi için geçerliliği deneysel verilerle ispatlanmış eşdeğer gerilme dağılım modeli kullanılabilir. Kolonların analiz ve tasarımında beton basınç bölgesi gerilme dağılımı için birçok ülke yönetmeliğince (ACI 318 (1), NZS 95 (5), CAN3 (6), EC2 (7)) ve bizim yönetmeliğimizde (TS500 (8)) de kabul görmüş olan "Dikdörtgen Gerilme Bloğu" modeli kullanılabilir. Burada önemli olan yüksek dayanımlı



betonlar için modeli tanımlayan parametrelerin deneysel verilere dayandırılarak uygun bir şekilde tayin edilmiş olmasıdır.

Kabul edilen dikdörtgen gerilme bloğu  $k_1$ ,  $k_2$  ve  $k_3$  parametreleri ile tanımlanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Dikdörtgen gerilme bloğu parametreleri

Dikdörtgen gerilme bloğu model parametreleri;  $\beta_1=2k_2$ ,  $\alpha_1\beta_1=k_1k_3$  olarak tanımlanmaktadır. Modelde yer alan  $\alpha_1$  ve  $\beta_1$  parametreleri beton basınç dayanım değerine ( $f_c$ ) bağlı olarak çeşitli yönetmeliklerde (ACI 318 (1), NZS 95 (5), CAN3 (6), EC2 (7)) ve literatürde bulunan bazı çalışmalarda tanımlanmıştır. Ozbakkaloglu ve Saatcioglu (9), yüksek dayanımlı betonlar için kabul edilen dikdörtgen gerilme bloğu parametrelerini tanımlayan deneysel verilere dayalı bir ifade önermişlerdir. Lloyd ve Rangan (10), kare kesitli yüksek dayanımlı beton narin kolonların tek eksenli eğilme altında davranışını deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Çalışmada beton basınç bölgesi gerilme dağılımı için dikdörtgen gerilme dağılımı modeli esas alınmıştır. Rangan (11), yüksek dayanımlı beton kolonların davranışını tanımlamak amacı ile ikinci mertebe momentlerinden oluşan narinlik etkisinin de dahil edildiği teorik bir yöntem önermiştir. Yöntemin geçerliliğini göstermek üzere hazırladığı kare kesitli yüksek dayanımlı kolonları tek eksenli ve iki eksenli eğilme altında test ederek sonuçları, teorik analiz ile elde ettiği sonuçlarla karşılaştırmıştır. İbrahim ve MacGregor (12), beton basınç dayanımı 50 MPa değerinin üzerindeki kolonlarda ACI 318 (1) tarafından önerilen dikdörtgen gerilme bloğu parametrelerinin değişimini tanımlayan bir ifade önermişler ve önerdikleri ifadeyi literatürde mevcut bulunan deneysel çalışmalarla test etmişlerdir.

Sunulan çalışmanın amacı, iki eksenli eğilme ve eksenel yüke maruz yüksek dayanımlı beton kolonların analiz ve tasarımı için narinlik etkisinin de dahil edildiği ve beton basınç bölgesinde dikdörtgen gerilme bloğu modelini esas alan bir yöntem önermek ve önerilen yöntem ile çeşitli yönetmeliklerce ve bir takım deneysel çalışmalarda tanımlanan dikdörtgen gerilme bloğu modelinin ve model parametrelerinin geçerliliğini irdelemektir.

## 2. DİKDÖRTGEN GERİLME BLOĞU PARAMETRELERİ

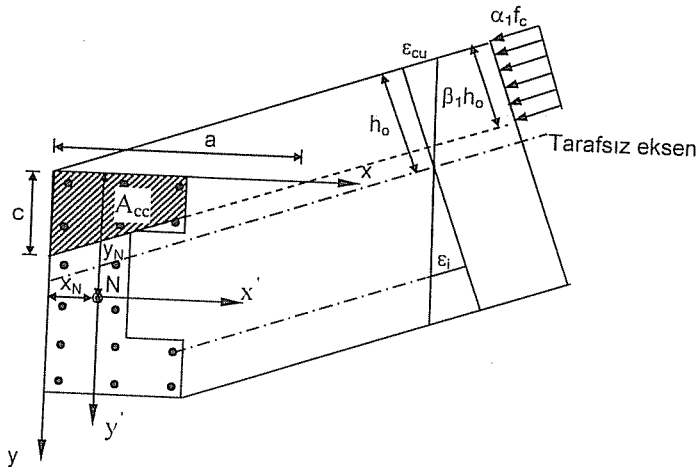
Çizelge 1'de dikdörtgen gerilme bloğu model parametreleri ( $\alpha_1$ ,  $\beta_1$ ) ve modelde kullanılan betonun maksimum birim kısalma değeri ( $\epsilon_{cu}$ ); ACI 318 (1), NZS 95 (5), CAN3 (6), EC2 (7) yönetmelikleri ve O&S (9) çalışması için sunulmaktadır.

Çizelge 1. Model parametreleri ve beton için maksimum birim kısalma

| Model          | $\alpha_1$  | $\beta_1$                     | $\epsilon_{cu}$                 |
|----------------|---|-------------------------------|---------------------------------|
| ACI 318<br>(1) | 0.85  | $0.85-0.008(f_c-30)\geq 0.65$ | 0.003                           |
| NZS 95<br>(5)  | $0.85, f_c \leq 55 \text{ MPa}$<br>$0.85-0.004(f_c-55)\geq 0.75,$<br>$f_c > 55 \text{ MPa}$ | $0.85-0.008(f_c-30)\geq 0.65$ | 0.003                           |
| CAN3<br>(6)    | $0.85-0.0015f_c \geq 0.67$  | $0.97-0.0025f_c \geq 0.67$    | 0.0035                          |
| EC2<br>(7)     | 0.85  | $0.9-f_c/500$                 | 0.0035                          |
| O&S<br>(9)     | $0.85-0.0014(f_c-30)\geq 0.72$  | $0.85-0.002(f_c-30)\geq 0.67$ | $0.0036-(f_c-30)\times 10^{-5}$ |

## 3. PROBLEMİN FORMÜLASYONU

Şekil 2'de poligonal geometriye sahip kesit, kenar boyunca yayılı boyuna donatı düzeni, birim deformasyon dağılımı ve dikdörtgen gerilme dağılımı gösterilmektedir. Kesite x-y eksen takımına göre ( $x_N$ ,  $y_N$ ) mesafede eksenel kuvvet (N) etki etmektedir. Sunulan yönteme göre, beton basınç bölgesine dikdörtgen gerilme dağılımı etki etmekte ve bu gerilmenin etki ettiği beton basınç bölgesi konumu x-y eksen takımına göre (a) ve (c) gibi iki parametreye bağlı olarak tanımlanmaktadır. Yöntemde analiz ve tasarıma yönelik yazılacak olan denge ve uygunluk denklemleri bu parametreler cinsinden ifade edilmektedir.



Şekil 2. Poligon kesit, birim deformasyon ve gerilme dağılımı

Kesitin herhangi bir noktasındaki  $(x_i, y_i)$  donatı için birim deformasyon, eğilmeden önce düzlem olan kesitlerin eğilmeden sonra da düzlem kaldığı kabulüne göre aşağıdaki şekilde tanımlanır;

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{cu} \left[ \beta_1 \left( \frac{y_i}{c} + \frac{x_i}{a} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

Denklem (1) ile hesaplanan birim deformasyonlar yardımı ile donatı için kabul edilen  $\sigma$ - $\varepsilon$  ilişkisinden donatı gerilmeleri elde edilmektedir.

### 3.1. Denge Denklemleri

Kesitte eksenel kuvvetin etkideği noktadan geçen ve x-y eksenine takımına paralel olan x'-y' eksen takımı tanımlanmıştır. Burada problemi idare eden denklem takımı x'-y' eksen takımına göre yazılmaktadır. .

$$f_1 = \alpha_1 f_c A_{cc} - \frac{A_{st}}{n} \sum_i^n \sigma_{si} - N = 0 \quad (2)$$

$$f_2 = \frac{A_{st}}{n} \sum_i^n (x_i - x_N) \sigma_{si} - \alpha_1 f_c (\bar{x} - x_N) A_{cc} = 0 \quad (3)$$

$$f_3 = \frac{A_{st}}{n} \sum_i^n (y_i - y_N) \sigma_{si} - \alpha_1 f_c (\bar{y} - y_N) A_{cc} = 0 \quad (4)$$

Burada,  $A_{st}$ , kesitteki toplam donatı alanını; n, kesitte bulunan toplam donatı sayısını;  $\sigma_{si}$ , i'nci donatının gerilmesini;  $x_i$  ve  $y_i$ , i'nci donatının koordinatlarını;  $A_{cc}$ , Şekil 2'de taralı olarak gösterilen ve  $\beta_1 h_o$  ile sınırlı beton basınç bölgesinin alanını;  $\bar{x}$  ve  $\bar{y}$  ise bu alanın x-y koordinat sistemine göre ağırlık merkezinin koordinatlarını göstermektedir.

Oluşturulan denge denklemlerinde (a, c,  $A_{st}$ ) olmak üzere üç bilinmeyen vardır. Tasarım için elde edilen bu denklemler Newton-Raphson iteratif metodu kullanılarak çözülmektedir. Kesit taşıma gücü kapasitesi ( $N_u$ ), Denklem (3,4), (a,c) parametreleri için çözümlenerek, Denklem (2)'de yerine konulduğunda aşağıdaki ifade ile elde edilmektedir.

$$N_u = \alpha_1 f_c A_{cc} - \frac{A_{st}}{n} \sum_i^n \sigma_{si} \quad (5)$$

### 3.2. Narinlik Etkisi

Kolonların narinlik etkisi Moment Büyütme Yöntemi (ACI 318 (1)) ile hesaplara katılmaktadır. Moment büyütme katsayısı  $\delta$ ;

$$\delta = \frac{C_m}{1 - 1.33 \frac{N_u}{N_{cr}}} \geq 1.0 \quad (6)$$

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_{u1}}{M_{u2}} \geq 0.4 \quad , \quad M_{u1} \leq M_{u2} \quad (7)$$

olarak tanımlanmaktadır. İki ucu mafsallı kolonlarda  $C_m=1.0$  alınmaktadır.  $N_{cr}$  kolon burkulma yükü olup aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir;

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(kL)^2} \quad (8)$$

burada  $(kL)$  kolon etkili boyu;  $EI$  ise kolonun etkili eğilme rijitliğini göstermektedir. Betonarme kolonlar için eğilme rijitliği, TS500-2000 (8) tarafından önerilen aşağıdaki ifade ile ele alınmaktadır;

$$EI = 0.4 E_c I_c \quad (9)$$

burada,  $I_c$  kolonun eylemsizlik momenti;  $E_c$  ise betonun elastisite modülü olup yüksek dayanımlı beton için aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmektedir (Setunge (13));

$$E_c = 4370.3 f_c^{0.5164} \text{ (MPa)}. \quad (10)$$

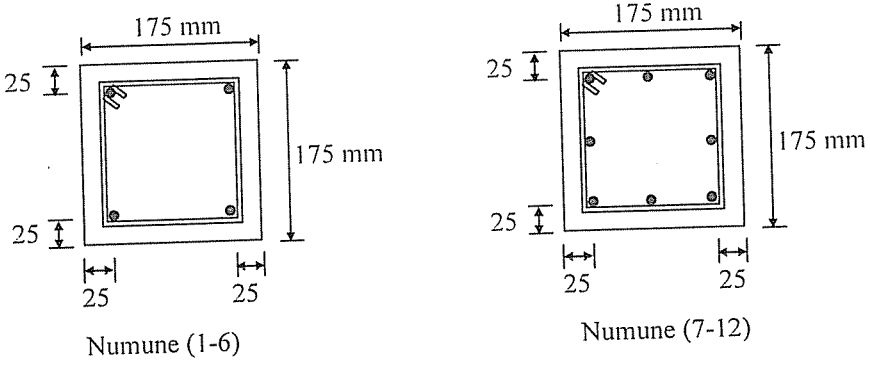
Eğik eğilmeye maruz kolonların narinlik hesabında moment büyütme çarpanı ( $\delta_x, \delta_y$ ) iki yönde ayrı ayrı hesaplanarak ilgili momentlerle çarpılmak suretiyle hesaplara yansıtılmaktadır.

$$M_{ux} = \delta_x N_u e_y, \quad M_{uy} = \delta_y N_u e_x \quad (11)$$

Narinlik hesabında, analiz ve tasarımda oluşturulan denge denklemleri sağlanıncaya kadar her iterasyonda iki yönde moment büyütme çarpanı ( $\delta_x, \delta_y$ ) hesaplanarak işlemlere katılmaktadır.

#### 4. RANGAN (11) DENEYLERİ BİLGİSAYAR ANALİZİ

Rangan (11) tarafından sunulan iki eksenli eğilmeye maruz yüksek dayanımlı beton kolon deney çalışması önerilen yöntemle dayalı geliştirilen bilgisayar programı ile analiz edilmiştir. Analizde yüksek dayanımlı beton için çeşitli yönetmeliklerce sunulan dikdörtgen gerilme bloğu modeli ve Ozbakkaloglu ve Saatcioglu (9) çalışmasında önerilen model esas alınmıştır. Deneysel çalışma 175×175 mm kare kesitli, 1826 mm uzunluğundaki kolonlar üzerine gerçekleştirilmiştir. Kesitte, akma dayanımı 496 MPa olan 12 mm çapında boyuna donatı kullanılmış ve iki farklı donatı tasarımı ele alınmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Rangan (11) kolon numuneleri kesiti

Çalışmada deney numunelerine ait beton basınç dayanım değerleri ve deney sırasında numunelere uygulanan yükün eksantrisite değerleri Çizelge 2'de sunulmaktadır.

Çizelge 2. Rangan (11) kolon numune (1-12) özellikleri

| Kolon | $f_c$<br>(MPa) | $e_x$<br>(mm) | $e_y$<br>(mm) |
|-------|----------------|---------------|---------------|
| 1     | 69             | 25            | 25            |
| 2     | 69             | 25            | 35            |
| 3     | 69             | 30            | 40            |
| 4     | 69             | 30            | 55            |
| 5     | 69             | 45            | 60            |
| 6     | 69             | 50            | 70            |
| 7     | 92             | 70            | 50            |
| 8     | 92             | 50            | 50            |
| 9     | 92             | 40            | 40            |
| 10    | 92             | 40            | 30            |
| 11    | 92             | 40            | 10            |
| 12    | 92             | 30            | 20            |

Kolon numune, kesit ve malzeme özellikleri ile uygulanan yükün eksantrisite değerleri göz önüne alınarak geliştirilen bilgisayar programı ile elde edilen analiz sonuçları ve Rangan (11) tarafından sunulan deneysel ve önerdiği yöntem ile elde ettiği teorik sonuçlar Çizelge 3'de sunulmaktadır.

Çizelge 3. Rangan (11) kolon numuneleri deneysel ve teorik taşıma gücü kapasiteleri

| Kolon | Rangan (11)        |                      | Sunulan Çalışma (Teorik) |                      |                    |                   |                   |
|-------|--------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
|       | $N_{test}$<br>(kN) | $N_{teorik}$<br>(kN) | $N_{ACI 318}$<br>(kN)    | $N_{NZS 95}$<br>(kN) | $N_{CAN3}$<br>(kN) | $N_{EC2}$<br>(kN) | $N_{O&S}$<br>(kN) |
| 1     | 1112               | 825                  | 830.58                   | 799.04               | 801.56             | 857.41            | 823.68            |
| 2     | 932                | 741                  | 712.33                   | 685.18               | 699.51             | 745.98            | 715.28            |
| 3     | 812                | 652                  | 620.69                   | 596.88               | 619.79             | 659.20            | 629.83            |
| 4     | 642                | 511                  | 503.86                   | 485.02               | 515.67             | 546.44            | 521.43            |
| 5     | 504                | 410                  | 408.69                   | 393.47               | 417.21             | 440.78            | 424.08            |
| 6     | 400                | 349                  | 353.21                   | 340.26               | 355.37             | 374.11            | 359.83            |
| 7     | 488                | 461                  | 476.71                   | 445.92               | 475.86             | 512.17            | 473.66            |
| 8     | 561                | 570                  | 574.11                   | 536.53               | 573.91             | 621.23            | 567.34            |
| 9     | 730                | 744                  | 714.00                   | 666.96               | 698.79             | 758.87            | 698.47            |
| 10    | 804                | 848                  | 803.85                   | 751.91               | 778.68             | 846.23            | 782.73            |
| 11    | 1003               | 1013                 | 996.26                   | 933.19               | 949.21             | 1033.66           | 960.31            |
| 12    | 1068               | 1086                 | 1055.51                  | 988.45               | 999.23             | 1088.82           | 1015.21           |

Analiz sonuçlarına göre, EC2 yönetmeliğince önerilen modele göre hesaplanan taşıma gücü değerlerinin diğer modellere göre elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum modelde beton basınç bölgesi için kabul edilen maksimum birim kısalma değerinin ve beton basınç dayanımının değişimine göre tanımlanan dikdörtgen dağılım modeli parametrelerinin, kolon taşıma gücü hesabında önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır. Genel olarak kolon numunelerin teorik olarak elde edilen taşıma gücü kapasitelerinin, Rangan (11) tarafından sunulan teorik ve deneysel taşıma gücü kapasiteleri ile uyumlu olduğu görülmektedir.

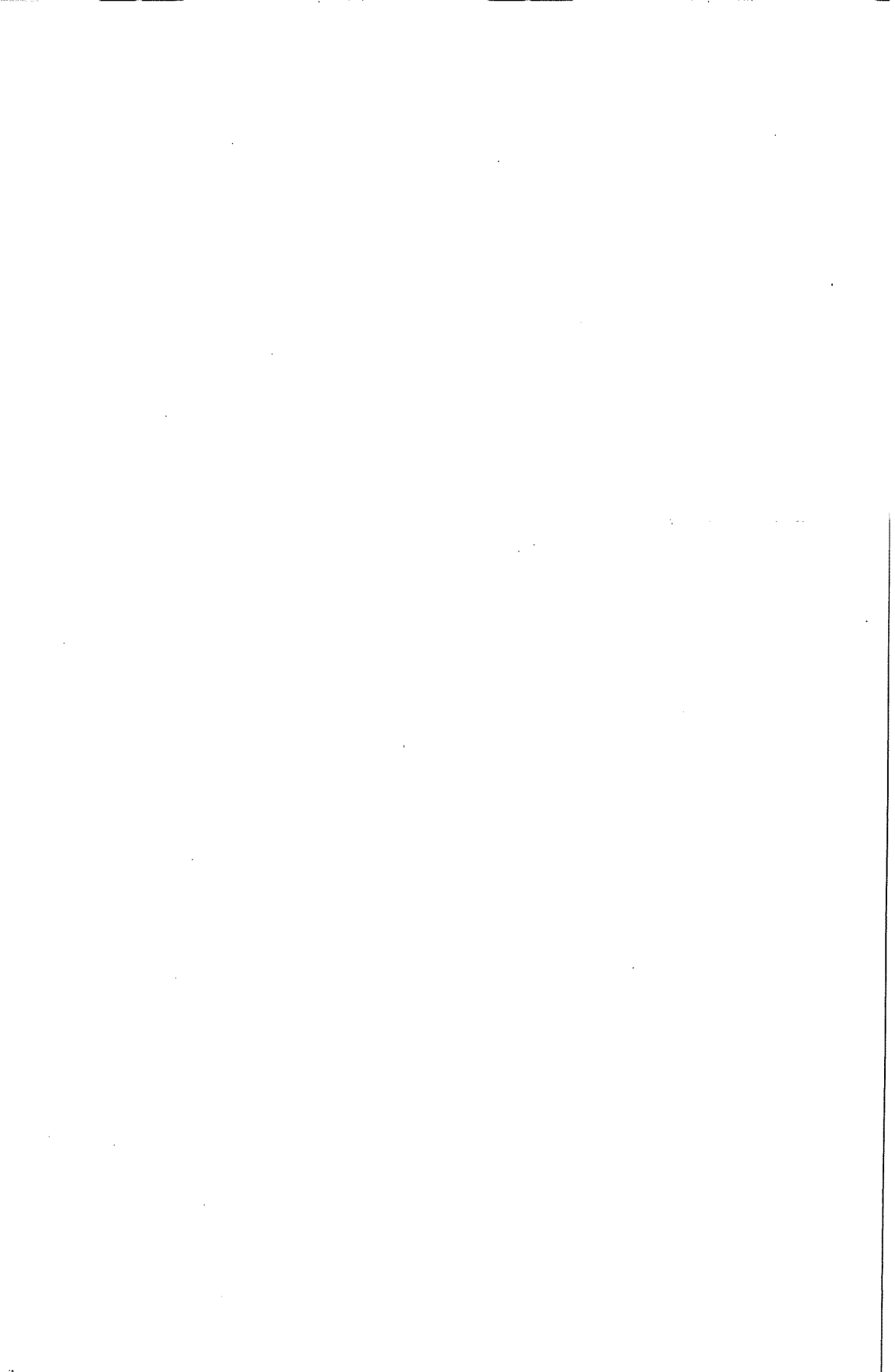
## 5. SONUÇLAR

Sunulan çalışmada, yüksek dayanımlı beton için önerilen dikdörtgen gerilme bloğu modeli ve çeşitli yönetmeliklerce tanımlanmış model parametreleri ele alınmıştır. Çalışmada, iki eksenli eğilme ve eksenel basınca maruz gelişigüzel geometriye sahip kolonların analiz ve tasarımına yönelik, narinlik etkisinin de dahil edildiği bir yöntem önerilmekte ve yöntemde beton basınç bölgesinde dikdörtgen gerilme dağılım modeli esas alınmaktadır.

Önerilen yöntemin geçerliliğini göstermek ve dikdörtgen gerilme bloğu modelinin ve model parametrelerinin irdelenmesi amacı ile Rangan (11) tarafından sunulan kare kesitli narin kolon deney çalışması önerilen yöntemle dayalı olarak geliştirilen bilgisayar programı ile analiz edilmiştir. Analizde çeşitli yönetmeliklerce önerilen dikdörtgen dağılım modeli ayrı ayrı ele alınmış ve elde edilen analiz sonuçlarının deneysel sonuçlarla uyum içerisinde olduğu gözlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, çalışmada irdelenen dikdörtgen gerilme bloğu modellerinin genel olarak uygun sonuçlar sağladığı ve modelde izin verilen maksimum birim kısalma değeri ile beton basınç dayanım değerine bağlı olarak ifade edilen model parametrelerinin kolon taşıma gücü kapasitesinin elde edilmesinde çok büyük rol oynadığı ortaya konulmaktadır.

## 6. KAYNAKLAR

1. ACI Committee 318, "Building code requirements for structural concrete (ACI 318-02) and commentary (318R-02)" American Concrete Institute, 443 pp., Farmington Hills, Mich., 2002.
2. Raşvi, S., Saatcioglu, M., "Confinement model for high-strength concrete", ASCE, *Journal of Structural Engineering*, 125 (3), 281-289, 1999.
3. Cusson, D., Paultre, P., "High-strength concrete columns confined by rectangular ties", ASCE, *Journal of Structural Engineering*, 120(3), 783-804, 1994.
4. Cusson, D., Paultre, P., "Stress-strain model for confined high-strength concrete", ASCE, *Journal of Structural Engineering*, 121(3), 468-477, 1995.
5. NZS 3101-1995, "The design of concrete structures", Standards New Zealand, Wellington, 520 pp., New Zealand, 1995.
6. CAN3-A23.3-94, "Design of concrete structures for buildings", Canadian Standards Association, 199 pp., Ontario, Canada, 1994.
7. Eurocode-2, "Design of concrete structures", European Committee for Standardisation, Brussels, 1990.
8. Türk Standartları, "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS500)", Türk Standartları Enstitüsü, 67 sayfa, Ankara, 2000.
9. Ozbakkaloglu, T., Saatcioglu, M., "Rectangular stress block for high-strength concrete", *ACI Structural Journal*, 101(4), 475-483, 2004.
10. Lloyd, N.A., Rangan, B.V., "Studies on high-strength concrete columns under eccentric compression", *ACI Structural Journal*, 93(6), 631-638, 1996.
11. Rangan, B.V., "Studies on high-performance high-strength concrete columns", *High Performance Concrete, Proceedings Second CANMET/ACI International Conference*, 745-764, Gramado, RS, Brazil, 1999.
12. Ibrahim, H.H.H, MacGregor, J.G., "Modification of the ACI rectangular stress block for high-strength concrete", *ACI Structural Journal*, 94(1), 40-48, 1997.
13. Setunge, S., "Structural properties of very high strength concrete", PhD thesis submitted to Monash University, 1993.





## PREFABRİK YAPI ELEMANI ÜRETİMİ İÇİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ KALIP TASARIMI

Gültekin AKTAŞ

D.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır/Türkiye

Tarık BARAN ve A. Kamil TANRIKULU

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

**ÖZET :** Prefabrik yapı elemanı üretiminde yaşanan şantiye deneyimleri, kalıba dökülen taze betonun yeterli ölçüde sıkıştırılmasının, titreşim için kullanılan dış vibratörün tipine ve konumuna bağlı olduğunu göstermiştir. Vibratör tipi ve konumunun deneme-yanılma yöntemi ile belirlenmesi zaman kaybına yol açmakta ve her zaman en iyi sonucu vermemektedir. Bu nedenle bilgisayar destekli kalıp tasarımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmanın amacı, prefabrik yapı elemanı üretiminde kullanılan kalıpların bilgisayar destekli tasarım ilkelerinin belirlenmesidir. Çalışmada elde edilen veriler ışığı altında bilgisayar destekli bir kalıp tasarım algoritması önerilmektedir.  
**Anahtar Kelimeler:** Prefabrik yapı elemanı, Titreşim, Bilgisayar destekli kalıp tasarımı

### COMPUTER-AIDED MOULD DESIGN IN THE PRODUCTION OF PRECAST CONCRETE STRUCTURES

**ABSTRACT :** Site experiences acquired in the production of precast concrete structures have shown that, the adequate compaction of the fresh concrete in the mould depends on the type and location of the external vibrators used for vibration. The determination of the type and location of the vibrators with the method of trial and error leads to losing time and doesn't yield the best result. Hence, the computer-aided mould design is required. The aim of this work is to determine the criteria of computer-aided design of the mould used in the production of precast concrete units. The algorithm of computer-aided mould design is proposed in the light of the results obtained from this study.

**Keywords:** Precast concrete structure, Vibration, Computer-aided mould design

## 1. GİRİŞ

Dış vibratörler, yaygın olarak, prefabrik beton elemanlarının sıkıştırılmasında kullanılmakta olup, çok ekonomik ve efektif olmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus, yanlış frekans ve fazla süre ile uygulanacak vibrasyonun taze betonda segregasyona ve terlemeye (taze betonun yüzeyinde su toplanması) sebep olması riskidir. Bu nedenle, vibrasyonun kalıp yüzeyinde hangi noktalardan, hangi frekans ve süre ile uygulanacağını belirlenmesi gerekmektedir.

Vibrasyon tekniğinde dikkate alınması gereken diğer önemli husus ise, vibrasyonun kalıp üzerine uygulayacağı dinamik etkilerdir. Bu husus üretimde kullanılacak kalıbın mukavemetini ve dolayısıyla tasarımını çok yakından ilgilendirmektedir.

Vibrasyon tekniği uygulanarak üretilecek öngerilmeli beton veya betonarme yapı elemanları için kalıp tasarımında:

- (a) en uygun vibrasyon noktalarının, vibrasyon frekans ve sürelerinin belirlenmesi,
- (b) kalıbın (a)'da özellikleri belirlenen vibrasyon sonucu doğacak etkilere karşı dinamik analizinin yapılması gerekmektedir.

Değişik boyut ve kesit özelliklerine sahip her kalıp için en uygun vibrasyon parametrelerini (nokta, frekans ve süre) önceden kestirmek mümkün değildir. Bu sebeple problemin tecrübeye dayalı bir ön tasarım ve iteratif bir analiz-tasarım algoritması ile ele alınması gerekmektedir. Dolayısıyla kalıp tasarımının uygun bir model ve algoritma ile bilgisayar destekli olarak yapılması zorunludur.

Dış vibrasyon, taze betonun kompaksiyonunu sağlamak üzere, prefabrik üretim kalıplarının çeşitli noktalarına bağlanmış vibratörler kullanılarak, değişik frekans ve sürelerde, yapı elemanının türüne göre üretim tesislerinde "deneme-yanılma" yöntemine göre yapılmaktadır. Bu durum zaman ve ekonomi açısından kayıplar oluşturmaktadır. Kalıp cinsine (sac kalınlığı, elastisite modülü, v.s.) uygun olmayan frekans uygulandığında; kalıbın moleküler yapısı bozulmakta ve segregasyon oluşmaktadır. Uzun süreli vibrasyon uygulandığında; taze betonun üst yüzeyinde fazla terlemeden dolayı rötne ve segregasyon oluşmakta, ayrıca vibratör konumlarının uygun yerleştirilmemesi, titreşimin kalıp yüzeyinde üniforma yakın yayılmamasına, dolayısıyla, beton kompaksiyonunun bazı bölgelerde yeterli olmamasına yol açmaktadır.

Yukarıda açıklanan nedenlerle dış vibratörler kullanılarak üretilecek öngerilmeli beton veya betonarme yapı elemanları için kalıp tasarımında; en uygun vibrasyon nokta, frekans ve sürelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Değişik boyut ve kesit özelliklerine sahip kalıplar için üretim tesislerindeki deneyimlerden de yararlanarak, ön tasarım ve iteratif bir analiz-tasarım algoritması ile problemin ele alınması gerekmektedir.

Wenzel [1], taze betonun sıkıştırılması ile ilgili ilkeleri, pratik ve bazı özel problemleri incelemiştir. Prefabrik yapı üretiminde betonun sıkıştırılması için kullanılan dış vibratör titreşimlerinin, genellikle, kalıp yüzeyinde 20 cm'den fazla derinliğe ulaşmadığı, bu nedenle, bundan büyük kesitlerde vibratörlerin iki tarafa bağlanması gerektiği belirtilmiştir. Kalıba, 50 Hz'lik devirsel frekans uygulandığında, büyük genlik oluştuğu için "segregasyona" neden olduğu, görülmüştür. Bu durum iyi bir kompaksiyon etkisi elde etmek için, betonun daha yüksek frekanslara maruz kalması görüşüne yol açmıştır. Bu nedenle en uygun frekansların 75-200 Hz arasında olduğu tespit edilmiştir.

Postacıoğlu [2], vibrasyon yönteminin, taze betonun kalıba yerleştirilmesi ve sıkıştırılmasında, en pratik ve faydalı sonuçları oluşturduğunu belirtmiştir. Vibratör denilen özel aletlerle beton titreşim haline sokulmakta, vibrasyona maruz kalan beton, bir sıvının karakteristiğine sahip olarak, kalıp içerisinde kolaylıkla yayılmaktadır. Vibrasyon hareketi durdurulunca, beton, tekrar eski sıkı kıvamını kazanmaktadır.

Prefabrik yapı elemanı üretiminde kullanılan vibratör tip ve konumunun deneme-yenilme yöntemi ile belirlenmesi zaman kaybına yol açmakta ve her zaman en iyi sonucu vermemektedir. Bu nedenle bilgisayar destekli kalıp tasarımına ihtiyaç duyulmakta olup, çelik kalıp ve taze betonu içeren çok serbestlik dereceli yapı sisteminin modellenmesi ve dinamik analizinin yapılması gerekmektedir. Dinamik analiz için yaygın olarak "Mod Birleştirme Yöntemi" kullanılmaktadır.

Wilson ve diğ. [3], Dinamik Mod Birleştirme analizinde Ritz vektörler ve Özvektörleri kullanılarak, bunların karşılaştırmalarını bazı örnek yapılar üzerinde uygulamışlardır.

Bu çalışmanın amacı, prefabrik yapı elemanı üretiminde kullanılan kalıpların bilgisayar destekli tasarım ilkelerinin belirlenmesidir.

## 2. BİLGİSAYAR DESTEKLİ KALIP TASARIM ALGORİTMASI

Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsünde yapılan bir doktora tez çalışmasında [5] elde edilen teorik ve deneysel veriler, üretim kalıplarının bilgisayar ortamında modellenmesinin mümkün olduğunu ve gerçeğe çok yakın sonuçlar elde edilebildiğini göstermektedir. Bu bölümde önce, sözü edilen tez çalışması ve literatürde mevcut diğer çalışmalardan elde edilen tasarım ilkeleri özetlenecek daha sonra, bu tasarım ilkelerine uygun bilgisayar destekli kalıp tasarımına yönelik bir algoritma önerisi sunulacaktır.

### 2.1. Kalıp Tasarım İlkeleri

Yeterli kompaksiyona ve dolayısıyla istenen ölçüde dayanıma sahip yapı elemanı üretiminde kullanılacak kalıpların tasarımında aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

a) Kalıp, içine yerleştirilen beton ve uygulanan vibrasyon yükleri altında yeterli dayanıma sahip olmalı, eleman boyutlarını istenmeyen ölçüde değiştirecek derecede deforme olmamalıdır. Bu amaçla kalıp yüzeyi tercihen 3~6 mm kalınlıklı çelik plakalar ile teşkil edilmeli, çelik profiller ile desteklenmelidir. Kalıbın karşılıklı yüzeyleri belli aralıklarla birbirine bağlanmalıdır. Ancak, kalıbın çok rijit olmasının vibrasyonu zorlaştıracağı ve maliyetini arttıracığı unutulmamalıdır.

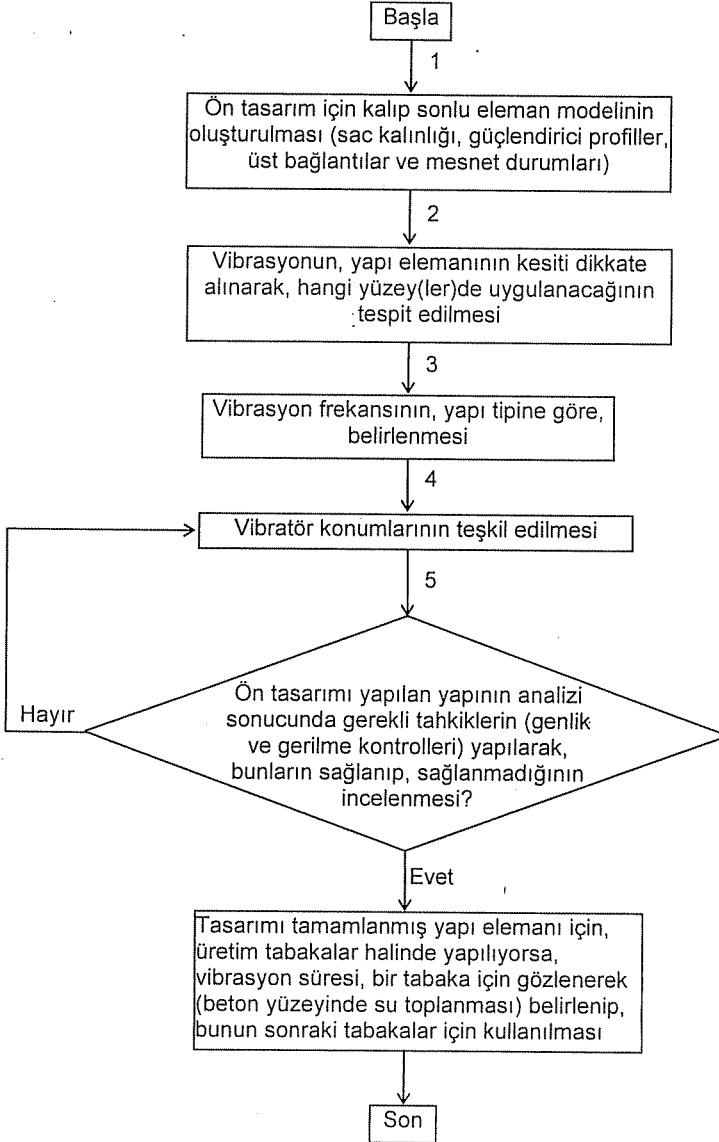
b) Kalınlığı 20 cm'ye kadar olan elemanların üretiminde kalıbın sadece bir yüzüne, 20~40 cm kalınlıklı elemanların üretiminde ise kalıbın her iki yüzüne vibratör yerleştirilmelidir. 40 cm'den kalın eleman üretiminde dış vibratöre ilave olarak iç vibratör kullanılmalıdır.

c) Vibrasyonun frekansı, uygulama alanı dikkate alınarak seçilmelidir [1]. Örneğin, duvar panelleri, kiriş, kolon vb. yapı elemanları için en uygun devirsel frekansın 100Hz olduğu belirtilmiştir [1].

d) Yeterli düzeyde kompaksiyonun sağlanması için kalıp yüzeyinin her noktasında, kalıp yüzeyine dik doğrultuda minimum bir deplasman genliğine ulaşılması gerekmektedir. Minimum genlik değeri, eleman kalınlığına bağlı olarak tasarımcı tarafından belirlenmelidir.

e) Değişik boyut ve kesit özelliklerine sahip her kalıp için en uygun vibrasyon parametrelerini (vibratör konumu, sayısı ve frekans) önceden en uygun şekilde kestirmek mümkün değildir. Bu nedenle problem, tecrübeye dayalı bir ön tasarım ve iteratif bir analiz-tasarım algoritması ile ele alınmalıdır.

## 2.2. Algoritma



Şekil 1. Kalıp tasarım algoritması

Yukarıda sıralanan tasarım ilkelerinin ışığı altında, bilgisayar destekli kalıp tasarımı aşağıda sıralanan işlem basamaklarıyla gerçekleştirilebilmektedir:

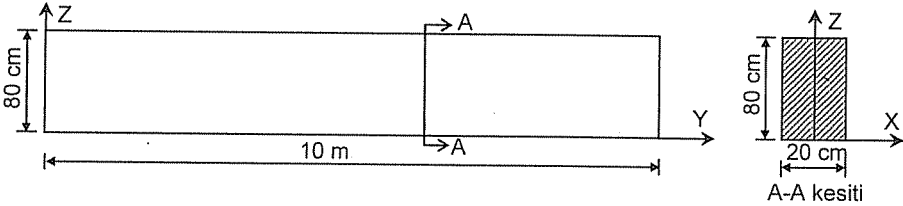
- Kalıp sac kalınlığının, güçlendirme profillerinin belirlenmesi, kalıbın bilgisayarda modellenmesi.
- Vibrasyon uygulanacak yüzeylerin, vibratör tipinin ve minimum vibrasyon genliğinin seçilmesi.
- Başlangıç için vibratör konumlarının belirlenmesi.
- Kalıbın dinamik analizinin yapılarak gerekli tahkiklerin (en küçük genlik ve gerilme kontrolleri) yapılması.
- Kontrollerin sağlanmaması halinde, kalıp boyutlarının ve/veya vibrasyon parametrelerinin yeniden seçilerek analizin tekrarlanması.
- Tahkiklerin sağlanması halinde, kalıp imalatının gerçekleştirilmesi.

Tasarımı tamamlanmış kalıp ile yapı elemanının üretimi esnasında uygulanacak vibrasyon süresi, beton yüzeyinde su toplanmaya başladığı zamana kadar geçen süre olmalıdır. Bu süre her yapı elemanı için farklılık gösterecektir ve dikkatli bir gözlem sonucu uygulama esnasında belirlenmelidir.

Bilgisayar destekli kalıp tasarım algoritmasına ait akış diyagramını Şekil 1'de görülmektedir.

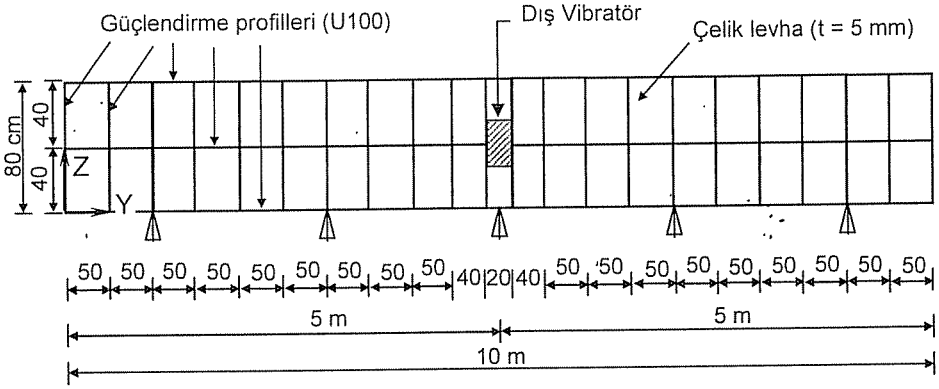
### 3. ÖRNEK KALIP TASARIMI

Örnek olarak, 1000x20x80 cm boyutlarında kiriş üretimi için kullanılacak bir kalıp ele alınmaktadır (Şekil 2). Bu kalıp üzerinde, kalıp tasarımı hakkında yukarıda açıklanan bilgiler ışığında adım adım işlemler yapılacaktır.

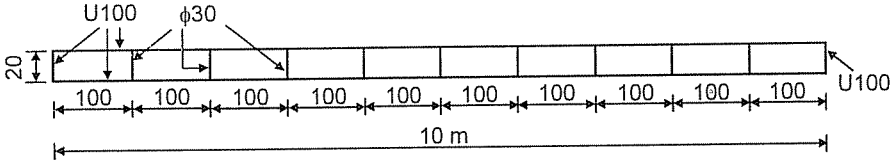


Şekil 2. Örnek kalıbın boyutları

**1. Adım:** Başlangıç için 100 Hz'lik 1 adet dış vibratör kullanılarak, sac kalınlığı, güçlendirme profilleri, üst bağlantı profilleri, mesnet konumları ve vibratör konumu Şekil 3 ve Şekil 4'te verilen kalıp göz önüne alınmaktadır. Kalıbın sonlu eleman ağı 10x10 cm kare kabuk elemanlar ile oluşturulmuştur. Tasarıma esas minimum genlik değeri 0.05 mm olarak seçilmiştir.



Şekil 3. Örnek kalıbın vibrasyon yüzeyi (Y-Z düzlemi, X = 10 cm)



Şekil 4. Örnek kalıbın plan görünümü

Örnek kalıbın Zaman Tanım Alanında analizi, 0.5 msn (milisaniye) zaman adımlarıyla Mod Birleştirme Yöntemi'nde Ritz vektörleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerdeki titreşim modu sayısının belirlenmesinde, yapının global X, Y ve Z yönlerindeki kümülatif kütle katılım oranlarının %90'ı geçmesi esas alınmıştır.

Kalıp taze beton ile dolu halde iken davranışının modellenmesi detaylı olarak [5]'de anlatılmaktadır. Örnek kalıp için vibratör ve taze betonun modellenmesinde, [5]'deki esaslar dikkate alınmıştır.

Kalıpların üretildiği çelik ve betona ait bazı parametre değerleri aşağıdaki gibi seçilmiştir.

|   |   |
|---|---|
| Çelik birim hacim ağırlığı                  | : $7.682 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^3$ |
| Çelik Elastisite modülü                     | : $199948 \text{ N/mm}^2$               |
| Çelik Poisson oranı                         | : 0.30                                  |
| Taze beton birim hacim ağırlığı             | : $2.45 \text{ t/m}^3$                  |
| Taze beton yanıl basınç katsayısı ( $K_0$ ) | : 0.75                                  |

Teorik olarak ele alınan kalıp taze beton ile dolu halde iken, kalıbın vibrasyon uygulanan yüzeyindeki titreşim genliğinin yüzey boyunca değişimi incelenmiştir. Söz konusu yüzey üzerinde hesaplanan bazı kritik noktalarda maksimum genlik değerleri, Çizelge 1'de verilmektedir.

**Çizelge 1.** Örnek kalıbın vibrasyon uygulanan yüzeyinde seçilen bazı kritik noktalarda 1 ve 2 adet vibratör kullanılarak elde edilen maksimum genlik değerleri

| Nokta No | Koordinat (cm, X = 10) |    | Maksimum genlik (mm)    |                         |
|----------|------------------------|----|-------------------------|-------------------------|
|          | Y                      | Z  | 1. Adım<br>(1 vibratör) | 2. Adım<br>(2 vibratör) |
| 308      | 10                     | 10 | 0.04                    | 0.20                    |
| 404      | 490                    | 10 | 0.09                    | 0.08                    |
| 920      | 10                     | 40 | 0.01                    | 0.06                    |
| 922      | 20                     | 40 | 0.02                    | 0.06                    |
| 924      | 30                     | 40 | 0.03                    | 0.09                    |
| 926      | 40                     | 40 | 0.03                    | 0.13                    |
| 928      | 50                     | 40 | 0.03                    | 0.15                    |
| 316      | 50                     | 10 | 0.01                    | 0.06                    |
| 520      | 50                     | 20 | 0.02                    | 0.07                    |
| 1624     | 470                    | 70 | 0.60                    | 0.08                    |
| 1630     | 500                    | 70 | 0.64                    | 0.06                    |
| 1574     | 220                    | 70 | 0.06                    | 0.90                    |
| 1580     | 250                    | 70 | 0.04                    | 1.14                    |
| 1626     | 480                    | 70 | 0.22                    | 0.16                    |

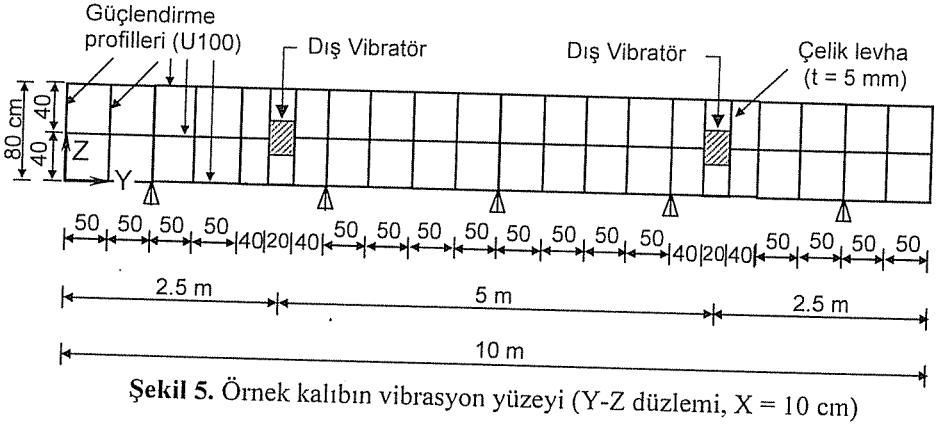
Çizelgenin 1. Adıma ait kolonunun incelenmesinden görüleceği üzere, tek vibratör kullanılması halinde kalıp yüzeyinin tamamında istenilen genlik değerlerine ulaşılamamaktadır.

Bu durumda iki farklı çözüm yöntemi düşünülebilir.

- Kalıp rijitliğinin azaltılması,
- Vibratör sayısının artırılması.

Bu örnek tasarım çalışması için vibratör sayısının artırılması tercih edilmiştir.

**2. Adım:** 1. Adımdaki kalıp parametreleri (sac kalınlığı, mesnet durumu vb.) aynı olmak üzere, konumları Şekil 5'teki gibi seçilen 100 Hz'lik iki dış vibratör kullanılarak, kalıbın dinamik analizi tekrarlanmış, kalıbın vibrasyon uygulanan yüzeyindeki titreşim genliğinin yüzey boyunca değişimi incelenmiştir. Söz konusu yüzey üzerinde bazı kritik noktalarda hesaplanan maksimum genlik değerleri Çizelge 1'in ilgili kolonunda verilmektedir.



Çizelge 1'in incelenmesinden görüleceği üzere, iki vibratör kullanılması halinde kalıbın vibrasyon yüzeyinde oluşan deplasman genlik değerleri, tasarım için belirlenen minimum genlik değerlerini sağlamaktadır. Dolayısıyla, vibratör sayısı ve konumlarının uygun ve yeterli olduğu anlaşılmakta ve kalıp tasarımı tamamlanmış olmaktadır.

Örnek kalıpta, bir ve iki adet vibratör kullanılması halinde oluşan titreşim parametreleri Çizelge 2'de, serbest titreşim analizi sonuçları Çizelge 3'te karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 2. Örnek kalıba ait titreşim parametreleri

| Dinamik serbestlik derecesi sayısı |         | Kümülatif kütle katılım oranları (%)<br>(Ritz vektörü sayısı = 60) |        |        |
|------------------------------------|---------|--|--------|--------|
|                                    |         | X yönü   | Y yönü | Z yönü |
| 5760                               | 1. Adım | 98.45  | 94.45  | 98.66  |
|                                    | 2. Adım | 98.38  | 94.41  | 98.49  |

Çizelge 3. Örnek kalıba ait serbest titreşim frekansları

| Mod No | Frekans (Hz) |         |
|--------|--------------|---------|
|        | 1. Adım      | 2. Adım |
| 1      | 9.47         | 10.44   |
| 2      | 11.35        | 11.34   |
| 3      | 12.44        | 12.89   |
| 4      | 15.13        | 15.12   |
| 5      | 17.61        | 17.97   |
| 6      | 21.36        | 21.31   |



Frekans değerlerinin incelenmesinden görüleceği üzere, kalıba ait en etkili frekans değerleri, 100 Hz olan vibratör frekansına göre çok küçük kalmaktadır. Dolayısıyla kalıba 100 Hz'lik vibratörler yardımıyla titreşim uygulanmasının rezonansa sebep olmayacağı ve kalıp stabilitesini bozmayacağı anlaşılmaktadır.

#### 4. SONUÇLAR

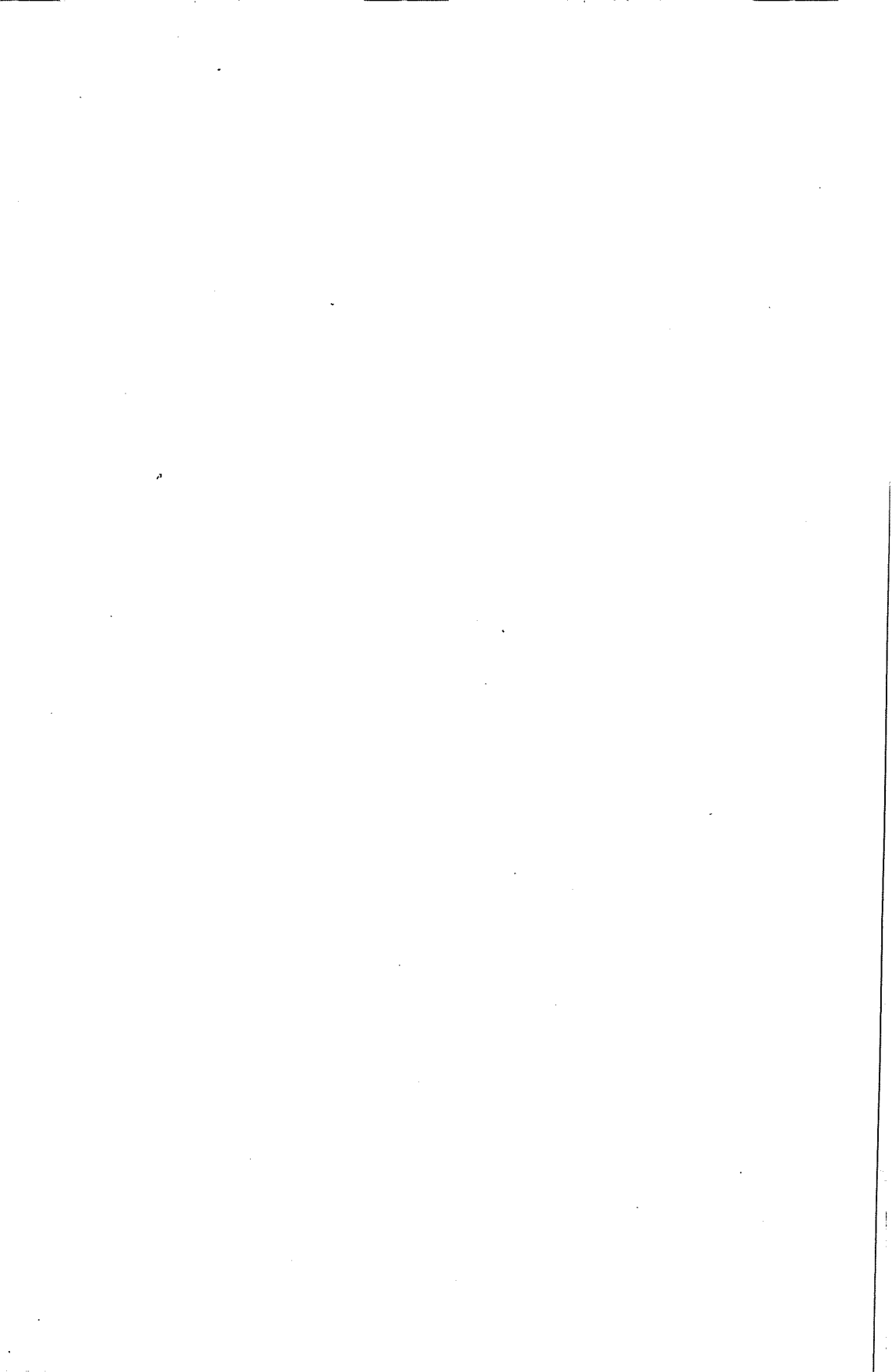
Teorik titreşim analizi, SAP2000® bilgisayar yazılımı kullanılarak, Sonlu Elemanlar Yöntemi ile yapılmıştır. Dinamik Zaman Tanım Alanında analiz, Mod Birleştirme Yöntemi'nde Ritz vektörleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneysel, teorik ve literatürdeki çalışmalar ışığında, prefabrik yapı elemanları üretimi için bir kalıp tasarım algoritması hazırlanmıştır. Bu algoritma kullanılarak, örnek bir kalıp sisteminin kalıp tasarımı teorik olarak yapılmıştır.

#### 5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, FBE2002D180 proje numarası ile Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

#### 6. KAYNAKLAR

1. Wenzel, D., "Compaction of concrete-principles, practice, special problems". *Betonwerk und Fertigteil - Technik*, 52 (3), 153-158, 1986.
2. Postacıoğlu, B., "Beton", *Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul*, 404s, 1987
3. Wilson, E.L., Yuan, M.W. and Dickens, J.M., "Dynamic Analysis by Direct Superposition of Ritz Vectors", *Earthquake Eng. and Structural Dynamics*, 10, 813-823, 1982.
4. SAP2000®, "Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures", *Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, USA*, 1999.
5. Aktaş, G., "Öngerilmeli Beton ve Betonarme Prefabrik Yapı Elemanı Üretimi için Bilgisayar Destekli Kalıp Tasarımı", *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2005.



## PREFABRİK YAPI ELEMANLARINDA TAZE BETON-KALIP ETKİLEŞİMİ İÇİN TİTREŞİM ETKİSİNDEKİ TAZE BETONUN MODELLENMESİ

**Gültekin AKTAŞ**

*D.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır/Türkiye*

**Tarık BARAN ve A. Kamil TANRIKULU**

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

**ÖZET :** *Bu çalışmanın amacı, prefabrik yapı elemanı üretiminde kullanılan kalıpların bilgisayar destekli tasarım ilkelerinin belirlenmesidir. Bu amaçla, üretim sırasında uygulanan vibrasyon etkisindeki çelik kalıbın ve taze beton-kalıp dinamik etkileşim probleminin çözümü için taze betonun modellenmesi üzerinde durulmuştur. Çalışma deneysel ve teorik olarak yapılmıştır. Deneysel kısmı, Kambeton firmasına ait üretim tesislerinde gerçekleştirilmiştir. Teorik kısmı ise, SAP2000® yazılımı kullanılarak, Sonlu Elemanlar Yöntemi ile yapılmıştır. Teorik ve deneysel deplasman değerleri karşılaştırılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** *Prefabrik yapı elemanı, Deneysel ölçüm, Titreşim, Taze betonun modellenmesi, Taze beton-kalıp etkileşimi*

### MODELLING OF FRESH CONCRETE FOR FRESH CONCRETE-MOULD INTERACTION IN PRECAST CONCRETE STRUCTURES UNDER VIBRATION

**ABSTRACT :** *The aim of this work is to determine the criteria of computer-aided design of the mould used in the production of precast concrete units. For this purpose, modeling of fresh concrete was performed to solve the problem of the effect of vibration applied on the steel mould during production and fresh concrete-mould dynamic interaction. The study was carried out experimentally and theoretically. The experimental part was realized at the production plant of Kambeton Company. The theoretical part was executed using Finite Element Method employed in SAP2000® software. The computational results of displacement histories were compared with the experimental ones.*

**Keywords:** *Precast concrete structure, Experimental measurement, Vibration, Modelling of fresh concrete, Fresh concrete- mould interaction*

## 1. GİRİŞ

Dış vibratörler, yaygın olarak, prefabrik beton elemanlarının üretiminde kullanılmaktadır. Vibratörlerin çalıştırılmasıyla beton kalıbına aktarılan titreşimin etkisi ile, kalıp içerisindeki taze betona da titreşim uygulanmaktadır.

Literatürde, taze betonun titreşim altındaki davranışının belirlenmesine yönelik sınırlı sayıda teorik ve/veya deneysel çalışmalar mevcuttur. Yapılan çalışmaların birçoğunda taze betonun, titreşimsiz durumda, Newton akışkanı olmadığı ve Bingham modeline uyduğu belirtilmiştir.

Tattersal ve Baker [1], titreşimsiz taze betonun akış davranışını aşağıdaki Bingham modeli ile göstermişlerdir.

$$\tau = \tau_0 + \mu \dot{\gamma} \quad (1)$$

Burada:  $\tau$  kayma gerilmesi,  $\tau_0$  akma gerilmesi,  $\mu$  plastik viskozite,  $\dot{\gamma}$  kayma hızı olmaktadır. Ayrıca, bir cihaz yardımıyla yaptıkları ölçümlerde, taze betona titreşim uygulandığında, akma gerilmesinin değerini kaybettiğini, dolayısıyla taze betonun Newton akışkanı (akma gerilmesi sıfır) özelliğini kazandığını ve plastik viskozite değerinin azaldığını göstermişlerdir.

Larrard ve diğ. [2], 'BTRHEOM' denilen bir cihaz kullanarak, titreşim altında taze betonun akma gerilmesinin yarıya indiğini, bazı durumlarda ise sıfıra yaklaştığını, ayrıca plastik viskozite değerinin titreşimden etkilenmediğini belirtmişlerdir.

Alexandridis ve Gardner [3], üç eksenli basınç cihazı kullanarak taze betonun kayma mukavemet karakteristiklerini deneysel olarak çalışmışlardır. Deney sonuçları, Mohr-Coulomb ve Rowe'nin kayma mukavemet teorisi ile analiz edilmiştir. Taze betonun "içsel sürtünme açısı", Mohr-Coulomb teorisi ile analiz edildiğinde, beton karışımının sabit bir özelliği olarak  $37^\circ-41^\circ$  arasında bulunmuştur. Rowe teorisi ile analiz edildiğinde,  $18^\circ-21^\circ$  arasında elde edilmiştir. Her iki teoride de, taze betonun yapışmasının (kohezyon) başlangıçta sıfır ve zamana bağlı olarak beton sertleştikçe arttığını göstermişlerdir.

U.S. Department of Transportation [4], HIPERPAV isimli bir bilgisayar yazılımında, taze betonun "Poisson Oranı" bir denklem ile ifade edilmiştir. Plastik durumda Poisson oranı, 0.40-0.45 arasında bulunmuştur. Zamanın bir fonksiyonu olarak Poisson oranı denklem (2)'deki gibi ifade edilmiştir.

$$v(t) = -0.05 \ln(t + 1.11) + 0.425 \leq 0.42 \quad (2)$$

Burada t: beton hazırlandıktan sonra geçen süre (saat).

Wenzel [5], prefabrik yapı elemanı üretiminde betonun sıkıştırılması için kullanılan dış vibratör titreşimlerinin, genellikle, 20 cm'den fazla nüfuz derinliğine ulaşamadığını, bu nedenle, bundan büyük kesitlerde vibratörlerin iki tarafa bağlanması gerektiğini belirtmiştir. Kalıba 50 Hz'lik devirsel frekans uygulandığında, büyük genlik olduğu için "segregasyona" neden olduğu görülmüştür. Bu durum iyi bir kompaksiyon etkisi elde etmek için, betonun daha yüksek frekanslara maruz kalması görüşüne yol açmıştır. Bu amaçla en uygun frekansın 75-200 Hz arasında olduğu tespit edilmiştir.

Prefabrik yapı elemanı üretiminde kullanılan vibratör tip ve konumunun deneme-yönümlü yöntemi ile belirlenmesi zaman kaybına yol açmakta ve her zaman en iyi sonucu vermemektedir. Bu nedenle bilgisayar destekli kalıp tasarımına ihtiyaç duyulmakta olup, çelik kalıp ve taze betonu içeren çok serbestlik dereceli yapı sisteminin modellenmesi ve dinamik analizinin yapılması gerekmektedir. Dinamik analiz için yaygın olarak "Mod Birleştirme Yöntemi" kullanılmaktadır.

Wilson ve diğ. [6], bazı örnek yapıların dinamik analizini, Mod Birleştirme Yönteminde Ritz vektörleri ve Özvektörleri ayrı ayrı kullanarak gerçekleştirmişler ve sonuçları karşılaştırmışlardır.

Bu çalışma, daha önce yapılan iki çalışmanın devamı niteliğindedir. Sözü edilen birinci çalışmada [7], prefabrik yapı elemanlarına ait çelik kalıplar boş (betonsuz) ve dolu (betonlu) halde deneysel olarak incelenmiş ve deneysel bulgular, kalıp içine dökülen taze betonun, kalıp davranışını önemli ölçüde değiştirdiğini ve bilgisayar destekli kalıp tasarımında, taze beton-kalıp etkileşiminin mutlaka göz önüne alınması gerektiğini göstermiştir. Diğer bir çalışmada [8], prefabrik yapı elemanlarına ait çelik kalıpların teorik analizi ele alınmış, ancak kalıp boş olarak modellenmiş olup taze betonun etkisi dikkate alınmamıştır. Bu çalışmada söz konusu eksiklik giderilmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada, prefabrik yapı elemanı üretiminde kullanılan çelik kalıpların bilgisayar destekli tasarımına temel teşkil etmek üzere, dış vibratörlerce titreştirilen çelik kalıp yüzeyinde seçilen bazı noktalarda, deneysel ve teorik olarak elde edilen zamana bağlı yanal deplasman değerleri karşılaştırılmaktadır.

Çalışmanın deneysel kısmı, Kambeton firmasının (Adana) üretim tesislerinde, 100Hz' lik dış vibratörler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Teorik kısmı ise SAP2000 [9] bilgisayar yazılımı kullanılarak, Sonlu Elemanlar Yöntemi ile yapılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

### 2.1. Donanım

- Dinamik şekil değiştirme (gerinme) ölçme cihazı (dynamic strain meter), Tokyo Sokki Kenkyujo Co., Ltd., Model No: DA-32D tipi,
- LVDT ,
- RC-Electronics, Inc., 16 kanallı ISC-16 PCI veri toplama kartı.

### 2.2. Yazılım

SIGNALYS, Ziegler-Instruments GmbH, Germany (1990).

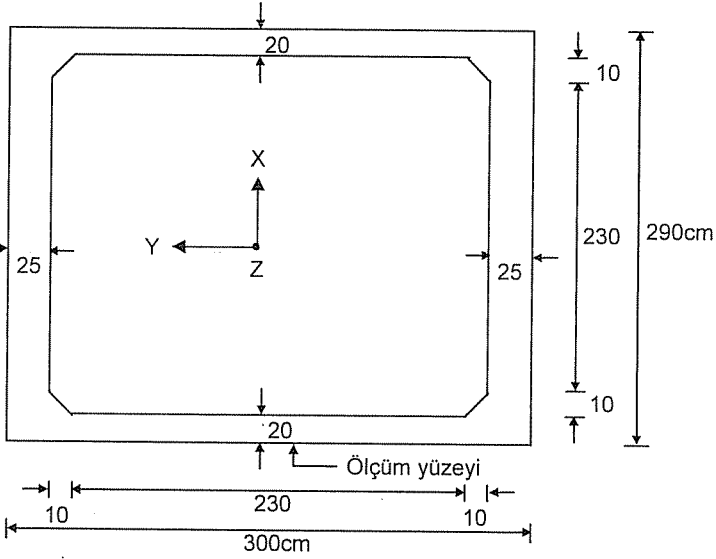
### 2.3. Deneyin Yapılışı

Deneyler, iki farklı prefabrik yapı (Kolon ve Kutu menfez) elemanına ait kalıplar üzerinde hem kalıbın boş (betonsuz) hem de taze beton ile dolu olması hallerinde ayrı ayrı ölçümler alınarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında kalıp dış yüzeyinde seçilen bazı noktalarda, kalıp yüzeyine dik deplasmanın zamanla değişimi, 0,5 msn (milisaniye) okuma aralığında 4.096 sn süre ile kaydedilmiştir. Deneylerde kullanılan Kutu menfez ve Kolon kalıplarının üstten görünüşü ve boyutları (cm cinsinden) Şekil 1 ve Şekil 2'de görülmektedir.

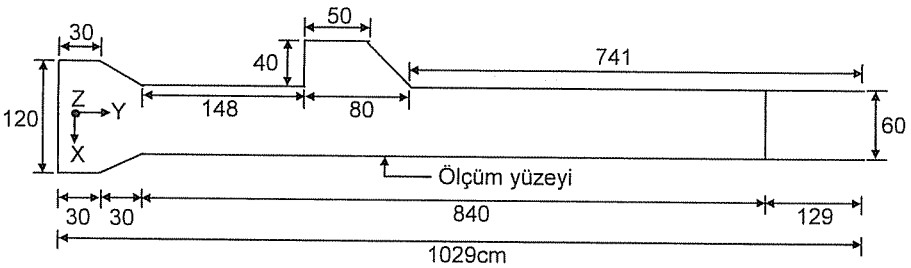
Üretimde kullanılan dış vibratörler ile ilgili özellikler. Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Dış vibratörün özellikleri

| Mekanik Özellikler |                  |       |         | Elektrik Özellikleri |             |      |
|--------------------|------------------|-------|---------|----------------------|-------------|------|
| Vibratör tipi      | Merkezkaç kuvvet |       | Ağırlık | Mak. girdi güç       | Mak. akım A |      |
| Devir/dak.         | kg               | kN    | kg      | W                    | 42V         | 250V |
| 6000-200Hz         | 1157             | 11.34 | 25      | 1200                 | 23          | -    |



Şekil 1. Kutu menfez kalıbının plan görünümü (h = 97 cm)



Şekil 2. Kolon kalıbının plan görünümü (h = 60 cm)

### 3. KALIBIN BOŞ İKEN (betonsuz) MODELLENMESİ

Sonlu sayıda eleman ile modellenmiş serbestlik derecesi N olan bir yapısal sistemin hareket denklemi, düğüm deplasmanları cinsinden

$$M \ddot{u} + C \dot{u} + K u = P(s, t)$$

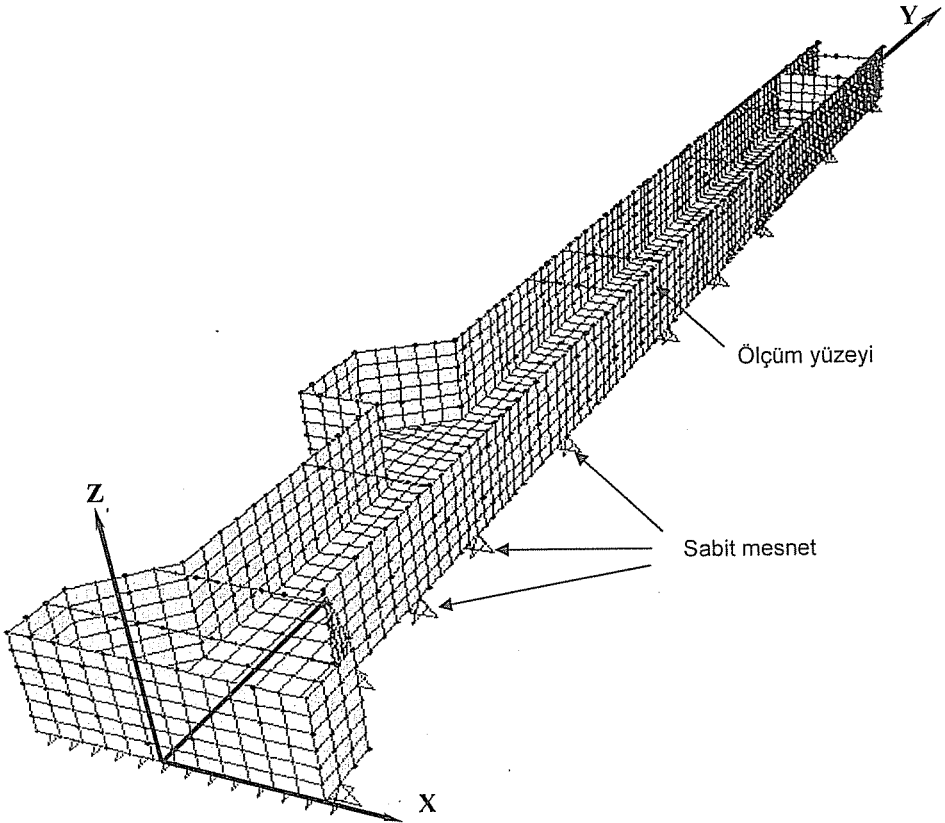
(3)

şeklinde yazılabilmektedir. Burada  $\mathbf{M}$ ,  $\mathbf{C}$  ve  $\mathbf{K}$  sistemin  $N \times N$  boyutlu kütle, sönüm ve rijitlik matrislerini,  $\ddot{\mathbf{u}}$ ,  $\dot{\mathbf{u}}$  ve  $\mathbf{u}$  sırasıyla sistemin  $N \times 1$  boyutlu zamana bağlı ivme, hız ve deplasman vektörlerini,  $\mathbf{P}(s, t)$  ise, yer ve zamanla değişen  $N \times 1$  boyutlu yük vektörünü göstermektedir.

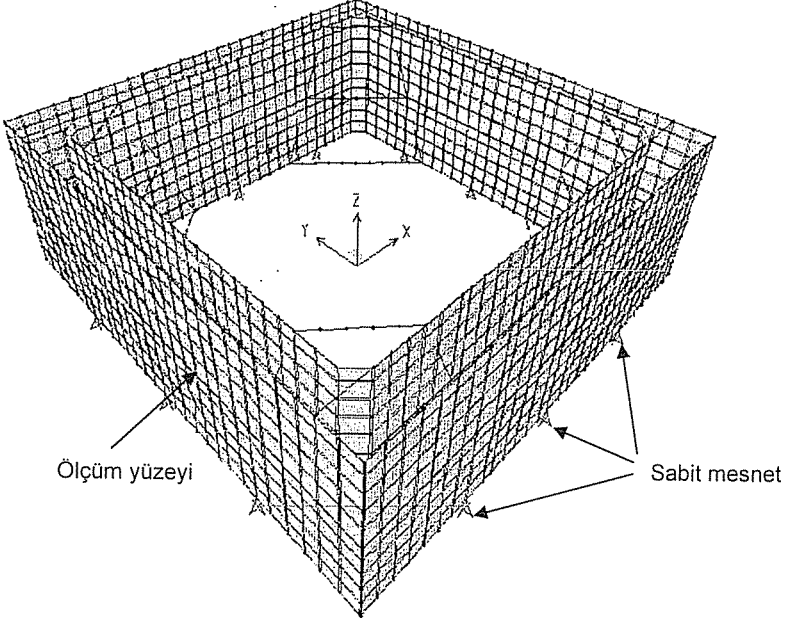
Sistem hareket denkleminin Zaman Tanım Alanında çözümü, Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılmıştır. Kullanılan mod vektörleri özvektörler ya da yüke bağlı Ritz vektörleri olabilmektedir.

Kutu menfez ve Kolon prefabrik yapı elemanlarına ait kalıp gövdeleri, 5 mm kalınlığında çelik sacdan imal edilmiş olup, ayrıca, kalıbı güçlendirici değişik boyut ve kesite sahip çelik profiller yatay, dikey ve diyagonal olarak kalıba bağlanmıştır. Dolayısıyla kalıplar, kabuk ve çubuk elemanlarından oluşturulmuştur. Kabuk sonlu elemanları geometriye bağlı olarak yaklaşık  $10 \times 10$  cm boyutlu dört düğümlü kare, dikdörtgen, trapez ve bağlantı amaçlı üç düğümlü üçgen elemanlarından oluşturulmuştur.

Kolon ve Kutu menfez kalıplarına ait üç boyutlu sonlu eleman ağları sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4'de sunulmaktadır.



Şekil 3. Kolon kalıbına ait sonlu elemanlar ağıının üç boyutlu görünümü



Şekil 4. Kutu menfez kalıbına ait sonlu elemanlar ağının üç boyutlu görünümü

### 3.1. Dış Vibratörlerin Kalıba Uyguladığı Yük

Dış vibratörler, bağlı buldukları kalıp yüzeyine

$$P(t) = P_0 \sin(\omega t) \quad (4)$$

değerinde, yüzeye dik sinüzoidal bir dinamik yük uygulamaktadır. Burada

$P_0$ : Yükün genliğini,

$\omega$ : Yükün açısal frekansını (zorlama frekansı),

$t$ : Zamanı,

göstermektedir. Yükün periyodu ( $T$ ) ve devirsel frekansı ( $f$ ) ise, açısal frekans cinsinden

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{T} \quad (\text{Hz}) \quad (5)$$

şeklinde yazılabilmektedir. Vibratörler 20x25cm boyutunda rijit bir plakaya bağlı olup bu plaka vasıtasıyla kalıp yüzeyine sabitlenmektedir. Bu çalışmada boş kalıp üzerinde yapılan analizlerde, vibratör yükünün, vibratörün bağlı bulunduğu plaka ile temas eden kabuk eleman yüzeylerine düzgün yayılı bir basınç yükü olarak etkidiği kabul edilmektedir.



#### 4. KALIBIN TAZE BETON İLE DOLU İKEN MODELLENMESİ

Kalıba dökülen taze beton, boş duruma kıyasla kalıp davranışını büyük ölçüde değiştirmekte olup modellemede taze beton-kalıp etkileşiminin dikkate alınması gerekmektedir. Bu amaçla:

- Taze betonun kalıp yüzeyine şiddeti zamana ve yere bağlı olarak değişen bir basınç yükü uyguladığı,
- Beton kütesinin, kalıp yüzeyindeki düğüm noktalarında toplanmış çok sayıda noktasal kütleler şeklinde tanımlanabileceği, kabul edilmektedir.

Kalıbın ve vibratör yükünün modellenmesi boş kalıpta olduğu gibidir.

##### 4.1. Taze Betonun Kalıba Uyguladığı Basınç Yükü

Taze beton tarafından kalıba uygulanan basınç yükü,

$$P(s, t) = b(s) w(t) \quad (6)$$

şeklinde, yere  $[b(s)]$  ve zamana  $[w(t)]$  bağlı iki fonksiyonun çarpımı olarak ifade edilmektedir. Bu fonksiyonlar aşağıda tanımlanmaktadır.

##### 4.1.1. Yere Bağlı $b(s)$ Fonksiyonu

$b(s)$  fonksiyonu, katı olmayan taze betonun kalıba uyguladığı yanal statik basıncı göstermekte olup

$$b(s) = K_o \gamma h \quad (7)$$

$$K_o = 1 - \sin \phi \quad (7a)$$

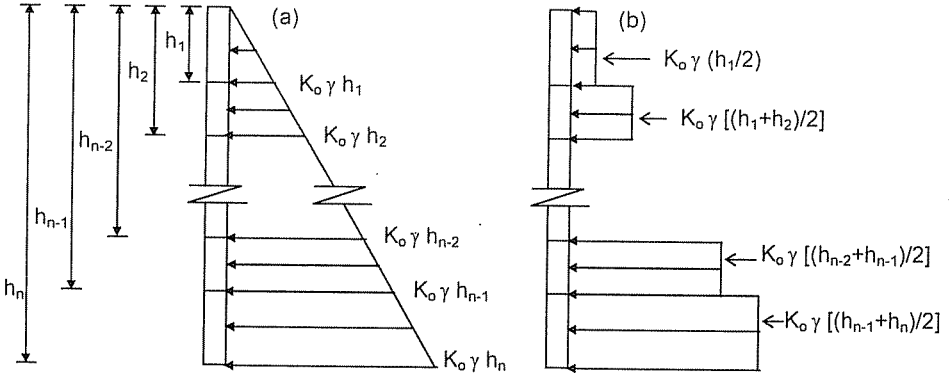
$$K_o = \nu / (1 - \nu) \quad (7b)$$

ifadeleri ile tanımlanmaktadır. Burada:

- $b$  : Statik yanal basınç (kuvvet/alan),
- $K_o$  : Yanal basınç katsayısı,
- $\gamma$  : Malzemenin birim hacim ağırlığı,
- $h$  : Yükseklik,
- $\phi$  : Malzemenin içsel sürtünme açısı,
- $\nu$  : Malzemenin Poisson Oranı,

anlamındadır.  $K_o$ , 0 ile 1 arasında değişen bir katsayı olup denklem (7a)'da görüldüğü gibi malzemenin içsel sürtünme açısına bağlı veya denklem (7b)'de olduğu gibi malzemenin Poisson Oranına bağlı olmak üzere iki farklı biçimde ifade edilmektedir.

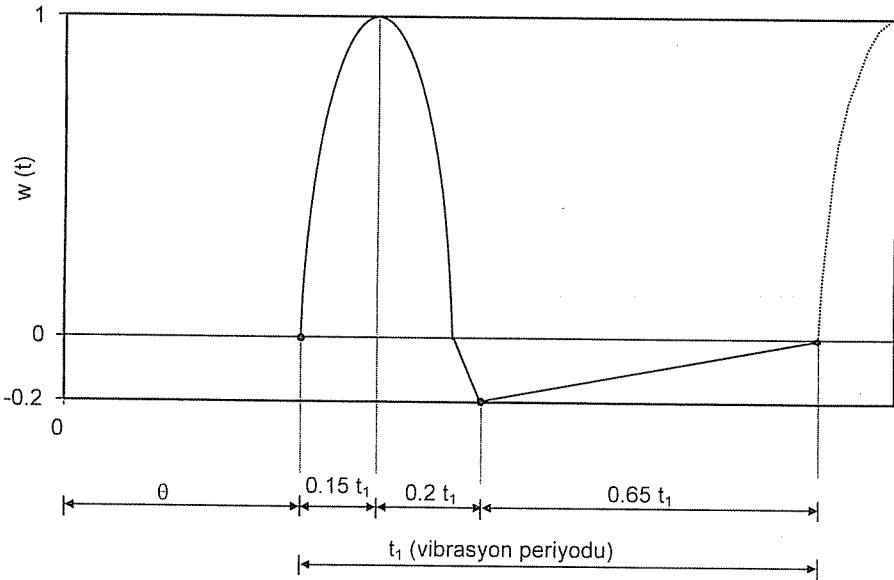
Statik yanal basıncın kalıp yüksekliği boyunca gerçek dağılımı Şekil 5a'da görülmektedir. Kalıbın yükseklik boyunca  $n$  adet kabuk elemanına bölündüğü varsayılırsa, her bir eleman için uygulanacak üniform basınç yükü değerleri ise Şekil 5b'de açıklandığı gibi hesaplanmaktadır.



Şekil 5. (a) Yanal basıncın gerçek dağılımı, (b) Yanal basıncın simülasyonu

#### 4.1.2. Zamana Bağlı $w(t)$ Fonksiyonu

Vibrasyon işlemi sırasında, taze betonun kalıp yüzeyine uyguladığı basıncın zamanla değişiminin belirlenmesi amacıyla, kalıp boş ve dolu iken gerçekleştirilen deneysel ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Bu yolla modellenen taze betonun yüzeylerde oluşturduğu tepki kuvvetinin zamanla değişimini ifade eden  $w(t)$  fonksiyonu, Şekil 6'da görüldüğü gibi periyodik bir fonksiyon olarak seçilmiştir.  $\theta$ , vibrasyon yükü ile beton tepkisi arasındaki faz farkını göstermektedir.



Şekil 6.  $w(t)$  fonksiyonunun zamanla değişimi

## 5. UYGULAMALAR

Bu bölümde, Kambeton firmasınınca prefabrik Kutu menfez ve Kolon elemanları üretiminde kullanılan iki farklı çelik kalıp üzerinde, kalıplar taze beton ile dolu halde iken, yapılan deneysel ve teorik çalışmalardan elde edilen bulgular sunulmakta ve değerlendirilmektedir. Dinamik davranışın başlangıç devresinde belirgin bir düzensizlik olmakla birlikte bu durum çok kısa süre içinde yok olmakta ve davranış düzenli hale gelmektedir. Bu nedenle grafikler, davranışın düzenli olduğu tipik bir zaman dilimi için sunulmaktadır. Teorik analizler, SAP2000® paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerdeki titreşim modu sayısının belirlenmesinde, yapının global X, Y ve Z yönlerindeki kümülatif kütle katılım oranlarının %90'ı geçmesi esas alınmıştır. Tüm grafiklerde, deplasmanın pozitif yönleri kalıp yüzeyinden içeriye doğrudur.

Kalıpların üretildiği çelik ve betona ait bazı parametre değerleri aşağıdaki gibi seçilmiştir.

|   |  |
|---|--|
| Çelik birim hacim ağırlığı  | : 7.682x10 <sup>-5</sup> N/mm <sup>3</sup> |
| Çelik Elastisite modülü   | : 199948 N/mm <sup>2</sup>                 |
| Çelik Poisson oranı   | : 0.30                                     |
| Taze beton birim hacim ağırlığı                                     | : 2.45 t/m <sup>3</sup>                    |
| Taze beton içsel sürtünme açısı ( $\phi$ )                          | : 18°                                      |
| Taze beton Poisson Oranı  | : 0.40                                     |
| Taze beton yanal basınç katsayısı ( $K_0$ )                         | : 0.75                                     |
| Vibrasyon yükü ile beton tepkisi arasındaki faz farkı ( $\theta$ ): | 4.5 msn                                    |

### 5.1. Uygulama 1

Bu uygulamada, Kutu menfez ve Kolon kalıpları için, serbest titreşim analizi gerçekleştirilmiştir. Kalıbın ilk altı titreşim moduna ait devirsel frekans değerleri Çizelge 2'de görülmektedir.

**Çizelge 2.** Kutu menfez ve Kolon kalıplarına ait serbest titreşim frekansları

| Mod No | Kutu menfez kalıbı<br>Frekans (Hz) | Kolon kalıbı<br>Frekans (Hz) |
|--------|------------------------------------|------------------------------|
| 1      | 18.49                              | 7.42                         |
| 2      | 21.77                              | 9.78                         |
| 3      | 21.82                              | 12.38                        |
| 4      | 25.48                              | 13.38                        |
| 5      | 25.94                              | 14.60                        |
| 6      | 27.98                              | 17.16                        |

Frekans değerlerinin incelenmesinden görüleceği gibi, kalıba ait en etkili frekans değerleri, 100 Hz olan vibratör frekansına göre çok küçük kalmaktadır. Dolayısıyla, kalıba 100 Hz'lik vibratörler yardımıyla titreşim uygulanmasının rezonansa sebep olmayacağı ve kalıp stabilitesini bozmayacağı anlaşılmaktadır.

Bu uygulamada ayrıca, Mod Birleştirme Yönteminde alternatif olarak kullanılabilen Özevktör ve Ritz vektörlerinin kümülatif kütle katılım oranına

katkısı incelenmiştir. Mod sayısına göre kütle katılım oranlarının yönlere göre değişimi Kutu menfez kalıbı için Çizelge 3’de, Kolon kalıbı için Çizelge 4’de görülmektedir.

Çizelgelerin incelenmesinden görüleceği gibi, aynı sayıda Ritz vektörleri kullanılarak elde edilen kütle katılım oranlarının, Özvektörler ile elde edilenlere kıyasla çok daha yüksek olduğu görülmektedir.

**Çizelge 3.** Kutu menfez kalıbına ait kütle katılım oranları

| Mod sayısı | Vektör tipi         | Kütle katılım oranları (%) |              |              |
|------------|---------------------|----------------------------|--------------|--------------|
|            |                     | X yönü                     | Y yönü       | Z yönü       |
| 50         | Özvektör            | 29.08                      | 31.03        | 0.005        |
|            | <b>Ritz vektörü</b> | <b>88.64</b>               | <b>87.15</b> | <b>98.15</b> |
| 100        | Özvektör            | 34.78                      | 34.52        | 0.01         |
|            | <b>Ritz vektörü</b> | <b>96.05</b>               | <b>95.87</b> | <b>99.17</b> |
| 150        | Özvektör            | 35.54                      | 37.18        | 0.05         |
|            | <b>Ritz vektörü</b> | <b>97.91</b>               | <b>97.82</b> | <b>99.65</b> |

**Çizelge 4.** Kolon kalıbına ait kütle katılım oranları

| Mod sayısı | Vektör tipi         | Kütle katılım oranları (%) |              |              |
|------------|---------------------|----------------------------|--------------|--------------|
|            |                     | X yönü                     | Y yönü       | Z yönü       |
| 50         | Özvektör            | 48.47                      | 4.00         | 15.43        |
|            | <b>Ritz vektörü</b> | <b>84.42</b>               | <b>75.80</b> | <b>89.27</b> |
| 100        | Özvektör            | 52.83                      | 4.55         | 17.10        |
|            | <b>Ritz vektörü</b> | <b>94.30</b>               | <b>88.37</b> | <b>97.69</b> |
| 150        | Özvektör            | 55.17                      | 5.21         | 17.29        |
|            | <b>Ritz vektörü</b> | <b>98.20</b>               | <b>94.64</b> | <b>99.18</b> |

## 5.2. Uygulama 2

Bu uygulamada, Kutu menfez ve Kolon kalıpları için teorik titreşim analizi gerçekleştirilmekte ve sonuçlar deneysel veriler ile karşılaştırılmaktadır.

Kutu menfez kalıbında ölçüm yüzeyinde bulunan bir dış vibratör etkisi altında 1 ve 2 nolu noktalarda (Şekil 7), Kolon kalıbında ise, ölçüm yüzeyinde bulunan iki dış vibratör etkisi altında A, B ve C noktalarında (Şekil 8) kalıp yüzeyine dik doğrultudaki deplasmanın zamanla değişimi ölçülmüştür.

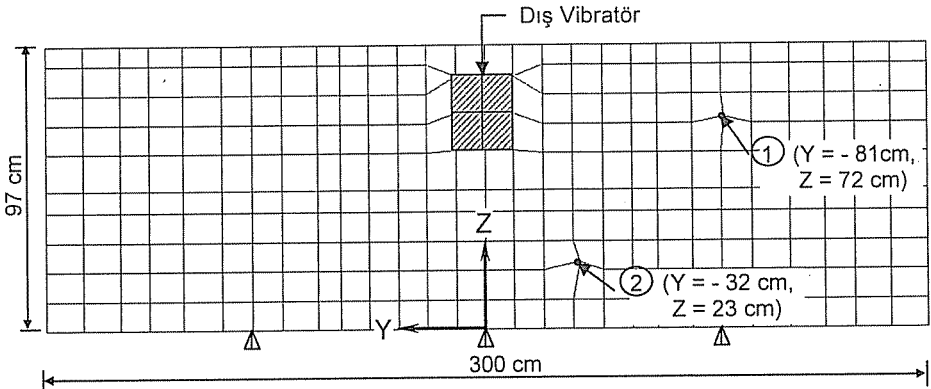
Kutu menfez kalıbının Zaman Tanım Alanındaki analizi, 95 adet Ritz vektörü, Kolon kalıbı için 125 adet Ritz vektörü, kullanılarak yapılmıştır. Başlangıç Ritz vektörleri olarak, vibratörün kalıba uyguladığı basınç yükü, taze betonun kalıba uyguladığı basınç yükü ve global eksen takımındaki ivme vektörleri kullanılmıştır. Kalıplara ait titreşim parametreleri, Çizelge 5 ve 6’da görülmektedir.

**Çizelge 5.** Kutu menfez kalıbına ait titreşim parametreleri

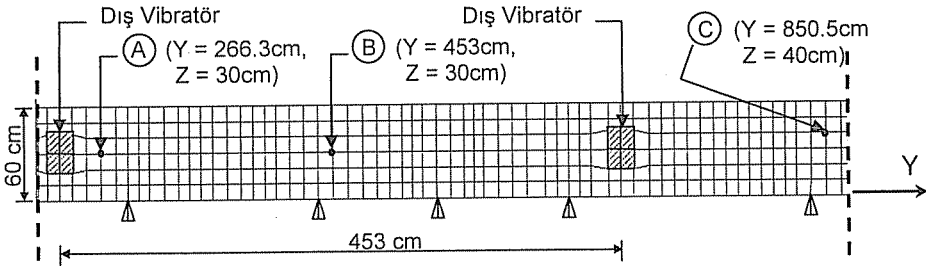
| Dinamik serbestlik derecesi sayısı | Kümülatif kütle katılım oranları (%)<br>(Ritz vektörü sayısı = 95) |        |        |
|------------------------------------|--|--------|--------|
|                                    | X yönü   | Y yönü | Z yönü |
| 7353                               | 95.67  | 95.44  | 99.11  |

**Çizelge 6.** Kolon kalıbına ait titreşim parametreleri

| Dinamik serbestlik derecesi sayısı | Kümülatif kütle katılım oranları (%)<br>(Ritz vektörü sayısı = 125) |        |        |
|------------------------------------|---|--------|--------|
|                                    | X yönü  | Y yönü | Z yönü |
| 6330                               | 95.67   | 95.44  | 99.11  |

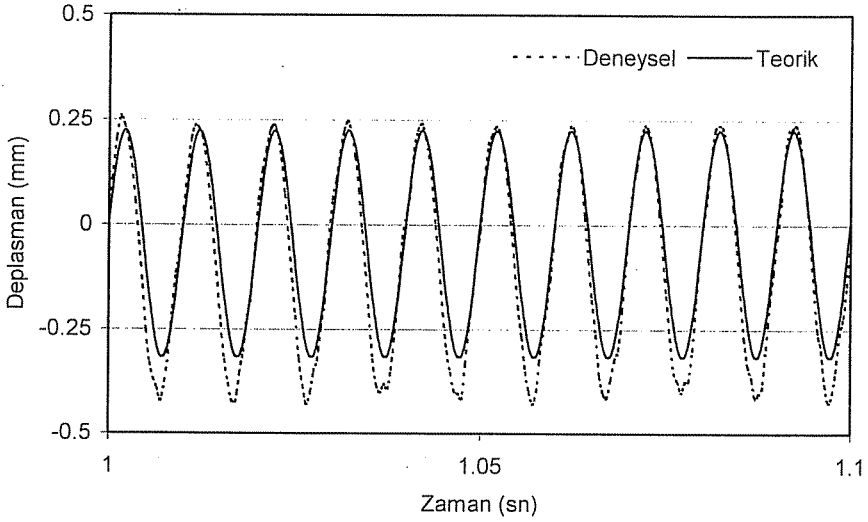


**Şekil 7.** Kutu menfez kalıbının ölçüm yüzeyi (Y-Z düzlemi, X = -145 cm)

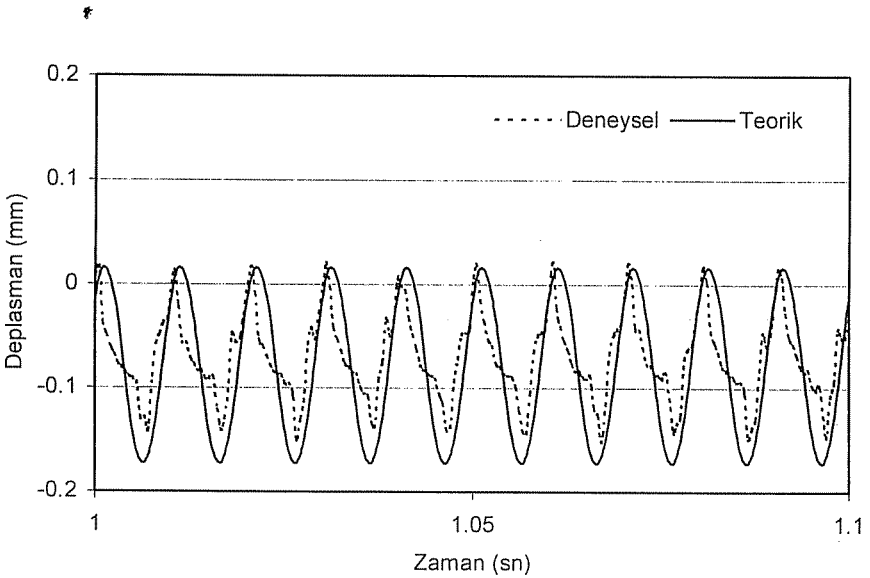


**Şekil 8.** Kolon kalıbının ölçüm yüzeyi (Y-Z düzlemi, X = 30 cm)

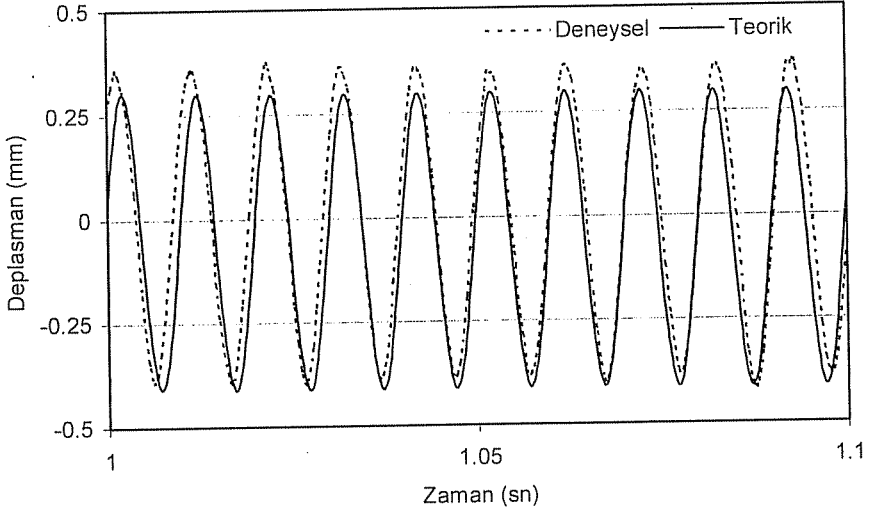
İki kalıp sistemi için seçilen noktalarda teorik olarak elde edilen deplasmanın zamanla değişimi, aynı noktalarda elde edilen deneysel veriler ile, tipik bir zaman dilimi için Şekil 9~13'de karşılaştırılmaktadır. Şekillerin incelenmesinden, teorik ve deneysel sonuçların uyum içinde olduğu görülmektedir.



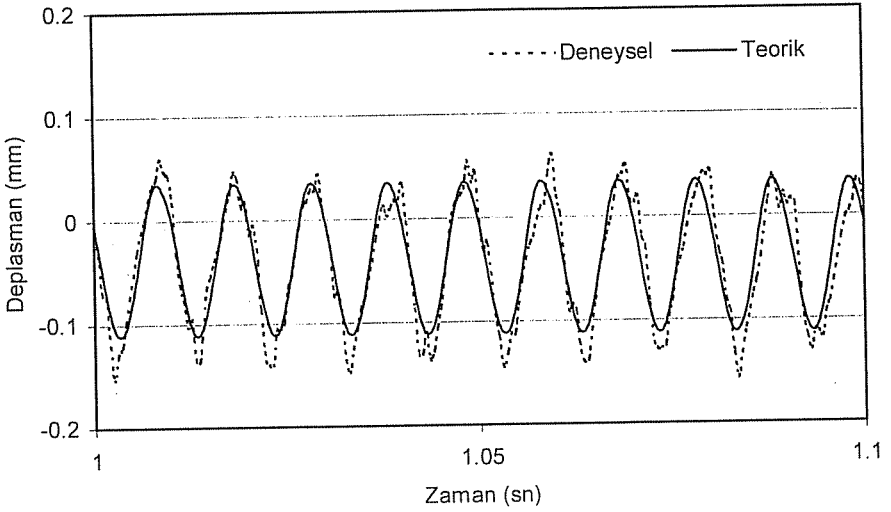
Şekil 9. Kalıp yüzeyinde deneysel ve teorik elde edilen deplasmanın zamanla değişimi (Kutu menfez kalıbı, 1 nolu nokta)



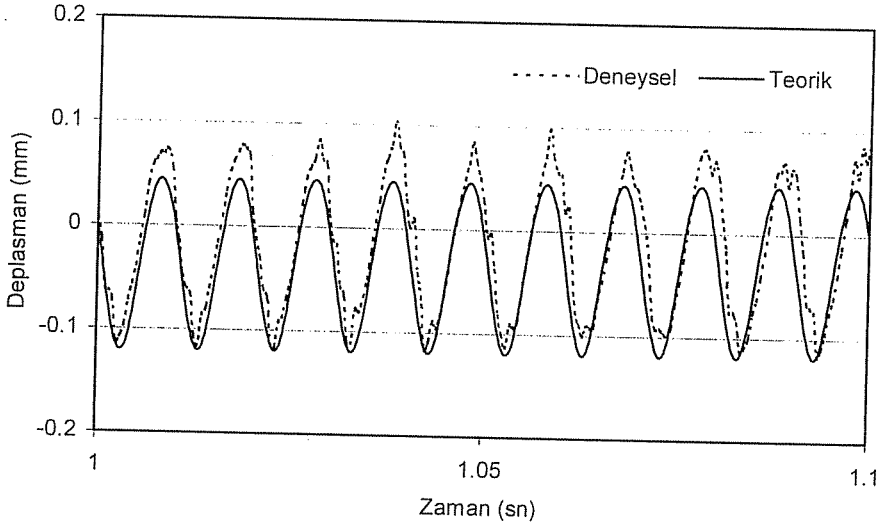
Şekil 10. Kalıp yüzeyinde deneysel ve teorik elde edilen deplasmanın zamanla değişimi (Kutu menfez kalıbı, 2 nolu nokta)



Şekil 11. Kalıp yüzeyinde deneysel ve teorik elde edilen deplasmanın zamanla değişimi  
(Kolon kalıbı, A noktası)



Şekil 12. Kalıp yüzeyinde deneysel ve teorik elde edilen deplasmanın zamanla değişimi  
(Kolon kalıbı, B noktası)



**Şekil 13.** Kalıp yüzeyinde deneysel ve teorik elde edilen deplasmanın zamanla değişimi (Kolon kalıbı, C noktası)

## 6. SONUÇLAR

Dış vibratörler kullanılarak üretilen prefabrik yapı elemanlarında şantiye deneyleri, Kambeton firmasının (Adana) üretim tesislerinde veri toplama sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İki farklı prefabrik yapı elemanında deneyler, bu elemanları oluşturan çelik kalıpların yüzeyinde seçilen bazı kritik noktalarda, kalıp yüzeyine dik doğrultudaki deplasmanın zamanla değişimi ölçülerek, gerçekleştirilmiştir.

