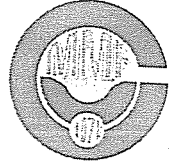




ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ



ÇUKUROVA UNIVERSITY
JOURNAL OF FACULTY OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE

CİLT 23
VOL

SAYI 1
NO

Haziran 2008
June

ISSN 1019-1011

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

The Linear Analysis of Planar Frames Composed of Flexibly Connected Members Taking Shear Deformations into Consideration <i>Kesme Kuvvetini Hesaba Katarak Elastik Bağlı Düzlemsel Çerçeveselerin Lineer Analizi</i> Halil GÖRGÜN, Senem YILMAZ, Orhan AKSOĞAN.....	1
The Nonlinear Analysis of Planar Frames Composed of Flexibly Connected Members Taking Shear Deformations into Consideration <i>Kesme Kuvvetini Hesaba Katarak Elastik Bağlı Çubuklardan Oluşan Düzlemsel Çerçeveselerin Nonlineer Analizi</i> Halil GÖRGÜN, Senem YILMAZ, Orhan AKSOĞAN.....	15
Time Dependence of Pore-Water Pressure in an Oedometer Test <i>Ödometre Deneyinde Boşluk Suyu Basıncının Zamana Bağımlılığı</i> Mehmet Arslan TEKİNSOY, Cafer KAYADELEN, Taha TAŞKIRAN.....	29
Investigation of Environmental Effects of Vehicle Emissions in Adana City Center <i>Adana İli Şehir Merkezinde Taşıt Emisyonlarının Çevresel Etkilerinin İncelenmesi</i> Abdulkadir YAŞAR, Kadir AYDIN, H.İ.Paşa ÖZDEMİR.....	45
A Comparison Between The Back-Propagation (BPN) and General-Regression Networks (GRNN) in the Modeling of the Spot Welding Process <i>Direnç Kaynağının Modellenmesinde Geri Yayılmalı ve Genel Regresyonlu Sinir Ağlarının Karşılaştırılması</i> Uğur EŞME, İrem ERSÖZ, Arif ÖZBEK, Funda KAHRAMAN, Aysun SAĞBAŞ.....	57
Data Extraction From Computer Aided Design Package and Find Optimal or Near-Optimal Operation Sequences Using Genetic Algorithm for Rotational Parts <i>Dönel Parçalar İçin CAD Paketinden Bilgi Çıkarımı ve Optimum veya Optimuma En Yakın İşlem Sıralamalarının Genetik Algoritma Kullanılarak Belirlenmesi</i> Durmuş Ali BİRCAN.....	67
Investigation of the Biosorption Characteristics of Basic Blue 41 by Live Activated Sludge <i>Bazık Mavi 41 Boyar Maddesinin Canlı Aktif Çamur Tarafından Biyosorpsiyon Karakteristiklerinin İncelenmesi</i> H.Alkan ARSLAN, M.Ekrem ÇAKMAK, Olcayto KESKİNKAN, Mesut BAŞIBÜYÜK.....	83
Investigation of the Kinetic Properties of the Biosorption of Basic Blue 41 by Live Activated Sludge <i>Bazık Mavi 41 Boyar Maddesinin Canlı Aktif Çamur Tarafından Biyosorpsiyonunun Kinetik Özelliklerinin İncelenmesi</i> H.Alkan ARSLAN, M.Ekrem ÇAKMAK, Olcayto KESKİNKAN, Mesut BAŞIBÜYÜK.....	93

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ

Çukurova University, Journal of Faculty of Engineering and Architecture

Sahibi

Orhan BUYUKALACA
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 AKÇALI (Ç.Ü.)	Orhan AKSOĞAN (Ç.Ü.)
Ahmet AYHAN (S.Ü.)	A.Feyzi BİNGÖL (F.Ü.)
Cavit DEMİRKOL (Ç.Ü.)	İlhan ERHAN (M.S.Ü.)
Aziz ERTUNC (Ç.Ü.)	Cahit HELVACI (D.E.Ü.)
Fikret İŞLER (Ç.Ü.)	M.Baki KARAMIŞ (E.Ü.)
Erdal KEREY (İ.Ü.)	Salih KIRKGOZ (Ç.Ü.)
Erdem KOÇ (Ç.Ü.)	Güven ÖNAL (İ.T.Ü.)
Işık ÖZPEKER (İ.T.Ü.)	Osman PARLAK (Ç.Ü.)
Kazım PIHTILI (F.Ü.)	Hamit SERBEST (Ç.Ü.)
Sedat TEMUR (S.Ü.)	Ulvi Can ÜNLÜGENÇ (Ç.Ü.)
Bedri TUC (G.Ü.)	İbrahim UZMAY (E.Ü.)
Cengiz YETİŞ (Ç.Ü.)	Tuncay YILMAZ (Ç.Ü.)

(Bu Sayıda Görüşlerinden Yararlanılan Diğer Hakemler)

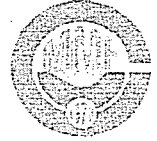
Hüseyin AKILLI (Ç.Ü.)	H.Murat ARSLAN (Ç.Ü.)
Cengiz Duran ATIŞ (E.Ü.)	Cabbar Veysel BAYŞAL (M.Ü.)
Murat BİKÇE (M.K.Ü.)	Semra BORAN (S.Ü.)
Hüsamettin BULUT (H.Ü.)	Ertan BUYRUK (Ç.Ü.)
Fazıl CANBULUT (E.Ü.)	Faruk Fırat ÇALIM (M.K.Ü.)
Nihat ÇELİK (Ç.Ü.)	Seren GÜVEN (Ç.Ü.)
Hakan GÜNEYLİ (Ç.Ü.)	Abdulkadir EKŞİ (Ç.Ü.)
Hasan KAPLAN (P.Ü.)	İ.Fatih KARA (N.Ü.)
Ali KESKİN (M.Ü.)	Olcayto KESKİNKAN (Ç.Ü.)
Ali KOKANGÜL (Ç.Ü.)	M.Kemal KÜLEKÇİ (M.Ü.)
Emel LAPTALI ORAL (Ç.Ü.)	Gülşün MISTIKOĞLU (M.K.Ü.)
Fatih ÖZCAN (N.Ü.)	Ersin ÖZDEMİR (M.K.Ü.)
Emel Ceyhan SABİR (Ç.Ü.)	Meltem SARIOĞLU CEBECİ (Ç.Ü.)
Zeliha SELEK (Ç.Ü.)	Osman SİVRİKAYA (N.Ü.)
Savaş ŞENER (M.Ü.)	A.Hamza TANRIKULU (Ç.Ü.)
A.Kamil TANRIKULU (Ç.Ü.)	Taha TAŞKIRAN (D.Ü.)
Serkan TOKGOZ (M.Ü.)	Mehmet TUMAY (Ç.Ü.)
Nesimi ULUDAG (M.Ü.)	Recep YURTAL (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 UNIVERSITY
JOURNAL OF FACULTY OF ENGINEERING AND ARCHITECTURE