Kalıbın dolu olması halinde, taze betonun etkisi dikkate alınarak, taze beton-kalıp etkileşimi için bir model hazırlanmıştır. Bu model kullanılarak hesaplanan değerler, deneysel olarak ölçülenler ile karşılaştırılmış, sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür. Sözü edilen model, bilgisayar destekli kalıp tasarımına ışık tutacak niteliktedir.

Dinamik mod birleştirme analizinde, aynı sayıda mod kullanılması koşuluyla, Ritz vektörleri kullanılarak yapılan analizlerin tamamlanma süresi (computer time) Özvektörlerin kullanılmasına göre çok önemli oranda azalmaktadır; ayrıca, dinamik kütle katılım oranları büyük ölçüde artmaktadır. Bu nedenle, binlerce dinamik serbestlik derecesine sahip karmaşık kalıp sistemleri için, dinamik mod birleştirme analizinde, Ritz vektörlerinin kullanılması önerilmektedir.

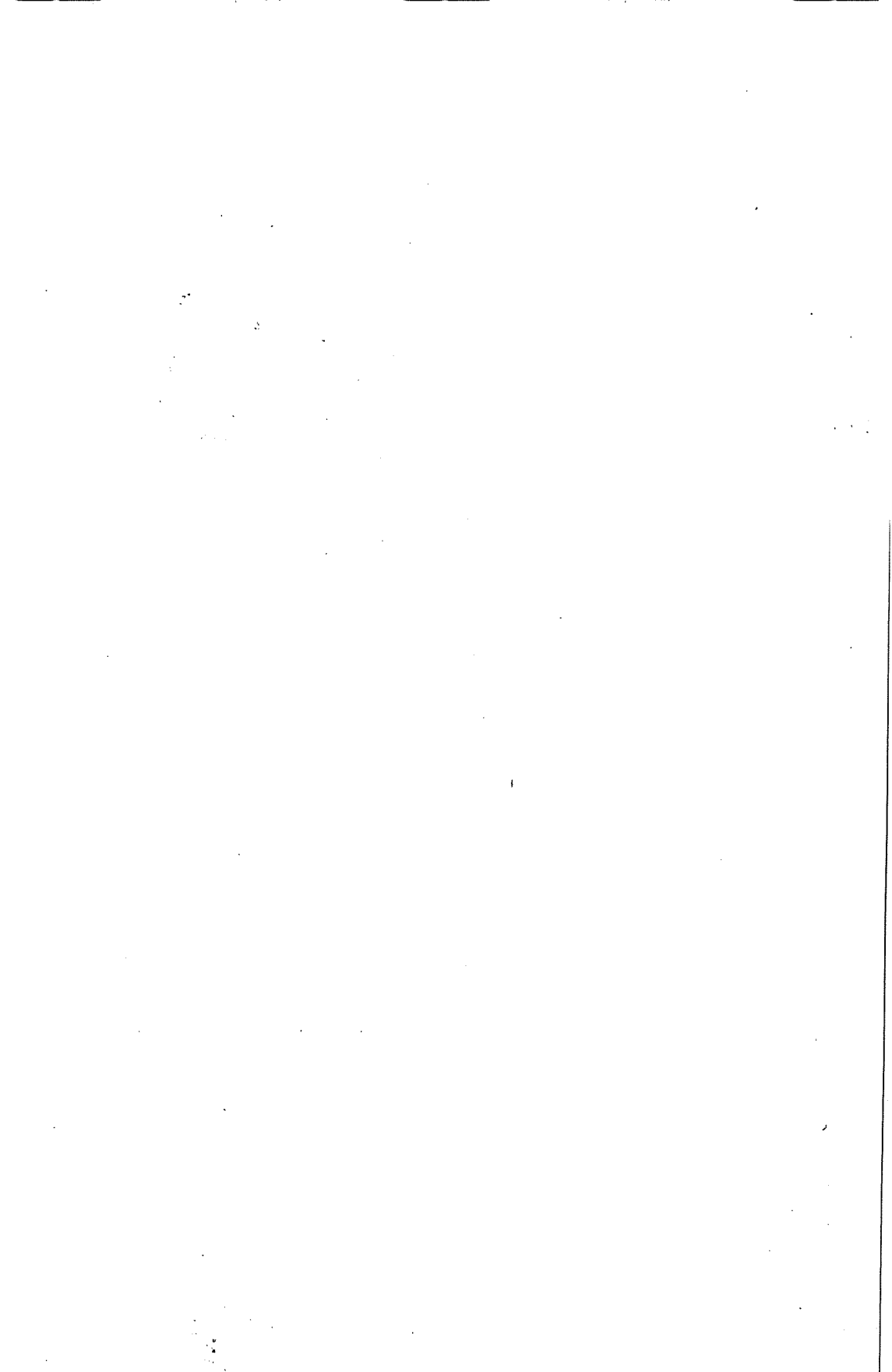
## 7. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, FBE2002D180 proje numarası ile Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.



## 8. KAYNAKLAR

1. Tattersall, G.H. and Baker, P.H., "Effect of vibration on the rheological properties of fresh concrete", *Magazine of Concrete Research*, 40 (143), 79-89, 1988.
2. Larrard, F.D., Hu, C., Sedran, T., Sziitkar, J.C., Jolt, M., Claux, F. and Derckx, F., "New rheometer for soft-to-fluid fresh concrete", *ACI Materials Journal*, 94 (3), 234-243, 1997.
3. Alexsandridis, A. and Gardner, N.J., "Mechanical behaviour of fresh concrete", *Cement and Concrete Research*, 11 (3), 323-339, 1981.
4. U.S. Department of Transportation. Poission's Ratio and Temperature Gradient Adjustments. HIPERPAV Validation Model Summary. Federal Highway Administration Research, Technology, and Development Turner-Fairbank Highway Research Center 6300 Georgetown Pike McLean, Virginia 22101-2296. 1-4, 2003.
5. Wenzel, D., "Compaction of concrete-principles, practice, special problems". *Betonwerk und Fertigteil - Technik*, 52 (3), 153-158, 1986.
6. Wilson, E.L., Yuan, M.W. and Dickens, J.M., "Dynamic Analysis by Direct Superposition of Ritz Vectors", *Earthquake Eng. and Structural Dynamics*, 10, 813-823, 1982.
7. Aktaş, G., Baran, T. ve Tanrıku, A.K., "Prefabrik yapı elemanı üretiminde kullanılan çelik kalıpların titreşim etkisinde deneysel olarak incelenmesi", *Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20 (1), 105-116, 2005.
8. Aktaş, G., Baran, T. ve Tanrıku, A.K., "Prefabrik yapı elemanı üretiminde kullanılan çelik kalıpların titreşim etkisinde teorik ve deneysel olarak incelenmesi", *Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20 (1), 117-128, 2005.
9. SAP2000®, "Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures", *Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, USA*, 1999.



## İNŞAAT PROJELERİNİN GERÇEKLEŞTİRİLME SÜRECİ İÇİN TASARLANMIŞ BİR SÖZLEŞME YÖNETİM MODELİ

**Nuran KAYA DANIŞMAN**

*Bayındırlık ve İskân Müdürlüğü, Adana/Türkiye*

**M. Emin ÖCAL**

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

**ÖZET :** İnşaat projelerinde katılımcılar projenin gerçekleştirilme aşamasında sözleşmenin yönetimi için çeşitli doküman ve formlardan yararlanmaktadırlar. Bunlardan bazıları katılımcılar arasında bilgi alışverişini ve iletişimi sağlamak için ortak olarak kullanılmalıdır. Bu çalışmada, proje katılımcılarının kullandıkları birçok form ve dokümanın ortak bir platformda toplanmasını ve izlenmesini sağlayacak bir sözleşme yönetim modeli tasarlanmıştır. Modeli oluşturan program Microsoft Access 'da tasarlanmıştır ve toplam maliyet esasına dayalı inşaat projeleri için projenin yapım sürecinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Program, projeler ve sözleşme dokümanları, şantiye kayıtları, değişikliklerin izlenmesi ve yönetimi, hakediş ödemeleri, anlaşmazlık izleme ve çözümü isimli modüllerden oluşmaktadır.

### A CONTRACT MANAGEMENT MODEL FOR CONSTRUCTION PROJECTS

**ABSTRACT :** Project participants use various documents and forms during management of a construction contract. Some of them have to be commonly used in order to enable transfer of information and also communication. In this paper, a contract management model has been designed for collecting and tracking various forms and documents which are used by project participants. The model can be used for lump-sum construction projects. The model includes modules called as "Projects and contract documents", "Site records", "Tracking and management of changes", "Progress payments", "Tracking and solving of disagreements".

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde, inşaat sektöründeki standartların azlığı, yasal düzenlemelerin yetersizliği, gibi nedenlerle işveren açısından sözleşme yürütme hizmetlerinin sağlanmasında anlayış farklılıkları ve eksiklikler vardır. Mevcut anlayış içerisinde projenin gerçekleştirilmesi aşamasında, işveren adına müteahhit aktivitelerinin denetiminin, daha çok proje çizimlerine uygunluk olarak çoğunlukla mimar veya mühendislerce gerçekleştirilmesi yeterli görülmektedir. Projenin yürütülmesi, işverenin hedeflediği süre ve maliyetin aşılması açısından kuşkusuz bu denetim tek başına yeterli değildir. Çünkü bir inşaat projesinde, çizimlerdeki, sözleşme fiyatındaki ve sözleşme süresindeki değişiklikler ile tarafların projede yaşanan anlaşmazlıklar karşısındaki işlem ve tutumlarının da izlenmesi, değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra işveren-müteahhit arasında çıkacak anlaşmazlıkların zamanında çözümlenmesi ve sözleşmenin yürütülmesine devam edilmesi, işveren açısından önemli olduğu kadar ülke ekonomisi açısından da önemlidir. Bütün bu faaliyetlerin bir arada yürütülmesi amacıyla hazırlanmış standartlaştırılmış formların proje taraflarınca ortak kullanımına olanak verecek programlar proje yönetimine katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, toplam maliyet esasına dayalı projeler için, sözleşme yönetim hizmetleri kapsamındaki temel fonksiyonların ve gerekli enformasyonun neler olduğu belirlenmiş ve bu enformasyonun bilgisayar destekli kullanımına olanak sağlayacak bir model programın geliştirilmesi amaçlanmıştır. Program MS Access kullanılarak tasarlanmıştır ve beş modülden oluşturulmuştur (1).

Program, sözleşmedeki tarafların proje bilgi yönetim fonksiyonunun etkinliğinin artırılmasına, daha az çaba ile daha fazla proje raporunun oluşturulabilmesine, çeşitli raporlar için kullanılan formatın standartlaştırılmasına, projenin ve aktivitelerin durumunun izlenmesine ve kontrolünün etkinleştirilmesine olanak sağlamaktadır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bir yapı projesinin zamanında tamamlanabilmesi için şantiyedeki bilgi akışının izlenmesini Rasdorf ve Herbert (1) çok önemli bir görev olarak tanımlamıştır.

Russell (2), şantiye günlük raporuna dayalı olarak bilgi toplayan bir yaklaşımı tanımlamıştır. Krone (3), bilgisayarla inşaat değişiklik taleplerinin yönetiminin yararı ile yapılan metodlarla kıyaslayarak irdelenmiştir. Lock (4), bilgisayar tabanlı bilgi sisteminin mühendisler için amacını, mühendislerin yönettikleri fonksiyon ve işlemlere daha sistematik bakabilmeleri için bilginin toplanması, işlenmesi ve iletilmesi olarak ifade etmiştir.

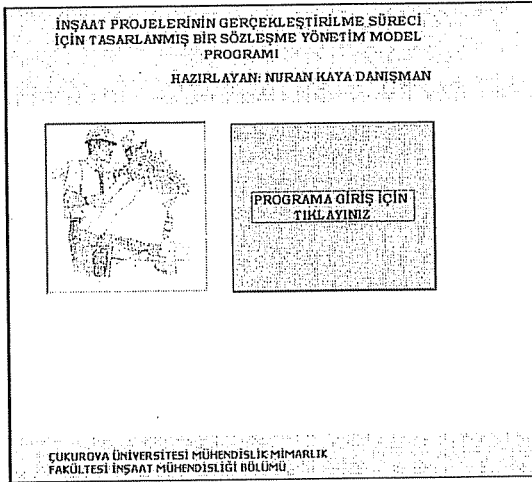
Latham (5), İngiltere'deki inşaat sektörünün durumunu incelemiş ve modern bir inşaat sözleşmesinin taşıması gereken ilkeleri saptamıştır. Kangari (6), dokümantasyonun sözleşme tartışmalarını önlemedeki anahtar rolünü açıklayan bir çalışma yapmıştır.

Shahid ve Froese (7), "Proje Yönetimi Bilgi Kontrol Sistemleri" isimli makalelerinde inşaat endüstrisinde proje dokümantasyonunun ve bilgi akışının kapsamını tanımlamışlardır.

Turner ve Simister (8), makalelerinde, sözleşmenin bir proje organizasyonu oluşturmanın yolu olduğunu savunarak, sözleşmenin bu bağlamda önemini vurgulamışlardır.

### 3. PROGRAMIN TASARIMI

Program tasarlanırken öncelikle bir inşaat projesinin sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için hangi prosedürlerin var olması gerektiği ve bu prosedürler çerçevesinde taraflarca genel olarak ne tür dokümanların kullanılması gerektiği saptanmıştır. Programda kullanılacak dokümanların içeriğini tespit etmek amacıyla bir inşaat işinde proje katılımcılarının sorumlulukları genel hatlarıyla belirlenmiştir. Bunun için tarafların aralarında yapacağı sözleşme içeriğinde olması zorunlu hükümler dikkate alınmıştır. Bu nedenle yurt içinde ve dışında kullanılan birçok standart sözleşme tasarısı gözden geçirilmiştir. Buna dayalı olarak oluşturulması gereken prosedürler çerçevesinde proje katılımcılarının ne tür ve hangi içerikte dokümanlar kullanması gerektiği tespit edilmiştir. Daha sonra, kullanılması gereken dokümanların içeriği tasarlanmış ve bu dokümanlar MS ACCESS programı sayesinde oluşturulan *Projeler ve Sözleşme Dokümanları*, *Şantiye Kayıtları*, *Proje Değişikliklerini İzleme Ve Değerlendirme*, *Hakediş Ödemeleri*, *Anlaşmazlık Çözümü* ana başlıklı modüller içerisinde yer alacak şekilde bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Şekil 1 ve Şekil 2).



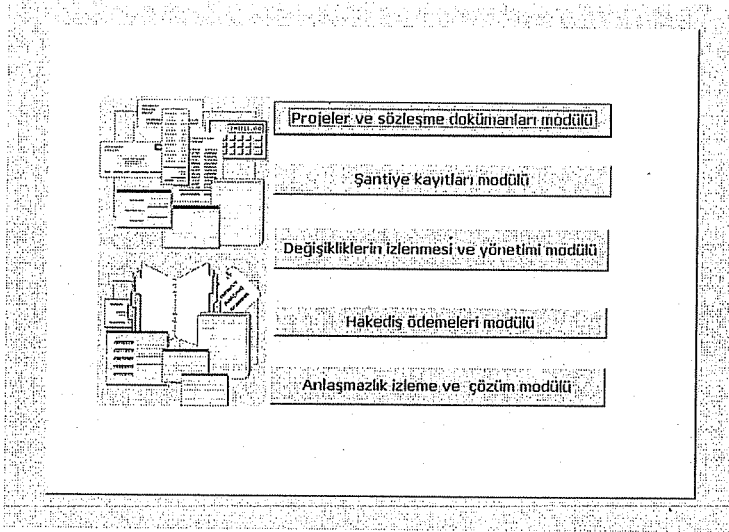
Şekil 1. Programın Giriş Menüü

#### 3.1. Programda Yer Alan Ana Modüller

##### 3.1.1. Projeler ve Sözleşme Dokümanları Modülü

Bu modülde daha çok inşaat projesinin başlangıç aşamasını ilgilendiren formlar yer almaktadır. Bu modül içerisinde, proje aktiviteleri, projeye ait çizimler, şartnameler, sözleşmeler, başlangıç iş programı, başlangıç sunum programı, proje başlangıç toplantısı ve proje personeli isimli formlar oluşturulmuştur (Şekil 3).

Projeye ait başlangıç bilgilerinin tanımlandığı bu modülde öncelikle kayıtlarının tutulması istenilen bütün projelerin *proje no*, *proje adı*, *proje başlangıç ve bitiş tarihleri* ve *proje maliyeti* bilgileri tanımlandıktan sonra makrolar yardımıyla açılan aşağıdaki formlarda yer alan bilgilere ait veri kayıtları yapılmaktadır.



Şekil 2. Programda Yer Alan Ana Modüller

| PROJELER VE SÖZLEŞME DOKÜMANLARI MODÜLÜ |                    |                            |  |
|---|--------------------|----------------------------|--|
| Proje no                                | 1                  | Proje adı                  | Adana Merkez 25 Derslikli İlköğretim Okulu |
| Proje başlama                           | 05.10.2003         | Proje bitiş                | 20.08.2005                                 |
| Proje maliyeti:                         | 500.000.000.000 TL | Projeleri kaydet           |  |
| Proje aktiviteleri                      |                    | Proje personeli            |  |
| Projeye ait çizimler                    |                    | Başlangıç iş programı      |  |
| Şartnameler                             |                    | Başlangıç sunum programı   |  |
| Sözleşmeler                             |                    | Proje başlangıç toplantısı |  |
| GİRİŞ MENÜSÜ                            |                    |                            |  |

Şekil 3. Projeler ve Sözleşme Dokümanları Modülü

**Proje aktiviteleri:** Kayıtları tutulmak istenilen projelere ait aktiviteler, *proje no*, *aktivite kodu*, *aktivite adı* ve *projedeki maliyet yüzdesi* bilgileri girilerek bu formda tanımlanmaktadır.

**Projeye ait çizimler:** Tanımlanmış olan her projeye ait çizimlerin toplu halde neler olduğunun görüntülenmesini sağlayan bu formda, *proje no*, *çizim adı*, *çizimi yapan* ve *çizim dosyası* bilgilerine ait kayıtlar yer almaktadır. Çizim dosyası veri alanına,

bilgisayarda yüklü olan çizim dosyalarının adının girilmesi, o dosyanın otomatik olarak ilgili programda açılmasını sağlamaktadır.

**Şartnameler:** Projede yer alan şartnamelere ait detaylı bilgiler bu formda tanımlanmaktadır. Formda doldurulması gereken bilgiler *proje no, şartname no, şartname adı, şartname metnidir.*

**Sözleşmeler:** Her proje için yapılmış olan sözleşme metinlerine ve ilgili detay bilgilerine ulaşmak bu form yardımıyla gerçekleşmektedir. Bunun için formda yer alan veriler *proje no, sözleşme adı, sözleşme tarihi, sözleşme süresi, sözleşme bedeli ve sözleşme dosyası* alanlarından oluşmaktadır. Sözleşme metnine ulaşılması, sözleşme dosyası alanında dosya adını yazmak vasıtasıyla gerçekleşmektedir.

**Başlangıç iş programı:** İnşaat sözleşmelerinde, genellikle projeler başlatılmadan önce iş programını sunma zorunluluğu vardır. Bu nedenle, müteahhidin işverene sunmuş olduğu başlangıç iş programını gerektiğinde görüntülenmek için iş programı dosyası alanına dosya adını yazmak yeterli olmaktadır. Formda doldurulması gereken alan bilgileri *proje no, iş programı no, programı hazırlayan, programı onaylayan, sunum tarihi* olarak yer almaktadır.

**Başlangıç sunum programı:** Projelerde müteahhitçe temin edilen ürün örnekleri, numuneler ve çeşitli çizimlerin işverenin teknik elemanlarınca uygunluğunun incelenmesi gerekmektedir. Bunların neler olduğu ve hangi tarihlerde incelenmek üzere verileceğine dair bir programın olması hem işveren hem de müteahhit açısından yararlı olacaktır. Bu nedenle müteahhidin sunacağı sunum programı formunda ilgili sunuma ait detay bilgilerin yer alması gerekmektedir. Buna ilişkin oluşturulan formda *proje no, hakediş dönem no, sunum no, sunum adı, sunum dosyası, sunum tarihi, sunumu yapan ve sunumu değerlendiren* başlıklı veri alanlarının doldurulması gerekmektedir.

**Proje başlangıç toplantısı:** Proje ile kuralların tanıtıldığı, sözleşme hükümlerinin gerektirdiklerinin tekrar edilerek taraflara hatırlatıldığı proje başlangıç toplantısına ait kayıtların tutulduğu formda girilmesi gereken bilgi alanları *proje no, toplantı tarihi, toplantı saati, toplantı yöneticisi, katılımcılar, genel sorumluluklar, şantiye giriş çıkış ve kullanım prosedürü, ödeme istekleri değerlendirme prosedürü, değişiklik talepleri prosedürü, program sunum prosedürü, anlaşmazlık çözüm prosedürü ve diğer hususlardır.*

**Proje personeli:** Projede görev yapacak müteahhit, işveren veya diğer organizasyonlara bağlı olarak çalışan personele ait detay bilgilere bu form aracılığı ile ulaşmak mümkündür. Formda doldurulması gereken veri alanları, *personel no, proje no, bağlı olduğu organizasyon, personel ad soyadı, projedeki unvanı, göreve başlama tarihi, görevi tamamlama tarihidir.*

### 3.1.2. Şantiye Kayıtları Modülü

Modüle ait giriş formunda *kayıt no, proje adı, proje no, hakediş dönem no* alanlarının tanımlanması gerekmektedir. Bu formda şantiyeye ait gözlemlere ait kayıtların bulunduğu bir alt form yer almaktadır. Bu alt formda şantiyede incelemede bulunan teknik elemanların hangi tarihte hangi faaliyetleri izlediklerini ve bu faaliyetlerin tamamlanma düzeyi hakkındaki görüşleri yer almaktadır. Bu kapsamdaki alt formda; izlenen faaliyetler, izlenme tarihi, gözlemi yapan alan bilgilerinin tanımlanması gerekmektedir.

Giriş formundan ulaşılabilecek diğer formlar aşağıda sıralanmaktadır. Bu formlarda şantiye gözlemlerini yapan teknik elemanlar şantiye gözlemi esnasında yaptıkları tespitleri yansıtabilmektedirler (Şekil 4).

**Tespit edilen kusurlu işler veya farklı koşullar:** Bu formda, proje gerçekleştirilirken ortaya çıkan sözleşme dışı durumların ilgili kişilere bildirimini yapılarak gerekli düzenlemelerin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Formda doldurulması gereken veri alanları, *kayıt no, proje no, hakediş dönem no, kusurlu iş no, bildirim nedeni, kusurlu iş veya farklı koşul tanım, kusurlu iş değişiklik gerektiriyor mu evet/hayır kutusu, bildirimi yapan kişi, bildirim yapılan kişi ve bildirim tarihidir.*

**Sunumlar:** Bu form *kayıt no, proje no, hakediş dönem no, sunum no, sunum adı, sunum dosyası, sunum tarihi, sunumu yapan, sunumu değerlendiren, karar verenler* alanlarından oluşmaktadır. Sunumu yapan ve sunumu değerlendiren alanlarındaki veriler daha önce girişi yapılmış olan personel formundan alınmaktadır. Karar kısmında ise onay, ret, revizyon seçeneklerinden uygun olanı seçilerek veri girişi yapılabilmektedir.

**Testler:** Projelerin hakediş dönemlerinde yapılan testlerin kayıtlarının tutulduğu bu formda *kayıt no, proje no, hakediş dönem no, test no, testin adı, yapılış tarihi, testi yapan kurum, sonuç, test formunu veren, veriliş tarihi, inceleyen, inceleme tarihi, onaylayan* veri alanları yer almaktadır.

**Proje dönem toplantıları:** Projeye ait çeşitli konularda değerlendirmelerin yapıldığı ve sonuçlarının paylaşıldığı proje dönem toplantılarına ait kayıtların tutulması bu form aracılığı ile sağlanmaktadır. Form, *kayıt no, proje no, hakediş dönem no, tarih, toplantı yöneticisi, toplantı katılımcıları, projenin ilk maliyeti, projenin ulaştığı maliyet, projenin süre ve maliyet yönünden değerlendirilmesi, bugüne kadar alınan süre uzatımları, problemler, problem çözüm önerileri, alınan kararlar, gelecek dönem için hedefler* başlıklı veri alanlarından oluşmaktadır.

**İş programı:** Her hakediş döneminde iş programında olan değişiklikleri gözlemek projede çeşitli değerlendirmeler yapmaya olanak tanır. Bu nedenle her hakediş döneminde yapılan işlerin iş programına yansımalarını görmek bu form sayesinde gerçekleşmektedir. Formda, *iş programı no, hakediş dönem no, iş programı dosyası, sunum tarihi, programı hazırlayan* başlıklı veri alanları yer almaktadır.

### 3.1.3. Proje Değişikliklerini İzleme ve Değerlendirme Modülü

İnşaat projesinin gerçekleştirilmesi sürecinde çeşitli nedenlerden ötürü, değişikliklerin yapılma gerekliliği ortaya çıkabilmektedir. Bunlara ait kayıtların sağlıklı bir şekilde tutulması projenin gidişatının izlenmesi ve değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu amaçla oluşturulan proje değişikliklerini izleme ve değerlendirme modülünün giriş formunda *proje no, proje adı, proje başlama, proje bitiş* veri alanları yer almaktadır. Modülde, talepler başlığı altında; *farklı koşul ve kusurlu işlerden kaynaklı değişiklikler ve talepleri, işveren ve müteahhidin değişiklik talebi, yasal koşullardan kaynaklı değişiklikler, çizim değişiklikleri* başlığı altında; *farklı koşullardan ve değişiklik taleplerinden kaynaklı çizim değişiklikleri*, süresel değişiklikler başlığı altında ise; *farklı koşul ve değişikliklerden verilen süre uzatımları, hava koşullarından dolayı verilen süre uzatımları* isimli makrolar yer almaktadır (Şekil 5).



**ŞANTIYE KAYITLARI MODÜLÜ**

**Kayıt no:**

**Proje adı:** Adana Merkez 25 Der. v

**KAYDET!**

**Proje no:**

**Hakediş dönem no:**

Tespit edilen kusurlu işler veya farklı koşullar

Sunumlar

Proje dönem toplantıları

Tastir

İş programı

| İzlenen faaliyetler | İzleme tarihi | Tamamlanma düzeyi | Gözlem yapan    |
|---------------------|---------------|-------------------|-----------------|
| Kazi işleri         | 02.08.2003    |                   | 5: Ahmet Çağdas |
| Kazi işleri         | 12.08.2003    |                   | 15: Ayşe Çelebi |
| Dolgu yapılması     | 15.08.2003    |                   | 2: Ayşe Çelebi  |
|                     |               |                   | 0:              |

Record: 14 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | of 4

Formu inceleyen (ünvan, ad soyad) : \_\_\_\_\_

İmza \_\_\_\_\_

**KAPAT**

Şekil 4. Şantiye Kayıtları Modülü

Aşağıda sırasıyla bu makrolar altında yer alan formlara içerikleri özetlenmiştir.

**Farklı koşul veya kusurlu işlerden kaynaklı değişiklikler:** Şantiye gözlemleri modülündeki, “tespit edilen kusurlu işler veya farklı koşullar” formundaki kayıtlara göre değişiklik gerektiren kusurlu iş veya ortaya çıkan farklı koşul nedeni ile oluşacak değişiklik taleplerine bu formdan ulaşmak mümkündür. Kusurlu iş veya tespit edilen farklı koşul nedeniyle oluşacak değişiklik talep formunda yer alan alanlar şunlardır: *Proje no, değişiklik no, hakediş dönem no, kusurlu iş no, değişimin tanımlanması, çizim değişikliği gerekli mi (evet/ hayır kutucuğu), değişen çizim adı, çizim dosyası, farklı koşul için süre uzatımı verilecek mi (evet/ hayır kutucuğu), verilen süre uzatımı, maliyeti, bildirim yapan, bildirim onaylayan, bildirim tarihi, bildirim yapıldığı kişiler.*

**İşveren veya müteahhidin değişiklik talebi:** İnşaat projelerinde zaman zaman işverenden, projedeki öngörülenlerden estetik, kullanım amacı gibi farklı nedenlerden ötürü proje dışı uygulama yapılması talebi gelebilir. Aynı şekilde müteahhit de projedeki belirlemelerin mevcut fiziki koşullarla örtüşmemesi, projenin gerektirdiği ürün veya malzemenin temin edilememesi, maliyeti düşürücü farklı imalatların tasarlanması gibi nedenlerden ötürü işverene değişiklik yapılması teklifini götürebilir. Gerek işveren gerekse müteahhitçe değişiklik önerilmesi durumunda buna yönelik kayıtların tutulmasını sağlayan değişiklik talebi formunda; *proje no, hakediş dönem no, değişiklik no, değişikliğin tanımlanması, çizim değişikliği gerekiyor mu (evet/ hayır kutucuğu), süresel değişiklik gerekiyor mu (evet/ hayır kutucuğu), değişen çizim adı, çizim dosyası, tahmini süresel değişim, tahmini maliyet değişimi, değişiklik talebinde bulunan, talep tarihi, talebi hazırlayan* başlıklı veri alanları bulunmaktadır. Aynı formda değişiklik talep değerlendirmesi başlığı altında ise *değerlenme sonucu, verilen*

süre uzatımı, kabul edilen maliyet değişim, revizyon bilgileri, değerlendirmeyi yapan, onaylayan, onay tarihi alanları yer almaktadır.

| PROJE DEĞİŞİKLİKLERİNİ İZLEME VE DEĞERLENDİRME MODÜLÜ  |   |  |   |
|--|---|--|---|
| Proje no   |   | Proje adı  | Adana Melik-iz 25 Derslik İlişijetim Okulu                        |
| Proje başlama  | 05.10.2003  | Proje bitiş  | 20.08.2005  |
| <b>TALEPLER</b>  | <b>ÇİZİM DEĞİŞİKLİKLERİ</b>   | <b>SÜRE DEĞİŞİKLİKLERİ</b>   | <b>MALİYET DEĞİŞİKLİKLERİ</b>                                     |
| <p>Farklı koşul veya kusurlu işlerden kaynaklı değişiklikler</p> <p>İşveren veya müteahhütin değişiklik talebi</p> <p>Yasal koşullardan kaynaklı değişiklikler</p> | <p>Farklı koşullardan ve değişiklik taleplerinden kaynaklı çizim değişiklikleri</p> | <p>Farklı koşul ve değişikliklerden verilen süre uzatımları</p> <p>Hava koşullarından dolayı verilen süre uzatımları</p> | <p>Farklı koşul ve değişikliklerden verilen maliyet artışları</p> |
|  |   |  | <b>KAPAT</b>  |

Şekil 5. Proje Değişikliklerini İzleme ve Değerlendirme Modülü

**Yasal koşullardan kaynaklı değişiklikler:** Projenin gerçekleştirilme sürecinde projenin çeşitli faaliyetlerini etkileyecek olan yasa ve yönetmelik değişiklikleri olabilir. Bunlara ait kayıtlar yasa ve yönetmelik değişiklik bildirim formunda tutulacaktır. Bu formda *proje no, hakediş dönem no, değişen yasa yönetmelik, değişiklik konusu, değişiklik kapsamında yapılması gerekenler, yasa geçerlilik tarihi, bildirim yapan, bildirim yapılan, bildirim tarihi*, alanları yer almaktadır.

**Farklı koşullardan ve değişiklik taleplerinden kaynaklı çizim değişiklikleri:** Projede karşılaşılan farklı koşullar proje çizimlerinde değişikliğe neden olabilmektedir. Aynı zamanda bazı değişiklik talepleri de proje çizimlerinin değişmesine neden olabilmektedir. Bu tür durumların söz konusu olması halinde çizim değişikliği gerektirdiği onaylanmış olan farklı koşullar ve değişiklik talep formlarından ilgili alanların bu formda görüntülenmesi mümkündür. Böylece çizim değişikliklerinin ne zaman hangi nedenlerden ötürü gerçekleştiğinin izlenmesi ve çizim dosyalarına ulaşılması mümkün olmaktadır.

**Farklı koşul ve değişikliklerden verilen süre uzatımları:** İnşaat sözleşmelerinde genellikle projede öngörülemeyen, şantiyede karşılaşılan durumlar için süre uzatımı ve maliyet artışının verilmesi öngörülmektedir. Aynı şekilde sözleşmelerde değişiklik taleplerinden ötürü de süre uzatımının verilebileceği öngörülebilir. Süre uzatımını gerektirdiğinin kaydı yapılmış olan farklı koşullar ve değişiklik talepleri formlarının ilgili kısımlarını bu formda görüntülemek mümkün olmaktadır. Ayrıca bu formda söz konusu durumlar için verilen toplam süre uzatımını görüntülemek mümkün olmaktadır.

**Hava koşullarından dolayı verilen süre uzatımları:** Hava koşullarının oluşturduğu şantiyede çalışılması mümkün olmayan günler için genellikler sözleşmede süre uzatımı verilmesi öngörülmektedir. Bu günlere ait kayıtları bu formda saklamak ve gerektiğinde incelemek mümkündür. Formda doldurulması gereken veri alanları; *proje no, hakediş dönem no, olumsuz hava koşulunun tanımlanması, hava koşulunun başlangıç tarihi, hava koşulunun bitim tarihi, istenilen süre uzatımı, talebi hazırlayan, talebi onaylayan, verilen süre uzatımı, süre uzatımı onay tarihinden oluşmaktadır.*

**Farklı koşul ve değişikliklerden kaynaklanan maliyet artışlarının verilmesi:** İnşaat sözleşmelerinde projede öngörülemeyen, şantiyede karşılaşılan durumlar veya değişiklik taleplerinden dolayı müteahhide maliyet artışının verilmesi öngörülmektedir. Hangi projenin hangi hakediş döneminde ne tür nedenlerden ötürü maliyet artışının verildiği bu form vasıtasıyla görüntülenebilmektedir. Bu formda daha önce kaydı yapılmış maliyet artışı gerektiren farklı koşullar veya değişiklik talepleri otomatikman görüntülenebilmektedir. Ayrıca bir proje için hangi nedenden ötürü ne kadar maliyet artışı gerçekleştiği ve toplam maliyet artışının ne olduğu bilgilerine bu formdan ulaşmak mümkün olmaktadır.

#### 3.1.4. Hakediş Ödemeleri Modülü

Bu modülde, öngörülen hakediş dönemlerinde yapılan ödemelerin detaylı şekilde görüntülenmesi mümkündür. Ödenmesi gereken hakediş tutarının ne olması gerektiği, şantiye gözlemleri formunda kayıtları yapılmış incelemelere dayalı olarak hesaplanmaktadır. Bir hakediş döneminde yapılan gözlem formundaki verilerden yararlanılarak oluşturulan bu formda *proje adı, hakediş dönem no, proje no, izlenen faaliyetler, tamamlanma düzeyi, tutar, önceki hakediş döneminde ödenen tutar ve toplam tutar* alanlarını görüntülemek mümkündür (Şekil 6).

#### 3.1.5. Anlaşmazlık Çözüm Modülü

Projenin gerçekleştirilme sürecinde zaman zaman ortaya çıkabilecek anlaşmazlıkların neler olduğu ve ne şekilde bir çözüme ulaştırıldığı izlenmesine yardımcı olan bu modülde, *proje no, proje adı, proje başlama, proje bitiş* başlıklı veri alanlarının yanı sıra, anlaşmazlık çözümünde yetkili kişilerin ve anlaşmazlık konularının tanımlanmasına ve çözümün ne olduğunu görmeye yardımcı olan formlar yer almaktadır. Bu formlara ait detaylı bilgiler aşağıda özetlenmiştir (Şekil 7).

**Anlaşmazlık çözümünde yetkili kişileri tanımlama formu:** Bu formda *proje no, adı soyadı, unvanı, adresi, telefon no, e-mail, projede görevlendirilme tarihi* başlıklı veri alanları yer almaktadır.

**Anlaşmazlık konuları:** Taraflar arasında çıkan anlaşmazlık kayıtlarının tutulduğu bu formda *proje no, tarih, anlaşmazlık no, bildirim yapan, anlaşmazlığın ortaya çıktığı tarih, anlaşmazlığın konusu, anlaşmazlık konusunun projedeki yeri, anlaşmazlık çözümü için sözleşmede tanımlanan süre, anlaşmazlığı değerlendirecek kişi, veri alanları* yer almaktadır.

| HAKEDİŞ TUTARLARI                      |                        |                            |                   |
|--|------------------------|----------------------------|-------------------|
| Proje adı                              | Adana Merkez 25 Dersli | Hakediş dönem no:          | 1                 |
| Proje no                               | 1                      |                            |                   |
| İzlenen faaliyetler                    | Tamamlanma düzeyi      | Projedeki maliyet yüzdesi: | Tutar:            |
| Dolgu yapılması                        | 2                      | 2                          | 200.000.000 TL    |
| Kazı İşleri                            | 15                     | 15                         | 11.250.000.000 TL |
| <b>TOPLAM TUTAR</b>                    |                        |                            | 11.450.000.000 TL |
| Önceki hakediş döneminde yapılan ödeme |                        |                            |                   |
| Kesintiler                             |                        |                            |                   |
| Bu dönemde ödenecek tutar              |                        |                            |                   |
| Record: 1 of 2                         |                        |                            |                   |
| Formu inceleyen (İnvan, ad soyad) :    |                        |                            | KAPAT             |
| İmza                                   |                        |                            |                   |

Şekil 6. Hakediş Ödemeleri Modülü

| ANLAŞMAZLIKLARIN TANIMLAMASI VE SONUÇLANDIRMASI |  |               |            |
|---|--|---------------|------------|
| Proje no  | 1  | Proje başlama | 05.10.2003 |
| Proje adı                                       | Adana Merkez 25 Derslikli İlköğretim Okulu | Proje bitiş   | 20.08.2005 |
| ANLAŞMAZLIK ÇÖZÜMÜNDE YETKİLİ KİŞİLER TANIMLAMA |  |               |            |
| ANLAŞMAZLIK KONULARI                            |  |               |            |
| KAPAT   |  |               |            |

Şekil 7. Anlaşmazlık Değerlendirme Modülü

**Belge istek formu:** Anlaşmazlık çözümünde yetkilendirilen kişinin sorunu çözebilmesi için bazı belgelere ihtiyacı olacaktır. Bu belgelerin istenilmesine dair detaylı bilgilerin yer aldığı belge istek formunda yer alan veri alanları şunlardır: *Proje no, anlaşılabilirlik no, belgeyi isteyen, tarih, istenilen belgeler, belgenin kimden istendiği, belgelerin ne zaman sağlanacağı, belgelerin içermesi gereken bilgilerdir.*

**Anlaşmazlığın sonuçlandırılması formu:** Bu formda söz konusu anlaşmazlığa ilişkin olarak verilen kararın ne olduğunun kaydının görüntülenmesi mümkündür. Bu formda yer alan bilgileri; *proje no, anlaşılabilirlik no, tarih, değerlendirme sonucu, değerlendirmeyi yapan ve değerlendirme maliyetidir.*

#### 4. SONUÇ

İnşaat projelerinin yönetimine ilişkin olarak geliştirilen bilgisayar tabanlı programların kullanıcılarına sağladığı kolaylıklar oldukça fazladır. Geliştirilen program, inşaat sözleşmesinde yer alan kullanıcılara aşağıdaki yararları sağlamaktadır:

- Projeye ilişkin oluşturulması gereken formlar programda hazır olduğu için bunların tasarlanması ve hazırlanması için gereken süre ortadan kalmaktadır.
- Projeleri ilgilendiren kayıtlara istenildiği zaman kolayca ulaşılabilmektedir.
- Projenin süre, maliyet ve kalite kıstaslarının izlenmesi kolayca sağlanmaktadır.
- Hangi talebin kim tarafından, ne zaman yapıldığı ve kim tarafından hangi tarihte değerlendirildiği bilgilerine rahatlıkla ulaşılmaktadır.
- Şantiye gözlem süreci hakkında detaylı bilgilere istenildiği anda ulaşılmaktadır.
- Sorumlulukların izlenmesi kolayca gerçekleşmektedir.
- Veriler doğru bir şekilde tanımlanırsa, verilere istenildiği zaman ulaşılabildiği için ortaya atılan haksız iddiaların önüne geçilebilmektedir. Ortaya atılan haklı bir iddia varsa bu belgelere dayandırılarak ispatlanabilmektedir.
- Programı sağlıklı olarak kullanan organizasyonların, diğer organizasyonlarla rekabet avantajlarının artması, zaman kayıplarının azalması ve işlerinin daha az maliyetle gerçekleştirmesi gibi avantajları vardır.
- Çeşitli nedenlerden ötürü ortaya çıkan proje değişikliklerinin ve buna bağlı olarak doğan çizim değişikliklerinin bilgisayar ortamında izlenmesi ve istenildiği an ulaşılabilmeye mümkündür.
- Projenin aşamalarının ve genel gelişiminin değerlendirilmesi birçok veriye anında ulaşılabilmesi nedeniyle kolayca yapılabilmektedir.
- Birden fazla projenin yürütüldüğü durumlarda projelere ait kayıtların aynı anda tutulabilmesi ve izlenebilmesi oldukça kolaylık sağlamaktadır.
- Kamu İhale Sisteminde artık çoğu projenin toplam maliyet esasına dayalı olarak gerçekleştirilmesi öngörüldüğünden program, kamu projelerine ait yönetim hizmetlerinin izlenmesine de hizmet verecektir.
- Bu çalışma temel alınarak birim fiyat esasına, maliyet+kar esasına dayalı olarak yürütülecek projeler için de farklı model programlar geliştirilebilir. Aynı zamanda tasarım ve yapım faaliyetlerinin eş zamanlı olarak yürütüldüğü projeler için ortaya çıkan ihtiyaçlara göre uygun model programlar geliştirilebilir.

Geliştirilen programın hali hazırdaki bilgi birikimine en önemli katkısı, sözleşme yönetim prosedürlerinin sistem yaklaşımı ile toparlanması ve bunun bilgisayar ortamında otomasyonunun sağlanmasıdır.

Bilgisayar programlarının kullanımı kapsamında genellikle kullanıcılara ön bilgiler verilmesi buna yönelik dokümanların hazırlanması ve eğitim verilmesi gerekmektedir. Bu inşaat projelerinin yönetimine yönelik olarak geliştirilen programlar için de geçerlidir. Programın kullanıcılardan gerekli desteği sağlanması için gerekli önlemler alınmalı, gerekiyorsa program onların ihtiyaçlarına ve kullanım alışkanlıklarına göre yeniden revize edilmeli, kullanım sonrasında da geri besleme yapılmalıdır:

Yönetim enformasyon sisteminin tasarlanması ve uygulamaya aktarılması süreçlerinde gerekli verileri sağlayacak kişileri bilinçlendirmek önemlidir. Bu bilinçlendirme, bilginin türüne göre bunu sağlayacak kişilerin saptanması ve sorumluluklarının anlatılması ve sağlayacakları bilginin proje açısından nasıl bir öneme haiz olduğunun ifade edilmesi şeklinde olmalıdır. Nitekim yanlış sağlanan bilgi ve verilerle çalşan bir sistemin doğuracağı sonuçlar da yanlış olacaktır.

Bilgiye dayalı bilişim teknolojilerinin hızlı gelişiminin izlenmesi ve inşaat sektöründeki organizasyonların kendi ihtiyaçlarına göre bu teknolojilere adapte olmaları rekabet güçlerini ve verimliliklerini arttıracaktır.

## 5. KAYNAKLAR

1. Rasdorf, W.J. and Herbert, M.J., "CIMS: A Construction Information Management System", *Computing in Civil Engineering: Proceedings of the Fifth Conference, Alexandria, March 29-31, American Society of Civil Engineers, pp. 33-45, Virginia, 1988.*

2. Russell, A.D., "Computerized Daily Site Reporting", *Journal of Construction Engineering and Management, 19(2): 385-402, 1993.*

3. Krone, S.J., "Containing Construction Change with Computers", *Computing in Civil and Building Engineering, Proceedings of the Fifth International Conference, Anaheim, June 7-9, American Society of Civil Engineers, Vol.2, pp.1762-1769, California, 1993.*

4. Lock, D., "Handbook of Engineering Management", *Butterworth-Heinemann, Ch. 20 and 27, Oxford, United Kingdom, 1993.*

5. Latham, M., "Constructing the Team", *Final Report of the Government / Industry Review of Procurement and Contractual Arrangements In The UK Construction Industry. HMSO, London., 1994.*

6. Kangari, "Construction Documentation in Arbitration", *Journal of Construction Engineering and Management, Vol.121(2):201-211, 1995.*

7. Shahid, S., Froese, T., "Project Management Information Control Systems", *Journal for Civil Engineering, Vol.25, No.4, p.735-754, 1998.*

8. Turner, J., R., Simister, S., J., "Project Contract Management and Theory of Organization", *International Journal of Project Management. 19(1) :457-464, 2001.*

9. Danışman Kaya, N., "İnşaat Projelerinin Gerçekleştirilme Süreci İçin Tasarlanmış Bir Sözleşme Yönetim Modeli", *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 90 s., Adana, 2003.*

## SUGÖZÜ UÇUCU KÜLÜ KULLANIMININ BETON BASINÇ DAYANIMI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

**Cengiz Duran ATİŞ, Okan KARAHAN, Cahit BİLİM**

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

**Kamuran ARI**

*E.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kayseri/Türkiye*

**ÖZET :** *Bu yazıda çimento katkısı olarak uçucu kül kullanımının beton basınç dayanımı üzerindeki etkisi halen yürütülmekte olan bir laboratuvar çalışmasının sonuçlarının bir kısmı sunulmaktadır. Laboratuvar çalışmasında su bağlayıcı oranı 0.35, dozajı 400 kg/m<sup>3</sup> ve altı farklı uçucu kül ikame oranıyla (%10, %15, %20, %25, %30, %45) kontrol betonu dahil olmak üzere 100×100×100 mm'lik ve 150×150×150 mm'lik küp betonlar hazırlanmıştır. Elde edilen betonların 7, 28, 90 ve 365 günlük küp numunelerin basınç dayanımları sunulmuş ve tartışılmıştır. Uçucu kül oranı %30'a kadar olan betonların basınç dayanımları 90 ve 365 günde kontrol betona göre kıyaslanabilecek eşdeğer düzeyde dayanım kazanmışlardır. Kullanılan külün %30 mertebesine kadar ikame edilebileceği hatta yüksek oranlarda uçucu kül içeren betonlarda (%45 ve üzeri) kullanılabileceği, dolayısıyla ekonomik ve ekolojik faydaların elde edileceği kanaati oluşmuştur.*

## EFFECTS OF SUGOZU FLY ASH ON COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE

**ABSTRACT :** *In this paper, the effect of the use of fly ash as a cement admixture on compressive strength of concrete was reported by presenting a part of the results of an ongoing laboratory work. In the laboratory work, cubic samples with 100 and 150 mm a side were prepared from control concrete and fly ash concrete. Control concrete were made with 400 kg/m<sup>3</sup> cement and 0.35 water-binder ratio. Fly ash concrete were made by modifying control concrete with the replacement level at 10%, 15%, 20%, 25%, 30% and 45% in mass basis. Concrete compressive strength presented were obtained at 7, 28, 90 and 365 days with standard wet curing. Fly ash concrete containing up to 30% fly as cement replacement developed equivalent as comparable compressive strength to that of control concrete at 90 and 365 days. Based on compressive strength measurement, it was concluded that present fly ash can safely be used in concrete as an cement admixture up to 30%. Moreover, it can be used in the production of a high volume fly ash concrete (45% replacement or more) resulting with economic and ecological benefits.*

## 1. GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyümeleri enerji tüketimlerinin artmasına neden olmaktadır. Ülkemizde de nüfus artışı, yaşama standardının yükselmesi, sanayileşme ve kentleşme, enerji gereksinimini hızlı bir şekilde arttırmıştır. Bu gereksinim karşısında mevcut potansiyeller mümkün olduğu kadar çabuk bir biçimde harekete geçilmiş ve hidroelektrik ve termik santraller kurulması bir çözüm olarak gerçekleştirilmiştir. Özellikle endüstriyel yakıt olarak kullanılma imkanı olmayan düşük kalorili kömür yatakları yakınına büyük kapasiteli termik santraller kurulması enerji üretimini artırma maksadıyla yürütülen çalışmalar arasında başta gelenlerden birisidir. Ancak, enerji üretiminin artırılmasında tutarlı bir çözüm olarak gözüken kömüre dayalı termik santrallerin sayısının artması önemli ekolojik, ekonomik ve teknik sorunları da beraberinde getirebilecek olan kül üretiminin de artmasına neden olmaktadır. Bu küllerin santrallerden uzaklaştırılması ve depolanması muhtemel çevre kirliliğinin yanı sıra işletme, enerji üretimi kaybı vb. konularda da parasal ve teknik problemler yaratabilmektedir (1).

Türkiye’de halen Afşin-Elbistan, Çatalağzı, Çayırhan, Kangal, Kemerköy, Orhaneli, Seyitömer, Soma, Tunçbilek, Yatağan, Yeniköy ile en yenisi Yumurtalık İlçesi'nin Sugözü Köyü'nde "Sugözü Termik Santrali" adı ile toplam kurulu gücü 2x605 toplam 1210 MW'lık, ithal kömür yakıtla çalışan ve yap işlet modeli ile işletilen 2004 yılının şubat ayında açılan termik santral ile birlikte 12 termik santral faaliyette olup, bu santrallerde yılda toplam yaklaşık 13 milyon ton, dünyada ise 600 milyon ton civarında uçucu kül elde edilmektedir. Santralin işletimi sırasında Kolombiya'dan getirilen ithal taşkömürünün yakılmasıyla, bu üretim sonucunda elde edilen elektrik enerjisi ile birlikte atık yan ürün olarak saatte ortalama 60 ton civarında F sınıfı uçucu kül oluşmaktadır (2,3).

Silisli ve alüminli amorf yapıya sahip oldukları, ve çok ince taneli olarak elde edildikleri için, uçucu küller de, aynen ince taneli doğal puzolanlar gibi, puzolanik özellik göstermektedirler; kalsiyum hidroksitle sulu ortamda birleştiklerinde, hidrolik bağlayıcılığa sahip olmaktadırlar. O nedenle, hem portland-puzolan tipi çimento üretiminde, hem de beton katkı maddesi olarak doğrudan kullanılmaktadırlar. Genellikle, beton katkı maddesi olarak çok büyük miktarlarda kullanılabilirler. Beton karışımının içerisinde yer alan uçucu kül miktarı, çimento ağırlığının %15 - %50'si civarında değişebilmektedir (4).

Bu çalışmada sugözü uçucu külünün mineral katkı olarak beton içerisinde kullanılması sonucunda, beton basınç dayanımı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

## 2. KULLANILAN MALZEME ÖZELLİKLERİ

### 2.1. Çimento

Bu çalışmada kullanılan çimento normal Portland çimentosu PÇ 42.5 olup, Adana Çimento Sanayi tarafından üretilmiştir. Kullanılan PÇ 42.5 çimentosuna ait kimyasal özellikler Çizelge 1’de verilmektedir. Başlangıç ve bitiş priz süresi 2.<sup>18</sup> ve 3.<sup>23</sup> saattir. Çimento özgül ağırlığı 3.16 gr/cm<sup>3</sup> olup, Blaine özgül yüzeyi 3250 cm<sup>2</sup>/gr dir.



**Çizelge 1.** Çimento ve uçucu kül kimyasal kompozisyonu (%)

| Oksit   | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | SO <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | KK   |
|---------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|------------------|-------------------|------|
| Çimento | 19.71            | 5.20                           | 3.73                           | 62.91 | 2.54 | 2.72            | 0.90             | 0.25              | 0.96 |
| U.Kül   | 52.50            | 22.82                          | 5.34                           | 7.16  | 2.56 | 0.20            | 0.99             | 0.48              | 3.35 |

## 2.2. Uçucu Kül

Bu çalışmada, Sugözü Termik santralinde Kolombiya'dan getirilen taş kömürünün yakılmasıyla açığa çıkan F sınıfı uçucu külü kullanılmıştır. Kullanılan uçucu küle ait kimyasal özellikleri Çizelge 1'te verilmektedir.

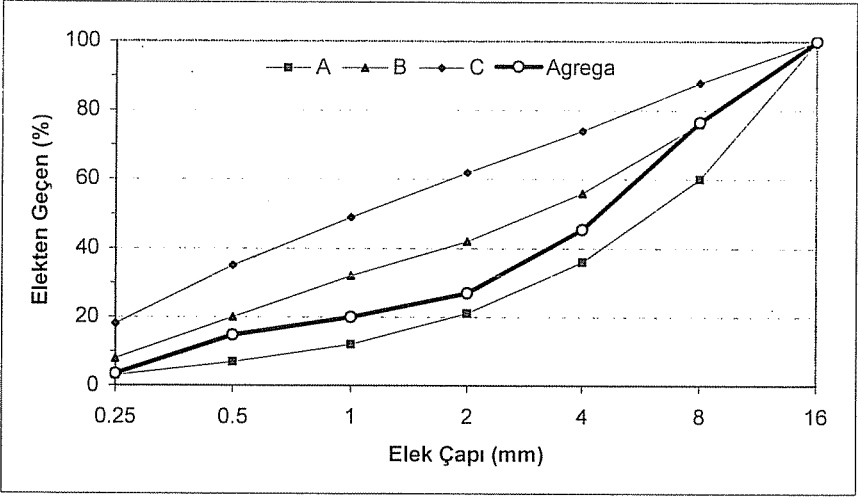
Su-gözü uçucu külü, ASTM C 618 (5) standardına göre SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerinin %70'nin üzerinde olması ve CaO miktarının %10'dan az olması nedeniyle F sınıfı (düşük kireçli) uçucu kül sınıfına uymaktadır. SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'ün %70'in üzerinde olması nedeniyle TS 639'da (6) istenen şartı uymaktadır. Uçucu kül özgül ağırlığı 2.31 gr/cm<sup>3</sup>, Blaine özgül yüzeyi ise 2900 cm<sup>2</sup>/gr dır.

## 2.3. Agregası

Deneysel çalışmalarda DSİ VI. Bölge Müdürlüğü Kanalet Üretim Fabrikası agregası tesislerinden alınan Çakıt Deresi doğal agregası kullanılmıştır. Beton karışımlarında kullanılan agreganın maksimum tane çapı 16 mm, su emme kapasitesi ve özgül ağırlığı TS 3526 (7) göre bulunmuş olup, ince ve iri agreganın kuru yüzey doygun özgül ağırlıkları sırasıyla 2.61 ve 2.70 gr/cm<sup>3</sup>'dir. İnce ve iri agreganın su emme kapasiteleri %1.2 ve % 1.1'tür. Karışımda kullanılan karışık agreganın eleklerden geçen yüzde değerleri Çizelge 2'de, analiz sonuçları grafik halinde gradasyon eğrisi olarak Şekil 1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.** Agregası granülometrisi ve sınırları

| Elek Açıklığı (mm) | Alt Sınır (A) | Orta Sınır (B) | Üst Sınır (C) | Agregası Granülometrisi |
|--------------------|---------------|----------------|---------------|-------------------------|
| 16                 | 100           | 100            | 100           | 100                     |
| 8                  | 60            | 76             | 88            | 76.6                    |
| 4                  | 36            | 56             | 74            | 45.5                    |
| 2                  | 21            | 42             | 62            | 27.0                    |
| 1                  | 12            | 32             | 49            | 19.9                    |
| 0.5                | 7             | 20             | 35            | 14.7                    |
| 0.25               | 3             | 8              | 18            | 3.5                     |



Şekil 1. Agrega granülometri eğrisi

#### 2.4. Akışkanlaştırıcı

Numunelerin hazırlanmasında erken yüksek mukavemet, mükemmel yüzey görünümü ve nihai yüksek performansa gereksinim duyulan, prefabrik beton ve hazır beton endüstrisi için geliştirilmiş, yüksek oranda su ihtiyacını azaltan, klor içermeyen yeni nesil YKS Glenium 51 hiper akışkanlaştırıcı katkı malzemesi kullanılmıştır. Katkının miktarı çimento ağırlığının %1'i olarak belirlenmiştir. Hiper akışkanlaştırıcının teknik özellikleri Çizelge 3'de verilmektedir.

Çizelge 3. Akışkanlaştırıcı teknik özellikleri

| Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> ) | Klor (%) | Renk  | Homojenite | Kimyasal İçeriği                |
|-------------------------------|----------|-------|------------|---------------------------------|
| 1.07-1.012                    | <0.1     | Amber | Homojen    | Polikarboksilik Eter Zincirleri |

### 3. KARIŞIM ORANLARI VE DENEYLER

Yapılan bu çalışmada, bağlayıcı (çimento+kül) miktarı birim metreküp için yaklaşık 400 kg'dır. Bütün karışımlarda, %55 iri agregasyon ve %45 ince agregasyon olarak kullanılmış, su/bağlayıcı malzeme oranı 0.35 'de, ayrıca işlenebilirliği arttırmak için hiper akışkanlaştırıcı ve bağlayıcı oranı da %1'de sabit tutulmuştur. F tipi uçucu kül ağırlıkça ikame yoluyla betona %10, %15, %20, %25, %30 ve %45 oranlarında çimento ile yer değiştirilerek uçucu küllü beton karışımlar kullanılmıştır. Üretilen betonlarda birim hacim için kullanılan yaklaşık malzeme miktarları Çizelge 4'te verilmektedir.

Çizelge 4. Üretilen betonların yaklaşık malzeme miktarları

| Karışım No | Çimento (kg/m <sup>3</sup> ) | Uçucu Kül (kg/m <sup>3</sup> ) | Su (kg) | Agrega (kg/m <sup>3</sup> ) | Yks (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------|------------------------------|--------------------------------|---------|-----------------------------|--------------------------|
| K00        | 400                          | 0                              | 140     | 1891                        | 4                        |
| K10        | 360                          | 40                             | 140     | 1879                        | 4                        |
| K15        | 340                          | 60                             | 140     | 1874                        | 4                        |
| K20        | 320                          | 80                             | 140     | 1868                        | 4                        |
| K25        | 300                          | 100                            | 140     | 1862                        | 4                        |
| K30        | 280                          | 120                            | 140     | 1856                        | 4                        |
| K45        | 220                          | 180                            | 140     | 1838                        | 4                        |

Her bir karışımın basınç dayanımının tayini için 150×150×150 mm'lik küp ve 100×100×500 mm'lik kiriş numunelerinden kesilen 100×100×100 mm'lik küp numuneler hazırlanmıştır. Numunelerin zamanla göstereceği dayanım artışları için 7, 28, 90 ve 365 günlük dayanımları ölçülmüştür. Numuneler, TS EN 12390-4 (8)'e basınç dayanımı-deney makinalarının özellikleri standardına uygun Ele Test 3000 markalı 300 ton basınç kapasiteli preste, TS EN 12390-3 (9) deney numunelerinde basınç dayanımının tayini standardına uygun olarak deneye tabi tutulmuşlardır. Makine otomatik yükleme sistemi ile 100 mm'lik küp numuneler 300 kg/sn, 150 mm'lik küpler ise 530 kg/sn yükleme hızı ile yüklenmiştir. Basınç dayanımı, aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$f_c = F / A_c$$

$f_c$  : Basınç dayanımı, MPa (N/mm<sup>2</sup>),

F : Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, N,

$A_c$  : Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, mm<sup>2</sup>

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Her bir karışımın basınç dayanımının tayini için 150×150×150 mm'lik küp numuneler üretilmiştir. Ayrıca eğilme deneyi için üretilen 100×100×500 mm'lik kiriş numunelerin eğilme deneyi sonucunda taş kesme makinasında kirişin baş kısımlarından kesilen 100×100×100 mm'lik küp numunelerde basınç dayanımı deneylerine tabii tutulmuşlardır. Numunelerin zamanla göstereceği dayanım artışları için 7, 28, 90 ve 365 günlük dayanımları ölçülmüştür. Araştırma kapsamında yer alan uçucu kül katkılı betonlara ait zamana bağlı basınç dayanımları Çizelge 5'te sunulmaktadır.

**Çizelge 5.** Beton basınç dayanımları (MPa)

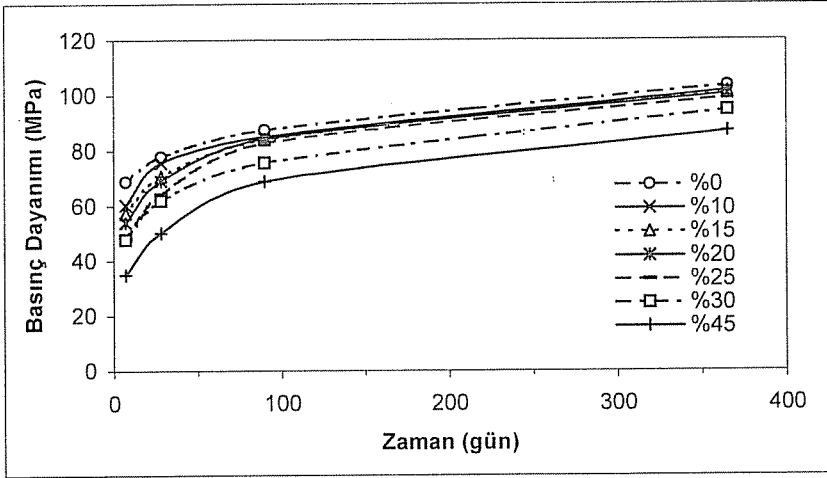
| Karışım | 100×100×100 mm küp |      |      |       | 150×150×150 mm küp |      |      |       |
|---------|--------------------|------|------|-------|--------------------|------|------|-------|
|         | 7                  | 28   | 90   | 365   | 7                  | 28   | 90   | 365   |
| K00     | 68.8               | 77.8 | 87.4 | 103.4 | 64.4               | 77.1 | 86.5 | 102.8 |
| K10     | 60.2               | 75.6 | 85.1 | 101.5 | 62.7               | 72.7 | 81.0 | 95.4  |
| K15     | 57.4               | 70.7 | 84.0 | 101.3 | 55.1               | 67.8 | 80.2 | 94.5  |
| K20     | 53.9               | 69.1 | 84.2 | 100.3 | 52.3               | 65.6 | 79.2 | 93.9  |
| K25     | 48.0               | 64.1 | 82.8 | 99.0  | 51.9               | 65.6 | 78.5 | 94.7  |
| K30     | 47.8               | 61.9 | 75.6 | 94.5  | 51.0               | 63.6 | 77.6 | 93.4  |
| K45     | 35.0               | 50.2 | 68.9 | 86.8  | 37.9               | 55.8 | 69.9 | 83.2  |

**Çizelge 6.** Beton basınç dayanımlarının 28 günlük kontrol beton dayanıma oranı (%)

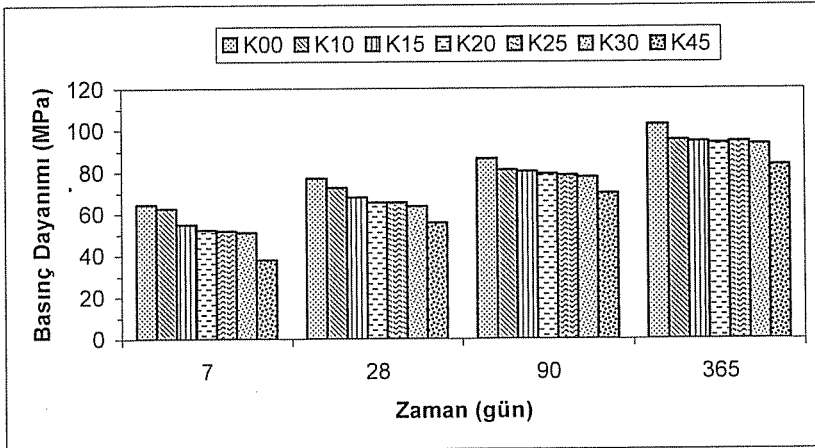
| Karışım | 100×100×100 mm küp |     |     |     | 150×150×150 mm küp |     |     |     |
|---------|--------------------|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|
|         | 7                  | 28  | 90  | 365 | 7                  | 28  | 90  | 365 |
| K00     | 88                 | 100 | 112 | 133 | 84                 | 100 | 112 | 133 |
| K10     | 77                 | 97  | 109 | 130 | 81                 | 94  | 105 | 124 |
| K15     | 74                 | 91  | 108 | 130 | 71                 | 88  | 104 | 123 |
| K20     | 69                 | 89  | 108 | 129 | 68                 | 85  | 103 | 122 |
| K25     | 62                 | 82  | 106 | 127 | 67                 | 85  | 102 | 123 |
| K30     | 61                 | 80  | 97  | 121 | 66                 | 82  | 101 | 121 |
| K45     | 45                 | 65  | 89  | 112 | 49                 | 72  | 91  | 108 |

Uçucu kül katkılı betonların basınç dayanımlarının şahit betonun 28 günlük dayanımlarına oranı ise Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelgede 6'da uçucu kül oranının artışı ile ileri zamandaki dayanım artışının daha fazla olduğu görülmüştür. Çimentonun yerine uçucu kül katkısı kullanıldığında çimentonun erken dayanım kazandırdığı, uçucu külün ise etkisinin zamanla dayanım kazandırdığı görülmüştür. Betonda kül oranının artması dayanımın kazanımının zamana yayıldığını göstermektedir. %30 oranına kadar uçucu kül katkılı betonların 90. günde her iki boyuttaki beton içinde 28 günlük şahit betonun dayanımının %100'ünü yakaladığı hatta aştığı görülmüştür.

Çizelge 5'te verilen 100 mm'lik ve 150 mm'lik küp beton basınç dayanımlarına ait değerler için, 100 mm'lik küpler için xy dağılımı ve 150 mm'lik küpler için ise sütun grafikleri dayanım-zaman ilişki grafikleri sırasıyla Şekil 2. ve Şekil 3.'te gösterilmektedir. Grafiklerden zamana bağlı olarak tüm beton gruplarının basınç dayanımlarının arttığı görülmektedir. 100 mm'lik küp numunelerin şahit numune dayanımlarına 150 mm'lik küp dayanımlarına kıyasla daha fazla yaklaştığı görülmüştür. 150 mm'lik küp basınç dayanımlarının 90. ve 365. günlerde uçucu kül katkısının %10 - %30 oranları arasındaki dayanımlarının yaklaşık olarak eşdeğer dayanımlara ulaştıkları görülmüştür.

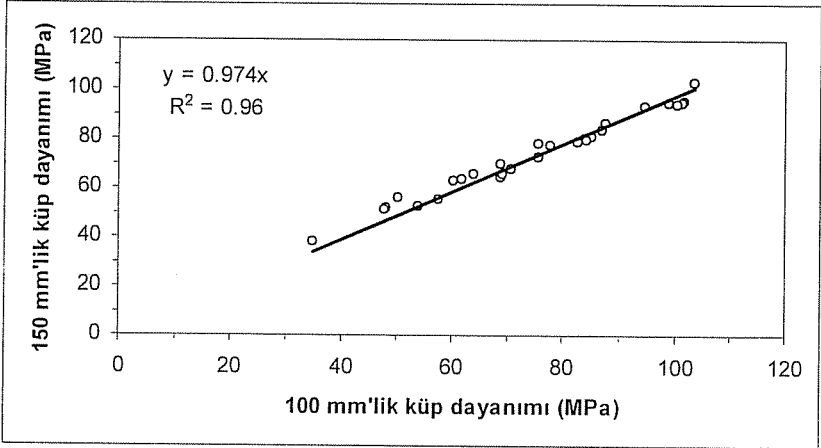


Şekil 2. 100 mm'lik küp basınç dayanımı-zaman ilişkisi



Şekil 3. 150 mm'lik küp basınç dayanımı-zaman ilişkisi

100×100×100 mm'lik ve 150×150×150 mm'lik küp numunelerin basınç dayanımları arasında doğrusal bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Elde edilen doğrusal ilişkinin korelasyon katsayısı 0.96 olup Şekil 4. üzerinde gösterilmiştir. Uçucu kül içeren ve 100×100×100 mm'lik küp numune beton basınç dayanımı, ortalama 0.974 katsayısı ile çarpılarak 150×150×150 mm'lik küp beton basınç dayanım sonucu elde edilebilmektedir.



Şekil 4. 100 mm'lik küp ile 150 mm'lik küp dayanımları arasındaki ilişki

Bütün bunlara ilave olarak Çizelge 4.,5.,6. birlikte yorumlandığında, özellikle çizelgelerin son satırları dikkate alındığında takip eden yorum yapılabilir. Çimento içeriği  $220 \text{ kg/m}^3$  olan ve  $180 \text{ kg/m}^3$  Sugözü uçucu külü içeren ve 0.35 su-bağlayıcı oranıyla üretilen bir betonun 28 günde C45 dayanımına eşdeğer dayanım geliştirmesi oldukça önemlidir ve az miktarda çimento ile yüksek dayanımlı bir betonun kolayca üretilebileceğini göstermektedir.

## 5. SONUÇ

Devam eden bu laboratuvar çalışmasının neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Uçucu kül oranı %30 kadarki betonların basınç dayanımları 90 ve 365 günlerde birbirlerinin dayanımlarına yaklaşık olarak eşdeğer düzeyde dayanım kazanmışlardır. Bu dayanımların aynı zamanda kontrol beton dayanımlarıyla karşılaştırılabilir düzeyde bulunmuştur.
2. Uçucu külün basınç dayanımına etkisi erken zamanlarda olumsuz olmasına karşın zamanla dayanım kazanmaları artmakta ve dayanımları kontrol betonlara yaklaşabilmektedir. Uçucu külün etkisinin zamanla dayanım kazandırdığı görülmüştür.
3. Kullanılan Sugözü uçucu külünün beton basınç dayanımları açısından, %30 mertebesine kadar ikame edilebileceği hatta yüksek oranlarda uçucu kül içeren

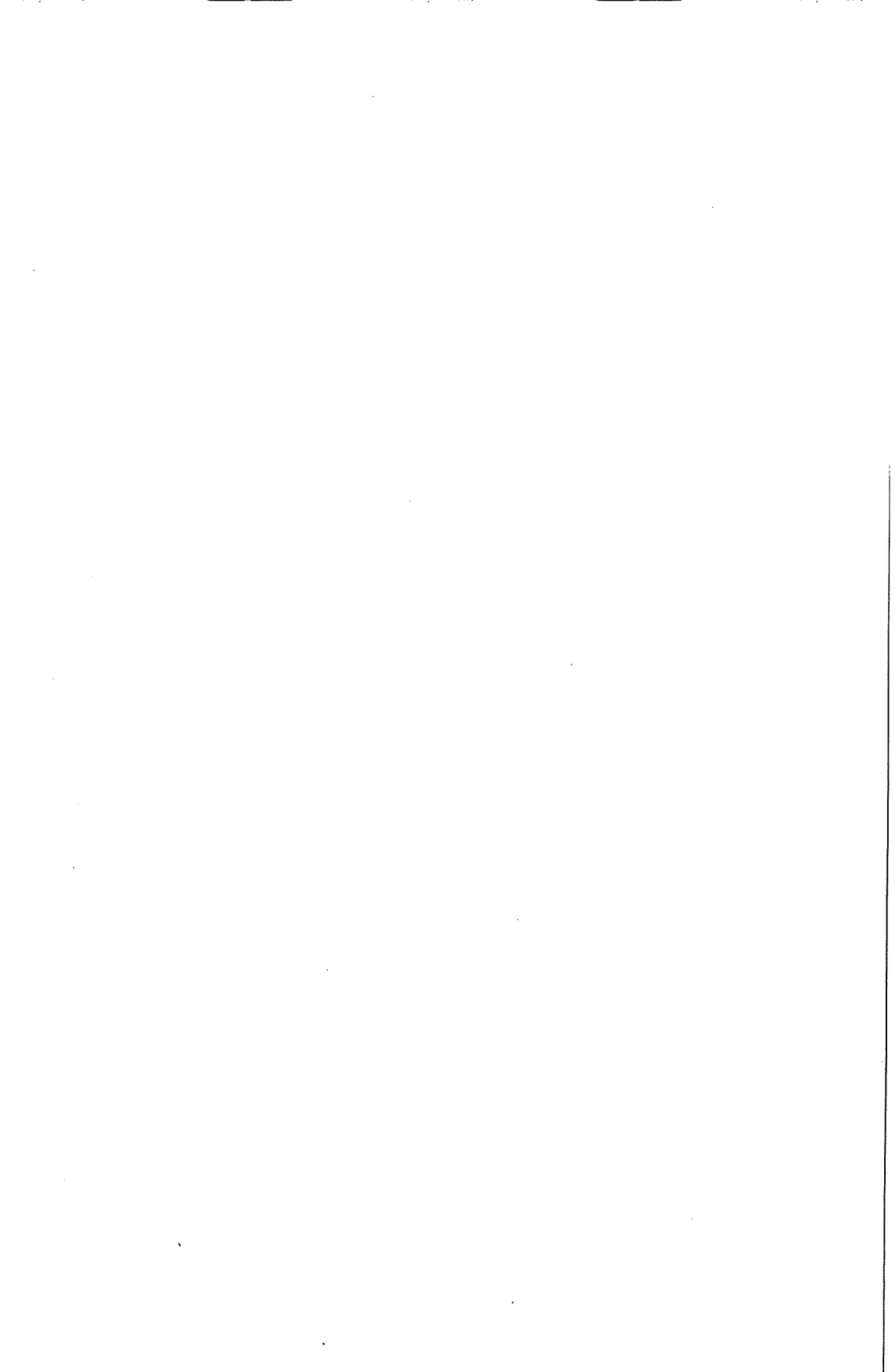
betonlarda %45 ve üzeri kullanılabilceği, dolayısıyla ekonomik ve ekolojik faydaların elde edileceği kanaati oluşmuştur.

## 6. TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmaya finansal destek sağlayan Çukurova Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimine (Proje No: MMF2004D17) teşekkür eder.

## 7. KAYNAKLAR

1. Tokyay, M., Erdoğan, K., "Türkiye Termik Santrallerinden Elde Edilen Uçucu Küllerin Karakterizasyonu", TÇMB AR-GE, 1998, Ankara.
2. Türker, P., Erdoğan, B., Kantaş, F., Yeğınobalı, A., "Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri", Ar-Ge Enstitüsü, TÇMB, 2003, Ankara.
3. Elektrik Mühendisleri Odası, "Sugözü Termik Santrali", TMMOB, Ankara, 2005.
4. Erdoğan, T.Y., "Beton", OTDÜ Geliştirme Vakfı ve Yayıncılık A.Ş., Ankara, 2003.
5. ASTM C 618, "Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete", Annual Book of ASTM Standards, 1998.
6. TS 639, "Uçucu Küller", TSE, Ankara, 1998.
7. TS 3526, "Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini", TSE, Ankara, 1980.
8. TS EN 12390-4, "Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 4: Basınç Dayanımı - Deney Makinalarının Özellikleri", TSE, Ankara, 2002.
9. TS EN 12390-3, "Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini", TSE, Ankara, 2002.





## ÇEŞİTLİ DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ (TDY-1998) İLE KARŞILAŞTIRILMASI

**Mehmet Fatih ŞAHAN**

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

**Ali Hamza TANRIKULU**

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

**ÖZET :** Bu çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliği (TDY-1998) ile Amerika ve Avrupa Deprem Yönetmelikleri (UBC-1997 ve Eurocode-8-1994) karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, gözönüne alınan örnek binalarda deprem etkisi altında oluşan taban kesme kuvveti, her üç yönetmeliğe göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Deprem yönetmeliklerinin karşılaştırılması sonucunda, ortak bir deprem yönetmeliğinin oluşturulmasının mümkün olabileceği anlaşılmıştır.

### COMPARISON OF TURKISH SEISMIC CODE (TDY-1998) WITH VARIOUS SEISMIC CODES

**ABSTRACT :** In this study, the Turkish Seismic Code (TDY-1998), Uniform Building Code (UBC-1997) and Earthquake Resistant Design of Structures (Eurocode-8-1994) are compared with each other. For this purpose, the base shear force, caused by earthquake response, is determined for some example structures using each code. Equivalent Seismic Load Method is used for the determination of the base shear force. As a result of comparison between the above-mentioned codes, it can be concluded that, it is possible to establish a common seismic code to use in globally.

## 1. GİRİŞ

Deprem yönetmelikleri ülkelerin uzman kadroları tarafından uzun süren çalışmalar doğrultusunda, gerçeğe yakın bazı kabuller yapılması sonucu hesap yöntemleri geliştirilerek oluşturulmuştur. Deprem yönetmeliklerindeki bu hesap yöntemlerini statik ve dinamik hesap yöntemleri olarak iki grupta toplamak mümkündür. Statik yöntemde amaç; her kata ele alınan deprem doğrultusunda eksantrisite ile etki eden tasarım kat deprem yükleri etkisi altında binanın analizinin yapılmasıdır. Tasarım kat deprem yükleri deprem anında bina tabanında oluşan ve binada kesme kuvveti etkisi gösteren kuvvetin tayin edilerek katlara dağıtılması ile elde edilmektedir.

Bu çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliği (TDY-98) [1] ile Amerika (Uniform Building Code Earthquake Design 1997) [2] ve Avrupa Deprem Yönetmelikleri, (Eurocode-8-Design provisions for earthquake resistance of structures-1994) [3] karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, göz önüne alınan örnek binalarda tasarlanan deprem etkisi altında binanın taban seviyesinde oluşan taban kesme kuvveti, her üç yönetmeliğe göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yönetmeliklere göre hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması amacıyla oluşturulan binalar, bina taşıyıcı sistemi özelliği, muhtemel deprem tehlikesi, binanın oturacağı zemin vb. özellikler her üç yönetmelikte de birbiri ile aynı olmalıdır. Bu özellikler her örnekte ayrı ayrı baştan düşünülerek deprem yönetmeliklerindeki hesap yöntemleri uygulanmıştır.

Her üç yönetmeliğin statik hesap yöntemlerinde kullanılan deprem yükü denklemlerinde bulunan benzerlikler ve farklılıklar ortaya konmuş, modellenen binaların üç yönetmeliğe göre deprem yükleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Her üç yönetmeliğe göre ayrı ayrı hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin büyüklüğüne göre yönetmeliklerde yapılan kabullerin birbirine ne kadar yaklaşılabildiği incelenmiştir. Hesaplamalarda, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Türk Deprem Yönetmeliğinde kullanılan isimlendirme baz alınmıştır) kullanılmıştır.

## 2. AMERİKAN DEPREM YÖNETMELİĞİ KOŞULLARI (UBC-97)

Tasarım kat deprem yükleri, taban kesme kuvvetinin bulunarak katlara dağıtılması ile elde edilmektedir. Tasarım kat deprem yükleri,

$$F_x = (V - F_1) \frac{w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i} \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır [2].

Burada  $F_x$  Statik yöntemde  $x'$  inci kata etki eden tasarım deprem yüküdür.

$w_i$ , Binanın  $i$ 'inci katının ağırlığı

$h_i$ , Binanın  $i$ 'inci katının temel üstünden ölçülen yüksekliği

$F_1$ , Binanın  $n'$  inci katına etki eden ek tasarım deprem yüküdür. Ana periyodu 0.7 saniyeden daha büyük olan binalar için ek tasarım deprem kuvveti aşağıdaki gibi hesaplanır [2].

$$F_1 = 0.07 T V \quad (T > 0.7 \text{ s}) \quad (2)$$

Ek tasarım deprem kuvveti 0.25 V değerini aşmamalıdır

V Statik yöntemde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etki eden taban kesme kuvveti olup aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır [2]:

$$V = \frac{C_v I}{R T} W \quad (3)$$

Burada, W Binanın, toplam ağırlığıdır.

$C_v$ , Depremsel katsayı [2] olup değeri hem depremsel bölge çarpanı  $Z'$ 'ye ve hem de zemin profil tipine bağlı olarak değişmektedir. Yönetmelikte zemin profil tipleri 5 grupta toplanmıştır..  $Z=0.4$  için  $C_v$  değeri bilinen faylara olan yakınlığa göre  $N_v$  olarak verilen ve değeri 1.0 ila 2.0 arasında değişen bir faktör ile çarpılmaktadır.

$Z$ , depremsel bölge çarpanı olup ülke sismik olarak 4 farklı bölgeye ayrılmaktadır. Depremsel bölge çarpanı  $Z$  0.075 ile 0.4 arasında değişmektedir

$R$ , Deprem yükü azaltma katsayısı [2] olup yapının yatay sünekliliğini gösteren bir katsayıdır ve değeri 2.8 ile 8.5 arasında değişmektedir.

$I$ , Bina önem katsayısı [2] olarak tanımlanmaktadır. Yapının deprem sonrası kullanıma ihtiyacına göre 1.0 ile 1.25 arasında değişen değerlere sahiptir.

$T$ , Binanın incelenen yöndeki ana titreşim periyodudur. Binaların ana periyodu, Rayleigh yöntemi ile hesaplanabilir [2].

Yönetmelikte [2] göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etki eden taban kesme kuvvetinin aşağıdaki aralık dışında kalmasına izin verilmez.

$$0.11 C_a I W \leq V \leq \frac{2.5 C_a I}{R} W \quad (4)$$

### 3. AVRUPA DEPREM YÖNETMELİĞİ KOŞULLARI (EUROCODE 8-94)

Yatay deprem yükleri, taban kesme kuvvetinin kat kütlelerinin tabana uzaklığı ve kütlelerin ağırlıklarıyla orantılı olarak, katlara dağıtılması ile elde edilir. Yatay deprem yükleri,

$$F_i = F_b \frac{z_i W_i}{\sum z_j W_j} \quad (5)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır [3].

Burada  $F_i$  Statik yöntemde  $i$ 'inci kata etki eden yanal deprem yüküdür.

$W_i$ ,  $W_j$ , binanın  $i$ 'inci ve  $j$ 'inci katının ( $m_i$ ,  $m_j$ ) ağırlığı ve  $z_i$ ,  $z_j$ , binanın  $i$ 'inci ve  $j$ 'inci kütlesinin temel seviyesine olan uzaklığıdır.

$F_b$  Statik yöntemde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın tümüne etkileyen depremsel taban kesme kuvveti olup aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır [3]:

$$F_b = S_d(T_1) W \quad (6)$$

Burada  $W$  binanın toplam ağırlığıdır.

$T_1$ , binanın göz önüne alınan salınım hareketi doğrultusundaki ana titreşim periyodu olup Rayleigh yöntemi ile hesaplanabilir.

$S_d(T_1)$  Tasarım spektrumunun  $T_1$  periyodundaki ordinatı olup yerçekimi ivmesi ile normalize edilmiş tasarım spektrumu aşağıdaki gibi tanımlanmıştır [3].

$$S_d(T) = \alpha S \left[ 1 + \frac{T}{T_B} \left( \frac{B_0}{q} - 1 \right) \right] \quad 0 \leq T \leq T_B \quad (7)$$

$$S_d(T) = \alpha S \left( \frac{B_0}{q} \right) \quad T_B \leq T \leq T_C \quad (8)$$

$$S_d(T) \begin{cases} \rightarrow = \alpha S \left( \frac{B_0}{q} \right) \left[ \frac{T_C}{T} \right]^{k_{d1}} \\ \rightarrow \geq [0.20] \alpha \end{cases} \quad T_C \leq T \leq T_D \quad (9)$$

$$S_d(T) \begin{cases} \rightarrow = \alpha S \left( \frac{B_0}{q} \right) \left[ \frac{T_C}{T_D} \right]^{k_{d1}} \left[ \frac{T_D}{T} \right]^{k_{d2}} \\ \rightarrow \geq [0.20] \alpha \end{cases} \quad T_D \leq T \quad (10)$$

Burada  $\alpha$  Tasarım yer ivmesi  $a_g$ 'nin yerçekimi ivmesi  $g$ 'ye oranıdır.

$S$ , Zemin parametresi,  $B_0$  %5 sönüm oranı için spektral ivme çarpanı,  $q$  Davranış faktörü,  $T_B$  Tasarım spektrum eğrisinin başlangıç periyot değeri,  $T_C$ ,  $T_D$  Tasarım spektrum eğrisinin sabit bölümündeki sınır periyot değerleri,  $k_{d1}$ ,  $k_{d2}$  Titreşim periyodunun  $T_C$  ve  $T_D$ 'den daha büyük olması durumunda tasarım spektrum hesabında kullanılan üslerdir. Tasarım spektrum parametrelerinin ( $S$ ,  $B_0$ ,  $k_{d1}$ ,  $k_{d2}$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ ) yerel zemin sınıfına göre değişen değerleri çizelge 1'de verilmektedir [3].

**Çizelge 1.** Zemin sınıflarına göre tasarım spektrum parametreleri

| Zemin Sınıfı | S   | $B_0$ | $k_{d1}$ | $k_{d2}$ | $T_B$ | $T_C$ | $T_D$ |
|--------------|-----|-------|----------|----------|-------|-------|-------|
| A            | 1.0 | 2.5   | 2/3      | 5/3      | 0.10  | 0.40  | 3.0   |
| B            | 1.0 | 2.5   | 2/3      | 5/3      | 0.15  | 0.60  | 3.0   |
| C            | 0.9 | 2.5   | 2/3      | 5/3      | 0.20  | 0.80  | 3.0   |

$q$ , Davranış faktörü olup binanın enerji tüketme kapasitesi göz önünde bulundurularak,

$$q = q_0 \times k_D \times k_R \times k_W \geq 1.5 \quad (11)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Burada  $q_0$  Davranış faktörünün temel değeri olup binanın taşıyıcı sisteminin sünekliğine göre 2.0 ile 5.0 arasında değişen bir değere sahiptir.

$k_D$  Yapının süneklik sınıf faktörü olup 0.50, 0.75, 1.00 değerlerinden birisidir.

$k_R$  Yapının kattaki düzenlilik faktörü olup düzenli yapılar için 1.00 düzensiz yapılar için ise 0.80 değerini alır.

$k_W$  Duvarlı sistemlerde baskın yetersizlik modu faktörü olarak tanımlanmaktadır. Çerçeve ve çerçeveye eşdeğer birleşik sistemler için 1.00 değerini alırken perdeli sistemler, perdeli sisteme eşdeğer sistemler ve çekirdekli sistemler için aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$K_w = \frac{1}{2.5 - 0.5 \times \alpha_0} \leq 1 \quad (12)$$

$\alpha_0$  yapıdaki perdeler göz önünde bulundurularak,

$$\alpha_0 = \frac{\sum H_{wi}}{\sum l_{wi}} \quad (13)$$

denklemleri yardımıyla hesaplanır.

Burada  $H_{wi}$  i'inci perdenin yüksekliğini,  $l_{wi}$  ise i'inci perdenin deprem hesabı yapılan yöndeki uzunluğunu ifade eder.

#### 4. YÖNETMELİKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Türk, Amerika ve Avrupa Deprem Yönetmeliklerine yapıların doğal titreşim periyotlarının hesaplanması için kullanılan yöntem ve denklem aynıdır.

Türk, Amerika ve Avrupa Deprem Yönetmeliklerine göre taban kesme kuvvetlerini veren denklemleri karşılaştıralım.

$$\text{TDY-1998} \quad V_t = \frac{A(T_1)}{R_a(T_1)} W \quad (14)$$

$$\text{UBC-1997} \quad V = \frac{C_v I}{R T} W$$

$$\text{Eurocode 8-1994} \quad F_b = S_d(T_1) W$$

Bu denklemlerdeki çarpanlar dikkate alınırsa ortak bir denklem olarak,

$$V = C W \quad (15)$$

denklemleri yazılabilir. Burada C katsayısı her yönetmelikte farklı şekillerde hesaplanmaktadır. Denklemler arasındaki benzerlik biraz daha incelendiğinde yapının

taşıyıcı sisteminin depreme karşı davranışını ifade eden katsayının da ortak olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda denklem (16), (17), (18) yazılabilir.

$$\text{TDY-1998} \quad V_t = \frac{C_0}{R_a(T_1)} W \quad (16)$$

$$\text{UBC-1997} \quad V = \frac{C_0}{R} W \quad (17)$$

$$\text{Eurocode 8-1994} \quad F_b = \frac{C_0}{q} W \quad (18)$$

(16), (17), (18) denklemlerinde paydada olan  $R_a(T_1)$ ,  $R$ , ve  $q$ , yapının depremde gösterdiği davranış ile ilgili katsayıları göstermektedir.  $C_0$  ise deprem katsayısı olarak tarif edilebilir.

$C_0 W$  değeri depremde ortaya çıkan lineer-elastik depremsel taban kesme kuvveti olmakla birlikte hesaplarda kullanacağımız gerçek depremsel taban kesme kuvveti - yapının elastik ötesi davranışını dikkate almak amacıyla- yapının depremde gösterdiği davranışa göre bir katsayıya bölünmesi ile elde edilir. (16), (17), (18) denklemleri bu durumu açık ve basit bir şekilde göstermektedir.

(16), (17), (18) denklemleri incelendiğinde Türk, Amerika ve Avrupa Deprem Yönetmeliklerine göre taban kesme kuvvetlerini veren denklemlerin aslında ne kadar benzer olduğu ortaya çıkmaktadır.

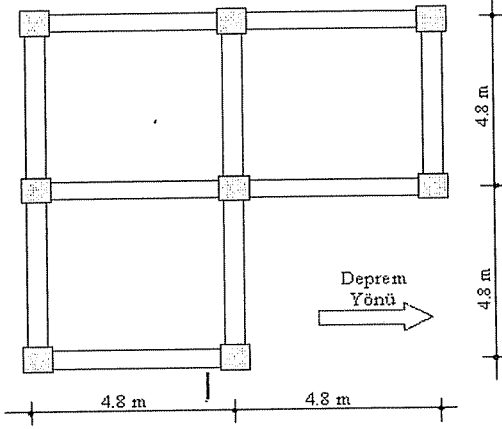
## 5. ÖRNEK PROBLEMLER

Yapılarda taban seviyesinde oluşan deprem yüklerini sayısal olarak karşılaştırabilmek amacıyla 5 tanesi sadece çerçevelerden ve 4 tanesi de çerçevelere ilave olarak perdelerden oluşan taşıyıcı sistemlere sahip olan 9 ayrı yapı oluşturulmuştur. Binalar ait bazı bilgiler Çizelge 2'de verilmiştir.

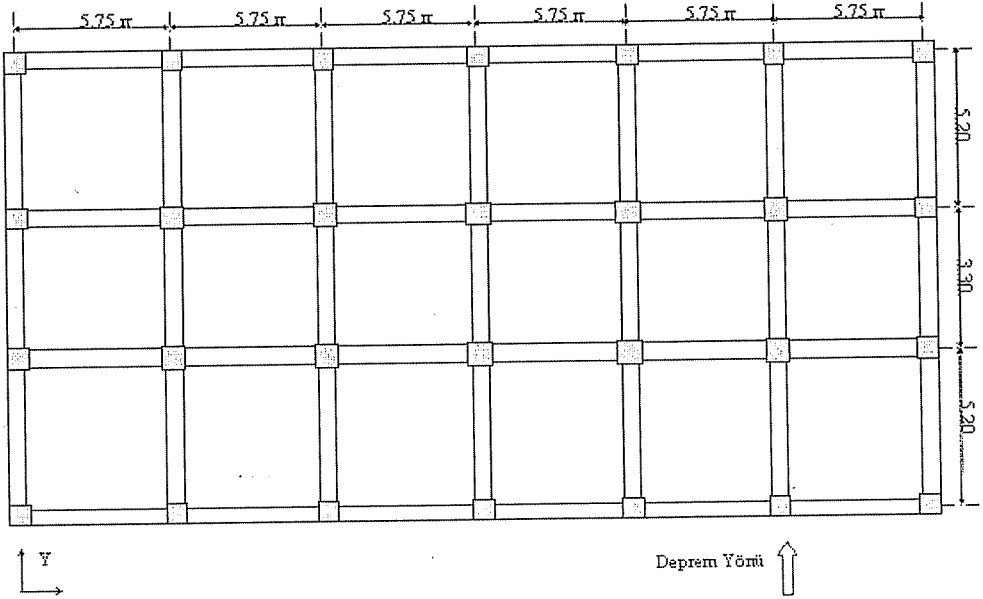
**Çizelge 2.** Örnek Binalara Ait Bazı Bilgiler

|         | Kat Sayısı | Deprem Bölgesi | Zemin Sınıfı |
|---------|------------|----------------|--------------|
| Örnek 1 | 3          | 1. derece      | Z3           |
| Örnek 2 | 5          | 1. derece      | Z2           |
| Örnek 3 | 10         | 1. derece      | Z2           |
| Örnek 4 | 6          | 2. derece      | Z2           |
| Örnek 5 | 10         | 1. derece      | Z1           |
| Örnek 6 | 6          | 2. derece      | Z2           |
| Örnek 7 | 5          | 1. derece      | Z2           |
| Örnek 8 | 10         | 1. derece      | Z2           |
| Örnek 9 | 10         | 1. derece      | Z2           |

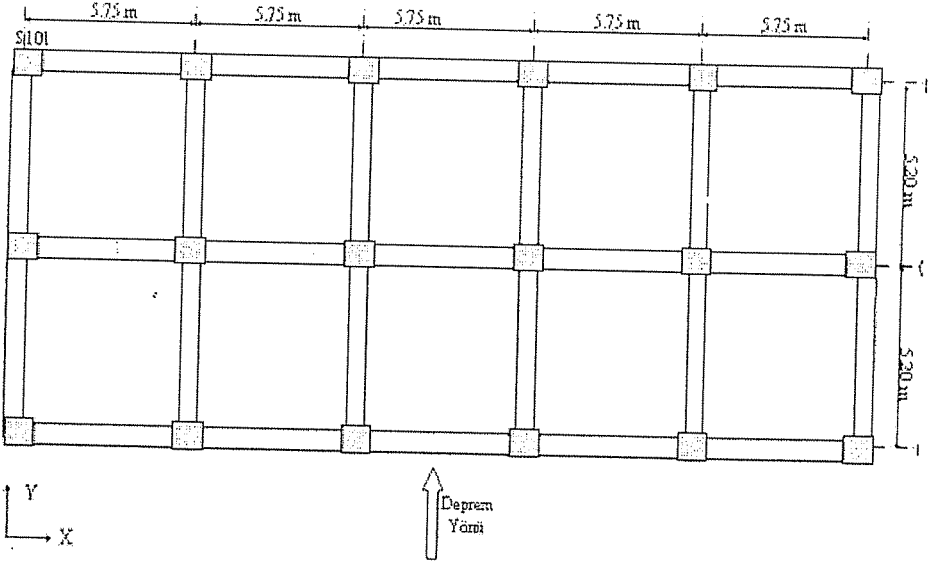
Binalara ait kat kalıp planları Şekil 1-9'da verilmiştir.



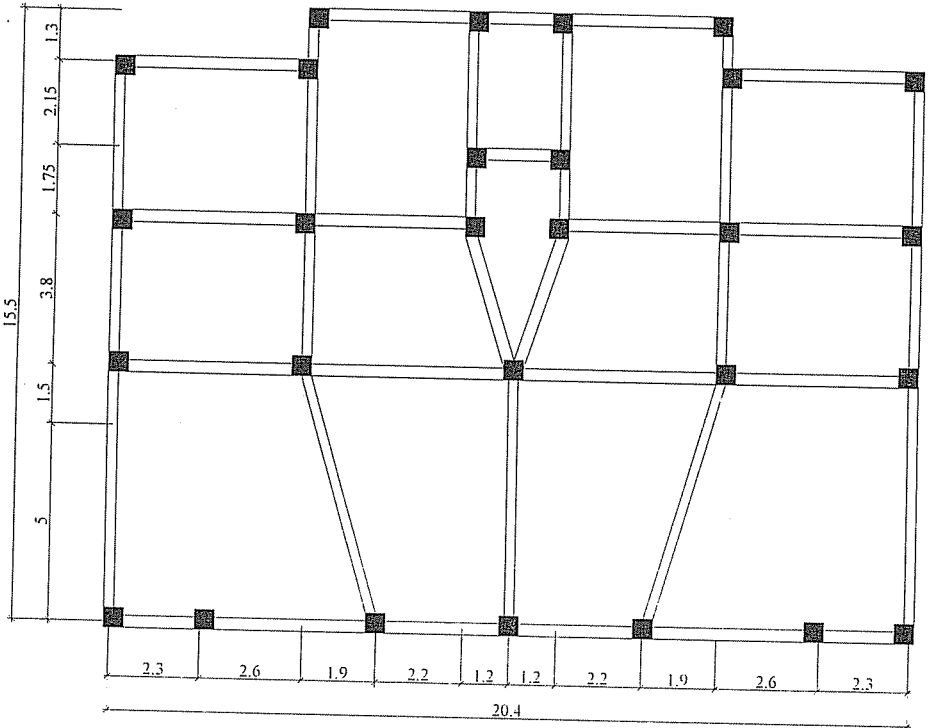
Şekil 1. Örnek 1'e ait kat kalıp planı



Şekil 2. Örnek 2'ye ait kat kalıp planı

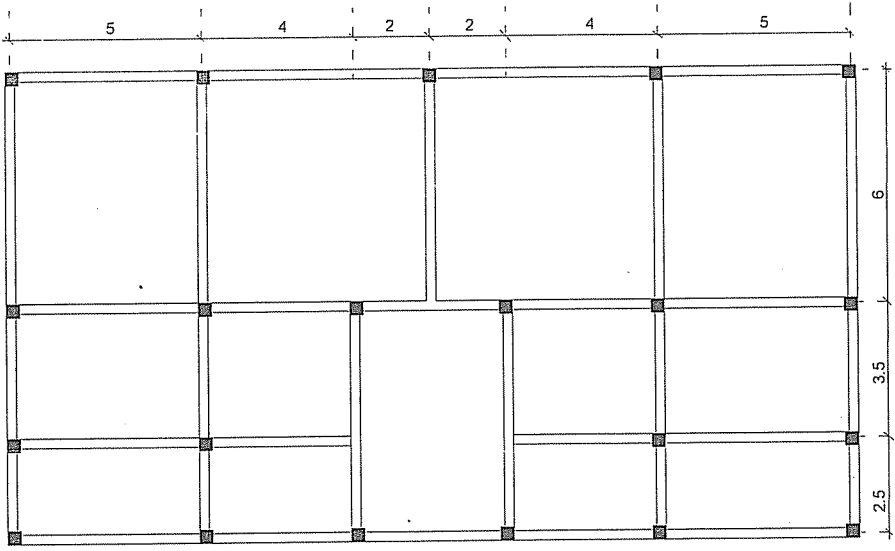


Şekil 3. Örnek 3'e ait kat kılıp planı

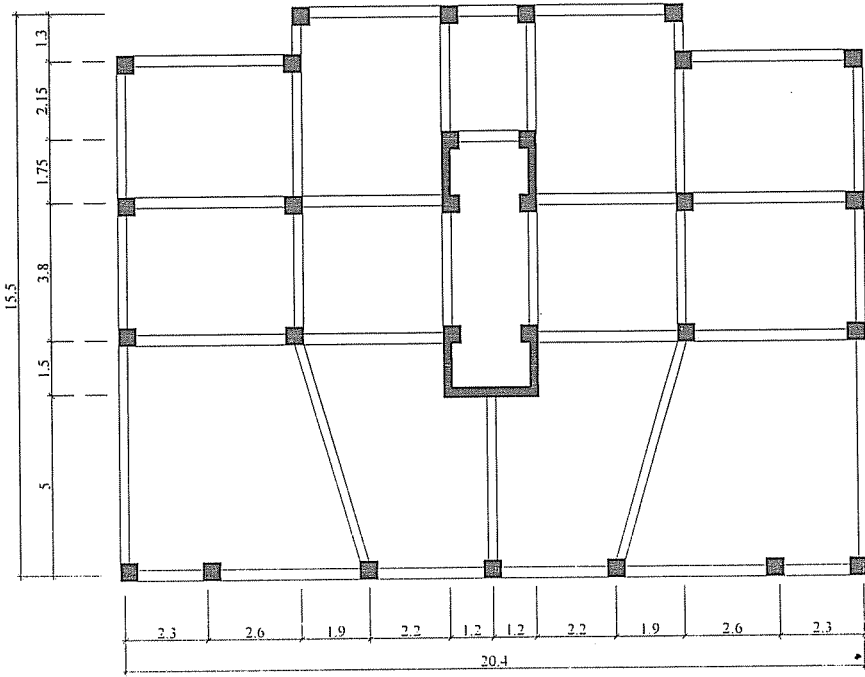


Şekil 4. Örnek 4'e ait kat kılıp planı

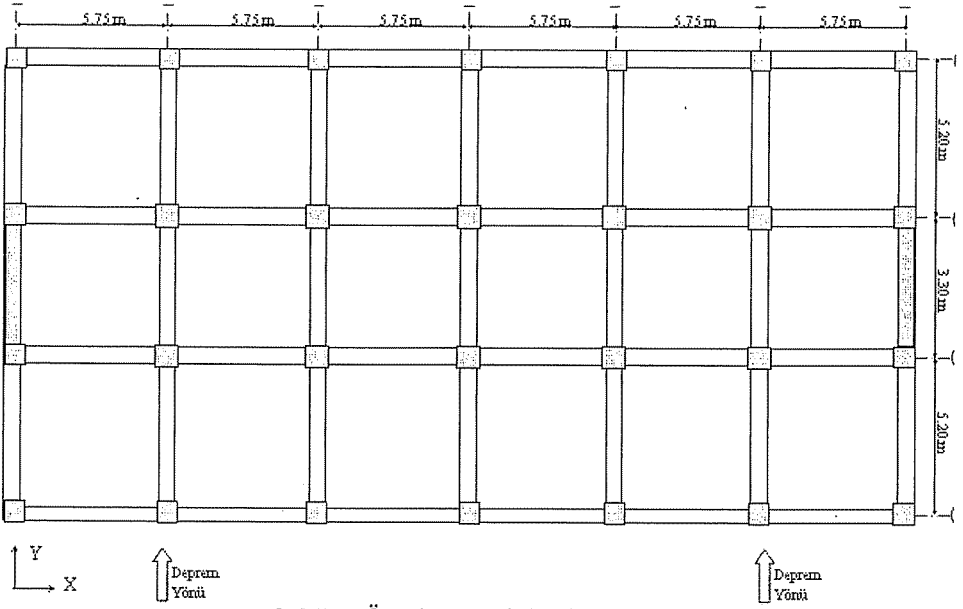




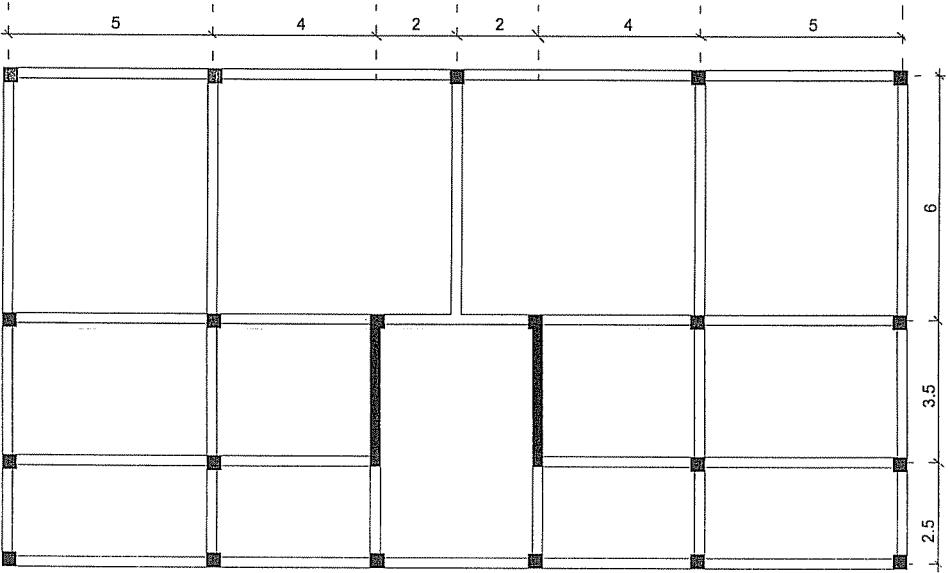
Şekil 5. Örnek 5'e ait kat kalıp planı



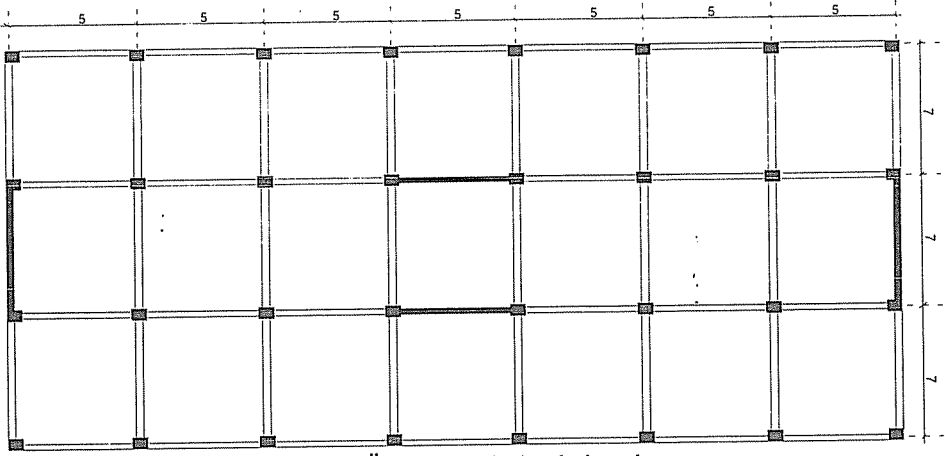
Şekil 6. Örnek 6'ya ait kat kalıp planı



Şekil 7. Örnek 7'ye ait kat kalıp planı



Şekil 8. Örnek 8'e ait kat kalıp planı



Şekil 9. Örnek 9'a ait kat kalıp planı

## 6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ele alınan örneklerde taban seviyesinde oluşan deprem yükleri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde ilk 5 örnekte yani yapı taşıyıcı sisteminin sadece çerçevelerden oluştuğu durumda TDY-1998 ve UBC-1997 denklemleri ile elde edilen yapılarda taban seviyesinde oluşan deprem yükleri değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve Eurocode-8-1994 yönetmeliğine göre hesaplanan taban seviyesinde oluşan deprem yüklerinin TDY-1998 ve UBC-1997'ye göre bariz bir şekilde büyük olduğu görülmektedir. Yapıda çerçevelerle birlikte perde olması durumunda (son dört örnek) elde edilen toplam deprem yükleri değerlerini inceleyecek olursak UBC-1997 değerlerinin TDY-1998 değerlerinden büyüyen uzaklaştığı ve Eurocode-8-1994 değerlerinin TDY-1998 ve UBC-1997 değerlerine göre oldukça büyük çıktığı görülmektedir.

Çizelge 3. Yapının tümüne etki eden deprem yükü değerleri

|         | TDY-1998<br>$V_t$ (ton) | UBC-1997<br>$V$ (ton) | Eurocode-8-1994<br>$F_b$ (ton) |
|---------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Örnek 1 | 24.663                  | 25.534 <sup>1</sup>   | 39.461                         |
| Örnek 2 | 148.591                 | 158.854               | 273.301                        |
| Örnek 3 | 60.613                  | 64.036                | 112.367                        |
| Örnek 4 | 107.852                 | 131.393               | 190.383                        |
| Örnek 5 | 82.898 <sup>2</sup>     | 91.187 <sup>2</sup>   | 165.795                        |
| Örnek 6 | 183.969                 | 311.190 <sup>1</sup>  | 465.751                        |
| Örnek 7 | 275.387                 | 449.264               | 894.878                        |
| Örnek 8 | 130.558                 | 189.571               | 488.845                        |
| Örnek 9 | 558.887                 | 794.750               | 2211.41                        |

<sup>1</sup> Toplam tasarım taban kesme kuvveti maksimum değeri.

<sup>2</sup> Toplam tasarım taban kesme kuvveti minimum değeri.

(16), (17), (18) denklemlerinde yer alan deprem katsayısı ( $C_0$ ) olarak tarif edilen değerler çizelge 4'te verilmektedir.

Çizelge 4.  $C_0$  değerleri

|                      | TDY-1998 | UBC-1997 | Eurocode-8-1994 |
|----------------------|----------|----------|-----------------|
| Örnek 1 <sup>1</sup> | 1.000    | 1.170    | 1.000           |
| Örnek 2 <sup>1</sup> | 0.433    | 0.492    | 0.498           |
| Örnek 3 <sup>1</sup> | 0.413    | 0.464    | 0.479           |
| Örnek 4 <sup>1</sup> | 0.416    | 0.538    | 0.459           |
| Örnek 5 <sup>1</sup> | 0.215    | 0.196    | 0.400*          |
| Örnek 6 <sup>2</sup> | 0.621    | 0.888    | 0.641           |
| Örnek 7 <sup>2</sup> | 0.703    | 0.901    | 0.745           |
| Örnek 8 <sup>2</sup> | 0.441    | 0.503    | 0.505           |
| Örnek 9 <sup>2</sup> | 0.406    | 0.453    | 0.471           |

<sup>1</sup> Yapı sadece yüksek sünekliğe sahip çerçevelerden oluşmaktadır.

<sup>2</sup> Yapı çerçeve ve perdelerden oluşmaktadır.

\* Eurocode-8-1994 için minimum değer olan 0.4 değeridir.

Çizelge 4'ten anlaşılacağı gibi her üç yönetmeliğe göre hesaplanan deprem katsayıları birbirine çok yaklaşmaktadır. Sadece Örnek 5'te, Eurocode-8-1994 için hesaplanan  $C_0$  değeri minimum değer olarak alınması gerektiğinden, diğer değerlerden azımsanmayacak kadar büyük çıkmıştır. Çizelge 4 daha ayrıntılı incelendiğinde TDY-1998 yönetmeliğinde  $C_0$  katsayılarının diğer yönetmeliklere göre daha küçük çıktığı fakat aradaki farkın çok büyük olmadığı görülmektedir.

(16), (17), (18) denklemlerinde paydada bulunan ve taşıyıcı sistemlere göre değer olarak hesaba katılan yapı davranış katsayıları Çizelge 5'te verilmektedir.

Çizelge 5. Yapı davranış katsayısı değerleri

|                      | TDY-1998 | UBC-1997 | Eurocode-8-1994 |
|----------------------|----------|----------|-----------------|
| Örnek 1 <sup>1</sup> | 8.00     | 8.50     | 5.00            |
| Örnek 2 <sup>1</sup> | 8.00     | 8.50     | 5.00            |
| Örnek 3 <sup>1</sup> | 8.00     | 8.50     | 5.00            |
| Örnek 4 <sup>1</sup> | 8.00     | 8.50     | 5.00            |
| Örnek 5 <sup>1</sup> | 8.00     | 8.50     | 5.00            |
| Örnek 6 <sup>2</sup> | 7.00     | 5.50     | 2.85            |
| Örnek 7 <sup>2</sup> | 7.00     | 5.50     | 2.28            |
| Örnek 8 <sup>2</sup> | 7.00     | 5.50     | 2.14            |
| Örnek 9 <sup>2</sup> | 7.00     | 5.50     | 2.06            |

<sup>1</sup> Yapı sadece yüksek sünekliğe sahip çerçevelerden oluşmaktadır.

<sup>2</sup> Yapı çerçeve ve perdelerden oluşmaktadır.

Çizelge 5 incelendiğinde ilk beş örnekte TDY-1998 ile UBC-1997 yönetmeliklerindeki değerlerin birbirine çok yakın olduğu, Eurocode-8-1994 yönetmeliğinde ise davranış katsayısının büyük bir farklılık gösterdiği gözlenmektedir. Yapıya perde ilavesi durumunda TDY-1998 ile UBC-1997 yönetmeliklerindeki değerlerin birbirinden uzaklaştıkları görülmektedir. Yapıya perde ilave edilmesi durumunda yapının sünekliliğinde önemli derecede azalma olmaktadır. UBC-1997 yönetmeliğinde yapıya perde ilavesi durumunda yapı davranış katsayısında %35 mertebesinde bir azalma olurken, TDY-1998 yönetmeliğinde ise %13 mertebesinde bir azalma olmaktadır. Eurocode-8-1994 yönetmeliğinde ise, bu katsayı, yapıdaki perde kesit alanına bağlı olmakla birlikte, %40 ila %60 mertebelerinde değişim göstermektedir. Çizelge 4'teki değerlere göre  $C_0$  katsayılarının aynı olması durumunda yapılarda oluşacak olan deprem kuvvetinin en büyük değerini verecek yönetmeliğin Eurocode-8-1994 olduğu anlaşılmaktadır. Nitekim Çizelge 3'te bu durum net olarak görülmektedir.

Yapının yapılacağı alanın faya uzaklığı 15 kilometreden daha az ise ve fay çatlağındaki enerji birikimi magnitudü 7'den daha büyük depremlere neden olabiliyor ise, binanın tümüne etkiyen toplam tasarım taban kesme kuvvetinin hesaplanmasında UBC-1997 yönetmeliğinde kullanılan  $N_v$  katsayısı uzaklığa göre değiştiğinden, toplam tasarım taban kesme kuvveti de değişim göstermektedir. Bu durum, UBC-1997 yönetmeliğine göre 4. derece (en önemli) deprem bölgesinde geçerlidir. Yapı fay çatlağına yaklaştıkça hesaplanan toplam tasarım taban kesme kuvvetinde de artış olmaktadır. Yapıların fay çatlağına olan uzaklığına göre yapılarda taban seviyesinde oluşan deprem yükleri değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.

**Çizelge 6.** Yapının tümüne etki eden toplam tasarım taban kesme kuvveti

|                      | UBC-1997<br>$V_t$ (ton)<br>Faya 15 km'den<br>daha uzak | UBC-1997<br>$V_t$ (ton)<br>Faya 10 km<br>uzak | UBC-1997<br>$V_t$ (ton)<br>Faya 5 km<br>uzak | UBC-1997<br>$V_t$ (ton)<br>Faya 2 km'den<br>yakın |
|----------------------|--|---|--|---|
| Örnek 1 <sup>1</sup> | 25.336 <sup>2</sup>                                    | 25.336 <sup>2</sup>                           | 30.640 <sup>2</sup>                          | 38.300 <sup>2</sup>                               |
| Örnek 2 <sup>1</sup> | 158.854  | 190.625                                       | 254.167                                      | 317.709   |
| Örnek 3 <sup>1</sup> | 64.036   | 76.844  | 102.458                                      | 128.073   |
| Örnek 4              | 131.393  | 131.393                                       | 131.393                                      | 131.393   |
| Örnek 5 <sup>1</sup> | 91.187 <sup>3</sup>                                    | 91.187 <sup>3</sup>                           | 109.424 <sup>3</sup>                         | 136.781 <sup>3</sup>                              |
| Örnek 6              | 311.190  | 311.190                                       | 311.190                                      | 311.190   |
| Örnek 7 <sup>1</sup> | 449.264  | 498.764 <sup>2</sup>                          | 598.516 <sup>2</sup>                         | 748.146   |
| Örnek 8 <sup>1</sup> | 189.571  | 227.486                                       | 303.314                                      | 379.143   |
| Örnek 9 <sup>1</sup> | 794.750  | 953.701                                       | 1271.601                                     | 1589.501  |

<sup>1</sup> Deprem yönünden 4. derece bölgede bulunan yapı.

<sup>2</sup> Toplam tasarım taban kesme kuvveti maksimum değeri.

<sup>3</sup> Toplam tasarım taban kesme kuvveti minimum değeri.

Görüldüğü gibi artış sadece deprem yönünden 4. derece bölgelerde meydana gelmektedir. UBC-1997 yönetmeliğinde hesaplanan toplam tasarım taban kesme kuvveti değerleri yapının yapılacağı alanın faya yakınlığı oranında de arttırılmıştır.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 6.1. Sonuçlar

Deprem anında yapı tabanına etki eden deprem yükünün yapı davranış katsayıları göz önüne alınmadan hesaplanması durumunda, hesaplanan lineer-elastik davranışı veren deprem yükü değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Deprem yükünün hesaplanmasında kullanılan ve yapı davranışını ifade eden katsayıların ( $R(T_1)$ ,  $R$ ,  $q$ ) birbirinden çok farklı olduğu görülmektedir. Bu nedenle  $R(T_1)$ ,  $R$ ,  $q$  katsayılarının kullanılması ile hesaplanan deprem yükleri de birbirinden oldukça farklı çıkmaktadır. Her ne kadar yapının sadece çerçevelerden oluşması durumunda TDY-1998 ve UBC-1997 için hesaplanan deprem yükleri birbirine yakın çıksa da yapıda çerçeve ile birlikte perde bulunması durumunda hesaplanan deprem yükleri birbirinden bir hayli uzak çıkmaktadır. Bu farklılık yönetmeliklerde elasto-plastik davranışı ifade edebilmek için kullanılan katsayıların birbirinden oldukça farklı olmasından kaynaklanmaktadır. UBC-1997 ve Eurocode-8-1994 yönetmeliklerinde yapıda çerçeve ve perde bulunması durumundaki ve sadece çerçeve bulunması durumundaki yapı davranış katsayıları arasında büyük bir fark bulunurken, TDY-1998 yönetmeliğinde bu fark çok az mertebelerde olmaktadır.

UBC-1997 yönetmeliğinde yapı tabanında ortaya çıkan deprem yükünün yapının fay hattına yakınlığına göre hesaplanması düşünülürken bu durum TDY-1998 ve Eurocode-8-1994 yönetmeliklerinde büyük bir eksiklik olarak ortaya çıkmaktadır.

Üç ülkenin deprem yönetmeliğinde de yer ivmesi değerleri bölgedeki yer hareketlerine göre ele alınmaktadır. TDY-1998 yönetmeliğinde etkin yer ivmesi, UBC-1997 yönetmeliğinde ise depremsel bölge çarpanı adı altında, deprem bölgelerine göre sınıflandırma yapılarak hesaba dahil edilirken, Eurocode-8-1994 yönetmeliğinde ise geçmiş yer hareketlerine göre elde edilen kamu kurumları tarafından önerilen yer ivme değerleri kullanılmaktadır.

Yönetmeliklerde yapılan zemin sınıflandırmaları birbirine göre biraz farklılık göstermektedir. Zeminler UBC-1997 yönetmeliğinde beş grupta, TDY-1998 yönetmeliğinde dört grupta, Eurocode-8-1994 yönetmeliğinde ise üç grupta toplanmaktadır. Bu farklılık tasarım ivme spektrumlarını da etkilemektedir. Zemin çeşitlerinin sadece üç grupta toplanması, zemin özelliklerine bağlı olan tasarım ivme spektrumlarının gerçeği yansıtmasında, Eurocode-8-1994 yönetmeliğinin yetersiz kaldığını ortaya koymuştur. Tasarım ivme spektrumlarının daha kesin bir şekilde oluşturulabilmesi zeminin doğru tanımlanmasına bağlı olduğundan, zemin gruplarının Eurocode-8-1994 yönetmeliğinde arttırılması, hesapların doğruya yaklaşması açısından önemlidir.

Yapılarda en üst kata etki eden deprem yükünün hesaplanmasında TDY-1998 ve UBC-1997 yönetmeliklerinde, gerekli görülmesi halinde, ek eşdeğer deprem yükü uygulaması bulunmaktadır. Bu ek eşdeğer deprem yükü değeri ikisinde de aynı formül ile hesaplanırken, gerekli görülme durumu ise farklıdır. TDY-1998 yönetmeliğinde bu gereklilik yapı yüksekliğine bağlı iken, UBC-1997 yönetmeliğinde ise yapı periyoduna

bağlıdır. Ek eşdeğer deprem yükünün uygulanmasının gerekçesi salınımın büyük olması durumunda yukarıdaki katların salınımdan daha fazla etkilenmesidir. Salınımın büyük olması her ne kadar yapı yüksekliğine bağlı olsa da asıl önemli olan periyodun değeridir.

## 6.2. Öneriler

Deprem anında yapı tabanında ortaya çıkan lineer-elastik deprem yükü değerlerinin birbirine çok yakın olması nedeniyle ortak bir deprem yönetmeliğinin oluşturulmasının aslında zor olmadığı görülmektedir.

Yapıların çerçeveler ve perdelerden oluşan taşıyıcı sistemler şeklinde oluşturulması durumunda, yapının rijitliği sadece çerçevelerden oluşan taşıyıcı sistemlere göre büyük oranda arttığından yapı davranış katsayısında da daha büyük mertebede azalma beklenmektedir. TDY-1998 yönetmeliğinde yapı davranış katsayıları için daha detaylı çalışmalar yapılarak, bu katsayıların yapının gerçek davranışını ifade etmesi sağlanmalıdır.

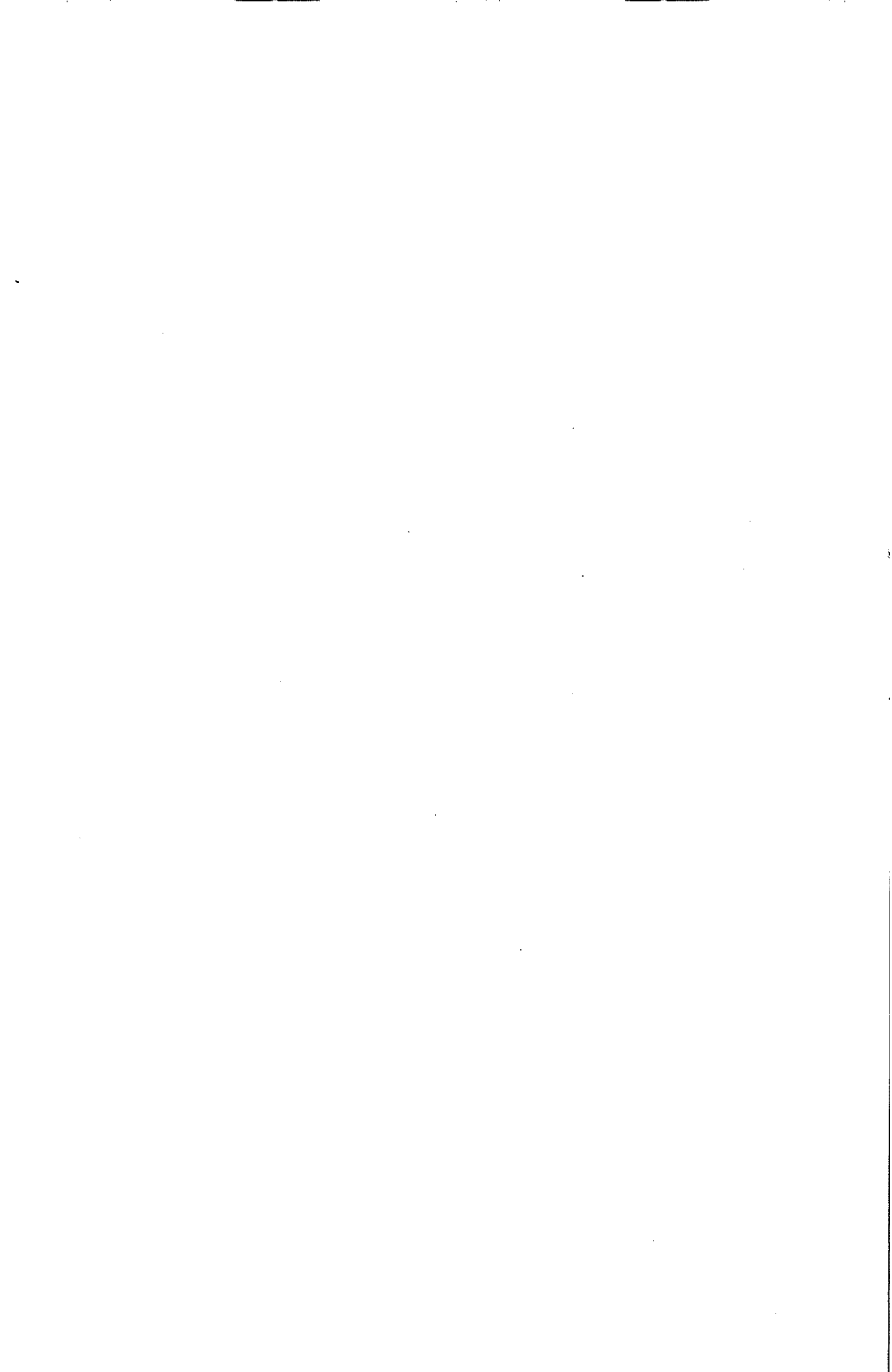
Toplam eşdeğer deprem yükünün yapının fay hattına yakınlığına göre hesaplanması için araştırmalar yapılarak bu durumun TDY-1998 yönetmeliğinde hesaplara yansıtılması gerekmektedir.

Ek eşdeğer deprem yükünün uygulanmasının gerekliliği ayrıntılı çalışmalar ile incelenmelidir. Bu gereklilik, yapı yüksekliğinden çok, yapının periyot değerine bağlanmalıdır.

Yönetmeliklere göre hesaplanan deprem yükü değerleri incelendiğinde UBC-1997 ve Eurocode-8-1994 yönetmeliklerinin TDY-1998 yönetmeliğine göre daha güvenli oldukları görülmektedir. Yönetmelikler arasında en güvenilir yönde kalan yönetmeliğin Eurocode-8-1994 yönetmeliği olduğu aşikardır. Bu üç yönetmelikte güvenilirlik ilkesi ile birlikte ekonomiklik ilkesine ne kadar bağlı kalındığı ayrıca araştırılmalıdır.

## 7. KAYNAKLAR

1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Nihai Deprem Yönetmeliği, Deprem Mühendisliği Türkiye Milli Komitesi, 1997.
2. Eurocode 8, Earthquake Resistant Design of Structures, European Codes and Structures. ENV 1998-1-1:1994, 1994
3. Uniform Building Code, International Conference of Building Officials, Whittier, California, USA, 1994.
4. Yüksel, S.B., "Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, 1997.
5. Kabul, C., "Türkiye Deprem Yönetmeliğinin (Mayıs 1996), A.B.D. (UBC), Kaliforniya (SEAOC) ve Japonya Deprem Yönetmelikleri ile Deprem Yatay Yük Hesabı Yöntemleri Açısından Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.
6. Wasti, S.T., "UBC Hesap Esasları Işığında 1997 Türkiye Deprem Yönetmeliği", Yapı Mekaniği Semineri-2001, Eskişehir, 2001.





**BOŞLUKLU PERDELİ YAPILARIN YENİ DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE  
(TDY 98) GÖRE İNCELENMESİ**

**Mehmetcan MAVRUK ve H. Murat ARSLAN**  
Ç. Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

**ÖZET :** *Güçlendirici kirişe sahip boşluklu deprem perdelerinde, kiriş konumunun uygun seçilmesi ile perdede oluşan yanıl yer değiştirme ve taban momenti değerleri önemli ölçüde azaltılabilmekte ve en iyi yapısal davranış belirlenebilmektedir. Bu şekilde yeni deprem yönetmeliğine göre, boşluklu perdeli yapılarda güçlendirici kirişin yapı düzensizliklerine etkisi, güçlendirici kirişin konumu ve sayısı değiştirilerek bina için en iyi yapısal davranışa göre güçlendirici kiriş konumu belirlenebilmektedir. Bina analizinde ETABS V.8.5.0 paket programı ile çözümlenmiştir. Perdeler sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmiştir. Binanın deprem analizinde Eşdeğer Deprem Yüklü yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar çizelge ve grafiklerle karşılaştırılmış, güçlendirici kiriş konumunun düzensizliklere etkisi gözlenmiştir.*

**A STUDY ON STRUCTURES CONTAINING COUPLED SHEAR WALLS  
ACCORDING TO TURKISH EARTHQUAKE CODE-98**

**ABSTRACT :** *In Coupled shear walls analysis, which include stiffening beams, by means of proper choice of stiffening beam location, wall lateral deflection and base moment values could be reduced considerably and the best structural performance of the wall could be achieved. By using Turkish Earthquake Code-98 in the analysis of the coupled shear walls structures, the effect of the location of the stiffening beam on structural irregularities could be determined by changing stiffening beam location and number. Structural analysis has done by using ETABS V.8.5.5 packet program. Coupled shear walls have been modeled by finite element method. In earthquake analysis of the structures, equivalent static earthquake load method has been employed. Figures and tables compare the results obtained and effect of stiffening beam location on structural irregularities has been watched out.*

## 1. GİRİŞ

Ülkemiz topraklarının, nüfusunun, sanayinin, ve barajların %90'dan büyük bölümü deprem bölgeleri içerisinde bulunmaktadır. Önceden tahmin edilmesi ve önlenmesi olanaksız olan depremler çoğunlukla can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Depremlerin oluşturacağı yapısal hasarları en aza indirmek ve can kaybını önlemek amacıyla gelişmiş ülkelerde çeşitli önlemlere başvurulmaktadır. Deprem afetine karşılık yapılacak en etkili davranış biçimi kuşkusuz, depreme dayanıklı yapılar yapılmasıdır. Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlar ve tasarımcıların yaptığı öneriler ışığında, depreme dayanıklı tasarım konusunda kayda değer gelişmeler sağlanmıştır (2-15). Bu tür sonuçların uygulamaya aktarılmasını sağlamak amacıyla deprem yönetmelikleri oluşturulmuştur (1). Depreme dayanıklı yapılar yapılması konusunda en belirleyici hususların başında deprem yönetmelikleri gelmektedir.

1975 yılından bu yana ülkemizde uygulanmakta olan deprem yönetmeliği 23 yıl gibi çok uzun bir süreden sonra yenilenerek 1 Ocak 1998 tarihinde yeniden yürürlüğe girmiştir. 1975 yönetmeliği 1960'lı yılların teknolojisini ve araştırma sonuçlarını yansıtmaktaydı. 1998 yönetmeliğinin 1991'de hazırlanmış olduğu düşünülürse 1980'li yılların teknolojisi ve araştırma sonuçlarını yansıtmaktadır. Gelişmiş ülkeler yönetmeliklerini periyodik şekilde yenilemektedirler. Böylece deprem mühendisliği konusunda ulaşılan son gelişmeler periyodik bir şekilde uygulamaya geçirilmiş olmaktadır.

Deprem perdeleri yapılarda yatay yüklerin doğurduğu deplasmanları azaltmak ve taban momentini küçültmek için kullanılır. Ancak, pencere kapı boşlukları bu perdelerin etkinliğini azaltır. Bu azaltmayı bir dereceye kadar engellemek için ortaya çıkan boşluklu perdelerle yükseklik boyunca ara ara güçlendirici kirişler konulur. Uygulamada binalarda çok sıra boşluk bırakmak gerektiğinden deprem perdeleri oldukça zayıflamaktadır. Bu durumda kaç adet güçlendirici kiriş gerektiği, kirişlerin konumu ve sıralı boşluk sayısının belirlenmesi önemli bir çalışmadır. Güçlendirilmiş boşluklu perdelerin bulunduğu yapıların eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analizinin yapıldığı bu çalışmada, TDY-98 de belirtilen düzensizliklerin ve yanal deplasmanların değişmeleri incelenmiştir.

Bu çalışmada Yeni Deprem Yönetmeliğinde (TDY 98) önerilen eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak ETABS paket programı ile çözümler yapılmıştır.

## 2. YENİ DEPREM YÖNETMELİĞİ (TDY-98)

Deprem yer hareketine maruz kalacak bina ve bina türü yapıların tamamının veya bölümlerinin depreme dayanıklı tasarımı ve yapımı için gerekli minimum koşulları tanımlamaktır.

Bu Yönetmelikte depreme dayanıklı bina tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabılır düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesidir.

Bu Yönetmelikte esas alınan tasarım depremi, yukarıda tanımlanan şiddetli depreme karşı gelmektedir. Bina Önem Katsayısı  $I = 1$  olan binalar için, tasarım depreminin 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10'dur.

## 2.1. Yapı Düzensizlikleri

TDY -98'de düzensizlikler planda ve düşeyde olmak üzere iki ayrı şekilde incelenmektedir.

### A – Planda Düzensizlik Durumları

- A1 - Burulma Düzensizliği.
- A2 - Döşeme Süreksizliği.
- A3 - Planda Çıkmıntılar Bulunması.
- A4 - Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması.

### B – Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

- B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)
- B2– Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)
- B3– Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

## 2.2. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkı

$$\Delta_i = d_{(i)} - d_{(i-1)} \quad (1)$$

şeklinde ifade edilir. Denklem (1)'de  $d_{(i)}$  ve  $d_{(i-1)}$ , binanın (i)'inci ve (i -1)'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında hesaptan elde edilen yatay yerdeğiştirmeleri göstermektedir. Her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denklem (1) ile hesaplanan göreli kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri  $(\Delta_i)_{\max}$ ,

$$\begin{aligned} (\Delta_i)_{\max} / h_i &\leq 0.0035 \\ (\Delta_i)_{\max} / h_i &\leq 0.02 / R \end{aligned} \quad (2)$$

Denklem (2)'de verilen koşulların elverişsiz olanını sağlayacaktır. Bu koşulların binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Ancak verilen koşul sağlansa bile, yapısal olmayan gevrek elemanların (cephe elemanları vb), elde edilen göreli kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği hesapla doğrulanmalıdır.

## 2.3. İkinci Mertebe Etkileri ( $\theta_i$ )

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri aşağıda belirtildiği gibi gözönüne alınabilir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{\text{ort}} \sum_{j=i}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (3)$$

Burada  $(\Delta_i)_{ort}$ , i'inci kattaki kolon ve perdelerde hesaplanan görelî kat ötelemelerinin kat içindeki ortalama değeridir.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, İkinci Mertebe Gösterge Değeri,  $\theta_i$ 'nin (3) ile verilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci merteye etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir. Bu koşulun herhangi bir katta sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği yeterli ölçüde artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır. Yatay yükler etkisindeki sistemlerde, kolonlardaki normal kuvvetlerinde büyük olması halinde ikinci merteye etkileri daha çok-narin sistemlerde meydana gelmektedir.

#### 2.4. Döşemeleri Rijit Diyafram Olarak Çalışan Yapılar

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme bileşeni ile düşey eksen etrafındaki dönme, bağımsız statik yerdeğiştirme bileşenleri olarak gözönüne alınacaktır. Her katta belirlenen eşdeğer deprem yükleri kat kütle merkezine ve ayrıca ek dışmerkezlik etkisi'nin hesaba kâtilabilmesi amacı ile, kaydırılmış kütle merkezleri'ne tekil yatay yükler olarak uygulanacaktır. Kaydırılmış kütle merkezleri, gerçek kütle merkezinin gözönüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktaldır.

Ayrıca kirişler rijit diyafram içerisinde kaldığından, bu elemanlarda eksenel deformasyon meydana gelmemektedir. Bu kabulün getirdiği kolaylıklar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Döşeme diyaframları dış yükler altında rijit cisim hareketi yapacağından kat kütleleri, bu diyafranın kütle merkezinde tanımlanabilmektedir.
2. Bilinmeyen sayısı büyük ölçüde azalacağından, çözüm kolaylaşmaktadır.
3. Döşemelerin varlığının hesaba katılması sağlanmaktadır. Aksi takdirde döşemelerin üç boyutlu kabuk elemanı kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile sisteme dahil edilmesi gerekmektedir.

#### 2.5. Hesap Yöntemleri

TDY-98 de başlıca 3 adet hesap yöntemi önerilmektedir. Bunlar, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Statik Analiz), Mod Birleştirme Yöntemi, Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleridir. Bu yöntemlerden Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri her türlü yapı sistemine uygulanabildiği halde, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi yönteminin uygulanabilmesinde deprem bölgesi,  $H_N$  yapı yüksekliği, A1- Bırulma düzensizliği ve B2- Yumuşak Kat Düzensizliği ile ilgili koşullara bağlıdır.

#### 3. EŞDEĞER DEPREM YÜĞÜ YÖNTEMİ

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanabileceği binalar Çizelge 1'de özetlenmiştir. Bu kapsama girmeyen binaların deprem hesabında, dinamik analiz yöntemleri kullanılacaktır.

**Çizelge 1.** Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi'nin uygulanabileceği binalar

| Deprem Bölgesi | Bina Türü  | Toplam Yükseklik Sınırı |
|----------------|--|-------------------------|
| 1, 2           | A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa her bir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan binalar                                       | $H_N \leq 25$ m         |
|                | A1 türü burulma düzensizliği olmayan, varsa herbir katta $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağlayan ve ayrıca B2 türü düzensizliği olmayan binalar | $H_N \leq 60$ m         |
| 3, 4           | Tüm binalar  | $H_N \leq 75$ m         |

Eşdeğer deprem yükü yönteminin hesap adımları şu şekilde sıralanabilir;

(a) Döşeme modelinin belirlenmesi: Döşemeler rijit diyafram olarak kabul edilmişse master noktası geometrik kütle merkezinde seçilmiştir. A2 türü düzensizliğin bulunduğu ve döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışmadığı binalarda, döşemelerin yatay düzlemdeki şekildedirilmelerinin gözönüne alınmasını sağlayacak yeterlikte bağımsız statik yerdeğiştirme bileşeni hesapta gözönüne alınacaktır.

(b) Fiktif yüklerin hesabı ( $F_{fi}$ ) : Katlara etkiyen fiktif yükler aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} \quad (4)$$

burada  $w_i$  kat ağırlıklarıdır.  $H_i$  ise binanın  $i$ 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliğidir

(c) Birim deplasmanların hesabı ( $d_{fi}$ ) : Bulunan fiktif yükler ( $F_{fi}$ ), seçilen deprem doğrultusunda gerçek (kayıdırılmamış) kat kütle merkezlerine veya rijit diyafram modeli elverişsiz binalarda tekil kütlelere etki etkilerek üç boyutlu statik analiz yapılır ve kesme kuvveti doğrultusundaki deplasmanlar ( $d_{fi}$ ) hesaplanır.

(d) Birinci doğal titreşim periyodunun hesabı ( $T_1$ ): TDY-98'de, binaların birinci doğal titreşim periyodu  $T_1$ 'in hesabı için iki yol önerilmektedir. Bu çalışmada

$$T_1 = 2 \pi \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N (F_{fi} d_{fi})} \right]^{1/2} \quad (5)$$

ile verilen Rayleigh oranı kullanılarak örneklerin 1. titreşim periyodu hesaplanmıştır.

Eşdeğer Deprem Yüklü Yöntemi'nin uygulandığı tüm binaların birinci doğal titreşim periyodu, (5) e göre hesaplanabilir. Birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde  $H_N >$

25 m olması durumunda birinci doğal titreşim periyodunun Rayleigh oranı ile hesaplanması zorunludur.

(e) Toplam eşdeğer deprem yükü (Taban kesme kuvveti), hesabı ( $V_t$ ) : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (taban kesme kuvveti),

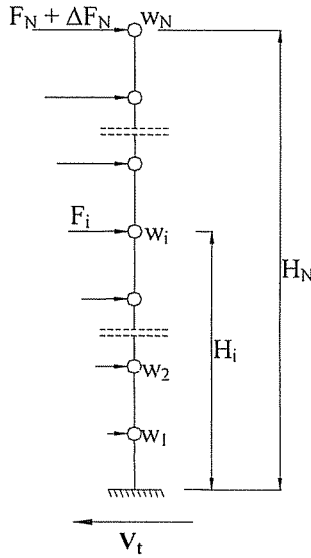
$$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) \geq 0.10 A_0 I W \quad (6)$$

şeklinde hesaplanacaktır.

(f) Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin hesabı ( $F_i$ ) : Denklem (6) ile hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (7)$$

şeklinde ifade edilir.



**Şekil 1.** Kat hizalarına etkiyen eşdeğer deprem yükleri

$\Delta F_N$  binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü değeridir.  $H_N > 25$  m için, hesaplanan birinci doğal titreşim periyodu  $T_1$ 'e bağlı olarak,

$$\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t \leq 0.2 V_t \quad (8)$$

ile belirlenecektir.  $H_N \leq 25$  m için  $\Delta F_N = 0$  alınacaktır. Toplam eşdeğer deprem yükünün  $\Delta F_N$  dışında geri kalan kısmı, N'inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N (w_j H_j)} \quad (9)$$

ile dağıtılacaktır.

#### 4. SAYISAL UYGULAMALAR VE SONUÇLAR

Bu örnekte toplam kat yüksekliği ( $H_N$ ) 25m' den büyük, süneklik düzeyi yüksek ve rijit temele oturan düzenli olmayan bir yapının ETABS paket programı kullanılarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemiyle deprem analizi yapılmıştır. Örnek binaya ait kat planı Şekil 2'de binanın 3-Boyutlu görünüşü ise Şekil 3'de verilmiştir.

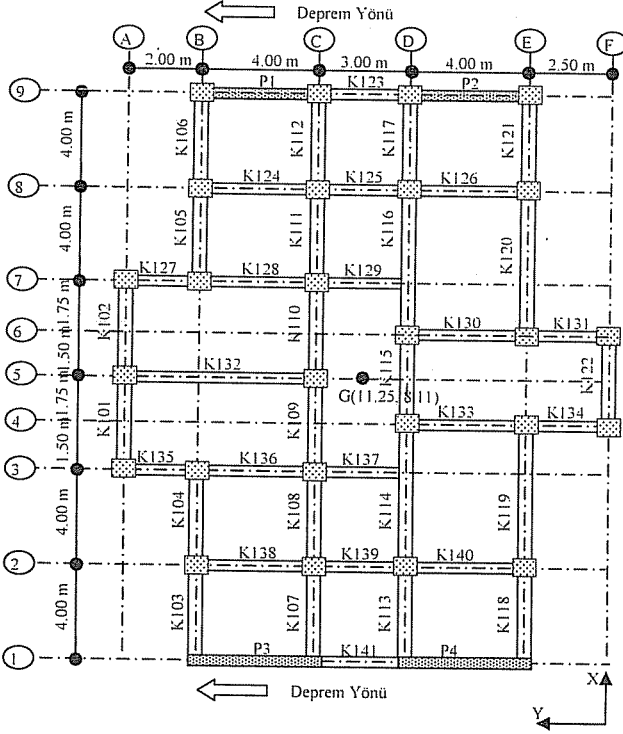
##### Veriler

|                               |                                       |
|-------------------------------|---------------------------------------|
| Kolon Boyutları               | :450 x 450 mm                         |
| Kiriş Boyutları               | : 250 x 300 mm                        |
| Sabit Yükler                  | $G_i$ : 784.25 ton                    |
|                               | $G_{çatı}$ : 472.46 ton               |
| Hareketli Yükler              | $q_i$ : 164.16 ton                    |
|                               | $q_{çatı}$ : 123.12 ton               |
| Elastisite Modülü             | : $2.85 \times 10^6$ t/m <sup>2</sup> |
| Poisson Oranı                 | : 0.15                                |
| Perde duvar genişliği         | : 25 cm                               |
| Güçlendirici kiriş yüksekliği | : 3.50 m                              |
| Güçlendirici kiriş genişliği  | : 25 cm                               |
| Kat Sayısı                    | : 20                                  |
| Kat Yükseklikleri             | : 3.5m                                |

##### Deprem Bilgileri

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Bina Önem Katsayısı                | : I=1   |
| Taşıyıcı Sistem Türü               | : Yerinde Dökme Betonarme Çerçeve+Perdeli Binalar |
| Deprem Bölgesi                     | : 3   |
| Etkin Yer İvmesi Katsayısı         | : $A_0=0.4$                                       |
| Yerel Zemin Sınıfı                 | : Z3  |
| Spektrum Karakteristik Periyotları | : $T_A=0.15$ s, $T_B=0.60$ s                      |
| Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı | : R=7   |
| Hareketli Yük Katılım Katsayısı    | : n= 0.3  |

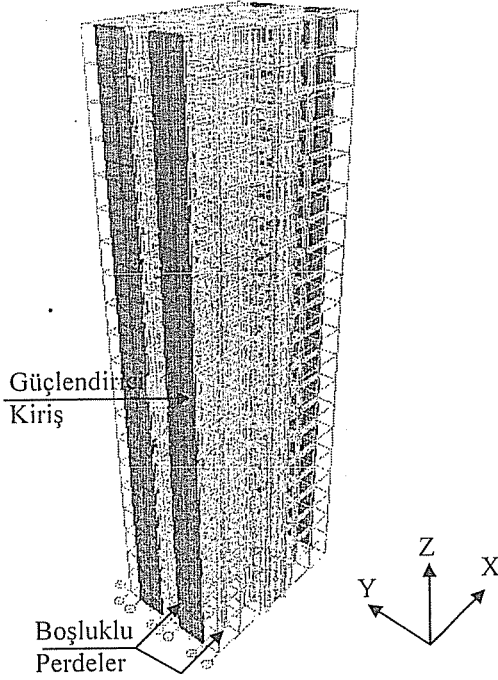
Yapının H, H/2, H/3, 0H, 2H/3, (H/2 ve H), (H/3 ve 2H/3) ve (H/2, 0H ve H) seviyelerine güçlendirici kiriş konularak her uygulama için ayrı ayrı çözüm yapılmaktadır.



Şekil 2. Örneğe ait kat planı

(a) Binanın birinci doğal titreşim periyodunun hesabı : Binanın birinci doğal titreşim periyodu Rayleigh oranı ile hesaplanmıştır.  $H_N > 25\text{m}$  ve yapı üçüncü deprem bölgesinde olduğu için yaklaşık bağıntı ile periyot hesabı yapılabilir. Periyot değerleri (Çizelge 2)'de gösterilmiştir. Hesap özeti (Çizelge 3)'de verilmiştir.





Şekil 3. Örneğe ait 3 boyutlu ETABS modeli

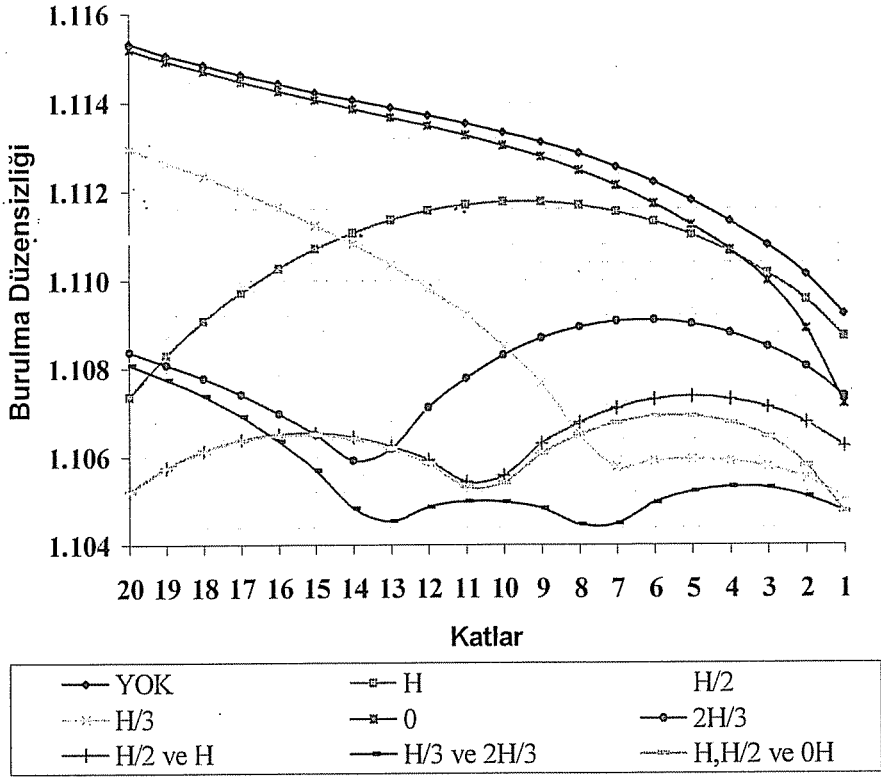
Çizelge 2. Örneğe ait periyot Değerleri

| Güçlendirici Kiriş Konumu | Rayleigh Oranıyla Hesaplanan Periyot |
|---------------------------|--------------------------------------|
| YOK                       | 3,010031                             |
| H                         | 2,921357                             |
| 0.5H                      | 2,558980                             |
| 0.33H                     | 2,556552                             |
| 0H                        | 2,953310                             |
| 0.66H                     | 2,665371                             |
| 0.5H ve H                 | 2,5216425                            |
| 0.33H ve 0.66H            | 2,3405918                            |
| 0.5H, 0H ve H             | 2,4751175                            |

**Çizelge 3.** Örneğe ait güçlendirici kiriş konumuna göre toplam eşdeğer deprem yükü hesabı

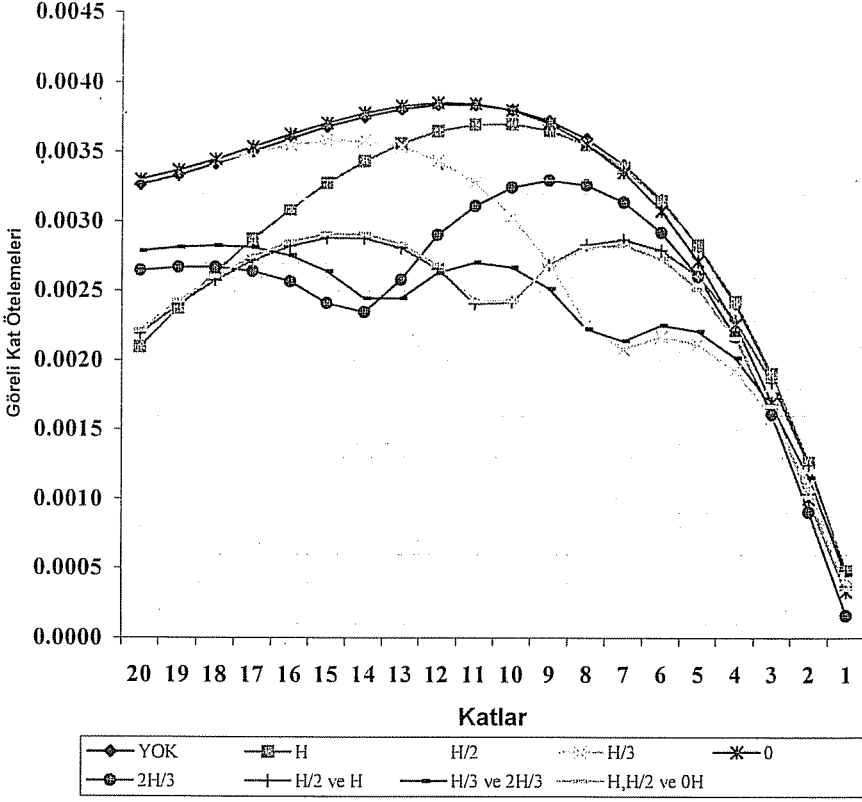
|              | GÜÇLENDİRİCİ KİRİŞ KONUMU |        |        |        |        |        |           |            |               |
|--------------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|------------|---------------|
|              | Yok                       | H      | 0.5H   | 0.33H  | 0H     | 0.66H  | 0.5H ve H | H/3ve 2H/3 | 0.5H, 0H ve H |
| $T_1$        | 3,01                      | 2,92   | 2,56   | 2,56   | 2,95   | 2,67   | 2,52      | 2,34       | 2,48          |
| $T_A$        | 0.15                      | 0.15   | 0.15   | 0.15   | 0.15   | 0.15   | 0.15      | 0.15       | 0.15          |
| $T_B$        | 0.60                      | 0.60   | 0.60   | 0.60   | 0.60   | 0.60   | 0.60      | 0.60       | 0.60          |
| $I$          | 1                         | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1         | 1          | 1             |
| $A_o$        | 0.4                       | 0.4    | 0.4    | 0.4    | 0.4    | 0.4    | 0.4       | 0.4        | 0.4           |
| $R$          | 7                         | 7      | 7      | 7      | 7      | 7      | 7         | 7          | 7             |
| $R_a(T)$     | 7                         | 7      | 7      | 7      | 7      | 7      | 7         | 7          | 7             |
| $S(T)$       | 0,688                     | 0,705  | 0,783  | 0,784  | 0,699  | 0,758  | 0,793     | 0,841      | 0,805         |
| $V(T)$       | 202,83                    | 207,74 | 230,96 | 231,13 | 205,94 | 223,55 | 233,69    | 248,04     | 237,20        |
| $\Delta F_N$ | 40,57                     | 41,55  | 41,37  | 41,36  | 41,19  | 41,71  | 41,25     | 40,64      | 41,10         |

(b)A1 burulma düzensizliği kontrolü : Yapı üçüncü deprem bölgesinde bulunduğundan A1 burulma düzensizliği kontrolünün yapılması gerekmektedir. Tüm katlarda  $\eta_b$  1.2'den küçük çıkarak kontrol sağlanmıştır. Burulma düzensizliği katsayıları Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Örneğe ait ETABS'da 3 boyutlu analiz sonucu, güçlendirici kirişin yerinin değiştirilmesi ile katlarda oluşan A1 burulma düzensizliklerindeki değişim.

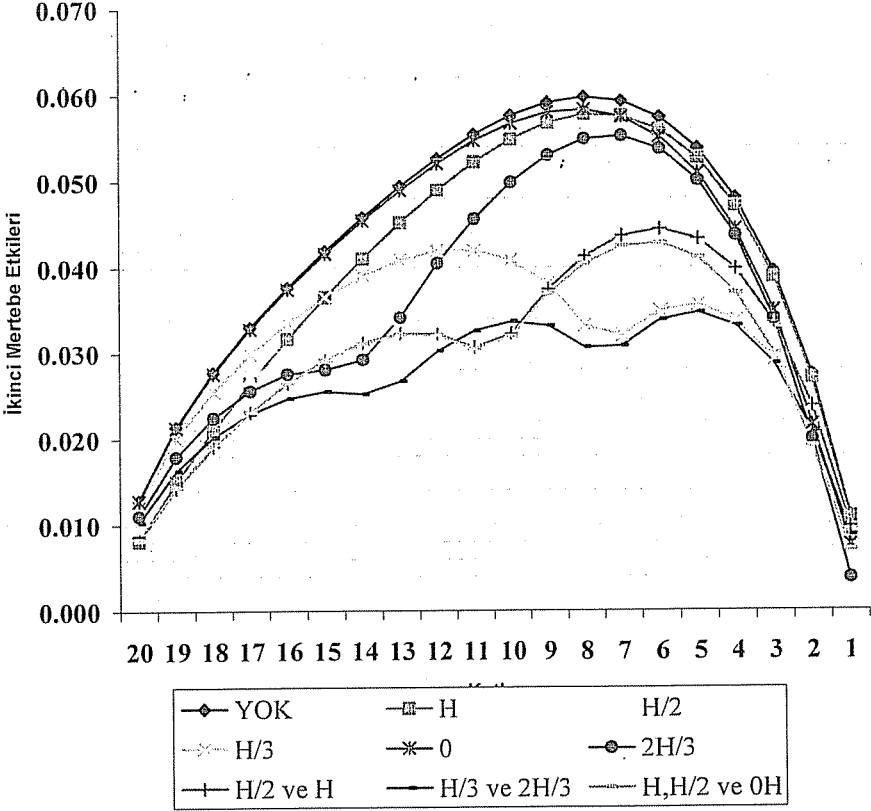
(c) Görelî kat ötelemelerinin kontrolü : Binanın tüm katlarında yapılan deprem analizi sonucu hesaplanan görelî kat ötelemelerinin, kat içindeki en büyük değerleri (2)'de verilen koşulları sağlamalıdır. Görelî kat ötelemelerinin kontrolü Şekil 5'de verilmiştir. Bazı katlarda değerler verilen sınır değerlerini aşmaktadır. Güçlendirici kiriş konumuna göre sistem rijitliği artırılarak analiz yeniden yapılmalıdır.



Şekil 5. Örneğe ait ETABS'da 3 boyutlu analiz sonucu, güçlendirici kirişin yerinin değiştirilmesinin görel kat ötelemelerinin kontrolüne etkilerinin karşılaştırılması.

(d) İkinci mertebeye etkilerinin kontrolü : Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan ikinci mertebeye etkileri göz önüne alınarak, ikinci mertebeye gösterge değeri  $\theta_i$  tüm katlarda 0.12 den küçük çıkarak kontrol sağlanmıştır. İkinci mertebeye etkilerinin kontrolü Şekil 6'da gösterilmiştir.

## GÜÇLENDİRİCİ KİRİŞ KONUMUNA GÖRE 2. MERTEBE ETKİLERİNİN KONTROLÜ



Şekil 6. Örneğe ait ETABS'da 3 boyutlu analiz sonucu, güçlendirici kirişin yerinin değiştirilmesi ile ikinci mertebe etkilerinin kontrolünün karşılaştırılması.

Örnekte düzgün olmayan planlı bir binanın her iki tarafına da simetrik olarak yerleştirilmiş boşluklu perde ile deprem yüklemesi yapılmıştır. Boşluklu deprem perdelerinin en iyi yapısal davranışı göstermesi için rijit temele oturan binalar içerisinde, farklı konumlara güçlendirici kiriş yerleştirilmesi durumunda ETABS da üç boyutlu bina çözümü yapılarak bina yapısal davranışı gözlenmiştir ve güçlendirici kiriş konumları belirlenmiştir. Analiz için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin hesap adımlarına göre hareket edilmiştir.

Örnekte ilk katlardan itibaren, belli kat seviyelerine tek veya çoklu olarak güçlendirici kirişler konularak her biri için ayrı ayrı bina analizi yapılmıştır. Kat ağırlıklarına göre hesaplanan fiktif yükler kat kütle merkezine etkilerek Master Noktalarının yapmış olduğu birim deplasmanlar hesaplanmıştır. Bu deplasman değerleri

Rayleigh oranında yerine konarak binaların birinci doğal titreşim periyodu hesaplanmıştır. Bulunan bu periyotlar yardımıyla binaya etki eden gerçek yükler hesaplanarak Master Noktalarına  $\pm\%5$  eksantrisite ile uygulanarak bina köşelerinde meydana gelen maximum ve minimum deplasmanlar alınarak sırasıyla A1 Burulma Düzensizliği, Görelî Kat Ötelemeleri ve İkinci Mertebe Etkileri Kontrolü yapılmıştır.

Yapının mevcut simetrisini bozmamak kaydıyla perdeler arasına yerleştirilecek güçlendirici kiriş binadaki Burulma Düzensizliklerine, Görelî Kat Ötelemelerine ve İkinci Mertebe Etkilerine etkisi fazla yoktur. Sistem yalnızca perdelerden oluşmadığı yani çerçevelerin varlığı sistem rijitliği içerisinde güçlendirici kiriş rijitliğinin fazla önemli olmamasına neden olmaktadır. Ancak güçlendirici kirişlerin bina katlarındaki yatay ötelemeleri azalttığı daha önceki ve bu çalışmada gösterilmiş olup kat yanal deplasmanlarını azaltmak amacıyla bina içerisindeki perdeler istenilen sayıda ve konumda güçlendirici kiriş yerleştirilebilir. Sonuç olarak, Perdeler binaya simetrik yerleştirilince sadece yanal deplasmanlar azalır. Güçlendirici kirişler yerleştirilme konumuna göre deplasmanların daha da azalmasına neden olmaktadır. Ama bu azalmaların A1 Burulma Düzensizliği  $((\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}})$ , Görelî Kat Ötelemeleri  $((\Delta_i)_{\max} / h_i)$ , İkinci Mertebe Etkileri gibi oranlardan meydana gelen düzensizliklere katkısı önemsizmeyecek derecede az olmaktadır.

Örnekte belirtilen binaların rijit temel üzerine oturduğu kabulü, Güçlendirici Kiriş konumunun temelden yukarı yükselmesi deprem perdelerinin rijit davranışlarının azalmasına neden olmaktadır. Bu durumda güçlendirici kiriş temel seviyesinden yükseldikçe, perdelerin simetrik yerleşmediği durumlarda, binanın kat rijitlik merkezi deprem perdelerine yakın bir yerde oluşmaktadır. Bu durumda, doğal olarak binada zaten bir eksantrisite meydana gelmektedir. Aynı zamanda deprem perdelerine güçlendirici kiriş eklenmesi ile deprem perdelerinin rijitliği artmakta bu durumda rijitlik merkezinin yeri kat kütle merkezinden daha da uzaklaşmaktadır. Oluşan bu eksantrisiteye ek olarak, Eşdeğer Deprem Yüğü'nün kat kütle merkezine eksantrik olarak etkililmesi ile sistem perdelerinin simetrik yerleştirilme durumuna göre daha olumsuz etkilenmekte ve düzensizlikleri kritik olmaktadır. Daha önceden belirtildiği gibi güçlendirici kiriş konumu yukarı çıkıldıkça deprem perdelerindeki rijitlik azalmaktadır. Bu durum kat kütle merkezi ile bina rijitlik merkezi arasındaki eksantrisiteyi de azaltarak TDY-98'deki düzensizliklerin yukarı çıkıldıkça diğer örneklerdekinin tam tersine azalmasına neden olmaktadır.

Perdeler arası bağ kirişleri, iki perde sisteminin rijitliğini artırarak yanal yerdeğiştirmeleri azaltmaktadırlar. Bağ kirişlerinin rijitliğinin artması ile bağ kirişindeki eğilme momentleri büyürken, perdeler arası etkileşim artar ve perde kesitlerinde meydana gelen normal kuvvetle daha büyük momentin taşınması mümkün olur. Ancak rijitliğin artırılması ile periyodunda azalacağı ve deprem yüklerinin artabileceği bu çalışmada gösterilmiştir.

## 5. KAYNAKLAR

1. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 85s., İzmir, 1998.
2. Aksoğan, O., Arslan, H.M., "Boşluklu Deprem Perdelerinin Yatay Yüklere Karşı Güçlendirilmesi.", 9. Ulusal Mekanik Kongresi, Ürgüp, Eylül, 1995.
3. Aksoğan, O., Arslan, H.M., Salary, N., "Free Vibrations of Stiffened Coupled Shear Walls on Flexible Foundations", Third International Conference on Seismology and Earthquake Engineering, pp.623-630, Tehran, Iran, 1999.
4. 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, pp.780-787, North Cyprus, 1993.
5. Aksoğan, O., Bikçe, M., Arslan, H.M., "Elastik Temele Oturan Çok Sıra Boşluklu Perdelerin Sürekli Bağlantı Yöntemi ile Analizi", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi, Cilt.13, Sayı.4, 2771-2787, Ekim, 2002.
6. Aksoğan, O., Emsen, E., Arslan, H.M., "Elastik Temele Oturan Güçlendirici Kirişli İki Sıra Boşluklu Deprem Perdelerinin Serbest Titreşim Analizi", XII. Ulusal Mekanik Kongresi, pp.355-363, Konya, 2001.
7. Aydınalev, F., "Çok Katlı Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY'98)'ne Göre Analizi ve Yapı Düzensizliklerinin İrdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2000.
8. Chan, H.C. and Kuang, J.J., "Stiffened Coupled Shear Walls," Journal of Structural Engineering, Vol.115, No.4, pp.689-703, April, 1989.
9. Choo, B.S. and Coull, A., "Stiffening of Laterally Loaded Coupled Shear Walls on Elastic Foundations," Building and Environment, Vol.19, No.4, pp.251-256, 1984.
10. Coull, A., "Stiffening of Coupled Shear Walls Against Foundation Movement," The Structural Engineer, Vol.52, No.1, pp.23-26, January, 1974.
11. Coull, A. and Bensmail, L., "Stiffened Coupled Shear Walls," Journal of Structural Engineering, Vol.115, No.4, pp.2205-2223, August, 1991.
12. Duman, M., "STA4-CAD Hazır Paket Programının Yeni Deprem Yönetmeliği (TDY'98) Bakımından İrdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2000.
13. Dündar, C., Kural, E., Tanrıkulu, A.K. ve Tokgöz, S., "Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Bina Analiz ve Tasarımı" TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Adana Şubesi, 102s., Adana, 1998.
14. Kılıçlar, E.K., "Yeni TDY-98'in ANSYS ile İrdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1999.
15. Macit, F.K., "Asal Eksenleri Deprem Doğrultularına Paralel Olmayan Taşıyıcı Sistem Elemanlarına İlişkin Bıyıklıkların Düzeltilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2000.





**TOPRAKKALE (OSMANİYE) BAZALTIK POMZASINDAN YÜKSEK  
MUKAVEMETLİ HAFİF BETON İMALİ****Alaettin KILIÇ ve Ergül YAŞAR**

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

**Cengiz Duran ATİŞ**

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

**ÖZET :** *Bu çalışma, mineral katkılı veya mineral katkısız, yüksek dayanımlı-hafif beton tasarımına yönelik bir laboratuvar çalışmasının test sonuçlarını kapsamaktadır. Karışım içerisinde, hafif agrega olarak bazaltik pomza kullanılmıştır. Başlangıç olarak, bağlayıcı madde olarak normal Portland çimentosunun kullanıldığı hafif agrega olarak, bazaltik pomzanın kullanıldığı bir beton karışımı hazırlanmıştır. Daha sonra, hafif kontrol betonu içerisine çimentonun % 20'si kadar uçucu kül ilave edilerek yeni bir karışım hazırlanmıştır. Üçüncü aşamada, hafif kontrol betonu içerisine çimentonun % 10'u oranında silis dumanı ilave edilmek sureti ile yeni bir karışım hazırlanmıştır. Dördüncü olarak, hafif kontrol betonu içerisinde çimento yerine ve çimentonun %20'si oranında uçucu kül ve % 10'u oranında silis dumanı ilave edilmiştir. Ayrıca, karşılaştırma amacı ile, iki farklı doğal agrega betonu karışımı hazırlanmıştır.*

*Laboratuvar test sonuçları, pomza agregası kullanılarak yarı-hafif betonların imalinin mümkün olduğunu göstermiştir. Ancak, mineral katkıların kullanılmasının yarı hafif ve yüksek dayanımlı beton için bir zorunluluk olduğunu göstermiştir. Üçlü karışım, tatmin edici dayanımların elde edilebilmesi ve çevreye olumsuz yönde etki eden uçucu küllerin, karışım içerisinde bağlanmak sureti ile bu etkisinin azaltulmasına yönelik olarak kullanılması için de tavsiye edilmiştir.*

**HIGH-STRENGTH LIGHTWEIGHT CONCRETE MADE WITH SCORIA  
FROM TOPRAKKALE (OSMANİYE) BASALTIC PUMICE**

**ABSTRACT :** *This paper presents the results of a laboratory work carried out to design a structural lightweight high strength concrete made with and without mineral admixtures. In the mixtures, basaltic pumice (scoria) was used as lightweight aggregate. A control lightweight concrete mixture made with lightweight basaltic pumice (scoria) containing normal Portland cement as the binder was prepared. The control lightweight concrete mixture was modified by replacing 20% of the cement with fly ash. The control lightweight concrete mixture was also modified by replacing 10% of*

*the cement with silica fume. A ternary lightweight concrete mixture was also prepared modifying the control lightweight concrete by replacing 20% of the cement with fly ash and 10% of the cement with silica fume. Two normal wight concrete were also prepared for comparison purpose.*

*Laboratory test results showed that structural lightweight concrete can be produced by the use of scorie. However, the use of mineral additives seems to be mandatory for production of semi lightweight high strength conrete. The use of ternary mixture was recommended due to its satisfactory strength development and environmental friendliness.*

## 1. GİRİŞ

Yapı malzemesi olarak beton, bayındırlık faaliyetlerinin hemen hemen her alanında kullanılan bir yapı elemanıdır. Kullanım alanının çok geniş ve kullanılan miktarın da çok fazla olması, betonu oluşturan ana maddelerin temininde bazen güçlüklerle karşılaşılmasına, bazen de alternatifini bulunmadığı için, düşük dayanımlı betonu oluşturacak agrega yerine, yüksek dayanımlı agregaların kullanılması sonucu kaynak israfına sebep olmaktadır.

Kullanıldıkları yere göre, betonun özelliklerini belirleyen faktörler değişiklik arz eder. Bu faktörlerden bir kısmı, betonun içerisine konulan çimento ve su ile ilgili olup, bu kısım daha ziyade, inşaat mühendisliği çalışma alanını ilgilendirmektedir. Dayanımı etkileyen ikinci faktör, beton içerisine konulan malzemenin boyut dağılımı yani gradasyonudur. Betonun dayanımına ve birim hacim ağırlığına etki eden önemli faktörlerden birisi de betonu oluşturan agreganın cinsidir.

Agregasının mekanik mukavemeti düşük olan bir beton karışımında, diğer faktörler ne kadar iyileştirilirse iyileştirilsin, betonun dayanımında istenilen artışlar elde edilemez. Benzer şekilde birim hacim ağırlığı yüksek olan kayalardan elde edilen agrega ile hafif beton elde edilebilme imkanı yoktur. Buna karşılık, yüksek dayanımlı agregalar ve diğer iyileştirme yöntemleri kullanılarak, yüksek dayanımlı betonların elde edilebilmesi mümkündür. Benzer şekilde, hafif agregalar kullanılarak hafif betonların imali de mümkün olabilmektedir.

Bu çalışmada, Osmaniye çevresindeki doğal kaynaklardan elde edilen, bazaltik pomzanın agrega olarak kullanılması ile imal edilen hafif betonun özellikleri incelenmiştir. Çalışmalarda kullanılan agregalara uçucu kül ve silis dumanı da ilave edilerek karışım içerisindeki çimentonun dozajının azaltılmasına dolayısı ile daha ekonomik betonların elde edilmesine ve dayanımın artırılmasına çalışılmıştır. Deneyler sonucunda uçucu külün çimento tasarrufu sağladığı, silis dumanının ise dayanımı yükselttiği görülmüştür. Yapılan çalışma ve incelemeler sonucunda, Osmaniye bölgesinde yaklaşık 100.000 ton rezerve sahip bulunan, bazaltik pomzanın “Yüksek Dayanımlı-Hafif Beton” yapımında kullanılabileceği belirlenmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Pomzanın Tanımı

Pomza; boşluklu, süngerimsi, volkanik faaliyetler sonucunda oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı oldukça dayanıklı, gözenekli, camsı, volkanik bir kayadır. Oluşumu sırasında, gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuma nedeni ile

büyük ölçekten küçük ölçeğe kadar sayısız boşluk içerir. Özellikle küçük ölçekli boşlukların arası bağlantısız olduğundan permeabilitesi düşük, ısı ve ses yalıtım yeteneği oldukça yüksektir. Kimyasal bileşiminde genel olarak;

- %60-75 SiO<sub>2</sub>
- %13-17 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- %1-3 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- %1-2 CaO
- %7-8 Na<sub>2</sub>O - K<sub>2</sub>O

eser miktarda TiO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub> bulunmaktadır. Kayacın içerdiği SiO<sub>2</sub> oranı, kayaca aşındırıcı özellik kazandırmaktadır. Bu nedenle çeliği rahatlıkla aşındırabilecek bir fiziksel yapı sergileyebilmektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bileşimi ise ateş ve ısıya karşı yüksek dayanım özelliği kazandırır. Na<sub>2</sub>O ve K<sub>2</sub>O tekstil sanayinde reaksiyon özellikleri veren mineraller olarak bilinmektedir. Türk Standartlarına göre pomza; birbirlerine bağlantısız boşluklu, sünger görünümlü silikat esaslı, birim hacim ağırlığı, genellikle, 1 gr/cm<sup>3</sup>'ten küçük, sertliği, Mohs sertlik derecesine göre, 6 olan ve camsı dokuya sahip olan volkanik bir madde olarak tanımlanmıştır [1]. Ayrıca, pomzanın kırma ve eleme sonrası beton yapımına elverişli hale gelmiş olan ürününe de pomza agregası adı verilmektedir.

Asidik ve bazik volkanik faaliyetler neticesinde iki tür pomza oluşmaktadır. Bazik pomza; koyu renkli, kahverengimsi, siyahımsı, olabilmektedir. Birim hacim ağırlığı 1-2 gr/cm<sup>3</sup> civarındadır. Yeryüzünde en yaygın olarak bulunan ve kullanılan pomza türü beyaz, kirliliği görünümde ve grimsi beyaz renktedir.

Her iki tür de, oluşum sırasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani olarak terk etmesi sonucunda oldukça gözenekli bir yapı kazanmıştır. Ancak, asidik magmanın yoğunluğu bazik magmanın yoğunluğuna göre daha düşük olduğundan, asidik pomzanın yoğunluğu da bazik pomzanın yoğunluğuna göre daha düşük olup, 0,5-1 gr/cm<sup>3</sup> civarındadır. Silisyum, alüminyum, potasyum, sodyum ihtiva etmekte ve bu bileşimler nedeni ile de açık renkli görünüm sergilemektedir. Asidik özellik gösteren pomzalarda silis oranı daha yüksek olup, inşaat sektöründe yaygın kullanım alanı bulabilmektedir. Diğer taraftan, bazik özellik gösteren pomzalarda da alüminyum, demir, kalsiyum ve magnezyum bileşenlerinin daha fazla olması nedeni ile, diğer sanayi dallarında kullanım alanı bulabilmektedir. Pomza, köpürmüş magma kökenli, çok gözenekli taş camı özelliği gösterir. Pomza, yapısal bir kavram olup, belli bir kaya cinsine bağlı değildir. Pomza taneleri köşeli veya yuvarlak olabilir. Yataklarında %15-50 arasında yabancı maddeye rastlanabilir. Pomzanın gözenek oranının yüksekliği ve buna paralel olarak birim hacim ağırlığının azalması, izolasyon amaçlı dökme malzemesi olarak kullanımını sağlamıştır. Ayrıca, aynı özellikleri nedeni ile su hazırlama tesislerinde filtre malzemesi ve hafif duvar harcı için katkı maddesi olarak kullanımını sağlamıştır [2].

Yüksek gözeneklilik derecesi ile, pomza tanelerinin dayanımı düşüktür. Ancak, bu dayanım, taşıyıcı duvar yapımında kullanılan taş dayanımları için, 6 katlı binaya kadar, uygundur. Pomza çok iyi bir izolatördür. Bu özelliği, briket blok üretiminde "yıgın gözenekliliği" denilen ve özellikle ulaşılmaya çalışılan olayla daha da artırılır. Yığın gözenekliliği için betonun oldukça az ince harçla yapılarak sadece pomza tanelerinin etrafını ince bir şekilde kaplaması sağlanır. Pomza taneleri arasındaki boşluk sadece izolasyon için faydalı olmayıp, aynı zamanda kapiler özelliği kaldırıcı olduğu için

pomza yapı elemanları çok daha emici olabilmektedir. Pomza, volkanik cam olduğu için kolay öğütülebilmektedir. Öğütülmüş pomza, taşlama ve parlatma amacı ile kullanılabilirdiği gibi, kibrit fabrikalarında ateşleme malzemesi ve dolgu maddesi, sabun ve kozmetik sanayinde de aynı amaçla kullanılmaktadır [3].

## 2.2. Pomzanın Oluşumu

Pomzanın oluşumu genel olarak şu şekilde açıklanmaktadır: Asidik magma bazik magmaya kıyasla daha viskozdur ve yüksek silis içerir. Bazik magmanın sıvı olduğu sıcaklıklarda asidik magma katı halde bulunur. Bu nedenle volkanik aktivitenin durduğu zamanlarda magma akışı da durarak asidik kayaç ve kütleler oluşur. Bu olay, bir volkanın genel aktivite özelliğini sergiler.

Basıncın artması sonucu asidik malzeme ile birlikte magmadaki erimiş gazlar büyük patlamalar şeklinde bacadan püskürmeye başlar. Ani basınç düşüşü ile ani genişmeler oluşur.

Uçucuların bünyeden ayrılmasını müteakip, arkada kalan ergimiş küresel parçalar, atmosferle temas eder etmez hızla soğur. Böylelikle pomza oluşur ve volkan aktivitesi sonrasında, genellikle, volkan krateri zamanla bir krater gölüne dönüşebilir. Burada pomza oluşumunu kontrol eden faktörler; püskürme süresi, ara süreler, magmanın ısısı, magmadaki erimiş gaz miktarı ve püsküren malzemenin soğuma zamanıdır [4].

Pomzada taşınma mekaniği; düşme ile yığılma (buluttan çökme), fırlatma ile yığılma ve akma ile yığılma olmak üzere üç ana grupta anılabilmektedir. Düşme ile yığılmada sınıflandırma iyi bir değişim sergilemekte, tane büyüklükleri de dar aralıklarda kalmaktadır.

Pomza oluşumlarının tabaka kalınlıkları çok ince olup, santimetre veya desimetre mertebeleri ile simgelenebilmektedir. Ayrıca, tabaka kalınlıkları tepelerde ve düzlüklerde farklılıklar göstermektedir. Fırlatma ile yığılma şeklinde oluşmuş pomza oluşumlarında bazen düzgün ve yer yer birbirlerinin içine itilmiş tabakalar ve arada bazaltik kayaç sokulumları ve patlama-çarpmanın etkisi ile yapıda parçalanma ve sıkışma görülür.

Akma ile yığılma şeklinde oluşmuş pomza yataklarında; genel olarak masif yapı, tabakalarda yoğun, kötü bir ayrışma ve boyut sınıflandırması yok denecek kadar az bir olgu izlenebilmektedir. Bu oluşumun en açık göstergesi ise, gang minerallerinin alt katmanda kalması, buna karşılık pomzanın üst katmanda yer almasıdır.

## 2.3. Fiziksel Özellikler

Pomzanın değişik sanayii dallarında kullanımı sırasında fiziksel özelliklerinin bilinmesi için gerekli olan birim hacim ağırlığı, yoğunluk, kompozite, porozite, su emme, dona karşı dayanım, sertlik, granülometrik bileşim, doğrusal genişleme, özgül ısı, ısı iletimi, gaz geçirimsizlik ve ses absorpsiyonu gibi özelliklerin Türk Standartlarına uygun olarak analizleri yapılabilir.

### 2.3.1. Birim Hacim Ağırlık, Özgül Ağırlık, Kompozite ve Su Emme

Pomza tanelerinin bu özellikleri, genel olarak, tanelerin tamamının kurutulmuş halde bulunması durumunda belirlenebilmektedir. Kurutma işlemi ise, genellikle, 105<sup>0</sup>C'de bir etüvde yapılabilir.

Pomzanın birim hacim ağırlığı, belirli bir hacmi dolduran pomza tanelerinin oluşturduğu ağırlık anlamına gelmektedir. Birim hacim ağırlığının tayini için hazırlanan numune miktarı TS 3526 [5] standardında belirtilen numune özelliklerine uygun olarak belirlenmelidir. Saf özgül ağırlık, kuru kütle hacme oranı  $2.2 \text{ gr/cm}^3$  civarındadır. Tane özgül ağırlığı, kuru kütle hacme oranı ise tane boyutuna bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Pomza tanesi büyüdükçe tane birim hacim ağırlığı azalır.

### 2.3.2. Porozite

Pomza tanelerinin görünür porozite değeri ya hacimce su emme oranından ya da kütlece su emme oranından hesaplanabilmektedir. Geiçek porozite değeri ise pomzanın ortalama hacim ağırlığı ve ortalama özgül ağırlığının bir fonksiyonu olarak hesaplanabilmektedir. Pomzalarda, gözenek hacimleri %85'e kadar çıkabilir. Bu, bir pomza tanesinin %85'inin boşluk, %15'inin katı madde olması anlamına gelmektedir. Tane boyutları arttıkça gözeneklilik oranı da artar.

### 2.3.3. Dona Dayanıklılık

Bir tanenin dona dayanıklılığı, öngörülen kullanma amacı ile yeterli olmalıdır. Doğal olarak oluşan kayalar, doğada uğradıkları ayıklanma sonrasında çoğunlukla çok az miktarda dona duyarlı tane içerirler.

### 2.3.4. Sertlik

Pomzanın sertliği, malzemenin aşınmaya karşı göstermiş olduğu dayanımla doğrudan ilişkili bir özelliktir. Bu özellik, taşı oluşturan bileşenlerin bağ yapılarına, kohezyon değerine ve sertliğine bağlıdır. Sertlik belirlemede kullanılan ölçü, genel olarak, Mohs sertlik birimidir. Mohs sertlik birimi standart 10 mineralin sertlikleri esas alınarak düzenlenmiş olup, bu mineraller veya bunların özdeşi mineraller ile pomza üzerinde yapılacak çizme işlemi sonucu tayin yapılmaktadır. Pomza türleri üzerinde yapılan literatür incelemelerinden, pomzanın sertliğinin 5-6,5 arasında olduğu belirlenmiştir. Bu değerlere göre, pomzanın iyi bir aşındırıcı malzeme özelliği sergilediği görülmektedir.

### 2.3.5. Granülometrik Bileşim-Tane Dağılımı

Agregaların tane dağılımı, elek eğrileri ve gerektiğinde bu eğrilere bağlı olarak tayin edilen incelik modülü, özgül yüzey ve su istek katsayıları ile belirtilir [6]. Agregata tanelerinin şekli olabildiği kadar toparlak olmalıdır. Tanesinin en büyük boyutunun en küçük boyutuna oranı 3'ten büyük olan tanelere, şekilce kusurlu taneler denilir. Şekilce kusurlu taneler (yassı veya uzun taneler) oranı, 8 mm tane büyüklüğü üzerindeki agregada içinde ağırlıkça %50 den fazla olmamalıdır.

## 3. MALZEME VE YÖNTEM

### 3.1. Malzeme

#### 3.1.1. Çimento

Çalışmada, Adana Çimento Fabrikasında üretilen, normal Portland çimento ( $42.5 \text{ N/mm}^2$ ) kullanılmış olup, yoğunluğu  $3.15 \text{ gr/cm}^3$  tür. Piriz başlangıç ve bitiş süreleri, sırası ile, 4 ve 5 saattir. Yüzey alanı ise  $3140 \text{ cm}^2/\text{gr}$  dir.

### 3.1.2. Baca Külü

Beton içerisine konulan çimento miktarının azaltılması amacı ile, çimento yerine kullanılan baca külü, Afşin-Elbistan Termik Santralinden sağlanmıştır. Bu uçucu kül yüksek kalsiyum ve yüksek sulfat içeren bir küldür. Yoğunluğu  $2.70 \text{ gr/cm}^3$  ve yüzey alanı  $2900 \text{ cm}^2/\text{gr}$  dir. Külün, karışım içerisinde bulunan çimentoya oranı %20 olarak tayin edilmiştir.

### 3.1.3. Silis Dumanı

Mukavemeti artırmak ve çimento miktarını azaltmak amacı ile kullanılan silis dumanı Antalya, Etibank Ferro-Krom tesislerinden temin edilmiştir. Yoğunluğu  $2.45 \text{ gr/cm}^3$  ve birim hacim ağırlığı  $245 \text{ kg/m}^3$  tür.

### 3.1.4. Agregası

Hafif beton üretiminde, agregası olarak, kırılmış bazaltik pomza kullanılmıştır. Kullanılan pomzanın birim hacim ağırlığı, su emme oranı, tek eksenli basınç dayanımı ve elastisite modülü, sırayla,  $1518 \text{ kg/m}^3$ , %17, 28.3 MPa, ve 11.3 GPa dir. Yoğunluğu ise  $2.59 \text{ gr/cm}^3$  tür. Kırılan agregalar daha sonra elenerek boyut sınıflamasına tabi tutulmuştur. Bu boyut aralıkları TS 706 [6]ya göre yapılmış olup, 16-8; 8-4; 4-2; 2-1; 1-0.25 ve 0.25-0 mm olacak şekilde altı farklı boyut aralığı belirlenmiştir.

Agregası olarak bazaltik pomza kullanılmak sureti ile elde edilen betonun mekanik özelliklerinin karşılaştırılabilmesi amacı ile doğal agregası kullanılarak bir kontrol betonu imal edilmiştir. Yoğunluğu  $2.65 \text{ gr/cm}^3$  olan doğal agregası ile üretilen betonun agregası gradasyonu da pomza agregasınınki ile aynı olacak şekilde ayarlanmıştır.

Her iki karışım türünde de agregaların kuru yüzeyli olmasına dikkat edilmiş, böylece karışım içerisindeki su miktarının ve su/çimento oranının gerçekçi olması sağlanmıştır.

### 3.2.1. Karışım Özellikleri

Pomza agregasının beton imalinde kullanılabilirliğinin araştırılması, fiziksel katkı maddelerinin bu betonun dayanımına olan etkilerinin incelenmesi ve bu betonun doğal agregası betonu ile kıyaslanması amacı ile, 4'ü pomza agregası ve 2'si doğal agregası karışımından olmak üzere 6 farklı karışım hazırlanmıştır. Beton Karışımı I (BK I) olarak hazırlanan, bazaltik pomza hafif betonu içerisinde Normal Portland Çimentosunun (Ç) karışım içerisindeki agregası ağırlığına oranı 1:2,5 olarak belirlenmiş olup, çimento dozajı  $500 \text{ kg/m}^3$  tür.

Beton Karışımı II'de (BK II) çimentonun %20'si kadar Uçucu Kül (UK), çimentonun yerini alacak şekilde kullanılmıştır. Bu şekilde beton içerisine konulan çimentodan tasarruf sağlanırken, çevre kirliliğine neden olan baca külünün de, kullanılmak sureti ile, bu etkisi azaltılmaya çalışılmıştır.

Beton Karışımı III'te (BK III) çimentonun %10'u kadar Silis Dumanı (SD), çimentonun yerini alacak şekilde kullanılmıştır. Böylece silis dumanının kısa ve orta vadede beton dayanımına etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Beton Karışımı IV'te (BK IV) çimentonun %20'si kadar uçucu kül (UK) ve %10'u kadar silis dumanı (SD), çimentonun yerini alacak şekilde kullanılmıştır. Bazaltik pomza ile hazırlanan beton karışımlarının tamamında Su/Bağlayıcı oranı 0.55 olacak şekilde sabit tutulmuştur.

Doğal agregaların kullanılması ile üretilen kontrol betonlarında, çimento dozajı 500 kg/m<sup>3</sup> olacak şekilde sabit tutulmuş ancak, Kontrol Karışımı I (KB I) için Su/Çimento oranı 0.55 ve Kontrol Betonu II (KB II) için Su/Çimento oranı 0.45 olacak şekilde ayarlanmıştır. Karışımların tamamında kullanılan malzemeler Çizelge 1'de topluca verilmektedir.

**Çizelge 1.** Beton karışımında kullanılan malzemeler (kg/m<sup>3</sup>)

| Karışım Malzemesi |     | Agrega Gradasyonu (mm) |    |     |      |     |     |     |       |          |        |
|-------------------|-----|------------------------|----|-----|------|-----|-----|-----|-------|----------|--------|
| Karışım           | Ç   | UK                     | SD | Su  | 16-8 | 8-4 | 4-2 | 2-1 | 1-0.5 | 0.5-0.25 | 0.25-0 |
| BKI               | 500 | -                      | -  | 275 | 300  | 250 | 175 | 125 | 150   | 150      | 100    |
| BKII              | 400 | 100                    | -  | 275 | 300  | 250 | 175 | 125 | 150   | 150      | 100    |
| BKIII             | 450 | -                      | 50 | 275 | 300  | 250 | 175 | 125 | 150   | 150      | 100    |
| BKIV              | 350 | 100                    | 50 | 275 | 300  | 250 | 175 | 125 | 150   | 150      | 100    |
| KBI               | 500 | -                      | -  | 275 | 390  | 325 | 225 | 165 | 195   | 195      | 130    |
| KBII              | 500 | -                      | -  | 225 | 390  | 325 | 225 | 165 | 195   | 195      | 130    |

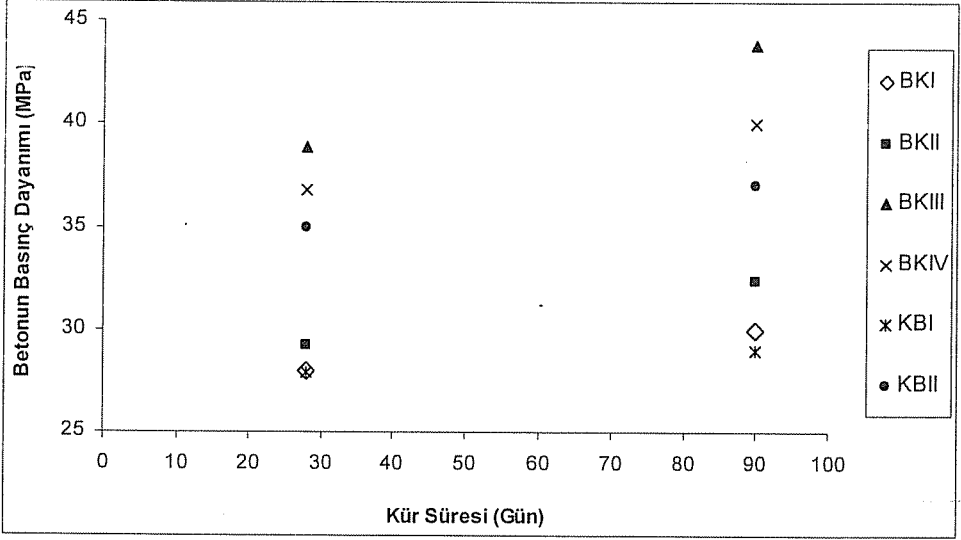
#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE SONUÇLAR

Deney numuneleri, Çizelge 1'de verilen karışım oranlarına göre hazırlandıktan sonra, normal laboratuvar ortamında, donmaları için beklemeye terkedilmiş, 28 ve 90 günlük kür süreleri sonunda tek eksenli basınç dayanımı ve eğilme dayanımının belirlenmesi amacı ile deneylere tabi tutulmuştur. Deney sonuçları Çizelge 2, Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmektedir.

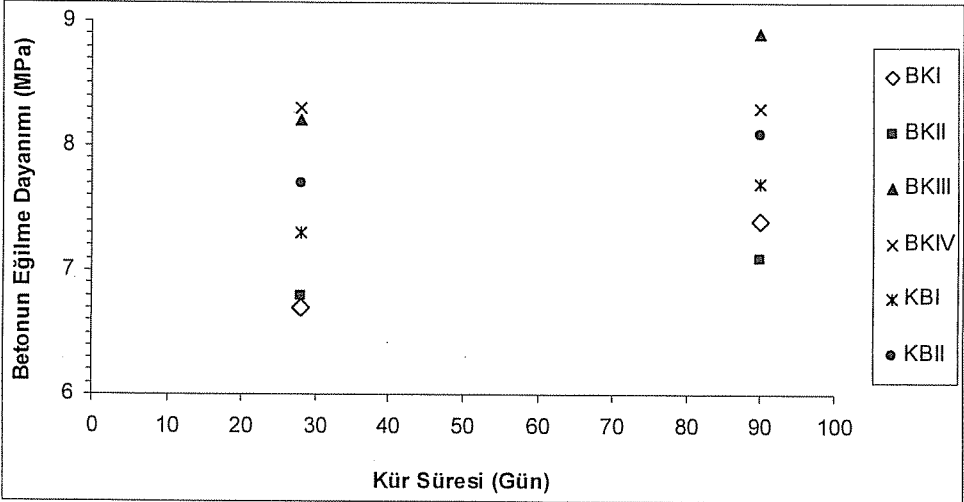
**Çizelge 2.** Beton numunelerin 28 ve 90 günlük kür süreleri sonunda ulaştıkları dayanım

| Karışım | Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa) |           | Eğilme Dayanımı (MPa) |           |
|---------|-----------------------------------|-----------|-----------------------|-----------|
|         | 28 Günlük                         | 90 Günlük | 28 Günlük             | 90 Günlük |
| BK I    | 28,0                              | 30,0      | 6,7                   | 7,4       |
| BK II   | 29,2                              | 32,4      | 6,8                   | 7,1       |
| BK III  | 38,9                              | 43,8      | 8,2                   | 8,9       |
| BK IV   | 36,8                              | 40,0      | 8,3                   | 8,3       |
| KB I    | 27,9                              | 29,0      | 7,3                   | 7,7       |
| KB II   | 35,0                              | 37,0      | 7,7                   | 8,1       |

Çizelge 2, Şekil 1 ve Şekil 2 birlikte incelendiğinde görülmektedir ki; birim hacim ağırlığı oldukça düşük olan bazaltik pomza ile oldukça iyi dayanımlı hafif betonlar üretilmektedir. Ayrıca, maliyeti oldukça yüksek olan çimento yerine çok düşük maliyetli olan uçucu külün, belli oranlarda, konulması durumunda betonun dayanımında fazla bir değişiklik olmamaktadır. İlave olarak, uçucu kül kullanımının çevre kirliliğinin azaltılması çabalarına olumlu etkilerinin olduğu da açıktır [7].



Şekil 1. Betonların, kür süresine bağlı olarak, tek eksenli basınç dayanımları.



Şekil 2. Betonların kür süresine bağlı eğilme dayanımları.

Karışım içerisine çimento yerine ve çimentonun belli bir oranı kadar silis dumanı konulmasının betonun dayanımını önemli ölçüde arttırdığı da görülmektedir. 500 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajına sahip doğal agrega ile yapılan beton dayanımı 90 günlük kür süresi sonunda 29 MPa'a ulaşabilirken, 450 kg/m<sup>3</sup> dozajda çimento ve 50 kg/m<sup>3</sup> dozajda silis dumanı içeren pomza betonu 43.8 MPa dayanıma ulaşabilmektedir. Ayrıca, oldukça



ekonomik bir çimento dozajına ( $350 \text{ kg/m}^3$ ) sahip pomza betonu, içerisine  $100 \text{ kg/m}^3$  dozajda baca külü ve  $50 \text{ kg/m}^3$  dozajda silis dumanı ilavesi ile 90 günlük kür süresi sonunda 40 MPa gibi yüksek bir dayanıma ulaşabilmektedir. Benzer şekilde, 28 günlük kür süresi sonunda BK I betonu 6.7 MPa, BK II betonu 6.8 MPa, BK III betonu 8.2 MPa ve BK IV betonu 8.3 MPa'lık eğilme dayanımlarına ulaşırken Kontrol betonu (KB II) 7.7 MPa eğilme dayanımına ulaşabilmiştir. 90 günlük kür süresi sonunda ise; BK I betonu 7.4 MPa, BK II betonu 7.1 MPa, BK III betonu 8.9 MPa ve BK IV betonu 8.3 MPa eğilme dayanımlarına ulaşırken kontrol betonu (KB II) 8.1 MPa dayanıma ulaşabilmiştir. Bu sonuçlardan da görülebildiği üzere bazaltik pomza agregası ile yüksek mukavemetli-yarı hafif betonlar imal edilmesi mümkün görülmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

1. TS 3234, "Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metodları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1978.
2. Yaşar, E., Atiş, C.D., Kılıç, A. ve Gülşen, H., "Strength Properties of Lightweight Concrete Made with Basaltic Pumice and Fly Ash", *Materials Letters* 57 (2003) 2267-2270, 2003.
3. Reyhanoğlu, M., "Pomza ve kullanım alanları", Ç.Ü. F.B.E., Yüksek Lisans Tezi, 79S, Adana, 1988,
4. Rittman, A.L., "Volkanoes", Orbis publishing, 128 S, London, 1976.
5. TS 3526, "Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.
6. TS 706, "Beton Agregaları", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1980.
7. Kılıç, A., Atiş, C.D., Yaşar, E. ve Özcan, F., "High-Strength Lightweight Concrete Made with Scoria Aggregate Containing Mineral Admixtures", *Cement and Concrete Research* 33 (2003) 1595-1599, 2003.