CİLT 23
VOL

SAYI 1
NO

Haziran 2008
June

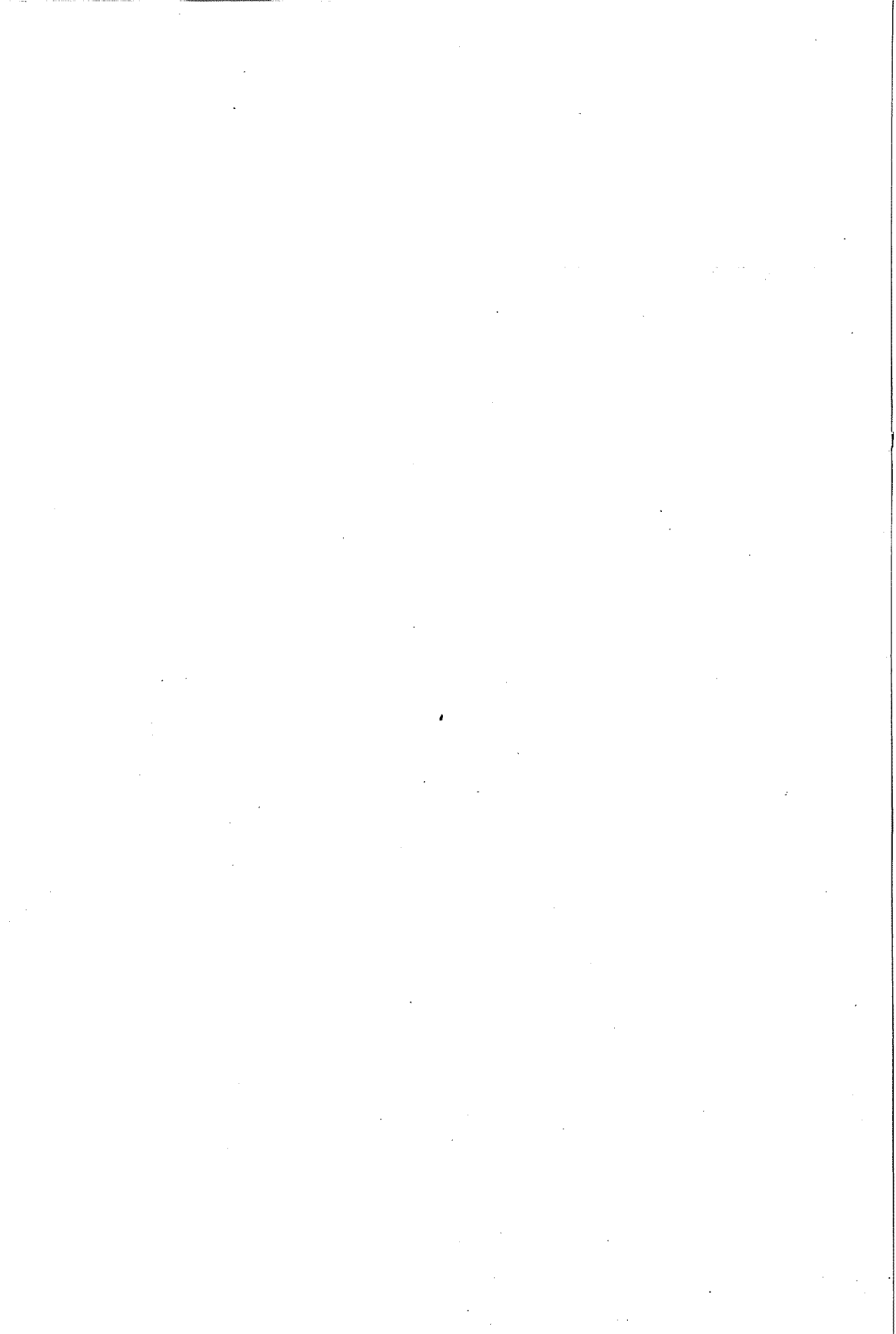
ISSN 1019-1011

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

The Linear Anaysis of Planar Frames Composed of Flexibly Connected Members Taking Shear Deformations into Consideration <i>Kesme Kuvvetini Hesaba Katarak Elastik Bağlı Düzlemsel Çerçeveslerin Lineer Analizi</i> Halil GÖRGÜN, Senem YILMAZ, Orhan AKSOĞAN.....	1
The Nonlinear Analysis of Planar Frames Composed of Flexibly Connected Members Taking Shear Deformations into Consideration <i>Kesme Kuvvetini Hesaba Katarak Elastik Bağlı Çubuklardan Oluşan Düzlemsel Çerçeveslerin Nonlineer Analizi</i> Halil GÖRGÜN, Senem YILMAZ, Orhan AKSOĞAN.....	15
Time Dependence of Pore-Water Pressure in an Oedometer Test <i>Ödometre Deneyinde Boşluk Suyu Basıncının Zamana Bağımlılığı</i> Mehmet Arslan TEKİNSOY, Cafer KAYADELEN, Taha TAŞKIRAN.....	29
Investigation of Enviromental Effects of Vehicle Emissions in Adana City Center <i>Adana İli Şehir Merkezinde Taşıt Emisyonlarının Çevresel Etkilerinin İncelenmesi</i> Abdulkadir YAŞAR, Kadir AYDIN, H.İPaşa ÖZDEMİR.....	45
A Comparison Between The Back-Propagation (BPN) and General-Regression Networks (GRNN) in the Modeling of the Spot Welding Process <i>Direnç Kaynağının Modellenmesinde Geri Yayılmalı ve Genel Regresyonlu Sınır Ağlarının Karşılaştırılması</i> Uğur EŞME, İrem ERSÖZ, Arif ÖZBEK, Funda KAHRAMAN, Aysun SAĞBAŞ.....	57
Data Extraction From Computer Aided Design Package and Find Optimal or Near-Optimal Operation Sequences Using Genetic Algorithm for Rotational Parts <i>Dönel Parçalar İçin CAD Paketinden Bilgi Çıkarımı ve Optimum veya Optimuma En Yakın İşlem Sıralamalarının Genetik Algoritma Kullanılarak Belirlenmesi</i> Durmuş Ali BİRCAN.....	67
Investigation of the Biosorption Characteristics of Basic Blue 41 by Live Activated Sludge <i>Bazik Mavi 41 Boyar Maddesinin Canlı Aktif Çamur Tarafından Biyosorpsiyon Karakteristiklerinin İncelenmesi</i> H.Alkan ARSLAN, M.Ekrem ÇAKMAK, Olcayto KESKİNKAN, Mesut BAŞIBÜYÜK.....	83
Investigation of the Kinetic Properties of the Biosorption of Basic Blue 41 by Live Activated Sludge <i>Bazik Mavi 41 Boyar Maddesinin Canlı Aktif Çamur Tarafından Biyosorpsiyonunun Kinetik Özelliklerinin İncelenmesi</i> H.Alkan ARSLAN, M.Ekrem ÇAKMAK, Olcayto KESKİNKAN, Mesut BAŞIBÜYÜK.....	93

Türkiye’de Temel Ekonomik Göstergeler ve Sanayi Sektörü-I: Genel Değerlendirme <i>Main Economic Indicators in Turkey and Industrial Sector-I: General Evaluation</i> Erdem KOÇ, Mustafa Fedai ÇAVUŞ.....	103
Türkiye’de Temel Ekonomik Göstergeler ve Sanayi Sektörü-II: Osmaniye Örneği <i>Main Economic Indicators in Turkey and Industrial Sector-II: Osmaniye Sample</i> Mustafa Fedai ÇAVUŞ, Erdem KOÇ.....	113
Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Parametreleri Analizi: Osmaniye İli Değerlendirmesi <i>An Analysis of Social-Economical Development Parameters: Evaluation for Osmaniye Province</i> Erdem KOÇ, Belkıs ZERVENT ÜNAL.....	127
Türkiye’de İnşaat Sektörünün Genel Değerlendirilmesi: Osmaniye Örneği <i>A General Evaluation for Structural Building Sector in Turkey: Osmaniye Example</i> Erdem KOÇ, Tuğrul TALASLIOĞLU.....	143
Dikdörtgen Bir Tank İçerisine Yerleştirilmiş Boru Etrafında Buz Oluşumunun DeneySEL Olarak İncelenmesi <i>Experimental Investigation of Ice Formation Around a Tube in Rectangular Cavity</i> Ahmet FERTELLİ, Orhan BÜYÜKALACA.....	159
İçten Yanmalı Motorlarda Silindir-Supap Geometrisi Boyunca Oluşan Akış Yapısının Sayısal Olarak İncelenmesi <i>Numerical Investigation of Flow Structure Along the Cylinder-Valve Geometry in Internal Combustion Engines</i> Abdulkadir YAŞAR, Kadir AYDIN, Beşir ŞAHİN.....	169
Tekstil İşletmelerinde Gürültü ve Gürültünün Azaltılmasında Mühendislik Önlemleri <i>The Methods of Noise Reduction in the Textile Mills</i> Aysun SAĞBAŞ, Funda KAHRAMAN, Uğur EŞME, Arif ÖZBEK.....	181
Tornalama İşleminde Takım Ömrüne Etki Eden Parametrelerin DeneySEL Tasarım Yöntemi Kullanılarak Tahmin Edilmesi <i>Parameter Prediction of Tool Life Using Experimental Design Technique</i> Funda KAHRAMAN, Aysun SAĞBAŞ, Uğur EŞME, Arif ÖZBEK.....	189
Genetik Algoritmayla Vidalı Kriko Elemanlarının Optimizasyonu <i>Optimization of Screw Shaft Elements Using Genetic Algorithm</i> Faruk MENDİ, M.Kemal KÜLEKÇİ, Durmuş Ali BİRCAN, Tamer BAŞKAL.....	195
Genetik Algoritma (G.A.) Yardımıyla Helis Dişli Çarklarda Optimum Modül Seçimi <i>Selecting Optimum Modules for Helical Gears Using Genetic Algorithm</i> Faruk MENDİ, M.Kemal KÜLEKÇİ, Tamer BAŞKAL, Durmuş Ali BİRCAN.....	205
Uçucu Kül ve Bazaltik Pomzanın Tuğla Üretiminde Katkı Olarak Kullanılması <i>Use of Fly Ash and Basaltic Pumice as Additives in the Production of Clay Brick</i> Hanifi BİNİCİ, Ahmet ULUSOY, Hüseyin TEMİZ, Orhan AKSOĞAN.....	217
Çatlama ve İkinci Mertebe Etkiler Göz Önünde Bulundurularak Yapıların Üç Boyutlu Analizi <i>Three Dimensional Analysis of Reinforced Concrete Frames Considering the Cracking and Second Degree Effects</i> Cengiz DÜNDAR, Fatma ÖZÇETE, İ.Fatih KARA.....	231