## TİTREŞİM ESASLI TAŞIT TASARIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

**İbrahim KELEŞ**

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

**Ertuğrul BALTACIOĞLU**

*M.K.Ü., Makine Mühendisliği Bölümü, Hatay/Türkiye*

**ÖZET :** Motorlu taşıtlarda yol pürüzlülüğü ve transmisyon elemanlarından kaynaklanan titreşimler, seyir konforu açısından rahatsızlıklar vermekle beraber büyük ölçüde malzeme tahribatına ve transmisyon elemanlarının görevlerini yapamamalarına neden olmaktadır. Motorlu taşıtlardaki titreşimlerin nedenlerinin iyi analiz edilmesiyle bu problemlere çözüm getirilebilir. Araçlarda, motor dahil diğer transmisyon elemanlarındaki yüksek devir sayısı ve imalatta meydana gelen hatalardan dolayı titreşimler meydana gelmektedir. Bu titreşimlerin boyutları küçük dahi olsa, dönel elemanların belirli bir kullanım süresinden sonra tahribatına veya sistem dışı kalmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan araçların seyir güzergahındaki pürüzlülüklerden dolayı da göz önüne alınmayan olumsuz etkiler titreşimi arttırmakta, elemanların işletme ömürlerini tamamlamadan deformasyona uğramalarına sebep olmaktadır. Bu çalışmada carsimed simülasyon programında sedan tipi bir otomobilin yoldan kaynaklanan titreşimlerin seyir konforuna göre seçilmiş yol kullanılarak taşıtın hızının taşıt titreşimine olan etkisi incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Taşıt titreşimi, Carsimed, Yol Pürüzlülüğü, Seyir Konforu

## DETERMINATION OF VIBRATION BASED VEHICLE DESIGN PARAMETERS

**ABSTRACT :** *Both the vibrations arising from the road and transmission element and the engine of the vehicles cause trouble in terms of driving comfort and material damage and consequently resulting in failure of the vehicle components. Finding a suitable solution for such vibration related problems could only be possible by detailed analysis of the cause of the vibrations in the vehicles. In such vehicles, the vibrations are mainly caused by unbalanced mass in high-speed transmission elements including the engine components. Even if the amplitude of the vibrations is small, after a certain period of time it causes damage to the rotating parts and renders them defunct. On the other hand, the negative effects of small road roughness that are not normally considered increase the vibration level and cause deformation of the elements before their life span is completed. In this study, a sedan type of car is used in the CARSIMED simulation program. The vibration parameters of the vehicle have been studied for different speeds of the car, chosen to investigate the driving comfort under road related vibration.*

**Keywords:** *Vehicle vibration, Carsimed, Driving comfort, Road Roughness*

### 1. GİRİŞ

Günümüzde, uzun yol seyahatlerinde olsun şehir içi ulaşımında olsun insanlar genelde karayolu taşıtlarını tercih etmektedirler. Motorlu taşıtlar adı altında toplayabileceğimiz, otobüs, kamyon, traktör, otomobil gibi nakil araçlarında seyahatlerini gerçekleştiren insanlar bazen oldukça uzun sürelerde bu taşıtların içinde kalmak zorundadırlar. Böyle durumlarda insanların rahatını ve emniyetini bir arada, optimum düzeyde sağlamak mühendislik biliminin bir görevidir. Hem konforun, hem de emniyetin birlikte sağlanması, günümüzde taşıt ergonomisi ile ilgilenenlerin en büyük çalışma alanlarından birini oluşturmaktadır.

Taşıtta oluşan titreşimlerin iki ana kaynağından biri olan motor ve iletim organlarından gelen titreşimler, başarılı bir şekilde yok edilebilmektedir. İkinci ve esas kaynak olan yol pürüzlülüğü, bu konudaki çalışmaları; yoldan gelen uyarıların anlaşılıp sonra en uygun şekilde sönümlenmesine doğru kaydırmaktadır. Çalışmada da böyle bir işleyiş kabul edilmiştir.

Yoldan gelen uyarılar çok az olduğundan otomobil ve otobüslerde titreşim problemi, bozuk arazi şartlarında çalışan traktör, kamyon ve yol-dışı taşıtlara nazaran çok daha azdır. Bu yüzden araştırmaların da traktör ve kamyonlar üzerinde yoğunlaşması doğaldır.

Taşıtların düşey yöndeki titreşimlerinin, yolun belirli bir profilde olması yada yol pürüzlülüğünün rasgele dağılması haline göre çeşitli parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca, taşıt titreşimlerinin minimuma indirilebilmesi ve buna bağlı olarak konforun geliştirilmesiyle titreşimin insan ve taşıt üzerindeki kötü etkilerin azaltılması yönünde optimum sönüm değeri seçilmelidir [1].

### **1.1. Genel Anlamda Taşıt Titreşimleri**

Oldukça karmaşık dinamik bir sisteme sahip olan motorlu taşıtlar, sürücüsü ve içinde bulunan diğer yolcu ve taşınan eşyalar ile sürekli etkileşim halindedir. Özellikle uzun süreli yapılan yolculuklarda ve bozuk yol şartlarında taşıt kullanma seyir konforu ve emniyeti olaylarını ön plana çıkarmaktadır. Taşıt titreşimleri esas olarak yoldan gelen uyarılarla oluşur. Bu titreşimler genelde 0 Hz ile 20 Hz frekans aralarında olmaktadır. Taşıt dinamik sisteminin titreşim analizi üzerine bugüne kadar pek çok araştırma yapılmış olsa da; titreşim konforu ve seyir emniyeti açısından insanın duyarlılık ve beklentilerinin artması, standartların yükselmesi, enerji tasarrufu sağlamak amacı ile taşıt dizaynında hafif yapıya yer verilmesinin titreşime yatkın bir ortam doğurması ve yol pürüzlülüklerinin istenilen seviyede giderilemiyor olmasından dolayı önemini korumaktadır.

Taşıt süspansiyon sisteminin istenilen bu özellikleri sağlaması amacı ile yapılan çalışmalarda göz önünde bulundurulması gereken kriterlerin başında her ne kadar sürücünün seyir konforu ön planda tutulsa da , seyir emniyeti iyileştirilirken ortaya çıkan taşıt titreşimlerinin rahatsız edici etkileri özellikle kamyonlarda, traktörlerde ve yol dışı arazi taşıtlarında kendini belirgin bir şekilde hissettirmektedir. Bunun da bir yol yıpranması, titreşimden etkilenen taşıtın diğer elemanlarının ömrü, gürültü, maliyet gibi unsurlar da önemlidir. İşte tüm bu kriterleri değerlendirmek ve en uygun olanı bulmak da optimizasyon ile başarılabilecektir. Bu çalışmada kepli bir kamyon için yoldan kaynaklanan titreşimlerin seyir konforuna göre optimizasyonu yolu seçilmiş, bunun içinde, sadece koltuk ve gövde yerleşimleri tek unsur olarak ele alınıp, önceden yapılmış olan çalışmalarla mukayese edilmiştir [2].

### **1.2. Mekanik Titreşimler**

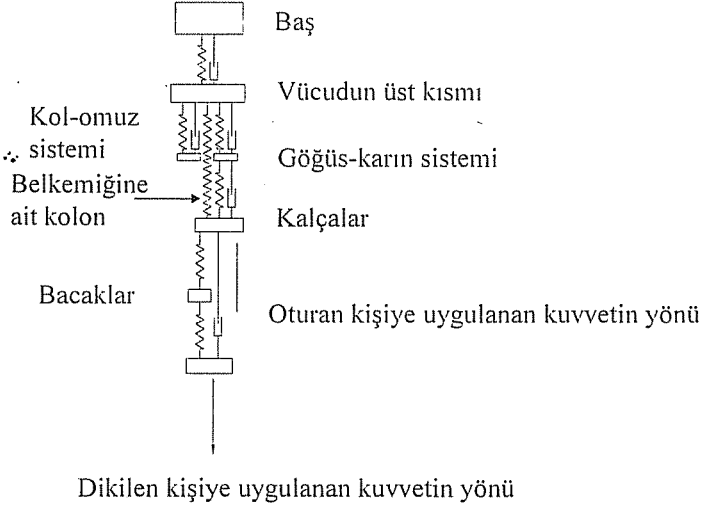
Mekanik titreşimler oturma yeri, vites, pedallar ve direksiyon üzerinden sürücüye intikal eder. Bu titreşimlerin yoğunluğu, frekansı kadar süresi de önemlidir. Burada baz olarak ele alınan insanın kendisi olduğuna göre; öncelikle insan vücudunun bazı özelliklerini bilmemize gereksinim vardır. Vücut hiç bir zaman katı bir kütle olarak düşünülemez. Vücut, oldukça karmaşık, farklı kütlelerin oluşturduğu, yaylanma etkisi, sönümlenme etkisi ve doğal frekansları farklı olan elastik bir sistemdir.

Şekil 1'de gösterilen sistem düşük frekanslı titreşimlere maruz kalan insanın bu titreşimlere karşı olan cevabını tanımlanması için yeterlidir. Bununla beraber, sistemdeki elemanlara sayısal değer vermek zordur. Çünkü ele alınan kişinin vücut tipi, durumu, kas kuvveti ve uyarılara karşı tepkileri genelde farklıdır [3].

### **1.3. Taşıttaki Titreşimlerin Nedenleri**

Taşıtlardaki titreşimlerin iki ana kaynağı vardır. Birincisi iç kaynaklar, ikincisi de dış kaynaklardır. Taşıtta titreşime neden olan iç kaynaklar; motor, güç iletim sistemleri (vites mekanizması, debriyaj, diferansiyel) ve tekerlek-lastik tertibatıdır. Bu mekanik sistemler her ne kadar titreşim yaratsalar da günümüz teknolojisi ile çok iyi sönümlenebilmişler ve taşıt içindeki kişilere ve mallara zararsız hale indirgenmişlerdir. Kişileri rahatsız eden taşıt titreşimlerinin esas kaynağı dış kaynaklı olanlardır. Genelde yol pürüzlülüğünden kaynaklanan bu titreşimlerin iyileştirilmesi ana problemi oluşturmaktadır. Yoldan gelen uyarılar, tekerleklerden gövdeye, yay ve sönüm

elemanları üzerinden geçerler. Tekerlekler, düşey hareketlere ilaveten taşıt düz seyretse bile, tekerlekler asılış sistemlerine bağlı olarak, kamber açısı hareketleri yapıp, yan kuvvetler doğurabilirler [4].



**Şekil 1.** Düşey yönde düşük frekanslı titreşime maruz kalan, ayakta dik duran bir insanın vücudunun basitleştirilmiş mekanik sistem tasarımı .[3]

## 2. YÖNTEM

Çözüm tekniğinde, aracın farklı devir sayılarındaki mevcut elemanlarından kaynaklanan titreşimler, CARSİMED simülasyon programında araştırılmıştır. CARSİMED simülasyon programında alınan sonuçlara göre mümkün olan dengeleme ve eleman değişimleri yapılarak, çeşitli tasarım parametreleri belirlenmiştir.

### 2.1. CARSİMED Paket Programı

Carsimed, mekanik simülasyon şirketi (MSC) yazılım koleksiyonundan alınan bir simülasyon programıdır.

Program, dört tekerli bağımsız amortisörlü (süspansiyon) araçların frenleme ve idare etme davranışlarının simülasyonu ve analizi için kullanımı kolay bir yazılım paketidir. Carsimed ölçü cihazlarıyla donatılmış test aracını bir bilgisayar modeliyle değiştirilerek deneyler sağlar. Birkaç tane ayrı simülasyon programına sahiptir. Her biri aracın davranışını tahmin etmek için tasarlanmış matematiksel modeli hareket denklemlerini sayısal olarak çözer. Bunlar;

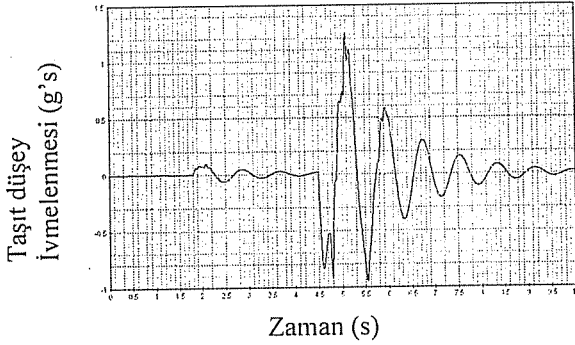
1. Yönlendirme, frenleme ve kısma(gaz pedalı) kelebek girişlerinin tepki zamanının zarfını hesap eden kapsamlı 3 boyutlu kullanım modeli
2. Basitleştirilmiş sürüş analizleri için iki boyutlu adimsal düzlem modeli
3. Beş hatlı süspansiyonun 3 boyutlu kinematik modeli (dinamik veya uyum yok).

Simülasyon sonuçları çerçeveli animasyonlar olarak veya çıkış değişkenlerinin grafikleri şeklinde görülebilir. Bu grafikler simülasyon sırasında hesap edilen bir çok değişkenin herhangi kombinasyonu için otomatik olarak üretilebilir.

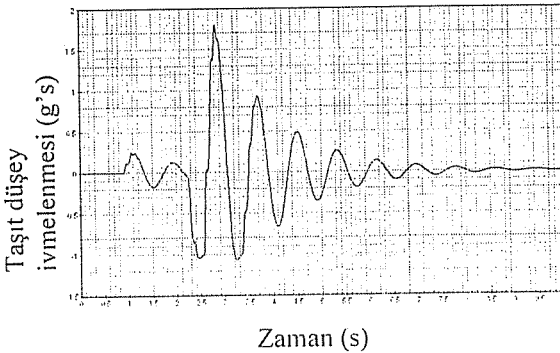
Simülasyonlar böyle detaylı modeller için beklenilenden çok daha hızlı çalışır. Hemen hemen herhangi bir pentium bilgisayarlarda programlar gerçek zamandan daha hızlı çalışır. Yeni (1998) pentium masa üstü bilgisayarlarda en detaylı modeller gerçek zamandan yaklaşık on kat daha hızlı çalışır. Diğer deyişle 100 sn.lik bir testin simülasyonunun çalıştırılması 10sn den daha kısa bir zamanda biter [5].

### 3. CARSIMED' PROGRAMINI KULLANARAK SONUÇLARI İRDELEME

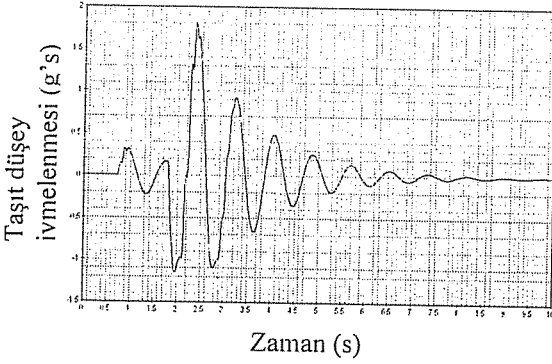
Şekil 3.1.,3.2.,3.3. taşıtın düşey ivmelenmesinde zamanın fonksiyonu gösterilmiştir. Bu şekillerde durma 10s, ön yay oranı 40 N/mm , arka yay oranı 20 N/mm , viskoz sönüm oranı 0.75 N-s/mm olarak alınmıştır. Hız ise arttırılarak sırasıyla 40,50,60,70,80,90,100 km/h hızlarında simülasyon gerçekleştirilmiştir. Bu şekillerden de görüldüğü gibi yapılan simülasyonda 40 km/h 'de maksimum düşey ivmelenme değeri 1.25 g's 'den başlayarak 80 km/h 'e kadar artmaktadır. 80 km/h 'den sonra ise neredeyse sabit olarak kalmaktadır. Ayrıca bu sırada hız arttıkça taşıtın maksimum düşey ivmelenme anı değerleri 80 km/h 'e kadar yüksek aralıklarda (2,0 : 2,0 : 1,0 ) buradan sonra ise daha düşük aralıklarda değişim göstermektedir.



Şekil 3.1. 40 km/h hızdaki taşıtın düşey ivmelenmesinde zamanın fonksiyonu

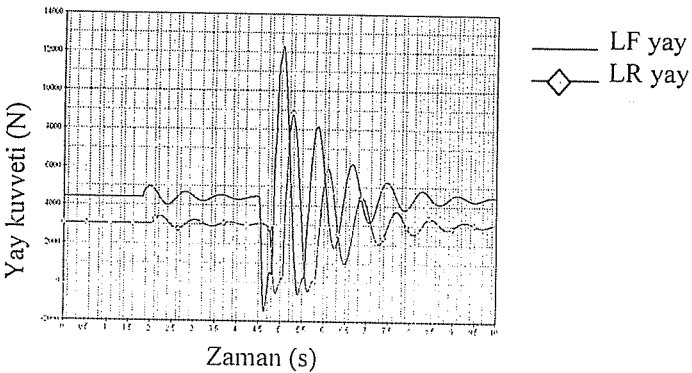


Şekil 3.2. 80 km/h hızdaki taşıtın düşey ivmelenmesinde zamanın fonksiyonu



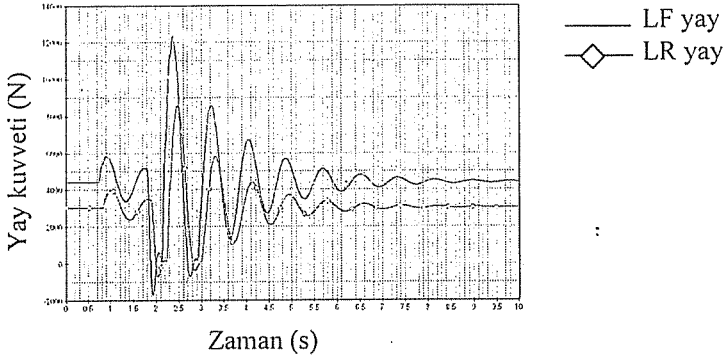
Şekil 3.3. 100 km/h hızdaki taşıttın düşey ivmelenmesinde zamanın fonksiyonu

Şekil 3.4.,3.5. taşıttaki yay kuvveti ile zamanın ilişkisi gösterilmiştir. Bu şekillerde durma 10s, ön yay oranı 40 N/mm, arka yay oranı 20 N/mm, viskoz oranı 0.75 N-s/mm olarak alınmıştır. Şekillerde hız 40 km/h 'den başlayarak 10 km/h artırılarak sırasıyla 40,50,60,70,80,90,100 km/h hızlarında simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Buradaki şekillerde sol ön tekerlekteki maksimum yay kuvveti 12500 N 'luk, arka tekerlekte ise 8800 N 'dan başlayarak 90 km/h 'e kadar sabit olarak kalmaktadır. 100 km/h 'de ise çok az miktarda bir azalma görülmektedir. Ayrıca bu sırada hız arttıkça taşıttın maksimum yay kuvvetinin oluştuğu noktadaki taşıttın titreşimlerinin sönümlenme zamanında ise 40 km/h için sol ön tekerlek için 6.1 s, arka tekerlekte ise 6.3 s 'den başlayarak 100 km/h 'e geldiğinde ise 2.5 ve 2.6 s olarak azaldığı görülmektedir.



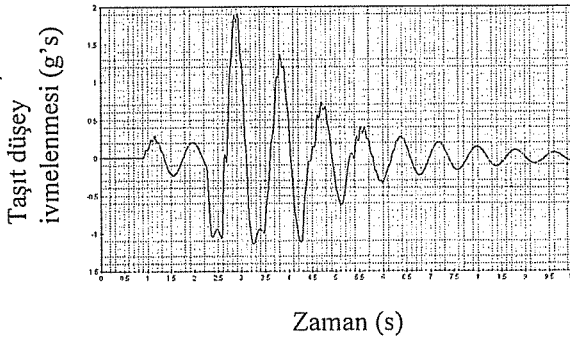
Şekil 3.4. 40 km/h hızda taşıttaki yay kuvveti ile zamanın ilişkisi





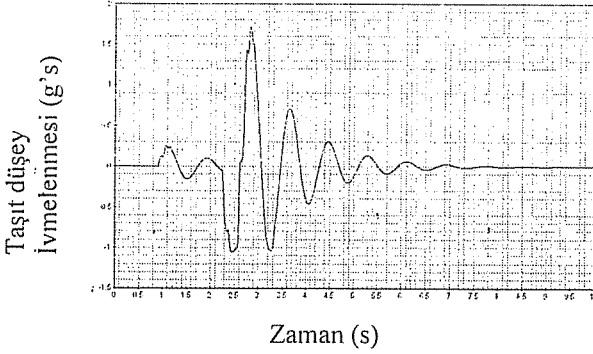
Şekil 3.5. 100 km/h hızda taşıttaki yay kuvveti ile zamanın ilişkisi

Şekil 3.6.,3.7. kritik altı sönüm değerleri olan 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 N-s/mm viskoz sönüm oranlarına göre 80 km/h 'deki taşıttın düşey ivmelenmesinde zamanın fonksiyonu gösterilmiştir. Burada diğer taşıt titreşim parametreleri sabit alınarak simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekillerden de görüleceği gibi sönüm oranı değerleri artmasına rağmen taşıttın maksimum düşey ivmelenmesi azalmaktadır. Ayrıca sönüm oranı 0.25 ve 0.50 N-s/mm için maksimum taşıt düşey ivmelenmesinin olduğu noktadaki sönümlenme zamanı 2.8 s, 0.75 ve 1.00 N-s/mm için ise 3.0 s olduğu görülmektedir.

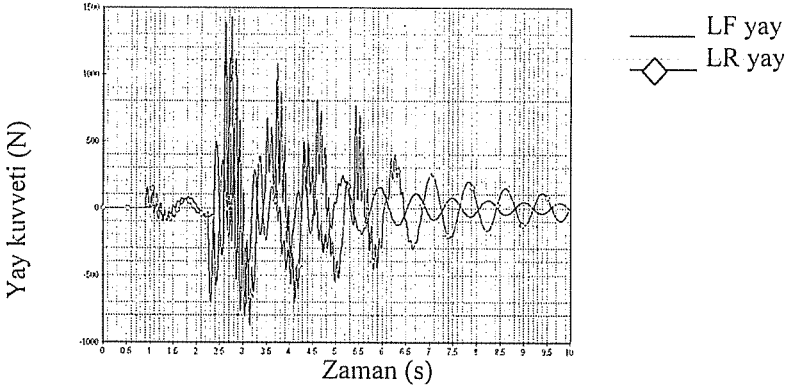


Şekil 3.6. Viskoz sönüm oranı : 0.25 N-s/mm olan taşıttın düşey ivmelenmesinde zamanın fonksiyonu

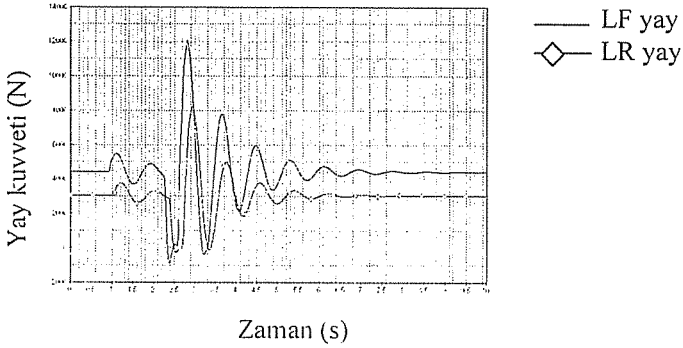
Şekil 3.8.,3.9. kritik altı sönüm değerleri olan 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 N-s/mm viskoz sönüm oranlarına göre 80 km/h 'deki taşıttaki zamana bağlı lastik düşey ivmelenmesi gösterilmiştir ve diğer parametreler sabit alınarak simülasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi sönüm oranı değerleri arttıkça taşıttın sol ön ve arka tekerleğindeki maksimum yay kuvveti 1500-1550 N 'dan 1200-800 N 'a kadar azalmaktadır. Ayrıca sönüm oranı artmasına rağmen sol ön ve arka tekerlekteki maksimum yay kuvvetinin olduğu sönümlenme zamanlarında ise bir sabitlik söz konusudur.



Şekil 3.7. Viskoz sönüm oranı : 1.00 N-s/mm olan taşıttın düşey ivmelenmesinde zamanın fonksiyonu



Şekil 3.8. Viskoz sönüm oranı : 0.25 N-s/mm olan taşıttaki yay kuvveti ile zamanın ilişkisi



Şekil 3.9. Viskoz sönüm oranı : 1.00 N-s/mm olan taşıttaki yay kuvveti ile zamanın ilişkisi.

## 5. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma sonunda şu sonuçlar çıkarılabilir;

1. İlk durumda hız arttıkça taşıt düşey ivmelenmesinde artma meydana gelmektedir. Ayrıca taşıtın ilk hareketinden durduğu ana kadar meydana gelen titreşimlerin sönümlenme zamanlarının da azaldığı görülmektedir. Taşıtın yay kuvveti değerlerinde ise sol ön ve arka tekerleklerde sabit olarak kalmaktadır. Taşıttaki titreşimlerin sönümlenme zamanları 40 km/h ve 50 km/h değerlerinde düşme diğer hız değerleri için sabit olarak kalmaktadır. Sönümlenme zamanı ise hız arttıkça başlangıçtaki hıza göre bu zamanın daha kısa bir sürede titreşimlerin sönümlendiği görülmektedir.

2. İkinci durumda viskoz sönüm oranları değiştirildiğinde, sönüm oranı artmasına rağmen taşıt düşey ivmelenmesi azalmaktadır. Titreşimlerin sönümlenme zamanları 0.25-0.50 N-s/mm için aynı, diğerlerinde azalma meydana gelmektedir. Taşıttaki yay kuvvetlerinde sönüm oranı arttıkça azalma meydana gelmektedir. Sönümlenme zamanı değerinde ise 0.25-0.50 N-s/mm için sol ön ve arka tekerlekte aynı, diğer değerlerde ise azalma meydana gelmektedir. 0.25 N-s/mm 'de 2000 N iken 1.00 N-s/mm gelindiğinde 14500 N düşmektedir. Sönümlenme zamanı da çok küçük aralıkta değişim göstermektedir. Viskoz sönüm kuvveti değerlerinde çok yüksek bir azalma meydana gelmektedir. Sönümlenme zamanında ilk üç değer için sabitlik, son olan 1.00 N-s/mm değerinde bir azalma meydana gelmektedir.

Sonuç olarak taşıtı kullanan kişi daha çok düşey yönlü yoldan kaynaklanan titreşimlerden etkilendiği, bunu sebebinin bozuk yol şartlarında taşıtın uzun süre gitmesinin nedeni olduğu görülmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Keleş,İ., "Titreşim Esaslı Taşıt Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, 2001.
2. Özlü, F., "Taşıt Titreşim Analizi", İ.T.Ü. Ders Notları, 145 s, 1994.
3. Goldman, E.D. and Gierge, E.H., "Shock and Vibration Handbook", Effects Shock and Vibration on Man, Mc-Graw Hill Book Company Inc., 520 p., 1961.
4. Güneş, A., "Taşıt Titreşimleri ve İrdelenmesi", Yıldız Teknik Üniversitesi Seminer Notları, 35 s., 1989.
5. Anonymous, Carsim Educational User Reference Manual, 20 p, 1998.



**POLYESTER/ELASTAN ÖRME KUMAŞLARDA ELASTAN ELYAFININ  
RENK HASLIKLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Emel Ceyhun SABİR ve Yalçın YEŞİL**  
Ç.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

**ÖZET :** Yüksek mukavemeti, buruşmazlığı ve hidrofob özelliğinden dolayı polyester elyafı, başka elyaf çeşitleri ile farklı oranlarda karıştırılarak kullanılmaktadır. Bu elyaf çeşitlerinden bir tanesi yüksek elastikiyet özelliğinden dolayı elastandır. Polyester/elastan karışımı liflerden üretilen kumaşlar genellikle bayan üst giysileri, ev tekstilleri ve plaj giysileri olarak büyük bir kullanım alanına sahiptir. Bu tür kumaşların kullanımının artması kalite kontrol faktörlerinden renk haslığını gündeme getirmiştir. Polyester elyafının renk haslıkları genellikle çok iyidir. Fakat polyester ile karıştırılarak üretilen tekstil mamullerinde haslık problemleri olmaktadır. Polyester ile karıştırılan elastan elyafının renk haslıklarına etkisini tespit etmek için iki farklı renk şiddetinde boyama yapılmış ve önemli görülen renk haslığı testleri yapılmıştır. Çalışma sonunda polyester/elastan karışımı kumaşlarda elastan elyafının renk haslıkları üzerine etkisi ortaya konulmuştur.

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ELASTANE FIBER ON FASTNESS IN  
POLYESTER/ELASTANE KNITTING FABRIC**

**ABSTRACT :** Polyester fiber, due to its high resistance, crease resistance and hidrofob feature, is used by being mixed with other fiber types in different proportions. One of these fiber types is elastane, due to its great elasticity feature. Fabric made of fiber with polyester/elastane mixture has a wide range usage generally as women clothing, home textile and beach clothing. The increase in usage of this kind of fabric has made colourfastness -which is one of the quality control factors- a current issue. The colourfastness of polyester fiber is generally so good. However, there are fastness problems in textile products which are produced by being mixed with polyester. In order to determine the effect of elastan fiber mixed with polyester on colourfastness, the dyeing is made in two different tinting strenght and the fastness tests -which are considered important- are done. At the end of the study, in fabric with polyester/elastane mixture, the effect of elastan fiber on fastness is shown.

## 1. GİRİŞ

Polyester, tekstilde en fazla kullanılan ve önemli bir yeri olan sentetik elyaftır. Dünyada üretilen sentetik liflerin yaklaşık %60'ını polyester lifleri oluşturmaktadır [1]. Polyester elyafının çok kullanılmasının nedeni bu elyafın özelliklerinden kaynaklanan avantajlardır. Polyester elyafı pürüzsüz bir yüzeye sahiptir. Enine kesitleri genellikle yuvarlaktır. Orta ağırlıklı, uzun ömürlü ve esnek bir elyaftır [2].

Polyester elyafının geniş bir kullanım ağı vardır. Polyester elyafından kesikli (ştapel) ve kesiksiz (filament) olarak çok çeşitli iplikler üretilir. Ayrıca tekstüre (sentetik ipliklere ısı ve/veya mekanik işlemler yoluyla doğal iplik görüntüsü ve özellikleri kazandırma tekniği) işlemine çok uygundur. Genel olarak polyester elyafı bayan ve erkek giyim, dekoratif kumaşlar, ev tekstilleri, halılar, tül gibi mamullerin üretiminde ve teknik alanlarda kullanılır.

Elastan lifi, elastik özelliğinden dolayı önemli sentetik liflerden bir tanesidir. Elastan lifinin kullanılmasının nedeni; insan vücuduyla mükemmel uyumdur. Vücudu son derece iyi sarar, vücut hareketlerine duyarlılık gösterir. Dayanıklı ve uzun ömürlüdür [3]. Bu özelliği, esnekliğinin bir sonucudur. Rahat ve pratik giyimli kıyafetlerde kullanımı ile kıyafetler konfor kazanır. İnce ve ipeksi bir tutumu vardır.

Elastan iplikler kullanılarak dokuma, yuvarlak, düz ve çözümlü örme teknikleriyle yaygın olarak elastik kumaşlar üretilmektedir. Bu iplikler tek başlarına değil diğer lifler ile beraber ve genellikle düşük oranlarda kullanılmaktadır [4]. Elastan elyafının en çok kullanıldığı alanlar; mayo türü giysiler, streç kumaşlar, spor giyim ve bazı bayan giyim eşyalarıdır.

Çizelge 1, polyester ve elastan elyafının fiziksel ve kimyasal özelliklerini göstermektedir. Polyester ve elastan elyafın karakteristik özelliklerinden yararlanmak için polyester/elastan karışımli kumaşlar üretilmiştir.

**Çizelge 1.** Polyester ve Elastan elyafının fiziksel ve kimyasal özellikleri [5,6]

| Parametreler             | Polyester Elyafı   | Elastan Elyafı  |
|--------------------------|--|---|
| Özgül ağırlık            | 1,22 – 1,38 g/cm <sup>3</sup>  | 1,15–1,30 gr/cm <sup>3</sup>  |
| Mukavemet                | 4,5 – 8 g/denye  | 0,5–1,5 gr/denye  |
| Nem alma (%)             | 0,4 (%65 Nem, 20°C)  | 0,3–1,3 (%65 Nem, 20°C)   |
| Erime Sıcaklık           | 260 °C   | 230–290°C   |
| Sararma                  | 150 – 180°C  | 150°C   |
| İncelik                  | İstenilen incelikte üretilir.  | 2–5000 dtex   |
| Uzama elastikiyeti       | (%)15 – 50   | (%)400–800  |
| Gün ışığının (UV) etkisi | Işık ve atmosfer koşullarına yüksek dayanım gösterir   | Uzun süre ışığa maruz kalan liflerde sararma ve mukavemet kaybı görülür |
| Asitlerin etkisi         | Asitlere karşı yüksek dayanım gösterir. Anorganik asitlerde sıcakta parçalanır.                        | Derişik ve yüksek sıcaklıklardaki uygulamalar hariç dayanıklıdır.       |
| Bazların etkisi          | Ester bağlarına rağmen dayanıklıdır. Anorganik bazlarla muamelede dıştan itibaren parçalanmaya başlar. | Derişik ve yüksek sıcaklıklardaki uygulamalar hariç dayanıklıdır.       |
| Statik Elektriklenme     | Nem almasının düşük olmasından dolayı vardır.  | Ortadadır. Kuru ortamda statik elektriklenme olabilir.                  |
| Pilling                  | Yüksek miktarda vardır.  | Yoktur.   |

Bir kumaşın renk kaybının değerlendirilebilmesi için buna neden olan faktörler araştırılmalı ve renk değişimlerinin derecelendirilmesi gerekir. Bu işlem kumaş kalite kontrol testlerinden biri olan renk haslığı ile yapılır. Elastan karışımli kumaşlarda renk haslığı çok önemlidir. Polyester elyafın renk haslıkları boyanma özelliğinden dolayı çok iyidir. Fakat polyester ile farklı bir elyaf karıştırılarak üretilen kumaşların renk haslıkları karışım yapılan yeni elyafın özelliğine bağlıdır.

Çalışmada, %100 polyester ve polyester/elastan karışımli örme kumaş kullanılmıştır. Kumaşlar %3 ve %5 renk şiddetinde numune boyama makinasında siyah renge boyanmıştır. Daha sonra kumaşların redüktif yıkamaları yapılarak önemli görülen renk haslığı testleri uygulanmıştır.

Deneyel çalışma sonunda polyester kumaşlarda elastan elyaf kullanılmasının renk haslık sonuçlarına etkisi tespit edilmeye çalışılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneyel çalışmada kullanılmak üzere numune kumaş olarak, %100 polyester ve Polyester/Elastan örme kumaşı seçilmiştir. Numune kumaşa ait özellikler Çizelge 2'de, elyafa ait özellikler ise Çizelge 3'de görülmektedir.

Çizelge 2. Deneylerde kullanılan numune kumaş özellikleri

| Kumaş Özelliği | %100 Polyester       | Polyester/Elastan    |
|----------------|----------------------|----------------------|
| Gramaj         | 130 g/m <sup>2</sup> | 140 g/m <sup>2</sup> |
| En             | 165 cm               | 145 cm               |
| Örgü Cinsi     | Süprem               | Süprem               |
| Formu          | Açık En              | Açık En              |

Çizelge 3. Deneylerde kullanılan numune kumaşın elyaf özellikleri

| Polyester Özelliği |     | Elastan Özelliği |         |
|--------------------|-----|------------------|---------|
| Denyesi            | 100 | Oranı            | % 10    |
| Filamenti          | 96  | İnceliği         | 40 Dtex |

Çalışmada, polyester/elastan kumaşların boyama sonrasında renk haslığı özelliklerine elastan elyafın etkisinin tespit edilmesine çalışılmıştır. Numune kumaşlar üzerinde bulunan üretim veya depolama sırasında oluşan kirlerin uzaklaştırılması için ilk olarak bir ön yıkama işlemi yapılmıştır. Daha sonra kumaştaki çekmeyi önlemek ve boyut stabilitesini sağlamak için ısıf fiksaj uygulanmıştır. Fiksajdan sonra numune kumaşlar, %3 ve %5 renk şiddetinde siyah renge boyanmış ve sonra redüktif yıkamaları yapılmıştır. Son olarak belirli renk haslığı testleri uygulanmıştır.

Polyester/elastan kumaşların kullanım yerine ve amacına uygun olarak sahip olması gereken özellikleri belirlenmiş ve bu özellikleri tespit etmek için yıkama, klorlu su, deniz suyu, su, ter (asidik ve bazik) ve sürtünme renk haslığı testleri yapılmıştır.

### 2.1. Ön Yıkama

Boyamadan önce yapılan ilk ön işlem ön yıkamadır. Numune kumaşlar üzerinde, üretim sırasında bulaşan makine yağları, işaretleme boya, depolama ve taşıma esnasında oluşan statik elektriklenmenin arttırdığı kirler ve benzeri pislikler bulunabilir. Bu maddelerin kumaş üzerinde kalması boyamayı ve boya banyosunu olumsuz etkileyecektir. Bu nedenle ön yıkama işlemi yapılır.

Ön yıkamada kullanılan kimyasal maddeler:

- Lanaril RK 30 g/l
- Rukojen SFW 10 g/l
- Periquet BSD 5 g/l

**Lanaril RK** : Sentetik kumaşların yıkanmasında kullanılan bir yıkama maddesidir. Noniyonik yapıdadır. Sentetik kumaşla iyi etkileşim sağladığı için noniyonik yıkama maddesi kullanılır.

**Rukojen SFW** : Yıkamada yağ sökücü madde olarak kullanılır. Kumaş üzerinde bulunan yağın sökülerek yıkama banyosuna karışmasını sağlar.

**Periquet BSD** : Boyama ve yıkama banyolarında iyon tutucu madde olarak kullanılır. İyon tutucu su ile çalışılan ortamlarda su serliği ve ısı nedeniyle oluşabilecek çökeltilerin önlenmesine yönelik bir kompleks yapıcıdır.

### 2.2. Termofiksaj (Isı Fiksajı)

Sentetik liflerden oluşan kumaşları, erime noktasına yakın sıcaklıklarda ısı ile muamele ederek, liflerin oluşturulmasında meydana gelen ve işlenmesi sırasında oluşan gerilimlerin ortadan kaldırılması için termofiksaj işlemi yapılır. Termofiksaj, boyama işleminde elastanlı kumaşların çekmezliğini yani boyca ve şekilce stabilize olmasını sağladığı gibi, boyarmadde alımını da etkilemektedir.

Numune kumaşların fikse şartları Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Numune kumaşların fikse şartları

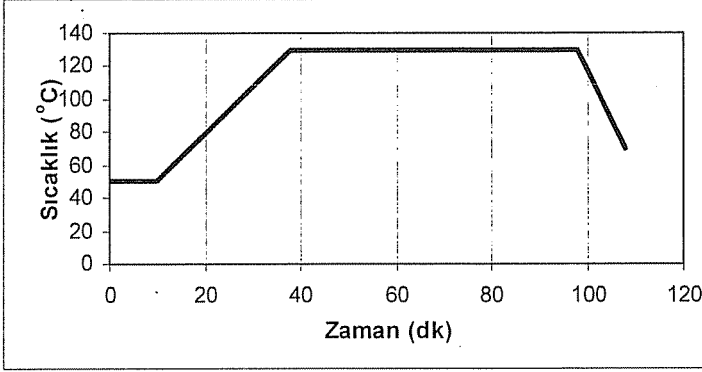
| Kumaş Cinsi       | Kumaş Gramajı<br>(g/m <sup>2</sup> ) | Kumaş Eni<br>(cm) | Fikse Sıcaklığı<br>(°C) | Fikse Süresi<br>(saniye) |
|-------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| %100 Polyester    | 130                                  | 165               | 180                     | 90                       |
| Polyester/Elastan | 140                                  | 145               | 180                     | 90                       |



### 2.3. Boyama İşlemi

Numune kumaşlar %3 ve %5 renk şiddetinde siyah renge boyanmıştır. Siyah rengin seçilmesinin amacı renk haslığının koyu renklerde daha çok sorun oluşturmasıdır. Numune kumaşlar polyester elyafı içerdiği için dispers boyarmaddesi ile boyanmıştır.

Boyamaya 50 °C başlamış ve 130 °C bir saat boyama işlemi yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Numune kumaşların boyama grafiği

Boyama reçetesi:

- % 3 – 5 Setapers BLACK WNSP (Dispers Boyarmadde)
- 1 g/l Setalan BBA (Dispergator, dispers boyamada boya suda çözülmediğinden kullanılır. Boyayı askıda tutarak kumaş üzerine çökmesini önler.)
- 1 g/l Orgafen BB (Dispers boyamalarda egalizator olarak kullanılır.)
- 1.5 g/l Asetik Asit (pH ayarlamak için kullanılır.)
- pH 4,5

### 2.4. Boyama Sonrası Yıkama İşlemi

Polyester kumaşların boyanmasında, boyama süresinin sonunda elyaf yüzeyindeki boya konsantrasyonu elyafın içindeki boya konsantrasyonunun üzerindedir. Hemen yüzeye yapışık duran “ölü boya” diye adlandırılan bu boyanın renk verimine katkısı çok azdır. Ölü boya, yıkama ve sürtünme haslıklarını olumsuz yönde etkiler. Polyesterin yüzeyindeki ölü boya elyafın içine nüfuz etmiş boyaya zarar vermeden soldurulabilir. Bu soldurma işlemi redüktif yıkama olarak adlandırılır [7]. Tüm deneylerde redüktif yıkamada 2 g/l hidrosülfid kullanılmıştır.

Yıkama işlemi 1/20 flotte ile yapılmıştır. İlk olarak 95 °C’de 30 dakika redüktif yıkama maddeleri ile muamele edilmiştir. İkinci adımda yıkama çözeltisi dökülmüş ve 80 °C’de 10 dakika yıkama yapılmıştır. Son olarak 0,5 g/l asetik asit ile kumaşlar nötralize edilmiştir.

### 2.5. Renk Haslıklarının Tayini

Boyalı ya da baskılı tekstil materyalleri, çeşitli şartların etkisiyle renk değiştirirler. Gün ışığı gibi çevre faktörleri ve sürtünme gibi kullanma faktörleri renklerin değişmesine sebep olur. Boyanmış veya baskı yapılmış tekstil materyali üzerindeki

boyarmaddenin, dış etkenlere karşı gösterdiği dirence renk haslığı denir [8]. Boyanmış numunenin en önemli özelliği renk haslığıdır.

Elastanlı kumaşlarda, kumaşın kullanıldığı yere bağlı olarak çeşitli renk haslıklarının iyi olması beklenir. Kumaşın kullanım amacına göre yıkamaya, klorlu suya, deniz suyuna, suya, tere ve sürtünmeye karşı renk haslığının yüksek olması gerekir.

Numune kumaşlara uygulanan haslık testleri ve standartları Çizelge 5’de verilmiştir.

**Çizelge 5.** Numune kumaşlara uygulanan renk haslıkları

| Renk Haslığı                    | Standartı               |
|---------------------------------|-------------------------|
| Yıkamaya karşı renk haslığı     | TS EN ISO 105 C06       |
| Klorlu suya karşı renk haslığı  | TS 837 EN ISO 105-E03   |
| Deniz suyuna karşı renk haslığı | TS 397 EN ISO 105-E02   |
| Suya karşı renk haslığı         | TS 396 pdEN ISO 105-E01 |
| Tere karşı renk haslığı         | TS 398 prEN ISO 105-E04 |
| Sürtünmeye karşı renk haslığı   | TS 717 EN ISO 105-X12   |

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Numune kumaşlara Çizelge 5’de belirtilen renk haslığı testleri standartlara uygun olarak uygulanmıştır. Haslık değerlendirilmelerinde 4–5 gri skala değeri kabul sınırları içerisinde.

#### 3.1. Yıkamaya Karşı Renk Haslığı

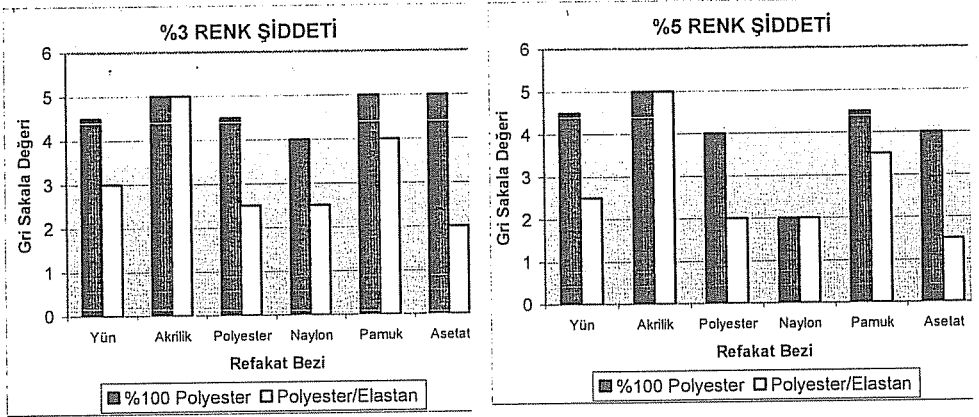
Numune kumaşlar için yıkamaya karşı renk haslığı testi ile elde edilen sonuçlar Çizelge 6’da, karşılaştırmalı olarak, %3 ve %5 renk şiddetinde boyanan numunelerin değerlendirmesi ise Şekil 2’de verilmiştir.

**Çizelge 6.** Yıkamaya karşı renk haslığı değerleri

| Kumaşın Kirlendiği<br>Elyaf Cinsi<br>(Refakat Bezi) | %100 Polyester |     | Polyester/Elastan |     |
|---|----------------|-----|-------------------|-----|
|   | Renk Şiddeti   |     | Renk Şiddeti      |     |
|   | %3             | %5  | %3                | %5  |
| Yün   | 4/5            | 4/5 | 3                 | 2/3 |
| Akrilik   | 5              | 5   | 5                 | 5   |
| Polyester   | 4/5            | 4   | 2/3               | 2   |
| Naylon  | 4              | 2   | 2/3               | 2   |
| Pamuk   | 5              | 4/5 | 4                 | 3/4 |
| Asetat  | 5              | 4   | 2                 | 1/2 |

Şekil 2 incelendiğinde yıkama haslığı sonucunda her iki renk şiddetinde de refakat bezindeki akrilik elyafının hiç kirlenmediği görülmektedir. Buna karşın refakat bezindeki en fazla kirlenen elyaf, naylon ve asetat olmuştur. %100 polyester kumaşa hem %3 hem de %5 renk şiddetinde boyanan numunelerin yıkama haslığı değerleri hemen hemen aynıdır. %100 polyester kumaşlarda yıkama haslığı sonuçlarına renk

şiddetinin önemli bir etkisinin olmadığı söylenebilir. En kötü yıkama haslığı değerleri %5 renk şiddetinde boyanan polyester/elastan karışımli numune kumaşta elde edilmiştir. Numune kumaş içerisinde elastan elyaf bulunması yıkama haslığı sonuçlarını negatif yönde etkilediği söylenebilir.



Şekil 2. %3 ve %5 Renk şiddetinde boyanan numunelerin yıkamaya karşı renk haslığı sonuçları

### 3.2. Klorlu Su Renk Haslığı

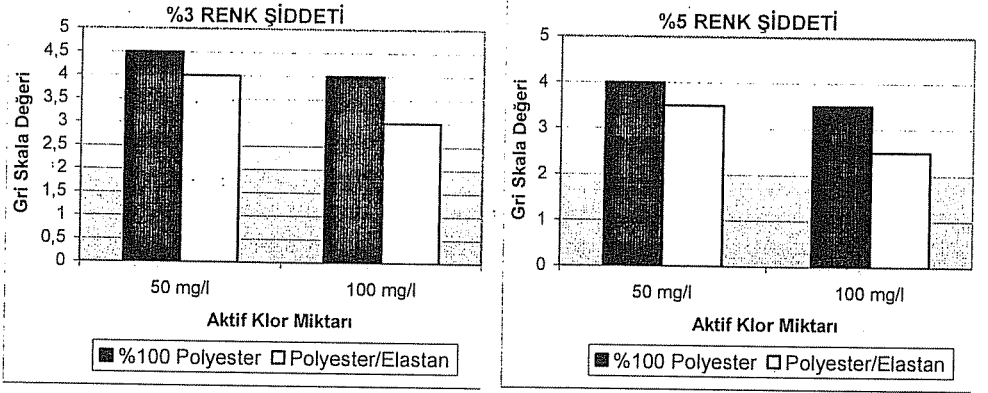
Numune kumaşlar üzerine, yüzme havuzlarının dezenfekte edilmesinde kullanılan, değişik konsantrasyonlardaki (50 mg/l, 100 mg/l) aktif klorla karşı renk haslıklarının tayini için klorlu su renk haslığı testi yapılmıştır.

Numune kumaşlar için klorlu su renk haslığı testi ile elde edilen sonuçlar Çizelge 7'de, karşılaştırmalı olarak, %3 renk şiddetinde ve %5 renk şiddetinde boyanan numunelerin değerlendirilmesi ise Şekil 3'de verilmiştir.

Çizelge 7. Klorlu su haslık değerleri

| Aktif Klor Miktarı | %100 Polyester |     | Polyester/Elastan |     |
|--------------------|----------------|-----|-------------------|-----|
|                    | Renk Şiddeti   |     | Renk Şiddeti      |     |
|                    | %3             | %5  | %3                | %5  |
| 50 mg/l            | 4/5            | 4   | 4                 | 3/4 |
| 100 mg/l           | 4              | 3/4 | 3                 | 2/3 |

Şekil 3 incelendiğinde genel olarak %5 renk şiddetinde boyanan numunelerde %3 renk şiddetinde boyanan numunelere göre daha kötü renk haslığı sonuçları elde edilmiştir. Koyu renklerde klorlu su renk haslıklarında daha düşük değerlerin elde edildiği söylenebilir. Klorlu sudaki aktif klor miktarı 100 mg/l olduğu durumlarda haslık değerlerinin daha fazla düştüğü tespit edilmiştir. İçerisinde elastan elyafı bulunan numunenin diğer numuneye göre klorlu su haslık değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 3. %3 ve %5 Renk şiddetinde boyanan numunelerin klorlu su renk haslığı sonuçları

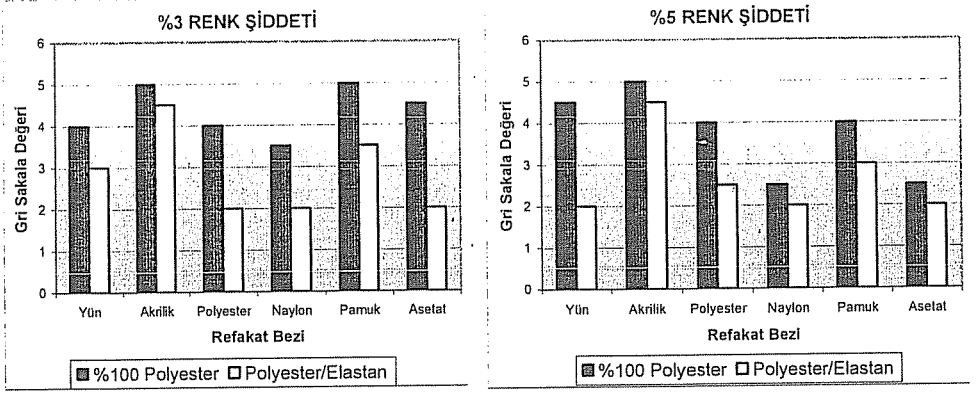
### 3.3. Deniz Suyuna Karşı Renk Haslığı

Numune kumaşlar için deniz suyuna karşı renk haslığı testi ile elde edilen sonuçlar Çizelge 8'de, karşılaştırmalı olarak, %3 ve %5 renk şiddetinde boyanan numunelerin değerlendirmesi ise Şekil 4'de verilmiştir.

Çizelge 8. Deniz suyuna karşı renk haslığı değerleri

| Kumaşın Kirlendiği Elyaf Cinsi (Refakat Bezi) | %100 Polyester |     | Polyester/Elastan |     |
|---|----------------|-----|-------------------|-----|
|   | Renk Şiddeti   |     | Renk Şiddeti      |     |
|   | %3             | %5  | %3                | %5  |
| Yün   | 4              | 4/5 | 3                 | 2   |
| Akrilik                                       | 5              | 5   | 4/5               | 4/5 |
| Polyester                                     | 4              | 4   | 2                 | 2/3 |
| Naylon  | 3/4            | 2/3 | 2                 | 2   |
| Pamuk   | 5              | 4   | 3/4               | 3   |
| Asetat  | 4/5            | 2/3 | 2                 | 2   |

Şekil 4 incelendiğinde içerisinde elastan elyaf bulunan numunenin haslık değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Hem %3, hem de %5 renk şiddetinde boyanan polyester/elastan numunesinin haslık değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Renk şiddetinin bu numune üzerinde fazla bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Haslık sonucunda refakat bezindeki polyester, naylon ve asetat elyafının diğer elyaf çeşitlerine göre daha fazla kirlendiği görülmektedir. Elastan elyafının varlığı deniz suyuna karşı renk haslığı sonuçlarını negatif yönde etkilediği söylenebilir.



Şekil 4. %3 ve %5 Renk şiddetinde boyanan numunelerin deniz suyuna karşı renk haslığı sonuçları

### 3.4. Suya Karşı Renk Haslığı

Boyanmış tekstil mamullerinin, üzerindeki boyarmaddenin migrasyonunu ölçmek amacıyla normal ortam sıcaklığında belirli miktar su ile suya karşı renk haslığı tayini yapılır.

Numune kumaşlar için suya karşı renk haslığı testi ile elde edilen sonuçlar Çizelge 9'da, verilmiştir.

Çizelge 9. Su haslıkları değerleri

| Kumaşın Kirlendiği Elyaf Cinsi (Refakat Bezi) | %100 Polyester |     | Polyester/Elastan |     |
|---|----------------|-----|-------------------|-----|
|   | Renk Şiddeti   |     | Renk Şiddeti      |     |
|   | %3             | %5  | %3                | %5  |
| Yün   | 5              | 4/5 | 4/5               | 4/5 |
| Akrilik                                       | 5              | 5   | 5                 | 5   |
| Polyester                                     | 5              | 5   | 5                 | 4/5 |
| Naylon  | 4/5            | 4/5 | 4/5               | 4   |
| Pamuk   | 5              | 5   | 5                 | 5   |
| Asetat  | 5              | 5   | 4                 | 3/4 |

Çizelge 9 incelendiğinde hem %3 hem de %5 renk şiddetinde boyanan numunelerin su haslık değerlerinin kabul edilebilir değerlerde olduğu görülmektedir. İki numune için de iyi haslık sonucu değerleri elde edilmiştir. Konstrüksiyonunda elastan elyaf bulunan numune kumaşta, elastan elyafının su haslığı değerlerine önemli bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

### 3.5. Tere Karşı Renk Haslığı

Ter haslığı, renkli tekstil mamullerinin insan terine maruz kalması halinde, rengindeki değişimdir. Terleme ile kumaşın rengi değişebilir ve kumaş üzerindeki boyarmadde migrasyona uğrayabilir. Ter oluştuğunda hafif asidiktir. Bakteri etkisiyle bazik hale gelir. Boyarmadde, terin asidik ya da bazik halinden etkilenebilir. Bu

nedenle, ter haslığı için kumaşın bir kısmında hafif asidik çözelti, diğer kısmında hafif bazik çözelti kullanılır.

Numune kumaşlar için asidik ter haslığı testi ile elde edilen sonuçlar Çizelge 10'da, bazik ter haslığı testi ile elde edilen sonuçlar ise Çizelge 11'de verilmiştir.

**Çizelge 10.** Asidik ter haslığı değerleri

| Kumaşın Kirlendiği Elyaf Cinsi (Refakat Bezi) | %100 Polyester |     | Polyester/Elastan |     |
|---|----------------|-----|-------------------|-----|
|   | Renk Şiddeti   |     | Renk Şiddeti      |     |
|   | %3             | %5  | %3                | %5  |
| Yün   | 5              | 4/5 | 4/5               | 4/5 |
| Akrilik                                       | 5              | 5   | 5                 | 5   |
| Polyester                                     | 5              | 5   | 5                 | 4/5 |
| Naylon  | 4/5            | 4/5 | 4/5               | 4   |
| Pamuk   | 5              | 5   | 5                 | 5   |
| Asetat  | 5              | 5   | 4                 | 3/4 |

**Çizelge 11.** Bazik ter haslığı değerleri

| Kumaşın Kirlendiği Elyaf Cinsi (Refakat Bezi) | %100 Polyester |     | Polyester/Elastan |     |
|---|----------------|-----|-------------------|-----|
|   | Renk Şiddeti   |     | Renk Şiddeti      |     |
|   | %3             | %5  | %3                | %5  |
| Yün   | 5              | 4/5 | 4/5               | 5   |
| Akrilik                                       | 5              | 5   | 5                 | 5   |
| Polyester                                     | 5              | 5   | 5                 | 4/5 |
| Naylon  | 4/5            | 4/5 | 4/5               | 4   |
| Pamuk   | 5              | 5   | 5                 | 5   |
| Asetat  | 5              | 5   | 4/5               | 3/4 |

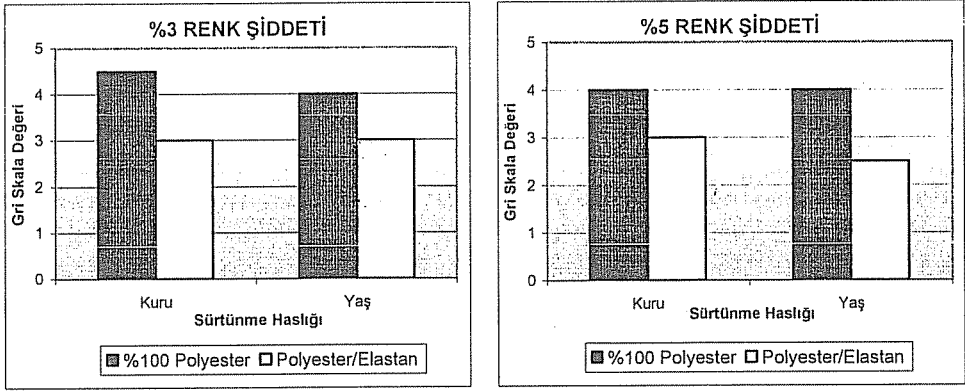
Çizelge 10 ve Çizelge 11 incelendiğinde numunelerin asidik ve bazik ter çözeltilerinden önemli ölçüde etkilenmedikleri görülmektedir. Hem asidik ter haslığında hem de bazik ter haslığında iki numunede de ortalama olarak 4-5 gri skala değerleri elde edilmiştir. Polyester/elastan karışımli kumaşlarda, elastan elyafının ter haslığı sonuçlarına önemli bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

### 3.6. Sürtünmeye Karşı Renk Haslığı

Numune kumaşlar için sürtünmeye karşı renk haslığı testi ile elde edilen sonuçlar Çizelge 12'de, karşılaştırmalı olarak, %3 ve %5 renk şiddetinde boyanan numunelerin değerlendirilmesi ise Şekil 5'de verilmiştir.

**Çizelge 12.** Sürtünmeye karşı renk haslıkları değerleri

| Sürtünme Haslığı | %100 Polyester |    | Polyester/Elastan |     |
|------------------|----------------|----|-------------------|-----|
|                  | Renk Şiddeti   |    | Renk Şiddeti      |     |
|                  | %3             | %5 | %3                | %5  |
| Kuru             | 4/5            | 4  | 3                 | 3   |
| Yaş              | 4              | 4  | 3                 | 2/3 |



Şekil 5. %3 ve %5 Renk şiddetinde boyanan numunelerin sürtünmeye karşı renk haslığı sonuçları

Şekil 5 incelendiğinde %3 renk şiddetinde boyanan polyester/elastan numunesinin kuru ve yaş sürtünme haslık değerleri aynı çıkmıştır, %5 renk şiddetinde ise yaş sürtünme haslığında bir miktar düşme gözlenmiştir. %100 polyester numune kumaşın her iki renk şiddetinde boyama sonrası yapılan sürtünme haslığı değerlerinin iyi olduğu tespit edilmiştir. Haslık değerleri karşılaştırıldığında içerisinde elastan elyaf bulunan numunenin haslık değerlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Konstrüksiyonunda elastan elyaf bulunan numune kumaşa, elastan elyafının sürtünme haslığı değerlerine negatif bir etkisinin olduğu söylenebilir.

#### 4. SONUÇ

Çalışmada elastan elyafının polyester elyafla karıştırıldığında renk haslık performanslarını nasıl etkilediğini tespit etmek amacıyla %100 polyester ve polyester/elastan (%10 elastan) numune kumaşları seçilmiştir. Seçilen numune kumaşlar %3 ve %5 renk şiddetinde siyah renge boyanmış ve yıkama, klorlu su, deniz suyu, su, ter ve sürtünme haslığı testleri uygulanmıştır.

Yapılan haslık testleri sonucunda genel olarak polyester elyafın boyanma mekanizmasından dolayı %100 polyester kumaşın haslık değerleri çok iyi çıkmıştır. Su ve ter haslığı dışında yapılan diğer haslık testlerinde polyester/elastan kumaştaki elastan elyaf sonuçları negatif yönde etkilediği gözlemlenmiştir.

#### 5. KAYNAKLAR

1. Özgüney, A.T., Demir, O., "Pes Mamullerin Dispers Boyarmaddelerle Baskısı", *Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu VIII. TMMOB-Kimya Müh. Odası Bursa Şubesi, 16-18 Mayıs 2001, Bursa.*

2. Bendak, A., El-Marsaşi, S.M., "Effects of Chemical Modifications on Polyester Fibres", *Journal of Islamic Academy of Sciences 4:4, 275-284, Cairo, Egypt, 1991.*

3. Yeşil, Y., "Farklı Karışımlarda Elastan Lif İçeren Örme Kumaşların boyanması ve Haslık Özellikleri", Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s.53, 2003, Adana.
4. Ötkem, T., Çelik, P., Seventekin, N., Poliüretan Elastomer Lifler (Elastan Lifleri), *Tekstil ve Konfeksiyon*, Yıl:12, Sayı:3, s114-115, 2002, İzmir.
5. Başer, İ., "Elyaf Bilgisi", Marmara Üniversitesi, Yayın No:524, s.134-136, 1992, İstanbul.
6. Kanık, M., "Elastan İplik İçeren Kumaşların Terbiye İşlemleri", *Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu VII Bildiri Kitabı, TMMOB Bursa Şubesi*, s.152-157, 1999, Bursa.
7. Anders, S., Schindler, W., "Comparison of Reducing Agents in Reduction Clearing of Polyester Dyeings and Prints", *Melliand English*, s.21-22, 1-2/1997.
8. Şener, E.M., Uhri, N., "Polyester Kumaşlarda Haslıklar", *Sasa 11. Polyester Günleri Bildirisi*, 12-13 Aralık 2003, Mersin.



## DÖRTYOL VE ÇEVRESİNDE BULUNAN TAŞINMAZ KÜLTÜR VARLIKLARI

**Pırıl ÖZEL ve Erkin ERTEN**  
Ç.Ü., Mimarlık Bölümü, Adana/Türkiye

**ÖZET :** *Bu çalışmada, Hatay Dört Yol yerleşiminin tarihi gelişimi ile birlikte bölgedeki taşınmaz kültür varlıkları incelenmiş, Dört Yol' un yakın çevresinde bulunan, İssos Harabeleri, Kinet Höyük ve II. Sultan Selim Külliyesi ele alınmış, mevcut durumları saptanmış ve çeşitli kaynaklardan tarihi gelişimleri incelenmiştir.*

*Özellikle, bugünkü kent dokusu içerisinde, taşınmaz kültür varlığı niteliğindeki yapılar belirlenmiştir. Ayrıca, yakın dönem sivil mimarlık örneklerinin rölevaleri alınarak, genel bir analiz çalışması yapılmıştır.*

### IMMOVABLE CULTURAL WEALTHS IN DÖRTYOL AND ITS SURROUNDING

**ABSTRACT :** *In this study; Historical development of Dört Yol, Hatay settlement and immovable cultural wealths in the region has been examined. İssos Ruins, Kinet Höyük and II. Sultan Selim Külliye which one located in close surroundings of Dört Yol has also been investigated; current status of the historical places were determined and their historical developments were evaluated based on several different sources.*

*Especially, within the present city texture; structures which had the quality of cultural wealth has been determined. By taking measured-drawing samples of civilian architecture a general analyses have been conducted.*

Bu çalışma Ç.Ü.Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından MMF2003YL27 nolu proje ile desteklenmiştir.

## 1. GİRİŞ

Dört Yol ve yakın çevresi, geçmişte birçok kültürlerin yaşamasına tanık olmuş ancak bu kültürleri yansıtan yerleşme ve yapıların çok azı bugüne ulaşabilmiştir. Yok olma süreci bugünde devam etmektedir. Dolayısı ile kültür varlıklarının bugünkü değerlerinin korunması önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, bu bölgedeki kültür varlıklarının saptanması ve belgelenmesidir.

Çalışma alanında izlenen yaklaşım; çalışma alanına ait mevcut fiziki durumu tespit etmek, tarihi özellik taşıyan yerleşim yerlerine ve yapılara ait veriler sunmak ve kent dokusu içerisinde bulunan nitelikli konutlara ait, ileriye yönelik yapılacak çalışmalara yardımcı olabilecek veriler elde ederek, belgelenmelerini sağlamaktır.

## 2. DÖRTYOL VE YAKIN ÇEVRESİNDE BULUNAN TAŞINMAZ KÜLTÜR VARLIKLARI

Dört Yol, Akdeniz Bölgesinde Hatay iline bağlı bir ilçedir. Yüzölçümü 878 km<sup>2</sup> olup, kuzey ve kuzeybatıda Adana ili, batıda İskenderun körfezi, güneyde İskenderun ilçesi, doğuda Hassa ilçesi ile çevrilidir. İlçenin doğu kesiminde bulunan Amanos dağları, batı yönde körfeze doğru eğimli bir alanı kaplar. Bu alan 3–12 km. arasında değişir. Aynı zamanda Dört Yol-Hassa arasında tabii bir sınır oluşturur (Şekil 1).

İnsan ve çevresi arasındaki ilişkinin zaman içerisindeki oluşumu, sosyal ve kültürel değişimleri yansıtmaktadır. Tarihsel süreç içerisinde kronolojik boşluklar oluşursa da, Dört Yol, iklimin ve coğrafi özelliklerin uygunluğu nedeniyle, farklı topluluklar tarafından iskân görmüştür. Kinet Höyük, İssos Harabeleri ve II. Sultan Selim Külliyesi hakkında genel bilgiler sunulmuştur. Ayrıca Dört Yol yerleşimi içerisinde bulunan, nitelikli 8 konut tespit edilip, rölevelleri alınarak bir analiz çalışması yapılmaya çalışılmıştır.



Şekil 1. Dört Yol'un Hatay İçerisindeki Konumu.

### 2.1. İssos Harabeleri

İssos kenti, bugünkü ilçe merkezi Dört Yol'un kuzeybatısında, Dört Yol ile Erzincan arasında, Adana-İskenderun anayolunun bitişğinde, ilkçağdaki deniz kıyısında idi. İ.Ö. 333'de bu yakında Büyük İskender'in İran İmparatorluğu Ordusuna bozguna uğrattığı savaş İssos Savaşı diye anıldığı için, İssos kentinin adı tüm dünyada ün kazanmıştır. Savaşın tam yerini belirleyen inceleme yazısı olmak iddiasıyla yapılmış birçok yayın vardır.

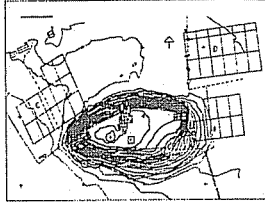
Kesin olarak bilinen, savaşın İssos kenti yakınlarında Pinaros Çayı kıyısında yapılmış olduğudur. Fakat Höyük üzerinde olağan kemik kırıklarından başka hiçbir şey görülmemektedir (1).

Günümüzde, kalıntılar, harabe niteliği taşımaktadırlar. Su kemerleri kısmen şekillerini korumuş olmalarına karşın; tiyatro duvarı, Geç Roma ve Bizans yapıları, şekillerini kaybetmişlerdir.

## 2.2. Kinet Höyük

Antik Kaynaklarda Issos olarak geçen kıyı kentinin, büyük bir olasılıkla günümüzde kıyından yaklaşık 525 metre içerde kalmış olan Kinet Höyük olabileceği, M.Ö.400 yıllarında yaşamış olan, Ksenophon ve Strabon' un yazdıklarından tahmin edilebilmektedir. Yazılarda Yumurtalık ilçesinden sonra, deniz yoluyla, İskenderun körfezi en kısa mesafede aşıldığında, Kinet Höyük' e gelinmektedir. Ayrıca körfezin kuzeyinde Yumurtalık' tan (Aigai) sonra Kinet' ten daha eski ve önemli bir kıyı yerleşimi bulunmaktadır. Ünlü İssos Savaşı da Kinet' in yaklaşık 12 km güneyindeki Payas Çayı' nda yapılmıştır (2).

Kinet Höyük ilk olarak 1951 yılında M:V: Seton-Williams tarafından gerçekleştirilen yüzey araştırması sırasında tespit edilmiştir. Kalkolitik Çağ'dan Ortaçağ'a kadar uzanan tarihsel süreçte yer alan 23 tane yerleşim belirlenmiştir. Bu yerlerden 17 tanesi bölgede daha önce Seton-Williams tarafından yapılan yüzey araştırmasında tespit edilmeyen yerlerdir (Şekil 2).



Şekil 2. Kinet Höyük Kazı Alanı (3)

Yaklaşık 800 m<sup>2</sup> lik açılan açmalar Kinet Höyüğü'nün en erken M.Ö. 3000 yılı başlarında iskân edildiğini göstermiştir. Helenistik Dönemde de Kinet Höyük büyük ve gelişmiş bir şehir olma özelliğini sürdürmüştür. Yerleşim M.Ö. 50'li yıllarda terk edilmiş ancak daha sonra Ortaçağ'da (M.S. 12.-13. y.y.) tekrar iskân görmüştür (3).

## 2.3. Payas, II. Sultan Selim Külliyesi

Payas (Yakacık), Antik Dönem'de Baias adıyla bilinmektedir. II. Sultan Selim, Sokulu Mehmet Paşayı burada derbent yönetimi kurmakla görevlendirmiştir. Sokulu burada adeta küçük bir şehir kurdu muştur. Evliya Çelebi, Hac yolu üzerindeki Payas' da bu dönemde 850 ev bulunduğunu yazmaktadır. Cenevizliler' den kaldığı sanılan bir kale ve liman kalıntısı vardır.

Ortaçağdan kalan kalenin yanında cami, medrese, hamam, kervansaray, ortadaki bedesten etrafında birbirine bağlı, dengeli bir külliye planı halinde yerleştirilmiştir. Mimar Sinan tarafından yapıldığı bilinen yapı kompleksi, 700x250m.lik alanı kaplar.

Kervansaray portalı üzerindeki kitabe, mermer üzerine beş satırlık nesih yazı, Sultan Selim İbn-i Süleyman' ın adı ve 982 (1574) tarihini vermektedir (4).

Anadolu'daki menzil külliyesi içerisinde önemli bir yeri olan Payas II. Sultan Selim Külliyesi'ne, ilk olarak 1964 yılında restorasyon çalışması yapılmıştır (5). Ana yollar üzerinde yapılan tüm külliyelerde olduğu gibi konaklama amacı birinci planda tutulmuştur. Cami sınırlı değerlendirilmiştir (6).

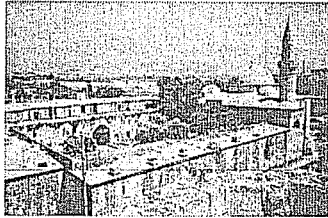
Yapı topluluğu kuzey-güney aksı doğrultusundaki arasta ile oldukça dengeli bir biçimde ikiye ayrılır. Arasta, 45 dükkândan oluşur. 15m. genişliğinde 115 m. uzunluğunda olan arastanın ortasında dua kubbesi bulunur. Kubbenin doğusundaki kapıdan hana, batısındaki kapıdan cami ve medreseye geçilir.

Doğuda, imaret, han ve avlu bulunur. Kare planlı büyük avludan güneye dar bir koridor ile geçildiğinde, iki tarafında mutlak bulunan bir iç bahçeye ulaşılır. Bu kısmın arkasından, basit duvarlarla çevrili, hayvanların barındığı başka bir bölüme geçilir.

Batıda, Caminin dikdörtgen avlusu medrese ile beraber kullanılır. Avlunu ortasında altıgen bir çeşme bulunur. Şuan yıkılmış olan revaklar arkasında medrese odaları yer almaktadır (7). Kanatlı camiler grubuna giren camide, orta kubbe iki yandan, küçük kubbeciklerle son cemaat revakına bağlanmıştır. Cami kesme taş örgü sistemine göre yapılmıştır (Şekil 3).

Hamam, külliyenin batısında, kuzey güney doğrultusunda dikdörtgen planlı, çift sıcaklıklı olarak göze çarpar. Hamama arastanın içinden soyunmalık bölümüne açılan bir kapı ile ulaşılır. Bu bölüm sonradan eklenen ahşap soyunma mekânları ile çevrilmiştir. Kuzey duvarında açılan bir kapı ile ılıklığa geçilir. İki adet sıcaklık bölümü vardır. Batı ve güney cephelerinde üçer alt seviye pencereleri açılmıştır. Zaten doğu cephesi arasta ile bitişik olduğundan hamam cepheleri oldukça sade olarak tanımlanabilir.

Menzil külliyesi içerisinde önemli bir yeri olan, Payas Sultan Selim Külliyesi yapısal olarak şeklini korumuş durumdadır.



Şekil 3. Cami Avlusu

#### 2.4. Yakın Dönem Sivil Mimari Örnekleri

Halk mimarisini, yerel etkenler altında gelenekselleşen anonim bir tasarım süreci sonunda oluşan mimari şekilde tanımlayabiliriz. Elde kalmış her tür yapının değerlendirilmesi, gelecek kuşaklara aktarılması kültür aktarımı için büyük önem taşımaktadır. İncelenen konutların ilk sahiplerinin bölgeye sonradan yerleşen Ermeni asıllı kişiler olduğu tespit edilmiştir. Genellikle kullanıcıları portakal ticareti ile uğraştığı için, konutlar, bahçe içerisine konumlandırılmıştır. Bu yüzden konutların, kent dokusu içerisinde oldukça dağınık durumda olduğu gözlenmektedir.

Tespit edilen 8 konutun, mekânsal ve strüktürel öğeleri belirlenmiştir. Konutların, fotoğrafları çekilmiş, plan kesit ve görünüşleri çizilerek aşağıda sunulmuştur (Şekil 4-32).

#### 2.4.1. 1 Numaralı Konut

- Konstrüksiyon

Dış duvarlar, 60cm kalınlığında, yığma yapım tekniği ile moloz taş duvar örgü sistemine uygun yapılmıştır. Zemin katta 65cm kalınlığında iki paralel taş duvar göze çarpar. Taşıyıcı özellik gösteren bu duvarlar üzerine uzun kenar boyunca, yaklaşık 140cm. aralıklı 18cm. çapında ahşap kirişler bindirilmiştir.

Taşlar birbirlerine kum ve kireçten yapılmış harç ile bağlanmış ve yüzey, taşları görülecek şekilde taranmıştır. Dış cephede duvarlar sıvalı olmakla birlikte, zemin kat iç duvarları sıvanmamıştır. Yığma yapım tekniğinin gerektirdiği gibi, duvarlardaki pencere boşlukları, köşelerden en az 150cm. bırakacak şekilde açılmıştır. Pencere ve kapı boşlukları üzerine ahşap hatıllar kullanılmıştır (Şekil 4).

Yapıda, ikisini sofanın oluşturduğu, toplam dört adet çıkma vardır. Ön ve arka cephede bulunan çıkma, duvara saplanan 12/18cm.lik ahşapların üzerine, bağdadi konsol şeklinde uygulanmıştır. Aynı zamanda, doğuda bulunan balkonun, çatı ile birleşen dış yüzeylerinde de, beşik kemer oluşturacak şekilde, bağdadi alınlı oluşturulmuştur. Kemer ahşap dikmelere ve duvarlara yaslanır. Batıda, banyo ve tuvaletin oluşturduğu çıkma, eşit aralıklı elibögründelerle duvara desteklenmiş, 4 adet 10/10°'luk ahşaplara taşınmıştır.

Zemin katta, kirişler arası boşluklu, ahşap kaplamasız tavan uygulanmıştır. Zemine önce blokaj döşenmiş, ardından çamur harç dökülüp, üzerine taş döşenmiştir.

1. kat duvarları yaklaşık 30 cm' e düşer. Döşeme, 10/5°'lik, 60cm. aralıklı ahşap kirişler üzerine, 2,5-3,5cm. kalınlığında kaplama tahtası çakılarak oluşturulmuştur. Mutfak, tuvalet ve banyo döşemesi taştır. 1. Kat tavanı ahşap kaplanmıştır.

Çatı ahşap olup alaturka kiremit örtülüdür. Çatı içerisine girilemediği için, çatı konstrüksiyonu incelenememiştir.

- Plan Şeması

Zemin kat, kuzey-güney doğrultusunda iki paralel duvar ile üç bölüme ayrılmıştır. Zemin kat depo amaçlı kullanılmaktadır. Batı duvarına yaslanan, ahşap "L" şeklindeki bir merdiven ile üst kata çıkılır (Şekil 5).

1. katta odalar, kuzey-güney doğrultusundaki bir iç sofanın, doğu ve batısında yer alır. Sofa, güneyde, sokağa çıkma yapmış bir oda ile bitmekle birlikte, kuzeyde odasız bir çıkma oluşturur. Batıda, bir oda ve mutfak yer alır. Kuzey batıda oluşturulan koridor ile, binaya çıkma yapmış, tuvalet ve banyoya; aynı zamanda, 2. kat ile bağlantıyı sağlayan merdivene ulaşılır. Doğuda, iki oda bulunur. Odalar arasında, genişliği yaklaşık 190 cm olan bir hol bırakılmıştır. Hol balkon ile son bulur (Şekil 6).

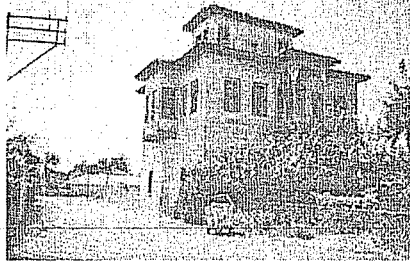
2. katta dört yöne açılan, dikdörtgen şekilli bir oda bulunur. Bu odanın, yaz aylarında, evin kadınları ve çocukları tarafından kullanıldığı söylenmiştir.

- Cephe Özellikleri

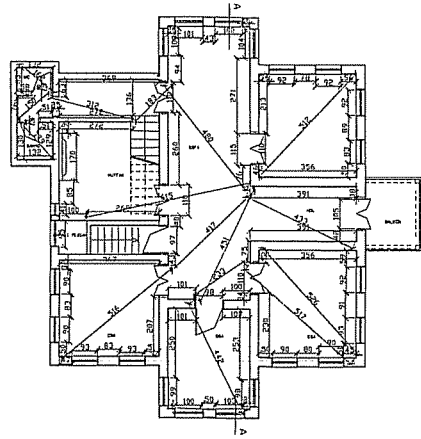
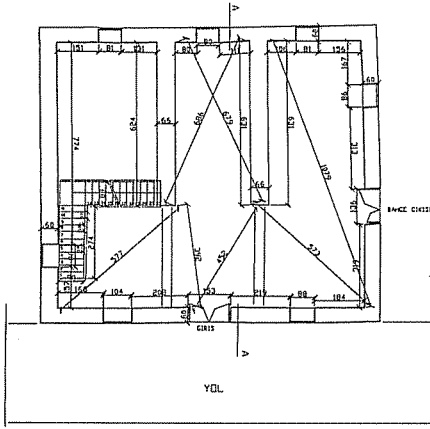
Binanın, dört yönünde de çıkma oluşturulmuştur. Güney ve kuzey cepheleri, simetriktir. Doğuda, zeminde açılan bahçe kapısı ile batıda oluşturulan çıkma, her iki yönde de simetriyi bozmuştur.

Zemin kattaki pencere boyutları, üst katlara göre daha küçüktür. Alt katta pencereler, çift kanatlı ahşap iken; üst katlarda giyotin pencere olarak uygulanmıştır. Pencerelere, dıştan yatay şekilde, yaklaşık 12cm. aralıklarla, demir parmaklıklar yapılmıştır.

Sokak kapısı ve doğuya açılan bahçe kapısı, çift kanatlı ve ahşaptır. 1.katta bulunan balkon kapısı çift kanatlı olup, yerden 60cm. yüksekliğe kadar ahşaptır. Her bir kanat, sekizer cam bölme içerir. En üstte, kapı genişliği kadar ve 45cm. yüksekliğinde üç ayrı cam bölüm oluşturulmuştur (Şekil 8).



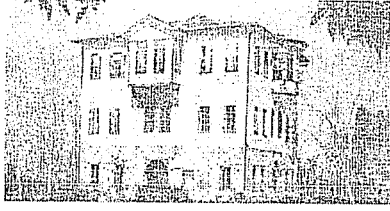
Şekil 4. 1 Numaralı Konut, Doğu Görüntüğü.



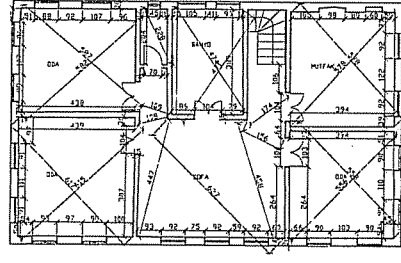
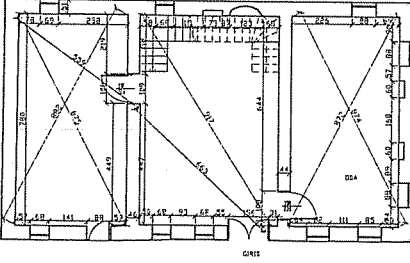
Şekil 5. 1 Numaralı Konut Zemin Kat Planı      Şekil 6. 1 Numaralı Konut 1. Kat Planı



aşşap lentolar kullanılmıştır. Giriş kapısı üzerine, beşik kemer uygulanmış ve kemeri oluşturan taşlar lentoya oturtulmuştur (Şekil 9).



Şekil 9. 1930 Yılında Kasım Ağa Konağı (8)



Şekil 10. 2 Numaralı Konut Zemin Kat Planı. Şekil 11. 2 Numaralı Konut 1. Kat Planı.

### 2.4.3. 3 Numaralı Konut

- Konstrüksiyon

Dış duvarlar 45cm. kalınlığında, yığma yapım tekniği kullanılarak moloz taş duvar örgü sistemine göre oluşturulmuştur. Duvar köşelerinde iri yontulmuş taşlar, duvar içlerinde ve pencere üzerlerinde ise lentolar kullanılmıştır. 2. kat dış duvarı, kerpiçtir ve üzeri sıvanmıştır. Yapının kuzey cephesinde, sokağa doğru bir cumba göze çarpar. Duvara saplanan 10/10cm.lik ahşaplar, 5/10'luk eliböğründelerle desteklenmiştir. Yüzey, 1,5x4 cm.lik çıtalarla kapatılarak, bağdadi duvar oluşturulmuştur.

3 numaralı konutta, pek çok değişiklik gözlenmiştir. Doğu cepheyi oluşturan duvar yıkılarak, yakın dönemde briket ile yeniden kapatılmış, merdiven ve güneyde bulunan balkon betonarmeye dönüştürülmüştür.

- Plan Şeması

Zemin kat, kuzey-güney doğrultusunda iki paralel duvar ile üç bölüme ayrılmıştır. Girişler, güney cepheye yerleştirilmiş iki ayrı giriş kapısındanır. Batıda bulunan sonradan ilave edilmiştir. Zemin katta, odalar, ortaya açılan koridorun iki yönüne yerleştirilmiş fakat sonradan batıdaki bölümün kapısı kapatılmış ve dışarıdan ayrı bir bağlantı sağlanmıştır (Şekil 13).

1 katta odalar, kuzey-güney doğrultusundaki bir iç sofanın, doğu ve batısında yer alır. Her iki yönde ikişer, toplam 4 oda bulunur. Batıdaki iki oda arasında, 90cm.lik açıklık bırakılarak ayrıca bir geçiş sağlanmıştır (Şekil 14).

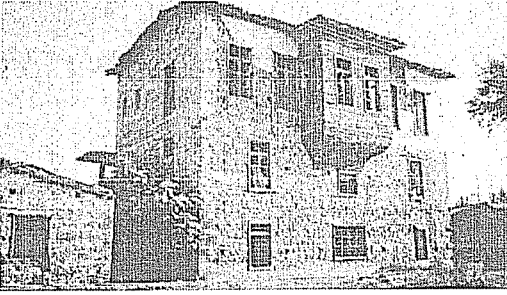


2. kata, güneydeki balkondan iki giriş verilmiştir. Bina, sofanın ortasından geçen, sonradan oluşturulan bir duvarla ikiye bölünmüştür. Sofa, sokağa çıkma yapmış bir oda ile son bulur (Şekil 15).

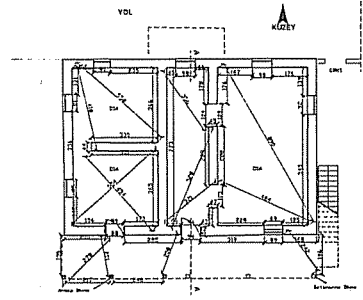
- Cephne Özellikleri

2. katta oluşturulan cumba, binanın kuzey cephesinde, simetrik bir şekilde konumlanmıştır. Konutun, ilk iki katı taş duvar olarak bırakılmış ve sıvanmamıştır. 2. Kat dış duvarı kerpiçtir ve üzeri sıvanmıştır (Şekil 12).

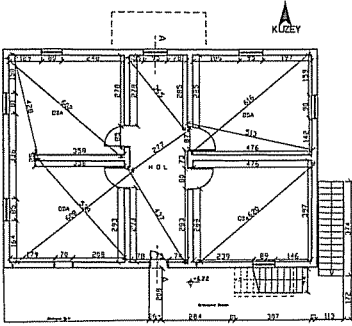
Zemin kat ve 1. kattaki pencere boyutları, 2. kat pencerelerine göre daha küçüktür. Pencerelere, dıştan yatay şekilde konumlanmış, yaklaşık 12cm. aralıklarla, demir parmaklıklar yapılmıştır. Pencere üstlerinde ahşap hatıllar kullanılarak, açıklığa gelen yükler dağıtılmıştır.



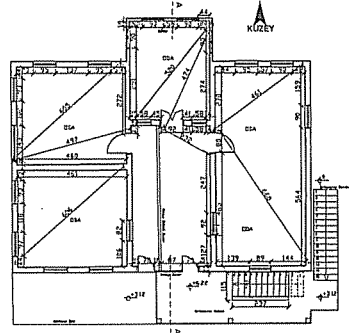
Şekil 12. 3 Numaralı Konut, Kuzey Görüntüş.



Şekil 13. Zemin Kat Planı.



Şekil 14. 3 Numaralı Konut, 1. Kat Planı.



Şekil 15. 3 Numaralı Konut, 2. Kat Planı.

#### 2.4.4. 4 Numaralı Konut

- Konstrüksiyon

Dış duvarlar, yaklaşık 60 cm kalınlığında, yığma yapım tekniği ile moloz taş duvar örgü sistemine uygun yapılmıştır. Zemin katta, ikisi sonradan eklenmiş, yaklaşık 30cm. çapında, 8 ahşap dikme bulunur. Dikmeler üzerine, 120cm. aralıklı, 10x10'luk ahşap kirişler bindirilmiştir.

Taşlar birbirlerine kum ve kireçten yapılmış harç ile bağlanmıştır. Zemin kat iç ve dış duvarları sıvanmamıştır. Yığma yapım tekniğinin gerektirdiği gibi, duvarlardaki pencere boşlukları, köşelerden en az 150cm. bırakacak şekilde açılmıştır. Pencere ve kapı boşlukları üzerine ahşap hatıllar yer almaktadır.

Ön ve arka cephede, bina genişliği kadar balkon yapılmıştır. Balkonlar, duvara saplanan ahşap dikmelerle taşınmıştır. Bu dikmeler, eliböğründelerle desteklenmiştir. Doğu ve batıda, 2 m. genişliğinde iki balkon oluşturulmuştur.

- Plan Şeması

Zemin kat, tek bir mekândan oluşur. Güney ve kuzeyden iki kapı açılmıştır. Dört yönde ikişer olmak üzere, toplam 8 adet pencere boşluğu vardır. Binanın, kuzey-batı yönünde, dışarıdan girilen küçük bir oda bulunur. Odanın zemini, toprak ve çalı ile kaplı olduğundan, tuvalet olup olmadığı anlaşılamamıştır (Şekil 16).

1 katta, binanın güney-doğu duvarına bitişik, iki kollu ahşap bir merdiven ile çıkıldığı, tahmin edilmektedir. Ön balkonun, doğu kısmı ile merdiven tamamen yok olmuş yalnız duvar üzerinde merdivenin izleri gözlelenebilmiştir.

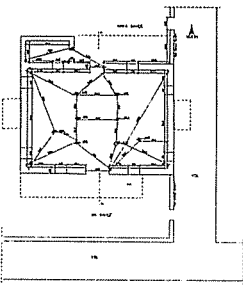
1. katta odalar, bir iç sofanın, doğu ve batısına yerleştirilmiştir. Her yönde iki oda ve aralarında 150cm.lik, holler oluşturulmuştur. Holler, doğu ve batıda, genişliği 160 cm.lik balkonlarla son bulur. Sofanın güney ve kuzey yönlerinden, iki geniş balkona ulaşılır. Böylece dört yöne açılan bir plan şeması ortaya çıkmıştır (Şekil 17).

- Cephe Özellikleri

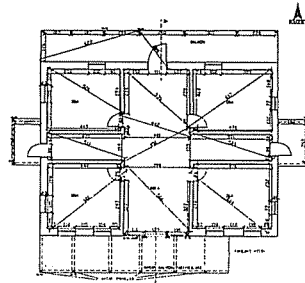
Binanın, kuzey cephesi hariç diğer cepheleri, simetrik bir cephe düzenine hâkimdir. Zemin kat dış duvarları sıvanmayıp, taşlar görülebilecek şekilde bırakılmıştır. Bu yüzden pencere ve kapı boşlukları üzerinde bulunan ahşap lentolar oldukça açık görülebilir. 1. kat dış duvarları sıvanmış böylece zemin kat ve 1. kat sınırı cepheye yansıtılabilmektedir (Şekil 18).

4 cephede de balkon bulunur. Balkonlar, eliböğründelerle desteklenmiş, ahşap konsollar üzerine oturtulmuşlardır. Düşeyde, çatı saçağı ile balkon döşemeleri üzerine, ahşap dikmeler yerleştirilmiştir. Doğu ve batıda bulunan küçük balkonlarda, bu dikmeler köşelere rast gelecek şekilde 2 adettir.

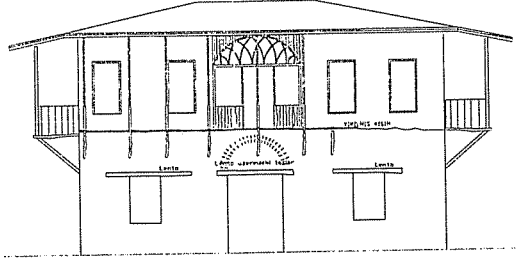
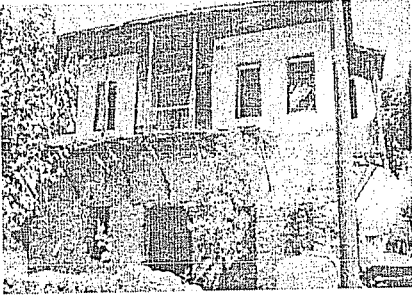
Binanın pencereleri sökülmüş ve kasaları çıkartılmıştır. Zemin kat giriş kapısı üzerinde 25cm. kalınlığında ahşap hatıl kullanılmıştır. Kapı üzerinde dairesel dizilmiş taşlar hatılın üzerine oturtulmuş ve hatıl ile arasındaki boşluk tekrar taş ile örülmüştür. Ayrıca, 1. katta, sofa genişliği kadar, ahşap bir kapı cepheye yansır. Kapı üzerinde dairesel boşluk bırakılmış, 2,5cm.lik ahşap çitalarla dilimler oluşturulmuş ve aralarına cam yerleştirilmiştir (Şekil 19).



Şekil 16. 4 Numaralı Konut Zemin Kat Planı



Şekil 17. 4 Numaralı Konut 1. Kat Planı



**Resim 18.** 4 Numaralı Konut, Güney Görünüş. **Şekil 19.** 4 Numaralı Konut Güney Görünüş

#### 2.4.5. 5 Numaralı Konut

##### • Konstrüksiyon

5 numaralı konut, yığma yapım tekniğine uygun dış duvarlar ile zemin katta gözlemlenen, 4 adet ahşap dikme ile desteklenmiştir. Yaklaşık 20 cm çaplı ahşap dikmeler üzerine, her iki yönde, yaklaşık 15 cm çaplı, ahşap kirişler oturtulmuştur. Kirişlerin üzerine 70cm. aralıklı, 10x5 cm.lik ahşaplar yerleştirilip, 2,5x8 cm.lik kaplama tahtaları çakılmıştır. Zemin kat tavanı kaplanmamış ve konstrüksiyon açıkta bırakılmıştır (Şekil 20).

1. katta, dışarıda bulunan, sonradan yapılmış betonarme bir merdiven ile çıkılır. Merdiven ile ahşap konstrüksiyonlu bir balkona ulaşılır. Balkon, zeminde bulunan 18x18 cm.lik, 4 adet ahşap dikmeye taşınmıştır. Dikmelerin üzerinde duvara saplanan ahşap kirişler bulunur.1. katta da bu dikmenin üzerine gelecek şekilde ahşap dikmeler konumlanmış ve böylece çatı saçağı yaklaşık 2,5m. dışarı taşırılabilmiştir.

1. katta sofa, sokağa, yaklaşık 110cm. çıkma yapmıştır. Çıkma, duvara saplanmış, 2 adet ahşap kirişin üzerine oturur. Ahşap kirişler eliböğründeyle desteklenmiştir. Çıkmanın altı, eğrisel bir şekilde, 5 cm.lik ahşaplarla kaplanmıştır.

##### • Plan Şeması

Zemin kat depo amaçlı kullanılmaktadır. Zemin sıkıştırılmış toprak halinde bırakılmış ve duvarlar içeriden sıvanmamıştır, (Şekil 21).

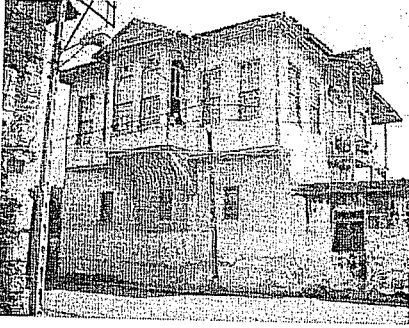
1. katta odalar, kuzey-güney doğrultusundaki bir sofanın iki yönüne yerleştirilmiştir. Sofa, kuzeyde, sokağa çıkma verecek şekilde son bulur. Aynı zamanda, batıda bulunan iki oda arasına, balkon ile son bulan, yaklaşık 140 cm.lik bir hol oluşturulmuştur (Şekil 22).

##### • Cephe Özellikleri

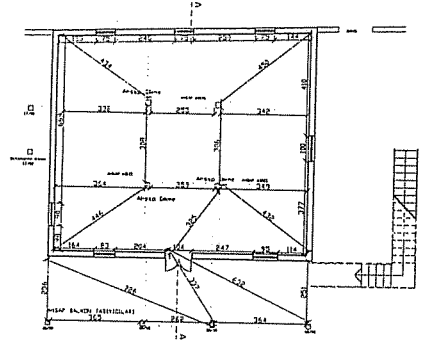
Bina, diğer örneklere göre, içerisinde hala yaşadığı için oldukça bakımlı durumdadır. Cephe sıvalı ve boyalıdır. Batıda küçük bir balkon, kuzeyde sokağa çıkma yapmış bir cumba ve güneyde geniş bir balkon ile oldukça hareketli bir cephe gözlemlenir. Kuzey cephede, zemin kat duvarları, yol ile bitişik yükseltmişken, 1 kat, binanın kuzey-batı köşesinden yaklaşık 50cm. çıkma yapmış ve sonra tekrar binanın kuzey-doğu köşesinde, zemin kat duvarı ile birleştirilmiştir.

Pencereler, zemin katta, çift kanatlı iken; 1 katta giyotin pencere olarak uygulanmıştır. Çıkma üzerindeki 4 pencerenin, üst kısımlarında, yarım dairelik bir cam

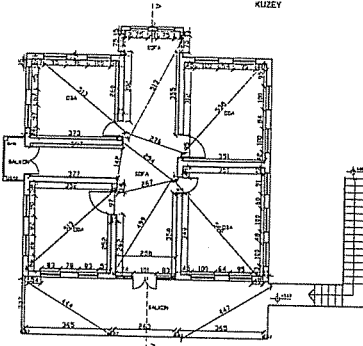
bölme oluşturulmuştur. Bu bölme, ahşap ile üçe ayrılarak, farklı renklerde camlarla kaplanmıştır. Aynı detay, doğu ve kuzeyde bulunan, balkon kapılarının üzerinde de gözlenir (Şekil 23).



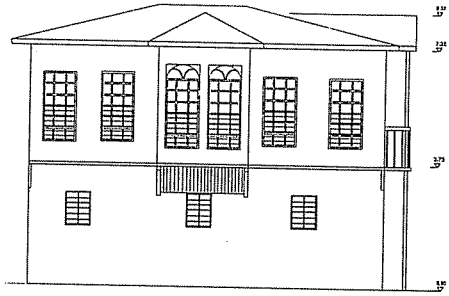
Şekil 20. 5 N. Konut, Kuzey Görüntü.



Şekil 21. 5 N. Konut Zemin Kat Planı.



Şekil 22. 5 Numaralı Konut, 1. Kat Planı.



Şekil 23. 5 Numaralı Konut Kuzey Görüntü.

### 2.4.6. 6 Numaralı Konak

- Konstrüksiyon

Zemin kat duvarları, moloz taş duvar örgü sistemi ile oluşturulmuştur. Dış duvarlar yaklaşık 40cm. kalınlıkta, iç duvarlar 35cm. kalınlıkta uygulanmıştır. Duvarlar üzerine, kısa kenar boyunca, 70cm. aralıklı, 15cm. çapında ahşap kirişler bindirilmiştir (Şekil 24).

1. kat duvarları, çıkımlar dışında, kerpiç olarak gözlenmektedir. Doğu yönündeki çıkımda, bağdadi duvar uygulanmış olmasına karşın güneydeki çıkıma tamamen ahşaptır. Çıkımlar, yaklaşık 80cm. aralıklarla duvara saplanan ahşap konsolların üzerine oturur. Konsollar, eliböğründelerle desteklenmiştir.

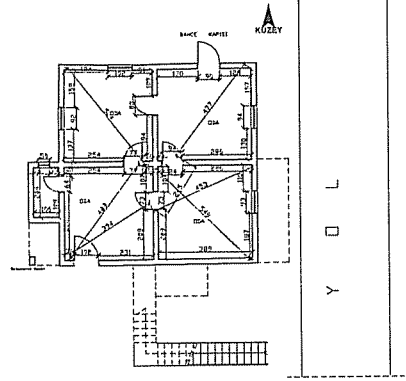
- Plan Şeması

Zemin kat, birbiri içerisinden girilen dört odadan oluşur. Güney batıda bulunan odadan tuvalete girilir. Bina iki ayrı aile tarafından kullanılabilir şekilde tasarlanmıştır (Şekil 25).

1 katta, güneyden bir merdiven ile ulaşılır. Merdiven sonradan betonarme kolanlarla alttan desteklenmiştir. 1. katta odalar, girişle bağlantılı bir sofanın, üç yönüne sıralanmıştır. Sofanın, güney cephesi, ön bahçeye ahşap bir çıkma oluşturmuştur. Batıdaki mutfak olarak kullanılan odadan, banyo ve tuvalete geçilir (Şekil 26).

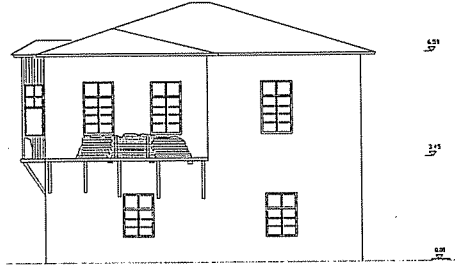
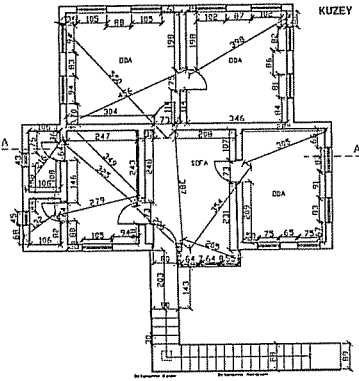
• Cephe Özellikleri

Binanın, üç yönünde de çıkma bulunur. Batıda, ıslak mekânlar, ayrı bir kütle oluşturarak, binadan koparılmıştır. Sofa, güneyde, giyotin pencereleri olan, ahşap bir çıkma oluşturmuştur. Diğer tüm pencereler, çift kanatlı ve ahşaptır (Şekil 27).



Şekil 24. 6 N. Konut Güney Görünüşü.

Şekil 25. 6 N. Konut Zemin Kat Planı.



Şekil 26. 6 Numaralı Konut 1. Kat Planı. Şekil 27. 6 Numaralı Konut, Doğu Görünüşü.

### 2.4.7. 7 Numaralı Konut

• Konstrüksiyon

Zemin kat iç ve dış duvarları, yaklaşık 30cm. kalınlığında, taş olup taşıyıcı özellik göstermektedir. ıslak mekânlar düşey delikli tuğla ile örülmüştür.

Batı yönünde oluşturulan çıkma, 2 adet, 90cm.lik ahşap konsollar üzerine oturtulmuştur. Aynı zamanda konsollar, eliböğründelerle desteklenmiştir.

Balkon, duvara saplanan ahşap konsollar ve 4 ahşap dikme tarafından taşınmıştır. Tavan ve döşeme ahşap kaplanmış, ıslak mekânlar çimento harç dökülerek bırakılmıştır. Çatı, ahşap konstrüksiyon üzerine oluklu kiremit döşenerek uygulanmıştır.

- Plan Şeması

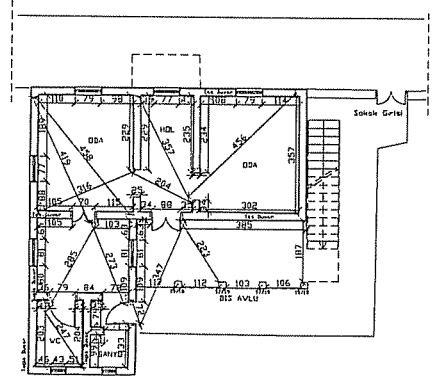
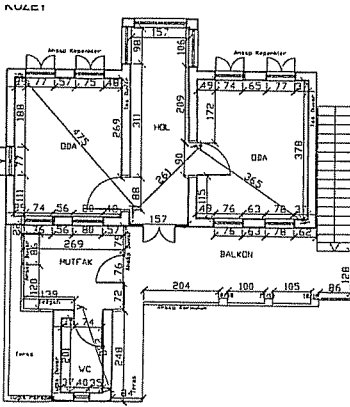
Zemin kata, doğu yönünde, geniş bir terastan girilir. Binanın, güney-doğu köşesinde, mutfak, tuvalet ve banyo konumlanmıştır. Terastan batıya yönelmiş bir sofaya girilir. Sofanın, kuzey ve güneyinde iki oda bulunur.

Kuzeyden bir merdiven ile 1. kat balkonuna ulaşılır. Güneydoğu yönünde, mutfak olarak kullanılan bir oda ve tuvalet vardır. 1.katta, balkondan batı yönüne uzanan bir sofaya geçilir. Sofa sokağa bir çıkma yapmıştır. Sofanın kuzey ve güneyinde iki oda bulunur (Şekil 30).

- Cephe Özellikleri

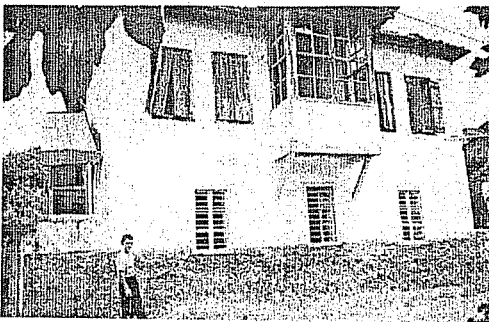
Yapı, sokağa bakacak şekilde, batı yönünde bir çıkma oluşturmuştur. Çıkma üzerinde, ikisi yanda, 4 giyotin pencere bulunur. Diğer tüm pencereler, çift kanatlı olarak yapılmıştır. 1 kat pencereleri üzerinde, çift kanatlı ahşap kepenkler gözlenir (Şekil 31-32).

1. kat giriş kapısı, sofa genişliği kadar tutulmuş ve tavana kadar yükseltilmiştir. Kapı ortada kalacak şekilde, iki yanda ve üstte cam bölmeler bırakılmıştır.



Şekil 29: 7 Numaralı Konut Zemin Kat Planı.

Şekil 30: 7 Numaralı Konut 1. Kat Planı

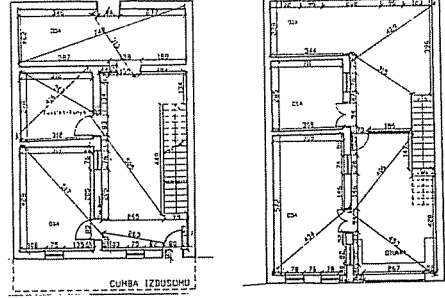


Şekil 31. Sokak Görüntüsü (Batı).



Şekil 32. Doğu Görüntüsü

## 2.4.8. 8 Sıra Evler



Şekil 33. Sıra Evler, Sokak Görünüşü. Şekil 34. Sıra Evler, Zemin Kat ve 1 Kat Planı.

- Konstrüksiyon

8 ayrı birimden oluşan sıra evler, konstrüksiyon ve plan şeması olarak benzer özellikler taşımaktadır. Aks aralıkları sabit olmamakla beraber, iki yan duvar ile birlikte, bunlara paralel olan ara duvarlarında taşıyıcı olduğu gözlenmiştir. İncelenen örnekte, yan duvar kalınlığı 40cm. iken, ara duvar kalınlığı 35cm. olarak görülmektedir. 1. katta ara duvarlar farklılık göstermiş ve sadece bölücü nitelikte uygulanmıştır. Döşeme, üç paralel taşıyıcı duvarın üzerine, 80cm. aralıklı, 15cm. çapında ahşap kirişlerin üzerine oturtulmuştur (Şekil 33).

Yapı grubunun hepsi, 1. katta, batı yönüne çıkma oluşturmuştur. Çıkmalar, eliböğründelerle desteklenmiş çıkmalar üzerine oturtulmuştur.

- Plan Şeması

8 ayrı birimden oluşan yapı grubu içerisinde, en iyi şekilde orijinal özelliğini koruyabilmiş olanı seçilerek incelenmiştir. Zemin katta, 2 oda, tuvalet-banyo ve bir giriş mekânı yer alır. Girişin karşısındaki odadan, arka bahçeye bir kapı açılmıştır. Girişin hemen karşısında tek kollu bir merdiven ile 1. kata çıkılır. Merdivenin altında ahşap bir dolap oluşturulmuştur.

1. kat, 2 oda ve cam bir bölme ile ayrılmış "L" şeklinde bir mekândan oluşur. Merdivenden çıkılınca ulaşılan doğuya yönelmiş bölüm, mutfak ve oturma mekânı olarak düzenlenmiştir. Batıdaki kısım, sokağa çıkma yapacak şekilde biçimlendirilmiştir (Şekil 34).

- Cephe Özellikleri

8 birimde sokağa çıkma yaparak, birliktelik oluşturmuştur. Ön cepheye, zeminde, giriş kapısı dışında yerden yaklaşık 150 cm yüksekliğinde 60x90 cm'lik bir pencere açılmıştır. Geniş birimlerde pencere sayısının 2 olduğu gözlenmiştir. 1. katlarda, sokağa doğru, yaklaşık 90cm'lik bir çıkmalar oluşturulmuştur.

Çıkmalar üzerinde geniş pencereler açılmıştır. Bazı birimlerde pencereler, çift kanatlı iken, incelenen örnekte, giyotin pencere olarak kullanılmıştır.

### 3. SONUÇ

Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir:

- İssos Harabeleri

Dörtöyol'un kuzeyinde. E5 karayolunun batısında geniş bir alana yayılmış durumdur. Karayolu üzerinden geçerken görülen su kemerleri yaklaşık 200 metre kadar batı yönüne doğru uzanmaktadır. Geniş bir alan içerisinde yayılmış durumda bulunan kalıntıların bir kısmı, portakal bahçeleri içerisinde kalmışlardır. Şu anda tamamen bakımsız durumda olan kalıntılar üzerinde, herhangi bir çalışma yapılmamaktadır.

- Kinet Höyük

Dörtöyol'un 7 km. kuzeybatısında olarak tanımlanmış Kinet Höyük, ilk olarak 1951 yılında M:V: Seton-Williams tarafından gerçekleştirilen yüzey araştırması sırasında tespit edilmiştir. Daha sonra 1991 yılında Bilkent Üniversitesi İnsani Bilimler Fakültesi Arkeoloji ve Sanat Tarihi Bölümü Doç. Dr. İlknur Özgen ve Marie-Henriette Gates başkanlığında, Yumurtalık ve İskenderun arasında yer alan kıyı bölgesinde bir yüzey araştırması projesi gerçekleştirmiştir. Halen kazı çalışmaları aynı grup tarafından devam etmektedir.

- II. Sultan Selim Külliyesi

Dörtöyol'un Payas Beldesi'nin batısında, sahile yakın bir yerde konumlanmıştır. Yapı grubu önemli ölçüde ilk şeklini korumuştur.

- Konutlar

İncelenen 8 örneğe göre, konutlar arasında belirlenen ortak özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

**Yerleşim:** Konut dokusunun düzensiz görünüşünün nedeni, portakal yetiştiriciliğiyle uğraşan kullanıcıların, kendi bahçeleri içerisine yerleşmek istemeleridir. Bu anlamda bitişik yapı gruplarına çok rastlanmaz. Konutlar birbirlerinden kopuk olup, bahçeler ile ayrılmışlardır. Konutların, genellikle ön cephelerinin sokağa bitişik olduğu gözlenmiştir. Ayrı ayrı bahçeler içerisinde, konutların birbirlerinden bağımsız durumda konumlanması, belirgin bir geleneksel konut dokusunun oluşmasına engel olmuştur.

Bina girişleri, 1 ve 2 numaralı konut dışında, yan taraftan alınmıştır. 3.4.5.6.7 numaralı konutların merdivenleri, dışarıda oluşturulmuştur.

**Plan Şeması:** İklimin sıcak ve nemli olması nedeniyle açık bir plan oluşturulduğu söylenebilir. Geniş balkonlar yaratılmış ve bu balkonlar genellikle arka bahçeye doğru yönlendirilmiştir. 1. katta, sofalar, kuzey-güney boyunca iki tarafı açık bir şekilde uygulanmış, böylece hava akışı arttırılmıştır. Odalar, doğu-batı yönlerine sıralanmışlardır. Bazı örneklerde, odalar arasına, küçük balkonlar ile biten holler de eklenmiştir. Böylece dört yönlü hava sirkülasyonu sağlanmıştır.

**Konstrüksiyon:** İncelenen örneklerin hepsi yığma yapı tekniği ile oluşturulmuştur. Taşıyıcı duvarlar üzerine ahşap kirişler bindirilmiştir. Genellikle, zemin kat duvarlarında, moloz taş örgü sistemi uygulanmıştır. Taşlar birbirlerine kireç harcı ile tutturulmuştur.

Pencere ve kapı boşlukları, ahşap hatıllar ile desteklenmiştir.

Çıkmalar, bağdadi olarak uygulanmış, taşıyıcı duvara sapan ahşap konsollar üzerine oturtulmuş ve eliböğründelerle desteklenmiştir. Geniş balkonlarda, zemine oturan ahşap dikmeler kullanılmıştır.

Döşemeler. 1. katlarda ahşap kaplama tahtası olarak görülür. Zemin katlarda zemin sıkıştırılmış toprak olarak bırakılmıştır. 1 numaralı konutta farklı olarak taş döşenmiştir.



Çatılar, ahşap konstrüksiyon ile oluşturulmuş ve oluklu kiremit ile kaplanmıştır.

**Cephe Özellikleri:** 1 ve 5 numaralı konutlar hariç, diğer konutların zemin katları sıvanmamış böylece taşlar cepheye yansıtılmıştır. Sokak cephelerinde, çıkmalar gözlenmiş ve yüzeylerine pencereler açılmıştır. Zemin katta az sayıda ve küçük pencereler açılırken; üst katlarda, giyotin ya da çift kanatlı olarak, geniş pencereler cephede göze çarpmaktadır.

Günümüzden geleceğe kültürel miras olma özelliği taşıyan bu yapıları, koruma altına almakla beraber yaşatabilmekte önemlidir. Strüktürel anlamda çok fazla hasar almamış ve özgünlüğünü korumuş durumda olan, 1, 3 ve 5 numaralı konutların koruma altına alınması, restorasyonları yapılarak yeni işlevler kazandırılması çevreye estetik ve kültürel açıdan önemli değerler katacaktır.

#### 4. KAYNAKLAR

1. Umar, B., "Bir Tarihsel Coğrafya Araştırması ve Gezi Defteri", İnkılap Yayınları, s. 169, İstanbul, 2000.
2. Ozaner, S., "XII Araştırma Sonuçları Toplantısı", Dört Yol-Payas Ovası'nda Tarihi Çağlardan Günümüze Süregelen Jeomorfolojik Değişikliklerin Kinet Höyük Üzerindeki Etkileri., s.513-522, Ankara, 1994.
3. Oyman, Ö., "Çukurova ve Çevre Kültür Bölgelerinin M.Ö. II. Binde Ege ile Olan Bağlantıları", Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, s. 67-71, Ankara, 2002.
4. Oktay, A., "Osmanlı Devri Mimarisi", İnkılap Kitabevi, s.268, İstanbul, 1986.
5. Cezar, M., "Typical Commercial Building of The Otoman Classical Period and The Otoman Cunstruction System", Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, s. 144, İstanbul, 1983.
6. Sözen, Metin et.al., "Türk Mimarisinin Gelişimi ve Mimar Sinan", Türkiye İller Bankası Kültür Yayınları, Sayı:149, s. 188, İstanbul, 1975.
7. Aslanapa, O., "Osmanlı Devri Mimarisi", İnkılap Kitabevi, s. 300, İstanbul, 2004.
8. Aslan, K., "Cumhuriyet'in 75. Yılında Dört Yol", s. 84, Hatay, 1998.



## HİDROJEOLOJİK VERİ TABANLI BİR COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ ÇALIŞMASI ÖRNEĞİ : ADANA İLİ YERLEŞİM ALANI

**İbrahim ÇOBANOĞLU**

*P.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı-Denizli/Türkiye*

**Şaziye BOZDAĞ**

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

**ÖZET :** Bu çalışma, ülkemizin 4. büyük ili olan Adana için oluşturulmuş hidrojeolojik verileri ve değerlendirmeleri içeren bilgi sisteminin tanıtımını amaçlamaktadır. Adana ili yerleşim alanı farklı litolojilere sahip 4 birim üzerinde kurulu bulunmaktadır. Bunlar; Handere Formasyonu'na ait killi birimler, Seyhan nehrine ait taraçalar, kaliş ve altıvyon çökelleridir. Taraça çökelleri ile güncel altıvyon çökelleri akifer niteliği taşıyan esas birimlerdir. İnceleme alanı içerisinde yeraltı suyu seviyeleri yüzeyden 2 – 40 m derinlikler arasında yer almaktadır. Yeraltı su seviyelerinin kuzeyden güneye ve doğudan batıya doğru sığlaştığı ve yüzeye yaklaştığı görülmektedir. Bu çalışma ile elde edilen veriler gerçek koordinat sisteminde hazırlanmış topoğrafik haritalara işlenmiş ve her nokta için temel hidrojeolojik bilgileri içeren bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu amaçla Arcview 3.3 programı kullanılmıştır. Sayısal verilerin linear enterpolasyonla değerlendirilmesi amacıyla da Spatial Analyst 2.0a bilgisayar programından yararlanılmıştır. Verilerin kullanılmasıyla incelenen bölge için eş yeraltı suyu derinlik, eş pH, eş EC, eş sertlik, eş sülfat haritaları oluşturulmuştur. İnceleme alanındaki suların pH değerleri 6.80 ile 8.10 arasında, EC değerleri ise 370 ile 1773  $\mu\text{mho/cm}$  arasında değişmektedir. Fransız sertlik sınıflamasına göre suların sertlikleri 17.00 ile 67.20 arasındadır. İncelenen bölgede, yeraltı sularındaki sülfat değerleri 0.18 ile 3.81 mek/l değerleri arasında yer almaktadır. Suların büyük bölümü 0.38 ile 0.76 mek/l değerleri arasında değişen sülfat değerlerine sahiptirler.

### AN EXAMPLE FROM GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM BASED ON HYDROGEOLOGICAL DATA BASES: ADANA SETTLEMENT AREA

**ABSTRACT :** This studies aim to introduce of urban information system including results of hydrogeological informations and evaluations for Adana, fourth big city of Turkey. Adana province is located on four different lithological units. These are;

Bu çalışma TÜBİTAK ÇYDABAG 103Y004 ve Ç.Ü. Araştırma Fonu FBE2002D183 no'lu projeler kapsamında maddi olarak desteklenmiştir.

*Handere Formations (clayey sediments), terrace deposits of Seyhan river, caliche and alluvium deposits. Terrace and the alluvium deposits are the main units of aquifer. The underground water levels are between 2 and 40 meters. Water levels are get shallower from north to south and west to east. The datas, obtained from this study, are located on topographical maps prepared with real coordinate system and a data base includes geotechnical informations for all points are made. For this aim, Arcview 3.3 program is used. Numerical datas are evaluated with linear interpolation by utilizing Spatial Analyst 2.0a computer program. Using all data, equal ground water level, equal pH, equal EC, equal water hardness and equal sulphate maps are made for investigation area. The pH values of study area ground waters are fluctuated between 6.80 and 8.10, and EC values between 370 and 1773  $\mu\text{mho/cm}$ . Ground water hardness (FS) are range between 17.00 and 67.20. Significiant amount of ground waters have sulphate values varying from 0.38 to 0.76 mek/l.*

## 1. GİRİŞ

Bu çalışma, geniş ve kalabalık bir yerleşime sahip olan Adana ili ve yerleşimin olduğu yakın çevresi için hidrojeolojik verileri içeren kent bilgi sisteminin oluşturularak bölgenin hidrojeolojik ve su kalitesi açısından değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, öncelikle Adana ili yerleşim alanı içindeki jeolojik unsurların hidrojeolojik özellikleri incelenmiştir.

### 1.1. Çalışma Yöntemi

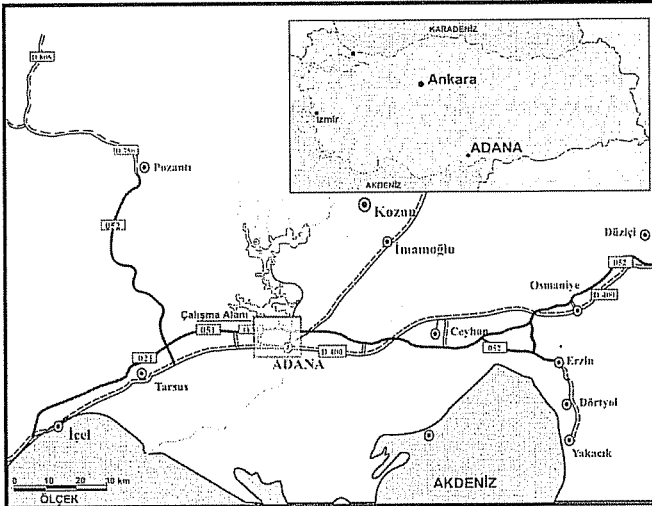
Çalışmada kullanılan verilerin büyük bölümü DSİ, Köy Hizmetleri Bölge Müdürlüğü ve ASKİ Su İşletme Müdürlüklerinden temin edilmiştir. Daha önceden açılmış su kuyularına ait statik seviye değerlerinin güncelleştirilmesi ve korelasyonu amacıyla ASKİ Su İşletme Müdürlüğü imkanlarıyla Yüreğir ve Seyhan ilçelerinde kuyu düdüğü kullanılarak su seviyesi ölçümleri yapılmıştır. Su seviyeleri ile ilgili değerlendirmelerde bu çalışma kapsamında yapılan 17 adet zemin sondajında ölçülen statik su seviyeleri de kullanılmıştır.

Akiferlerin hidrojeolojik parametrelerini belirleyebilmek için kuyu pompaj testlerine ait zamana bağlı düşüm değerlerinin bulunduğu kuyu verilerinden faydalanılmıştır. Böylece akiferlerin hidrolik iletkenlik katsayıları ve transmisibilite değerleri hesaplanmıştır. Elde edilmiş tüm hidrojeolojik veriler, Arcview 3.3 Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) programı kullanılarak bir veri bankasında depolanmış, ayrıca bu verilere dayalı olarak sular kalite açısından sınıflandırılmış, içilebilme ve kullanılabilirlik özellikleri belirlenmiş ve sonuçlar, oluşturulan tematik haritalar ve ilgili standartlar ile değerlendirilerek yorumlanmıştır.

## 2. İNCELEME ALANININ TANITILMASI

Adana ili ve yakın çevresi topoğrafik açıdan dağlık ve ovalık alan olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. İlin kuzeybatı, kuzey ve kuzeydoğu bölümleri Orta Toroslar adı verilen dağlar ile çevrelenmiştir. Genel olarak ele alındığında Adana bölgesinde dağlık ve ovalık araziler bir arada bulunmaktadır. Dağlık araziler doğudan başlayıp ve kuzeye doğru uzanırlar. İlin kuzeyi genel olarak dağlıktır. Kozan, Ceyhan ve Yüreğir ovaları bölgenin düz ve düze yakın eğimli arazilerini oluşturur. Büyük çoğunluğu

alüvyal ovalardan oluşan Çukurova havzası D-B doğrultusunda 100 km ve K-G doğrultusunda yaklaşık 70 km'lik bir uzanımına sahiptir. Bu ovalar birbirlerinin devamı olmakla beraber, hafif ve orta dalgalı arazilerle kısmen birbirinden ayrılırlar. Bu tip araziler aynı zamanda ovalarla dağlık araziler arasında geçiş bölgesi oluşturan yer şekilleridir. Kuzey sınırını teşkil eden sırt ve tepeliklerin yükseklikleri 1700-2000 m arasında değişmektedir. Seyhan ve Yüreğir ilçe merkezleri Adana ilinin ovalık kısmında yer alır ve geniş bir alan kaplar. Çalışma alanı, esas olarak Adana ili yerleşim alanı olup, yakın çevre olarak nitelendirilen ve halen yeni yapılaşmanın yaygın olarak devam ettiği Kuzey Adana bölgesi de çalışma kapsamında ele alınmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası.

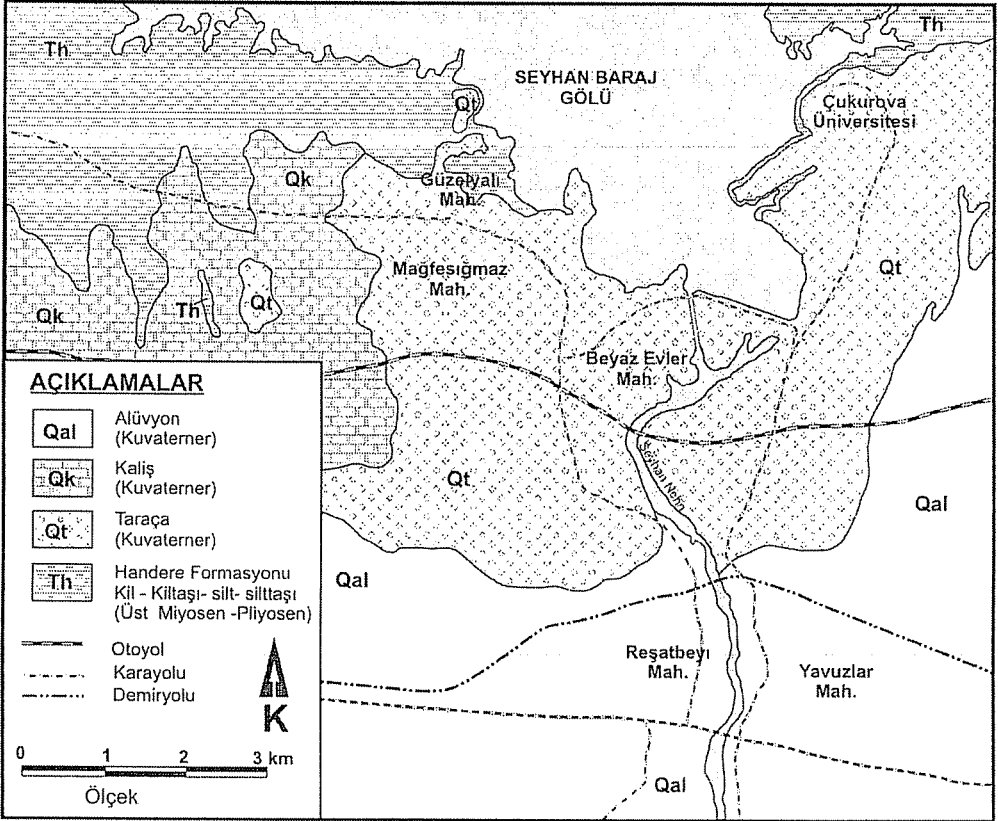
## 2.1. İnceleme Alanının Genel Jeolojisi

Çalışma alanının da içerisinde bulunduğu geniş bir bölgenin jeolojisi çeşitli araştırmacılar tarafından detaylı olarak çalışılmıştır [1], [2]. İnceleme alanında yer alan en yaşlı birim Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı Handere Formasyonu'dur. Birden fazla litolojik birim içeren Handere Formasyonu'nun inceleme alanı içerisinde baskın olarak yüksek ve düşük plastisiteli kil grubundaki ince taneli malzemelerden oluştuğu tespit edilmiştir. Handere Formasyonu'nun üzerine Kuvaterner yaşlı taraça ve kalış birimleri gelmektedir. Taraça çökelleri Seyhan Nehrinin depoladığı malzemelerle temsil edilen farklı tane boyuna sahip birimlerden oluşmaktadır. Kalış ise yumuşak ve sert kalış olmak üzere iki ayrı litolojide yayılım sunmaktadır. Tüm bu birimleri genç alüvyon çökelleri üstlemektedir. Genel olarak ele alındıklarında, alüvyon çökellerinin çoğu ince taneli malzemelerden oluşmaktadır. Bununla birlikte ince taneli malzemelerle beraber yayılım sunan ve ara seviyeler halinde yer alan kumlu ve çakıllı birimlere de rastlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında yapılan arazi çalışmaları ile ortaya konan Adana ili yerleşim alanına ait yeni jeoloji haritası Şekil 2'de sunulmuştur.

### 3. HİDROJEOLOJİK KOŞULLARIN İNCELENMESİ

#### 3.1. Yeraltı Su Seviye Ölçümleri ve Yeraltı Suyu Derinlik Haritasının Hazırlanması

Adana ili içerisinde, ova üzerinde kurulu yerleşim alanları geniş bir bölgeyi kaplamaktadır. Bu tür alanlarda yeraltı su seviyeleri genel olarak yüze yakındır. Yeni yerleşim alanlarının da içerisinde bulunduğu Kuzey Adana bölgesi ise topoğrafik olarak daha yüksekte bulunduğundan yeraltı su seviyesi daha derinlerde yer almaktadır. Yerleşim alanında kuzeyden güneye doğru gidildikçe yeraltı su seviyeleri 40 m derinliklerinden 2 m derinliklere inmektedir. Aynı şekilde doğudan batıya doğru gidildikçe yeraltı su seviyesi oldukça sığlaşmaktadır. Havutlu civarında tespit edilmiş olan yeraltı su seviyesi derinliği 2 - 4 m değerleri arasındadır.



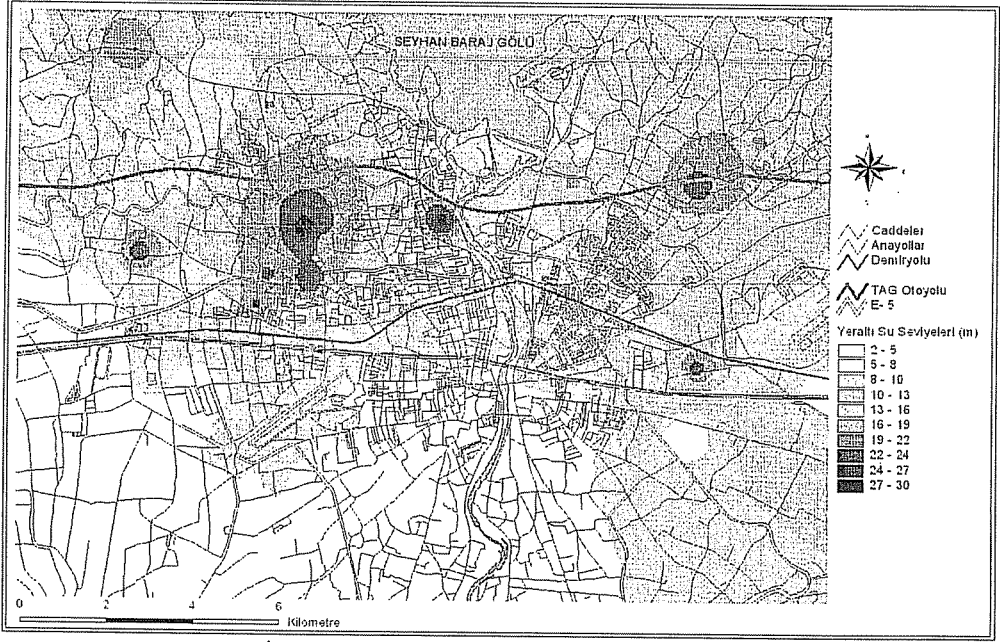
Şekil 2. Adana ili yerleşim alanına ait genel jeoloji haritası [3].

ASKİ su işletme müdürlüğü imkanları ile Seyhan ve Yüreğir ilçelerinde uygun olan çeşitli su kuyularında seviye ölçümleri yapılmış, bu çalışma kapsamında yapılan zemin etüt sondajlarında güncel yeraltı su seviyeleri ölçülmüş ayrıca önceki çalışmalarla elde edilmiş yeraltı su seviyesi verileri kontrol edilerek değerlendirilmiştir. Değerlendirmede Çizelge 1'de verilen lokasyonlara ait yüzeyden ölçülmüş statik su seviyeleri alınmıştır.

**Çizelge 1.** Yeraltı su derinlik haritasının oluşturulmasında kullanılan lokasyonlara ait statik su seviyesi değerleri.

| <i>Yer Adı</i>  | <i>Litoloji</i> | <i>St. Seviye (m)</i> | <i>Yer Adı</i>  | <i>Litoloji</i> | <i>St. Seviye (m)</i> |
|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| Çakmak Plaza    | Alüvyon         | 15.0                  | ATO And. Lis    | Taraça          | 14.0                  |
| Ruh sağlığı     | Kaliş, taraça   | 15.0                  | Yolgeçen        | Alüvyon         | 3.0                   |
| Zirai Müc. Ar.  | Taraça          | 18.0                  | Sarıhamzalı     | Alüvyon         | 3.0                   |
| Sarıhuğlar      | Alüvyon         | 4.0                   | Şoförler Odası  | Alüvyon         | 10.0                  |
| Arslandanı      | Alüvyon         | 10.0                  | Sarıhamzalı-II  | Alüvyon         | 3.0                   |
| Cumhuriyet M.   | Alüvyon         | 15.0                  | Göğüs Hasta.    | Taraça          | 29.0                  |
| A.Demirspor     | Taraça          | 12.0                  | Esnaf Odası     | Alüvyon         | 6.0                   |
| Karataş yolu    | Alüvyon         | 7.0                   | Ç.Ü.            | Taraça          | 17.0                  |
| Aziz Otomotiv   | Alüvyon         | 14.0                  | K.Karabekir M.  | Alüvyon         | 12.0                  |
| Kireçocağı-I    | Kaliş           | 17.0                  | Sarıçam Mah     | Alüvyon         | 14.0                  |
| Kireçocağı-II   | Kaliş           | 8.0                   | Yamaçlı Mah     | Alüvyon         | 7.0                   |
| Havaalanı       | Alüvyon         | 10.0                  | Kanara          | Alüvyon         | 6.0                   |
| Sülüklüpınar    | Taraça          | 30.0                  | Ziraat Çiftliği | Taraça          | 18.0                  |
| İsmetpaşa M.    | Alüvyon         | 25.0                  | Yavuzlar        | Alüvyon         | 14.0                  |
| Gürselpaşa M.   | Alüvyon         | 23.0                  | 19 Mayıs Mah    | Alüvyon         | 12.0                  |
| Gürselpaşa-II   | Alüvyon         | 20.0                  | Kiremithane     | Alüvyon         | 18.0                  |
| Sebze hali      | Alüvyon         | 12.0                  | DSİ Fabrikası   | Taraça          | 20.0                  |
| Ç.Ü.MYO         | Taraça          | 8.0                   | Yamaçlı Zabıta  | Alüvyon         | 8.0                   |
| PTT Bölge M.    | Alüvyon         | 7.0                   | Asri Mezarlık   | Alüvyon         | 8.0                   |
| Köy Hizmetleri  | Alüvyon         | 17.0                  | Levent Mah.     | Alüvyon         | 7.0                   |
| Döşeme Mah.     | Alüvyon         | 11.0                  | Yenidoğan M.    | Alüvyon         | 24.0                  |
| Hacı Murat      | Alüvyon         | 20.0                  | Teknik Lise     | Alüvyon         | 21.0                  |
| PTT Evleri      | Alüvyon, tar.   | 21.0                  | Kışla Mah.      | Taraça          | 9.0                   |
| Yüreğir Beled   | Alüvyon         | 8.0                   | Köprüköyü       | Taraça          | 22.0                  |
| TemSA           | Alüvyon         | 7.0                   | Levent Mah      | Alüvyon         | 5.4                   |
| Narlıca Mah.    | Alüvyon         | 7.0                   | Fevzipaşa Mh    | Alüvyon         | 13.0                  |
| Yeşiloba Mah    | Alüvyon         | 11.0                  | Hipodrom        | Alüvyon         | 3.0                   |
| Mirzaçelebi     | Alüvyon         | 6.0                   | 24 Kasım M.     | Alüvyon         | 23.0                  |
| Uçakalanı M     | Alüvyon         | 6.5                   | Ç.Ü.Seraları    | Taraça          | 19.0                  |
| ASK 21          | Alüvyon         | 13.0                  | Selibra Oteli   | Alüvyon         | 9.0                   |
| ASK 22          | Alüvyon         | 12.0                  | Küçük Dikili    | Alüvyon         | 5.5                   |
| ASK 23          | Alüvyon         | 11.0                  | Güney Yıldızı   | Alüvyon         | 3.5                   |
| ASK 24          | Alüvyon         | 10.0                  | Anıtlar Müd.    | Alüvyon         | 9.0                   |
| ASK 26          | Alüvyon         | 4.0                   | Müze            | Alüvyon         | 7.5                   |
| ASK 27          | Alüvyon         | 10.5                  | Şehit Duran     | Alüvyon         | 6.0                   |
| ASK 28          | Alüvyon         | 10.0                  | Anadolu Mah     | Alüvyon         | 4.0                   |
| ASK 30          | Alüvyon         | 7.5                   | Bahçelievler    | Alüvyon         | 6.0                   |
| ASK 31          | Alüvyon         | 12.0                  | R.Oğuz Arık     | Alüvyon         | 17.0                  |
| Havuzlubahçe    | Alüvyon         | 6.0                   | Karşıyaka M.    | Alüvyon         | 6.0                   |
| Çukurova İlk.   | Alüvyon         | 6.0                   | Real            | Alüvyon         | 24.0                  |
| Pınar Mah       | Taraça          | 22.0                  | Cemalpaşa       | Alüvyon         | 8.0                   |
| Akkapı Mah      | Alüvyon         | 6.0                   | Sarıhamzalı-3   | Alüvyon         | 2.0                   |
| K. Dikili-2     | Alüvyon         | 3.5                   | Köprülü Mah.    | Alüvyon, tar.   | 11.0                  |
| E-5 üzeri       | Alüvyon         | 2.0                   | Sarıçam Mh-2    | Alüvyon         | 8.0                   |
| Arsİndanı-2     | Alüvyon         | 2.0                   | Gazipaşa Bul.   | Alüvyon         | 7.5                   |
| Eski Seyhan Bld | Alüvyon         | 7.5                   |                 |                 |                       |

Çizelge 1'de yer alan veriler kullanılarak elde edilmiş olan yeraltı suyu derinlik haritası Şekil 3'de verilmiştir. Oluşturulan haritada yeraltı su seviyeleri 10 gruba ayrılarak bölgelendirilme yapılmıştır. Yeraltı suyu derinlik haritası, su seviyelerinin hem kuzeyden güneye ve hem de doğudan batıya doğru yüzeye yaklaştığını açık bir şekilde ortaya koymaktadır. İnceleme alanı içerisinde su seviyeleri 2 ile 40 m derinlikleri arasında değişmektedir.



Şekil 3. İnceleme alanına ait eş yeraltı su seviye haritası.

### 3.2. Akifer Karakteristiklerinin Belirlenmesi

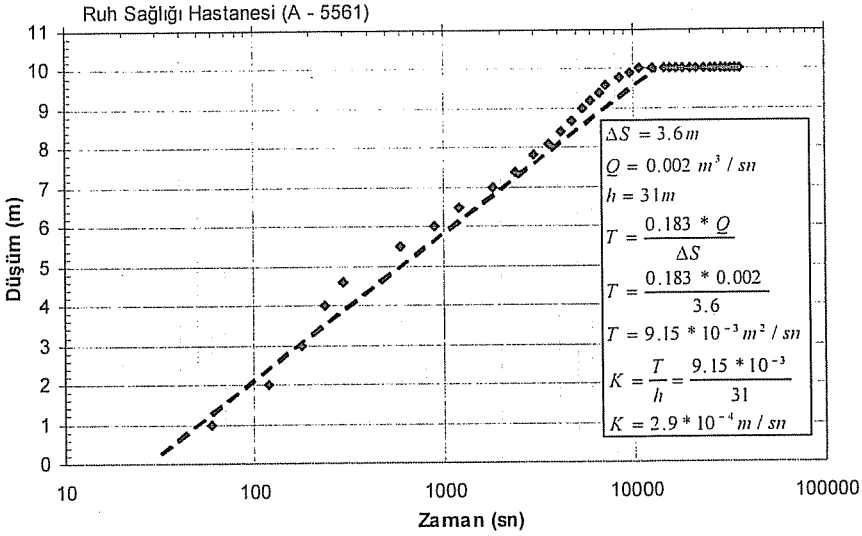
Transmisibilite ( $T$ ,  $m^2/sn$ ) ve geçirgenlik katsayısı ( $K$ ,  $m/sn$ ) gibi temel akifer karakteristiklerinin belirlenmesinde, pompaj testleri yapılarak zamana bağlı olarak elde edilmiş düşüm - zaman bilgilerinin bulunduğu bazı veri noktaları incelenmiştir. Pompaj test verileri kullanılarak oluşturulan düşüm-zaman grafikleri Jacob yöntemi ile çözümlenmiştir.

İncelenen ilk nokta olan Ruh sağlığı hastanesi lokasyonu kaliş ve taraça birimleri içerisinde bulunmakta olup, akifer niteliği taşıyan esas birim taraça çökelleridir. Bu noktada yapılan pompaj test verileri kullanılarak elde edilmiş düşüm-zaman grafiği ve Jacob yöntemi kullanılarak bulunmuş transmisibilite ( $T$ ) ve geçirgenlik katsayısı ( $K$ ) değerleri Şekil 4'de gösterilmiştir. Buna göre transmisibilite değeri  $9.15 \cdot 10^{-3} m^2/sn$  ve geçirgenlik katsayısı  $2.9 \cdot 10^{-4} m/sn$  olarak bulunmuştur.

Bir diğer inceleme noktası olan Karşıyaka Mahallesi veri noktası alüvyon içerisinde açılmış olup su, bu birim ve daha altta yer alan taraça çökellerinden alınmıştır. Elde edilmiş olan transmisibilite değeri  $1.26 \cdot 10^{-4} m^2/sn$  ve geçirgenlik katsayısı  $21.26 \cdot 10^{-5} m/sn$  olarak bulunmuştur. Çukobirlik veri noktası da alüvyon içerisinde yer almaktadır.



Bu noktaya ait düşüm-zaman grafiği kullanılarak elde edilmiş transmisibilite değeri  $5.2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sn}$  ve geçirgenlik katsayısı  $2.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}/\text{sn}$  olarak bulunmuştur. Adana Demirspor Kulübü veri noktası, üstte ince bir alüvyon altında gevşek tutturulmuş ve daha altta sıkı tutturulmuş taraça çökellerinin olduğu bir lokasyondur. Bu noktaya ait düşüm-zaman grafiği kullanılarak elde edilmiş transmisibilite değeri  $0.4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sn}$  ve geçirgenlik katsayısı  $1.4 \cdot 10^{-4} \text{ m}/\text{sn}$  olarak bulunmuştur. Karşıyaka mahallesindeki bir diğer lokasyon alüvyal birimlerin olduğu K-7080 noktasıdır. Bu lokasyon için elde edilmiş T ve K değerleri sırasıyla  $3.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sn}$  ve  $2.28 \cdot 10^{-6} \text{ m}/\text{sn}$ 'dir. Sarıhuğlar veri noktası da alüvyon içerisinde yer alan ve yeraltı su seviyesinin oldukça yüzeye yakın olduğu bir diğer lokasyondur. Düşüm-zaman grafiği kullanılarak T değeri  $5.7 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sn}$  ve K değeri  $7.1 \cdot 10^{-6} \text{ m}/\text{sn}$  olarak bulunmuştur. Çukurova Üniversitesi seralarının olduğu arazi üzerinde yer alan bir başka inceleme noktası ise tamamen akifer özelliği gösteren taraça birimi içinde açılmıştır.



Şekil 4. Ruh sağlığı hastanesine ait düşüm-zaman grafiği ve elde edilmiş T ve K değerleri.

Toplam 7 veri noktası için aynı çözümlenmeler yapılmış ve elde edilen parametreler Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 2. İncelenen veri noktaları için elde edilmiş akifer karakteristikleri.

| Sıra No | Kuyu Adı                | Akifer         | Transmisibilite, T (m <sup>2</sup> /s) | Permeabilite, K (m/s) |
|---------|-------------------------|----------------|--|-----------------------|
| 1       | Ruh Sağlığı Hastanesi   | Taraça         | $9.15 \cdot 10^{-3}$                   | $2.9 \cdot 10^{-4}$   |
| 2       | Karşıyaka Mah-1         | Alüvyon+Taraça | $1.26 \cdot 10^{-4}$                   | $2.1 \cdot 10^{-4}$   |
| 3       | Çukobirlik              | Alüvyon        | $5.2 \cdot 10^{-6}$                    | $2.3 \cdot 10^{-6}$   |
| 4       | Adana Demirspor Lokali  | Taraça         | $4 \cdot 10^{-4}$                      | $1.4 \cdot 10^{-4}$   |
| 5       | Karşıyaka Mah-2         | Alüvyon        | $3.6 \cdot 10^{-5}$                    | $2.28 \cdot 10^{-6}$  |
| 6       | Sarıhuğlar              | Alüvyon        | $5.7 \cdot 10^{-5}$                    | $7.1 \cdot 10^{-6}$   |
| 7       | Çukurova Üniv. Seraları | Alüvyon+Taraça | $2.11 \cdot 10^{-4}$                   | $1.5 \cdot 10^{-5}$   |

### 3.3. Oluşturulan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Veri Bankasının Tanıtımı

Coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanılarak oluşturulan veri bankası temelde 2 tabakadan oluşmaktadır. “Su sondaj verileri” ismiyle oluşturulmuş tabaka, tamamen yeraltı su seviyeleri ile ilgili bilgileri içermektedir. Aşağıda bu tabaka içinde yer alan bilgiler belirtilmiştir;

**Oluşturulan tabaka adı**

Su sondaj verileri

**İçerdiği parametreler**

Veri adı

Litoloji

Statik su seviyesi (m)

“Su kimyası” adı altında oluşturulmuş diğer tabaka içinde yer alan su kimyasal analiz sonuçlarını içeren veriler ise şu bilgilerden oluşmaktadır.

**Oluşturulan tabaka adı**

Su kimyası

**İçerdiği parametreler**

Veri adı

Sülfat (mek/l)

Statik su seviyesi (m)

HCO<sub>3</sub> (mek/l)

Na (mek/l)

pH

K (mek/l)

EC (µmho/cm)

Ca (mek/l)

Y.Na (Yüzde sodyum, %)

Mg (mek/l)

Sar (Sodyum adsorbsiyon oranı)

Cl (mek/l)

Su sınıfı (ABD Tuzluluk Laboratuvarı)

Sertlik (Fransız sertliği)

Şekil 5, su kimyasal analizlerine ait değerleri gösteren “Su Kimyası” tabakasına ait veri bankasının bilgisayar görüntüsünü sergilemektedir.

| Stasyon | Ad | Veri adı         | Statik Sv | Na   | K    | Ca   | Mg   | Cl   | Sulfat | HCO <sub>3</sub> | Ph    | Ec   | Y.Na  | Sar  | Sertlik | Su sınıfı |
|---------|----|------------------|-----------|------|------|------|------|------|--------|------------------|-------|------|-------|------|---------|-----------|
| Point   | 01 | Döğeme Mah.      | 11        | 0.62 | 0.14 | 3.60 | 0.40 | 0.90 | 0.47   | 3.40             | 7.70  | 477  | 15.97 | 0.44 | 20.00   | C2S1      |
| Point   | 01 | AİD Anadolu Lis. | 14        | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00             | 7.50  | 454  | 0.00  | 0.00 | 0.00    |           |
| Point   | 01 | Yalıncın         | 3         | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00             | 7.75  | 650  | 0.00  | 0.00 | 0.00    |           |
| Point   | 01 | Sarıhamak        | 3         | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00             | 10.50 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00    |           |
| Point   | 01 | Sarıköler Odası  | 10        | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00             | 7.37  | 481  | 0.00  | 0.00 | 0.00    |           |
| Point   | 01 | Sarıhamak 2      | 7         | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00             | 6.90  | 750  | 0.00  | 0.00 | 0.00    |           |
| Point   | 01 | Göğüs Hast.      | 29        | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00             | 7.25  | 1038 | 0.00  | 0.00 | 0.00    |           |
| Point   | 01 | Esnaf Odası      | 6         | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00   | 0.00             | 7.48  | 471  | 0.00  | 0.00 | 0.00    |           |
| Point   | 01 | ÇU               | 17        | 1.03 | 0.09 | 2.50 | 2.93 | 1.40 | 0.71   | 4.30             | 8.10  | 620  | 17.09 | 0.62 | 27.15   | C2S1      |
| Point   | 01 | K.Karabekir Mah. | 12        | 2.41 | 0.10 | 2.10 | 2.33 | 0.90 | 0.76   | 4.50             | 8.10  | 570  | 36.17 | 1.62 | 22.15   | C2S1      |
| Point   | 01 | Sarıham Mah.     | 14        | 0.29 | 0.01 | 2.50 | 2.43 | 0.89 | 0.52   | 3.80             | 7.60  | 514  | 5.73  | 0.18 | 24.65   | C2S1      |
| Point   | 01 | Yamaçlı Mah.     | 7         | 0.74 | 0.14 | 2.00 | 2.70 | 0.70 | 0.41   | 4.40             | 7.90  | 546  | 15.77 | 0.48 | 23.50   | C2S1      |
| Point   | 01 | Kanara           | 6         | 0.70 | 0.10 | 2.50 | 1.80 | 0.60 | 0.93   | 3.50             | 7.40  | 525  | 15.68 | 0.47 | 21.50   | C2S1      |
| Point   | 01 | Ezest Çitli.     | 18        | 0.92 | 0.00 | 3.30 | 0.20 | 2.20 | 0.56   | 4.70             | 7.40  | 783  | 20.81 | 0.65 | 17.50   | C2S1      |
| Point   | 01 | Yamaçlı          | 14        | 0.63 | 0.03 | 3.00 | 3.44 | 1.50 | 0.50   | 5.00             | 7.60  | 678  | 9.28  | 0.35 | 32.20   | C2S1      |
| Point   | 01 | 19 Mayıs Mah.    | 12        | 1.39 | 0.66 | 4.30 | 5.20 | 3.30 | 0.71   | 6.60             | 7.90  | 1084 | 13.24 | 0.64 | 47.50   | C2S1      |
| Point   | 01 | Kremhane Mah.    | 18        | 1.65 | 0.03 | 4.40 | 4.50 | 3.00 | 0.42   | 7.10             | 7.70  | 1078 | 15.30 | 0.76 | 46.50   | C2S1      |
| Point   | 01 | Poiz Lörmehan.   | 17        | 1.74 | 0.09 | 4.00 | 4.60 | 2.70 | 0.89   | 6.60             | 7.60  | 1011 | 17.21 | 0.63 | 44.00   | C2S1      |
| Point   | 01 | ÜSİ Fabrikası    | 20        | 1.31 | 0.05 | 1.80 | 2.90 | 1.30 | 0.47   | 3.90             | 7.90  | 601  | 22.44 | 0.65 | 23.50   | C2S1      |
| Point   | 01 | Kopuköyü         | 22        | 0.61 | 0.03 | 2.33 | 2.12 | 0.50 | 0.34   | 3.35             | 7.20  | 470  | 11.93 | 0.41 | 22.25   | C2S1      |
| Point   | 01 | Kılla Mah.       | 9         | 0.56 | 0.02 | 2.76 | 2.12 | 0.55 | 0.42   | 5.30             | 7.30  | 450  | 10.25 | 0.36 | 24.40   | C2S1      |
| Point   | 01 | Ürvezirke Sahası | 24        | 2.26 | 0.02 | 4.88 | 5.95 | 3.70 | 0.29   | 6.60             | 7.20  | 1220 | 17.24 | 0.97 | 54.15   | C2S1      |
| Point   | 01 | Y. PTT Evleri    | 22        | 1.09 | 0.02 | 3.40 | 3.10 | 1.16 | 0.47   | 4.60             | 7.20  | 700  | 14.23 | 0.61 | 33.95   | C2S1      |
| Point   | 01 | Teknik Libe      | 21        | 1.39 | 0.02 | 3.18 | 3.70 | 1.35 | 0.25   | 5.40             | 7.40  | 710  | 16.76 | 0.75 | 21.68   | C2S1      |
| Point   | 01 | Hacı Mustafa     | 20        | 1.63 | 0.05 | 3.82 | 4.50 | 2.25 | 0.40   | 6.40             | 7.40  | 650  | 17.35 | 0.68 | 43.10   | C2S1      |
| Point   | 01 | Yamaçlı Belediy. | 8         | 0.55 | 0.03 | 2.10 | 1.74 | 0.20 | 0.24   | 3.20             | 7.30  | 310  | 12.41 | 0.40 | 18.60   | C2S1      |
| Point   | 01 | Yamaçlı Çarşısı  | 8         | 0.87 | 0.04 | 2.6  | 1.90 | 0.40 | 0.59   | 3.70             | 7.30  | 468  | 15.34 | 0.56 | 33.90   | C2S1      |
| Point   | 01 | Astı Mezarlık.   | 8         | 1.22 | 0.03 | 2.65 | 2.75 | 0.55 | 0.56   | 4.10             | 7.60  | 600  | 17.75 | 0.73 | 28.10   | C2S1      |
| Point   | 01 | Yerdoğan Mah.    | 24        | 1.74 | 0.05 | 4.24 | 5.74 | 3.05 | 0.40   | 6.40             | 7.20  | 910  | 14.78 | 0.78 | 49.90   | C2S1      |
| Point   | 01 | Levent Mah.      | 17        | 1.91 | 0.07 | 3.82 | 6.27 | 4.60 | 0.25   | 5.95             | 7.20  | 1068 | 15.83 | 0.85 | 50.45   | C2S1      |
| Point   | 01 | TarıSA           | 17        | 1.74 | 0.01 | 3.50 | 4.67 | 3.60 | 0.26   | 5.80             | 7.60  | 569  | 17.71 | 0.86 | 49.85   | C2S1      |
| Point   | 01 | Ç.U. Sazlığı     | 19        | 0.99 | 0.06 | 3.66 | 4.34 | 3.21 | 0.38   | 5.19             | 7.02  | 920  | 11.36 | 0.45 | 41.00   | C2S1      |
| Point   | 01 | Sarıham          | 01        | 2.24 | 0.11 | 1.10 | 2.30 | 2.80 | 0.44   | 2.40             | 7.35  | 554  | 40.87 | 1.72 | 17.00   | C2S1      |
| Point   | 01 | Selçuk Erça      | 01        | 0.85 | 0.04 | 3.70 | 9.70 | 0.66 | 1.15   | 10.30            | 7.65  | 1476 | 6.32  | 0.32 | 66.00   | C2S1      |
| Point   | 01 | Dibeller Sertlik | 01        | 0.45 | 0.16 | 2.00 | 2.20 | 0.69 | 0.41   | 3.46             | 7.60  | 468  | 11.50 | 0.31 | 21.00   | C2S1      |
| Point   | 01 | Hüyükten Kenge   | 01        | 0.21 | 0.08 | 3.60 | 0.40 | 0.50 | 0.40   | 3.42             | 7.70  | 477  | 6.76  | 0.15 | 20.00   | C2S1      |

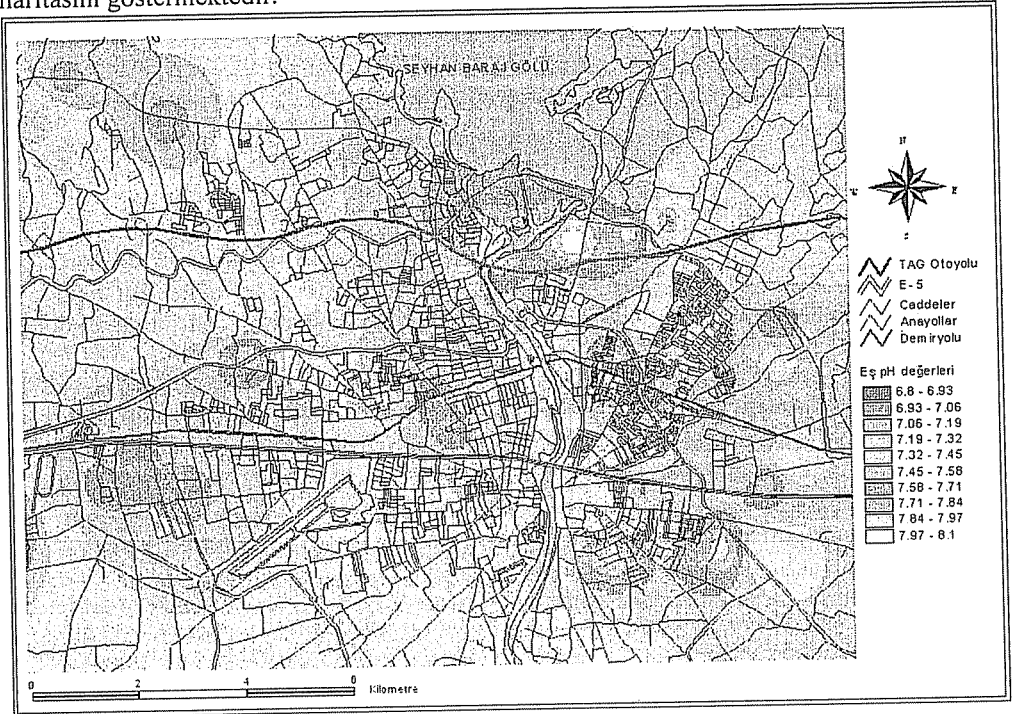
Şekil 5. Yeraltı suyu kimyasal analiz değerlerini gösteren veri bankası.

#### 4. SULARIN FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanındaki yeraltı sularının fiziko-kimyasal özelliklerinin ortaya konmasında, DSİ, Köy Hizmetleri, ASKİ ve çeşitli şirketler tarafından açılan sondajlara ait veriler kullanılmıştır. Elde edilen veriler bir ön değerlendirmeden geçirildikten sonra çalışma kapsamında ayrıntılı olarak değerlendirilmişlerdir. Hidrojeolojik veri bankasında depolanan fiziksel ve kimyasal analiz değerleri suların kalite açısından değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır.

##### 4.1. pH Değerleri ve Eş-pH Haritası

Bilindiği gibi pH değeri suda yer alan hidrojen iyonunun derişimi olarak adlandırılmaktadır. Bu parametre aynı zamanda suyun asidik veya bazik oluşunu da tanımlamaktadır. İnceleme alanındaki 55 veri noktasına ait verinin değerlendirilmesi suların pH değerlerinin 6.80 ile 8.10 arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Hipodrom güneyindeki Sarıhamzalı veri noktası 6.80 ile en düşük pH değerinin elde edildiği yerdir. Çukurova Üniversitesi eski meslek yüksek okulu (Ç.Ü.MYO) ve Kazım Karabekir Mahallesi veri noktaları ise 8.10 ile en yüksek pH değerine sahip lokasyonlardır. Bu değerlerin haricinde, bölge içerisindeki pH dağılımlarının zonlar oluşturdukları görülmektedir. Bununla birlikte genel bir yorum olarak Yüreğir bölgesinde pH değerlerinin Seyhan bölgesine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Şekil 6, inceleme alanı için ortaya konmuş ve 10 ayrı grup için oluşturulmuş eş-pH haritasını göstermektedir.



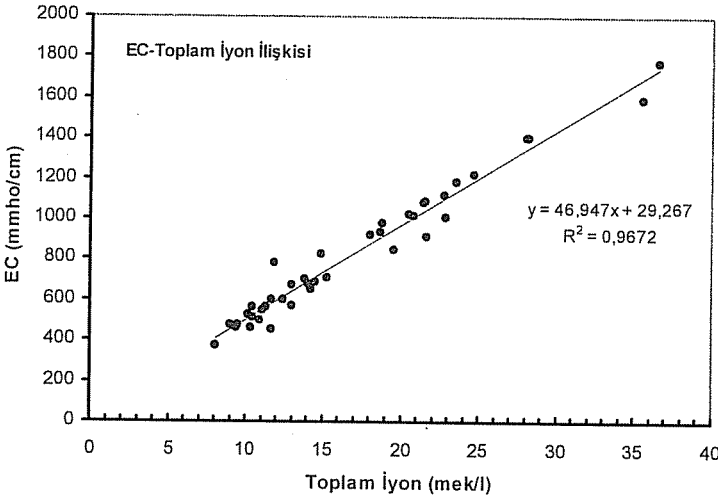
Şekil 6. İnceleme alanı yer altı sularına ait eş-pH haritası.

#### 4.2. Suların Elektriksel İletkenliği (EC) ve Eş-EC Haritası

Sularda çözünmüş toplam katı madde miktarı ile elektriksel iletkenlik arasında genellikle doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında incelenen su kuyularından 44 tanesine ait suların EC-toplam iyon (Tİ) grafiği çizilerek Şekil 7'de verilmiştir. Grafikteki doğrunun denklemi;

$$y = 46.947x + 29.267 \quad (EC = 46.631Tİ + 33.712)$$

ve korelasyon katsayısı  $r = 0.9672$  olarak saptanmıştır. Elde edilen ilişkinin bu anlamda oldukça tutarlı olduğu görülmektedir. İnceleme alanındaki suların EC değerleri 370 ile 1773  $\mu\text{mho/cm}$  arasında değişmektedir. Yüreğir Belediyesi lokasyonu 370  $\mu\text{mho/cm}$  ile en düşük EC değerini verirken, Ruh sağlığı hastanesi lokasyonu 1773  $\mu\text{mho/cm}$  ile en yüksek değeri vermiştir.

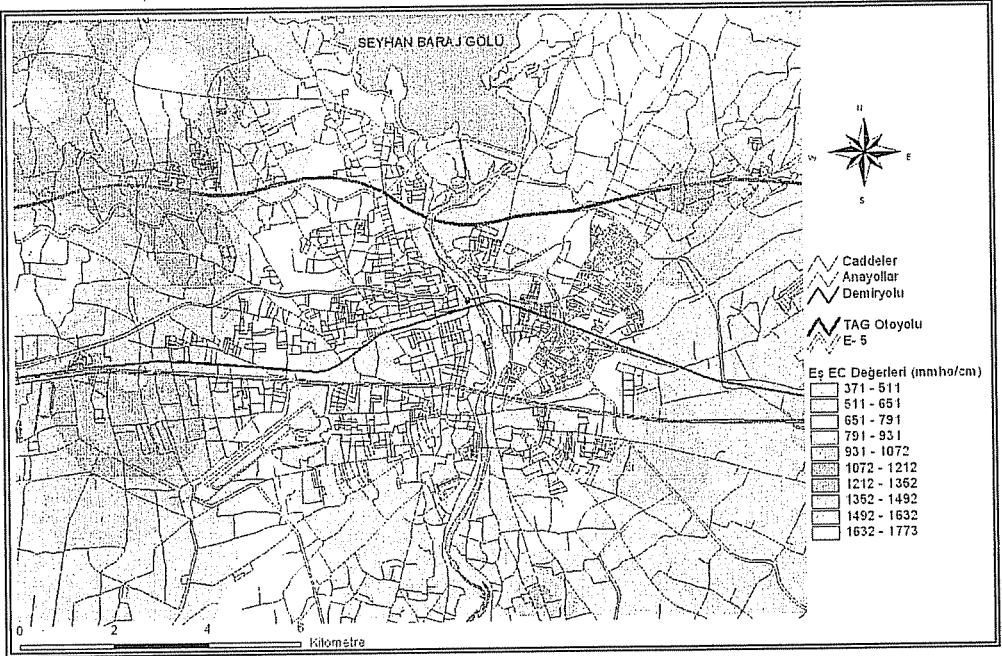


Şekil 7. İnceleme alanındaki suların toplam iyon-EC grafiği

Oluşturulmuş eş-EC haritasına bakıldığında, Seyhan Irmağının her iki tarafında düşük EC değerlerinin olduğu, ancak hem doğuya ve hem de batıya gidildiğinde bu değerlerin arttığı görülmektedir (Şekil 8).

#### 4.3. Suların Sertliği ve Eş Sertlik Haritası

Suların sertlik sınıflamalarında kullanılan farklı değerlendirmeler vardır. Sertlik, esas olarak su içinde çözülmüş halde bulunan kalsiyum ve magnezyumdan kaynaklanmaktadır. Ca ve Mg değerlerinin (mek/l) 5 katı "Toplam Fransız Sertliği" (FS) olarak tanımlanmaktadır. Sular toplam Fransız sertlik değerlerine göre Çizelge 3'de görüldüğü gibi sınıflandırılmaktadırlar. Bu çalışmada suların sertlikleri toplam Fransız sertliği cinsinden hesaplanmıştır. Buna göre inceleme alanı sularının sertlik değerleri 17.00 ile 67.20 Fransız sertliği değerleri arasında değişmektedir. Sarıhuğlar veri yeri 17.00 FS sertlik değeri ile en düşük ve Ruh sağlığı hastanesi veri yeri ise 67.20 FS sertlik değeri ile en yüksek sertlik değerlerine sahip veri noktalarıdır.



Şekil 8. İnceleme alanı yer altı suları için oluşturulmuş eş-EC haritası.

Bu artışın Seyhan ilçesi tarafında daha fazla olduğu da haritadan net bir şekilde görülebilmektedir. Eş-EC haritası toplam iyon miktarının da bir göstergesi olarak önem kazanmaktadır.

Çizelge 3. Suların Fransız sertliği değerlerine göre sınıflandırılması [4]

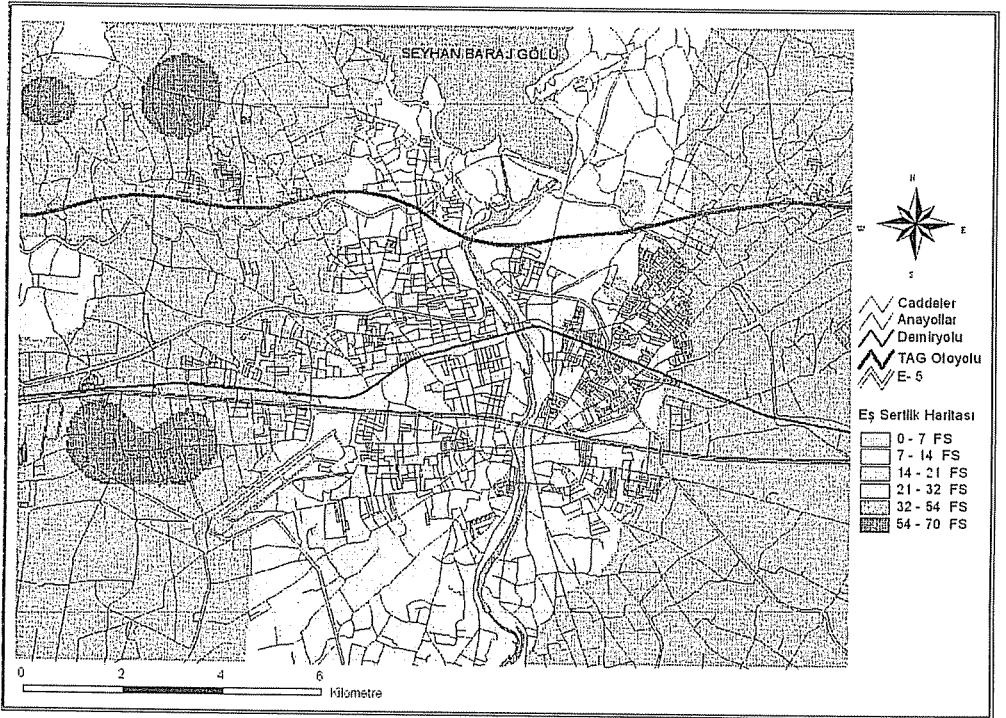
| Fransız sertliği | Tanımlama    |
|------------------|--------------|
| 0 – 7            | Çok yumuşak  |
| 7 – 14           | Yumuşak      |
| 14 – 21          | Az sert      |
| 21 – 32          | Oldukça sert |
| 32 – 54          | Sert         |
| > 54             | Çok sert     |

Elde edilen sertlik değerlerine göre sular sınıflandırılacak şekilde eş-sertlik haritası oluşturulmuştur (Şekil 9). Bu haritada, EC haritasına benzer şekilde Seyhan ırmağının her iki tarafında düşük sertlik değerlerinin, buna karşılık ırmaktan hem doğuya ve hem de batıya gidildiğinde artan sertlik değerlerinin olduğu görülmektedir. Bu da EC haritası ile ilgili yorumu destekler nitelikte bir sonucun çıkmasını sağlamaktadır. Yani, Seyhan ırmağından akış, yeraltı suyuna doğru olduğu için zenginleşen iyon içeriği ile birlikte

sertlik değerlerinde de artışlar meydana gelmektedir. Sertlik sınıfı en yüksek olan zonlar da yine Seyhan ilçesi içinde yer almaktadır.

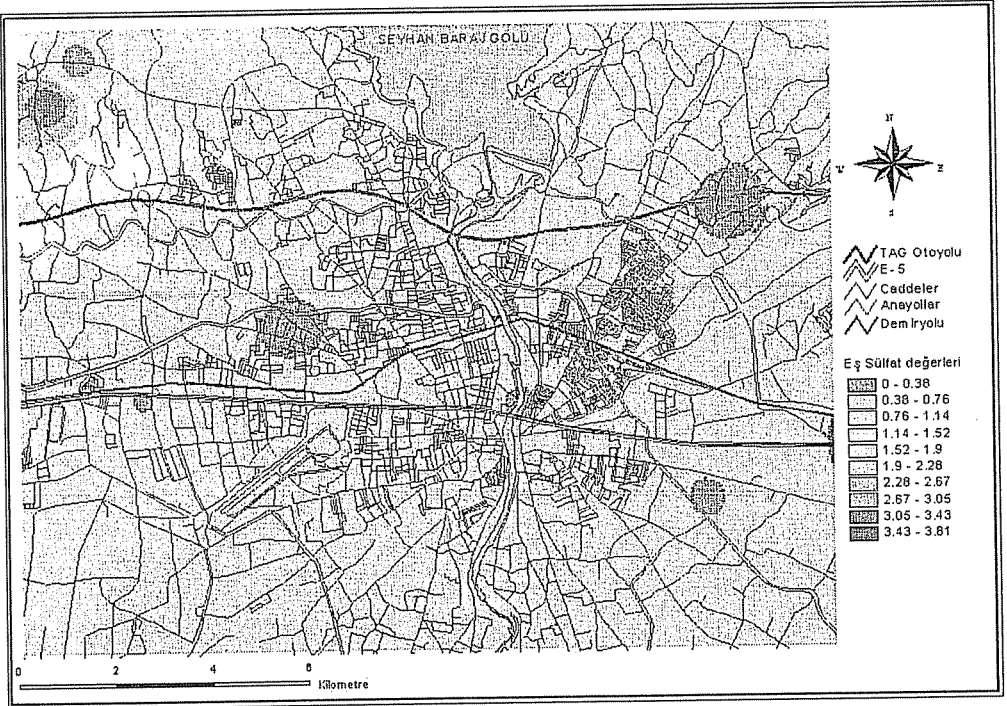
#### 4.4. Sülfat Değerleri ve Eş Sülfat Haritası

İncelenen bölgede, yeraltı sularındaki sülfat değerleri 0.18 ile 3.81 mek/l değerleri arasında değişmektedir. İsmetpaşa Mahallesi veri noktasının en düşük (0.18 mek/l) sülfat değerine sahip olduğu, buna karşılık Kireçocağı-I noktasının 3.81 mek/l değeri ile en yüksek sülfat değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu yüksek değer in elde edilmesinde lokasyonun olduğu bölgede Handere Formasyonu'na eşlik eden ve tüye niteliğinde daha önceki çalışmalarda ayırtlanan jips içeren Gökkuyu alçıtaşı biriminin rol oynadığı düşünülmektedir. İnceleme alanının büyük bölümü 0.38 ile 0.76 mek/l değerleri arasında değişen sülfat değerlerine sahiptir (Şekil 10).



Şekil 9. İnceleme alanı için oluşturulmuş yeraltı suyu sertlik sınıfı haritası

Adana ili kent merkezinden özellikle batıya doğru gidildiğinde sülfat değerlerinde belirgin ve tedrici bir artışın olduğu görülmektedir. Bu, kısmen tarımsal faaliyetlerle olabileceği gibi yeraltı suyu akışı ile ilgili de olabilir.



Şekil 10. İnceleme alanı yeraltı suları için oluşturulmuş eş-sülfat haritası.

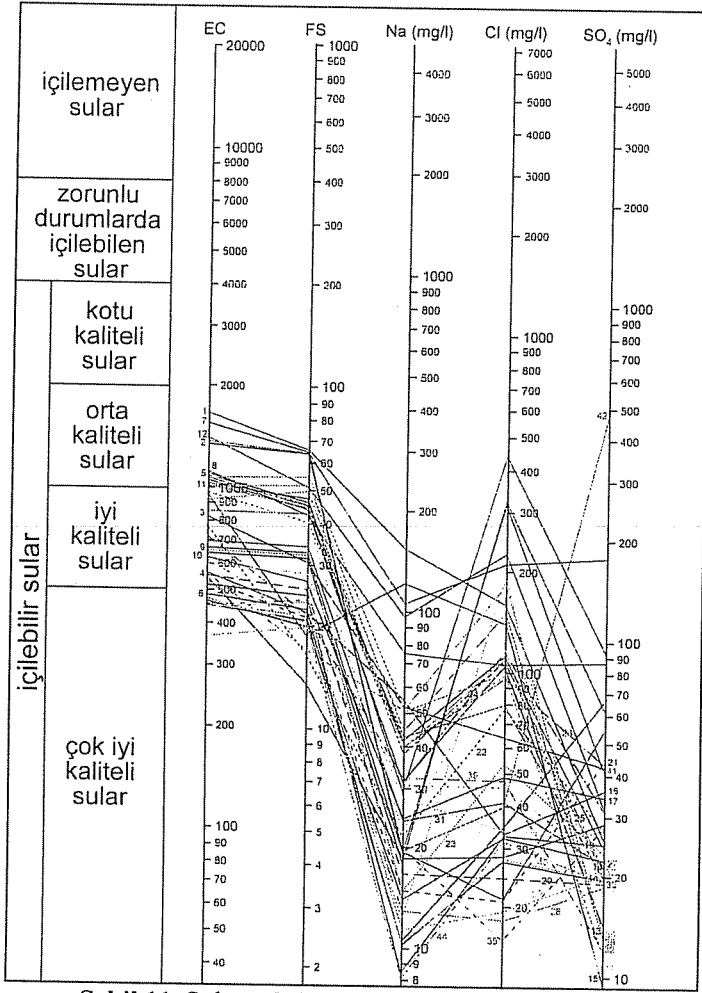
## 5. SULARIN KULLANILABİLME ÖZELLİKLERİ

Suların sıcaklığı, debisi, iyon derişimi, kimyasal ve bakteriyolojik özellikleri kullanım alanlarını belirleyen etkenlerdir. Bu bölümde inceleme alanındaki suların içme, sulama ve endüstride kullanılabilme özelliklerinden söz edilmiştir.

### 5.1. İnceleme Alanı Yeraltı Sularının İçme Suyu Olarak Kullanılabilme Özellikleri

Schoeller, EC (elektriksel iletkenlik), FS, Na (mg/l), Cl (mg/l) ve SO<sub>4</sub> (mg/l) değerlerini kullanarak suları içilebilme özelliklerine göre sınıflamıştır [5]. Şekil 11'de çizilmiş olan grafik suların içilebilirlik açısından sınıflarını göstermektedir. Bu grafikten suların genelinin *orta - iyi* ve *çok iyi* kaliteli sular grubunda oldukları görülmektedir.

TSE 266'ya göre de sular içilebilirlik açısından çeşitli kriterler gözetilerek değerlendirilmektedirler [6]. pH, EC, Cl ve Mg değerleri açısından tüm suların standarda uygun olduğu belirlenmiştir. Fransız sertliği (FS) açısından yapılan değerlendirme 1, 2, 7, 11, 12, 24, 25, 30, 37 ve 38 veri numaralı noktaların kabul edilenlerin üzerinde olduğunu ortaya koymaktadır. SO<sub>4</sub> değeri açısından ise sadece 41 veri numaralı veri yeri standarda uygun olmayan değere sahip çıkmaktadır.



Şekil 11. Suların Schoeller içilebilirlik diyagramı:

## 5.2. İnceleme Alanı Yeraltı Sularının Sulamada Kullanılabilme Özellikleri

Sulama sularını sınırlamak için değişik diyagram ve sınır değerler önerilmiştir. Bunlardan yararlanılarak inceleme alanındaki yeraltı sularının sulamaya uygunluğu incelenmiştir.

### 5.2.1. Artıksal Sodyum Karbonat (RSC)

Yüksek RSC değerine sahip su, toprakta sodikleşmeye yani tuzluluğun artmasına yol açtığından sulama suyunda istenmeyen bir değerdir. Sodikleşme ile toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri de değişiklik gösterebilir. Bu tür topraklarda sodyum oranı yükseldikçe toprağın geçirgenliği azalır ve toprağın havalanması güçleşir. Böyle bir durumda toprak ıslanınca yapışkan, kuruyunca çatlaklı ve kabuklu bir yapı kazanır.



Toprağın sodikleşmesi ile etkisini gösteren suyun kimyasal özellik tanımı RSC kavramı ile ifade edilmektedir.

RSC şu formülle hesaplanır [4];

$$RSC = r(CO_3 + HCO_3) - r(Ca + Mg) \quad (1)$$

Hesaplanan RSC değerine göre sulamaya uygunluk açısından suların sınıflandırılması Çizelge 4’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.** RSC değerlerine göre sulamaya uygunluk sınıflaması [4].

| Sınıflamaya Uygunluk              | RSC        |
|-----------------------------------|------------|
| Sınıf 1 : iyi                     | < 1.25     |
| Sınıf 2 : limite yakın (kritik)   | 1-25 – 2.5 |
| Sınıf 3 : kesinlikle kullanılamaz | > 2.5      |

Çalışma alanındaki suların tümü < 1.25 RSC değeri vermektedirler. Bu bakımdan da iyi sulama suyu sınıfına girmektedirler.

### 5.2.2. Wilcox Diyagramı

Wilcox diyagramı, suları sodyum yüzdesi ve elektriksel iletkenlik değerlerine göre sınıflandırır. Bu diyagramda sular beş sınıfa ayrılmıştır.

- Çok iyi – iyi sular
- İyi – kullanılabilir
- Şüpheli – kullanılabilir
- Şüpheli – kullanılamaz
- Sulamaya uygun değil

% Na değerleri,

$$\% Na = rNa \times 100 / (rCa + rMg + rNa + rK) \quad (2)$$

bağıntısıyla hesaplanmıştır.

Çizelge 5, bu çalışmada incelenen lokasyonlara ait iyon dağılımı ve hesaplanmış % Na ile sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerlerini göstermektedir.

**Çizelge 5.** İncelenen lokasyonlar için elde edilmiş iyon dağılımları ve %Na ile SAR değerleri.

| Kuyu İsmi          | Veri No | İYON DAĞILIMI    |   | % Na  | SAR  |
|--------------------|---------|------------------|---|-------|------|
|                    |         | KATYONLAR        | ANYONLAR                                |       |      |
| Ruh Sağlığı        | 1       | Mg > Na > Ca > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 36.15 | 2.69 |
| Arslandı           | 2       | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl | 6.05  | 0.20 |
| Cumhuriyet Mah.    | 3       | Mg > Na > Ca > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 27.47 | 1.31 |
| Adana Demirspor    | 4       | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 14.28 | 0.51 |
| Karataş Yolu       | 5       | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 16.13 | 0.83 |
| Aziz Otomotiv, E-5 | 6       | Ca > Mg > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 9.09  | 0.40 |
| Kireçocağı-I       | 7       | Mg > Na > Ca > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 28.14 | 1.99 |
| Kireçocağı-II      | 8       | Ca > Mg > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 28.18 | 1.60 |
| Sütlüklü Pınarı    | 9       | Ca > Mg > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 11.59 | 0.47 |
| İsmetpaşa Mah.     | 10      | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 11.31 | 0.46 |

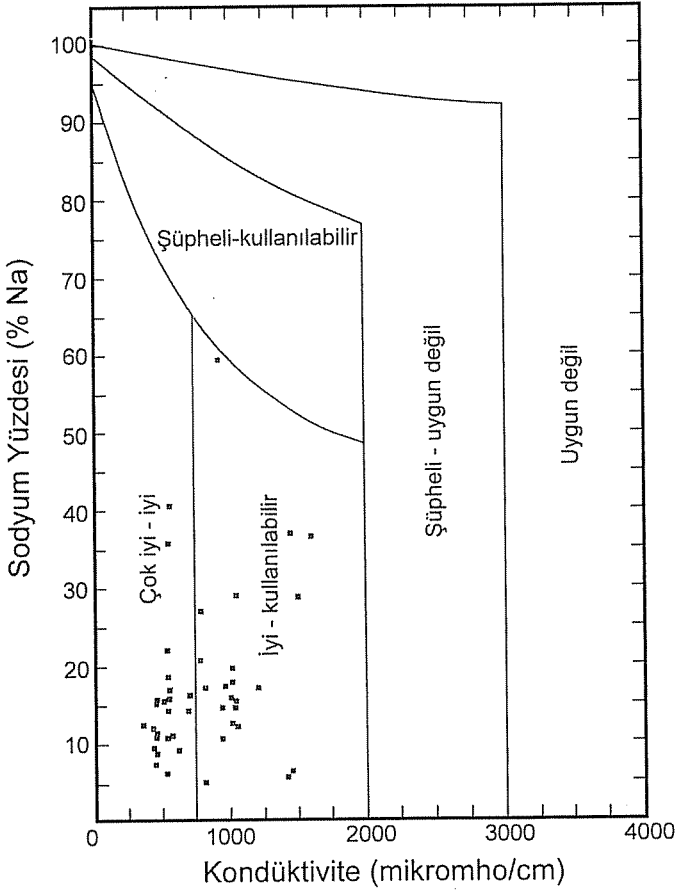
|                       |    |                  |   |       |      |
|-----------------------|----|------------------|---|-------|------|
| Gürselpaşa Mah.-I     | 11 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 14.99 | 0.59 |
| Gürselpaşa Mah.-II    | 12 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 36.67 | 1.90 |
| Sebze Hali            | 13 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 13.09 | 0.63 |
| Ç.Ü.MYO               | 14 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 9.47  | 0.31 |
| K-7165                | 15 | Na > Mg > K > Ca | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 59.23 | 4.03 |
| Döşeme Mah.           | 16 | Ca > Na > Mg > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 15.97 | 0.44 |
| Çukurova Üniversitesi | 17 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 17.08 | 0.62 |
| K. Karabekir Mah.     | 18 | Na > Mg > Ca > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 36.17 | 1.62 |
| Sarıçam Mah.          | 19 | Ca > Mg > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 5.73  | 0.18 |
| Yamaçlı Mah.          | 20 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 15.77 | 0.48 |
| Kanara                | 21 | Ca > Mg > Na > K | HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl | 15.68 | 0.47 |
| Ziraat Fak. Çiftliği  | 22 | Ca > Mg > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 20.81 | 0.69 |
| Yavuzlar Mah.         | 23 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 9.29  | 0.35 |
| 19 Mayıs Mah.         | 24 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 13.24 | 0.64 |
| Kiremithane Mah.      | 25 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 15.30 | 0.76 |
| Polis Lojmanları      | 26 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 17.21 | 0.83 |
| DSİ Fabrikası         | 27 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 22.44 | 0.85 |
| Köprüköyü             | 28 | Ca > Mg > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 11.98 | 0.41 |
| Kışla Mah.            | 29 | Ca > Mg > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 10.25 | 0.36 |
| Üniversite Sahası     | 30 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 17.24 | 0.97 |
| PTT Evleri            | 31 | Ca > Mg > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 14.23 | 0.61 |
| Teknik Lise           | 32 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 16.76 | 0.75 |
| Hacı Murat            | 33 | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 17.26 | 0.88 |
| Yüreğir Belediyesi    | 34 | Ca > Mg > Na > K | HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl | 12.41 | 0.40 |
| Yamaçlı Zabita        | 35 | Ca > Mg > Na > K | HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl | 15.34 | 0.56 |

Çizelge 5 devamı

| Kuyu İsmi             | Sıra No | İYON DAĞILIMI    |   | % Na  | SAR  |
|-----------------------|---------|------------------|---|-------|------|
|                       |         | KATYONLAR        | ANYONLAR                                |       |      |
| Asri Mezarlık         | 36      | Ca > Mg > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 17.75 | 0.73 |
| Yenidoğan Mah.        | 37      | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 14.78 | 0.78 |
| Levent Mah.           | 38      | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 15.83 | 0.85 |
| TemSA                 | 39      | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 17.54 | 0.86 |
| Ç.Ü. Seraları         | 40      | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 11.35 | 0.49 |
| Selçuk Ecza Deposu    | 41      | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl | 6.32  | 1.72 |
| Sarıhuğlar            | 42      | Mg > Na > Ca > K | Cl > HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> | 40.87 | 0.33 |
| Dilberler Sek. Doğusu | 43      | Mg > Ca > Na > K | HCO <sub>3</sub> > SO <sub>4</sub> > Cl | 12.68 | 0.31 |
| Hükümet Konağı        | 44      | Ca > Mg > Na > K | HCO <sub>3</sub> > Cl > SO <sub>4</sub> | 6.76  | 0.15 |

Değer Aralığı: 5.73 - 59.23 0.15 - 4.03

Elde edilen % Na ve EC değerleri kullanılarak suların Wilcox diyagramındaki dağılımları Şekil 12'de gösterilmiştir. Diyagram, sulama sularının *Çok iyi-iyi* ve *iyi-kullanılabilir* su sınıfında olduklarını ortaya koymaktadır.



Şekil 12. İnceleme alanı sularının Wilcox diyagramındaki dağılımı

### 5.2.3. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Özellikle sulama amaçlı su sınıflarının bir kısmı SAR olarak ifade edilen ve suyun toprakta meydana getireceği tuzlaşma miktarını ifade eden bir değeri kullanır. Sodyum adsorpsiyon oranı şu formülle hesaplanır [5];

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}} \quad (3)$$

SAR değeri hesaplamalarında Na, Ca ve Mg iyonlarının mek/1 cinsinden miktarları kullanılmaktadır. SAR değerlerinin sulama suyu kullanımını açısından sınıflandırması Çizelge 6'da gösterilmiştir.

**Çizelge 6.** SAR değerlerine göre sulama suyu sınıfları [4].

| SAR     | Sulama Suyu Sınıfı            |
|---------|-------------------------------|
| < 10    | Çok iyi özellikte sulama suyu |
| 10 - 18 | İyi özellikte sulama suyu     |
| 18 - 26 | Orta özellikte sulama suyu    |
| > 26    | Fena özellikte sulama suyu    |

İnceleme alanı içerisinde en yüksek SAR değeri 2.69 ile Ruh sağlığı hastanesi lokasyonuna aittir. Bu lokasyona ait değer de dahil olmak üzere SAR değerine göre inceleme alanı sularının tamamı "*Çok iyi özellikte sulama suları*" sınıfına girer (Çizelge 7).

#### 5.2.5. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramında sular SAR ve EC değerlerine göre 16 sınıfa ayrılmıştır. Bu diyagram kullanılarak suların 2 grupta yoğunlaştıkları belirlenmiştir. İlk grup sular C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub> alanına düşmektedir. Bu sınıftaki sular tuzlu ve az sodyumlu sulardır. Diğer grup sular ise C<sub>2</sub>-S<sub>1</sub> alanına düşen sulardır. Bu sular ise orta tuzlu ve az sodyumlu sulardır. Özellikle C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub> alanına düşen sular tuzluluk yönünden akaçlaması kötü olan arazilerde, sulamada kullanılamazlar. Böylesi durumlarda zemindeki tuz miktarının gözlenmesi gerekebilir. Bu özellikteki suların kullanılması gerektiğinde tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir. Ancak inceleme alanındaki yeraltı suları az sodyumlu sular ve zeminin akaçlaması iyi olduğu için sodyum tehlikesi yaratmadan kullanılabilirler. Çizelge 7, farklı sulama suyu değerlendirmeleri için belirlenmiş olan su sınıflarını göstermektedir.

## 6. SONUÇLAR

Coğrafi Bilgi Sistemleri farklı birçok alanda olduğu gibi jeolojik ve hidrojeolojik çalışmalarda da yaygın bir şekilde ve efektif olarak kullanılabilir. Elde edilen verilerin güncellenebilir olması, yeni bilgilerin de sistemlere eklenerek değerlendirilebilmesine olanak tanımaktadır. Bu çalışma ile Adana ili yerleşim alanı içerisinde yer alan kuyu verileri kullanılarak hidrojeolojik veri tabanlı bir bilgi sistemi oluşturulmuştur. Bu tür sistemleri kullanarak çok sayıda veriyi aynı ortamda görerek ve sorgulayarak yorum ve değerlendirmeler yapmak her zaman için daha doğru ve kolay olmaktadır.

**Çizelge 7. Suların Wilcox, ABD Tuzluluk ve SAR sınıflarına göre değerlendirilmesi.**

| Kuyu İsmi             | Veri No | SULAMA SUYU SINIFI   |                               |         |
|-----------------------|---------|----------------------|-------------------------------|---------|
|                       |         | Wilcox               | ABD Tuzluluk Lab.             | SAR     |
| Ruh Sağlığı           | 1       | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Arslandanı            | 2       | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Cumhuriyet Mah.       | 3       | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Adana Demirspor       | 4       | Çok iyi - iyi        | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Karataş Yolu          | 5       | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Aziz Otomotiv, E-5    | 6       | Çok iyi - iyi        | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Kireçocağı-I          | 7       | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Kireçocağı-II         | 8       | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Sülüklü Pınarı        | 9       | Çok iyi - iyi        | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| İsmetpaşa Mah.        | 10      | Çok iyi - iyi        | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Gürselpaşa Mah.-I     | 11      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Gürselpaşa Mah.-II    | 12      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Sebze Hali            | 13      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Ç.Ü.MYO               | 14      | Çok iyi - iyi        | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| K-7165                | 15      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Döşeme Mah.           | 16      | Çok iyi - iyi        | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Çukurova Üniversitesi | 17      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| K. Karabekir Mah.     | 18      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Sarıçam Mah.          | 19      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Yamaçlı Mah.          | 20      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Kanara                | 21      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Ziraat Fak. Çiftliği  | 22      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Yavuzlar Mah.         | 23      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| 19 Mayıs Mah.         | 24      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Kiremithane Mah.      | 25      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Polis Lojmanları      | 26      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| DSİ Fabrikası         | 27      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Köprüköyü             | 28      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Kışla Mah.            | 29      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Üniversite Sahası     | 30      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| PTT Evleri            | 31      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Teknik Lise           | 32      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Hacı Murat            | 33      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Yüreğir Belediyesi    | 34      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Yamaçlı Zabıta        | 35      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Asri Mezarlık         | 36      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Yenidoğan Mah.        | 37      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Levent Mah.           | 38      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| TemSA                 | 39      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Ç.Ü. Seraları         | 40      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Selçuk Ecza Deposu    | 41      | İyi - kullanılabilir | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Sarıhuğlar            | 42      | Çok iyi - iyi        | C <sub>3</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Dilberler Sek. Doğusu | 43      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |
| Hükümet Konağı        | 44      | Çok iyi - iyi        | C <sub>2</sub> S <sub>1</sub> | Çok iyi |

İnceleme alanında yeraltı su seviyeleri mevsimsel farklılıklara da bağlı olarak 2 ile 40 m arasında derinliktedir. Yeraltı suyu derinliği hem kuzeyden güneye ve hem de doğudan batıya doğru yüzeye yaklaşmaktadır. Yeraltı sularının pH değerleri 6.8 ile 8.1, EC değerleri 370 ile 1773  $\mu\text{mho/cm}$ , FS cinsinden sertlik değerleri 17.0 ile 67.2 arasında değişmektedir. İncelenen bölgede, yeraltı sularındaki sülfat değerleri 0.18 ile 3.81 mek/l değerleri arasında yer almaktadır. İçilebilirlikleri açısından suların büyük çoğunluğunun TS 266 kriterlerini sağladıkları görülmektedir. Sulama suyu sınıflandırmaları açısından da suların kullanılabilir nitelikte oldukları tespit edilmiştir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Schmidt, G.C., "Stratigraphic Nomenclature for the Adana Region Petroleum District", 7. Petroleum Administration Bull., 6, s. 47-63, Ankara, 1961.
2. Yetiş, C. ve Demirkol, C., "Adana Baseni Batı Kesiminin Detay Jeoloji Etüdü", MTA Derleme Rapor No. 8037, 187s. (yayınlanmamış), Ankara, 1986.
3. Çobanoğlu, İ., "Adana İli ve Yakın Çevresinin Jeoteknik Koşullarının Statik ve Sismik Durumlar İçin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Değerlendirilmesi", Doktora Tezi, (yayınlanmamış), Adana, 2005.
4. Şahinci, A., "Doğal Suların Jeokimyası", 1991, 548s., İzmir, 1991.
5. Canik, B., "Hidrojeoloji", 1998, 286 s., Ankara, 1998.
6. TS 266, "İçme Suları", 1. Baskı, TSE yayını, 42 s., Ankara, 1966.

İSALI-DORUK-YUMURTALIK CİVARININ (ADANA)  
TEKTONO-STRATİGRAFİSİGülşen UYSAL ve Ulvi Can ÜNLÜGENÇ  
Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

**ÖZET :** İnceleme bölgesi, Adana Baseni'ni bir yükselim ile İskenderun baseninden ayıran Misis yapısal yükseliminin batı kesimindeki bir bölümünü içermektedir. Adana'dan 40 km kadar doğuda olan inceleme alanı Misis ile Yumurtalık arasındaki 308 km<sup>2</sup> lik bir alanı kapsamaktadır. Bu çalışmada, sahada gözlenen birimlerin stratigrafik, sedimantolojik, paleontolojik ve yapısal özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. İnceleme alanında gözlenen Üst Kretase-Eosen yaşlı İsalı katastrofik fasiyesi başlıca; ofiyolitik birim, kireçtaşları ve volkanik arakatlı kumlu-marnlı birimlerin karışımından oluşmakta olup, en yaşlı birimdir. İnceleme alanının yakın doğu kesiminde bu birimin tabanında bulunan aynı yaşta pelajik karbonatlardan oluşan Dokuztekn Üyesi ile birlikte Alt-Orta Miyosen yaşlı türbiditik özellikli kumlu-marnlı birim olan Karataş formasyonu üzerine bindirme ile gelmektedir. Belirtilen bu iki birim de tabanında yer yer konglomeraların ve resifal kireçtaşlarının ve daha üst seviyelerde kumlu-marnlı ve seyrek killi kireçtaşlarının bulunduğu Üst Miyosen yaşlı Kızılder formasyonu üzerinde tektonik dokanaktır. Stratigrafik olarak en üst seviyeler Kuvaterner yaşlı kalıcı ve alüvyonlarla temsil edilmekte olup, bütün birimler üzerinde açışal uyumsuzlukla bulunmaktadır. Güney Doğu Anadolu bölgesine ait gelişen Neojen yaşlı tektonik hatların uzanımı inceleme alanında KD-GB uzanumlu doğrultu atımlı faylara ve bindirmelere dönüşmekte olup, yoğun tektonik etkilerin izlerini taşımaktadır. Böylece, bölgede yüzeyleşmiş olan tüm birimler terslenmiş konumda gözlenmektedir.

TECTONO-STRATIGRAPHY  
OF İSALI-DORUK-YUMURTALIK (ADANA) AREA

**ABSTRACT :** The investigation area comprises a part of west of Misis Structural High that takes place between the Adana Basin and İskenderun sub basin which is divided by this uplifting. The investigation area covers an area of 308 km<sup>2</sup> between Misis and Yumurtalık nearly 40 km west of Adana. In this study, units are investigated stratigraphically, sedimentologically, paleontologically and structurally. The oldest unit is Upper Cretaceous-Eocene age İsalı catastrophic facies which is mainly made up of mixing of ophiolitic units, limestones and sandy marl units. İsalı catastrophic facies and underlying pelagic carbonate of same age Dokuztekn formation tectonically overlie the Lower-Middle Miocene age sandy marly turbiditic Karataş formation in the near east of study area. These formations are tectonically overlie the Upper Miocene

*age Kızıldere formation. Kızıldere formation contains partly conglomerate and reef limestones at the base and pass upword into sandy marly and rare clayey limestones. The youngest units of the area are Quaternary age calliche and alluvium deposits unconformably overlies the older units. The extension of the Neocene tectonic sutures belong to South East Anatolia present its characteristics in the investigation area. Thus, all rock units except Quaternary sediments are seen overturned in the area.*

## 1. GİRİŞ

Bu araştırma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı olarak Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışma, MMF2003YL68 nolu proje kapsamında Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonundan desteklenerek tamamlanmıştır.