Zeminlerin Şişme Potansiyelinin Çok Değişkenli Lineer Regresyon Yaklaşımı ile Tahmin Edilmesi <i>Estimation of the Swelling Potential Using Multivariable Linear Regression</i> Cafer KAYADELEN, M.Arslan TEKİNSOY, Osman GÜNAYDIN, Mustafa FENER.....	245
Tek Serbestlik Dereceli Çelik Bir Yapının Sarsma Tablası Deneyleri <i>Shake Table Tests of Single Degree of Freedom-Steel Structure</i> Tarık BARAN, A.Kamil TANRIKULU.....	253
Yumurtalık Sugözü Uçucu Küllü İçeren Betonların Basınç ve Eğilme Dayanımlarının Araştırılması <i>Investigation of Compressive and Flexural Strength of Concrete Containing Fly Ash From Yumurtalık Sugözü</i> İsmail Hakkı ÇAĞATAY, İdris GÜNİNDİ.....	265
Doğru Eksenli Kompozit Çubukların Dinamik Analizi <i>Dynamic Analysis of Straight Composite Rods</i> Mehmet KIRAÇ, Faruk Fırat ÇALIM, Beytullah TEMEL.....	275
Atık Pet Agregalı ve Curuflulu Hafif Harçların Dayanım Özellikleri <i>Strength Properties of the Mortars with Waste Pet Aggregates and Slag</i> Cengiz Duran ATIŞ, Semiha AKÇAÖZOĞLU.....	285
Atık Pet Agregalı ve Uçucu Küllü Hafif Harçların Basınç Dayanımı <i>The Compressive Strength of the Mortars with Waste Pet Aggregates and Fly Ash</i> Cengiz Duran ATIŞ, Semiha AKÇAÖZOĞLU.....	291
Eski Eserlerde Meydana Gelen Taş Bozulmalarının Adana'da Örneklenmesi <i>Illustrate of Stone Deterioration Occured in the Historical Buildings in Adana</i> Semiha AKÇAÖZOĞLU, Kubilay AKÇAÖZOĞLU, Fatih ÖZCAN.....	297
Türk İnşaat Firmalarının Sistemik Pazarlama Anlayışını Etkileyen Faktörler <i>Factors Affecting Systematic Marketing Approach of Turkish Construction Firms</i> Ercan ERDİŞ, Mustafa DEMİRCİ, Arzu KILIÇ, Murat ÖRNEK.....	305
Gerilim Kararlılığı İyileştiricilerinin Farklı Salınım Barası Seçiminde Kritik Yüklenme Sınırlarına Etkileri <i>Critical Loaded Restriction Effects of Voltage Stability Refinements for Choosing Different Oscillation Bus</i> Kadir ABACI, Murat AKSOY.....	321
Kireç Koagülasyon Yöntemi Kullanılarak Elde Edilen Proses Boyar Maddelerin Adsorbsiyonunda Kullanılması <i>The Use of Water Treatment Lime Coagulation Sludge As an Adsorbent For the Removal Various Dyestuffs</i> Yener BÜLBÜL, M.Ekrem ÇAKMAK, Serpil SAVCI, Mesut BAŞIBÜYÜK.....	335
İstatistiksel Veri Analizi İçin Bir Uzman Sistem <i>An Expert System For Statistical Data Analysis</i> Metin ÖZŞAHİN, Oya H. YÜREGİR.....	345
Bir Talaşlı İmalat İşletmesinde Proses Yeterlilik Analizi <i>Process Capability Analysis in a Machining Company</i> Serap AKCAN, Funda KAHRAMAN.....	359



ÖNSÖZ

Fakülte Dergimizin 23. cilt 1. sayısını kısa bir gecikmeyle yayınlamış bulunuyoruz. 2008 yılına ait bu ciltde 8'i İngilizce ve 24'ü Türkçe olmak üzere 32 adet makale yer almaktadır. Bundan sonra yayınlanacak olan 2008 yılı 2. sayısını da Aralık 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 DEMİRKIRAN'a ve basımını büyük bir titizlikle gerçekleştiren Üniversitemiz Matbaası yetkililerine teşekkür etmeyi görev biliriz.

Yayın Kurulu

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 incelemesi 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 aydınlar kağıdına veya beyaz kuşe kağıda çizilmeli, resimler parlak fotoğraf kartına siyah-beyaz ve net basılmış olmalıdır.

Çalışma herhangi bir kurumun desteği ile yapılmış ise, bu ilk 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. Özetten 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, yayın yılı ve sayfa numarası verilmelidir.

Dergiye gönderilen yazılar yayınlansın veya yayınlanmasın iade edilmez. Makaleleri yayınlama yetkisi dergi yayın kuruluna aittir.

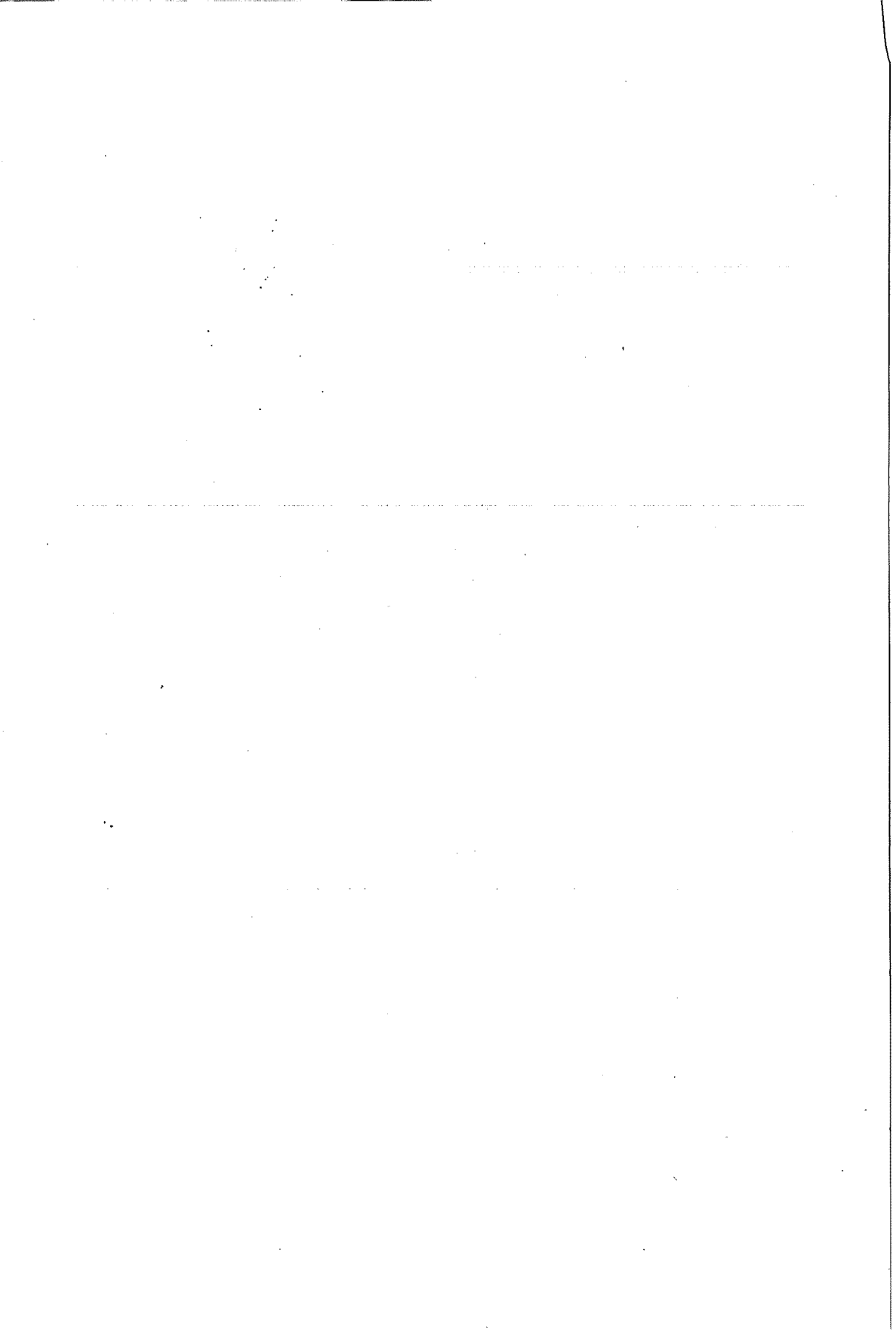
Yayınlanması istenen makaleler aşağıdaki adrese gönderilir:

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi

Dergi Yayın Kurulu Başkanlığı

01330 Balcalı-ADANA

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



THE LINEAR ANALYSIS OF PLANAR FRAMES COMPOSED OF FLEXIBLY CONNECTED MEMBERS TAKING SHEAR DEFORMATIONS INTO CONSIDERATION

Halil GÖRGÜN and Senem YILMAZ

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

Orhan AKSOĞAN

C.U., Department of Civil Engineering, Adana/Turkey

ABSTRACT : *The current paper considers the linear structural analysis of planar frames with flexibly connected members taking into consideration the effect of shear deformations and a computer program has been prepared for the pertinent design purposes. To accomplish the foregoing goal, first using pertinent differential equations the stiffness matrix of a member with rotational springs at the ends has been found, taking shear deformations into consideration. Then, the fixed end forces have been found for a uniformly distributed load, a concentrated load, a linearly distributed load, a symmetric trapezoidal distributed load and a nonsymmetrical triangular distributed load. Solving some problems in different ways, the validity of the pertinent computer program has been proved by the close match of the results. Some examples from the literature have been treated by the present method and a perfect match has been observed between the corresponding numerical results.*

KESME KUVVETİNİ HESABA KATARAK ELASTİK BAĞLI DÜZLEMSEL ÇERÇEVELERİN LİNEER ANALİZİ

ÖZET : *Bu makalede, kayma deformasyonlarının etkisi de göz önüne alınarak elastik bağlı çubuklardan oluşan düzlemsel çerçevelerin lineer analizi ele alınmış ve bu konuda tasarım amaçlı bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu amaçla, önce diferansiyel denklemler kullanılarak ve kayma deformasyonları hesaba katılarak uçlarında dönel yaylar bulunan bir eleman için rijitlik matrisi bulunmuştur. Daha sonra, üniform yayılı yük, tekil yük, doğrusal yayılı yük, simetrik yamuk şeklinde yayılı yük ve simetrik olmayan üçgen şeklinde yayılı yük için ankastrelik uç kuvvetleri bulunmuştur. Bazı problemleri değişik şekillerde çözerek, ilgili bilgisayar programının doğruluğu sonuçların uyumu ile gösterilmiştir. Bu araştırmadaki yöntemle literatürdeki bazı örnekler ele alınmış ve sayısal sonuçların literatürdekilerle uyum içinde oldukları görülmüştür.*

1. INTRODUCTION

In the construction of precast reinforced concrete and steel structures, the conventional analysis and design methods assume only rigid and pin connections. However, the real behaviour of that type of structures is far from being so simple. The most realistic assumption about the connections of such structures would be the consideration of nonlinear rotational springs at the ends of all members, while treating real hinges and perfectly rigid connections by suitable spring constants. However, nonlinear springs would necessitate an iterative solution as is very well known. Hence, as is done in conventional approaches to inherently nonlinear structures, it would be perfectly acceptable to assume the connecting fictitious rotational springs to be linear rather than nonlinear. With the latter assumption, a linear analysis of planar frames has been carried out in the present paper, the analytical results obtained being computerized in the QBASIC programming language.

During the analytical part of the study, the stiffness matrix method has been employed. In the meantime, the stiffness matrix of a straight prismatic member has been obtained. The computer program prepared in the foregoing manner can be used for the numerical treatment of the static problems of flexibly connected planar trusses.

2. PREVIOUS STUDIES

Monforton and Wu have carried out the linear analysis of flexibly connected frames employing the matrix method (1). They have set up the relation between the forces and the displacements and have consequently obtained the stiffness matrix. They have found the fixed end moments for a few of the simplest types of loads.

Livesley has studied the stiffness matrix of a member with rotational springs at the ends (2). However, in this research the fixed end forces have not been studied in detail.

Romstad and Subramanian have carried out the analysis of flexibly connected frames (3). They have given the moment-relative rotation relation for pin, rigid and semi-rigid (flexible) connections, graphically. Carrying out some experiments concerning the subject, the authors have presented the moment-relative rotation relation obtained, in the form of graphs. They have also dealt with the stability of very simple frames with flexible connections.

Ackroyd and Gerstle have considered the stability problem of a portal frame under vertical loads, examining the change in the critical load with the constants of the rotational springs connecting the horizontal members with the vertical ones (4). They concluded that as the spring constants increased, the critical value of the vertical load increased, too. They gave some curves relating the abovementioned entities.

Steelmack, Marley and Gerstle carried out some experiments to prove the applicability of the previous results in the literature to steel frames (5). They reported a satisfactory match between their experimental results and the analytical results in the literature.

Yu and Shanmugam have studied the stability of flexibly connected frames in which they have taken into consideration the effect of flexure on axial stiffness (6). A two-storey one-bay frame was used for some experiments which were carried out to check the validity of the analytical work. It was reported that the mismatch between the analytical and the experimental results have never been greater than 19 percent.

Cunningham has carried out some experiments on flexibly connected steel frames (7). From this study graphical presentation of moment-rotation relations have been obtained for different kinds of connections among steel members.

In a similar study, Azizinamini and Radzirninski have studied the static and cyclic behaviour of semi-rigid steel beam-to-column connections (8). They have determined the geometric parameters that most significantly affect the moment-rotation behaviour.

Aksoğan and Akkaya studied the linear analysis of planar frames composed of flexibly connected members and implemented their analysis by a computer program (9). The authors found the stiffness matrix for a single bar with rotational springs at the ends, using the pertinent differential equations. Then, making use of the computer program REDUCE, they found the fixed end forces for a concentrated load, a uniformly distributed load, a linearly distributed load, a symmetrical trapezoidal distributed load and a nonsymmetrical triangular distributed load.

A different kind of study, though relevant for the present one, was carried out by Aksoğan and Dinçer, in which the authors considered planar frames with members having rigid end sections (which resemble parts of lintel beams that extend from the face of a shear wall to its axis) taking into consideration the geometric nonlinearity in the case of combined flexural and shear deformations (10).

Although the study mentioned above does not involve flexible connections, it has given inspiration to the present study by the methods applied, namely the techniques of applying differential equations to the elastic parts of the members, separately for compressive and tensile axial forces, and the iterative treatment of the nonlinearity in the computer program.

Aksoğan and Görgün studied the nonlinear analysis of planar frames composed of flexibly connected members taking into consideration the geometric nonlinearity and implemented their analysis by a computer program (11). The authors found the stiffness matrix for a single bar with rotational springs at the ends, using the pertinent differential equations. Then, they found the fixed end forces for a concentrated load, a uniformly distributed load, a linearly distributed load, a symmetrical trapezoidal distributed load and a nonsymmetrical triangular distributed load.