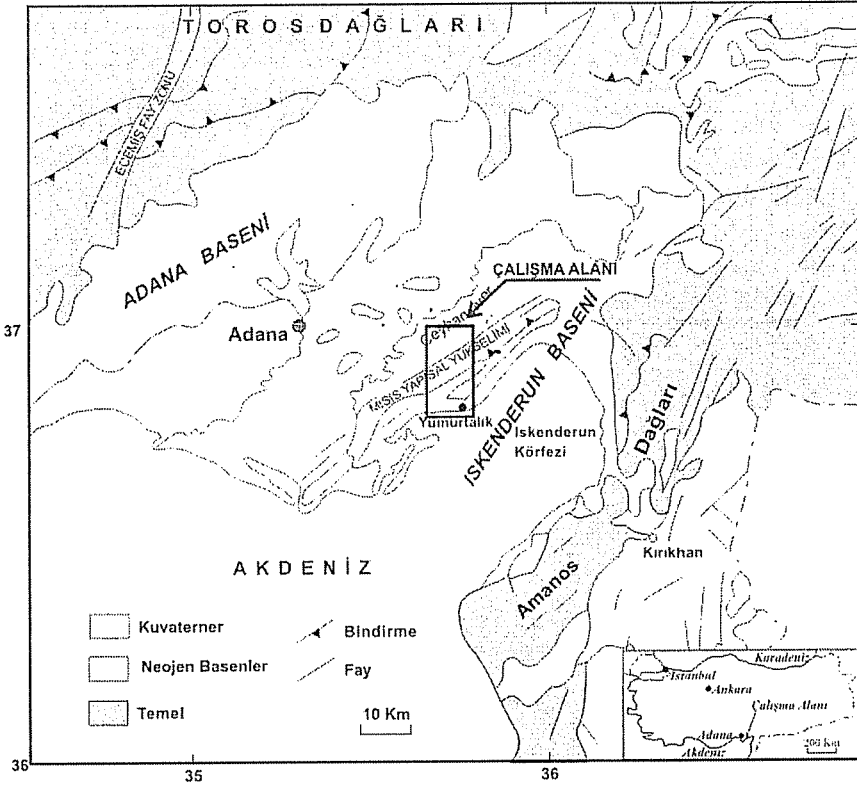
İnceleme alanının içerisinde bulunduğu Çukurova Baseni kuzeyde Toros Dağları, Doğuda Amanos Dağları, güneyde Akdeniz, batıda ise Ecemiş Fayı ile sınırlanmaktadır. Çalışma alanı Adana'nın yaklaşık 40 km doğusunda, Misis ile Yumurtalık arasındaki 308 km<sup>2</sup> lik dağlık bölgeyi kapsamaktadır. Adana Baseni'ni bir sırt ile İskenderun Baseninden ayıran Misis Karmaşığı'nın içerisinde yer alan inceleme alanı; 1/25.000 ölçekli Türkiye topografik haritalarının, Mersin O35a2 ve Mersin O35a3 paftalarını kapsamaktadır (Şekil 1).

Bu çalışmada, sahada gözlenen birimlerin stratigrafik, sedimantolojik, paleontolojik ve yapısal özelliklerin incelenmesi amaçlanmıştır. Bunun için inceleme alanına ait topografik haritalardan yararlanılarak bölgenin litolojik birim ayırdımına dayalı 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası ve jeolojik enine kesitleri hazırlanarak, tektonik olarak gelişen yapılar ve ayırtlanan birimlerin kalınlık, yapı ve litolojik değişimleri belirlenmiştir. Litostratigrafik birim tanımlama ve adlamasına gidilerek, bölgede yüzeyleyen İsalı katastrofik fasiyesi, Karataş Formasyonu, Kızıldere Formasyonu, kaliçi oluşumu ve alüvyonlar ayırt edilerek haritalanmıştır.

## 2. GENEL JEOLJİ

İnceleme alanında gözlenen Üst Kretase-Eosen yaşlı İsalı katastrofik fasiyesi başlıca; ofiyolitik birim, kireçtaşları ve volkanik arakatlı kumlu-marnlı birimlerin karışımından oluşmakta olup, en yaşlı birimdir. İnceleme alanının yakın doğu kesiminde bu birimin tabanında bulunan aynı yaştaki pelajik karbonatlardan oluşan Dokuztekn Üyesi ile birlikte Alt-Orta Miyosen yaşlı türbiditik özellikli kumlu-marnlı birim olan Karataş Formasyonu üzerine bindirme ile gelmektedir. Belirtilen bu iki birimde tabanında yer yer konglomeraların ve resifal kireçtaşlarının ve daha üst seviyelerde kumlu-marnlı ve seyrek killi kireçtaşlarının bulunduğu Üst Miyosen yaşlı Kızıldere Formasyonu üzerinde tektonik dokanaklıdır. Stratigrafik olarak en üst seviyeler Kuvaterner yaşlı kaliçi ve alüvyonlarla temsil edilmekte olup, bütün birimler üzerinde açısız uyumsuzlukla bulunmaktadır. Güney Doğu Anadolu bölgesine ait gelişen Neojen yaşlı tektonik hatların uzanımı inceleme alanında KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı faylara ve bindirmelere dönüşmekte olup, yoğun tektonik etkilerin izlerini taşımaktadır. Böylece bölgede yüzeyleşmiş olan tüm birimler terslenmiş konumda gözlenmektedir. Çalışma alanının jeoloji haritası Şekil 2'de ve jeolojik enine kesitleri Şekil 3'de verilmiştir.



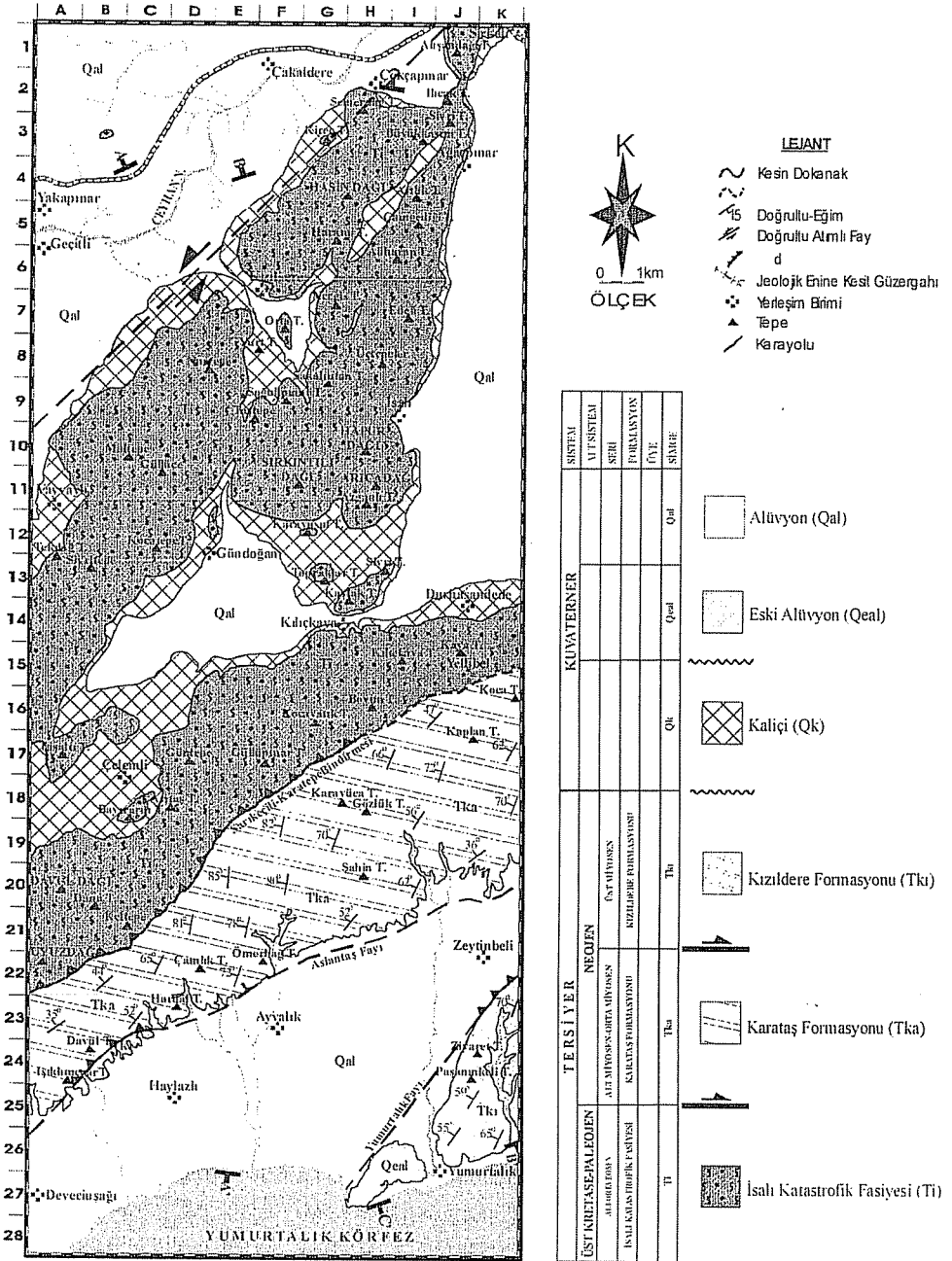


Şekil 1. Yer bulduru haritası.

### 3. STRATİGRAFİ

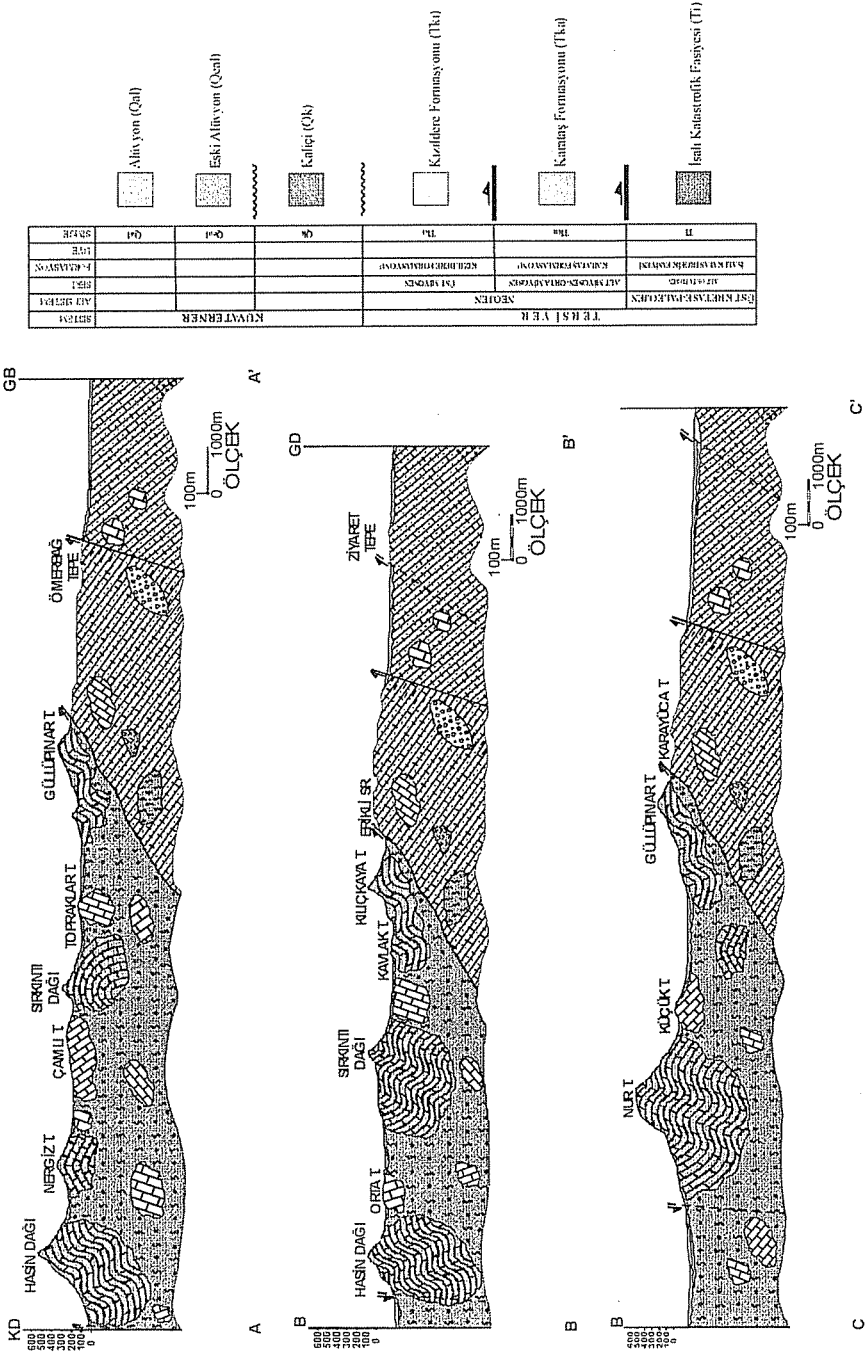
Litofasiyes haritasına geçirilen ofiyolitik birim ve kireçtaşı birimi, Schmidt (1) tarafından İsalı katastrofik fasiyesi şeklinde tanımlanarak birlikte düşünülmüştür. Kumlu-marnlı birim ile özdeş sayılabilecek, litolojik olarak kumtaşı, çamurtaşı, marn içeren Yumurtalık-Karataş civarında geniş yayılımı bulunan kırıntılılar ise Karataş klastik fasiyesi olarak isimlendirilmiş ve bu iki fasiyesin Misis Karmaşığı'nı oluşturduğu belirtilmiştir. Daha sonraki çalışmalarda bu isimlendirme Karataş Formasyonu ve İsalı Formasyonu şeklinde kullanılmıştır (2, 3, 4, 5). Bu çalışmada ise çalışma alanının gözlenmeyen fakat çalışma alanının kuzeydoğusunda yer alan Andırın Formasyonuna ait Dokuztekn üyesi diskordanslı olarak İsalı katastrofik fasiyesinin altında bulunduğu kabul edilmiştir (Şekil 4).

İnceleme alanında gözlenmeyen Dokuztekn üyesi aglomera, tüf, killi kireçtaşı esas bileşenlerinden oluşmakta olup, kumtaşı ara katkıları ve irili ufaklı çeşitli yaşta kireçtaşı blokları ile temsil edilmektedir. İsalı katastrofik fasiyesinin ise ofiyolitik birim, çeşitli yaşlarda kireçtaşı birimi ve kumlu-marnlı birim esas bileşenlerini oluşturmaktadır. Bu formasyonun matrisi çoğun serpantinlerden oluşmuş konglomeralar şeklinde olup, yer yer filişoidal olistostromlar görülmektedir.



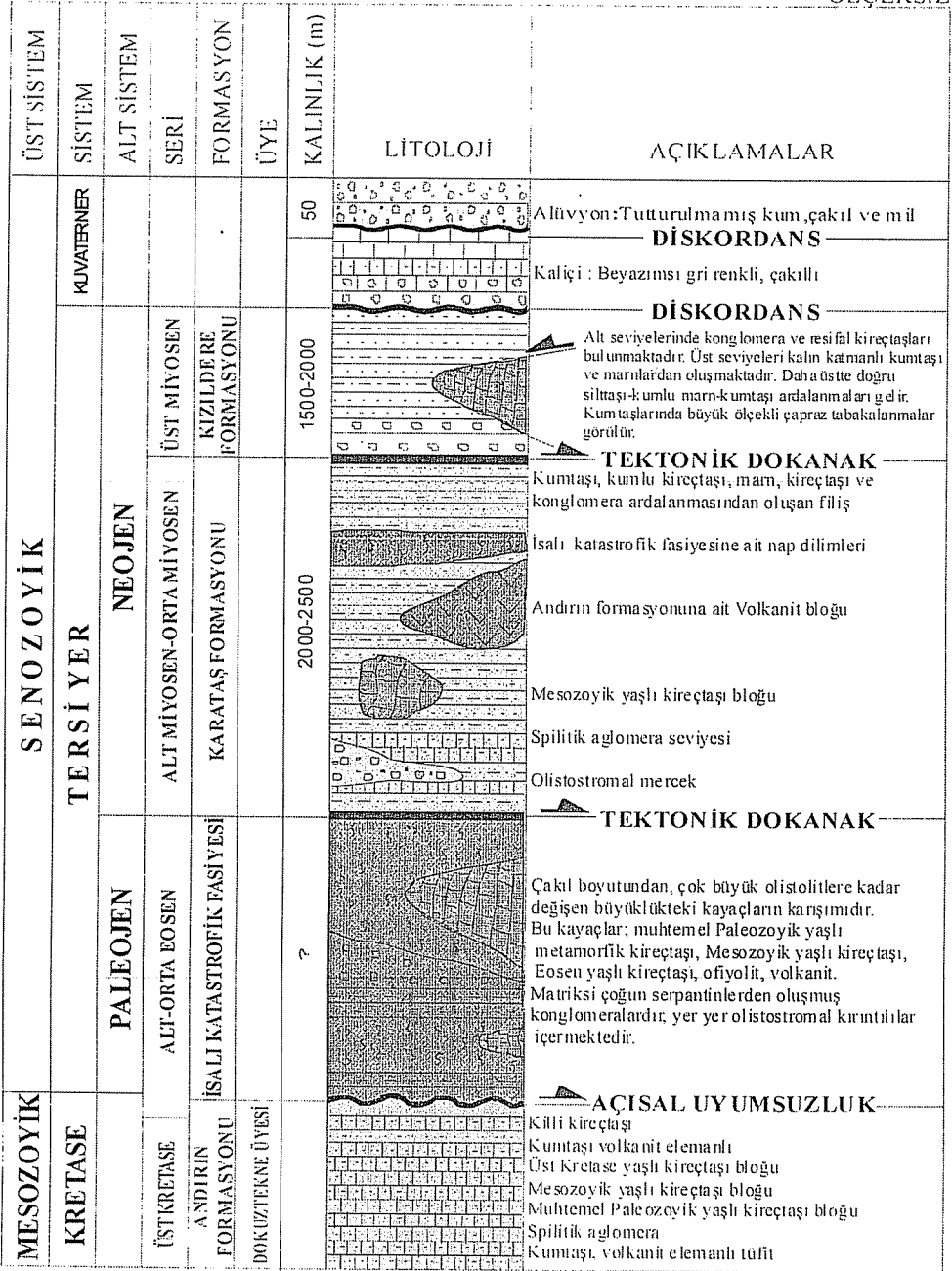
Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası.

YAKAPINAR-İSALİ-YUMURTALIK ÇIVARININ (ADANA) JEOLÖJİK ENİNE KESİTLERİ  
Gülşen UYSAL-2005

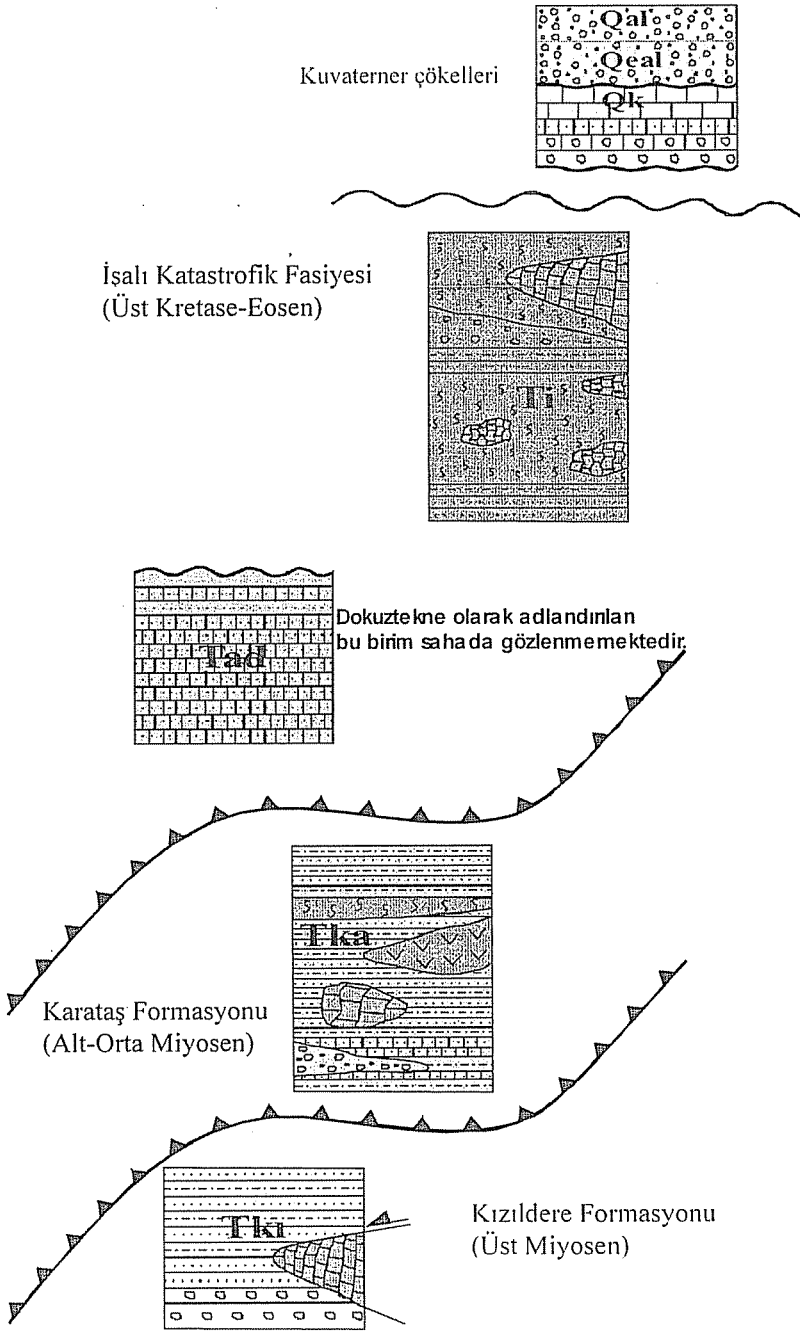


Şekil 3. Çalışma alanının jeolojik enine kesitleri.

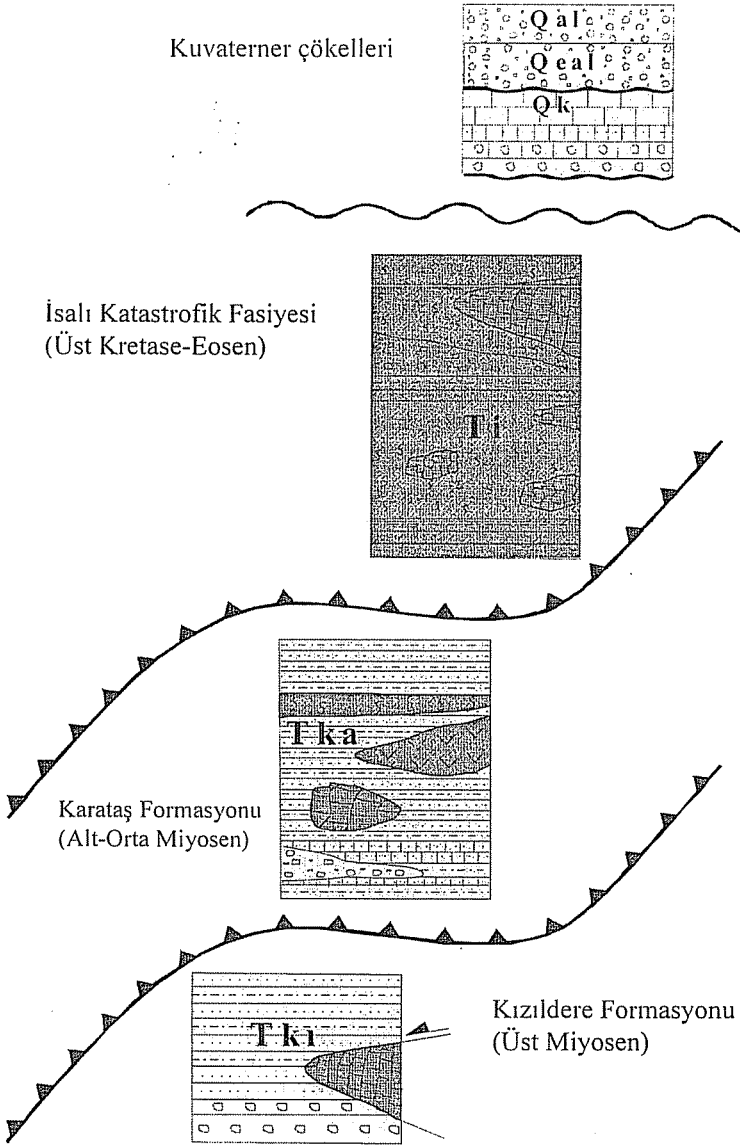
ÖLÇEKSİZ



Şekil 4. Çalışma alanı ve yakın civarının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (Kozlu, 1987'den modife edilmiştir).



Şekil 5. Çalışma alanı ve yakın civarının geliştirilmiş stratigrafik kesitinin arazideki yerleşim şekli.



Şekil 6. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesitinin arazideki yerleşim şekli.

İsalı katastrofik fasiyesinin alt birimi olarak ofiyolitik birimin, kireçtaşı olistolitlerinin etrafını sarmış halde, içerisine değişik litolojili kayalar da alarak bölgeye Akitaniyen'de yerleştiği veya yerleşmenin devam ettiği şeklinde değerlendirilmiştir (4, 5). Tektonizma etkisi ile kayalar oldukça karışık ve iç içe girmiş bir durumda gözlenmiştir.

İsali katastrokfik fasiyesinin alt birimi olarak kumlu-marnlı birim ise; ofiyolit birim içerisinde mercek ve tabakalanmalar halinde, bazı yerlerde ise karmaşık yığılımlar şeklinde kireçtaşı birimi ile tektonik dokanaklıdır. Tabakalar belli bir yönde eğimli olmayıp, genellikle kıvrımlanmış ve kırıklı bir durumdadır. Misis dağlarında, Ceyhan ilçesi civarında, Andırın yöresinde geniş yüzeylemeleri görülen ve büyük boyuttaki çeşitli kayalara ait alloktonlar, Üst Eosen- Oligosen yaşlı havzanın çökelleri içinde yer alır.

Bölgede yer yer İsali katastrokfik fasiyesi ve Andırın formasyonunun bir üyesi olarak kabul edilen Dokuztekne üyesinin birlikteliğiyle (Şekil 5), yer yer de sadece İsali katastrokfik fasiyesinin bireysel olarak Karataş Formasyonu'nun içerisinde allokton olarak bir yerleşimi söz konusudur. İnceleme alanında sadece İsali katastrokfik fasiyesinin Karataş Formasyonu'nun içerisinde allokton olarak yerleşimi söz konusudur (Şekil 6). Andırın yöresinde Karataş Formasyonu'nun taban kesimi görülmez. Bu yörelerde bu formasyon, denizaltı yelpaze çökellerinden meydana gelmiş olup, tipik Bouma istifinin tüm özelliklerini yansıtmaktadır (5, 6). Kızıldere Formasyonu Yumurtalık ilçesi batısından başlayarak Yumurtalık fayı boyunca anormal dokanaklı olarak transgresif başlayan bu istif zamanla kısmen derinleşen bir havzada çökelmiştir. İstif üst düzeylerde tedricen sığlaşmaktadır. Kaliçi birimi, Misis Tepeleri yöresinde yamaç eğimine uygun konumda çökelmiş olup, üzerine gelen alüvyonla birlikte Misis Karmaşığını yer yer açısız uyumsuzlukla örtmektedir.

#### 4. LİTOLOJİK BİRİMLER

##### 4.1. İsali Katastrokfik Fasiyesi (Ti)

Daha önceki çalışmalarda Schmidt (1), çalışma alanındaki bu birimi "İsali katastrokfik fasiyesi" olarak adlandırmıştır. Kozlu (7), bu bölgede yaptığı çalışmalarda bu birimi, "Dokuztekne volkano-sedimanterleri" olarak incelemiştir. Bu olistostrom ve filiş seviyelerinin altında yer alan Alt Eosen yaşlı killi kireçtaşı ve marnlar ve daha altta bulunan Üst Kretase yaşlı volkano-sedimanter oluşuklar İsali katastrokfik fasiyesi olarak adlandırılmıştır (4, 5). Bazen çok iri olistolitler kapsayan olistostromal seviyeler, taşınmış ofiyolitik kayalar, bu ofiyolitik kayalarla birlikte taşınmış çeşitli yaşlardaki kireçtaşı blokları, daha çok kuzeyde görülen ve bu karışık birimin matrisi olarak düşündüğümüz filiş (kumtaşı-marn-kireçtaşı) İsali katastrokfik fasiyesini oluşturur. Formasyonun genel görünümü şarabi, mor ve yeşil renklerdedir.

Formasyonda, etkin tektonik nedeniyle gerek kıvrımlanma, gerekse kırılmalar sebebiyle tekrarlanmaların varlığı söz konusudur. İsali katastrokfik fasiyesinin alt dokanağı tektoniktir. Alt-Orta Miyosen zaman sürecinde Karataş formasyonu çökelirken, İsali katastrokfik fasiyesi ile sahada gözlemlenmemesine rağmen Andırın Formasyonu ve buna bağlı bir üye olarak kabullenilen Dokuztekne üyesi Karataş Formasyonu üzerine bindirme ile gelmektedir. Bölgede yer yer İsali katastrokfik fasiyesi ve Andırın Formasyonunun bir üyesi olarak kabul edilen Dokuztekne üyesinin yerel olarak benzer ortam şartlarında çökelimi, yer yer de sadece İsali katastrokfik fasiyesininin içinde tektonizma nedeniyle Karataş formasyonu'nun içerisinde allokton olarak bir yerleşimi söz konusudur. Çalışma alanında sadece İsali katastrokfik fasiyesininin tektonik nedenlerle Karataş formasyonunun içerisinde allokton olarak yerleşimi gözlemlenmiştir. İsali katastrokfik fasiyesi ile Karataş Formasyonu (K19) arasındaki

tektonik dokanak ilişkisi Şekil 7'de görülmektedir. Bu tektonik dokanağın doğrultu ve eğim değeri K15D/46°KB olarak ölçülmüştür.

Formasyonun alt sınırı tektonik dokanaklı olduğu için gerçek bir kalınlık belirtme olanağı yoktur. Toplanan numuların paleontolojik incelemeleri yapılamadığından Eroskay (8) tarafından Maestrihtiyen-Alt Eosen yaşı birimin yaşı olarak kabul edilmiştir.

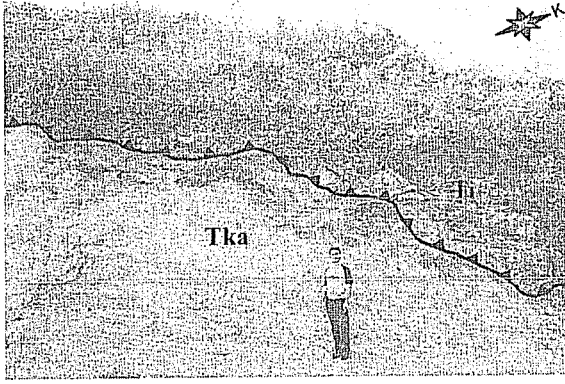
İsalı katastrok fasyesi; denizaltı volkanikleri ve bununla eşitli çökellerden oluşmuştur.

#### 4.2. Karataş Formasyonu (Tka)

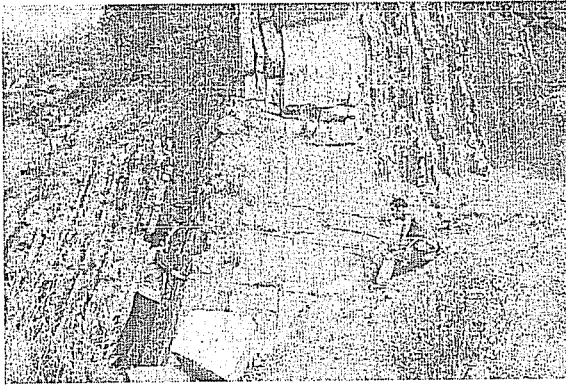
Kozlu (7), Karataş Formasyonu'nu Orta Miyosen yaşı istif için kullanmıştır. Bu formasyonun yayılım alanı, KB taraftan ve üstten Sarıkeçili-Karatepe bindirmesiyle; GD taraftan ve alttan ise, Yumurtalık fayı ile sınırlandırılmıştır. İnceleme alanında bu formasyon, genelde türbiditik karakterli, deforme olmuş, derin denizel çökellerle temsil edilmektedir. Ayrıca, istifin değişik düzeylerinde yine türbiditik özellikli denizaltı yelpaze çökellerine ait çakıltaşı seviyeleri bulunmaktadır. Birim özellikle Yakapınar'ın güneyinde geniş yüzlekler vermektedir. Aslantaş-Misis dağları yöresinde Davul Tepe'den (A20) alınan kumtaşı örneğinde derin denizel özelliği veren *Globigerina* sp. fosillerinin bulunuşu birime Üst Kretase sonrası yaşını vermektedir. Ancak daha geniş yelpazeden bakılabilmesi için birkaç yıkama numunesinin daha yapılmış olmasına rağmen paleontolojik bulguya rastlanılamamış olup, bundan dolayı, Schiettecatte (2) tarafından verilen Alt Miyosen sonu-Orta Miyosen başı birimin yaşı olarak kabul edilmiştir. Birimin egemen litolojisi kumtaşı ve şeyildir. Karataş formasyonu; ince-orta ve yer yer kalın tabakalı kumtaşları ile orta kalın tabakalı, laminalı şeyillerin düzenli ve eşit aralanımından oluşmaktadır. Kumtaşı; taze kırık yüzeyi gri, ayrılmış yüzeyi kahverengi-siyah, paralel katmanlı ve genellikle belirgin derecelenmelidir. İnce kum boyu taneler karbonat çimento ile sıkı pekişmiştir. Ömerbağ Tepe'nin (E20) yaklaşık 1 km kuzeyinde Karataş Formasyonu içerisindeki yukarı doğru incelen türbiditik seri içerisinde gözlenen yer yer kalın tabakalanma gösteren kalın kumtaşı tabakasının kalınlığı şerit metre yardımıyla 2.60 m ve doğrultu-eğim değerleri de K64D/78KB olarak ölçülmüştür (Şekil 8). Birimdeki kumtaşları eğim yukarısı volkanokastikle beslenmiş orta dereceli siyahımsı-sarı kalın tabakalı, orta derecede pekişmiş yapıdadırlar. Formasyonun alt sınırı Işıklımezar tepe ile Davul tepe arasında tam net olarak görülememekle birlikte gerek renk farkından gerekse yapısal konum farklılıklarından olsun bir geçişin olduğu fark edilebilmektedir. Formasyonun alt sınırı bir ters fayla kırılarak Kızıldere Formasyonu ile anormal dokanak ilişkisi göstermektedir. Karataş Formasyonu'nun üst seviyelerinde yer yer kaliçi ve alüvyonlar bulunmaktadır.

Birimin üst dokanağı ise tektoniktir. Genel olarak çalışma alanının yakın civarında Karataş Formasyonu üzerine yer yer Andırın Formasyonu ve onun bir üyesi olarak kabul edilen Dokuzteknü üyesi ve İsalı katastrok fasyesi yer yer de İsalı katastrok fasyesi bindirme ile gelmiştir. Çalışılan paftada ise sadece İsalı katastrok fasyesinin Karataş Formasyonu'nun üzerine bindirme ile geldiği görülmektedir.





Şekil 7. İsalı katastrofik fasiyesi ile Karataş Formasyonu (G 18) arasındaki tektonik dokanak ilişkisi (Güllüpınar Tepe güneyi).



Şekil 8. Ömerbağ Tepe'nin (F21) yaklaşık 1 km kuzeyinde Karataş Formasyonu içerisindeki yukarı doğru incelen türbiditik seriden bir görünüm.



Şekil 9. Kızıldere Formasyonu'nun içerisindeki birimlerin ardalımının Paşaninkeli Tepe'den (K24) görünümü.

#### 4.3. Kızıldere Formasyonu (Tk1)

Yumurtalık ilçesi kıyılarında, Yumurtalık Fayının güneydoğusunda yüzlek veren Alt-Orta Miyosen yaşlı Kızıldere formasyonu (Tk1) ilk defa Schmidt (1) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon genel olarak gri-açık kahverengi renkli orta-kalın tabakalı kumtaşı ve şeyl seviyeleri ardalanmasından oluşmaktadır. Kızıldere Formasyonu'nun transgresif aşmalı olması nedeniyle, bazı yerlerde konglomera, bazı yerlerde resifal kireçtaşı, bazı yerlerde de istifin üst ardalanması seviyesi tabanda yer almaktadır. Taban konglomerası, formasyonun üzerine çöktüğü birimlerin çakıllarını ve bloklarını içermektedir. Kızıldere Formasyonu'nun tabanında yer yer konglomeraların üzerinde yer alan resifal kireçtaşları; bol alg, tekçe mercan, koloni halinde mercan, Ekinit, Lamelli, Gastropod vb. gibi makro fosillidir. Daha üst seviyeleri oluşturan kumtaşı, marn ve seyrek görülen killi kireçtaşlarıdır ve yer yer denizel ortam özelliğini taşıyan formlar bulunmuştur. Birim, Yumurtalık-Osmaniye-Bahçe-Haruniye bölgesinde kömürleşmiş bitki kırıntıları içermektedir (6). Kızıldere Formasyonu'nun içerisindeki birimlerin ardalanımın Paşaninkeli Tepe'den (K24) görünümü Şekil 9'da verilmiştir. Paşaninkeli tepesinde paralel laminalanma sunan bu formasyonun eğim ve doğrultu değerleri pusula yardımıyla K85D/59KB olarak ölçülmüştür.

Formasyonun alt dokanak ilişkileri sahada net olarak görülememektedir. Kızıldere Formasyonu'nun üst dokanağı faylıdır. Yumurtalık ilçesi batısından başlayan Yumurtalık fayı boyunca Kızıldere formasyonu anormal dokanaklıdır.

Kozlu (7), birimin yaşını Serravaliyen-Messiniyen olarak vermiştir. Transgresif başlayan bu istif zamanla kısmen derinleşen bir havzada çökelmiştir. İstif üst düzeylerde tedricen sığlaşmaktadır.

#### 4.4. Kaliçi (Qk)

Bu yörelerde daha çok Karataş formasyonu üzerinde ve kuzeybatıda Adana havzasının Helvesiyen yaşlı istifi üzerinde bulunmaktadır.

Kaliçler gevşek kireçtaşı oluşuğu, diğer bir deyimle traverten özelliğindedir. Kalişlerin içerisinde Misis tepeleri yamaçlarında tepelerden yuvarlanan Mesozoyik kireçtaşı, çakıl ve blokları bolca izlenmektedir. Kaliç birimi, Misis Tepeleri yöresinde yamaç eğimine uygun konumda çökelmiştir. Ancak Misis kuzeyindeki geniş yayılımı yaklaşık yatay konumdadır. Kalınlığı birkaç cm'den birkaç m'ye ulaşmaktadır. İçerisinde fosil bulunmayan karasal ortamda kapilarite olayı ile oluşmuş birimin yaşı 'Pliyosen-Kuvaterner' dir.

#### 4.5. Alüvyon (Qal)

Taşınan malzemenin çökeltmesiyle, oldukça kalın olduğu tahmin edilen alüvyon 'Kuvaterner' yaşındadır.

Adana baseninde. Adana ovasını oluşturan eski alüvyonları (Qeal) ile dere boylarında gelişmiş genç alüvyonlar (Qal) bulunmaktadır. Eski alüvyonlar genellikle bitkisel toprak ile örtülü bulunmaktadır. Yeni alüvyonlar ise dere boylarında gelişmiş olup genelde kötü boylanmış, tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil malzemesinden oluşmaktadır. Seyhan ve Ceyhan Nehirlerinin menderesli yapıları ince taneli (silt-kil) malzemelerin çökelmelerine imkan vermektedir. Genellikle topografya düzlüklerini

oluşturan altıvyonlar, kaliçi oluşumları üzerinde bulunmakta olup, Misis Karmaşığı'nı birlikte yer yer açısız uyumsuzlukla örtmektedir.

## 5. YAPISAL JEOLJİ

Çalışma alanı Türkiye'nin en önemli tektonik ilişkilerinden birinin bulunduğu Adana-Yumurtalık arasında olan değişik bölgelere ait jeolojik birliklerin birbirleriyle kenetlendiği yerin yakın kısmında bulunmaktadır. Misis-Andırın Karmaşığının yayılım alanı, Misis dağları, Ceyhan ilçesinin güney tarafını, Aslantaş yöresini, Kadırlı-Andırın-Göksun ilçeleri çevrelerini kapsamakta, güneybatıdaki devamı ise Kıbrıs-Beş parmak dağlarına kadar uzanmaktadır. Buji-Duval ve ark. (3), Doğu Akdeniz Neojeni ile ilgili olarak yapmış oldukları araştırmalarda, Misis Dağlarının jeolojisini araştırmış, bu bölgenin Antalya'dan başlayarak, Kıbrısın kuzeyini de içine alarak geçen, Misislerden, Andırın ve Bitlis'e kadar uzanan yapısal bir hat olduğunu belirtmişlerdir. Misis-Andırın kompleksi'nin güney tetisin kuzeye doğru dalmasının geç evresinde gelişen ve aynı zamanda Toros (Eurisia) ve Arap (Afrika) levhalarının Orta Eosen'den erken Miyosen dönemindeki kıta-kıta çarpışması nedeniyle bir yığışım prizması şeklinde geliştiği şeklinde yorumlanmaktadır (9).

Güneydoğu Anadolu bölgesine ait gelişen Neojen yaşlı tektonik hatların uzanımı inceleme alanında KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı faylara ve bindirmelere dönüşmekte olup, sözkonusu alanda her türlü yoğun tektonik etkilerin izleri (fay, bindirme, sürüklenim) görülmektedir. Çalışma bölgesinde havzalar arasındaki önemli tektonik hatları gösterir şematik harita (7) Şekil 10' da verilmiştir. Kozlu (10, 11) bu bölgedeki tektonik hatları ayrı ayrı Aslantaş Fay Zonu, Yumurtalık Fayı (Bindirme), Sarıkeçili-Karatepe Fayı (Bindirme), Karataş ve Zeytinbeli Fayları olarak tanımlayarak haritalamıştır. Misislerin kuzey kesimlerindeki Alt Miyosen yaşlı basenler normal faylanma-açılma rejimine (doğrultu boyunca açılmaya doğru) yönelik bir tektonik yerleşke sunmaktadır (9, 12). KD-GB uzanımlı Andırın segmenti, muhtemelen Toros kenarının Mesozoyikteki paleocografik ötelenmesi olarak meydana gelmiştir. Bu tektonik konum, Tersiyer süresi sonlarında gelişen çarpışma ile aktive olarak, doğrultu atım (ve doğrultu boyunca açılma) konumuna dönüşmüştür. Pliyo-Kuvaterner dönem, Doğu Anadolu transforim fayı boyunca sol yanal doğrultu atımlı faylarla baskın olarak temsil edilmekte olup, bu hatlar Misis-Andırın kompleksini kesmektedirler (9).

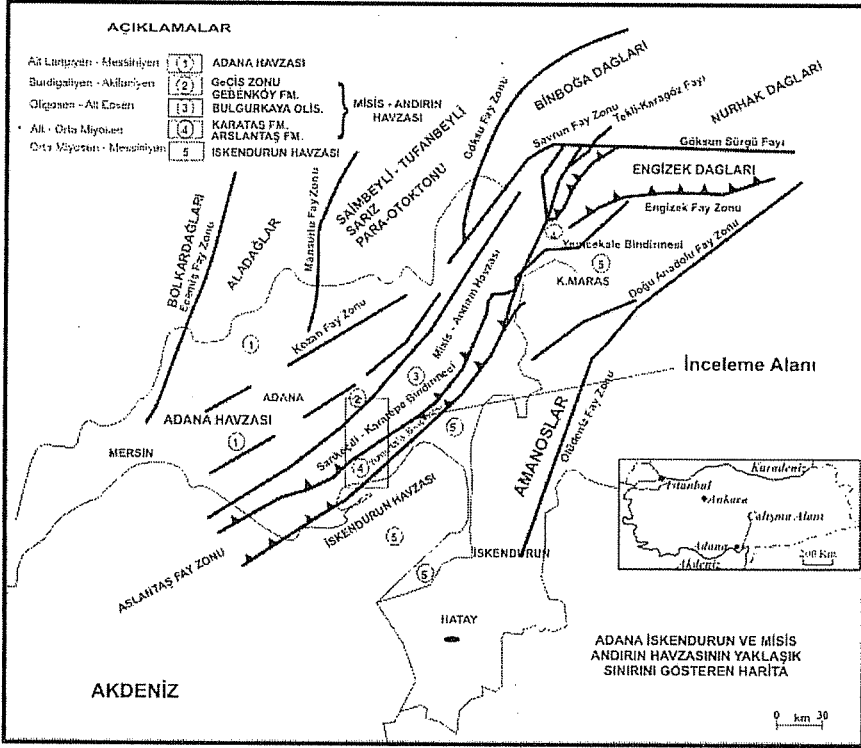
### 5.1. Aslantaş Fay Zonu

Bu fay, Kozlu'nun (7), Misis-Andırın yöresinde yaptığı çalışmalarda Aslantaş-Karataş fayı olarak tanımlanmıştır. Daha sonra, Karig ve Kozlu (10) tarafından bu fay, bölgede yaptıkları çalışmada sadece Aslantaş Fay Zonu olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada, Aslantaş Fay Zonu ile ilişkili geliştiği saptanan Yumurtalık fayı, Sarıkeçili-Karatepe bindirmesi, Aslantaş tektonik hattının bileşenleri olarak tanımlanmıştır.

Bu tektonik hat, inceleme alanında yaklaşan ve sıkışan levha hareketlerine bağlı olarak Anadolu-Afrika kıtaları kenarı boyunca gelişmiş sol yönlü doğrultu atımlı fay zonedir (Şekil 10). Bu tektonik hat, Misis-Andırın havzası içinde ve geniş bir fay zonu şeklinde geliştiği için söz konusu havza istiflerini aşırı makaslamaya uğratmıştır (7). Aslantaş fayının sol yanal atım etkisiyle Sarıkeçili-Karatepe, Bostanlı-Çuhadarlı, Yenicekale bindirmesi ve Yumurtalık fayı oluşmuştur (Şekil 10). Aslantaş fayı, söz

konusu bu bindirme bileşenleri ile birlikte tipik bir Pozitif çiçek yapısı (Positive Flower Structure) göstermektedir (7).

Fayın, başlangıç yaşı muhtemelen Oligosen-Erken Miyosen'dir. Ancak bu tektonik hat, aktif kıta kenarında geliştiği için Neojen döneminde sürekli aktif olmuştur. Aslantaş fayı, geç Miyosen sonu kıvrım-bindirme şekline dönüşmüştür.



**Şekil 10.** Çalışma bölgesinde havzalar arasındaki önemli tektonik hatları gösterir şematik harita (7).

## 5.2. Yumurtalık Fayı

Yaklaşık KD-GB doğrultusunda uzanan bu bindirmenin yaşı, üst Miyosen sonu-üst Pliyosen öncesidir. Bu tektonik hat, Kozlu (7, 10) tarafından Yumurtalık ilçesinden alınarak adlandırılmıştır.

Yumurtalık yöresinde bindirme karakterli olan bu tektonik hat, İskenderun Neojen havzası istifiyle, Misis-Andirin havzasının Kızıldere-Karataş formasyonları arasında ve iki havzanın sınırını oluşturacak şekilde (Şekil 10) gelişmiştir (7).

Yumurtalık fayının geçtiği tektonik kuşak, Geç Pliyosen döneminde genişleme rejiminin etkisine girerek, yeniden hareket kazanmıştır. Bu olay, Aslantaş fayının yanal hareketine bağlı olarak Yumurtalık Tektonik Hattı'nın genişlemeli (transtensional)

konuma geçmesiyle ilgilidir (7). Yumurtalık fayı, kuzeye ait allokton ve neo-otokton birlikler ile güney tarafta yer alan Arap otoktonu ve üzerindeki neo-otokton birimler arasında, sütün zonu bölgesinde Aslantaş fayının bindirme bileşenlerinden biri olarak kabul edilebilir.

### 5.3. Sarıkeçili-Karatepe Bindirmesi

Bu bindirme, Kozlu (7) tarafından Misis-Andırın yöresinde tanımlanarak isimlendirilmiştir. Sarıkeçili-Karatepe Bindirmesi, Karataş ilçesinin kuzey tarafından Karataş fayı civarından yüksek eğimli fay olarak başlamaktadır. Bu tektonik hat KD-GB doğrultusunda olup, yaklaşık Yumurtalık bindirmesine paralel uzanmaktadır (Şekil 10). Sarıkeçili-Karatepe hattında 5-50 m arasında değişen makaslama zonu (shear zone) gelişmiştir. Bu bindirme, inceleme alanındaki Karataş Formasyonu'nu aşırı deformasyona uğratmış olup, istifteki sık ve devrik kıvrımlanmalar, ters faylanmalar, kırılmalar ve topuk yapılar gelişmiştir.

## 6. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Çukurova basen kompleksinde sınırlı bir alanda yüzeyleyen ve Misis Karmaşığı diye adlandırılan birimlerin ayırtlanmasına çalışılan, bölgede yüzeyleyen İsalı katastrofik fasiyesi, Karataş Formasyonu ve Kızıldere Formasyonu'na ait kayaçların arazi incelemeleri ve laboratuvar çalışmaları desteği ile bölgenin stratigrafisinin, tektoniğinin belirlenmesi ve paleontolojik, sedimanter-petrografik açılardan incelenerek tanımlamalarının yapılması amaçlanan bu çalışmanın ana sonuçları şu şekilde özetlenebilir;

1. Mersin O35a2-O35a3 Paftalarını kapsayan inceleme alanında gözlenen İsalı katastrofik fasiyesi; ofiyolitik birim, kireçtaşı birimi yer yer de kumlu-marnlı birim olmak üzere üç alt birime ayırtlanmıştır.
2. Miyosen sonu ve sonrası süregelen aktif tektonik nedeniyle inceleme alanındaki Kuvaterner öncesi tüm birimler, yaklaşık olarak kuzeybatıya doğru eğimli yapılar kazanmışlardır.
3. Çalışma alanındaki formasyonların dokanak ilişkileri incelendiğinde; Üst Kretase-Eosen yaşlı İsalı katastrofik fasiyesinin alt dokanağı tektoniktir. İnceleme alanının yakın doğu kesiminde bu birimin tabanında bulunan aynı yaştaki Dokuztekn Üyesi ile birlikte Alt-Orta Miyosen yaşlı Karataş Formasyonu üzerine bindirme ile gelmektedir. Çalışma alanında ise sadece İsalı katastrofik fasiyesi, Karataş Formasyonu üzerine bindirme ile geldiği görülmüştür. Belirtilen bu iki birim de Üst Miyosen yaşlı Kızıldere Formasyonu üzerinde tektonik dokanaklıdır. Karataş Formasyonu'nun alt sınırı ters bir fayla kırılarak Kızıldere Formasyonu üzerinde tektonik anormal dokanak ilişkisi göstermektedir. Birimin üst dokanağı ise tektoniktir. Kızıldere Formasyonu'nun alt dokanak ilişkileri sahada net olarak görülememektedir. Formasyonun üst dokanağı faylıdır. Stratigrafik olarak en üst seviyeler Kuvaterner yaşlı kaliçi ve alüvyonlarla temsil edilmekte olup, diğer bütün birimler üzerinde açısız uyumsuzlukla bulunmaktadır.
4. Bölgedeki tektonik dilimlerin KD-GB uzanımında geliştiği, bununda KB-GD yönlü kompresif deformasyonlar sonucunda geliştiği sonucuna varılmıştır.

5. Aslantaş Fay Zonu, Misis-Andırın havzası içinde havza istiflerini aşırı deformasyona uğratmıştır.
6. İnceleme alanındaki alüvyonun içerisinden geçen tektonik hatlar nedeniyle bölgedeki tektonizmaya etkisinin Kuvaterner'e kadar geldiği sonucuna varılmıştır.
7. Levha sınırına yakının olması nedeniyle, inceleme bölgesinin sismik aktivitesinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.
8. Bindirme tektoniğinin Geç Miyosen-Pliyosen döneminde geliştiği sonucuna varılmıştır.

## 7. KAYNAKLAR

1. Schmidt, G.C., "Stratigraphic Nomenclature For The Adana Region, Petroleum District VII: Petroleum Administration Bul", 6, 47-63, Ankara, 1961.
2. Schittecatte, J.P., "Geology Of The Misis Mountain The Petroleum Exploration Society Of Liby", 305-312, Tripoli-Libya, 1971.
3. Biju-Duval, B., Courrier, P., and Letouzey, J., "Inter-Pretation De La Structure Des Monts De Misis, Turquie (Chevauchement Pliocene Et Masses Allochtones Mises En Place Au Miocene) Et Son Extension En Mediterranee Orientale: Deuxieme Reunion Ann. Sci. Tere. Nancy", P.4, 1974.
4. Kelling, G., Gökçen, S.L., Floyd, P.A and Gökçen, N., "Neogene tectonics and plate convergence in the Eastern Mediterranean: new data from southern Turkey, Geology 15, 425-429, 1987.
5. Gökçen, S.L., Kelling, G., Gökçen, N., and Floyd, P.A., "Sedimentology of a Late Cenozoic Collisional Sequence: The Misis Complex, Adana, Southern Turkey: Sedimentary Geology", 59, 205-235, 1988.
6. Kozlu, H., "İskenderun ile Misis-Andırın Neojen Basenlerinin Tektono-stratigrafik Birimleri ve Doğu Akdeniz Bölgesinde Tektonik Evrimi", Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 189 S., Adana, 1997.
7. Kozlu, H., "Misis-Andırın Dolaylarının Stratigrafisi Ve Yapısal Evrimi", Türkiye 7. Petrol Kongresi Dergisi, 104-116. Ankara, (Yayınlanmış), 1987.
8. Eroskay, O., Yılmaz Y., Gürpınar, O., Yalçın, N., Gözübol, A.N., "Ceyhan-Berke Rezervuarının Jeolojisi Ve Mühendislik Jeolojisi", TJK Bült., 21, 1, 51-66, 1978.
9. Robertson A., Ünlügenç, U.C., İnan, N., Taslı, K., "The Misis-Andırın Complex: a Mid-Tertiary melange related to late-stage subduction of the Southern Neotethys in S Turkey", Journal of Asian Earth Sciences, 22, 413-453, 2004.
10. Karig, D.E. and Kozlu, H., "Late Paleocene evolution of the triple junction region near Maraş south-central Turkey", Journal of the Geological Society, London, 147, 1023-1034, 1990.
11. Kozlu, H., "İskenderun Baseni Jeolojisi ve Petrol Olanakları", TPAO Rapor No: 1921, Ankara, 1982.
12. Ünlügenç, U.C., "Controls on Cenozoic sedimentation in the Adana Basin, Southern Turkey", Unpublished Ph.D. Thesis, Keele University, UK. P.229, 1993.

## OSMANİYE KENTİNDE YEŞİL ALANLAR VE KENT NAZIM İMAR PLANLARINDA YEŞİL ALANLAR

**Gülcan TÜRKOĞLU**

*Ç.Ü., Osmaniye MYO, Çevre Koruma Programı, Osmaniye/Türkiye*

**Nilgün YÜCEER**

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

**ÖZET :** *Araştırmada Osmaniye kentinde mevcut aktif yeşil alanlar, Nazım İmar ve Çevre Düzeni Planlarında yeşil alanlar incelenmiştir. Mevcut yeşil alanların ve İmar planlarında yeşil alanların bir sistem oluşturup oluşturmadığı incelenmiş, kentsel gelişmede alınması gereken önlemler tespit edilmiştir.*

*Araştırma sonucunda mevcut aktif yeşil alanların bakımsız, artan nüfusa göre yetersiz ve halkın ihtiyaçlarına yanıt veremeyecek durumda olduğu belirlenmiştir. Kent imar planları da yeterli bir yeşil alan sistemi oluşturamamıştır. İmar planlarının sık sık revize edilmesi, yeşil alanların aleyhine olmuş, ancak 2001 Nazım İmar Planında, jeolojik etüt sonuçlarına göre yeşil alanlar artırılma yoluna gidilmiştir.*

*Bu koşullar altında, kent içerisinde ve çevresinde doğala yakın bir kent ekolojisinin oluşturulması, korunması ve geliştirilmesi için yeşil alan sistemleri önerilmiştir.*

### EXISTING AND PLANNED PUBLIC ACTIVE GREEN SPACES IN THE CITY OF OSMANİYE

**ABSTRACT :** *This study has been done by researching the existing active green spaces and regional and land use plans of the city of Osmaniye. The existing green spaces have been studied as a system and its important determinants have been listed.*

*The study has shown that the active green spaces are inadequate and unkept. It has been determined that active green spaces are few and in low quality. The urban plan does not create a system of green spaces. The continuous revisions have been negated green spaces until the 2001 Regional Plan which has increased the area green spaces.*

*Under this conditions it is recommended that in order to create green spaces that ecologically resembles nature a green park system should be created.*

## 1. GİRİŞ

“Avrupa Kentli Hakları” bildirgesi, Avrupa yerleşimlerinde yaşayan kent sakinlerinin sahip olduğu hakları; güvenlik, temiz sağlıklı bir çevre, istihdam, konut, dolaşım, sağlık, spor ve dinlenme, kültür, kültürler arası kaynaşma, kaliteli bir mimari ve fiziksel çevre olarak tanımlanmaktadır (1). Bu koşulların sağlanması ise planlama; imar planlarında iyi bir yeşil alan sistemini kurabilmekle mümkündür.

Kentli insanların ruhsal ve fiziksel gereksinimlerinin karşılanması, doğal zenginliklerin korunması, turizmin gelişmesi, yerleşim alanlarıyla-ticaret ve sanayi alanları arasında tampon bölgeler oluşturması, yaya ve taşıt dolaşımını kolaylaştırması gibi kente bir çok yararlar açık ve yeşil alanlarla sağlanır (2).

Açık ve yeşil alanlar kent içinde görsel ve fiziksel olarak doluluk-boşluk dengesini sağlayan önemli bir unsurdur. Kentsel ölçekteki açık ve yeşil alanlar (kent parkı, botanik bahçesi, stad vb.) ve yerel ölçekteki açık ve yeşil alanlar (çocuk bahçesi, çocuk oyun alanı, spor alanı) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Belediye ve mücavir alan sınırları içindeki açık ve yeşil alanlar; aktif alanlar, yarı aktif (sınırlı) alanlar ve pasif yeşil alanlar olarak üç kısımda ele alınmaktadır (3).

Aktif alanlar: Eğlence, dinlenme, sağlık vb. amaçlar için düzenlenen, ticari de olabilen halkın doğrudan kullanımına açık alanlardır. Bunlar; parklar, çocuk bahçeleri, fuar alanları, hayvanat- botanik bahçeleri, çay bahçeleri gibi ticari amaçlı da düzenlenen ağaçlık-ormanlık, piknik ve gezinti alanlarıdır.

Yarı aktif (sınırlı) alanlar: Bir bedel veya özel bir belge karşılığı sınırlı kullanılabilen organize yeşil alanlardır. Spor alanları, hipodrom, golf, tenis kulübü, kamu kuruluşlarına ait büyük spor ve yeşil alanlar (DSİ, üniversite, vb) dir.

Pasif yeşil alanlar: Halk kullanımına açık olmayan, koruma, estetik, vb amaçlarla düzenlenen yeşil alanlardır. Meyvelik, fidanlık, kavaklık, mezarlık, topoğrafik nedenlerle ağaçlandırılıp aktif kullanımı mümkün olmayan alanlar ile iki kullanım arasında koruma bandı olarak düzenlenmiş, ağaçlıklar, ormanlar, korkuluklar, eski eser ve kültürel amaçlı düzenlenmiş kullanımlar çevresindeki yeşil alanlardır (3).

3194 sayılı imar kanununda yeşil alan, toplumun yararlanması için ayrılan oyun alanı, çocuk bahçesi, dinlenme, gezinti, piknik, eğlence ve kıyı alanları toplamı; metropol ölçekte fuar, botanik ve hayvanat bahçeleri ile bölgesel parklar olarak tanımlanmaktadır (4).

İmar kanununda sosyal ve kültürel alt yapı alanları içerisinde yeşil alanlar; yeşil alan (çocuk bahçesi, parklar, piknik ve eğlence (rekreasyon) alanları), spor ve oyun alanları olarak ikiye ayrılmaktadır. 1/5000 ölçekli nazım imar planı lejantında, açık ve yeşil alanlar; aktif yeşil alanlar (parklar ve dinlenme alanları, çocuk bahçesi, oyun alanları) ve diğer yeşil alanlar (orman alanları, makilik, fundalık ve çalılık alanlar, fuar, panayır ve festival alanları, mezarlıklar) olarak yer almaktadır. Spor alanları ise kentsel sosyal alt yapı alanları içine alınmakta ve kentsel ve bölgesel büyük spor alanları, kapalı ve açık semt spor alanları olarak ikiye ayrılmaktadır. İmar planlarında kentsel sosyal alt yapı alanları içinde aktif yeşil alanların standart ölçüsü kişi başına 10 m<sup>2</sup> olarak verilmiştir (4).

Çevre düzeni plan lejantında yeşil alanlar; büyük ve açık alan kullanışları (milli park, fuar, panayır, festival alanı, büyük kentsel yeşil alanlar, kentsel ve bölgesel büyük spor alanları), tarım alanları (tarımsal niteliği korunacak alanlar, tarımsal niteliği



korunacak özel mahsul alanları, narenciye, zeytinlik, fıstıklık vb seralar, mera, orman) ve ağaçlandırılacak alanlar olarak üçe ayrılmıştır (4).

Gerek kentsel ve gerekse kırsal alanda açık ve yeşil alanların kentleşmeye yenik düşmesi sonucu başta iklim ve doğal dengenin bozulması gibi bir çok fiziksel problemin yanı sıra, kent sosyo-kültürel hayatını olumsuz etkileyen problemlerin ortaya çıkması da kaçınılmaz olmaktadır.

Günümüzde açık ve yeşil alanlara duyulan ihtiyaç gittikçe artmaktadır. Ülkemizde özellikle göç tehdidinde olan büyük kentlerimize her geçen gün açık ve yeşil alanlar için olumsuz gelişmeler yaşanmaktadır. Spekülatif amaçlarla kullanılması, yeni yeşil alanlar yaratmak şöyle dursun, var olan yeşil alanlarında işlev dönüşümleri ile yok olmasına neden olmaktadır.

Osmaniye kenti göç problemi yaşayan ve 1996 yılında il olmasıyla da hızla gelişmektedir. Bu durumda, yeşil alanlar da tehdit altında olmaktadır. Açık ve yeşil alanların incelemesi amacıyla yürütülen bu çalışmada mevcut aktif yeşil alanlar ve imar planlarındaki aktif yeşil alanlar araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Araştırma, Osmaniye Belediyesi, belediye ve mücavir alan sınırları içinde yapılmıştır. Araştırmanın materyali; Osmaniye kentinin mevcut aktif yeşil alanları ile bugüne kadar yapılmış Osmaniye nazım imar planları ve çevre düzeni planlarında yeşil alanlar olmaktadır.

Mevcut yeşil alanlar nitel ve nicel yönden incelenip, sonuçlar çizelgelerde gösterilerek, açık ve yeşil alanların kişi başına düşen büyüklüklerine ilişkin değerlendirmeler yapılmış, öngörülen standartlara benzerlikleri ortaya konulmuştur. Aynı zamanda, şimdiki durum ve gelişme projeksiyonu içinde, gelecek için yeşil alan sistemlerinin ana hatları verilmiştir. Osmaniye kent planlarına ilişkin yapılan yeşil alan çalışmalarının ilkeleri ve uygulamalarla gerçekleştirilen çalışmalar tespit edilmiş, elde edilen sonuçlara göre gelecek için öneriler sunulmuştur.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 3.1. Osmaniye Kenti Mevcut Yeşil Alan Durumu

İmar yasasında toplumun kullanımına açık aktif yeşil alanlar; parklar ve dinlenme alanları, çocuk bahçeleri ve oyun alanları olarak gruplandırılmıştır. Buna ilaveten, bir çok araştırmacının aktif ve yarı aktif yeşil alan olarak kabul ettiği spor alanları, piknik alanları, eğlence, dinlenme, gezinti ve kıyı alanları araştırmada Osmaniye aktif yeşil alanlarına dahil edilmiştir. Osmaniye kentinde toplumun kullanımına açık aktif yeşil alanların tipleri ve ölçüleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Kent merkezinde D-400 karayolunun güneyinde kalan Şehit Albay Karaoğlu Parkı, kentin en büyük parkıdır. İlk kurulduğunda parkın daha büyük olduğu, daha sonra farklı kullanımlarla alanının azaldığı söylenmektedir. Parkın rekreasyonel işlevi kent bütününe hizmet edecek ölçekte olmayıp, ancak kent içinde bir mahalle parkı olabilecek ölçüdedir. Alanın küçük olması nedeniyle kent bütününe bir peyzaj ve doğa kaynağı sunamamakla birlikte, kent doğa ilişkisini geliştiren işlevi yoktur. Diğer dört adet park alanının yetersiz olması nedeniyle parklar sınıfına girmemektedir. Çizelge 2'de kent

içinde ve yakın çevresinde yer alması gereken açık ve yeşil alanların alan büyüklüğü ve lokalize olacağı alanların standart ölçüsü verilmiştir.

**Çizelge 1.** Osmaniye Kentinde Toplumun Kullanıma Açık Aktif Yeşil Alanların Tipleri ve Ölçüleri

| Yeşil Alan Tipi                           | Yeşil Alan Adı                      | Bulunduğu Mahalle    | Alan Ölçüsü (m <sup>2</sup> ) |
|---|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Parklar                                   | Şehit Albay Karaoğlanoğlu           | İstiklal             | 8000                          |
|   | Sanayi Parkı                        | Sanayi Bölgesi       | 500                           |
|   | Park                                | -                    | 415                           |
|   | Park                                | -                    | 545                           |
|   | Park                                | Cezaevi Yanı         | 800                           |
| Çocuk Bahçeleri                           | Rahime Hatun                        | Rahime Hatun         | 1500                          |
|   | Yunus Emre                          | Yunus Emre           | 2000                          |
|   | Karaçay                             | Karaçay              | 1420                          |
|   | Mareşal Fevzi Çakmak                | Mareşal Fevzi Çakmak | 1129                          |
|   | Haydar Kılıç Aslan (Eski Adı Haras) | Haras                | 850                           |
|   | Karakoyunlu                         | Karakoyunlu          | 3587                          |
|   | Alibeyli                            | Alibeyli             | 2912                          |
|   | Çamlıyol                            | Metin Tamer Blokları | 850                           |
|   | Başmahalle                          | Başmahalle           | 3587                          |
|   | Mimar Sinan                         | İşlevi Değişmiştir   | -                             |
|   | Mehmet Akif Park                    | -                    | -                             |
|   | Spor Alanları                       | Yediocak Stadyumu    | Yıldırım Beyazıt              |
| Kapalı Spor Salonu                        |                                     | Yıldırım Beyazıt     | 7150                          |
| Ümit Karahan Semt Spor Alanı              |                                     | Karaçay              | 11300                         |
| Piknik Alanları                           | Çift Mazı Piknik Alanı              | ZorkunYaylası Yolu   | -                             |
| Eğlenme Dinlenme Gezinti ve Kıyı Alanları | Karaçay Mesire Alanı                | Karaçay Mah.         | 14000                         |
| Toplam                                    |                                     |                      | 78945                         |

**Çizelge 2.** Kent İçinde ve Yakın Çevresinde Yer Alması Gereken Açık ve Yeşil Alanların (1000 kişi için) Aktiviteler için Gerekli Alan Büyüklüğü ve Lokalize Olacağı Alanların Standart Ölçüleri (5).

| Açık Ve Yeşil Alanın Türü        | Nüfus Ölçüsü (da/1000 kişi) |          | Uygun Alan Büyüklük Ölçütü (da) |          | Lokalize Olacağı Rekreasyon Alanları   |
|----------------------------------|-----------------------------|----------|---------------------------------|----------|--|
|                                  | En Az                       | En Uygun | En Az                           | En Uygun |  |
| Çocuk Bahçeleri                  | 2                           | 4        | 2                               | 6        | Tek Olarak, Oyun Alanları, Mahaller, Semt, Kent Parkları, Özel Bahçeler İçinde |
| Çocuk Oyun Alanları              | 4                           | 8        | 8                               | 20       | Mahalle, Semt, Kent, Bölge Parkları ile Okul Bahçelerinde veya Çevresinde      |
| Spor Alanları                    | 2                           | 6        | 40                              | 60       | Tek Olarak veya Semt Parkları İçinde   |
| Mahalle Parkları                 | 6                           | 12       | 20                              | 40       | Tek Olarak veya Semt Parkları İçinde   |
| Semt Parkları                    | 6                           | 14       | 200                             | 400      | Tek Olarak veya Kent Parkları İçinde   |
| Kent Parkları                    | 1                           | 2        | 400                             | 1000     | Kent Rekreasyon Dokusu İçinde Ana Rekreasyon Alanı Olarak                      |
| Yöre Parkları ve Mesire Yerleri  | 4                           | 8        | 1000                            | 2000     | Kent Yakın Çevresinde 30 dk'lık Araba Sürüş Uzaklığında                        |
| Bölge                            | 4                           | 12       | 3000                            | 4000     | Kent Uzak Çevresinde 1-2 sa'lik Araba Sürüş Uzaklığında                        |
| Milli Parklar ve Koruma Alanları | 30                          | 60       |                                 |          |  |

Osmaniye kentinde 10 adet çocuk oyun alanı bulunmaktadır. Mimar Sinan Çocuk Bahçesinin işlevi değiştirilmiş ve okul bahçesi olmuştur. Devlet İstatistik Enstitüsünün verilerine göre 2000 yılı itibarıyla Osmaniye kent nüfusu 173977 kişidir (6). Osmaniye kentinin periyodik büyüme fonksiyonuna göre 2005 yılı nüfusu yaklaşık 201503 alınmıştır (7).

Kent toplam nüfusunun % 35'ini 0-12 yaş grubu çocuklar oluşturmaktadır (8). 2005 yılında 70526 çocuk için 0,25 m<sup>2</sup> çocuk oyun alanı düşmektedir. Rekreatyoneel alanlar için önerilen standart ölçülerde her bir çocuk için 2 m<sup>2</sup> oyun alanı ölçüsü verilmiştir. Kentte daha 123213 m<sup>2</sup> oyun alanı olmalıdır. Çizelge 3'te rekreatyoneel alanlar için standart ölçüler verilmiştir.

**Çizelge 3. Rekreatyoneel Alanlar İçin Standartlar (9)**

| Aktivite Tipi           | Kişi Başına Düşen Gerekli Alan (m <sup>2</sup> /kişi) | İdeal Alan (da) | Kent İçindeki Yeri |
|-------------------------|---|-----------------|--------------------|
| Çocuk Oyun Alanı Aletli | 2   | 4               | Mahalle Parkı      |
| Gençlerin Oyun Alanı    | 6   | 12              | Mahalle Parkı      |
| Ergin Spor Sahası       | 6   | 60              | Mahalle Grubu      |
| Tenis Basket Sahası     | 0.8   | 8               | Mahalle Grubu      |
| Toplam                  | 14.8  |                 |                    |

Çocuk oyun alanlarına büyüklük olarak belirli bir standart verilmemesi, nitelikte de yetersizliklere neden olmaktadır. Çocuk oyun alanları, hizmet edeceği alanın genişliği, çocuk başına düşecek asgari oyun alanı, mahalle üniteleri içinde yer alan bu tesislere ulaşabilme mesafesi dikkate alınmadan planlanmıştır.

Spor alanları fiziksel ve estetik olarak kent içinde yeterlilik gösterememektedir. Mevcut nüfusun ihtiyacını karşılayacak spor alanı tesisleri standartlarına sahip değildir. 1971 yılında faaliyete geçen şehir stadyumu 4000, 1967 yılında faaliyete geçen kapalı spor alanı 725 ve Karaçay mahallesindeki Ümit Karahan semt spor alanı 400 seyirci kapasitesine sahiptir. Kentte çeşitli spor dallarının aktivitelerinin (yüzme, atlı sporlar vb) yapılacağı alanlara gereksinim vardır.

Kentte kullanıma açık piknik alanları olarak, Zorkun yaylası yolu üzerinde Çift Mazı Piknik Alanı bulunmaktadır. Osmaniye kent merkezine 8 km uzaklıkta, zengin yeşil dokuya sahip alanda, piknik kullanımlarının yeterli olmadığı görülmüştür.

Kent içinde rekreatyoneel amaçla kullanılabilir eyleme, dinlenme, gezinti ve kıyı alanları olarak kentin güneyinden akan Karaçay deresinin ıslahı ile oluşturulmuş Karaçay Mesire Alanıdır. Kenti doğu batı yönünde kesen Karaçay deresi boyunca, geniş yeşil alanlar oluşturulmalıdır. Böylece kentin yeni gelişim alanları arasında tampon yeşil alanlar oluşturularak, iklimsel ve görsel konfor oluşturulmuş olacaktır.

### 3.2. Osmaniye Kent İmar Planlarında Yeşil Alanlar

Osmaniye kentinde 1949 yılından başlayarak hazırlanmış olan imar planları ve çevre düzeni planlarında aktif yeşil alanların ölçüsü ve kişi başına düşen alan miktarı Çizelge 4'te verilmektedir.

#### 3.2.1. 1949 Yılı Osmaniye Nazım İmar Planında Yeşil Alanlar

Osmaniye kentinin ilk imar planına ilişkin bilgi ve belge bulunamamıştır.

**Çizelge 4. Osmaniye Kenti Nazım İmar ve Çevre Düzeni Planlarında Yeşil Alan Ölçütleri.**

| İmar Planı | Mevcut Durum |       |                      |       | Plan Önerileri |        |                      |      |             |       |   |
|------------|--------------|-------|----------------------|-------|----------------|--------|----------------------|------|-------------|-------|---|
|            | Alan (ha)    |       | m <sup>2</sup> /kişi |       | Alan (ha)      |        | m <sup>2</sup> /kişi |      | Toplam (ha) |       |   |
|            | Spor         | Yeşil | Spor                 | Yeşil | Spor           | Yeşil  | Yeşil                | Spor | Yeşil       | Spor  |   |
| 1949       | -            | -     | -                    | -     | -              | -      | -                    | -    | -           | -     | - |
| 1968       | -            | -     | -                    | -     | -              | -      | -                    | -    | -           | -     | - |
| 1982       | -            | -     | -                    | 0.75  | 0.15           | 1.5    | 0.58                 | 0.17 | 1.75        | 0.5   |   |
| 1987       | 2.70         | 1.29  | 0.72                 | 0.13  | 52.30          | 190.25 | 7                    | 2    | 191.54      | 55.00 |   |
| 1994       | 2.70         | 1.29  | 0.72                 | 0.13  | 52.30          | 190.25 | 7                    | 2    | 191.54      | 55.00 |   |
| 2001       | 3.71         | 1.83  | 0.24                 | 0.23  | 36.05          | 412    | 12.88                | 1.13 | 413.83      | 39.76 |   |
| 2002       | 3.71         | 1.83  | 0.24                 | 0.23  | 18.84          | 404.93 | 16.73                | 0.78 | 406.76      | 22.55 |   |

**3.2.2. 1968 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planında Yeşil Alanlar**

İmar planı raporunda tarım, ulaşım ve ticaret sektöründeki gelişimlerin, kenti geliştireceği esas unsur olarak tanımlanmıştır. Fiziksel plan kararlarında, bir merkez çevresinde gelişen kompakt bir kent formu öngörülmüştür. Şekil 1'de 1968 yılı nazım imar planında yeşil alanlar verilmiştir.

1985 yılı nüfus projeksiyonlu imar planında, kent merkezi bugünkü merkez olarak alınmış, mahalleler ölçeğinde yeşil alanlar oluşturulmuştur. Geniş yeşil alanlar kentin batı girişinde önerilmiş, kentin kuzeyinde, doğusunda ve batısındaki tarım alanlarının korunması için bu yönlerde gelişmesi istenmemiş, demiryolu kuzeyde planlama sınırı olmuştur. Kentin güneyinde yer alan narenciye bahçeleri, plan kararı ile korunmuş, bu alanda bağ-bahçe düzeni ve istasyona yakın kapalı spor salonu önerilmiştir.

**3.2.3. 1982 Yılı Çukurova Metropoliten Bölge İskenderun Alt Bölgesi Nazım İmar Planında Yeşil Alanlar**

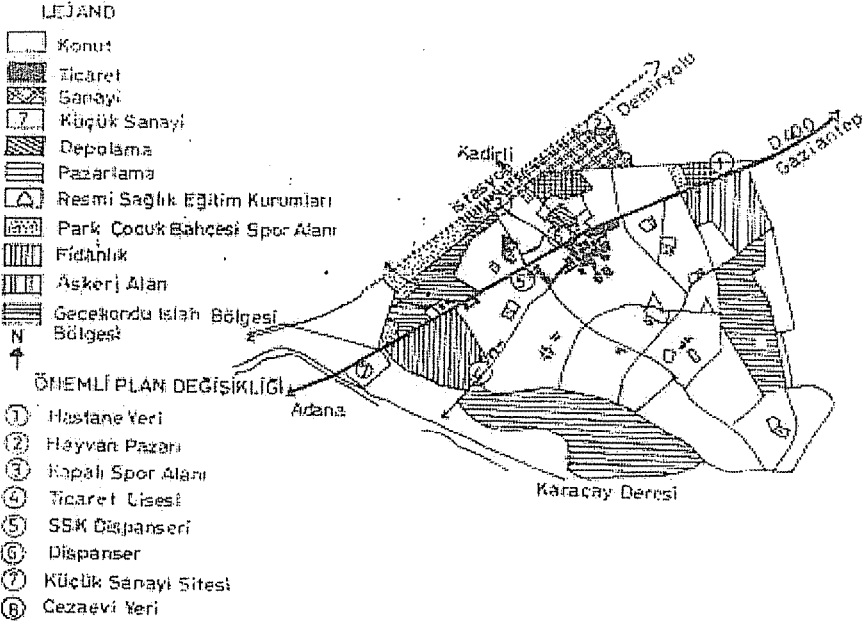
Planda, 1968 Nazım İmar Planı aynen alınmış, bu plandan farklı olarak, Adana girişinde sanayi alanı düşünülmüş, kentin gelişme alanı olarak planlanan güneydeki arazilerde, 30000 nüfus önerilmiştir.

Karaçay'ın güneyinde 30000 nüfus için; park alanları 15000 m<sup>2</sup>, çocuk bahçesi 2500 m<sup>2</sup>, oyun alanı 5000 m<sup>2</sup> olarak düşünülmüştür.

**3.2.4. 1987 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planında Yeşil Alanlar**

Plan raporunda, kentin gelişmesi için en uygun yol, çevresinde bir miktar büyütülerek, kentsel alandaki boş alanların kentsel kullanıma dönüştürülmesi olarak önerilmiştir. Böylece kentin o günkü kompakt formunu gelecekte daha yoğun sürdüreceği belirtilmiştir. Planlanan nüfusun tamamı, hâlihazır harita sınırları içinde sürdürülemeyeceği, artan nüfusun Karaçay'ın güneyindeki tarımsal açıdan verimsiz alanlara kaydırılması önerilmiştir. Şekil 2'de 1987 yılı imar planında yeşil alanlar verilmiştir.

1987 yılında kentte mevcut aktif yeşil alanların miktarının çok düşük olduğu bir park ve iki çocuk bahçesinin 1.29 ha alanı kapsadığını ve kişi başına 0.13 m<sup>2</sup> aktif yeşil alan düştüğü, bir stadyum (1.98 ha) ve kapalı spor salonunun (0.72 ha) bulunduğu belirtilmektedir (7). Planda yeşil alanlar park, çocuk bahçesi, fuar, eğlence-dinlenme alanları olarak verilmiştir.



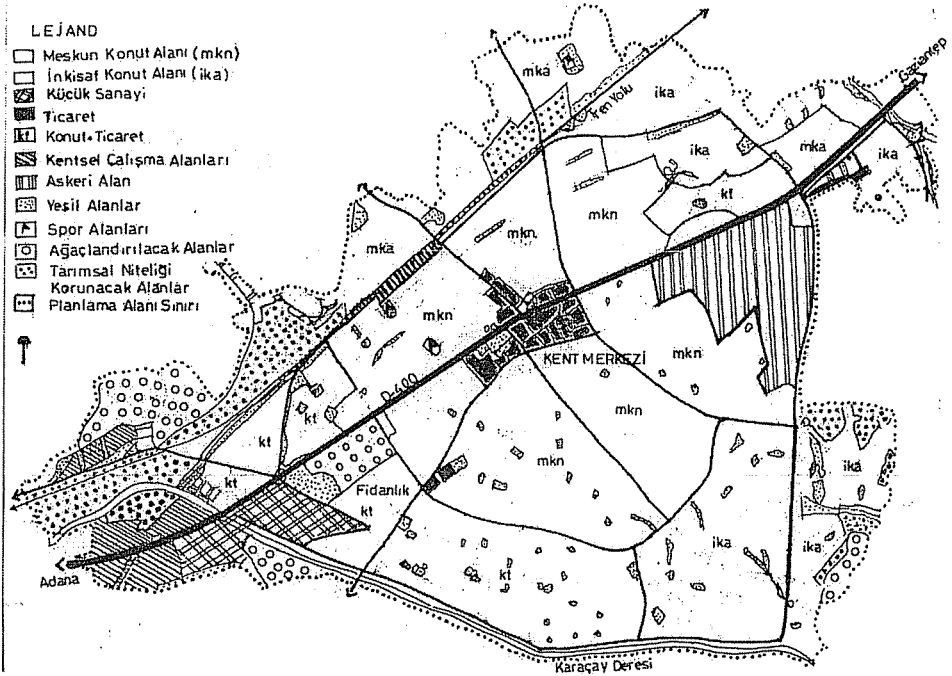
**Şekil 1.** 1968 Yılı Revizyon ve İlave Nazım İmar Planında Yeşil Alanlar (7).

1968 yılı imar planında 36,10 ha olarak belirtilen fidanlık, alan olarak küçültülmüş, konut, kentsel çalışma ve kentsel yeşil alanlara dönüştürülerek, 21,66 ha olarak önerilmiştir. Çizelge 5'te 1987 yılı imar planında, yeşil alanların mekânsal standart ölçüleri verilmiştir.

Planda demiryolunun kuzeyinde geniş alanlarda ve kentin batı çıkışında tarımsal niteliği korunacak alanlar önerilmiştir. 1968 yılı planında kentin, doğu, batı ve kuzeyde (demiryolu kuzeyinde) gelişmesi önerilmezken, kentin bu alanlara kaydığı görülmektedir.

**Çizelge 5.** 1987 Yılı Osmaniyeh Revizyon ve İlave Nazım İmar Planında Aktif Yeşil Alanların Mekansal Standart Ölçüleri (10)

| Yeşil Alanlar      | Mekânsal Standart             |                              | Mevcut Alan (ha) | İlave Alan (ha) | Toplam Alan (ha) |
|--------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|------------------|
|                    | Mevcut (m <sup>2</sup> /kişi) | Öneri (m <sup>2</sup> /kişi) |                  |                 |                  |
| Spor ve Oyun Alanı | 0,28                          | 2,00                         | 2,70             | 52,30           | 55,00            |
| Komşuluk Ünitesi   |                               | 1,00                         |                  |                 |                  |
| Semt Ünitesi       |                               | 0,30                         |                  |                 |                  |
| Kent Ünitesi       | 0,13                          | 0,70                         | 1,29             | 116,96          | 118,25           |
| Yeşil Alanlar      |                               | 7,00                         |                  |                 |                  |
| Komşuluk Ünitesi   |                               | 3,50                         |                  |                 |                  |
| Semt Ünitesi       |                               | 0,50                         |                  |                 |                  |
| Kent Ünitesi       |                               | 3,00                         |                  |                 |                  |
|                    |                               | Toplam                       | 3,99             | 169,26          | 173,25           |



Şekil 2. 1987 yılı Osmaniye Revizyon ve Nazım İmar Planında Yeşil Alanlar (7).

### 3.2.5. 1994 Yılı İskenderun Körfezi Yakın Çevresi Revizyon ve İlave Çevre Düzeni Planlarında Yeşil Alanlar

Bu planda 1987 yılı Nazım İmar Planı aynen alınmış ve Osmaniye kenti mücavir alan sınırları belirlenmiştir. Yeşil alan standartları 1987 yılı planında belirtilenlerin aynısıdır, yalnızca 462 ha alan eklenmiştir.

### 3.2.6. 2001 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı Yeşil Alanlar

1987 Osmaniye Nazım İmar Planı 1985 yılında belediyelere verilen imar planı yapma ve yaptırma, onama, değiştirme yetkisi ile birçok değişikliklere uğramıştır. İmar planında yapılan değişikliklerin, imar yasasına ve imar planlama tekniğine uymadığı görülmüştür (7).

Osmaniye kentinde 1987 yılı sonrası 586 adet imar planı değişikliği yapılmıştır. 1987 yılı öncesi ise 99 adet plan değişikliği yapılmıştır. Bu değişiklikler; parsel bazında kat adedinin artırılması, bina çekme mesafelerinin azaltılması, yeşil alanların iptali, yol daraltılması veya iptali, mülkiyet kaymalarının düzeltilmesi, kentsel donanım niteliğindeki, kentsel kullanım alanlarının kaldırılması olmuştur. Bu dönem içinde Osmaniye kenti yoğun göç almış, kentin kuzeyinde mahalleler kurulmuş, tarım arazileri satılmış, gecekondular oluşmuş, şehrin güney batısında da benzer özellikler göstermiştir. Kentte mevzi ve ilave imar planları hazırlanmış, otopark yönetmeliği uygulanmamıştır (7).

Bu durumda belediye yeni bir plan yapma gereği görmüş ve isteklerini şu şekilde sıralamıştır: Çağdaş bir kent oluşturma arzusu, kentsel gelişmeyi, mücavir alanlara ve Karaçay vadisine kaydırmak, kuzey-doğu, güney-batı yönünde bulvar yapımı, şehir birinci derece deprem bölgesinde kalmasına rağmen ova yönünde gelişmeyi azaltabilmek için D-400 karayolunun doğu ve güneyinde kalan alanlarda dikey büyüme, imar planının kadastral desene uygun olması olarak belirtmiştir. Yeşil alanları mevcut konut dokusu yerine Karaçay vadisi veya benzeri bir yerde, bütünlük içinde oluşturulması, sanayi'nin D-400 karayolunun Gaziantep çıkışına alınması, mevcut orman fidanlığının kentsel idari merkez olarak düzenlenmesi istemiştir. Karaçay vadisinde Kırıkk Toplu Konut alanı dışında, Fakıuşağı ve Dereobası arasında yüksek katlı binalar, gecekondu önleme bölgeleri oluşturulması istenmiştir (7).

1998 Osmaniye Nazım İmar Planı ön araştırma raporunda, kentte mevcut yeşil alanların miktarının çok düşük olduğu, 5 adet park, 4 adet çocuk oyun alanı, gar, düğün salonu ve çay bahçesi alanının 1,83 ha alanı kapladığı kişi başına 0,23 m<sup>2</sup> aktif yeşil alan düştüğü belirtilmektedir (7). Çizelge 6'da 1998 yılı Osmaniye nazım imar planı tasarısında yeşil alanların standart ölçüleri verilmiştir.

Planda yeşil alanlar; park, çocuk bahçesi, fuar eğlence ve dinlenme alanlarının tamamını kapsamaktadır. 1998 yılı Osmaniye nazım imar planı tasarısında yeşil alanların mekansal standart ölçüleri (Çizelge 7) ve mekansal projeksiyonları (Çizelge 8) verilmiştir.

**Çizelge 6.** 1998 Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı Tasarısında Aktif Yeşil Alan Ölçüleri (7)

| İmar Planı | Mevcut Durum |       |                      |       | Plan Önerileri |       |        |                      |       |             |       |  |
|------------|--------------|-------|----------------------|-------|----------------|-------|--------|----------------------|-------|-------------|-------|--|
|            | Alan (ha)    |       | m <sup>2</sup> /kişi |       | Alan (ha)      |       |        | m <sup>2</sup> /kişi |       | Toplam (ha) |       |  |
|            | Spor         | Yeşil | Spor                 | Yeşil | Nüfus          | Spor  | Yeşil  | Spor                 | Yeşil | Spor        | Yeşil |  |
| 1998       | 3,71         | 1,83  | 0,24                 | 0,23  | 320000         | 12,29 | 222,17 | 0,50                 | 7     | 16          | 224   |  |

**Çizelge 7.** 1998 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı Tasarısında Yeşil Alanların Mekânsal Standart Ölçüleri (7)

| Yeşil Alanlar      | Mekânsal Standartlar          |                              | Mevcut Alan (ha) | İlave Alan (ha) | Toplam Alan (ha) |
|--------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|------------------|
|                    | Mevcut (m <sup>2</sup> /kişi) | Öneri (m <sup>2</sup> /kişi) |                  |                 |                  |
| Spor ve Oyun Alanı |                               | 2,00                         |                  |                 |                  |
| Komşuluk Ünitesi   | 0,24                          | 1,00                         | 3,71             | 12,29           | 16,00            |
| Semt Ünitesi       |                               | 0,30                         |                  |                 |                  |
| Kent Ünitesi       |                               | 0,70                         |                  |                 |                  |
| Yeşil Alanlar      |                               | 7,00                         |                  |                 |                  |
| Komşuluk Ünitesi   | 0,23                          | 3,50                         | 1,83             | 222,17          | 224,00           |
| Semt Ünitesi       |                               | 0,50                         |                  |                 |                  |
| Kent Ünitesi       |                               | 3,00                         |                  |                 |                  |
| Toplam             | 0,47                          | 9                            | 5,54             | 234,46          | 240,00           |

1998 yılında İller Bankasının onayıyla, ön araştırmaları esas alan nazım imar planı tasarısı 1999 yılında hazırlanmıştır. Ön araştırmanın yapıldığı 1998 yılında Osmaniye

nüfusu belediye sınırları içerisinde 162302 mücavir köylerle beraber 165377 kişidir. Planda 2015 yılında; tarımsal faaliyetler kalmayacağı, sanayi iş gücü % 30, hizmet sektörü iş gücü % 65, işsizlik oranı % 5 hesaplanmıştır (7).

Ağustos 1999 Doğu Marmara depreminin ardından Bayındırlık ve İskân Bakanlığı ile İller Bankası Osmaniye kentinin birinci derece deprem bölgesinde olması, Belediye'nin ve halkın dikey yapılaşma isteği dikkate alınarak, mevcut Jeolojik Etüt Raporlarının yeterli olmadığı kanısıyla, 1999 tarihinde hazırlanan nazım planda "Jeolojik, Jeofizik, Jeoteknik, Hidrojeolojik ve Sismolojik Etüt Raporu" ve yenilenen "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası ve Türkiye Diri Fay Haritası"nın dikkate alınması istenmiştir.

İmar planı revizyonuna esas jeolojik etüt raporu 16 Nisan 2001 tarihinde Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından onaylanarak yürürlüğe girmiştir. Alanda, daha önceden bilinmeyen faylar bulunmuş, faylardan çekme mesafeleri belirlenmiş, zeminin niteliklerine uygun olarak kullanımına ilişkin kararlar getirilmiştir (7).

Onaylanan jeolojik etüt haritasında kenti kuzey-güney istikametinde uzanan doğuda ve batıda fay hattı ile güneyde, doğu-batı istikametinde uzanan başka bir fay hattı tespit edilmiştir. Bunların yanında kentsel arazi içerisinde yerleşme açısından önlem alınmasını gerektiren çok miktarda alan tespit edilmiş, kentte yapılaşma ve kat adetleri önemli ölçüde sınırlandırılmıştır. Yerleşime uygun olduğu belirtilen alanlar için fay hatlarına en az 250 m mesafeden sonra yapılaşmaya izin verilmektedir. Aktif heyelan alanları belirlenerek, yerleşmenin önlenmesi önerilmiştir (11).

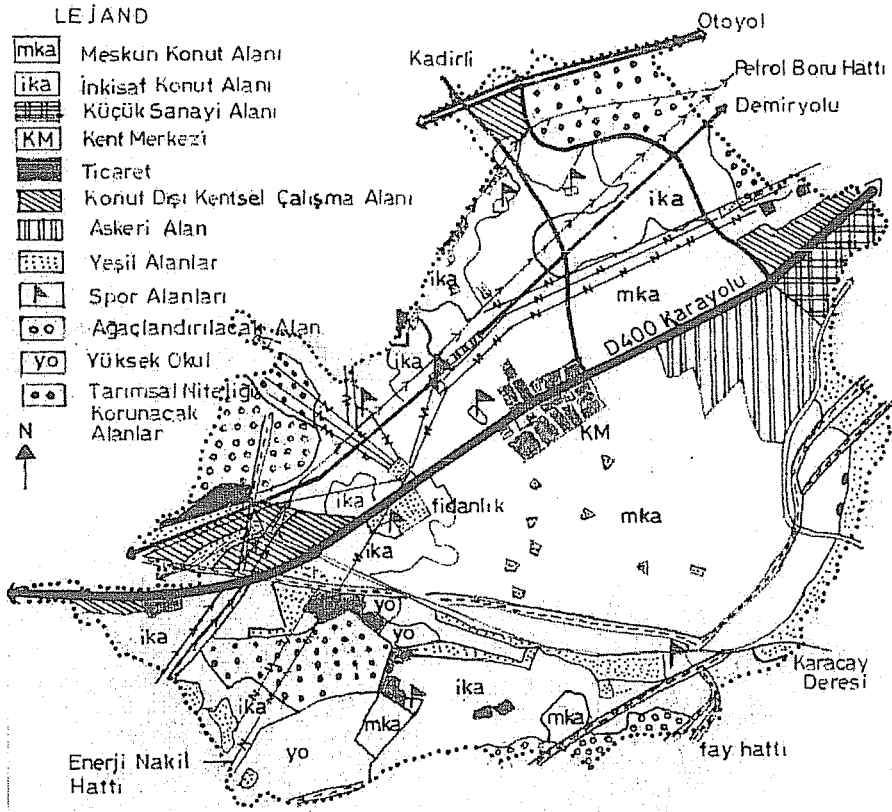
Jeolojik Etüt Raporu ile fay kırıkları çevresinde bırakılan emniyet kuşakları ile jeolojik ve jeoteknik etüt şartlı alanların öncelikle yeşil alan veya yol olarak planlanması önerilmiştir. Kentte çok katlı yapı yapılamayacağı, yapılaşmada yeni faktörlerin ortaya çıktığı kamuoyunca da kabullenilmiştir (12).

Böylece nazım imar planı ve çevre düzeni planı tasarıları yeniden düzenlenmiştir. Nazım plan tasarısı, Osmaniye Belediye Meclisince 12.12.2001 tarihinde onaylanmıştır (11). Şekil 3'te Osmaniye revizyon ve ilave nazım imar planında yeşil alanlar verilmiştir.

Yeşil alan plan kararları, kuzeydeki tarım arazilerinin korunması, bu alanlarda gelişmenin olmaması, gelişmenin mücavir alanlarda olması önerilmiştir. Petrol boru hattı kuzeyde gelişme sınırı olmuştur. Belediyenin isteği ile belediye ve valilik için Orman fidanlığının bir bölümünde yeni alan oluşturulmuş, kentin batı çıkışındaki kalan kısmı ise aktif kentsel yeşil alan ve spor alanı olarak planlanmıştır. Park, çocuk bahçesi gibi kentsel donatı alanları, konut alanlarında ve merkezde dengeli biçimde dağıtılmıştır. Fay hatları ile emniyet bantları yapılaşmaya kapatılmış, bu alanların yol ve yeşil alan olarak kullanılması önerilmiştir.

II sınıf tarım arazileri tarımsal niteliği korunacak alan olarak planlanmıştır. Karaçay vadisinde "Kıvık Toplu Konut Alanı" belediyenin de öneriye katılımı ile yeşil alan olarak planlanmıştır. Dere yatağı içinde 13.5 ha spor alanları planlanmıştır. Yeşil alanların, Karaçay vadisindeki alanlardan karşılanması ve diğer kullanımların etrafında toplanacağı bir cazibe merkezi haline getirilmesi önerilmiştir. Çizelge 8'de 2001 yılı Osmaniye nazım imar planında aktif ve pasif yeşil alanların mekansal ölçüleri verilmiştir.





Şekil 3. 2001 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planında Yeşil Alanlar (12)

### 3.2.7. 2002 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Çevre Düzeni Planında Yeşil Alanlar

1994 tarihinde onaylanmış İskenderun Körfezi ve Yakın Çevresi Çevre Düzeni Planı'nın Osmaniye belediye ve mücavir alanlarını kapsayan kısımları için 1/25000 ölçekli plan önerisi İller Bankası Genel Müdürlüğünün 24.06.1999 tarihli "Osmaniye (Merkez) Nazım İmar Plan Tasarısı İnceleme Raporu" gereğince hazırlanmıştır. Plan nazım imar planı ile uyumlu ve bütünleyecek karakterde hazırlanırken, tarım ve orman alanı ilave edilerek 7670 ha alanın planlaması yapılmıştır (11). Şekil 4'de 2002 Çevre Düzeni Planında yeşil alanlar verilmiştir.