Aksoğan, Akavcı and Görgün studied the nonlinear analysis of frames with rigid end sections and nonlinear semi-rigid connections taking into consideration the geometric nonlinearity and implemented their analysis by a computer program (12).

3. MATERIAL AND METHOD

3.1. Material

As far as material is concerned there is only computer usage in the present study. The rest of the study involves analytical work.

3.2. Method

The present study is composed of two parts. The first part is comprised of the analytical study which employs the matrix method of analysis commonly used in structural analysis. In this part, the stiffness matrix of the structure of concern is obtained, the contributions of different types of loads to the loading vector are found and the formulation of the equilibrium equations for the determination of the unknown

displacements is explained.

In the second part of the study the pertinent computer program was prepared. In this part, a micro-computer was employed for the computer work and the program was written in QBASIC language.

4. RESEARCH FINDINGS, DISCUSSION AND RESULTS

4.1. Analysis

In this part of the study the matrix analysis for the formation of the relations between the joint displacements and the corresponding loads which cause them is explained. For this purpose one should first stipulate the sign convention for different quantities that belong to the ends of a member. The sign convention used in this study is shown in Fig.1, where the six arrows show the positive senses of all quantities at the ends of a member. Along with the sign convention, some of the other notations used in the analysis are also introduced in Fig.1.

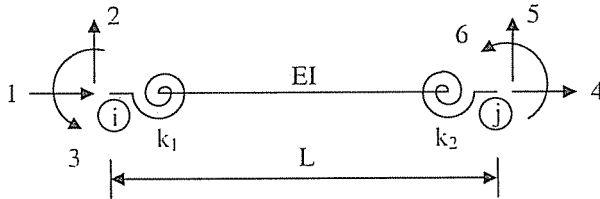


Fig.1. Notation and sign convention.

As is well known, the end forces p of a straight member (see Fig.1) in terms of the end displacements d and fixed end forces f , due to intermediate loads, is given by the well known formula,

$$p = kd + f \quad (1)$$

where k is a six by six matrix whereas p , d and f are six by one vectors. Letting y show the downwards displacements and x show the distance from the left end of the member, one can find the different elements of the stiffness matrix by taking each and every end displacement to be unity at a time, when the others are zero and solving the differential equation

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = 0 \quad (2)$$

for each case. The solution of (2) is found each time by taking the solution to be

$$y = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D \quad (3)$$

and solving for the special y expression by making use of the boundary conditions of the member, excluding the springs, but taking into consideration their effects on the boundary conditions.

With the foregoing procedure the member stiffness matrix is found in terms of its submatrices k_{ii} , k_{ij} and k_{ji} in

$$k = \begin{bmatrix} k_{ii} & k_{ij} \\ k_{ji} & k_{jj} \end{bmatrix} \quad (4)$$

and defining

$$\begin{aligned} H_1 &= (\beta_1 + \beta_2 + 1) \\ H_2 &= (2\beta_2 + 1) \\ H_3 &= 3(\beta_2 + \beta_3) + 1 \\ H_4 &= (2\beta_1 + 1) \\ H_5 &= (1 - 6\beta_3) \\ H_6 &= 3(\beta_1 + \beta_3) + 1 \\ H &= 4(3\beta_1\beta_2 + \beta_1 + \beta_2) + 12(\beta_1 + \beta_2 + 1)\beta_3 + 1 \end{aligned} \quad (5)$$

due to its symmetry the submatrices of the stiffness matrix are given as

$$k_{ii} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EIH_1}{L^3H} & \frac{6EIH_2}{L^2H} \\ 0 & \frac{6EIH_2}{L^2H} & \frac{4EIH_3}{LH} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$k_{ij} = \begin{bmatrix} -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EIH_1}{L^3H} & \frac{6EIH_4}{L^2H} \\ 0 & -\frac{6EIH_2}{L^2H} & \frac{2EIH_5}{LH} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$k_{ij} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EIH_1}{L^3H} & -\frac{6EIH_4}{L^2H} \\ 0 & -\frac{6EIH_4}{L^2H} & \frac{4EIH_6}{LH} \end{bmatrix} \quad (8)$$

where

E : Young modulus

G : Shear modulus

A : Cross-sectional area of the member

I : Moment of inertia of the member

L : Length of the member

k_A : Moment value necessary for the spring at the left support to rotate one radian

k_B : Moment value necessary for the spring at the right support to rotate one radian

$k_1 = kGA$

k : Cross-sectional constant of the member, spring constant

$\beta_1 = 1/4k_1$, $\beta_2 = 1/4k_2$, $\beta_3 = EI/L^2k_1$

Since the member stiffness matrix is symmetric, k_{ji} is the transpose of k_{ij} . The rest of the analytical work consists of the determination of fixed end forces for different possible kinds of loads on the members. This task will be completed in two steps. In the first step, the solution for the end forces will be found for a concentrated force on the member. In the second step fixed end forces have been found for several different kinds of loads on a member. The kinds of loads on members considered in the literature are a uniformly distributed load, a concentrated load, and a number of other loads that are not encountered so frequently. In this study, the cases of a linearly varying load, a symmetrical trapezoidal load and a triangular load have also been handled.

For solving the problem of a member loaded by a uniformly distributed load as seen in Fig.2, to find its fixed end forces, equation (2) is applied to the member. Along with the boundary conditions at the ends of the member the continuity conditions at the loaded point are also used so as to solve the problem for fixed end forces. The results will be included later in the paper. Making use of the equation (2) one can determine the fixed end forces for different kinds of loads on a member. Only end moments have been presented in the following, in accordance with Figs. 2-6.

Uniform Load

THE LINEAR ANALYSIS OF PLANAR FRAMES COMPOSED OF FLEXIBLY CONNECTED MEMBERS TAKING SHEAR DEFORMATIONS INTO CONSIDERATION

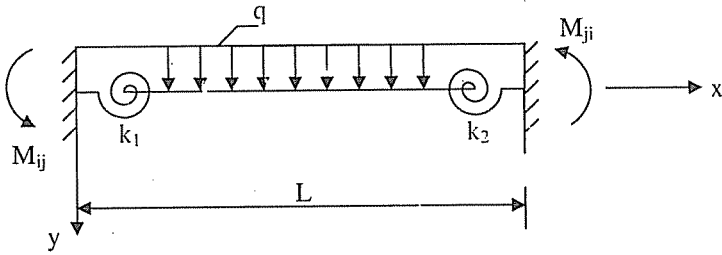


Fig.2. Fixed end forces for uniform load.

$$M_{ij} = \frac{qL^2}{12} \frac{[(6\beta_2 + 1) + 12\beta_3]}{4(3\beta_1\beta_2 + \beta_1 + \beta_2) + 12(\beta_1 + \beta_2 + 1)\beta_3 + 1}$$

$$M_{ji} = -\frac{qL^2}{12} \frac{[(6\beta_1 + 1) + 12\beta_3]}{4(3\beta_1\beta_2 + \beta_1 + \beta_2) + 12(\beta_1 + \beta_2 + 1)\beta_3 + 1}$$

Concentrated Load

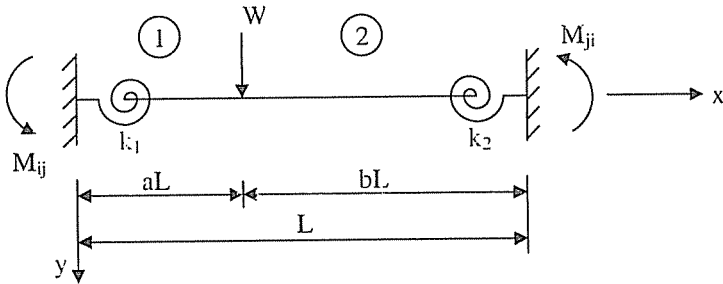


Fig.3. Fixed end forces for concentrated load.

$$M_{ij} = WL \cdot a \frac{[2\beta_2(a^2 - 3a + 2) + a^2 - 2a + 1]}{4(3\beta_1\beta_2 + \beta_1 + \beta_2) + 1}$$

$$M_{ji} = -WLb \frac{[2\beta_1(b^2 - 3b + 2) + b^2 - 2b + 1]}{4(3\beta_1\beta_2 + \beta_1 + \beta_2) + 1}$$