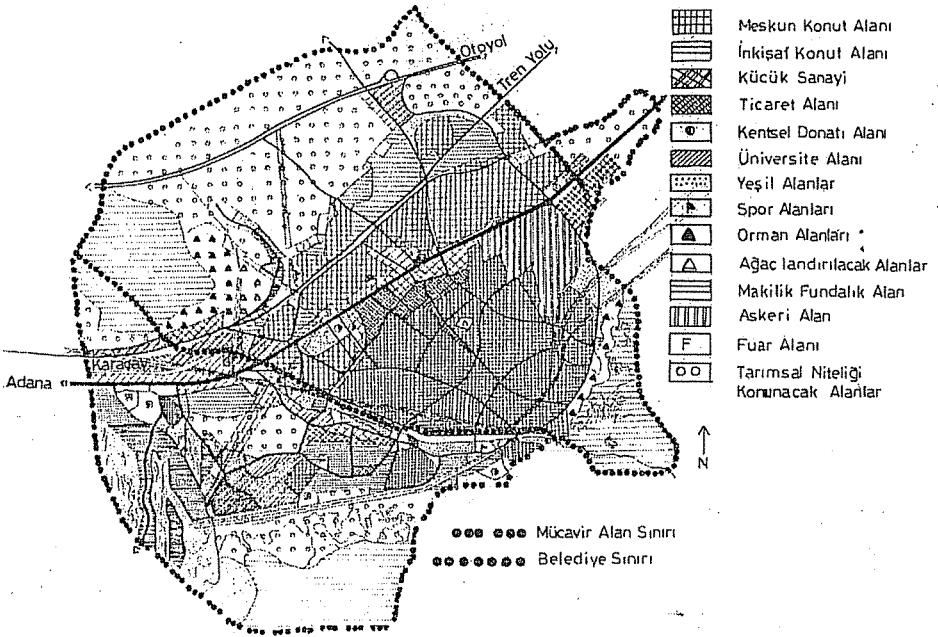
Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü'ne sunulmuş olan Çevre Düzeni Plan Tasarısı 20 Eylül 2002 tarihinde onaylanmıştır. Bu plan, Osmaniye imar planı çalışmalarına esas oluşturmaktadır (11).

Uygulama imar planlarında, nazım plan kararları gözetilirken, daha yakın tarihte onanmış bulunan Türkiye'deki deprem gerçeğine göre ilaveler yapılan çevre düzeni planı kararlarına öncelik verilmektedir (11).

Osmaniye Çevre Düzeni Planı hazırlanmasında, DSİ, TCK, BOTAŞ, Milli Savunma Bakanlığı, Köy Hizmetleri, Orman Bakanlığı ve diğer kuruluşların önerileri dikkate alınmış, belediye'nin ve mahalli diğer kurum, kuruluş ve kişilerin arzu, istek ve öneriler

**Çizelge 8.** 2001 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planında Aktif ve Pasif Yeşil Alanların Mekansal Ölçüleri (12).

| Aktif Yeşil Alanlar |               |             | Spor Alanları |             | Diğer Yeşil Alanlar     |               |              |
|---------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|-------------------------|---------------|--------------|
| Yeşil Alan Tipi     | Alan (ha)     | %           | Alan (ha)     | %           | Yeşil Alan Tipi         | Alan (ha)     | %            |
| Yeşil Alanlar       | 412           | 8.98        | 36.05         | 0.79        | Mezarlık Alanı          | 47.45         | 1.03         |
| Fuar alanı          | 14.20         | 0.31        |               |             | Orman Alanı             | 25.30         | 0.55         |
|                     |               |             |               |             | Ağaçlanacak Alan        | 142.05        | 3.10         |
|                     |               |             |               |             | Askeri Garnizon Alanı   | 128.90        | 2.81         |
|                     |               |             |               |             | Tarımsal Nitelikli Alan | 516.10        | 10.08        |
| <b>Toplam</b>       | <b>426.20</b> | <b>9.26</b> | <b>36.05</b>  | <b>0.79</b> |                         | <b>859.80</b> | <b>17.57</b> |



**Şekil 4.** 2002 Yılı Revizyon ve İlave Çevre Düzeni Planında Yeşil Alanlar (13)

doğrultusunda, şehrin kuzeydeki verimli tarım arazileri yerine güneye ve güneybatıya doğru gelişmesini sağlamak için gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Karacay'ın güneyinde kalan mükavir alanda Akyar, Fakiuşağı, Dereobası ve Karacalar köyleri ile

çevrelenen gelişme alanları için yapılaşma önerilmiştir. Erzin yolu civarında engebeli alanlar için gelişme öngörülmüş, engebenin arttığı kesimler ise kentsel yeşil alan olarak planlanmıştır (13).

Kentsel arazide söz konusu kısıtlamalar karşısında, ziraat arazilerini de koruyabilmek için gelişmenin güneybatı ve batı yönünde olmasının özendirilmesi, kat adetlerinin artırılmadan konut alanlarında yapı yoğunlukları bir miktar yükseltilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Kuzeydeki mevcut yerleşme alanları arasında kalan boşluklar dışında yeni gelişme önerilmemiş, kent makroformunun belirlenmesinde ve kentsel kullanımların yerinin belirlenmesinde ulaşım ilişkileri ve fonksiyonel ilişkiler gözönünde bulundurulmuştur (13). Çizelge 9'da Osmaniye Çevre Düzeni Planında yeşil alanların mekansal ölçüleri verilmiştir.

**Çizelge 9.** 2002 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Çevre Düzeni Planında Yeşil Alanların Mekânsal Ölçüleri (13).

| Aktif Yeşil Alanlar                             |               |             | Spor Alanları |             | Diğer Yeşil Alanlar              |                 |               |
|---|---------------|-------------|---------------|-------------|----------------------------------|-----------------|---------------|
| Yeşil Alan Tipi                                 | Alan (ha)     | %           | Alan (ha)     | %           | Yeşil Alan Tipi                  | Alan (ha)       | %             |
| Yeşil Alanlar                                   | 404.93        | 9.12        | 18.84         | 0.42        | Tarım Alanı                      | 39.52           | 0.89          |
| Fuar alanı                                      | 23.70         | 0.53        |               |             | Orman Alanı                      | 2.40            | 0.05          |
|   |               |             |               |             | Ağaçlanacak Alan                 | 171.68          | 3.87          |
|   |               |             |               |             | Askeri Alanlar                   | 130.00          | 0.25          |
|   |               |             |               |             | Tarımsal Niteliği Korunacak Alan | 192.72          | 10.08         |
|   |               |             |               |             | Yüksek Öğretim                   | 135.25          | 3.05          |
| <b>Toplam</b>                                   | <b>428.63</b> | <b>9.65</b> | <b>18.84</b>  | <b>0.42</b> |                                  | <b>671.57</b>   | <b>12.45</b>  |
| <b>Çevre Düzeni Planı Toplam Planlama Alanı</b> |               |             |               |             |                                  | <b>4.440 63</b> | <b>100.00</b> |

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

İmar yasasında belirtilen aktif yeşil alan tanımına göre, Osmaniye kentinde 42095 m<sup>2</sup> aktif yeşil alan bulunmakta ve kişi başına 0,21 m<sup>2</sup> aktif yeşil alan düşmektedir. Literatürlerde yeşil alanlar aktif, yarı aktif ve pasif yeşil alanlar olarak verilmektedir. Spor alanları yarı aktif yeşil alanlar içine dahil edilmiştir. Bu durumda toplam yeşil alan miktarı artmakta ve 2005 Osmaniye kent nüfusuna göre kişi başına 0,39 m<sup>2</sup> aktif yeşil alan düşmektedir. Doğu Marmara depreminin ardından 1999 yılında imar yasasında değişiklik yapılmış, yönetmelikle kişi başına 7 m<sup>2</sup> aktif yeşil alan standardı 10 m<sup>2</sup> ölçüsüne çıkarılmıştır (14). Osmaniye kentinde 0,39 m<sup>2</sup> kişi başına aktif yeşil alan 10 m<sup>2</sup> standart değerinin oldukça altındadır. Kentin 2005 nüfusuna göre, kentte 2015030 m<sup>2</sup> aktif yeşil alan olmalıdır ve daha 1972935 m<sup>2</sup> alana ihtiyaç vardır. Spor alanlarını da dahil edildiğinde 19360085 m<sup>2</sup> alana ihtiyaç vardır (16). Çizelge 10'da Osmaniye kentinde 1987, 1998, 2005 yılları kişi başına düşen aktif yeşil alan ölçüleri ve 2015 çevre düzeni planı önerisine göre aktif yeşil alan ölçüsü verilmiştir.

Çizelge 10'da belirtildiği gibi 2005 yılında aktif yeşil alanlar çok az artmış ve kişi başına düşen aktif yeşil alan miktarı azalmıştır. Buna göre, yeşil alanlardaki artış, nüfus artışının altında olmuştur. Yeşil alanlar nicelik, nitelik ve kent içi dağılımları yönünden oldukça yetersiz durumdadır. Kentin fiziksel yönden dengesini sağlayacak, kent bütünü içinde bina ve insan kitlelerinin yoğunluğunu hafifletecek bir denge oluşturmamaktadır.

Öztan (1968)'a göre, açık ve yeşil alanların kent dokusu içindeki fonksiyonlarını şu şekilde tanımlanmıştır; kent içerisinde insan ve çevre arasında ölçü yönünden denge

**Çizelge 10.** Osmaniye Kentinde 1987, 1998, 2005 ve 2015 Yıllarına Göre Kişi Başına Düşen Aktif Yeşil Alan Ölçüleri

| Aktif Yeşil Alan Tipleri            | 1987 Yılı |                      | 1998 Yılı |                      | 2005 Yılı |                      | 2015 Yılı |                      |
|-------------------------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|
|                                     | Alan (ha) | m <sup>2</sup> /kişi | Alan (ha) | m <sup>2</sup> /kişi | Alan (ha) | m <sup>2</sup> /kişi | Alan (ha) | m <sup>2</sup> /kişi |
| Parklar                             | 1,29      | 0,13                 | 1,83      | 0,23                 | 4,21      | 0,21                 | 404,93    | 16,73                |
| Çocuk Bahçeltri                     |           |                      |           |                      |           |                      |           |                      |
| Eğlenme, Dinlenme, Gezinti Alanları | -         |                      |           |                      |           |                      |           |                      |
| Çocuk Oyun Alanları                 |           |                      | -         |                      |           |                      |           |                      |
| Spor Alanları                       | 2,72      |                      | 3,71      | 0,24                 | 3,71      | 0,18                 | 18,84     | 0,78                 |
| Toplam                              | 3,99      |                      | 5,54      | 0,47                 | 7,92      | 0,39                 | 447,47    | 17,51                |

kurur, toplumun aktif ve pasif rekreasyon etkinlikleri için uygun mekanları oluşturur, kentin fiziksel yönden dengesini sağlayarak kent bütünü içinde bina ve insan kitlelerinin yoğunluğunu hafifleterek denge oluşturur, ışık hava, gürültü ve yaya emniyeti için önemli roller üstlenir, kent iklimini olumlu yönde etkilerler (15).

Osmaniye kentinde aktif yeşil alanlar olarak, çocuk oyun alanları, spor alanları, parklar, uygun standart ölçülere sahip değildir. İmar planlarında ve planın uygulamasında aktif yeşil alanların standart ölçüsü dikkate alınmalıdır.

Osmaniye kentinde ilk nazım imar planı 1949 yılında yapılmış, 1982 yılından itibaren kent nazım imar planları "Metropolitan Bölge İskenderun Alt Bölgesi Çevre Düzeni Plan" kararlarından etkilenmiştir. Planlama hiyerarşisinde, nazım imar planı kararlarında çevre düzeni plan kararları uygulanmaktadır. Çevre düzeni planları Osmaniye kentinde mücavir alan sınırının belirlenmesinde etkili olmuştur.

Planların sık sık revize edilmesi, planlarda yer alan yeşil alanların gerçekleşmesini engelleyen yasal boşluklar, yeşil alanların aleyhine olmuştur. Yerleşim kent merkezinden dışa doğru ilerlerken imar planları revize edilmiş, yeşil alanlar ortadan kaldırılmış yada ölçüleri küçültülmüştür. Kent dışına doğru daha büyük ölçeklerde tarımsal niteliği korunacak alanlar olarak belirtilmiştir. Bugün kent içinde önemli bir açık ve yeşil alan görünümünde olan fidanlık alanı planlama ile sürekli ölçüsü küçültülmüştür.

Planlılar kentsel gelişimi güneyde (Karaçay'ın güneyinde) önermiş; doğu, batı ve kuzey yönünde I ve II sınıf tarım arazilerinde önermemesine karşın, gelişim (1982 yılından itibaren) bu yönde olmuştur. 1968 yılı nazım imar planından bugüne 6181 ha alan planlama sınırları içine alınmıştır. Yaklaşık bir değerlendirme ile, 6181 ha alan I ve II sınıf tarım alanlarının kentsel kullanımına açıldığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Akılcı kentleşme politikası, tarım dışı kullanım gereksinmelerinin karşılanmasına öncelikle VIII sınıf topraklardan başlanması bunun yeterli olmaması halinde gereksinmelerin sulanmayan ve dikili durumda olmayan V ve VII sınıf topraklardan karşılanmasıdır (16).

1999 Doğu Marmara depremi sonrasında ayrıntılı jeolojik etüt raporların şart olmasıyla, 1998 Osmaniye Nazım İmar Plan tasarısında yeşil alanlar konusunda çok büyük değişiklikler getirmiştir. Raporda kentte doğu- batı yönünde, batıda ve doğuda kuzey-güney yönünde yeni fay hatları ve jeolojik etüt şartlı alanlar ortaya çıkmıştır. Bu durum yeşil alanların artmasına neden olmuş, bu alanların öncelikle yeşil alan veya yol olarak planlanması önerilmiştir. Fay hattı boyunca 250 m mesafeli alanlarda yapılaşma yasaklanmıştır (12).

Osmaniye kentinde planlamada 2001 yılı nazım imar plan kararları değil, 2002 tarihinde onaylanan çevre düzeni planı kararları geçerlidir. 1/ 1000 ölçekli uygulama imar planı bu plana göre hazırlanmıştır. Osmaniye kenti için yeni bir nazım imar planı hazırlanmalıdır.

Araştırma sonucunda uygulamada olan 2002 yılı çevre düzeni planında kişi başına 17,51 m<sup>2</sup> aktif yeşil alan düşmektedir. Bu değer 10 m<sup>2</sup> aktif yeşil alan standardının oldukça üzerinde olduğu gibi, rekreasyonel alanlar için önerilen standart ölçülerin de üzerindedir. Bu durumda, planlarda öngörülen yeşil alanların korunabilmesi ve gerçekleştirilebilmesi için uygulanabilir yasaların işletilmesi gerekmektedir. Ancak, doğal verilere dayanan iyi analiz edilmiş planla ve bu planlara sadık kalındığı sürece yeterli bir yeşil alan sistemini oluşturmak mümkün olabilecektir. Hızla gelişmek durumunda olan Osmaniye kenti sağlıklı bir kentleşme için planlı ve programlı bir şekilde ilerlemek zorundadır.

Osmaniye kentinde yeşil sistem, yeşil kuşak, yeşil kama ve yeşil örgün sistemleri olarak önerilebilir. Yeşil kuşak, güneyde Amonos dağları sınır olarak alınıp, kuzeyde doğuda ve batıda mevcut yerleşim sınırları belirlenerek bu bölgedeki tarım alanları korunarak, kent çevresinde yeşil kuşak oluşturulmalıdır. Bu alanlar için tarım rekreasyon tipi önerilmektedir. Yeşil kama sistemi yeşil kuşak sınırlarından başlayarak, kenti doğu-batı yönünde kesen 250 m genişlikte fay hattı boyunca kama şeklinde kenti ikiye ayıran, tampon yeşil alanlar oluşturulmalıdır. Ayrıca, kenti doğu-batı yönünde kesen Karaçay deresi çevresi kent parkı olarak önerilmiştir. Yeşil örgün sistemi kent merkezinde, yerleşim ve gelişim alanlarında yeşil alanların yeşil yollarla birbirine bağlanması olarak önerilmiştir.

Kent misyonu tarım kent olarak önerilebilir. Böylece tarım topraklarının amaç dışı kullanımı önlenmiş olacaktır (17) Sürdürülebilir kentsel gelişim ve çevre yönetimi planları ve uygulamaları yapılmalıdır (18). Göçün önlenmesi için "Kentlere Vize" (16) tanımı üzerinde düşünülmeli uygulamaya yönelik adımlar atılmalıdır.

## 5. KAYNAKLAR

1. Anonymous., "İMO Antalya Bülteni", Sayı, 36, 42-43, 2004.
2. Keleş.,R., "Kentleşme ve Konut Politikası", Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları, (540)s, 1984
3. Demircioğlu.,N., "Açık ve Yeşil Alanların Mevcut İmar Planlamaları Pratiğinde Kent Makroformuna Yansımaları ve Peyzaj Mimarlığı Açısından Ankara Örneğinde İrdelenmesi". Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Enstitüsü, (128)s,1997.
4. Anonymous., "3194 Sayılı İmar Kanunu ve Yönetmelikleri", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü, (205)s, Ankara 2005.

5. Tümer, S., "Rekasyon Alan ve Tesisleri Ölçüleri", Turizm ve Tanıtma Bakanlığı Dairesi Başkanlığı Yayınları, Ankara, 1976.
6. DİE .<http://www.die.gov.tr>
7. Osmaniye Belediyesi, (Mersinligil, Ö.), "Osmaniye (Merkez) İmar Planı Ön Araştırma Tasarısı", Cilt 1-2, 1998.
8. Argus,Z., "Adana Kenti Çocuk Bahçeleri Üzerine Bir Araştırma", Ç.Ü. Ziraat Fak. Peyzaj Mimarlığı Bölümü Yüksek Lisans Tezi, (49)s, Adana, 1990.
9. Ünal,E., "İmar Planlama Uygulama", T.C.Bayındırlık Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü, Yayın Nö: 35, (161)s, Ankara,1989.
10. Osmaniye Belediyesi, (Berksan, B.), "Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı Raporu", 1987.
11. Osmaniye Belediyesi, "Osmaniye (Merkez) 1/1000 Ölçekli Uygulama İmar Planı Tasarısına İlişkin Banka İnceleme Raporu", İller Bankası Genel Müdürlüğü, (20)s, Ankara, 2003.
12. Osmaniye Belediyesi, (Mersinligil,Ö.), "Osmaniye (Merkez) Nazım İmar Planı (yeniden düzenlenmiş) Önerisi Ek İzah Raporu", (26)s, 2001.
13. Osmaniye Belediyesi, (Mersinligil,Ö.), "Osmaniye (Merkez) Çevre Düzeni Planı Değişikliği Önerisi İzah Raporu", (4)s, Adana, 2002.
14. Sayan,M.S., Ortaçesme,V., Karagüzel,O., "Türkiye'de Kentleşme Sürecinde Karşılaşılan Yeşil Alan Sorunlarının Antalya Kenti Örneğinde İrdelenmesi", Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Cilt 2, 1043-1052, 2000.
15. Eymirli,S., "Erzurum Kenti Açık ve Yeşil Alanların Saptanması ve Kent İçi Açık ve Yeşil Alan İlkeleri Yönünden Araştırılması", Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, 1994.
16. Keleş,R., "Metropolitan Alan Yönetiminde Yeni Arayışlar Sempozyumu", İstanbul Ticaret Üniversitesi, (224)s, İstanbul, 2001.
17. Atik M.,Say.Peker.,N., "Tarım Kentleri ve GAP 2000", Cilt 1, 139-146, Şanlıurfa, 2000.
18. Uyanık,S., "Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Planlaması ve Çevre Yönetimi", 2000 Gap-Çevre Kongresi, Harran Üniversitesi Müh. Fak. ve Ziraat Fak., Cilt 1, 1023-1032, Şanlıurfa, 2000.

## OSMANİYE KENTİ NAZIM İMAR PLANLARI

**Gülcan TÜRKOĞLU**

Ç.Ü., Osmaniye MYO, Çevre Koruma Programı, Osmaniye/Türkiye

**Nilgün YÜCEER**

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

**ÖZET :** Araştırma Osmaniye Kenti Nazım İmar ve Çevre Düzeni Planları üzerinde yapılmıştır. Günümüze kadar yapılan imar planlarının kent gelişimine etkili olabilme durumları, plan uygulanabilirliği yada uygulanamama nedenleri değerlendirilmiştir. Bu kriterler göz önüne alınarak, kentsel gelişimde gelecek için yapılması gerekli çalışmalar ve alınması gereken önlemler ortaya konulmuştur.

Araştırma verilerine göre 1949 yılından bugüne kentte birçok imar planı yapılmış, plan kararlarında halkın, belediyenin ve plancının aynı çatı altında birleşmediği, doğal, kültürel, sosyo-kültürel ve ekonomik değerlerin ön plana çıkarılmadığı görülmüştür. Ancak, 2001 Nazım İmar Planı Jeolojik Etüt sonuçlarında doğal koşullara göre planlama zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

## URBAN PLANS OF OSMANİYE

**ABSTRACT :** The existing city development is compared with proposed urban plans. The urban plans are critically studied to assess their potential and why they were not realized. This criteria is assessed to determine future planning decisions.

The research has determined that since 1949 numerous urban plans have been developed but because the population, municipality and the planners do not agree social, cultural, economic and environmental issues have been neglected. The regional plans of 2001 only set mandatory compliance with geological conditions.

## 1. GİRİŞ

Osmaniye kenti Akdeniz Bölgesinde yer alan Çukurova'nın doğu kesiminde, Osmaniye Ovasının Amanos Dağları ile birleştiği alanda kurulmuştur. Kent yerleşimi Çukurova'yı Güneydoğu Anadolu'ya bağlayan Adana-Gaziantep karayolu doğrultusunda, doğu-batı yönündedir.

Osmaniye 2000 yılı kent nüfusu 173977'dir (1). Kentte nüfus, doğal nüfus artışının yanı sıra Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinden yoğun göç ile hızla artarak sosyal ve fiziki alt yapının yetersiz kalmasına sebep olmuştur. Nüfus artış hızı ülke, bölge ve Adana İlinin kentsel nüfus artış değerlerinin üzerindedir. Nüfus artışı Osmaniye ili Bahçe ilçesinin kırsal alanları ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinden alınan göçlerle olmuştur.

Osmaniye, Bahçe ilçesi ile İskenderun, Erzin Bucağı ve Ceyhan ilçesinin bir kısmını içine alan bölgenin merkezidir. Kent toptan ve perakende ticaret, tarım ürünlerinin toplanıp dağıtılması ve kısmen işlenmesi, küçük sanayi, idari, sağlık, eğitim ve ulaşım hizmetleri gibi fonksiyonları ile bu alanlarda servis vermektedir. Halk geçimini daha çok tarıma dayalı olarak gerçekleştirmektedir. Kentte önemli bir endüstri kuruluşu yoktur. Transit taşımacılıktan dolayı ihtiyaç duyulan oto bakım ve tamirat atölyeleri küçük sanayi sitesi içinde yer almaktadır. Toprak, iklim ve diğer doğal koşulların uygun olması sonucu bölgedeki tarımsal potansiyel çok yüksektir. Tarım arazilerinin geneli ovalıktır ve Osmaniye yerfıstığı üretiminde Türkiye'nin merkezi durumundadır.

Kentin sosyal yapısı tarıma dayalı toplumların geleneksel sentezini sergilemektedir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu'dan alınan göçler, Osmaniye sosyal hayatına yansımış ve kırsal özelliklerin giderek ağırlaştığı bir toplum ortaya çıkmıştır. Kentte kırsal toplumların bir sentezini toplumsal yaşantının her yerinde bulmak mümkündür.

Ç.Ü. Osmaniye Meslek Yüksek Okulu'nun kent hayatına etkisi büyük olmuş ve ağırlaşan kırsal karakterli sosyal yapının giderek çağdaş görünüm kazanmasına neden olmaktadır. Kent, tek merkez etrafında gelişen konut alanlarından oluşan, bir yapılaşma göstermektedir.

Kentsel gelişme ve nüfus yoğunlaşmaları için çok uygun topoğrafik ve coğrafik konumu ile Osmaniye, özellikle 1950'li yıllardan itibaren göç almıştır. Osmaniye kenti hızla büyüme sonucu kentsel işlevlerini de hızla gerçekleştirememiştir. Aşırı nüfus artışını karşılamaya hazırlıklı olmayan Osmaniye kentinde, düzensiz yerleşmeler ve kirlenme, kirlenme ile çevre sorunları ortaya çıkmıştır. Bu sorunların çözümünde de imar planları çok büyük öneme sahiptir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Araştırma Osmaniye kenti nazım imar planları ve çevre düzeni planları üzerinde yapılmıştır. Kentin mevcut nazım imar planları ve bu plan kararlarını etkileyen çevre düzeni planları araştırmanın materyallerini oluşturmaktadır. Osmaniye kentinin ilk imar planından bugüne kadar yapılan imar planları incelenmiş, çizelgelere gösterilmiş, planlarda uygulamanın ne ölçüde gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre gelecek için öneriler ortaya konulmuştur.



### 3. OSMANİYE KENT GELİŞİMİNDE NAZIM İMAR VE ÇEVRE DÜZENİ PLANLARI

Osmaniye, elverişli coğrafik konumu, bereketli toprakları ile tarih boyunca çeşitli devletlerin ilgi odağı olmuş, önemli idari değişiklikler geçirmiştir. Farklı devlet ve aşiretlerin etkisinde kalmış; sosyal, toplumsal ve ekonomik hareketlere sahne olmuştur. Osmaniye 1877 yılında belediye olmuştur. Kentin ilk imar planı Mimar Muhittin Güreli tarafından yapılmış, 1949 yılında onanmıştır. Çizelge 1'de Osmaniye kentinde bugüne kadar yapılmış, onanmış nazım imar ve çevre düzeni planları verilmiştir.

**Çizelge 1. Osmaniye Kentinde Bugüne Kadar Yapılmış Nazım İmar ve Çevre Düzeni Planları**

| Planlar   | Onayan Kurum                   | Onama Tarihi | Nüfus Projeksiyon Yılı | Nüfus (Kişi) | Alan (ha)                                 | Ölçüsü |
|---|--------------------------------|--------------|------------------------|--------------|---|--------|
| 1949Yılı Nazım İmar Planı (Mim. Muhittin Güreli)                                  | İmar ve İskân Bakanlığı        | 22.06.1949   | -                      | -            | -   |        |
| 1968 Yılı Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı (Mim. Fahri Yetmen)                  | İmar ve İskân Bakanlığı        | 07.05.1968   | 1985                   | 150.000      | 1489                                      |        |
| 1982Yılı Metropolitan Bölge İskenderun Alt Bölgesi Çevre Düzeni Planı *           | İmar ve İskân Bakanlığı        | 11.11.1982   | 2000                   | 196.500      | 40 sanayi, 400 gelişme alanı eklenmiştir. |        |
| 1987Yılı Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı (Mim. Bülent Berksan)                 | Osmaniye Belediyesi            | 11.02.1987   | 2005                   | 275.000      | 2293                                      |        |
| 1994Yılı İskenderun Körfezi Yakın Çevresi Revizyon ve İlave Çevre Düzeni Planı ** | İmar ve İskan Bakanlığı        | 14.09.1994   | 2000                   | 30.777       | 2755                                      |        |
| 2001Yılı Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı (Şeh. Plan. Öner Mersinlilil)         | Osmaniye Belediyesi            | 12.12.2001   | 2015                   | 320.000      | 4587,50                                   |        |
| 2002Yılı 1/25000 Ölçekli Osmaniye Çevre Düzeni Planı                              | Bayındırlık ve İskân Bakanlığı | 20.09.2002   | 2015                   | 242.000      | 7670 ***                                  |        |

\* 1968 Yılı İmar Planı aynen alınmış, plana sanayi ve kentsel gelişme alanı eklenmiştir.

\*\* 1987 Yılı İmar Planı aynen alınmış, plana yeni kentsel gelişme alanı eklenmiştir.

\*\*\* Kentsel fonksiyonlar için ayrılacak alan 4440,63 ha'dır. 3229,37 ha kısmı ise orman ve tarımsal niteliği korunacak alan.

#### 3.1. 1949 Yılı Nazım İmar Planı

Mimar Muhittin Güreli tarafından hazırlanan İmar planına ilişkin bilgi ve belge bulunmamaktadır.

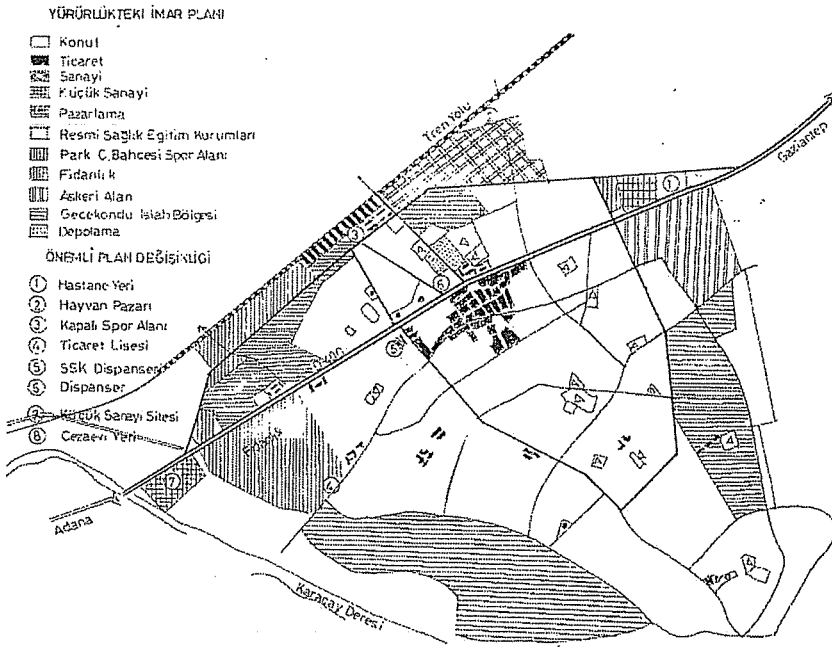
#### 3.2. 1968 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı

İmar planı raporunda, tarım, ulaşım ve ticaret sektöründeki gelişmelerin kenti geliştireceği esas alınmıştır. Plan Şekil 1'de görülmektedir. Plan Kararları aşağıda açıklanmaktadır:

Kentin güneyindeki narenciye alanları korunmuş, bağ-bahçe düzeni önerilmiş, bir merkez çevresinde gelişen kompakt bir kent formu öngörülmüştür. Merkez kendi çevresinde geliştirilmiş, merkezin kuzeyinde demiryoluna kadar sanayi, küçük sanayi depolama alanları önerilmiştir. Şehirlerarası yol bir varyantla, demiryolunun güneyinden geçmesi, kentin güney-kuzey bağlantısı için istasyondan güneye bir ana yol önerilmiştir. Kentin batı çıkışında rekreasyon alanları önerilmiştir.

### 3.3. 1982 Çukurova Metropolitan Bölge İskenderun Alt Bölgesi Çevre Düzeni Planı

Çukurova Metropolitan Bölge çalışmaları 1978 yılında başlamıştır. Planlama alanı İskenderun, Dört Yol, Payas, Erzin, Toprakkale, Mustafabeyli ve Osmaniye yerleşimleri ile kırsal çevreyi kapsamaktadır. Amaç; metropoliten gelişmeye yön vermek, sosyo-ekonomik kaynak ve güçlerin optimum kullanımının sağlanması olarak belirtilmektedir. 1968 Yılı Revizyon ve İlave Nazım İmar Planında; demiryolunun güneyinde önerilen çevre yolu kaldırılmış, kentin Adana girişinde 40 ha sanayi alanı önerilmiş, gelişme alanı olarak Karaçay'ın güneyinde, Fakiuşağı, Dereobası, Karacalar köyleri arasındaki alan seçilmiştir.



Şekil 1. 1968 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı (2).

Kente 2000 yılı iş gücü 66,40 olarak hesaplanmıştır. Bunun; % 37'si tarım, % 7'si inşaat, % 25'i sanayi, % 31'i hizmet sektörünü oluşturmaktadır.

### 3.4. 1987 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı

1985 yılında belediyelere verilen 'İmar Planı Yapma ve Onama Yetkisi' ve 1968 yılı İmar Planının hızlı nüfus artışı sonucu yetersiz kalması sebebiyle hazırlanmıştır. 1968 Nazım İmar Planının uygulanamamasını şehir plancısı Bülent Berksan şu nedenlere bağlamaktadır:

Küçük sanayi sitesi ulaşım kolaylığı nedeniyle mevcut D-400 karayolu üzerinde batıda kurulmuştur. Kenti doğu-batı yönünde kesen varyant yol gerçekleşmemiştir.

Kente planda öngörülen oranda sanayi gelişmemiş, küçük çapta işletmeler kent düzeyinde dağılmıştır. Hızlı nüfus artışı ile plandaki sanayi alanları konut alanlarına dönüşmüş, kentin batısında önerilen rekreasyon alanları kamulaştırılamamış, verimli tarım arazilerindeki bu alanlar konut, konut-ticaret gibi kentsel kullanıma dönüştürülmüştür. Kuzey-güney bağlantısı olarak önerilen yol, yapılaşmış alandan geçtiği için gerçekleşmemiştir. Plan içinde ve dışında gecekondulaşma olmuş, kırsal alandan gelen insanlar ile hızlı bir nüfus artışı olmuştur. Önerilen sosyo-ekonomik yapı oluşmamıştır. 1968'den 1984 yılına kadar planda on üç değişiklik olmuştur. Plan değişikliği genellikle kentsel donatımla ilgili arazi kullanışlarını kapsamaktadır (2). Plan Kararları aşağıda açıklanmaktadır:

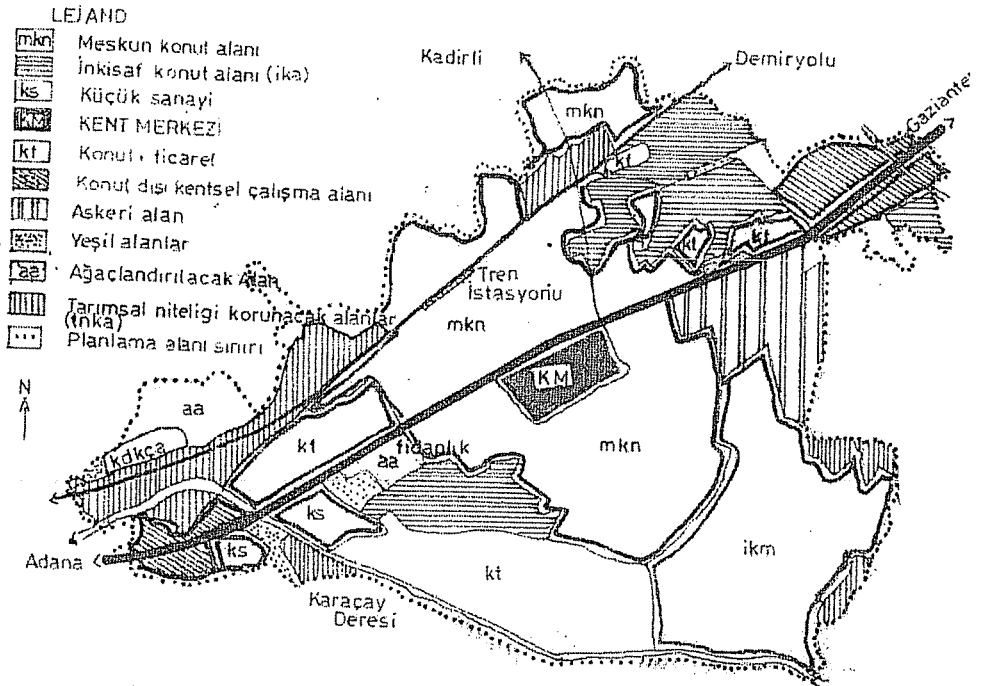
Kuzey, batı ve doğusunda yer alan I, II sınıf tarım arazilerinin korunması esas alınmıştır. Kentin gelişmesi için çevresinde bir miktar büyültülerek, boş alanların kentsel kullanıma dönüştürülmesi ve kentin kompakt formunun gelecekte daha yoğun olarak sürdürülmesi, hâlihazır harita sınırları içinde 245000 nüfus önerilmiştir. Güneyde bahçelik konut alanlarının tarımsal niteliği korunmuş, merkezin kendi çevresinde gelişmesi, sanayinin mevcut küçük sanayi sitesinin güneyinde gelişmesi düşünülmüştür. 1987 yılı nazım imar planında çalışan nüfusun işgücü projeksiyonu; %20 sanayi, % 28,9 tarım, % 16 ticaret, % 45,1 hizmet sektöründe olarak verilmiştir (2). Toprakkale ve Gaziantep yönlerinde ana arterler boyunca konut ve kentsel çalışma alanları ve fidanlıklar alanının büyük bir kısmının konut ve yeşil alana dönüştürülmesi önerilmiştir. Yeşil alanlar yerleşim dokusu içinde mahallelere dağılmıştır. Şekil 2'de 1987 planı görülmektedir.

Mevcut karayolu ana ulaşım arteri olarak düşünülmüş, kenti güneyden saran yeni bir yol önerilerek karayolunun transit geçişinin bu yola kaydırılması önerilmiştir. 1968 İmar Planında demiryolunun güneyinde önerilen çevre yolu, güzergâh ve fonksiyon değişikliği ile önerilmiş, merkez ve çevresinde mümkün olduğunca ring ve ışınal yollar önerilmiştir. Çizelge 2'de Osmaniye kenti mevcut ve öneri kentsel kullanımlar verilmektedir.

**Çizelge 2. Osmaniye Kenti Mevcut ve Öneri Kentsel Kullanımları (3)**

| Kullanım Cinsi         | Mevcut    |        | İlave  | Toplam    |           |
|------------------------|-----------|--------|--------|-----------|-----------|
|                        | Alan (ha) | %      |        | Alan (ha) | Alan (ha) |
| Konut                  | 1132.00   | 81.22  | 346.00 | 1472.00   | 64.43     |
| Ticaret                | 23.06     | 1.65   | 53.94  | 77.00     | 3.36      |
| Küçük Sanayi           | 9.56      | 0.69   | 48.19  | 57.75     | 2.52      |
| Kentsel Çalışma        | 5.18      | 0.37   | 105.70 | 110.88    | 4.83      |
| İlkokul                | 5.81      | 0.42   | 28.08  | 33.89     | 1.48      |
| Ortaokul               | 0.28      | 0.02   | 18.36  | 18.64     | 0.81      |
| Meslek Lisesi          | 6.63      | 0.48   | 8.10   | 14.73     | 0.64      |
| Üniversite             | 0.08      | 0.01   | 2.63   | 2.71      | 0.12      |
| Sağlık Tesisleri       | 0.95      | 0.07   | 4.55   | 5.50      | 0.24      |
| Sosyal Tesis           | 0.21      | 0.01   | 13.54  | 13.75     | 0.60      |
| Resmi Kurum            | 5.75      | 0.41   | 10.75  | 16.50     | 0.72      |
| Dini Kurum             | 2.47      | 0.18   | 5.78   | 8.25      | 0.36      |
| Spor, Oyun Alanı       | 2.70      | 0.19   | 52.30  | 55.00     | 2.40      |
| Park, Bahçe Yeşil Alan | 1.29      | 0.09   | 116.96 | 118.25    | 5.16      |
| Yollar                 | 197.73    | 14.19  | 85.27  | 283.00    | 12.33     |
| Toplam                 | 1.393.70  | 100.00 | 900.15 | 2.293.85* | 100.00    |

\* Mezarlık, DDY, Askeri tesisler ve boş alanlar hariç



Şekil 2. 1987 Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı (4)

### 3.5. 1994 Yılı İskenderun Körfezi Yakın Çevresi Revizyon ve İlave Çevre Düzeni Planı

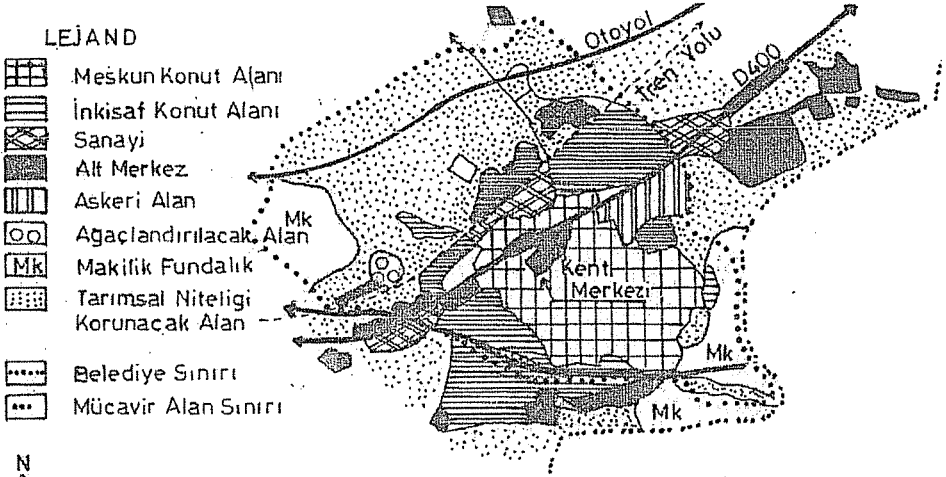
1982 planı revizyon ve ilave ile yenilenmiştir. Plan kapsamına Arsus, Samandağ kıyı bandı ve Yayladağı kesimi ilave edilmiş, fiziksel planlama ve mücavir alan sınırı bir arada ele alınmıştır. 1987 planı aynen alınmış, 2000 yılında projeksiyon nüfusu 169723 verilmiştir. Bu nüfus Güneydoğu Anadolu'dan gelen göçü içine almamaktadır. Mevcut 1839 ha alana 462 ha alan eklenmiş, bu alana 30777 nüfus önerilmiştir. Planda en önemli karar, mücavir alan düzenlemesi olmuştur. Mücavir alan belediyenin de isteği ile Fakiuşağı, Dereobası, Akyar ve Karacalar köylerini içine alacak şekilde genişletilmiştir (2). Plan Şekil 3'te görülmektedir.

### 3.6. 2001 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı

1980 yılından sonraki göç olgusu ve 1996 yılında il teşkilatının kurulması ile hızlı bir büyüme sürecine giren kentte gelişmeleri yönlendirecek ve mevcut planı geliştirecek yeni bir imar planına gereksinim duyulmuştur (4).

1987 Planı belediyelere verilen "İmar Planı Onama, Değişirme Yetkisi" ile bir çok değişikliklere uğramıştır. Kentte 1987 yılı sonrası 586. 1987 yılı öncesi ise 99 imar planı değişikliği yapılmıştır. Planın uygulanamama sebepleri; kentte İmar Müdürlüğü 1996 yılında kurulmuş, belediye yeterli teknik elemana sahip değil, yoğun göç ile kentin kuzeyinde mahalleler kurulmuş, tarım arazileri satılmış ve gecekondu alanları oluşması şeklinde açıklanmıştır. Önemli değişiklikler ise, parsel bazında kat adedinin artırılması,

bina çekme mesafelerinin azaltılması, yeşil alanların iptali, yol daraltılması veya iptali, mülkiyet kaymalarının düzeltilmesi, kentsel donanım niteliğindeki kentsel kullanım alanlarının kaldırılması olmuştur. Kentte mevzi ve ilave imar planları hazırlanmış, 18. madde uygulaması yapılamamış, otopark yönetmeliği uygulanmamıştır.



**Şekil 3.** 1994 Yılı İskenderun Körfezi Yakın Çevresi Revizyon ve İlave Nazım Çevre Düzeni Planı

Belediye tadilatlarının tek geçerli sebebini uygulanan imar planının kadastral plana uymaması veya mevcut yapılaşmanın planın hazırlanması sırasında dikkate alınmaması olarak görmektedir. Bu nedenle Osmaniye Belediyesi 1998 yılında yeni bir plan yapımını zorunlu ihtiyaç olarak görmüştür. Planda belediyenin istekleri:

Çağdaş bir kent oluşturmak, kentsel gelişmeyi mücvir alanlara ve Karaçay vadisine kaydırmak, kuzey-doğu, güney-batı yönünde bulvar yapımı, kentin birinci derece deprem bölgesinde olması ihmal edilmiş, ova yönünde gelişmeyi azaltabilmek için D-400 karayolunun doğu ve güneyinde kalan alanlarda dikey büyüme istenmiştir. İmar planının kadastral desene uygun olması, kadastro yollarının planlamada dikkate alınması öngörülmüştür.

Yeşil alanların mevcut konut dokusu yerine Karaçay vadisi veya benzeri bir yerde bütünlük içinde oluşturulmasını, sanayinin D-400 karayolunun Gaziantep çıkışına alınmasını, bu alanda konut ve ticaret gelişmesi olmaması, mevcut fidanlığın kentsel idari merkez olarak düzenlenmesi, Belediye Başkanlığı, Valilik ve diğer kuruluşların burada toplanması önerilmiştir (2).

Belediye kentin çeşitli yerlerine plansız olarak yayılmış olan kentsel donatıların bir araya getirilmesini, Karaçay vadisinde Kınık Toplu Konut Alanı dışında, Fakıuşağı, Dereobası arasında, yüksek katlı binalar, gecekondü önleme bölgeleri oluşturulması ile kentsel donanımı tam bir yeni Osmaniye planları öngörmüştür.

İmar planı ön araştırması 1998 de başlamış, 1999 yılında İller Bankasının onayıyla nazım imar planı tasarısı hazırlanmıştır. 1998 yılında Osmaniye nüfusu Belediye sınırları içerisinde 162302 kişi, mücvir köylerle beraber 165377 kişidir. Planda 2015

yılında; tarımsal faaliyetler kalmayacak, sanayi iş gücü % 30, hizmet sektörü iş gücü %65, işsizlik oranı % 5 hesaplanmıştır. 2015 yılında iktisadi olarak faal nüfus 80000 kişi olarak belirtilmiştir (2). Çizelge 3'te 1998 Yılı Nazım Plan Tasarısında mekansal projeksiyonu verilmiştir.

17 Ağustos 1999 Doğu Marmara depreminin ardından Bayındırlık ve İskân Bakanlığı ile İller Bankası, kentnin birinci derece deprem bölgesinde olması, belediye'nin ve halkın dikey yapılaşma isteğini dikkate alarak, 1984-1993 tarihli Jeolojik Etüt Raporlarının yeterli olmadığı kanısıyla, 1998 tarihinde hazırlanan Nazım Planda "Jeolojik, Jeofizik, Jeoteknik, Hidrojeolojik ve Sismolojik Etüt Raporu" ve yenilenen "Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası ve Türkiye Diri Fay Haritası"nın dikkate alınması istenmiş ve hazırlanan jeolojik jeoteknik etüt planı 16 Nisan 2001 tarihinde Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından onaylanarak yürürlüğe girmiştir.

**Çizelge 3. 1998 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı Tasarısında Mekânsal Projeksiyon (2).**

| Kullanım Cinsi          | 1998 Yılı       |                                    |        | İlave Alanlar<br>Toplam Alan (ha) | 2015 Yılı       |                                    |        |
|-------------------------|-----------------|------------------------------------|--------|-----------------------------------|-----------------|------------------------------------|--------|
|                         | Toplam Alan(ha) | Kişi Başına Alan (m <sup>2</sup> ) | %      |                                   | Toplam Alan(ha) | Kişi Başına Alan (m <sup>2</sup> ) | %      |
| Konut Alanları          | 790,92          | 48,73                              | 21,23  | 489,08                            | 1.280,00        | 40,00                              | 40,37  |
| Ticaret Alanları        | 30,87           | 1,90                               | 0,83   | 17,13                             | 48,00           | 1,50                               | 1,51   |
| Küçük Sanayi            | 39,02           | 2,40                               | 1,05   | 56,98                             | 96,00           | 3,00                               | 3,03   |
| Sanayi Alanları         | 2,36            | 0,15                               | 0,06   | 29,64                             | 32,00           | 1,00                               | 1,01   |
| Eğitim Alanları         | 22,08           | 1,36                               | 0,59   | 217,92                            | 240,00          | 7,50                               | 7,57   |
| Sağlık Tesisi Alanları  | 3,46            | 0,21                               | 0,09   | 44,54                             | 48,00           | 1,50                               | 1,51   |
| Resmi Kurum Alanları    | 11,77           | 0,73                               | 0,32   | 135,43                            | 147,20          | 4,60                               | 4,64   |
| Sosyal Tesis Alanları   | 6,33            | 0,39                               | 0,17   | 89,67                             | 96,00           | 3,00                               | 3,03   |
| Dini Tesis Alanları     | 4,99            | 0,31                               | 0,13   | 11,01                             | 16,00           | 0,50                               | 0,50   |
| Teknik Altyapı Alanları | 53,84           | 3,32                               | 1,45   | 10,16                             | 64,00           | 2,00                               | 2,02   |
| Yeşil Alanlar           | 1,83            | 0,11                               | 0,05   | 222,17                            | 224,00          | 7,00                               | 7,07   |
| Spor Alanlar            | 3,71            | 0,23                               | 0,10   | 12,29                             | 16,00           | 0,50                               | 0,50   |
| Yollar                  | 171,55          | 10,57                              | 4,60   | 308,45                            | 480,00          | 15,00                              | 15,15  |
| Otoyol Alanı            | 69,15           | 4,26                               | 1,86   | -                                 | 69,15           | 2,16                               | 2,18   |
| Demiryolu               | 12,64           | 0,78                               | 0,34   | 0,16                              | 12,80           | 0,40                               | 0,40   |
| Devlet Yolları          | 46,94           | 2,89                               | 1,26   | 0,06                              | 47,00           | 1,47                               | 1,49   |
| Petrol Boru Hatları     | 25,35           | 1,56                               | 0,68   | -                                 | 25,35           | 0,79                               | 0,80   |
| Askeri Alanlar          | 122,70          | 7,56                               | 3,29   | -                                 | 122,70          | 3,83                               | 3,87   |
| Mezarlıklar             | 21,99           | 1,35                               | 0,59   | 3,01                              | 25,00           | 0,78                               | 0,79   |
| Orman Alanları          | 46,00           | 2,83                               | 1,23   | -                                 | 46,00           | 1,44                               | 1,45   |
| İfrazlı Boşluklar       | 427,92          | 26,37                              | 11,50  | (-427,90)                         | -               | -                                  | -      |
| İfrazsız Boşluklar      | 1.808,30        | 111,42                             | 48,53  | (-1.252,98)                       | -               | -                                  | -      |
| Dere Yatağı             | 2,00            | 0,12                               | 0,05   | 33,20                             | 35,20           | 1,10                               | 1,11   |
| Toplam Alan             | 3.725,76        | 229,55                             | 100,00 |                                   | 3.170,40        | 99,07                              | 100,00 |

Jeoteknik etüt raporu sonunda aktif Osmaniye ve Toprakkale faylarının 7.0 ve 6.7 büyüklüğünde deprem üretebilecek kapasitede olduğu bu faylar üzerinde yüzey kırığı oluşturabilecek büyüklükte (6.5 veya daha büyük) bir deprem için tekrarlama periodunun yaklaşık 700 yıl olduğu ve 50 yıl içinde bu büyüklükte bir deprem bekleneceği gerçeği ortaya çıkmıştır (4). Bu durumda planlamada faylardan çekme mesafeleri belirlenmiş, zeminin niteliklerine uygun olarak kullanımına ilişkin kararlar getirilmiştir. Jeolojik ve Jeoteknik etüt şartlı alanların öncelikle yeşil alan veya yol

olarak planlanması önerilmiş, bu alanlarda kalan mevcut yapıların ekonomik ömürleri boyunca korunması, tamirat, tadilat dışında yeni yapılaşmaya izin verilmemesi hükme bağlanmıştır (5).

2001 Jeolojik ve Jeoteknik etüt sonuçlarında Osmaniye birinci derece deprem bölgesinde olmasıyla, bitişik nizam yapı yapılmayacağı, binalarda çıkma yapılmayacağı, ayrıntılı zemin etütleri yapılarak, temel tipi ve seviyesi belirtilmiştir. Ayrıca, yapı yoğunluklarını ve kat adetlerini aşan daha önce yapılmış binalarda, depreme dayanıklılığın incelenmesi, gerekiyorsa zemin ıslahı yapılması, temel ve üst yapı taşıyıcı sisteminin takviye edilmesi önerilmiştir.

Bu durumda Osmaniye Belediyesi, Jeolojik Jeoteknik etüt raporunda bazı hükümlerin değiştirilmesi için (bina çıkmalarına izin verilmesi, kat adetlerinin artırılması vs) Eylül 2001 tarihinde Afet İşleri Genel Müdürlüğüne başvurmuş, ancak kurum, çıkma balkon yapılamayacağı, resmi yapılar dışında parsel bazında kat artırımını yapılamayacağı görüşünü bildirmiştir (5).

Belediye, nazım ve uygulama imar planlarında jeolojik etüt raporuna ters olan durumlarda Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğünden onay almak zorunluluğunda bırakılmıştır. Çukurova Üniversitesi tarafından hazırlanan jeolojik ve jeoteknik rapor ve arazi bulguları üzerindeki çeşitli girişim ve tartışmalar sonucu Osmaniye’de çok katlı yapı yapılamayacağı, yapılaşmada yeni faktörlerin ortaya çıktığı kamuoyunca da kabullenilmiştir. Böylece nazım imar planı ve çevre düzeni planı tasarıları yeniden düzenlenmiş, oluşturulan yeni nazım imar planı Osmaniye Belediye Meclisi tarafından 12.12.2001 tarihinde onaylamıştır (5). Şekil 4’de 2001 yılı Osmaniye revizyon ve ilave nazım imar planı verilmiştir. Plan kararları aşağıda açıklanmaktadır:

Osmaniye’nin güney ve güneybatı yönünde gelişmesi istenen arazilerin II sınıf tarım arazisi olması nedeniyle tarım dışı amaçla kullanımının mümkün olmadığını, kentin en önemli gelişme yönünün kapatılmış olması, kuzeyde ova yönünde kentsel gelişmenin engellenmemesine neden olacağı belirtilmektedir.

Fay hatları ile emniyet bantları yapılaşmaya kapatılmıştır. Bu alanların, yol ve yeşil alan olarak kullanılması, yapılaşmada en fazla 5-6 kat sınırlaması gerektiği belirlenmiş, jeolojik etüde göre kat yükseklikleri belirlenmiştir (6).

Kentsel gelişmeyi yönlendirici niteliği dikkate alınarak ve batıdan esen hâkim rüzgâr göz önünde tutularak, sanayi ve toptan ticaretin gelişmesi şehrin kuzeydoğusunda D-400 karayolunun Gaziantep çıkışıyla, Çardak yolu ve kuşaklama kanalı arasında sınırlandırılmıştır.

İller Bankasının inceleme sonuçları ve önerisi dikkate alınarak Osmaniye kentine yakın organize sanayi alanı bulunması nedeniyle planda sanayi alanı önerilmemiştir. Nisan 1999 ve 2001’de geliştirilen nazım imar planları tasarıları arasındaki farklar aşağıda açıklanmaktadır (3).

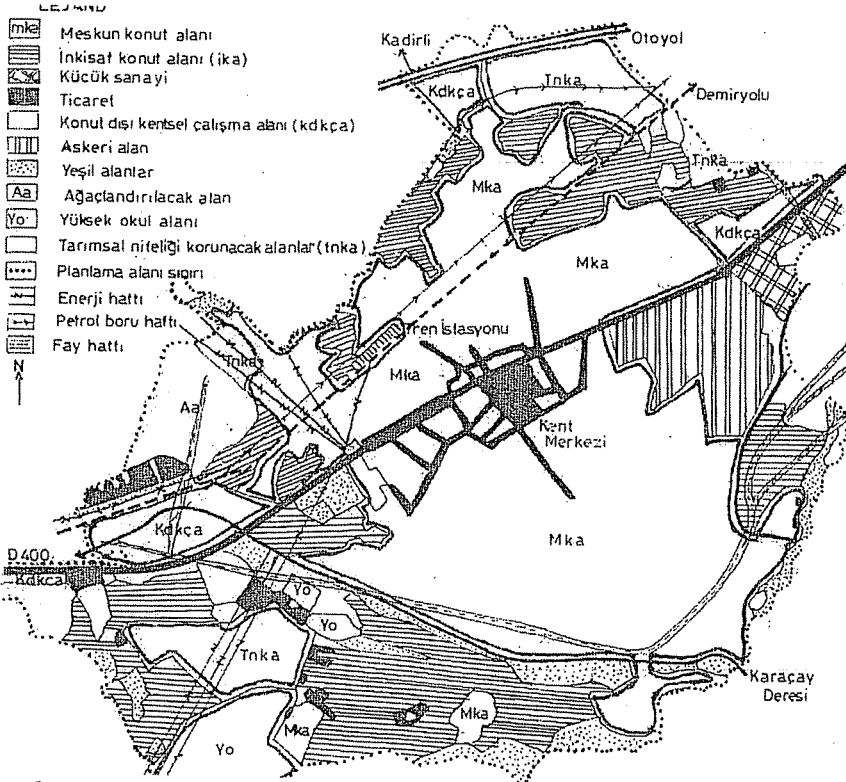
Tarım alanında kurulu, kaçak olması yanında teknik açıdan da benimsenemeyecek gecekondular karakterli alan planda gösterilmiştir. Taban suyu yüksek bataklık alanların kentsel kullanıma açılmaması, yörede yaşayan nüfusun taşınması önerilmiştir.

Plancı, Osmaniye’yi doğudan D-400 karayoluna taşıyan 25 m’lik yolun kanala paralel gitmesini önermiş, belediye askeri sahanın doğusundan geçmesini istemiştir. Mücavir alan sınırı dışında olan Çardak-Yarpuz yolunun güneyinde kalan, kooperatiflere ait alan, belediyenin isteği ile imar planı içine alınmıştır. Otogar.

Belediyenin isteği ile otoyol bağlantı yolu ile D-400 karayolunun oluşturduğu kavşağın kuzey-batı köşesine yerleştirilmiş, otogar sahasının doğusundaki alanlar konut dışı kentsel çalışma alanına dönüştürülmüştür.

Fay hattı boyunca belirlenen emniyet bandı yeşil alan olarak düzenlenmiş, Gebelinin doğusunda kalan alanlar için önerilmiş yol, 10 m genişliğinden 15 m'ye çıkarılmıştır. Belediyenin isteği ile belediye ve valilik için orman fidanlığının bir bölümünde yeni alan oluşturulmuştur. 1987 İmar Planında D-400 karayolu ile Toprakkale Devlet Yolunun oluşturduğu kavşak karayolları tarafından küçültülmüştür.

Belediyece önerilmiş köprülü kavşak projesi plana işlenmiş, D-400 karayolunun batı çıkışında hal alanı planlanmış, Toprakkale yolunun kuzey kenarında önerilmiş konut dışı kentsel çalışma alanının bir kısmı ticaret alanına dönüştürülmüştür.



Şekil 4. 2001 Yılı Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı (4).

II sınıf tarım arazileri tarımsal niteliği korunacak alan olarak planlanmış, belediyenin Üniversite alanına dahil edilmesini istediği alan, sulu tarım alanı içerisinde kalması ile tarım alanı olarak planlanmış, Karacay vadisinde daha önce "Kıvık Toplu Konut Alanı" belediyenin de öneriye katılımı ile yeşil alan olarak planlanmıştır. Böylece aktif yeşil alanlara 48 ha alan daha eklenmiştir. Dere yatağı içinde oluşturulan spor alanlarının yüzölçümü 13,5 ha dır. Belediye, ulaşım ağında yol profillerinin artırılmasını



istemmiş ve artırılmıştır. Çizelge 4'te Osmaniye nazım imar planında mekansal projeksiyon verilmiştir.

**Çizelge 4. 2001 Yılı Nazım İmar Planında Mekansal Projeksiyon (6).**

| Planlanmış Alan                       | Yüzölçümü (ha) | %      |
|---------------------------------------|----------------|--------|
| Mevcut Konut Alanları                 | 815,64         | 17,98  |
| Gelişme Konut Alanları                | 405,56         | 4,90   |
| Ticaret Alanları                      | 196,70         | 4,29   |
| Küçük Sanayi Alanları                 | 54,90          | 1,20   |
| Konut Dışı Kentsel Çalışma Alanları   | 121,40         | 2,65   |
| Depolama Alanları                     | 6,70           | 0,15   |
| Eğitim Tesis Alanları                 | 66,00          | 1,44   |
| Sağlık Tesis Alanları                 | 16,10          | 0,35   |
| Resmî Kurum Alanları                  | 61,50          | 1,34   |
| Sosyal-Kültürel Tesis Alanları        | 22,50          | 0,49   |
| Dini Tesis Alanları                   | 15,40          | 0,34   |
| Teknik Altyapı Alanları               | 5,90           | 0,18   |
| Garaj ve Terminal Alanları            | 11,00          | 0,24   |
| Mezbahane Alanı                       | 2,50           | 0,05   |
| Hal Alanı                             | 3,15           | 0,07   |
| Yeşil Alanlar                         | 412            | 8,98   |
| Spor Alanları                         | 36,05          | 0,79   |
| Fuar Alanı                            | 14,20          | 0,31   |
| Mezarlık Alanları                     | 47,45          | 1,03   |
| Orman Alanları                        | 25,30          | 0,55   |
| Ağaçlandırılacak Alanlar              | 142,05         | 3,10   |
| Askeri Garnizon ve Jandarma Alanı     | 128,90         | 2,81   |
| Otoyol ve Devlet Karayolları Alanları | 133,50         | 2,91   |
| Demiryolu Alanı                       | 11,60          | 0,25   |
| Yollar ve Otopark Alanları            | 1320,40        | 28,77  |
| Tarımsal Niteliği Korunacak Alan      | 516,10         | 10,08  |
| Toplam Planlama Alanı                 | 4.587,50       | 100,00 |

### 3.7. 2002 Yılı Osmaniye Çevre Düzeni Planı

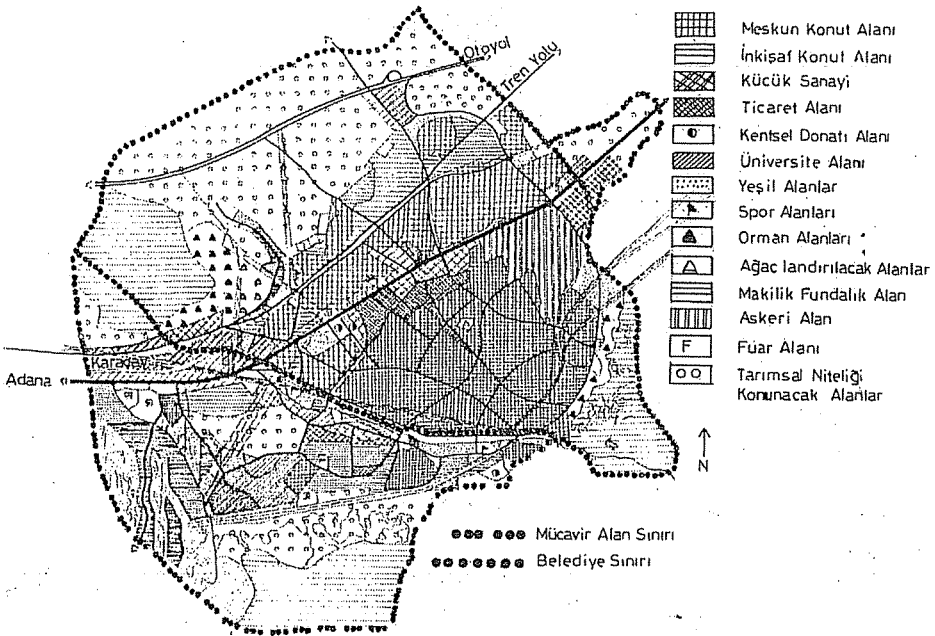
1994 tarihinde onaylanmış "İskenderun Körfezi ve Yakın Çevresi Çevre Düzeni Planı"nın Osmaniye Belediye ve mücavir alanlarını kapsayan kısımları için plan önerisi, İller Bankası Genel Müdürlüğünün 24.06.1999 tarihli "Osmaniye (Merkez) Nazım İmar Planı Tasarısı İnceleme Raporu" gereğince hazırlanmıştır. Plan, nazım imar planı ile uyumlu hazırlanırken, ilave olarak (tarım ve orman alanları ile) 7670 ha alana yayılmıştır (5).

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğüne sunulmuş olan Çevre Düzeni Planı Tasarısı 20.09.2002 tarihinde onaylanmış, Osmaniye imar planı çalışmalarına esas olmuştur (5). Şekil 5'te Osmaniye Çevre Düzeni Planı verilmiştir.

2001 yılında onaylanan nazım imar planında, zemine ilişkin bilimsel veriler ile geliştirilen binalarda kat sınırlaması, 2015 yılı nüfus projeksiyonu olan 320000 kişinin, onaylı hâlihazır harita sınırları içerisinde iskânında zorluk yaratmış ve projeksiyon 242000 kişi olarak hesaplanmıştır (5).

Deprem gerçeğine göre ilaveler yapılan Çevre Düzeni Planı notlarında planlamayı ve uygulamayı yönlendiren detaya inen hükümler bulunmaktadır. Plan notlarının detayları 1/5000 Nazım ve 1/1000 ölçekli Uygulama İmar Planına taşınmıştır. 2001 tarihli Nazım İmar Planı ile 2002 Çevre Düzeni Planı benzer niteliklere sahip olsa da aralarında farklılıklar da bulunmaktadır. 1/1000 Uygulama İmar Planı çalışmalarında onaylı Nazım Plan kararları gözetilirken, daha yakın tarihte onanmış bulunan Çevre Düzeni Planı kararlarına öncelik verilmektedir. Farklılıklardan önemli bir kısmını orta yoğunluklu alanlar için belirlenmiş kat adetleri oluşturmaktadır (5).

Yerleşik alanlardaki sokak dokusunun korunabilmesi, mevcut konut stoğunun olabildiğince muhafaza edilmesi, jeolojik verilerin sınırladığı düşük katlarda yapılaşma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Esasında yol genişlikleri artırılarak, bina cepheleri arasını açmak, daha yüksek binalar yapmak imkânı bulunacaktır (2).



Şekil 5. 2002 Yılı Osmaniye Çevre Düzeni Planı (7)

Planlamada, Köy Hizmetleri, Orman Bakanlığı ve Devlet Su İşleri ve diğer kuruluşların önerileri dikkate alınmış, Belediye'nin ve mahalli diğer kurum, kuruluş ve kişilerin arzu, istek ve önerileri doğrultusunda, şehrin kuzeydeki verimli tarım arazileri yerine güneye ve güneybatıya doğru gelişmesini sağlamak için gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Karaçay'ın güneyinde kalan mücadir alandaki Akyar, Fakıuşağı, Dereobası ve Karacalar köyleri ile çevrelenen gelişme alanı için yapılaşma önerilmiştir. Erzincan yolu civarında engebeli alanlar için gelişme öngörülmüş, engebelerin arttığı kesimler yeşil alan olarak planlanmıştır. Jeolojik etütlerin onayı sonucunda Bayındırlık ve İskan

Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü önerilmiş kat adetlerini birer kat düşürmüştür (7).

Kentsel arazide kısıtlamalar karşısında, tarım arazilerini de koruyabilmek için gelişmenin güneybatı ve batı yönünde olmasının özendirilmesi, kat adetlerinin artırılmadığı konut alanlarında yapı yoğunluklarının bir miktar yükseltilmesi kaçınılmaz hale gelmiş, kuzeydeki mevcut yerleşme alanları arasında kalan boşluklar dışında yeni gelişme önerilmemiş, kent makroformunun belirlenmesinde ve kentsel kullanımların yerinin belirlenmesinde ulaşım ilişkileri ve fonksiyonel ilişkiler gözönünde bulundurulmuştur. Sanayi gelişmesinin Toprakkale sınırları içerisinde oluşturulan Osmaniye organize sanayi bölgesinde olacağı varsayılmıştır. Küçük sanayi ve toptan ticaret şehrin çıkışında ve konut dışı kentsel çalışma alanları batıda Adana ve Toprakkale çıkışında, doğuda ise Gaziantep çıkışında konumlandırılmıştır.

Ticaret merkezi, idari merkezle birlikte gelişme alanlarına doğru yönlendirilmiş, mevcut ticari alanlar da aynı fonksiyonla korunmuştur (7). Çizelge 5’de Osmaniye çevre düzeni planında mekansal projeksiyon verilmiştir.

**Çizelge 5. 2002 Yılı Osmaniye Çevre Düzeni Planında Mekansal Projeksiyon (7)**

| Kullanım Cinsi                            | Alan (ha) | %     | Kullanım Cinsi                      | Alan (ha) | %     |
|---|-----------|-------|-------------------------------------|-----------|-------|
| Konut Alanları                            | 1.259,43  | 28.36 | Yüksek Öğretim                      | 135,25    | 3.05  |
| Gelişme Konut Alanları                    | 387,18    | 8.72  | Mesleki Orta Öğretim                | 15,73     | 0.35  |
| Yerleşik Konut Alanları                   | 872,25    | 19.64 | Orta Öğretim                        | 29,19     | 0.66  |
| 6 Katlı Gelişme Konut                     | 25,68     | 0.58  | İlköğretim                          | 56,50     | 1.27  |
| 5 Katlı Gelişme Konut                     | 125,55    | 2.83  | Sosyal ve Kültürel Tesis            | 13,75     | 0.31  |
| 5 Katlı Yerleşik Konut                    | 497,67    | 11.21 | Sağlık Tesis Alanları               | 33,69     | 0.76  |
| 3 Katlı Gelişme Konut                     | 21,62     | 0.49  | Resmî Kurum Alanları                | 54,88     | 1.23  |
| 3 Katlı Yerleşik Konut                    | 41,92     | 0.94  | Belediye Hizmet Alanları            | 12,86     | 0.29  |
| 2 Katlı Gelişme Konut                     | 214,33    | 4.83  | Dini Tesis Alanları                 | 11,19     | 0.25  |
| 2 Katlı Yerleşik Konut                    | 332,66    | 7.49  | Askeri Alanlar                      | 130,00    | 2.93  |
| Ticaret Alanları                          | 41,50     | 0.93  | Teknik Altyapı Alanları             | 7,60      | 0.17  |
| 5 Katlı Ticaret                           | 6,95      | 0.16  | Spor Alanları                       | 18,84     | 0.42  |
| 3 Katlı Ticaret                           | 9,56      | 0.22  | Yeşil Alanlar, Rekreasyon Alanları  | 404,93    | 9.12  |
| 2 Katlı Ticaret                           | 24,99     | 0.56  | Orman Alanları                      | 2,40      | 0.05  |
| Pazar Yerleri                             | 3,52      | 0.08  | Ağaçlandırılacak Alanlar            | 171,68    | 3.87  |
| Toptan Ticaret Alanları                   | 16,70     | 0.38  | Tarımsal Niteliği Korunacak Alanlar | 192,72    | 4.34  |
| Küçük Sanayi Alanları                     | 30,60     | 0.69  | Garaj-Terminal Alanları             | 10,30     | 0.23  |
| Depolama Alanları                         | 3,80      | 0.09  | Fuar Alanı                          | 23,70     | 0.53  |
| Otoyol ve Devlet Yolları                  | 150,00    | 3.38  | Öğretim Kurumu Alanları             | 236,67    | 5.33  |
| Garaj-Terminal Alanları                   | 10,30     | 0.23  | Demiryolu ve Petrol Boru Hattı      | 42,65     | 0.96  |
| Fuar Alanı                                | 23,70     | 0.53  | Tarım Alanları                      | 39,52     | 0.89  |
| Konut Dışı Kent.Çal.Alan., Akaryakıt İst. | 112,98    | 2.54  | Kent Yolları ve Otoparklar          | 1.414,72  | 31.87 |
| Toplam:                                   |           |       |                                     | 4.440,63  | 100   |

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Planlama bir disiplindir. Birçok kuruluşun görev ve yetki alanına girmektedir. Planlamanın amacı belli bir doğa bütünlüğünü korumak, insanın insanca yaşayacağı kuralları oluşturmak ve kentleri düzenli geliştirmektir (8).

1949’dan itibaren hazırlanmaya başlanan kent imar planları, Osmaniye Belediyesi’nin teknik teşkilatını sağlıklı oluşturamaması ve imar planlarını

gerçekleştirememesiyle, halkın (kırsal kültürün hakim olduğu) talepleriyle birleşerek, imar planları üzerinde çok sayıda değişiklik yapılması sonucunu ortaya çıkarmıştır (2).

Osmaniye kentinde 1982, 1994, 2002 yıllarında hazırlanan üst düzey Çevre Düzeni Planları, 1968, 1987, 2001 tarihli Nazım İmar Planlarına fiziki değişiklikler ve ilaveleri beraberinde getirmiştir. 1982, 1994 yılı çevre düzeni planlarında kentin kuzeyinde I ve II sınıf tarım alanlarını korumak amacıyla, mücavir alanları Karaçay'ın güneyinde önermiştir. Nazım İmar ve Çevre Düzeni Planlarında kuzeyde, doğuda ve batıda tarım alanlarının korunması planlarda belirtilirken (3), uygulamada ise kent kuzeye doğuya ve batıya doğru gelişmiştir. 1968 Nazım Planı ve 2002 Çevre Düzeni Plan sınırları dikkate alındığında 6181 ha alan (tarım alanı) planlama sınırı içine alınmıştır. 1968 yılı Nazım İmar Planında tarım, ticaret ve ulaşımın kenti geliştireceği belirtilirken, 1998 yılı Nazım İmar Planı Tasarısında, 2015 kentte tarım sektöründe iş gücü kalmayacağı belirtilmektedir (2). Oysa tarım alanlarının korunması acil bir sorun olarak tüm dünyada kendini göstermektedir. Nedeni, tarımın dünyanın pek çok bölgesinde marjinal alanlara yayılmış olmasıdır (10).

Osmaniye kenti, Adana, Mersin, Tarsus ile birlikte Çukurova Bölgesinde dünyanın önemli tarımsal üretim bölgeleri arasında yer almasına rağmen, tarım topraklarının, tarım dışı amaçlarla kullanım sorununun en yoğun yaşandığı iller arasında yer almaktadır. Bu durumun neden olduğu ekonomik kayıplar her yıl biraz daha artarak devam etmektedir (10). Akılcı kentleşme politikası, tarım dışı kullanım gereksinimlerinin karşılanmasına öncelikle VIII sınıf topraklardan başlanması, yeterli olmaması halinde ise gereksinimlerin sulanmayan ve dikili durumda olmayan V ve VII sınıf topraklardan karşılanması olarak belirtilmektedir (8). I ve II sınıf tarım arazileri "Tarımsal Sit Alanı" kabul edilmeli, arazilerin yetenek sınıfları dışında kullanılmasına izin verilmemeli ve cezai müeyyideler getirilmesi önerilmektedir (10).

17 Ağustos 1999 Doğu Marmara depreminden sonra, gerek nazım imar planlarında, gerekse çevre düzeni planına esas "jeolojik, jeoteknik, jeofizik ve hidrojeolojik etüt raporu"nun hazırlanması ile Osmaniye ve Toprakkale faylarının 7.0 ve 6.7 büyüklüğünde deprem üretebilecek kapasitede olmaları gerçeğinin ortaya çıkmış olmasıdır. Bu durumda plancılar, Osmaniye kentinde yüksek katlı binaların yapılmayacağını belirterek yerleşimde kat sınırlaması yapmak, jeolojik jeoteknik etüt şartlı alanları öncelikle yeşil alan ve yol olarak önermek durumunda kalmıştır. Böylece imar kanununda sosyal ve kültürel alt yapı alanları içerisinde yer alan yeşil alan miktarında büyük oranda artışlar olmuştur. Bu gün Osmaniye kentinde 1/25000 ölçekli Çevre Düzeni Plan kararları uygulamada geçerli olmakta ve 2002 tarihli çevre düzeni planına göre Osmaniye kentinde kişi başına 17,91 m<sup>2</sup> aktif yeşil alan düşmektedir. Bu değer kişi başına düşen 10 m<sup>2</sup> standart ölçüsünün oldukça üzerindedir.

1980'li yıllardan itibaren kent, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinden aşırı göç alması ile, kırsal kökenli bu insanlar merkezde yada çevre köylere yerleşememiş, kentin kuzeyinde tarımsal alanlardan arsa satın alarak, kendi mahallelerini oluşturmalarıyla kentte sosyal tabakalaşma ve gecekondulaşma oluşmuştur. Kentlere olan göç kent büyümesini sağlarken aynı zamanda kentleşme sürecini azaltan en önemli sorundur. Suher ve Ocakçı (1977) kentleşme salt kent olarak tanımlanan yerlerde bir nüfus toplanması süreci olarak tanımlanmamalıdır. Kentleşme kentli olma-kentlileşme içeriğiyle, mekânsal gelişme, yerel örgütlenme, sosyal tabakalaşma, kurumsallaşma,

üretimde farklılaşma uzmanlaşmayla belirlenen bir kentsel nüfus toplanması sürecidir. Kırdan kente göç eden nüfusun yaşam biçimi ve davranış kalıplarını benimsemesi. kentte var olan ve kentliye sunulan tüm fırsatlardan yararlanması yönünde ortaya çıkan bir değişim süreci olarak tanımlanmaktadır (9).

1985 yılında belediyelere verilen imar planı yapma, yaptırma, onama, değiştirme yetkisi kentin mekânsal oluşumunda geriye dönülmesi oldukça zor sonuçlar ortaya koymuştur. Bu durumda planların uygulanması için belediye ve belediye meclisinin denetimini artırılarak, meclisin üstünlüğü ilkesi getirilerek, yaptırım ve güvenlik gücü olan ve imar polisini de kapsayan bir kolluk gücü kurulması savunulmalıdır (12).

1998 yılında Osmaniye nazım imar planı hazırlanırken, plancının da belirttiği gibi, kent planlama ilke ve yasalarından uzak bırakılarak, mekân seçimlerinde halkın ve belediyenin isteklerinde hareket etme zorunluluğu ile karşı karşıya kaldığı görülmektedir. Belediyenin plan hazırlanırken kadastral sınırlara uyulması isteği, bu durumu açıkça ortaya koymaktadır. Plancı ise olumsuz bazı koşulların düzeltilmesi gibi kararlar üreten, plansız plancı durumuna gelmiştir. Kentin planlama ve yönetim sorunlarını birbirinden ayırmak mümkün değildir. Planlamanın etkin bir hale getirilmesi için Keleş (2001) imar planlamayı yönlendiren bütün yasaları ortadan kaldırarak yeni ve kökten bir düzenlemeye gidilmesini önermektedir.

Belediye sınırları içinde otoyol, enerji ve petrol boru hatları yerleşimi, tarım alanlarını ve yeşil alanları tehdit etmektedir. Tarım alanlarının temel kayıp nedenlerini sanayileşme, kentleşme, kamusal yatırımlar, turizm, toprak sahiplerinin yüksek gelir elde etme arzusu olarak belirtilmektedir (11). Kentte sanayileşme önerilmemesine karşın Çevre Düzeni Planında Osmaniye kentine yakın güneybatıda kurulan organize sanayi bölgesi kentte yapılaşmayı etkilemektedir.

Çevre Düzeni Planı Osmaniye Kentinde sanayinin gelişmesini (sanayi kenti olmasını) planlarken, kentin I, II sınıf tarım arazileri ile çevrili olması, kentin aktif fay hattı üzerinde olması yerleşim için sürdürülebilir bir politika oluşturmamaktadır. Kentin birinci derecede deprem bölgesinde olması nedeniyle aktif fay hatlarının bulunması, diğer taraftan verimli tarım arazileri ve bu durumda yerleşim ve sanayinin gelişme zorunluluğu birbiriyle çelişkili olgulardır. Osmaniye kentinde akılcı, sürdürülebilir plan program ve sağlıklı uygulamaların gerçekleşmesi zorunluluğu vardır.

Bu durumda Osmaniye kent için aşağıdaki öneriler sunulabilmektedir:

- “Kentlere vize”(5) tanımı üzerinde düşünülmesi,
- Sürdürülebilir kentsel gelişme ve çevre yönetimi (13) planlarda yer almalı,
- Osmaniye imar planlarında “tarım kent”(14) vizyonu mu benimsenecek, yoksa sanayi kent mi? Sorusu cevap bulmalı ve ayrıca ülke politikaları belirlenmeli, yasal önlemler alınmalıdır.
- Avrupa Kentsel Şartında (1992) ortaya konan sorumlulukları katılımcı bir anlayışla “toplum merkezli” yönetim ortaya konmalıdır. Esneklik, katılım, şeffaflık olmalıdır.
- Avrupa Konseyi’nin yerelliği güçlendirme amaçlı çalışmalarının öne çıkardığı, yönetsel, sosyal, kültürel ve ekonomik uyumun birlikteliğini planlamaya aktarmak modern dünyanın gelişmelerine yetişmek açısından da son derece önemlidir.
- Kentler bilimsel verilere göre yönetilmeli ve planlanmalıdır.

- Sürdürülebilir, insanca yaşanan, fonksiyonel ve estetik değerlerle, kent ekonomisi, kent ekolojisi, kent sosyolojisi, kent psikolojisi planlarda açık ve net ortaya konmalı, tüm bu değerlere bağlı kent taşıma kapasiteleri tespit edilmelidir.

## 5. KAYNAKLAR

1. DİE, <http://www.die.gov.tr>, 2000.
2. *Osmaniye Belediyesi*, (Mersinligil,Ö.), “*Osmaniye (Merkez) İmar Planı Ön Araştırma Tasarısı*”, Cilt 1, Cilt 2, Adana, (414)s, 1998.
3. *Osmaniye Belediyesi*, (Berksan,B.) “*Osmaniye Revizyon ve İlave Nazım İmar Planı Raporu*”1987.
4. *Açıkalın,M.A., Aksoy,Ş., Sezgin,D.*, “*Deprem Sonrası İmar ve Afet Mevzuatındaki Gelişmeler Çerçevesinde Osmaniye (Merkez) İmar Planı Çalışmaları*”, İmar Planlamada Bilgi Teknolojileri Kullanımı ile Deprem Sonrası İmar ve Afet Mevzuatındaki Gelişmeler Semineri, İller Bankası Genel Müdürlüğü, Ankara, (362)s, 25-43, 2004
5. *Osmaniye Belediyesi*, “*Osmaniye (Merkez) 1/1000 Ölçekli Uygulama İmar Planı Tasarısına İlişkin İnceleme Raporu*”, İller Bankası Genel Müdürlüğü, Ankara (20)s, 2003.
6. *Osmaniye Belediyesi*, (Mersinligil,Ö.) “*Osmaniye (Merkez) Nazım İmar Planı (yeniden düzenlenmiş) Önerisi Ek İzah Raporu*, Adana, (26)s, 2001.
7. *Osmaniye Belediyesi*, (Mersinligil,Ö.) “*Osmaniye (Merkez) Çevre Düzeni Planı 1/25000 Değişikliği Önerisi İzah Raporu*”, Adana, (4)s, 2002.
8. *Keleş,R.*, “*Metropolitan Alan Yönetiminde Yeni Arayışlar Sempozyumu*” İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, (224)s, 2001.
9. *Sayan,M.S., Çıkman,E., Almaca,A.*, “*Türkiye’de Kentleşme Sürecinde Karşılaşılan Yeşil Alan Sorunlarının Antalya Kenti Örneğinde İrdelenmesi*”, 2000 Gap-Çevre Kongresi, Harran Üniversitesi, Müh. Fak. ve Ziraat Fak., Cilt 1, 156–166, Şanlıurfa, 2000.
10. *Gültekin,U.*, “*Tarımsal Alanların Amaç Dışı Kullanımı ve Çevre Politikası Yönünden Değerlendirmesi*”, 2000 Gap-Çevre Kongresi, Harran Üniversitesi, Müh. Fak. ve Ziraat Fak., Cilt1, 147–156, Şanlıurfa, 2000.
11. *Bengisu,A.G. ve diğ.*, “*Şanlıurfa İli Tarım Alanlarının Amaç Dışı Kullanımı Sonucu Olası Sorunlar*”, 2000 Gap-Çevre Kongresi, Harran Üniversitesi, Cilt 1, 157-166, Şanlıurfa, 2000.
12. *Göksu,S.*, “*Metropolitan Alan Yönetiminde Yeni Arayışlar Sempozyumu Bildirisi*, İstanbul Ticaret Üniversitesi, (224)s, 2001.
13. *Uyanık,S.*, “*Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Planlaması ve Çevre Yönetimi*”. Gap-Çevre Kongresi, Harran Üniversitesi, Müh. Fak. ve Ziraat Fak., Cilt 1, 1023–1032, Şanlıurfa, 2000.
14. *Atik,M., Say,Peker,N.*, “*Tarım Kentleri ve GAP*”, 2000 Gap-Çevre Kongresi, Cilt 1, 139-146, Şanlıurfa, 2000.

## ESKİ MADEN İŞLETMELERİ VE TAŞ OCAKLARININ TEHLİKELİ ATIK DEPOSU OLARAK KULLANILMA OLANAKLARI VE ÇUKUROVA BÖLGESİNDE BİR UYGULAMA

### TARSUS SAĞLIKLI KÖYÜ BOYNUZTEPE MEVKİİ ESKİ ALÇI TAŞI OCAĞI

Mesut ANIL, Özen KILIÇ ve Mehmet TÜRKMENOĞLU  
Ç.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

**ÖZET :** Türkiye her geçen gün sanayi atıklarını depolamada güçlüklerle karşılaşan bir ülke olup, bu atıkların içinde tehlikeli atıklar sınıfına giren maddeler de bulunmaktadır. Nüfus artışı ve sanayileşmeye paralel olarak oluşan bu atıkların depolanmasında gerek bölgesel olarak ve gerekse ülke genelinde sıkıntılar vardır. Özellikle tehlikeli atık sınıfına giren katı ve sıvı atıkların uluslar arası kurallara uygun olarak depolanabilmesi için dizayn edilmiş ve lisans verilmiş tek bir depo İzaydaş bulunmaktadır. Bu deponun kapasitesi oldukça düşük olup; Marmara Bölgesi'ne bile cevap veremezken öteki bölgelerde başka depo yoktur. Avrupa Birliği ile entegrasyon sürecinin yaşandığı günümüzde tehlikeli atıkların da önemli sorun oluşturacağı da düşünülerek 4 yeni depo alanı için çalışmalar başlatılmıştır. Ancak çok geç kalındığı için yer seçimi ve ÇED belgesi süreci uzamakta ve geniş protestolar yaşanmaktadır.

Bu incelemede Mersin Kromsan A.Ş. tarafından stok sahasında bekletilen ve tehlikeli atık sınıfındaki Cr<sup>6+</sup> içeren atıkların depolanması için eski bir açık işletme sahası düşünülmüş ve gerçekleştirilen bir dizi çalışmalar sonunda burası için lisans alınan depo esas alınmıştır. Depo alanında yapılan incelemeler ve alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen kimyasal analizler depo alanından herhangi bir sızıntının olmadığını göstermektedir. Ayrıca hava kalitesi bakımından da önemli bir kirlilik saptanmamıştır. Bu model bölgedeki öteki taş ocakları ve açık maden işletmelerinin iş bitimi tehlikeli atıklar için depo alanı oluşturulabileceklerini göstermektedir.

### THE USAGE POSSIBILITIES OF ABONDENED OPEN-PIT MINE AND QUARRIES AS HAZARDOUS WASTE STORAGE AND AN APPLICATION OF ÇUKUROVA REGION

#### SAĞLIKLI VILLAGE BOYNUZTEPE TARSUS ABONDONED GYPSUM OPEN-PIT

**ABSTRACT :** Turkey is a country that has difficulties in industrial waste disposal and these wastes have been containing material, which are considered as

*hazardous. There are problems in waste disposal parallel in population growth and industrialization either as regional or throughout the country. İzaydaş is licenced and unique deposit that has been designed according to the disposal of certain hazardous solid and liquid waste. The capacity of this deposit is rather low that has not been opposing the requirement of even the Marmara Region, and there is no other deposit in other regions. Works have been set up for 4 deposits that hazardous wastes have been thought as serious issue today at which the integration period of Turkey and E.E.L. has been observed, but large scale of protests have been shown and period of the E.I.A. document has become longer due to being late.*

*In this study, an old open-pit mine area was thought for disposal of wastes containing Cr<sup>6+</sup> which is in hazardous waste group and has been waited by Mersin Kromsan Co. For a temporary period, and the licenced deposit was taken as the reference for its deposition after a series of Works. The chemical analysis and examinations done on the samples taken showed that no leakage was present. Besides this, no pollution notable was determined regarding the air quality. This model in the region has shown that the areas obtained after the quarrying and open-pit mining operations may be used as hazardous waste disposal area.*

## 1. GİRİŞ

Günümüzdeki olaylar da göstermiştir ki, artık Türkiye gibi büyük bir ülkenin sanayileşmesine ve nüfus artışına paralel olarak artan sanayi ve tıbbi zehirli atıkların uluslar arası çevre yasalarının öngördüğü özellikleri taşıyan zehirli atıkların bertaraf edilebileceği atık depolarına acilen ihtiyaç bulunmaktadır. Bu atık alanları normal evsel atıkların depolandığı veya bertaraf edildiği deponi alanlarından çok farklıdır. Özel donanımları ve tecrübeli personeli gerektiren bu tip zehirli atık depoları, ülkemizde yalnızca İzmit Büyük Şehir Belediyesince kurulan İzaydaş A.Ş. ne ait "İzmit Atık ve Atıkları Arıtma, Yakma ve Değerlendirme A.Ş." dir. Bu tesis hem donanım ve hem de kapasite bakımından kendi bölgesinin ihtiyaçlarına bile cevap vermekten çok uzaktır. Nitekim zehirli atıkların en fazla ortaya çıktığı ve facialara sebep olduğu bölge Marmara Bölgesidir.

Avrupa Birliği Sürecinde daha sık gündeme getirilen çevre ile ilgili mevzuat eksikliği ve uyumsuzlukları artık yeni düzenlemelerin yapılmasını kaçınılmaz hale getirmektedir. Kaba bir hesaba bile, yılda Türkiye'ye giren zehirli ve toksik özellik gösteren kimyasal hammaddelerin miktarı, bunlardan gerçekleştirilen üretimler ve geriye kalan bertarafı zorunlu zehirli atık miktarını sorumlu merciler çabucak bulabilir. Bu zehirli atıkların nasıl ve nerede bertaraf edildikleri meçhul olup, mevcut yasal düzenlemeler ile ancak bir facia ortaya çıktığında gündeme getirilmektedir. Tuzla ve Kuşdili örneği yalnızca bunlardan bazıları olup, radyoaktif özellikli birçok tıbbi atık belediyelerin çöp deponi alanlarında evsel atıklarla iç içedir. Bu çöp boşaltma alanlarının belli gruplarca çıplak el ve maskesiz karıştırılarak içindeki naylon, metal ve diğer işe yarar malzemenin ayrılarak gelişmiş güzel değerlendirildiği düşünüldüğünde ülkemizin ne durumda olduğu açıkça görülür.

Avrupa Birliği kriterleri zorlasın veya zorlamasın zehirli atıkların bertaraf edileceği deponi alanlarına Türkiye'nin acilen ihtiyacı olup, kendi halkının sağlığını düşünen her ülkenin bu gibi depoları kurması zorunludur. Avrupa Birliğine üye Almanya'da 33 tane



bu tip depo bulunurken. Avrupa Birliği üyesi olmayan Japonya'da 3180 adet endüstriyel atıkların ve 1854 adet de kentsel atıkların yakılarak bertaraf edildiği tesis vardır (1).

Bugünkü Türkiye'mizde çevrenin korunması ve iyileştirilmesi, vatandaşlarımızın sağlıklı bir çevrede yaşaması ve yaşam düzeyinin artırılması ile ilgili hüküm Anayasamızda yer almakta ve 09.08.1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu ve buna bağlı olarak çıkarılan ve halen sık sık değiştirilen bir dizi yönetmeliklerle düzenlenmeler yapılmaktadır. Ayrıca kişi hak ve özgürlüklerini kısıtlayan hususlar oluştuğunda Türk Ceza Kanunu da devreye girmektedir. 26.09.2004 tarihinde 5237 sayılı Yeni Türk Ceza Kanunu yürürlüğe girmiştir. Bu kanunda çevreye karşı işlenen suçlar bölümünde, çevrenin kasten kirletilmesi başlığı ile verilen Madde 181'de **kasten çevreye zarar verecek şekilde atık veya artıkları toprağa, suya veya havaya veren kişi altı aydan iki yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır. Atık veya artıkları izinsiz olarak ülkeye sokan kişi, bir yıldan 3 yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır. Atık veya artıkları toprakla, suda veya havadan kalıcı özellik göstermesi halinde cezalar 2 kat fazlasıyla uygulanır** denmektedir. Yine aynı yasanın aynı maddesinin müteakip bendlerinde yukardaki fiillerin insan veya hayvan açısından tedavisi zor hastalıkların ortaya çıkmasına, üreme yeteneğinin kirlenmesine, hayvanların veya bitkilerin doğal özelliklerini değiştirmeye neden olabilecek niteliklere sahip olan atık veya artıklarla ilgili olarak işlenmesi durumunda, beş yıldan az olmamak üzere hapis cezasına ve bin güne kadar adli para cezasına çarptırılır denmektedir (2).

Ayrıca Türk Ceza Kanununun 82. Maddesinde ise çevreye zarar verecek şekilde atık veya artıkları toprağa, suya veya havaya verilmesine taksirle neden olan kişi, adli para cezasıyla cezalandırılır denilmektedir. Eğer bu fiillerin kalıcı özellik göstermesi söz konusu olduğunda taksirle bile olsa iki yıla kadar hapis cezasına hükmolunur denmektedir. Benzer şekilde işlenen suç taksirli bile olsa insan ve hayvanlar açısından tedavisi zor hastalıkların ortaya çıkması halinde beş yıla kadar hapis cezası verilir şeklinde düzenlenmiştir.

### **Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği**

09.05.1994 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanununun 8,11 ve 12.ci maddesi ile 15.05.1994 tarih ve 21935 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan **Tehlikeli Atıkların Sınırlanması, Taşınımının ve Bertarafının Kontrolüne İlişkin Basel Sözleşmesinin 3.maddesine dayanılarak 14 Mart 2005 tarih ve 25755 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.** Yönetmeliğin amacı; tehlikeli atıkların üretiminden bertarafına kadar,

- *İnsan sağlığına ve çevreye zarar verecek şekilde doğrudan ya da dolaylı biçimde alıcı ortama verilmesinin önlenmesine,*
- *Üretimini ve taşınımının kontrolünün sağlanmasına,*
- *İthalinin yasallaştırılmasına ve ihracatının kontrolüne*
- *Yönetimde gerekli teknik ve idari standartlarının sağlanmasına,*
- *Üretimini kaynağında en aza indirilmesine,*
- *Üretimini kaçınılmaz olduğu durumlarda, üretildiği yere en yakın mesafede bertaraf edilmesine,*
- *Yeterli bertaraf tesisi kurulması ve bu tesislerin çevresel bakımından sağlıklı bir şekilde kontrolüne*

- Çevreyle uyumlu yönetiminin sağlanmasına yönelik prensip, politika ve programlarının belirlenmesi için hukuki ve teknik esasları kapsamaktadır.

Ayrıca bu yönetmelik içinde tehlike yaratan atıkların sınıflandırıldığı, listelenmiş olan ve tehlikeli kabul edilen özelliklerden bir veya birden fazlasını gösteren maddelere ilişkin tehlike eşikleri de belirtilmiştir. Yönetmelikte bu kontrolü yapacak mercilerin yetki ve sorumlulukları da belirtilmiştir. Zarar veren kişi veya kuruluşların tazminat sorumlulukları saklıdır.

Tehlikeli atıkların depolanması ile ilgili tesislerin inşası üzerine de bir çok maddede kriterler getirilmiştir. Düzenli depolama tesisleri, karstik bölgelerde, içme, kullanma ve sulama suyu temin edilen veya edilecek olan yer altı suları koruma bölgelerinde, taşkın riskinin yüksek olduğu bölgelerde, birinci sınıf tarım arazileri, özel çevre koruma alanları ve milli parklara kurulamazlar. Depolama tesislerinin yer seçiminde, seçilecek yerin **jeolojik, hidrolojik, jeoteknik özellikleri, yer altı su seviyesi ve yer altı suyu akış yönleri, mevcut ve planlanan mesken mahal ve diğer yapılaşmalar, akaryakıt, gaz ve içme-kullanma suyu naklinde kullanılan boru hatları deprem kuşakları ve tektonik koruma bölgeleri ile diğer zemin hareketleri, toprak özellikleri ve kullanım durumu, hakim rüzgar yönü, trafik durumları dikkate alınarak inşa edilirler.**

### **Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliği**

11.07.1993 tarih ve 21634 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren, Tehlikeli Kimyasallar Yönetmeliğinde amaç olarak kimyasalların kontrol altına alınarak olumsuz etkilerden çevre ve insanın korunmasına yönelik idari ve teknik usul ve esaslar güdülmüştür. Tehlikeli madde ve müstahzarları, bu yönetmelik hükümlerine uygun şekilde ambalajlama ve depolama yapılmadan, çevreye yığın oluşturacak şekilde bırakılamaz. Ancak yığılma zorunluluğu bulunduğu hallerde ilgili valiliğin izni alınarak;

- *Yığma ve yığından alma işlemlerinde, madde veya ürün türü, işkolu ve kullanma amacına uygun yöntem araç gereç kullanma,*
- *Madde veya müstahzarların çevrede olumsuz etkilere neden olacak şekilde komşu alanlara, havaya sulara karışmasını önlemek için ilgili mevzuat doğrultusunda gerekli önlemleri almak,*
- *Hayvanlar, bitkiler ve bunların hayat sahalarının tehlikeye sokulmaması için uygun önlemleri almak,*  
*Şartıyla çevreye yığın halinde bırakmak mümkün olabilir denilmektedir.*

Tehlikeli atıkların bertarafı ile ilgili olarak sadece kanun ve yönetmelikler olmayıp, başta Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi’ne bağlı olarak faaliyet yürüten AIHM (Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi)’de açılan kişisel veya kurumsal davalarda hüküm vermektedir. Ayrıca uluslar arası çevre dernekleri ve sivil toplum örgütleri de çevre sağlığını tehdit eden her olayda sahne almaktadır.

## **2. ATIK VE ATIK ÇEŞİTLERİ**

Herhangi bir sistem içerisinde ortaya çıkan ve hiçbir şekilde kendinden yarılanılamayan çıktılar o sistemin atıklarını oluşturur. Bu bakımdan eğer bir sistemin

atık maddelerinden, geri dönüşümü veya içindeki bazı maddelerin geri kazanımı o günkü şartlarda mümkün görünüyorsa bu durumda sistem atığı bir atılı değerlendirmek mümkün değildir. Buna göre herhangi bir sistemden çıkmış olan ve sonuç olarak hiçbir şekilde kullanılmayacak olan atıklar gerçekten atık özelliği kazanırlar. Endüstriyel kirlenme kontrolü açısından atıklar 4 ana gruba ayrılmıştır. **Radyoaktif atıklar bir kenara bırakılırsa, bunlar; Sulu atıklar, Gaz atıklar, Katı atıklar ve Tehlikeli atıklardır (3).**

## 2.1. Katı Atıklar

Katı atıklar her türlü insan ve hayvan aktivitesi sonucu ortaya çıkan ve katı formda olup, hiçbir şekilde ve hiçbir yerde kullanılmayan ve istenmeyen maddelerdir. Katı atık terimi, günlük insan faaliyetleri sonucu evlerde oluşan çöplerden, çeşitli endüstrilerde yapılan işlemler sonucu ortaya çıkan diğer katı atıklara kadar çok geniş bir alanda ortaya çıkan atıkları tanımlamasında kullanılan bir terimdir. Katı atıklar bu gün modern yaşamın bir sonucu olarak hem evlerde ve hem de teknolojiye bağlı olarak da endüstride yaygın olarak ortaya çıkmaktadır. Evsel katı atıklar heterojen bir yapıya sahipken, endüstride ortaya çıkan atıklar genel olarak daha homojen bir yapı sergilemektedir.

Katı atıklar birkaç şekilde sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmalarda atığı oluşturan kaynağın ne olduğu önemlidir. Bu noktadan hareketle, evsel, kurumsal, ticari, endüstriyel, cadde ve sokak kaynaklı, bina yıkımları veya inşaat sonucu ortaya çıkanlar şeklinde katı atık sınıflandırması yapılmaktadır.

Öte yandan katı atığın doğası da çok önemlidir ve buna bağlı olarak da sınıflandırma yapılabilir. Bu durumda, organik, inorganik, yanıcı, yanıcı olmayan, bozunabilen veya bozunamayan şeklinde katı atık sınıflandırması yapılabilir. Yine bunların çevreye ve insan sağlığına olan etkisine bakarak tehlikeli ve tehlikeli olmayan katı atıklar olarak sınıflandırma yapılabilir.

### 2.1.1. Tehlikeli Atıklar

Bu kavram son yıllarda ortaya çıkmış olan bir kavramdır. Buna göre basit olarak tanımlama yapılacak olursa tehlikeli atık gerek insan sağlığına ve gerekse çevreye hem hali hazırda ve hem de gelecekte potansiyel zararlı etkileri olan ve özel bir takım önlemler olmadan bertaraf edilmeleri imkansız olan atıklardır. Bu atıklar hem katı ve hem de sıvı formda olabilirler. Ancak sıvı halde olan tehlikeli atıkların hiçbir şekilde araziye veya alıcı ortama doğrudan verilmesi söz konusu değildir.

Tehlikeli atıkların en genel tanımlaması şu şekildedir: Tehlikeli atıklar bünyelerinde tehlikeli olan ve zararlılık potansiyeli içeren atıklardır. Buna göre burada bahsi geçen zararlılık terimi aşağıda şekilde açıklanabilir.

**A- Kısa sürede oluşan zararlar:** Temas eden kişilerde ortaya çıkabilecek kısa süreli zararlıdır.

**B- Uzun sürede oluşan zararlar:** Uzun sürede çeşitli defalar maruz kalınma, dolayısıyla oluşan kronik zehirlenme, kanser yapıcılık, birikicilik, biyolojik parçalanmaya karşı direnç, ve çevre sularında ekolojik dengenin bozulmasına ve rahatsızlık oluşumuna neden olmasıdır. EPA (Amerikan Çevre Ajansı) her hangi bir

atığın tehlikeli olduğunu ispatlamak için 2 temel faktöre işaret etmektedir: Birinci faktör o maddenin EPA'nın tehlikeli maddeler listesinde olması, ikinci faktör atığın, yanıcı, korozif, patlayıcı, reaktif veya toksik karakterde olması.

EPA'nın 1. bölümde belirtilen tehlikeli atık listesine, kullanılmış halojenli veya halojensiz organik çözücüler, elektrokaplama banyo çözeltileri, arıtma çamurları ve bazı distilasyon temeline dayanan sektörlerden çıkan katran ve benzeri maddeler dahil edilmişlerdir.

Bazı ticari kimyasal ürünlerde her hangi bir yere boşaltıldıkları zaman tehlikeli atık olarak EPA'nın listesine dahil edilmişlerdir. Bunlar, arsenik asit, siyanür gibi maddeler ile benzen toluen, ürethan, fenoller gibi toksik maddelerdir.

Çeşitli ülkeler, tehlikeli atık sorununun çözümü için yasal düzenlemeler getirmişlerdir. Bu düzenlemelerde tehlikeli atıkların yasal tanımları dışında uygulamaya kolaylık getirmek amacıyla detaylı tanımları yapılmaktadır. Bu tanımların yapılmasında kullanılan başlıca yöntemler aşağıdaki gibi 3 farklı şekil ile belirlenebilir.

**a. Tehlikeli atık listeleri:** Atıkların fiziksel ve kimyasal yapı, bileşim ve isimlerinin açık olarak belirtildiği listelerdir.

**b. Kriterler:** Bir atığın tehlikeli olup olmadığını belirlemek üzere kullanılan fiziksel kimyasal ve biyolojik çeşitli ölçütlerden meydana gelir.

**c. Kaynak bazında sınıflandırma:** Üretilen tehlikeli atığın miktar ve karakteri belirli olan kaynaklar için kullanılabilir.

### 2.1.1.1. Tehlikeli Atıkların Yönetimi

Tehlikeli atıkların yönetimi aşağıdaki aşamaları kapsar:

- Atığın üretim bilgileri
- Atığın ayrılması
- Tesis içi ön arıtma ve depolama
- Toplama
- Taşıma
- Arıtma
- Son uzaklaştırma

Atıkların bütün bu aşamada kontrol edilebilmesi için genel bir düzenleme getirilir. Bu düzenlemeler her aşama için yapılan işlemlerin belirli belgelere işlenmesi ve bu şekilde atığın oluşumundan son uzaklaştırılmasına kadar bütün aşamalarda yapılan işlemlerin ayrıntılarını belirtir.

Tehlikeli atıkların arıtılması özel yöntemlere ihtiyaç gösterir ve maliyeti yüksektir. Arıtmada kullanılan yöntemler başlıca, atık hacminin azaltılması, atığın zararlı bileşenlerinin sabitleştirilmesi veya bu bileşenlerin yok edilmesi şeklinde yürütülür. Bunun sağlanması için bilinen bütün fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerden yararlanılmaktadır. Genel olarak bu yöntemler konvansiyonel sistemlerden farklı ve ileri birtakım arıtma yöntemlerini içermekte olup, hala pek çoğu geliştirilmekte olan çalışmalardır. Bu nedenle tehlikeli atıkların uzaklaştırılmasında başvurulan yöntemler kontrollü depolama (**eski açık maden işletmeleri dahil**), yakma, **derin kuyulara enjeksiyon (eski petrol kuyuları, derin kapalı maden işletmeleri dahil)** şeklinde sınırlanmaktadır.

### 2.1.2. Tehlikeli Olmayan Atıklar

Tehlikeli olmayan atıklar, herhangi bir şekilde aksi belirtilmemişse, evlerden çıkan çöpler ve diğer atıklar. içinde asbest vs. gibi tehlikeli madde içermeyen bina yıkımı sırasında ortaya çıkan atıklar, araba lastikleri tehlikeli olmayan atıklar arasında sayılmaktadırlar. Genel olarak evlerden çıkan atıkların çoğu bu tehlikeli olmayan atıklar sınıfına dahil edilmektedir. Bunun yanında çok iyi dezenfekte edilmiş ve otoklavdan geçirilmiş bazı tıbbi atıklarda tehlikeli olmayan atıklar sınıfına dahil edilmektedir (4).

Evlerin foseptik çukurlarından çıkan septik atık sular, endüstriyel atığın artırılmadığı aktif çamur arıtma tesisleri atık çamurları veya benzer tesislerden çıkan çamurlarda aksi belirtilmediği takdirde tehlikesiz atıklar olarak kabul edilmektedir.

## 3. BERTARAF İŞLEMLERİ

### 3.1. Genel Çevresel Yaklaşımlar

EPA verilerine göre Amerika da yılda 23 milyon ton tehlikeli atık arazide depolama yoluyla bertaraf edilmektedir. Bu uygulama arazinin içine veya üstüne, derin kuyulara atığın enjekte edilmesi, tuz yataklarına, terk edilmiş maden yataklarına depolanması gibi bir takım yöntemleri içermektedir. Ancak EPA ve diğer uluslararası standartlara göre en temel anlamda her hangi bir sektörden çıkan **tehlikeli atık** arazide depolanmadan önce mutlaka temel bir arıtma işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Bu amaçla tehlikeli atığın depolanmasına bazı kısıtlamalar getirilmiştir. Bu kısıtlamalar üç ana başlık altında incelenmektedir.

**İlk olarak** söz konusu atık ile ilgili olarak hali hazırda mevcut uygulanabilir teknoloji yardımıyla belirlenen şartlarda arıtmalı ve doğrudan arazide depolama işlemi uygulanmamalıdır (Disposal prohibition). Bu amaçla seyreltme işlemi dışında her metot kullanılabilir. Bu konuda bir diğer yaklaşımda EPA tarafından belirlenmiş olan söz konusu her hangi bir tehlikeli atık için mevcut arıtma teknolojilerinin sağladığı arıtma işlemi gerçekleştirildikten sonra tehlikeli atık arazide depolama işlemine tabii tutulabilmektedir.

**İkinci olarak** herhangi bir atık bulunduğu konsantrasyondan toprak su veya toksik olmayan başka bir atıkla karıştırılarak seyreltilmemelidir. Atığın, en basit anlamda, arıtılması gerekmektedir (dilution prohibition). Çünkü seyreltme işlemi atığın toksik özelliğini kesinlikle azaltmamaktadır.

**Üçüncü olarak** atık ortaya çıktıktan sonra derhal arıtılmalı ve antılmadan daimi olarak depolanmamalıdır (Storage prohibition). Böylece atığın antılmadan uzun süre depolanması engellenmektedir. Ancak atık, arıtma için uygun miktarlara ulaşmak amacıyla uygun kaplarda depolanabilir. Fakat bunun ötesinde bir depolama yapmak söz konusu değildir.

Yukarıda da belirtildiği gibi ortaya çıkan tehlikeli atığın mutlaka arazide depolanmadan önce ilgili ülkenin standartlarında verilmiş değerlere kadar arıtılmasını ve bunu takiben depolanmasını öngörmektedir.

Genel olarak atık üretiminden arazide bertarafına kadar izlenen belli bir yol bulunmaktadır. Bu amaçla genel uygulama şu şekildedir. Öncelikle atığın geri dönüşümü veya içinde geri kazanılabilecek kısımlarının mevcut teknoloji ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, çözücü geri kazanımı, yakıt karışımı, metal geri kazanımı, yağ geri kazanımı ve enerjinin geri kazanımı söz konusudur. Bu

aşamadan sonra ortaya varsa ürünler ve yukardaki işlemlerden sonra artık kesin atık özelliği kazanmış atıklar çıkar. Bu aşamada mevcut teknolojik şartlar içinde arıtma uygulaması yapılması gerekmektedir. Bu arıtma yöntemler ise genel olarak termal parçalama, sulu arıtma, stabilizasyon ve biyolojik arıtmadır. Bu aşamadan sonra da geride kalan kalıntının (tehlikeli atığın) arazide düzenli depolanması veya derin kuyulara enjekte edilmesi gerekmektedir.

Pek çok atığın nihai olarak ulaşacağı nokta arazide depolama noktasıdır. Bu amaçla Amerika Birleşik Devletlerinde yılda 23 milyon ton atık bu şekilde arazide depolanmaktadır. Avrupa Birliğine bağlı ülkelerde de yıllık benzer durum söz konusu olmakla beraber uygulanabilecek arazinin azalmasından dolayı artık daha pahalı bir uygulama haline gelmektedir. Öte yandan ortaya çıkan atık miktarlarının gelecek on yıl içinde de daha da artması beklenmektedir. Bu bakımdan arazide düzenli depolama da daha önemli hale gelecektir.

### **3.2. Atığın Arazide Düzenli Depolanmasında Kullanılan Yöntemler (Landfill Disposal Facilities)**

Atığın arazide düzenli depolama uygulaması yapılarak bertaraf edilmesi farklı uygulamalarla olmaktadır. Bu amaçla kullanılan yöntemler şunlardır:

#### **3.2.1. Arazide Düzenli Depolama (Landfill)**

Arazide düzenli depolama uygulaması tehlikeli atığın bir yere daimi olarak yerleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Pek çok durumda arazide bertaraf edilmeden önce bir ön arıtmaya tabii tutularak atık stabl veya inert hale getirilir. Atığın yerleştirilmesi genel olarak hazırlanmış sığ çukurlara, yığın şeklinde arazi üzerinde depolama veya yeraltında bulunan çukurlara kadar bir dizi uygulamaları içerir. Bu amaçla eski maden yatakları da kullanılmaktadır. Bir arazide bertaraf tesisi hem dizayn ve hem de işletme açısından ortaya çıkabilecek sızıntı sularının uzaklaştırılması veya bu sızıntı sularının minimize edilmesi amacıyla bazı koruyucu önlemlere sahip olması gerekmektedir (4).

#### **3.2.2. Derin Kuyulara Enjeksiyon**

Bu uzaklaştırma yöntemi sıvı atığın derin, gözenekli, yeraltında tuzlu su içeren jeolojik formasyona enjekte edilmesini içermektedir. Bu jeolojik yapının akiferlerin çok çok altında olması ve formasyonun üzerinde de geçirmeyen bir tabakanın olması gerekmektedir. Enjeksiyon kuyusu enjeksiyon borusu ve daha sığ bölgeye sızdırmayı engelleyecek bileşenlerden oluşmaktadır.

### **3.3. Arazide Depolanma Sırasında Genel Olarak Tehlikeli Atıkların Yeraltı Suyuna Olan Etkileri**

Tehlikeli katı atıkların depolanması işleminde sonra yeraltı sularının kirlenme riski daima bulunmaktadır. Bu konuda EPA tarafından yapılmış araştırmalarda 1993 yılına ait 19 vaka belirlenmiştir. Bu nedenle metallerin uygun şartlar oluştuğunda yeraltı sularını kirlenme riski daima bulunmaktadır. EPA tarafından yapılan araştırmalarda düzenli depolamadan sonra ortaya çıkan bu sorunun nedenleri genel olarak şu şekilde özetlenmektedir.

- Karstik akiferlerden veya kaya çatlaklarından sızan sığ yeraltı suyunun depolama alanında bulunması.
- Su tablasının altına depolama yapmak veya yeraltı suyunun sisteme sızmasına izin vermek,
- Zemin kaplama malzemesinin veya sızıntı sulan toplama elemanlarının olmaması
- Dolgu işleminden sonra zeminin üzerinin geçirgen olmayan malzemeyle kapatılmaması
- Yüzeyde erozyon olması nedeniyle dolgu yapılan malzemenin yer üstü su kaynaklarına taşınması
- Sistemde drenajın yanlış yapılması gibi temel nedenler su kaynaklarına olabilecek potansiyel tehlikelerdir.

### 3.4. Depolanan Arazinin Özelliğine Göre Ortaya Çıkabilecek Bazı Potansiyel Tehlikeler

Yapılan araştırmalar karstik veya arazi yapısında çatlaklar olan depolama alanlarının yüksek derecede sızıntı riski taşıdığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle seçilen arazinin özelliği ilerde ortaya çıkabilecek bazı potansiyel sızıntı tehlikelerini doğurabilmektedir.

### 3.5. Depolamadan dolayı diğer yer üstü sulara olabilecek potansiyel etkiler

EPA tarafından yapılan araştırmalarda ve yayınlanan raporlarda tehlikeli atıkların sulak alanlar, göller ve diğer hassas yer üstü su kaynaklarına yakın bölgelerde kurulması **daima** kirlenme ekolojik felaketlerle sonuçlanmıştır. Yine EPA kaynaklarına göre bu tarzda ortaya çıkmış pek çok kirlenme vakaları belirlenmiştir. Bu tehlikeler depolanan tehlikeli atığın özelliğine göre farklı olabilmektedir. Bu sorunların ortaya çıkmasının nedenleri ise aşağıdaki gibi özetlenmektedir.

- Zeminin ve yüzey kaplamasının uygun mühendislik hesaplamalarına göre yapılmaması,
- Depolana araziden sızan suyun yakınlarda bulunan ve yer üstü su kaynağına ulaşan bir dereye ulaşması
- Yüzey erozyonu ve bunun sonucunda ortaya çıkan kirlenme.

## 4. TEHLİKELİ ATIK DEPOLARI OLUŞTURMADA YER SEÇİMİ KRİTERLERİ

### 4.1. Genel Prensipler

Tehlikeli atıkların nihai olarak bertaraf edilmesinde yer seçimi yapılırken bazı faktörler göz önüne alınmalıdır. Bu faktörler ise seçilen yerin amaca uygun olduğunu belirlemede bir takım değerlendirmelere dayanmaktadır. Örneğin sızıntı sularının yeraltı sularına karışması potansiyeli bu konuda dikkate alınması gereken faktörlerden birisidir. Bununla birlikte başka bazı kriterlerde yer seçiminde önemlidir. Örneğin en üst tabakanın geçirgenliği düşük, yeraltı suyunun çok derinlerde olması ve kil tabakasının kalınlığının fazla olması gerekmektedir. Buradan hareketle yer seçme de uygun kriterler olarak geçirgenlik, yeraltı suyunun derinliği, ve kil tabakasının kalınlığı sayılabilmektedir. Aşağıdaki Tabloda yer seçiminde dikkate alınacak faktörleri göstermektedir.

**Tablo 1.** Tehlikeli atık depolama tesisleri yer seçiminde dikkate alınması gereken faktörler

| Kategori                        | Yer seçimi faktörüne örnekler   |
|---------------------------------|---|
| Yüzeysel sular                  | Sel tehlikesi bulunan alanlar, içme suyu kaynakları, rezervuarlar   |
| Yeraltı suları                  | Hidrolik iletkenlik, yeraltı suyuna olan derinlik, kil tabakasının kalınlığı, su kaynaklarının besleme alanları, kuyulara yakınlık, karst alanı, yeraltı suyu akım yönü |
| Çevresel olarak hassas araziler | Sulak alanlar, tehlikeli türleri içeren habitatlar, parklar   |
| Nüfus                           | Yerleşim bölgelerine yakınlık, okullara yakınlık, nüfus yoğunluğu gibi hususlar   |

Yer seçimi kriterleri iki bölüme ayrılabilir: **zorunlu, ve isteğe bağlı**. Zorunlu kriter yasal düzenlemeleri, uygulama standartları ve hiçbir şekilde ihmal edilmeyecek diğer önemli durumları içermektedir. Öte yandan yer seçiminde dikkate alınan kriterlerin pek çoğu isteğe bağlı kriterler olup, daha iyi bir uygulama için olması arzu edilmekle beraber zorunlu olmayan durumları içermektedir.

Tehlikeli atıkların depolanmasında (landfill) seçilecek yerin belirlenmesinde şüphesiz ki pek çok teknik detaylar bulunmaktadır. Bu teknik noktalar en genel anlamda **jeoloji, hidrojeoloji, hidroloji ve taşıma** başlıkları altında toplanmaktadır. Örneğin akifer tabakasından çok yukarda ve zemininde doğal kil tabakası bulunan bir depolama alanı önceden kestirilemeyen bir olası sızmaya karşı daha emniyetli olacaktır. Öte yandan tehlikeli atıkların depolanmasında seçilen yerin yeraltı suları daha önceden kirletilmişse bu tür yerler kaliteli içme suyuna sahip bölgelere göre yer seçiminde daha iyi olmaktadır. Bütün bunlara ek olarak ayrıca atığın seçilmiş olan alana taşınması da önemli noktalardandır.

Atıkların derin kuyulara enjekte edilmesi halen uygulanan yöntemlerden birisi olmakla beraber uygulamada özellikle uygulayan kişilerin yetersizliğinden dolayı çeşitli sorunların ortaya çıktığı belirtilmektedir. Ancak elbetteki standart prosedürlere uyulduğunda bu tarz sorunlar da ortadan kalkacaktır. Derin kuyulara enjeksiyonla ilgili en önemli sorun buraya enjekte edilen atıkların akıbetinin ne olduğudur. Genel olarak seyrelme ve burada cereyan eden reaksiyonlardan dolayı yeraltı ve yer üstü sularının kirlenme riski az da olsa vardır. Bu konuda hemen hemen hiçbir bilgi bulunmamaktadır.

Yapılan incelemelerde özellikle bu tür sistemlerin bu amaçla yaygın olarak kullanıldığını görmekteyiz. Amerika Birleşik Devletlerinde tehlikeli katı atıkların depolanmasında yukarda belirtilen şartların sağlanması koşulu ile maden ocaklarının bu amaçla yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Özellikle çimento fabrikalarından çıkan cüruf ile termik santrallerden çıkan uçucu küllerin bu şekilde depolandığı bilinmektedir.

#### 4.2. Depolama Alanı Yer Seçiminde Genel Kısıtlamalar

Tehlikeli atıkların depolanması amacıyla yer seçiminde genel olarak 6 alt başlık altında getirilen sınırlama mevcuttur. Bu sınırlama getirilen bölgeler için kesin bir yasak



olmamakla birlikte gelişmiş ülkelerde eğer bu tür yerlere mutlaka depolama yapılacaksa kesin bazı standartlar üzerinde hem fikir olunması gerekmektedir. Aşağıda kısıtlama getirilen alanlar kısaca özetlenmiştir.

#### 4.2.1. Yeraltı Su Seviyesinden Aşağı Katlarda Depolama Yasağı

Doğal yeraltı su seviyesinin (su tablası) altında kalan yerlerin deponi alanı olarak kullanılması istenmemektedir. Hatta daha da ileri olarak ABD de bu tür yerlere depolama yapılmasının yasaklanması için çalışmalar bulunmaktadır. Doğal olarak bu tür yerlerde su seviyesinin depolama alanın üzerine kadar yükselme riski bulunmakta ve hatta bazı durumlarda bu seviyeye kadar yükseldiği bilinmektedir. Böyle durumlarda yükselen su seviyesinden dolayı depo alanına sızma riski daima vardır. Bu tarz depolama alanlarında ortaya çıkan pek çok sızma ve bunun sonucunda yeraltı sularının kalitesinde belirgin bir bozulma gözlemlenmiştir. Bu nedenle bu tür yerlerin depolama alanı olarak seçilmesine kısıtlama getirilmektedir. ABD de bu amaçla bu tarz yerlerin tehlikeli atık depolanmasının yasaklanması gündemdedir.

#### 4.2.2. Taşkın Ovaları

Taşkın alanları kendi içerisinde ekolojik öneme sahip yerlerdir. Bu yerlerin taşkın ovaları olarak bırakılmaları özellikle sel sırasında ortaya çıkan çok miktarda suyun depolanması nedeniyle özellikle benimsenmektedir. Taşkın ovaları genel olarak oldukça düz, iç karalarla sahil arasında bağlantılı olan geniş alanlardır. Taşkın sırasında buralarda depolanan tehlikeli atıkların yıkanıp ulaştığı su kaynaklarını kirletme riski bulunmaktadır. Bu nedenle bu tarz yerlerin tehlikeli atık depolama yerleri olarak kullanılması istenmemektedir.

#### 4.2.3. Sulak Alanlar

Sulak alan bölgeleri artık bütün dünyada ekonomik ve ekolojik değeri artık çok iyi bilinen yerlerdir. Özellikle sulak alanlarla ilgili tehlikeli atık depolanmasından çok daha basit faaliyetlere dahi artık tüm dünyada izin verilmeyip, bu tarz yerler çoğu zaman ulusal ve uluslararası anlaşmalarla korunmaktadır.

#### 4.2.4. Fay Kırıklarının Olduğu Bölgeler

Fay kırıklarının olduğu yerlerde her hangi bir hareket meydana geldiğinde depolama alanı sızdırmazlık etkisini kaybederek yapısı bozulabilmektedir. Bu nedenle eğer kesin olarak bu tarz yerlere depolama yapılacaksa bununla ilgili çok daha detaylı standartlar belirlenmiştir.

#### 4.2.5. Sismik Etki Bölgeleri

Sismik etki altında kalan yerlerde benzer şekilde depolamada sınırlama getirilen yerler arasındadır. Eğer böyle bir yere depolama yapılacaksa bu durumda hem zeminin ve hem de zemini kapatan diğer elemanların bu amaca uygun olarak dizayn edilmesi gerekmektedir.

#### 4.2.6. Duraysız (Stabl Olmayan) Araziler

Heyelan tehlikesi olan veya sahip olduğu toprağın kimyasal yapısı nedeniyle depolanacak atık açısından sorun yaratabilecek arazilerde tehlikeli atık depolama açısından uygun görülmemektedir.

### 5. TEHLİKELİ KATI ATIKLARIN DEPOLANMASINDA GENEL DİZAYN KRİTERLERİ

#### 5.1. Genel İlkeler

Tehlikeli atığın arazide depolanması uygulaması tehlikeli atık yönetiminin daima bir parçası olarak kalacaktır. Genel olarak araziye depolama tanımlaması; uzaklaştırılmış olan atığın çevreye bırakılmasının sonucunda ortaya çıkabilecek herhangi bir kirlenme riskinin minimize edilmesi amacıyla dizayn veya inşa edilmiş sistem olarak tanımlanır. Tehlikeli atıkların arazide depolanması uygulaması gereklidir, çünkü diğer tehlikeli atık yönetim teknolojileri örneğin, kaynağa azaltma, geri dönüşüm, ve atık minimizasyonu atığı tamamen ortadan kaldıramaz ve tehlikeli atık arıtma teknolojileri örneğin yakma ve biyolojik arıtma yine kendi atıklarını oluşturur. Buna göre yakın bir gelecekte tehlikeli atıkların sifıra düşürülmesi mümkün görünmemektedir. Bu durumda atığın nihai olarak bertaraf edileceği durum arazide depolama olarak karşımıza çıkmaktadır (5)

Tehlikeli veya tehlikeli olmayan atıkların uygulamasına geriye dönük olarak bakıldığı zaman bu sistemlerin pek çoğunun istenen şekilde çevre koruma imkanı sağlamadığı görülmektedir. Bu nedenle arazide depolama uygulamasının en yaygın olarak yapıldığı Amerika Birleşik Devletleri başta olmak üzere tüm gelişmiş ülkelerde konuyla ilgili olarak çok detaylı standartlar getirilmiştir. Bu rapor çerçevesinde bu tür teknik ayrıntılara girilmeyecektir. Çünkü Ülkemizde de konuyla ilgili yasal ve teknik düzenlemeler bulunmaktadır. Bu bölümde sadece genel dizayn prensiplerinde bahsedilecektir.

Tehlikeli atıkların arazide depolanmasında en temel amaç kirleticilerin çevreye minimum düzeyde ulaşmasının sağlanmasıdır. Dizayn kriterleri bu temel prensip üzerine oturtulmuştur. Bu noktadan hareketle 2 temel nokta ön plana çıkmaktadır: 1. sızmanın, yağışın ve hava emisyonunun kontrol edilmesi amacıyla alanın üstünün kontrolü, 2. zeminde oluşan sızıntı sularının toplanması ve kirleticinin tabandan sızmasının kontrolü.

Tehlikeli atığın depolama işlemi atığın depolanması sırasında düzenli olarak takip edilmesini gerektirir. Bunun nedeni atığın içerisindeki bir takım kimyasal maddelerin birbirleriyle olan etkileşimlerin izlenmesidir (3,6). Bu amaçla alan dizayn edilirken küçük hücreler şeklinde dizayn edilmektedir.

Öte yandan doldurma işlemi yapılırken her bir günün sonunda günlük kapatma işleminin yapılması gerekmektedir. Bu her bir günün sonunda atığın üzerine serilen bir santimetre kalınlığında toprak tabakasında oluşmaktadır. Bunun temel nedeni kirleticilerin havaya karışmasının engellenmesi, koku probleminin ortadan kaldırılması, doğrudan temas sorununun ortadan kaldırılması ve estetik nedenler sayılabilir.

Depolama alanında en fazla enerji ve çaba zeminin hazırlanmasında harcanmaktadır. Bunun nedeni olabilecek bir kirletici taşınımını minimuma indirmektedir. Bu amaçla hiçbir çabadan kaçınmamak gerekmektedir. Bu amaçla zemine ilk olarak sızdırmazlık sağlamak amacıyla kil döşenmektedir. Ancak her ne kadar sızdırmazlık amacıyla kil

döşense yine de bazı durumlarda sızma olayı gerçekleşebilmektedir. Bu nedenle yapılan kil zemin döşeme işlemine ilave olarak 1. alternatif malzemelerinde kullanılması, 2. tabanda oluşan sızıntı sularının uygun yöntemlerle toplanması gerekmektedir.

Hali hazırda zemin hazırlanırken birden fazla katman ve bu amaç için kullanılmaktadır. Öte yandan sızıntı suların çeşitli şekillerde aşağı doğru hareket edebilmektedir. Bu nedenle atığın daha aşağılara inmesini engellemek için birde filtre bölgesinin oluşturulması gerekmektedir. Jeomembran ve jeotekstil döşeme elemanları söz konusu filtre bölgesinin bileşenlerindedir. Zemin hazırlamada farklı uygulamalar bulunmaktadır. Ancak burada daha fazla detaya girilmeyecektir.

Depolama işleminden sonra önemli aşamalardan biriside depolanan alanın üzerinin kapanmasıdır. Bu işlem en az zemin hazırlama kadar önemlidir. Zemin kapatılırken halk sağlığı, iş güvenliği, estetik, kapatma işleminden sonra alanın kullanılabilirliği ön plandadır. Ayrıca geçirgenlik, sıkıştırılabilirlik ve dayanıklılık ta mühendislik uygulaması olarak ön plandadır. Çünkü örtü atık ne kadar kalacaksa o kadar dayanmalı prensibi ile uygulanmaktadır.

Atık depolama sahasının kapatılmasında dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır (3,6-8).

- Sızıntı oluşumunun minimuma indirgenebilmesi için dolgu yapılan alana olan su hareketinin kontrolü
- Hayvanların ve diğer canlıların bulaşıcı hastalık kapmasının kontrolü
- Halkın atıkla doğrudan temas etmesini engelleme
- Hava kalitesini bozacak gaz emisyonunu kontrol etme
- Yangın tehlikesini minimuma indirme
- Dolgu yapılan alanın üzerindeki eğimli kısımlarının stabil olması ve toprak hareketinin engellenmesi
- Yer üstü suları kontrolü
- Erozyona dayanıklılık
- Kötü kokuların minimize edilmesi
- Temiz bir alan görüntüsün sahip olma

## 5.2. Depolama İşlemlerinden Önce Yapılması Gereken İşlemler

Tehlikeli atıkların depolandıkları yerlerde genel ilkelere tam olarak uyulsa bile depolamadan önce başlıca şu işlemler yapılmaktadır;

- a. Arıtma, fiziko-kimyasal arıtma
- b. B. Yakma
- c. İkincil yakma

Bu işlemler depolanacak tehlikeli atığın fiziksel ve kimyasal özellikleri dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir. Arıtma sonunda veya yakma sonunda geriye kalan katı atığın da yine bir tehlikeli atık özelliğinde olduğu unutulmadan genel kriterlere uygun olarak depolanması esastır.

## 6. KATI ATIKLARIN DEPOLANDIĞI YERLER

### 6.1. Katı Atıkların Arazide Depolama Yöntemleri

Düzenli depolama katı atıkların yüzeyde açılmış arazilerde depolanması için kullanılmakta olan terimdir. Tehlikeli atıkların depolandığı yerler için güvenli depolama

alanı ifadesinin kullanımı daha uygundur. Katı atıkların bu amaçla depolanmasında yukarıda bahsedilen kriterler ışığında yapılan yer seçimiyle belirlenmiş olan uygun alanlarda arazide yer açılarak depolanacak katı atık için yer hazırlanır.

### 6.1.1. Düzenli Depolama Alanlarının Sınıflandırılması, Tipleri ve Metotları

Bu bölümde 1. Yaygın olarak kullanılan depo sınıflandırma sistemleri, 2. Hali hazırda kullanılan farklı tiplerdeki depolama alanları ve 3. Değişik yerlerde uygulanan farklı depolama metotları üzerinde durulacaktır.

#### 6.1.1.1. Depolama Alanlarının Sınıflandırılması

Her ne kadar geçmiş yıllarda depolama alanları ile ilgili olarak bazı sınıflandırma sistemi kullanılmışsa da 1984 yılından beri bütün dünyada en yaygın olarak benimsenmiş ve kullanılmakta olan sınıflandırma sistemi California Eyaletinde uygulanmaya başlandıktan sonra benimsenen bir sınıflandırma sistemidir. California sistemi olarak adlandırılan bu sistemde aşağıda verildiği üzere üç sınıflandırma kullanılmaktadır (Tablo 2).

**Tablo 2.** Belli başlı atık tipleri

| Sınıf | Atık tipi           |
|-------|---------------------|
| I     | Tehlikeli atık      |
| II    | Dizayn edilmiş atık |
| III   | Evsel katı atık     |

Dizayn edilmiş atık tehlikeli atık olmamakla birlikte su kirlenmesi ile ilgili belirlenmiş olan standartların üzerinde ortama kimyasal madde bırakma ihtimalinden dolayı bu şekilde sınıflandırılmıştır. Genel olarak bu sınıflandırmada hava kalitesinin korunmasından çok yeraltı sularının korunması hedef alınmıştır.

#### 6.1.1.2. Depolama Alanları Tipleri

En genel anlamda depolama alanlarının tipleri şu şekilde sınıflandırılabilir: 1. Evsel katı atıkların depolandığı konvansiyonel depolama alanları, 2. Öğütülmüş katı atıkların depolandığı alanlar ve 3. Özel bir atık için hazırlanmış monofiller.

##### 6.1.1.2.1. Evsel Katı Atıkların Depolandığı Konvansiyonel Depolama Alanları

Dünyada en genel anlamda kullanılan depolama alanları bu amaçla yani evsel katı atıkların depolanması amacıyla kullanılmaktadır. Genel olarak sınıf II kategorisine dahil edilen bu depolama alanlarının çoğu, tehlikeli olmayan arıtma çamurlarının da depolanmasında kullanılabilir.

Bu tür tesislerde pek çok durumda ara örtü ve üst tavan örtüsü için sade toprak kullanımı yeterli olabilmektedir. Kapatma amacıyla kullanılacak olan toprağın az olduğu durumlarda tehlikeli atık içermemek koşuluyla inşaat yıkımından çıkan malzemenin de ara örtü olarak kullanıldığı görülmektedir.

#### 6.1.1.2.2. Öğütülmüş Katı Atıkların Depolandığı Depolama Alanları

Amerika Birleşik Devletlerinde öğütülmüş atıkların depolanmasında kullanılan alternatif arazide depolama metotlarından biridir. Bu yöntemde katı atık düzenli depolamadan önce öğütülerek depolanmaktadır. Atığın öğütülmesi, yaklaşık olarak öğütülmeden depolanmaya göre %35 daha fazla depolama imkanı vermektedir. Bu nedenle bazı atıklar için düzenli depolamada öğütme yöntemi kullanılmaktadır. Atığın öğütülmesi depolamada daha kompakt bir sıkışma sağladığından dolayı ayrıca daha az alan ihtiyacı ve dolayısıyla da depo sahasının üzerinin örtülmesi için daha az kapatma malzemelerine ihtiyaç duymaktadır.

#### 6.1.1.2.3. Özel Bir Atık İçin Hazırlanmış Monofiller

Bu tür depolama alanları endüstrilerden kaynaklanan spesifik atıklar için dizayn edilmiş depolama alanlarıdır. Yüksek fırınlardan çıkan kül, asbest, ve diğer benzeri endüstriyel kökenli atıklar söz konusu spesifik atıklara örnek olarak verilebilir.

#### 6.1.2. Diğer Depolama Tipleri

Yukarıda verilmiş konvansiyonel metotlara ilave olarak farklı amaçlar için dizayn edilmiş bazı depolama metotları da vardır. Söz konusu alternatif depolama sistemleri dizayn edilirken; 1. Depolama alanının üretebileceği gaz miktarı maksimize edilmek üzere ve 2. Entegre atık yönetiminde kullanılmak üzere dizayn edilebilmektedir. Bunlara ek olarak geçmişte bazı sulak alanlarında benzer amaçlar için kullanılması uygulaması artık günümüzde terk edilmiş durumdadır.

#### 6.1.2.1. Katı Atıkların Arazide Düzenli Depolama Metotları

Katı atıkların düzenli depolanmasında kullanılan depolama yöntemler 1. Kazılmış hücre/hendek yöntemi, 2. Alan yöntemi ve 3. Kanyon/çukur alanlarda depolama yöntemi olarak sayılabilir.

#### 6.1.2.1.1. Kazılmış Hücre ve Hendek Yöntemi

Bu yöntemde kazılmış bir alana katı atık depo edilir. Kazı sırasında çıkan toprak da günlük gerçekleştirilen depolama işlemi sonunda düzenli olarak kapatma işleminde kullanılır. Bu metodun uygulanmasında en nemli kriter kazılan alanın yeraltı su uzağında olmasıdır. Bu yöntemde depolama alanı olarak hazırlanmış yerde belirli hücreler veya hendekler açılarak katı atık bu hücrelere veya hendeklere depolanır. Hazırlanan hücreler veya hendekler depolama işleminden önce kil tabakası ve bu amaçla üretilmiş olan diğer zemin kaplama malzemeleri kaplanır. Hücrelerin genişliği genel olarak 30 m en ve 30 m boy olacak şekilde hazırlanır. Hendek sistemi ise 6 metre en ve 30 metre uzunluk olacak şekilde dizayn edilir. Bu sistemde hücreler birbirinden bağımsız olarak dizayn edilir ve ayrıca hücrelerden çıkan sızıntı sularının da birbirine karışması engellenir. Böylece her bir hücre ayrı ayrı kontrol edilerek muhtemel bir sızıntı durumunda doğrudan sorun olan hücreye müdahale edilir.

#### 6.1.2.1.2. Alan Metodu

Alan metodu arazinin yapısı hücre veya hendek dizayn etmeye elverişli olmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Bu sistemde de katı atık düzenli depolama işleminde önce zeminin uygun şartlarda hazırlanması ve sızıntı sularının toplanması gerekmektedir.

### 6.1.2.1.3. Kanyon/Çukur Alanlarda Depolama Metodu

Kanyonlar, dar ve dik eğimli vadiler, çukurlar, oyuklar ve taş ocakları düzenli depolama amacıyla kullanılmaktadır. Bu tür yerlere katı atığın düzenli depolama işlemi tekniği, arazinin geometrisi, **mevcut örtü malzemesi, arazinin hidrolojisi ve jeolojisi, oluşabilecek sızıntı sularının özellikleri, araziye ulaşma ve oluşabilecek gazı toplama** gibi özelliklere göre değişiklik göstermektedir.

Bu yöntemde yüzey drenajının kontrolü en kritik faktörlerden birisidir. Depolama işlemi kanyonun veya çukurun en uç kısmından başlayarak ağız kesiminde tamamlanır. Böylece oluşabilecek sızıntı sularının birikmesi engellenmiş olur. Bu yöntemde atık farklı katmalarda depolanır ve her bir katman daha sonra örtü malzemesiyle kapatılır. Zemin hazırlanırken bir önceki bölümde verilen alan metodunda olduğu zemin uygun hazırlanır. Eğer kanyon zemini yeteri kadar düz ise ilk depolama hücre ve hendek yönteminde olduğu gibi yapılır.

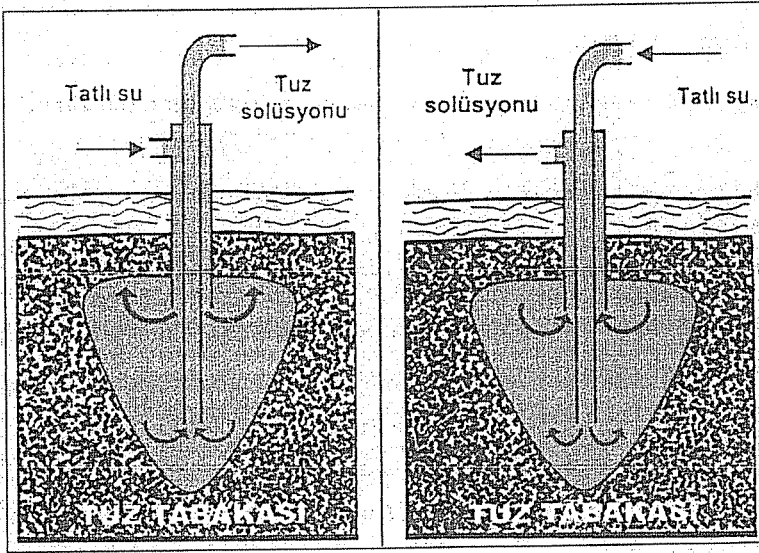
Bu yöntemin kullanılmasında en anahtar nokta her bir katmana depolama yapılırken depolamadan sonra bu katmanları kapatmak için ve ayrıca alanın arazinin tamamı doldurulup nihai yüksekliğe ulaşıldığında kapatma işleminde kullanılacak gerekli örtü malzemesinin olmasıdır. Bu amaçla kapatma malzemesi kanyonun duvarlarından veya zeminden zemin kaplama işlemi yapılmadan önce kazılarak çıkarılabilir. Ancak dar çukurlar veya terk edilmiş maden ocakları söz konusu örtü malzemesi için yeterli toprak içermeyebilir. Bu durumda gerekli örtü malzemesinin başka bir yerden taşınması söz konusu olabilmektedir.

## 7. ESKİ YERALTI VE AÇIK MADEN İŞLETMELERİ VE KUYULARINDA DEPOLAMA

Dünyanın çeşitli yerlerinde önceden kullanılmış ve rezervleri tüketilmiş maden ocakları, çözeltili madenciliği ile alınmış tuz ve kükürt yatakları, açık işletme çukurları ile taş ocaklarının çukur alanları katı atıkların depolama alanları olarak kullanılabilen (ABD'deki kaya tuzu yatakları var) olup, bir çok ülkede uygulamaları bulunmaktadır (9-12). Ülkemizde ise bu konularda yaygın bir uygulama olmadığı için henüz önemli bir bilgi birikimi oluşturulamamıştır. Ancak Türkiye'de böyle bir potansiyelin olduğu ve önümüzdeki yıllarda uygulamaların artacağı şimdiden görülmektedir.

### 7.1. Çözeltili Madenciliği Sonunda Oluşan Yeraltı Mağaralarına (Kaverna) Katı Atık Depolaması

Bu tip madencilik dünyada oldukça yaygın uygulama alanı bulmakta olup, başta kaya tuzu ve kükürt gibi kolayca çözünen maden yataklarının üretilmesi sonunda açılan boşluklara depolanacak katı atıkların pulp haline getirilip pompalama metoduyla transferi esasına dayanmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Tuz madenlerinde uygulanan tek sondajlı üretim yöntemi ve caverna oluşumu

Bilindiği üzere yatak önce kompartmanlara ayrılarak her bölüme en az 1 adet sondaj açılmakta ve bu sondajların iç içe giren iki borusunun birinden kaya tuzu çözmek için fuel-oil+su ya da, kükürt madenlerinde olduğu gibi su buharı gönderilerek önce maden çözelti haline dönüştürülmekte ve ikinci borudan çözelti haline getirilmiş maden alınmaktadır.

Diğer bir uygulama ise 2 sondajlı sistem olup, daha çok kükürt madenlerinde ve yine tuz işletmelerinde kullanılan yöntemdir. Sondajın birinden gönderilen çözücü ikinci sondajın tesir alanını içine alacak kadar mağara (kavite) oluşturduktan sonra pompalama işlemleriyle maden dışarı alınmaktadır. Maden tabakalarının kalınlığı ve sondaj etki alanının büyüklüğü ve çözeltiye alınabilme kalitesine göre değişen büyüklüklerde oluşan boşluklar oluşmaktadır. Bu şekilde oluşan boşlukların çok derin olması, akifere zarar verecek bir bölgede olmaması ve taban ve tavanında kalın geçirimsiz kil ve benzeri formasyonların yer alması durumunda tehlikeli olmayan katı atıkların depolanması mümkün olabilmektedir. Ancak yüzeye yakın olan bu gibi boşlukların kontrollerinin çok güç olması ve akifer, göl veya deniz gibi su kaynaklarını kirletme tehlikesi bulunduğu için kullanılması tavsiye edilmediği gibi, olumsuzlukların yaşanması durumunda da çevre faciaları yaşanmaktadır.

Bu yataklar evaporatik ortamda oluştuğundan yüzeye yakın olup, akiferle iç içe bulunmaktadır. Bu sebeple sağlam bir zemin olmadığı için yüzeyde göçmeler bulunmakta ve olumsuzluklar yaşanmaktadır. Burada oluşan mağaralara katı atıkların pulp olarak pompalanması uygun olmaz.

Bu tip katı veya sıvı atık depolanmalarında en önemli dezavantaj güvenlik sistemini oluşturmakta çekilen güçtür. Çünkü yeraltı konularıyla mağaraların durumu belirlenebilse de buradaki geçirgenlik kontrol altında tutulamamakta ve çeşitli

süreksizliklerden kaçan pulp halindeki atık veya içindeki katı atığı mağarada bıraksa bile kirlenen sıvı temiz kaynaklara kayabilmektedir.

## 7.2. Yeraltı İşletme Metotları Sonunda Oluşan Boşluklarda Depolama

Eski maden ocakları rezerv tükenmesi veya cevherin ekonomikliğini yitirmesi v.b. sebeplerle atık hale geldiğinde eğer yankayaç sağlam ise üretim sırasındaki galeriler, kuyular, ayaklar, oda-topuklar, ambarlar gibi çeşitli isimler verilen boşluklar oluşturmaktadır. Bu boşluklar yüzeyden itibaren başlayarak derinlere kadar (maden cevherinin yataklanma konumuna göre) inmektedir. Bu eski maden ocaklarının yüzeyde herhangi bir tasman (çöküntü) meydana getirmemesi için mutlaka ramble malzemesi (taş, bölgesel artık malzeme veya katı atıkların pulp halinde transferi) ile doldurarak tahkim edilmesi teorik olarak mümkün olup, çevresel etki bakımından da yer alır. Zira yeraltı eski maden ocakları rehabilite edilmeden bırakılırsa vahşi hayvanlar için de tehlike yaratabilir. Öte yandan seneler geçtikçe içinde biriken yüzeysel sular belki bir zaman sonra tehlike oluşturabilir. Bir deprem kırığından burada biriken sular akifere karışabilir. Bu yüzden tehlikeli katı atıkların eski maden ocaklarından depolanmalarında yeterince güvenlik tedbirleri alınmadan depolanmalarına izin verilmemektedir.

## 7.3. Eski Açık İşletmeler ve Taş Ocakları

Açık işletme terimi atmosferle doğrudan teması olan ve yüzeyde kalmış işletme anlamını taşımaktadır. Böyle bir işletmeye karar verilebilmesi için bir çok şart bulunmaktaysa da en önemli parametre fazla kalın olmamasıdır. Başka bir deyimle maden yatağı ne kadar yüzeye yakın olursa işletme masraflarına ve güvenlik tedbirlerine harcanan para o kadar ekonomik olur. Tehlikeli şevlerin oluşmaması için derinlik ve yan kayacın mühendislik özelliklerine bağlı olarak basamak oluşturulması ve bunun mümkün olan en az alana yaymak gerekir.

Taş ocakları da benzer durumu arz ederse de, bunların pratikte yüzeye sıfır olması, maden işletmelerine göre daha küçük alanlara yayılması, güvenlik tedbirlerini işin başından planlayarak daha güvenli alanlara yayılması mümkün olduğu için nispeten kolay işletmeler sınıfındadır. Çünkü taşocaklarını en uygun yerlerde açma şansımız varken, maden yataklarının yerlerini değiştirmek mümkün değildir.

Gerek eski açık maden işletmeleri ve gerekse eski taş ocakları katı atıkların depolanmaları için uygun yerler olup, güvenlik tedbirlerinin alınması hem daha kolay ve hem de daha ekonomiktir. Bu avantajları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

- Katı atık depolanması yapmadan önce sıfır noktasından başlayarak rehabilite edilebilmesi ve ocak yeri ıslahı mümkündür.
- Katı atık doğrudan kamyon nakliyatı ile transfer edilebilir.
- Sıvılaştırma yapıldıktan sonra taşıma olacağından akiferin kirlenmesi daha zayıf ihtimaldir.
- Atmosferik etkenlerle oluşan suların drenajı yapılarak tamamım emniyet havuzunda toplayarak arıtılması mümkün olabilir.
- 24/24 saat gözetleme yapılarak olumsuzluklar yaşanması durumunda derhal müdahale şansı vardır.
- İş bittikten sonra (çöküntü alanı doldurulduktan sonra) üzeri yine tarım veya orman toprağı ile kaplanarak yeniden doğaya kazandırılabilir.



Sistemin nasıl çalıştığını denetlemeyi yapan kurum veya kuruluşlar ile kontrol görevi yapan mülkü makam daha objektif bir şekilde gerçekleştirebilir. Yukarıda maddeler halinde verilen bu avantajlara ekleme yapmak mümkün olup, güncel teknolojiyle bertaraf edilmesi teorik olarak mümkün olmayan yada ekonomik olmadığı için mevcut haliyle depolanması gereken bir atığın, ileriki yıllarda kaydedilecek teknolojik gelişmelerle değerlendirilmesi mümkün olabilirse yeniden ele almak ve potansiyel bir cevher yatağı gibi düşünülebilmesi de mümkündür.

## 8. BİR UYGULAMA: MERSİN İLİ, TARSUS İLÇESİ, SAĞLIKLI KÖYÜ, BOYNUZTEPE MEVKİİNDEKİ ESKİ ALÇITAŞI OCAĞININ KROM ATIK DEPOSU OLARAK KULLANILMASI

Katı atıkların depolanmasında yıllardır sıkıntılar yaşayan ülkemizde son yıllarda yaşanan felaketlerin de oluşturduğu kamuoyu baskısı ile küçümsenmeyecek merhaleler kaydedilmiş, halen bu gelişmeler devam etmektedir. Belediyelerin topladığı evsel atıklarda bile büyük sorunlar yaşanırken, özellikle zehirli atıkların depolanmasında lisanslı atık bertaraf edebilme kabiliyetine sahip entegre endüstriyel atık bertaraf tesislerinin yetersiz oluşu bu modelleri kullanan sanayi kuruluşların yasal olmayan yollara başvurmasına sebep olmuştur. Son günlerde tehlike boyutlarının artması ve kamuoyu baskısı ile yeni çevre yasası taslağının TBMM'sinden geçirilmesi de bunun kanıtıdır.

Bu proje kapsamında Mersin ilinde faaliyet gösteren ve yürürlükteki mevzuata göre tehlikeli katı atık sayılan kromlu bileşiklerin depolanması gündeme gelince Tarsus ilçesi Sağlıklı Köyü, Boynuz Tepe mevkiinde özel bir madencilik şirketi tarafından uzun yıllar işletilerek cevheri büyük ölçüde boşaltılmış açık işletme sahasına bu atıkların depolanması için proje geliştirilmiş ve gerekli izinler alındıktan uygulamaya geçilmiş bir atık deposunda incelemeler, örnek alımları ve analizler gerçekleştirilmiştir (13).

### 8.1. Karar Verme Aşaması ve Detay İnceleme Safhası

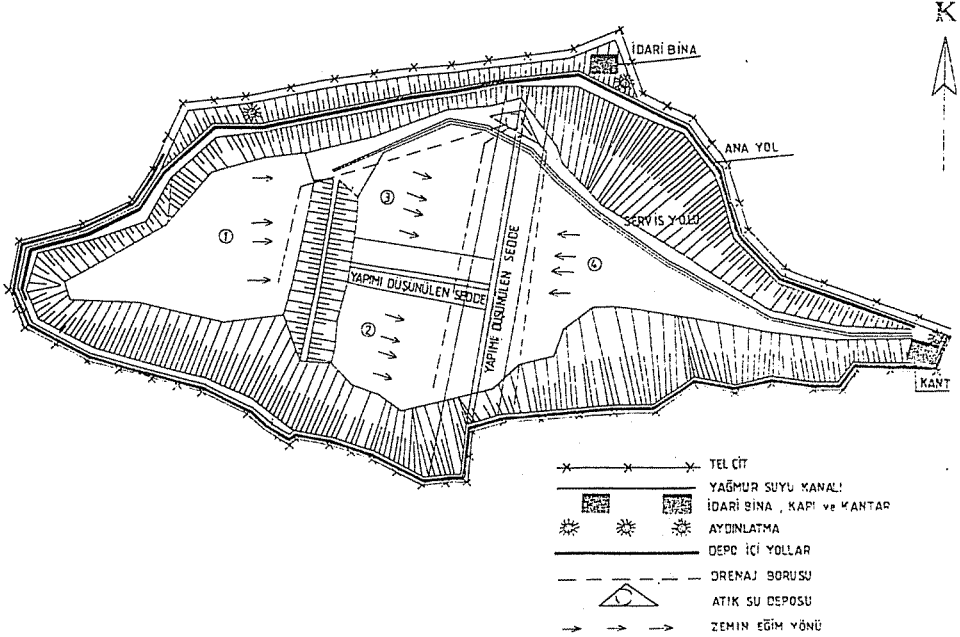
Bir eski işletme alanının zehirli veya zehirsiz atık deposu olarak kullanılıp, kullanılmayacağına karar vermeden önce bir çok hususun aydınlığa kavuşturulması gerekmektedir. Bunların başında ocak sahasının içinde yer aldığı parsellerin özellikle komşu alanlarının durumu ayrıntılı olarak incelenmelidir. Depolanacak katı atığın fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre gerek kendi bünyesinde bulunan gerekse atmosferik etkilerle çözeltilmeye karışacak veya tozumayla yakın çevre üzerindeki muhtemel etkileri belirlenmelidir. Depolanacak atıkların tam bir sızdırmazlık gerektirecek derecede depolanması yönetmeliklerde öngörülmüş ise zemin iyileştirmesi zorunludur.

### 8.2. Boynuztepe Eski Taş Ocağının Tanıtımı

Bu eski ocak yeri 1992 yılında gerçek bir kişiye o zaman yürürlükte olan Taşocakları Nizamnamesine göre İçel Valiliği tarafından ruhsatlandırılmıştır. İşletmeci bu alçıtaşı ocağından 2002 yılına kadar geçen süre içinde önemli miktarda alçıtaşı çıkararak satmış ve bu işletme faaliyetleri sırasında da önemli miktarda hafriyat işlemleri gerçekleştirmiştir. Eski alçıtaşı ocağındaki depolama öncesi halihazır durum ve A-A' ve B-B' kesitleri Şekil 2 ve 3'de verilmiştir.



bölüm bölüm planlanmıştır. Kantardan geçerek tartılan katı atık anayolu takip ederek önce 1. bölüme dökülecek ve sonra seddelerle ayrılmış 2., 3. ve 4. bölümler doldurulup kapatılacaktır. Dolan bölümlerin üzeri üst sızdırmazlık tabakasıyla kapatılıp getirilen malzemenin tamamı depolandıktan sonra üzeri bitki örtüsü ile doğal haline getirilecektir.

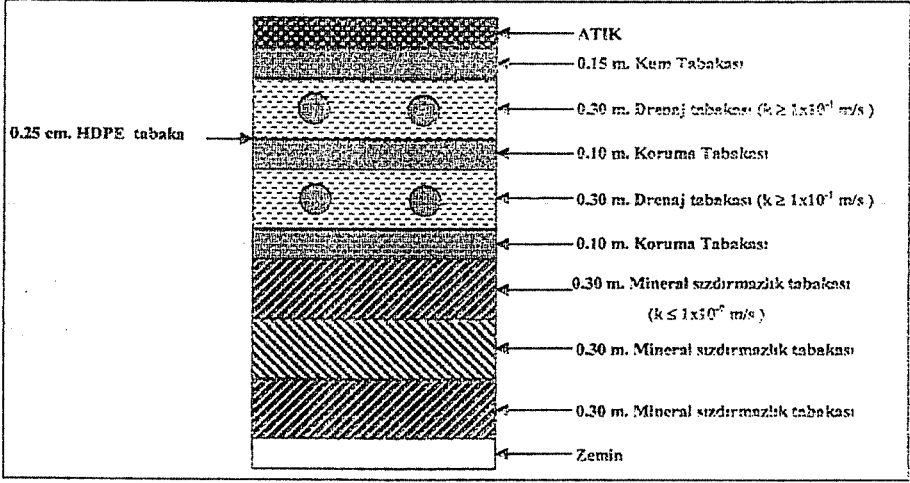


Şekil 4. Eski alçıtaşı ocağının yapılacak kazı işlemleri ile depo haline getirilmesine ilişkin proje taslağı.

### 8.3. Boynuztepe Eski Alçıtaşı Ocağının Depo Alanı Olarak Kullanıma Hazırlanması

Mersinde kurulu bulunan Kromsan tarafından işlenen ve  $Cr^{-6}$  bileşikleri içeren tehlikeli atık sınıfındaki atıklar önceleri taşocakları nizamnamesine göre özel idareden ruhsatlanarak işletilen ve önemli bir boşluk oluşturan jips ocağı, incelenerek gerekli hazırlık işlemlerinden sonra uygulamaya konulmuştur. Bu depo gerekli çevre etki değerlendirme işlemlerinden geçmiş ve tehlikeli atık deposunun yer altı suyuna sızarak akiferi olumsuz etkilemesi engellenmiştir. Ayrıca, çevresindeki tarım alanlarına zarar vermemesi için gerekli sızdırmazlık işlemleri yapılmıştır. Burada depo tabanı sızdırmazlık sistemi için iş makineleriyle düzenlenmiş tabana 30 cm kalınlığa ulaşan mineral sızdırmazlık tabakası killi malzeme serilmiş ve üzerinden silindir geçirilerek sıkıştırıldıktan sonra ikinci bir mineral sızdırmazlık tabakalarıyla geçirgenlik önlenmiştir. Bu ikinci tabaka kalınlığı da yine 30 cm'dir. Tekrar sıkıştırılan bu tabaka üzerine yine 30 cm kalınlığı olan ve geçirgenlik katsayısı  $K \leq 10^{-9}$  m/s olan bir üçüncü sızdırmazlık tabakası oluşturulmuştur. Bu üç adet sızdırmaz mineral tabakası üzerine 10

cm kalınlığında koruma tabakası serilmiştir. Bunun üzerine ise 30 cm kalınlığında taneli ve drenaja imkan veren iletkenlik katsayısı  $K \geq 1 \times 10^{-1}$  m/s olan tabaka serilmiş ve bunun üzerine tekrar bir koruma tabakası döşenmiştir. Bu koruma tabakası üzerine ise 0.25 cm kalınlığında HDPE (Plastik membran) tabakası döşenmiş ve bunun üzerine yine 30 cm kalınlığında ikinci bir drenaj tabakası serilmiştir (Şekil 5). Bunun üzerine ise 15 cm kalınlığında kum serilmiştir. Bu şekilde oluşturulan taban sızdırmazlık tamamlanmış olmaktadır. Bu oluşturulan sızdırmazlık tabakaları üzerine ise Mersin'deki Kromsan A.Ş.den özel kamyonlarla getirilen tehlikeli atıklar serilmiştir.

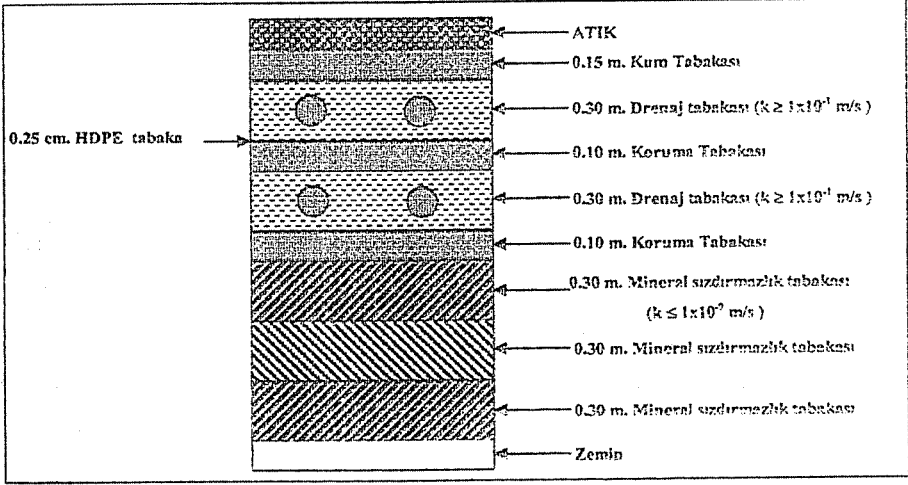


Şekil 5. Depo tabanı sızdırmazlık sistemi.

Atık deposunun aynı anda dolmaması ve kontrolünün kolaylıkla yapılabilmesi için bölüm bölüm doldurulmakta ve bölümlerin üzeri yine sızdırmazlık sistemiyle kapatılmaktadır. Depo içinde maksimum seviye'ye ulaşıncaya 50 cm kalınlığında tampon tabaka serilmektedir. Bu tabaka taneli bir yapı sunmaktadır. Bunun üzerine  $K \leq 1 \times 10^{-9}$  m/s olan ve gereğinde gazların çıkışını sağlayabilen drenaj tabakası bunun üzerine ise 60 cm kalınlığında mineral (kil) sızdırmazlık tabakası döşenmiştir. Sızdırmazlık tabakası üzerine ise tıpkı tabanda olduğu gibi 0.25 cm kalınlığında HDPE (Plastik Jeomebran) döşenerek üzeri 10 cm'lik koruma tabakasıyla örtülmektedir. Bunun üzeri ise 30 cm kalınlığında olup,  $K \geq 1 \times 10^{-1}$  m/s'lik geçirgenliği olan kumlu drenaj tabakası serilmiş ve yer yer drenaj boruları döşenmiştir. Drenaj tabakası üzerine ise 1 m tarım toprağı döşendikten sonra depo tamamen dolarak kullanımı tamamlanınca tekrar bitki örtüsü için doğaya kazandırılacaktır (Şekil 6).

Kromsan katı atıklarının depolandığı alanına kontrol altındaki bir giriş kapısından girilmektedir (Levha 1. Şekil 1). Depo kenarında yağmur sularından oluşacak suların

çevreye zarar vermemesi için cebri olarak düşük kotlarda oluşturulan havuzlara toplanması ve yine özel vidanjörlerle Mersin'de kurulu fabrika içindeki arıtma tesisine gönderilmektedir. Depo henüz kullanılır durumda olması sebebiyle depo etrafındaki drenaj kanalları henüz meteorik suları toplayacak konumda değildir. Ancak dışarıdan depo alanına atmosferik suların girmemesi için beton kanal yapılmıştır. Bu kanaldan önce beton direkler ve dikenli tel ile hayvanların depo sahasına girmesi önlenmiştir (Levha 1, Şekil 2-5).



Şekil 6. Depo üstü sızdırmazlık sistemi

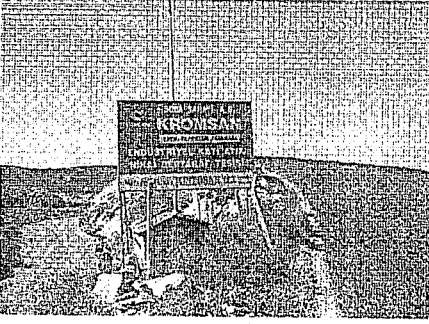
Kromsan yeni proses  $Cr^{6+}$  bileşikleri içeren katı atıkların depolanması için ruhsatlandırılan bu depoda birinci bölüm tamamen doldurulmuş ve üst sızdırmazlık tabakası serilerek çevresel etki oluşturamayacak şekilde kapatılmıştır. 2. Bölüm de doldurulmak üzeredir. Bunu öteki bölümler takip edecektir (Levha 1, Şekil 6).

Mersin Kazanlı Beldesinde kurulu bulunan Kromsan A.Ş. ye ait yeni proses krom katı atıkları içinde tehlikeli atık sınıfına dahil edilebilecek elementler açısından kimyasal içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

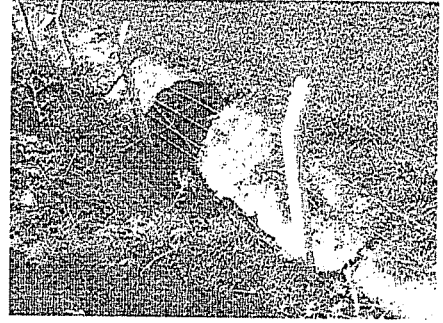
## 9. DEPO ALANINDA VE YAKIN ÇEVRESİNDE YAPILAN ÖLÇÜMLER VE DEĞERLENDİRMELER

Tehlikeli atık deposu olarak kullanılan bu eski alçıtaş ocağı alanına bölüm bölüm serilerek doldurulan krom projesinden geriye kalan katı atıkların bugüne kadar baste depo alanı ve yakın çevresindeki etkilerini belirlemek üzere toprak ve çamur örnekleri alınmış Levha 2 Şekil 1-1 ve başlıca ağır metaller açısından analiz edilmiştir (Çizelge 2).

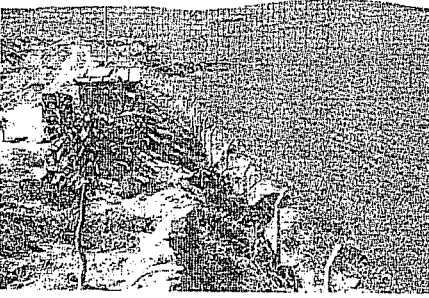
## LEVHA 1



1



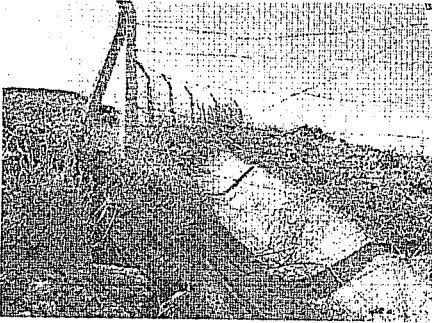
2



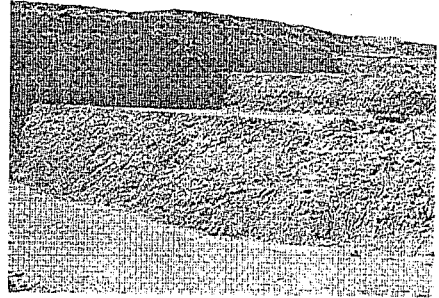
3



4



5



6

**Açıklamalar**

1. Depo girişi, bariyerli ve bekçi kulübesi günün 24 saatinde hizmet veriyor.
- 2.3.4. Katı atık deposu etrafına göre yüksek kotta bulunmaktadır. Depo etrafı yüksek şev ve 5 sıra dikenli telle çitlenmiştir. Böylece hayvan ve insan girişleri kontrol altındadır.
5. Depo alanında herhangi bir sızıntıyı önlemek üzere beton kanal depo alanını çepçevre kuşatmaktadır. Böylece ne dışarıdan içeriye ne de içeriden dış ortama deşarj olmaz.
6. Örtülen bölümlerin üzeri sızdırmaz bir mineral tabakası ile kaplanmaktadır. Depo tamamen doldurulunca bitkilendirme işlemi yapılacaktır.

**Çizelge 1.** Kromsan A.Ş. Yeni Proses Atıklarının Kimyasal İçerikleri

| Parametre                     | Analiz Sonuçları | TAKY/EK-11A'da Verilen Parametrelerin Limit Değerleri |                    |
|-------------------------------|------------------|---|--------------------|
|                               |                  | Tehlikeli Atık  | İnert Atık         |
| Ph                            | 4,5              | 4-13  | 4-13               |
| Toplam Organik Karbon         | 2,02 ppm         | 40-200  | <200               |
| Ni                            | 0,487 ppm        | 0,4-2   | $\Sigma < \square$ |
| Cu                            | 0,00 ppm         | 2-10  | $\Sigma < \square$ |
| Zn                            | 0,194ppm         | 2-10  | $\Sigma < \square$ |
| As                            | 0,00 ppm         | 0,2-1   | <0,11              |
| Hg                            | 0,00 ppm         | 0,02-1  | $\Sigma < \square$ |
| pB                            | 0,00 ppm         | 0,2-1   | <0,11              |
| Cd                            | 0,00 ppm         | 0,1-0,5   | $\Sigma < \square$ |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | 0,00 ppm         | 6-30  | <3                 |
| Cn <sup>-</sup>               | 0,111 ppm        | 0,2-1   | <0,1               |
| F <sup>-</sup>                | 0,00 ppm         | 10-50   | <5                 |
| SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | 1206,105 ppm     | 200-1000  | <1000              |
| Cl <sup>-</sup>               | 16,158           | 1200-6000   | <500               |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 0,00 ppm         | 6-30  | <3                 |
| Cr <sup>6+</sup>              | 0,005 ppm        | 0,1-0,5   | $\Sigma < \square$ |

**Çizelge 2.** Tehlikeli Katı Atık deposunun sınırları içinde kalan ve kenar çitleriyle drenaj kanalları yakınlarından alınan toprak ve çamur örneklerinin analizleri

| No   | Kuru Numune           | Cd*      | Cr*        | Pb*       | Cu*       | Ni*       | Zn*        | Co*       | Mn*      |
|--|-----------------------|----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------|
| 1  | Kulübe Yanı Toprak1   | < 0,4    | 87,9       | < 8       | 11,88     | 23,7      | 8,59       | 12,67     | 59,0     |
| 2  | Kulübe Yanı Toprak2   | < 0,4    | 89,6       | < 8       | 12,27     | 25,1      | 9,15       | 13,54     | 60,0     |
| 3  | Kulübe Yanı Toprak3   | < 0,4    | 86,1       | < 8       | 11,36     | 22,0      | 7,70       | 11,87     | 58,6     |
| 4  | Kanal Yanı Toprak 1   | < 0,4    | 53,6       | < 8       | 7,46      | 19,55     | 9,30       | 11,32     | 50,7     |
| 5  | Kanal Yanı Toprak 2   | < 0,4    | 53,7       | < 8       | 7,16      | 19,34     | 9,05       | 11,03     | 50,2     |
| 6  | Kanal Yanı Toprak 3   | < 0,4    | 54,0       | < 8       | 6,58      | 19,39     | 8,76       | 10,85     | 50,1     |
| 7  | En Tepeden Toprak 1   | < 0,4    | 16,5       | < 8       | 16,89     | 23,5      | 12,92      | 13,22     | 52,2     |
| 8  | En Tepeden Toprak 2   | < 0,4    | 15,6       | < 8       | 16,23     | 23,3      | 12,38      | 12,63     | 52,0     |
| 9  | En Tepeden Toprak 3   | < 0,4    | 15,3       | < 8       | 17,35     | 23,5      | 13,22      | 13,59     | 53,1     |
| 10   | Tesis Girişi Toprak 1 | < 0,4    | 33,7       | < 8       | 10,41     | 19,87     | 26,01      | 13,92     | 47,5     |
| 11   | Tesis Girişi Toprak 2 | < 0,4    | 33,4       | < 8       | 10,73     | 20,6      | 26,44      | 14,14     | 46,7     |
| 12   | Tesis Girişi Toprak 3 | < 0,4    | 33,2       | < 8       | 10,81     | 21,1      | 26,66      | 14,77     | 46,9     |
| <b>Toprak Kirliliği Kont. Yönet. Ek 1A. Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri (pH 5-6)</b> |                       | <b>1</b> | <b>100</b> | <b>50</b> | <b>50</b> | <b>30</b> | <b>150</b> | <b>20</b> | <b>-</b> |
| 13   | Kanal içi Çamur 1     | < 0,4    | 70,6       | < 8       | 10,27     | 19,1      | 14,29      | 16,22     | 56,1     |
| 14   | Kanal içi Çamur 2     | < 0,4    | 70,8       | < 8       | 10,99     | 19,5      | 15,10      | 16,95     | 54,1     |
| 15   | Kanal içi Çamur 3     | < 0,4    | 71,0       | < 8       | 10,81     | 19,4      | 14,62      | 16,53     | 56,2     |
| 16   | Kanal içi Çamur 4     | < 0,4    | 69,6       | < 8       | 10,00     | 19,3      | 13,71      | 15,76     | 52,3     |
| 17   | Kanal içi Çamur 5     | < 0,4    | 70,2       | < 8       | 10,09     | 19,8      | 14,07      | 16,09     | 52,2     |
| <b>Toprak Kirliliği Kont. Yönet. Ek 1A. Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri (pH 5-6)</b> |                       | <b>1</b> | <b>100</b> | <b>50</b> | <b>50</b> | <b>30</b> | <b>150</b> | <b>20</b> | <b>-</b> |

\*: (mg/kg)

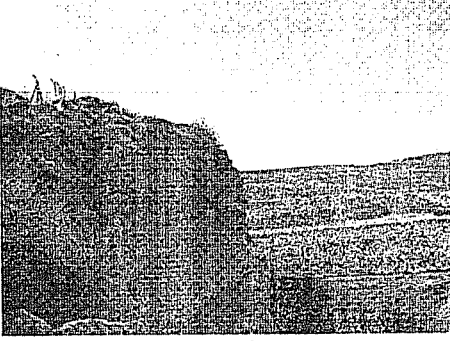
LEVHA 2



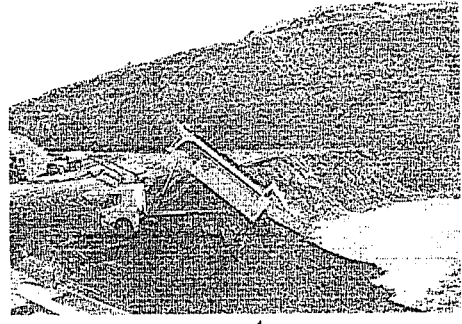
1



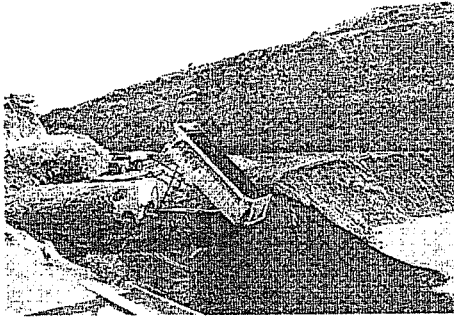
2



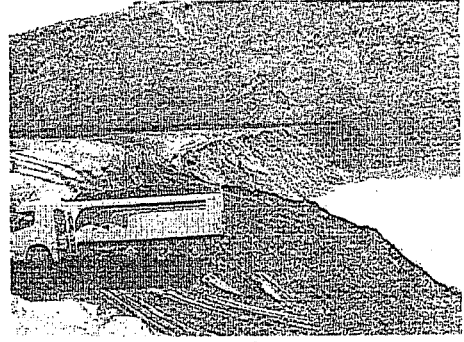
3



4



5



6

**Açıklamalar**

- 1.2. Depo etrafındaki ekili alanlardan toprak ve çamur örneklerinin alınması
3. Dik şevlerin oluşturduğu eski alçıtışı ocağı doğal bir koruma konumunda olup; taşınmaları önlemektedir.
- 4.5.6. Mersin Kromsan atık sahasından damperli kamyonlarla getirilen katı atıklar brandalar açıldıktan sonra bölümlere dökülür ve loderle hemen serilerek sıkıştırılır. Tozumaları önlemek amacıyla araziler sulanmaktadır.



Depo üzerinde herhangi bir gaz çıkışı olup, olmadığıın tesbiti açısından hava kalitesi de ölçülmüştür (Çizelge 3).

Tesis etrafındaki ekili alanlarda yapılan incelemelerde önemli bir kirlilik görülmemiştir. Depo alanında sıkı bir şekilde serilen atık malzemenin gravitesinin yüksek olması ve eski maden ocağının etrafındaki rüzgar önleyici dik şevleri tozumanın etkili olmamasını sağlamaktadır Levha 2, Şekil 3-4. Gerçekten de toz ölçümlerinde bu durum açıkça görülmektedir (Çizelge 4).

**Çizelge 3.** Mersin İli, Tarsus İlçesi, Sağlıklı Köyü sınırları içindeki Boynuztepe Mevkiinde kurulu bulunan katı atık deposu ve yakın çevresindeki toz (P.M.10) ölçüm sonuçları

| Ölçüm Yeri                   | Toz Konsantrasyon $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | H.K.K.Y.Madde 6-7 ve E.K.H.K.K.Y. Madde 39'a Göre Değerlendirilmesi |
|------------------------------|--|---|
| Depo Girişi ve Yakın Çevresi | 55   | Sınırın Çok Altında   |
| Depo 1. Bölüm                | 43   | Sınırın Çok Altında   |
| Depo 2. Bölüm Döküm Alanı    | 48   | Sınırın Çok Altında   |
| Depo Alanı Araç Trafiği Var  | 60   | Sınırın Çok Altında   |
| İdari Bina ve Yakın Çevresi  | 43   | Sınırın Çok Altında   |

Ortalama Uzun Vadeli Değer: 49.80  
Ortalama Kısa Vadeli Değer: 57.170

**Çizelge 4.** Depo alanındaki hava kalitesi sonuçları

%3 O<sub>2</sub> bazına göre

| Parametre             | Ölçülen Değerler | Gaz Çıkışı Olup, Olmadığı |
|-----------------------|------------------|---------------------------|
| Ortam Sıcaklığı °C    | 32               | -                         |
| Gaz Sıcaklığı °C      | 32               | -                         |
| EFF %                 | 100              | -                         |
| EXC. AİR              | 9.99             | -                         |
| O <sub>2</sub> %      | 21.00            |                           |
| CO <sub>2</sub> (ppm) | 0.00             |                           |
| CO (ppm)              | 1                | Gaz Çıkışı Yok            |
| NO <sub>x</sub> (ppm) | 0                | Gaz Çıkışı Yok            |

Tehlikeli katı atık deposu olarak kullanılan eski jips ocağının çevrede oluşturacağı muhtemel çevre kirliliğini araştırmak amacıyla eski ocak yeri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Açık işletmeyle işletilerek içi boşaltılmış bulunan jips yatağı özellikle güney kesiminden dik ve oldukça yüksek bir şevle çevresel etkilere karşı doğal korumalı durumundadır. Kuzey ve batıdan ise nisbeten düşük kota sahip olduğundan doğal afetler (heyelan ve deprem)'e maruz kalınması durumunda depoda zeminden ve üstten tam olarak geçirimsizliği sağlanmış durumda olmasına rağmen sızıntı oluşabilir. Bunun dışında tehlikeli madde içeren katı atık deposunda çevresel risk bulunmamaktadır. Depo alanının sızıntılara sebep olabilecek tüm çevresi beton kanallarla çevrilmiş ve tel örgü ile canlı trafiğine kapatılmıştır. Kanatlı hayvanlar ile böcek ailesine mensup öteki uçucular için ise bugüne kadar depo alanından etkilenecek oldukları görülmemiştir. Gerçekten de sıvı bir ortam olmadığı ve Çizelge 1'deki kimyasal içeriği göz önüne alındığında önemli bir çevresel etki hissedilmesi düşünülemez. Mersin ili Kazanlı beldesinden üzeri branda ile örtülü tanperli kamyonlarla getirilen katı atık, belirlenen bölüme özenle dökülmekte ve sıkıştırılmaktadır (Levha 3, Şekil 4,5,6).

Depo alanında gerçekleştirilen incelemelerde etrafa sızıntı yapabilecek bir durum söz konusu değildir. Gerek depo çevresinde ve gerekse yakınındaki dikili alanlarda herhangi bir kirlilik görülmemiştir (Levha 3, Şekil 1-6).

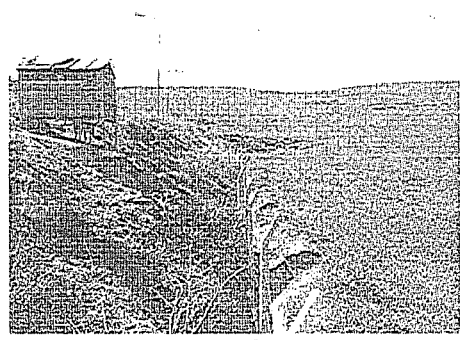
## 10. SONUÇLAR

Türkiye oldukça büyük bir yüzölçüme (750.000 km<sup>2</sup>) sahip olup, son 30 yılda önemli ölçüde sanayileşme başarıları göstermiş olmasına rağmen tehlikeli katı ve sıvı atıklarını uluslar arası kurallara göre emniyet içinde depolayabileceği veya bertaraf ederek çevresel etkilerini minimum'a indirecek depoları kuramamıştır. Her yıl binlerce toz zehirli ve tehlikeli hammadde ithal edilmekte ve sanayi kuruluşlarında tüketilen bu hammaddelerin ambalajları veya bizzat bunlardan imal edilen bileşiklerin ambalajlarını nerede ve nasıl bertaraf edilecekleri yönetmeliklerde belirtilmiş olmasına rağmen bu işlemleri yapacak depolar yeterli olmadığı için akibetleri hakkında kesin istatistikî bilgiler bilinmemektedir. Aslında bunların çoğunun ya normal çöp alanlarına veya gelişmiş güzel toprağa gömdürüldükleri bilinmekle beraber ancak bir facia sırasında anlık feryatlar ile gündeme getirilmektedir. Yıllardır bu sorun bilinmekte fakat gerekli tedbirler alınmamaktadır. Türkiye'de en az 4 adet zehirli atıkları bertaraf edebilecek büyüklükte lisanslı atık deposuna ihtiyaç varken bunlar çeşitli sebeplerle kurulamamıştır. Bugün Türkiye'de yalnızca tek bir lisanslı depo durumunda bulunan İzaydaş (İzmit Atık ve Artıkları Arıtma, Yakma ve Değerlendirme) A.Ş.ülke ihtiyaçlarının ancak çok bir kısmını karşılamaktadır. Türkiye'den çok daha küçük yüzölçüme sahip Avrupa ülkelerinde onlarca kurulmuş lisanslı tehlikeli atık deposu bulunmaktadır. Bu sebeple Avrupa ile bütünleşme iddiası olan bir ülkenin vakit kaybetmeden benzeri depo ve bertaraf etme tesislerini kurması ve bunlara lisans vermesi beklenmektedir. Esasen bu hukuksal zorunluluk olarak da karşımıza çıkmaktadır. Yeni çevre kanunumuz bu depoların nasıl kurulacağını belirtmiş ve bakanlık ilk etapta 4 yeni bölgeye lisans vermek için çalışmalar ve tip projeler oluşturulması için düğmeye basmıştır. Bu bölgelerden biri de Çukurova Bölgesidir. Bir

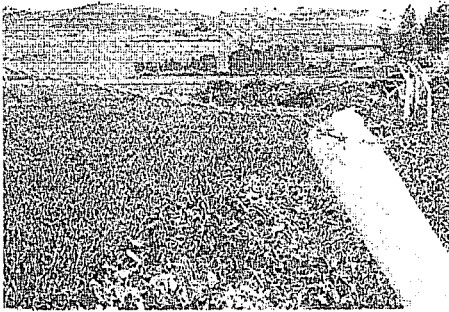
LEVHA 3



1



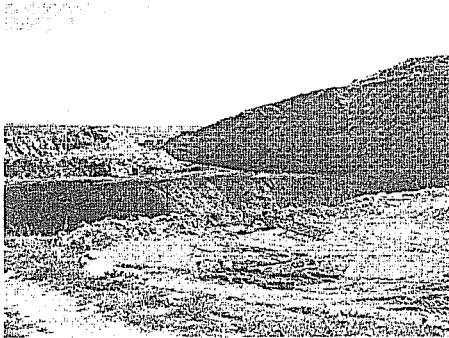
2



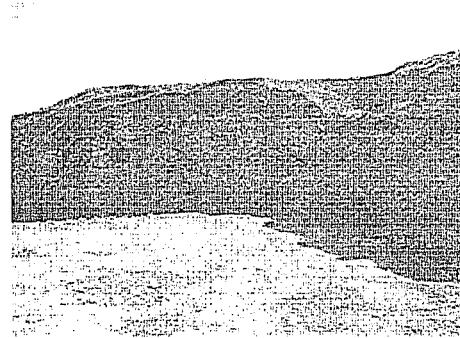
3



4



5



6

**Açıklamalar**

- 1.2.3. Çit ve kanal kenarındaki bitkiler üzerinde incelemeler gerçekleştirilmiş olup, dış görünüm itibari ile önemli bir etki saptanmamıştır.
4. Depo alanındaki tarlaların ulaşımını sağlayan stabilize yol, daha düşük kotta olup, dışarıdan depo içine herhangi bir sızıntı mümkün değildir.
5. Depo içinde dolmak üzere olan bir bölüm.
6. Dik şevlerle özellikle güneyden gelen rüzgarlara kapalı olan depo içinde tozular oldukça sınırlıdır.

özel şirket Doğu Akdeniz Bölgesindeki endüstriyel atıkların bertaraf edilmesi için entegre tesisi kurmak üzere Bakanlığa müracaat etmiş ve yer seçimi yapılarak ÇED çalışmaları başlatılmıştır. Tarsus ilçe sınırları içinde yine bu projede alınan eski alçıtaşı ocağının yalnızca kromsan bileşikleri için kullanıldığı bölgeyi de kapsayan Sağlıklı Köyü ve yakın çevresi böyle bir deponun kurulması için uygun görülmüştür.

Halen özellikle depo alanının düşünüldüğü yöresel halkına önemli bir kısmı ve Tarsus Belediyesi bu yerin uygun olmadığını savunmaktadır.

Bu projede incelenen ve oldukça dar bir alanda ve ancak özellikleri belirli bir tip katı atığın depolandığı Eskişehir Köyü yakınındaki eski alçıtaşı ocağının konumu öngörülen işlem için uygun bir yer aldığı uygulama sonucunda da görülmüştür. Depolanan Kromsan atıklarının kimyasal içerikleri oldukça inert özellikte olup, tehlikeli atık sınıfına bile girmez. Cr<sup>6+</sup> içeriklerinin depolanan malzeme içinde bile oldukça düşük oranlarda kalması ve depo zemini ve üstünün yönetmeliklere uygun bir şekilde sızdırmazlık özelliği yüksek malzemelerle kapatılması sayesinde yaptığımız incelemeler ve aldığımız örneklerin analizlerinde herhangi bir tehlikeyi işaret edecek boyutta olmadığı görülmüştür. Depo etrafında sızıntıya maruz kalabilmesi mümkün olan bölgelerden alınan çamur ve katı örneklerin oldukça temiz çıktığı ve öngörülen limit değerleri aşan bir parametreye rastlanmadığı görülmüştür. Hava kirliliğine sebep olarak bir tozuma görülmemiş ve depo içinde gazlaşmanın belirtileri olan hiçbir gaz birikimi de tesbit edilmemiştir.

Sonuç olarak, eski açık işleme maden ocaklarının tehlikeli atıkların depolanmasında önemli bir avantaj sağladığı, tehlikeli atık depo tabanlarının rehabilitasyonuna kolaylık sağladığı, her türlü kazı makinasının çalıştırılmasına izin verdiği göz önüne alındığında, kapalı eski işletmelere göre büyük avantaj sunduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca topoğrafyanın çirkin görüntüsü, bu gibi depolarla doldurulup, üzeri tekrar kapatılarak eski haline getirilmesi mümkün olduğundan ayrıca doğaya yeni ekim ve dikim alanlarının kazandırılması da mümkündür. Bu yüzden Çukurova ve yakın çevresinde görülen ve sayıları yüzleri bulan bu taş ocaklarının tehlikeli veya evsel atıkların depolandığı veya bertaraf edildiği entegre tesisler olarak kullanılabilceği anlaşılmıştır.

## 11. TEŞEKKÜR

Bu çalışma MMF2004 BAP 1 Projesi çerçevesinde yürütülmüştür. Yazarlar kendilerine böyle bir inkanı tanıyan Çukurova Üniversitesi Rektörlüğüne ve depo alanında inceleme yapma fırsatı veren ve çalışmalara yardımcı olan Mintosan Ltd.Şti.ne teşekkür etmeyi görev sayarlar.

## 12. KAYNAKLAR

1. GCTU (Gesellschaft für Chemischen und Technischen Umweltschutz mbH), "Rearrangement of the Industrial Waste Management for the South-East Mediterranean Districts of Turkey in View of the Realisation of a Fully Integrated Hazardous Waste Management Facility and Concept of a Hazardous Waste Landfill Site for Chromate Containing Waste", Stuttgart, Germany, 2004.

2. Yeni Türk Ceza Kanunu, Kanun No 5237, Kabul Tarihi: 26.09.2004.

3. Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 14.03.2003 tarih ve 25755 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girdi.
4. EPA (1998) Types of radiation, Science and Radiation booklet, U.S.A.
5. Hazardous Waste Management, M.D.Grega, P.L.Buckingham, J.C.Evans McGrawhill Inc.1994.
6. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girdi.
7. Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği 21.01.2004 tarih ve 25353 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girdi.
8. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 10.12.2001 tarih ve 24609 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe girdi.
9. Integrated Solid Waste Management;Engineering.Principles and Management issues, G.tcyobanoglous.H.Theisen, S.A.Vigil, McGrawhill Inc.1993.
10. K.alleni Eminence Dome-Natural Gas Storage in salt Comes of Age, J.Pet.Tech., Nov.(1972)1299.
11. C.A.Baar, Applied Salt Rock Mechanics, 1, Elsvier, 21.
12. Technical Background Document on Ground Water Controls at CKD Landfills, Office of Solid Waste U.S.Environmental Protection Agency, June 1996.
13. Anıl, M., Yüceer, A., Yaşar, E., Başbüyük, M., "Katı Atıkların Eski Taşocakları veya Maden Ocaklarında Depolanma Koşulları ve Bir Uygulama: Mersin İli Çevlik Köyü Güneyindeki Kullanılmış Taşocağı", Tübitak Adana Üniversite-Sanayi Ortak Araştırma Merkezi, Ocak 2004.
14. Soda Sanayi A.Ş.Kromsan Krom Bileşikleri Fabrikası, Boynuz Tepe Katı Atık Depolama Alanı ÇED Ön Araştırma Raporu, Ayem Mad.Çevre Mühendislik San. Tic.Ltd.Şti. Mersin, 2002.



## YAZIM KURALLARI

Gönderilecek makaleler, Mühendislik Bilimleri ile ilgili başka hiçbir 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 IBM uyumlu bilgisayarla Microsoft Word'97 ve yukarısı programda yazılmış, biri orijinal, ikisi fotokopi 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 ifadeli olmalıdır. Başlık, büyük harflerle ve sayfa ortalanarak yazılmalıdır. Makale 1 satır aralıkla yazılmalıdır. Alt başlıklarla ilk paragraf ve paragraflar arasında 1 aralık bırakılmalıdır. Yazar ad ve soyadları unvan 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 en fazla 15 sayfa olmalıdır. Ancak kısaltılması mümkün olmayan makalelerin yayınlanmasında yayın kurulu yetkilidir. Şekil ve grafikler çini mürekkep ile aydınlatılmış kağıda 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 sayfanın altına \* işaretini takip edecek şekilde dipnot olarak yazılmalıdır.

Başlıklar 1., 2., ve alt başlıklar 1.1., 1.2., vb. numaralandırılıp, alt başlıklar küçük harflerle, fakat kelime baş harfleri büyük olarak yazılmalıdır. Metindeki eşitlikler (1), (2),... vb. şeklinde 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, İngilizce başlık ve özet, metin, teşekkür (gerekli ise) ve kaynaklar. Özetler en az beş, en fazla on satır olmalıdır. Özeten sonra makalenin İngilizce başlığı büyük harflerle ve sayfa ortalanarak yazılıp, bunun altına da "Abstract" İngilizce 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 baş harfi, 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, yayının yılı ve sayfa numarası verilmelidir.

Dergiye gönderilen yazılar yayınlansın veya yayınlanmasın iade edilmez. Makaleleri yayınlama yetkisi dergi yayın kuruluna aittir.

Yayınlaması istenen makaleler aşağıdaki adrese gönderilir:

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi  
Dergi Yayın Kurulu Başkanlığı  
01330 Balcalı-ADANA  
Tel : (322) 338 63 57 Fax : (322) 338 61 26

|  |     |
|--|-----|
| Hydrojeolojik Veri Tabanlı Bir Coğrafi Bilgi Sistemi Çalışması Örneği:<br>Adana İli Yerleşim Alanı<br><i>An Example from Geographical Information System Based on Hydrogeological Data Bases:<br/>Adana Settlement Area</i><br>İbrahim ÇOBANOĞLU, Şaziye BOZDAĞ.....   | 251 |
| İsali-Doruk-Yumurtalık Civarının (Adana) Tektono-Stratigrafisi<br><i>Tectono-Stratigraphy of İsali-Doruk-Yumurtalık (Adana) Area</i><br>Gülşen UYSAL, Ulvi Can ÜNLÜGENÇ.....   | 271 |
| Osmaniye Kentinde Yeşil Alanlar ve Kent Nazım İmar Planlarında Yeşil Alanlar<br><i>The Green Areas and in Urban Plans of the Green Areas of Osmaniye City</i><br>Gülcan TÜRKOĞLU, Nilgün YÜCEER.....   | 287 |
| Osmaniye Kenti Nazım İmar Planları<br><i>Urban Plans of Osmaniye</i><br>Gülcan TÜRKOĞLU, Nilgün YÜCEER.....  | 303 |
| Eski Maden İşletmeleri ve Taş Ocaklarının Tehlikeli Atık Deposu Olarak Kullanılma Olanakları<br>ve Çukurova Bölgesinde Bir Uygulama: Tarsus Sağlıklı Köyü Boynuztepe Mevkii Eski Alçı<br>Taşı Ocağı<br><i>The Usage Possibility of Hazardous Waste Storage of Abandoned Open-Pit Mine Areas and<br/>Quarries and an Application of Çukurova Region: Tarsus Sağlıklı Village, Boynuztepe<br/>Abandoned Gypsum Open-Pit</i><br>Mesut ANIL, Özen KILIÇ, Mehmet TÜRKMENOĞLU..... | 319 |



|   |     |
|---|-----|
| Kiriş-Duvar Bağlantıları Esnek Olan İki Sıra Boşluklu Perdelerin Statik Analizi<br><i>Static Analysis of Two-Bay Coupled Shear Walls with Flexible Beam-Wall Connections</i><br>Engin EMSEN, Halil GÖRGÜN, Orhan AKSOĞAN.....   | 95  |
| İki Eksenli Eğilme ve Eksenel Basınca Maruz Yüksek Dayanımlı<br>Beton Kolonlar İçin Dikdörtgen Gerilme Bloğu Parametreleri<br><i>Rectangular Stress Block Parameters for High-Strength Concrete Columns<br/>Subjected to Biaxial Bending and Axial Load</i><br>Serkan TOKGÖZ, Cengiz DÜNDAR, Cengiz Duran ATIŞ..... | 111 |
| Prefabrik Yapı Elemanı Üretimi İçin Bilgisayar Destekli Kalıp Tasarımı<br><i>Computer-Aided Mould Design in the Production of Precast Concrete Structures</i><br>Gültekin AKTAŞ, Tarık BARAN, A.Kamil TANRIKULU.....  | 121 |
| Prefabrik Yapı Elemanlarında Taze Beton-Kalıp Etkileşimi İçin Titreşim Etkisindeki<br>Taze Betonun Modellenmesi<br><i>Modelling of Fresh Concrete for Fresh Concrete-Mould Interaction in<br/>Precast Concrete Structures under Vibration</i><br>Gültekin AKTAŞ, Tarık BARAN, A.Kamil TANRIKULU.....                | 131 |
| İnşaat Projelerinin Gerçekleştirilme Süreci İçin Tasarlanmış Bir Sözleşme Yönetim Modeli<br><i>A Contract Management Model for Construction Projects</i><br>Nuran KAYA DANIŞMAN, M.Emin ÖCAL.....   | 147 |
| Sugözü Uçucu Külü Kullanımının Beton Basınç Dayanımı Üzerindeki Etkisi<br><i>Effects of Sugözü Fly Ash on Compressive Strength of Concrete</i><br>Cengiz Duran ATIŞ, Okan KARAHAN, Cahit BİLİM, Kamuran ARI.....  | 159 |
| Çeşitli Deprem Yönetmeliklerinin Türk Deprem Yönetmeliği (TDY-1998) İle Karşılaştırılması<br><i>Comparison of Turkish Seismic Code (TDY-1998) with Various Seismic Codes</i><br>Mehmet Fatih ŞAHAN, Ali Hamza TANRIKULU.....  | 169 |
| Boşluklu Perdeli Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliği'ne (TDY 98) Göre İncelenmesi<br><i>A Study on Structures Containing Coupled Shear Walls According to Turkish Earthquake<br/>Code-98</i><br>Mehmetcan MAVRUK, H.Murat ARSLAN.....   | 185 |
| Toprakkale (Osmaniye) Bazaltik Pomzasından Yüksek Mukavemetli Hafif Beton İmalı<br><i>High-Strength Lightweight Concrete Made with Scoria from Toprakkale<br/>(Osmaniye) Basaltic Pumice</i><br>Alaettin KILIÇ, Ergül YAŞAR, Cengiz Duran ATIŞ.....   | 201 |
| Titreşim Esaslı Taşıt Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi<br><i>Determination of Vibration Based Vehicle Design Parameters</i><br>İbrahim KELEŞ, Ertuğrul BALTACIOĞLU.....  | 211 |
| Polyester/Elastan Örne Kumaşlarda Elastan Elyafının Renk Haslıklarına Etkisinin İncelenmesi<br><i>Investigation of the Effect of Elastane Fiber on Fastness in Polyester/Elastane Knitting Fabric</i><br>Emel Ceyhun SABİR, Yalçın YEŞİL.....   | 221 |
| Dörtüyl ve Çevresinde Bulunan Taşınmaz Kültür Varlıkları<br><i>Immovable Cultural Wealths in Dörtüyl and its Surrounding</i><br>Pırlal ÖZEL, Erkin ERTEN.....   | 233 |