Linear Load

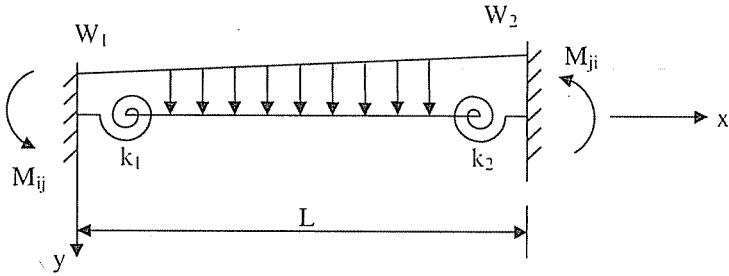


Fig.4. Fixed end forces for linear load.

$$M_{ij} = \frac{L^2}{180} \frac{[6(8W_1 + 7W_2)\beta_2 + 3(3W_1 + 2W_2) + 90(W_1 + W_2)\beta_3]}{4(3\beta_1\beta_2 + \beta_1 + \beta_2) + 12(\beta_1 + \beta_2 + 1)\beta_3 + 1}$$

$$M_{ji} = -\frac{L^2}{180} \frac{[6(8W_2 + 7W_1)\beta_1 + 3(3W_2 + 2W_1) + 90(W_1 + W_2)\beta_3]}{4(3\beta_1\beta_2 + \beta_1 + \beta_2) + 12(\beta_1 + \beta_2 + 1)\beta_3 + 1}$$

Trapezoidal Load

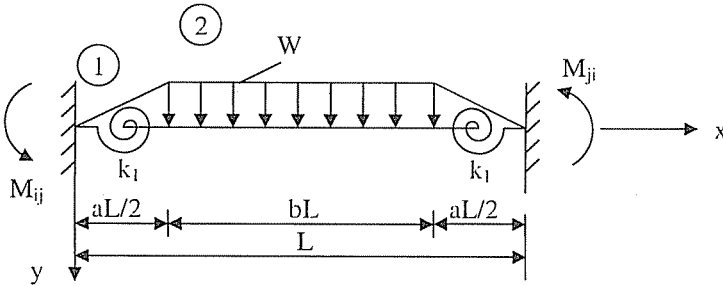


Fig.5. Fixed end forces for trapezoidal load.

$$M_{ij} = \frac{WL^2}{96} \frac{[a^3 - 4a^2 + 8]}{(2\beta_1 + 1)}$$

$$M_{ji} = -\frac{WL^2}{96} \frac{[a^3 - 4a^2 + 8]}{(2\beta_1 + 1)}$$

Triangular Load

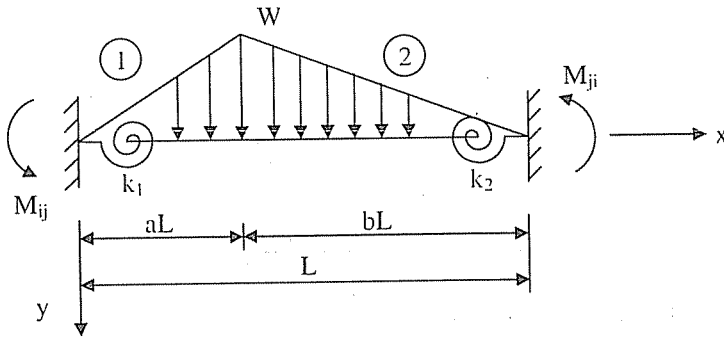


Fig.6. Fixed end forces for triangular load.

$$M_{ij} = \frac{WL^2}{60} \frac{\left[\left[6a^2(a-4) + 16(a+1) \right] \beta_2 + 3(a^3 + a + 1) - 7a^2 + 30(ab+1)\beta_3 \right]}{4(3\beta_1\beta_2 + \beta_1 + \beta_2) + 12(\beta_1 + \beta_2 + 1)\beta_3 + 1}$$

$$M_{ji} = -\frac{WL^2}{60} \frac{\left[\left[6b^2(b-4) + 16(b+1) \right] \beta_1 + 3(b^3 + b + 1) - 7b^2 + 30(ab+1)\beta_3 \right]}{4(3\beta_1\beta_2 + \beta_1 + \beta_2) + 12(\beta_1 + \beta_2 + 1)\beta_3 + 1}$$

4.2. Programming

After preparing the analytical expressions for the pertinent quantities in the problem, the computer program for the numerical applications was written in QBASIC language. The program is fundamentally an application of stiffness method to planar frames. The main novelty is the presence of the rotational springs at the ends of members and the determination of the pertinent stiffness and the fixed end forces accordingly. The source program is available from either of the authors. It cannot be presented here due to restriction of space

4.3. Discussion and Results

Due to lack of space only one representative example will be presented here. In this example, a nonrealistic loading is selected so as to involve all possible types of loadings. The structure is given with all the necessary information in Fig.7. The numbering of the joints and members is seen in Fig.8. The structure is a steel frame with standard I-sections for all members.

It is not an easy task to convey to the reader the data structure. Hence, the data information, like the source program, can be obtained from either of the authors. For all members the cross-sectional area is 0.48 ft² and the moment of inertia is 0.00722 m⁴. The spring constants are given in terms of $\beta = 4EI/L$ value for the respective beams being 0.5 β for the outer ends and 0.6 β for the inner ends.

The resulting end forces for the members are presented in Table 1. Other results like nodal displacements and span moments cannot be given due to restriction on the number of pages.

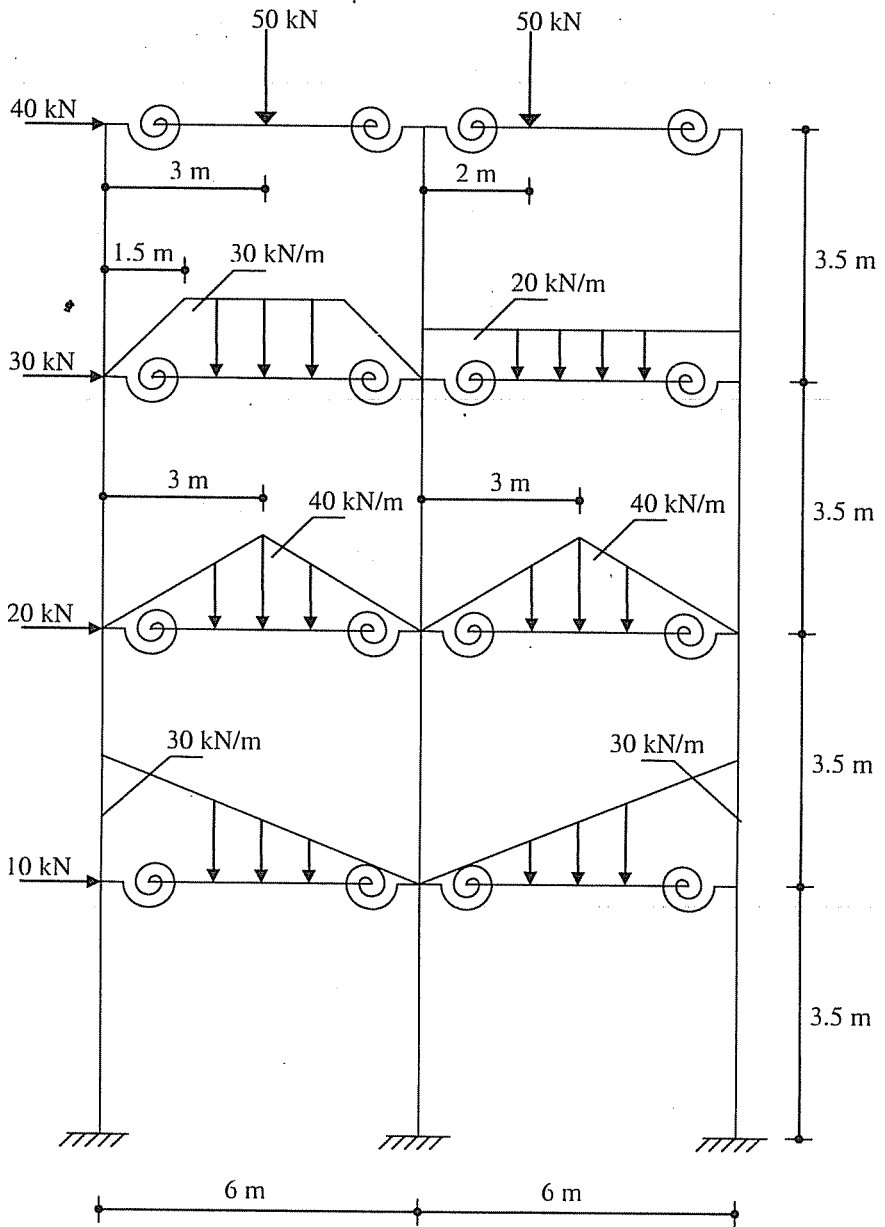


Fig.7. Geometry and loading of the example problem.

THE LINEAR ANALYSIS OF PLANAR FRAMES COMPOSED OF FLEXIBLY CONNECTED MEMBERS TAKING SHEAR DEFORMATIONS INTO CONSIDERATION

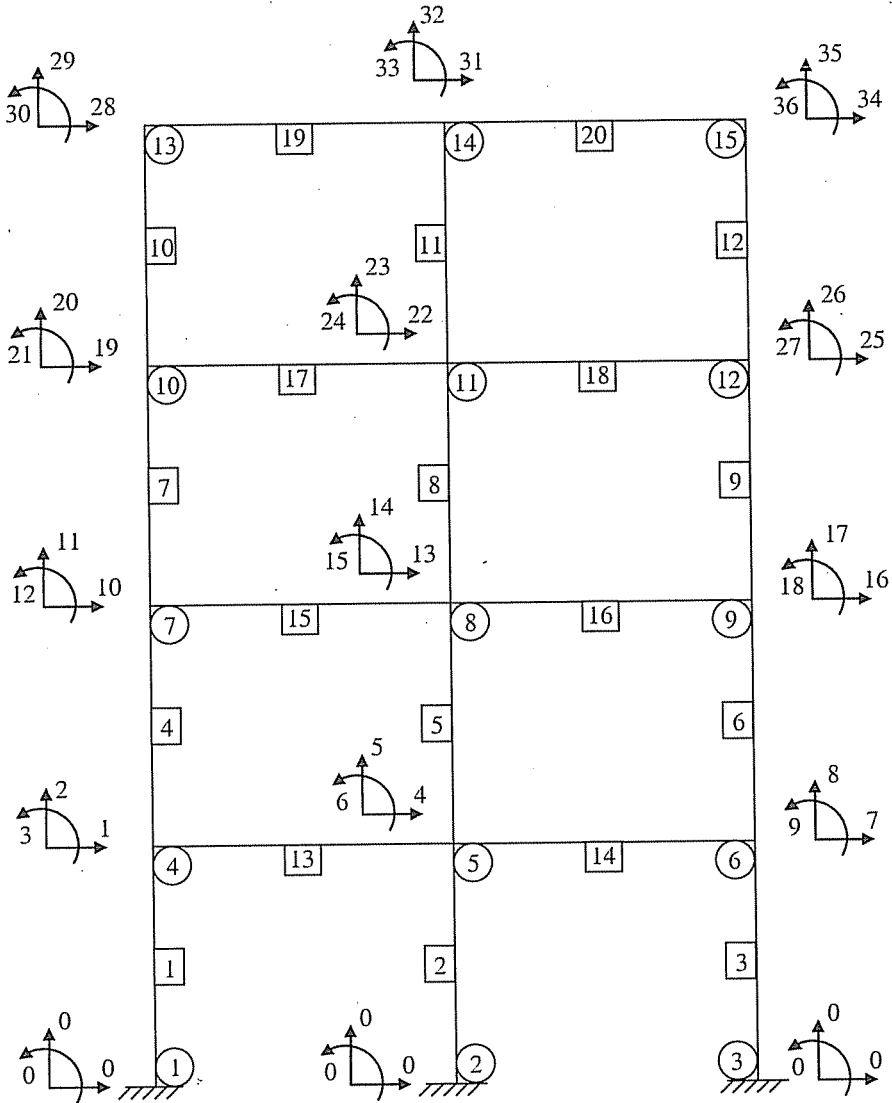
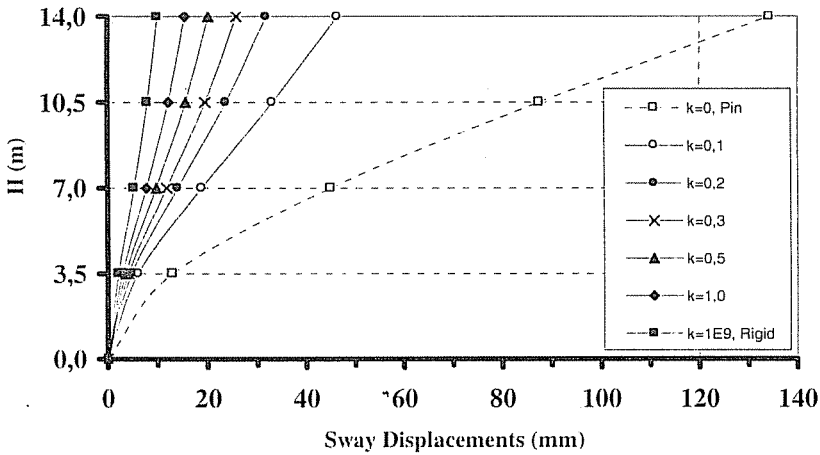


Fig.8. Coding and numbering of the example problem.

To give an idea about the effect of spring constants, on the displacements, the variations of the sway displacements of four nodes of the structure with varying spring constants for all springs in the structure have been presented in Fig.9. Similar variations of bending moments at the three supports are seen in Fig.10.

Table 1. Member end forces

No	M_{ij} (kNm)	M_{ji} (kNm)	T_{ij} (kN)	T_{ji} (kN)	N_j (kN)
1	-15.700	108.396	26.485	-26.485	-158.752
2	16.206	119.276	38.709	-38.709	-355.574
3	6.061	115.761	34.806	-34.806	-260.675
4	15.585	38.538	15.464	-15.464	-113.777
5	61.603	79.498	40.315	-40.315	-297.435
6	52.874	66.903	34.222	-34.222	-183.788
7	21.192	-0.033	6.074	-6.074	-71.450
8	70.562	49.138	34.200	-34.200	-178.867
9	62.540	41.501	29.726	-29.726	-104.682
10	8.642	-20.715	-3.449	3.449	-16.729
11	58.608	26.036	24.184	-24.184	-55.290
12	50.258	17.171	19.266	-19.266	-27.981
13	-22.838	-67.315	44.975	45.025	1.021
14	-28.388	-72.964	13.113	76.887	-0.584
15	-15.552	-90.485	42.327	77.673	-10.610
16	-20.256	-94.374	40.895	79.105	-4.496
17	-0.576	-76.097	54.721	80.279	-20.477
18	-20.501	-79.711	43.298	76.702	-10.460
19	-8.642	-40.983	16.729	33.271	-43.449
20	-17.625	-50.258	22.019	27.981	-19.266

**Fig.9.** Sway displacements at each floor level in the example problem with spring constants

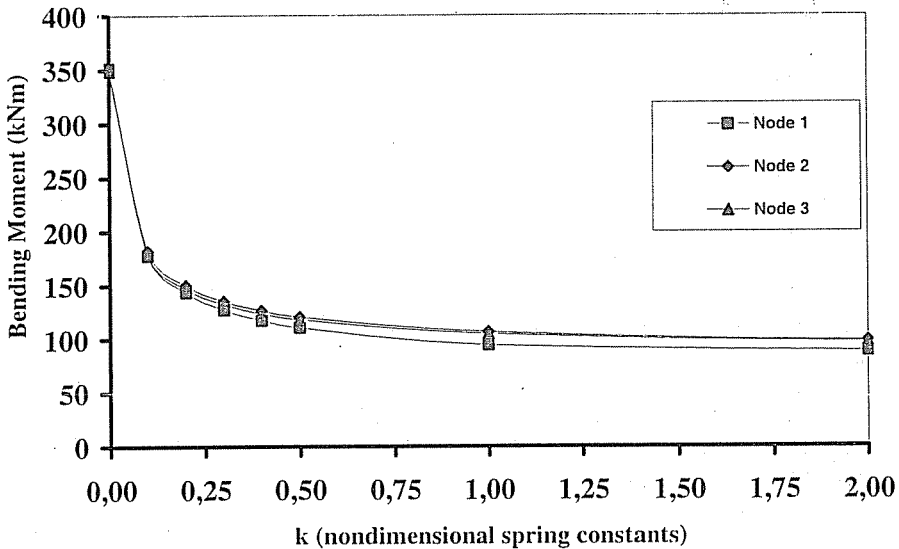


Fig.10. Variation of bending moments in the example problem with spring constants

4.4. Conclusion

In this study the linear analysis of planar frames made up of flexibly connected prismatic members taking into consideration the effect of shear deformations is considered and a computer program is prepared for the numerical computations. Different types of span loadings are considered and most of the span loadings not being found in the literature, the results are checked among themselves as special cases of others. Moreover, special problems being mirror images of others are used for checking purposes, as well.

It has been observed that displacements and critical extremum values of bending moment for the same structure become larger when the spring constants of flexible connections become less. The variation is between the values pertaining to pin and rigid connections.

5. REFERENCES

1. Monforton, A.R. and Wu, T.S., "Matrix Analysis of Semi-Rigidly Connected Frames", *Journal of Structural Division, ASCE*, Vol.89, pp.13-42, December, 1963.
2. Livesley, R.K., *Matrix Methods of Structural Analysis*, Pergamon Press, Inc., New York, N.Y., 1964.
3. Romstad, K.M. and Subramanian, C.V., "Analysis of Frames with Partial Connection Rigidity", *Journal of Structural Division, ASCE*, Vol.96, pp.2283-2300, November, 1970.

4. Ackroyd, M.R. and Gerstle, K.H. "Elastic Stability of Flexibly Connected Frames", *Journal of Structural Engineering, ASCE*, Vol.109, No.1, pp.241-245, January, 1983.
5. Stelmack, T.W., Marley, M.J. and Gerstle, K.R., "Analysis and Tests of Flexibly Connected Steel Frames", *Journal of Structural Engineering, ASCE*, Vol.112, No.7, pp.1573-1588, July, 1986.
6. Yu, C.R. and Shanmugam, N.E., "Stability of Frames with Semi-Rigid Joints", *Comput. Struct.*, Vol.23, N05, pp.639-648, 1986.
7. Cunnigham, R., "Some Aspects of Semi-Rigid Connections in Structural Steelwork", *The Structural Engineer*, Vol.68, N05, pp.85-92, March, 1990.
8. Aziznamini, A. and Radzimiński, J.B., "Static and Cyclic Performance of Semi-Rigid Steel Beam-To-Column Connections", *Journal of Structural Engineering, ASCE*, Vol. 115, No.12, pp.2979-2999, December, 1989.
9. Aksogan, O. and Akkaya, F., "A Computer Program for the Analysis of Flexibly Connected Frames", *Ç.Ü J.Fac.EngArch.*, Vol.6, No.2, pp.25-41, December, 1991.
10. Aksogan, O. and Dinçer, R., "Nonlinear Analysis of Planar Frames with Linear Prismatic Members Having Rigid End Sections Taking Shear Deformation into Consideration", *Ç.Ü J.Fac.EngArch.*, Vol.6, No.1, pp.125-137, June, 1991.
11. Aksogan, O. and Görgün, H., "The Nonlinear Analysis of Planar Frames Composed of Flexibly Connected Members", *Ç.Ü J.Fac.EngArch.*, Vol.8, No.2, pp.117-129, December, 1993.
12. Aksogan, O., Akavcı, S.S. and Görgün, H., "Analysis of Frames with Flexible Connections", *Ç.Ü J.Fac.EngArch.*, Vol.20, No.1, pp.1-11, June, 2005.

THE NONLINEAR ANALYSIS OF PLANAR FRAMES COMPOSED OF FLEXIBLY CONNECTED MEMBERS TAKING SHEAR DEFORMATIONS INTO CONSIDERATION

Halil GÖRGÜN and Senem YILMAZ

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

Orhan AKSOGAN

C.U., Department of Civil Engineering, Adana/Turkey

ABSTRACT : *In this study, the nonlinear analysis of frames composed of members flexibly connected to the nodes has been carried out taking into consideration the effect of shear deformations and a pertinent computer program has been prepared. First, using second order theory, the member stiffness matrix for a bar with rotational springs at the ends was obtained, taking shear deformations into consideration. Then, using pertinent differential equations, the fixed end forces were found for a uniformly distributed load, a concentrated load, a linearly distributed load, a symmetrical trapezoidal distributed load and a nonsymmetrical triangular distributed load. The validity of the implemented computer program was proved by solving some example problems in different ways and showing the match between the results. Problems in the literature, which were special cases of the problems treated in this study, were solved by the present computer program and the match of the results was observed. Using the implemented computer program and solving some examples, the variations of some elastostatic quantities with spring constants were examined and presented graphically.*

KESME KUVVETİNİ HESABA KATARAK ELASTİK BAĞLI ÇUBUKLARDAN OLUŞAN DÜZLEMSEL ÇERÇEVELERİN NONLİNEER ANALİZİ

ÖZET : *Bu çalışmada, kayma deformasyonlarının etkisi de göz önüne alınarak düğüm noktalarına dönel yaylarla bağlı çubuklardan oluşan çerçevelerin nonlineer analizi yapılmış ve bu konuda bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Önce, ikinci merteye teorisi kullanılarak ve kayma deformasyonları hesaba katılarak uçlarında dönel yaylar bulunan çubuklara ait eleman rijitlik matrisi elde edilmiştir. Daha sonra, diferansiyel denklemler yardımıyla üniform yayılı yük, tekil yük, doğrusal yayılı yük, simetrik yamuk şeklinde yayılı yük ve simetrik olmayan üçgen şeklinde yayılı yük için ankastratik uç kuvvetleri bulunmuştur. Hazırlanan bilgisayar programı yardımıyla incelenen örneklerde yay katsayılarının değişimine bağlı olarak bazı elastostatik büyüklüklerin değişimi incelenerek grafiklerle sunulmuştur.*

1. INTRODUCTION

In the analysis of structural systems the members forming the planar frames are generally assumed to be rigidly connected among each other. However, more often than not the assumption of pin connections is also employed in such cases where the rigidity of the connection cannot be provided to a dependable degree. In fact, both of the foregoing assumptions are unrealistic when one is treating steel frames and especially, nowadays, widely used precast reinforced concrete structures. In such structures beams and columns behave as if they are semi-rigidly, or flexibly, connected among themselves, as far as rotations of the ends are concerned. Hence, experimentally determined effective rotational spring constants for those connections should be used in the analyses of such structures. The present study is an attempt to prepare a computer program that treats the aforementioned type of structures elegantly, taking into consideration the actual behaviour of the flexible connections along with the effect of geometric nonlinearity due to the axial forces in the members. The nonlinear, or second order, analysis is not relevant only for its own sake, although it does contribute considerably to the precision of the solution, but also for the stability analysis of the same kind of structures. As is well known, the upper limit of the load in any structure is the critical value of the load, the buckling load, which is found by taking geometric nonlinearity into consideration. Hence, the result of the present study will constitute the foundation of a stability analysis for the same type of structures.

The method used in the present study is the well-known stiffness method of structural analysis. First, the stiffness matrix of a bar elastically supported against rotation at both ends is obtained using the second order analysis. Then, the fixed end forces are found for a bar elastically supported at the two ends by rotational springs for a uniformly distributed load, a concentrated load, a linearly distributed load, a symmetrical trapezoidal distributed load and a nonsymmetrical triangular distributed load. For the latter analysis, the second order theory was employed once again, along with the use of differential equations which yielded trigonometric functions for the case of compressive axial force and hyperbolic functions for the case of tensile axial force.

The computer program that was prepared can be used to solve static problems of planar frames composed of members that are flexibly connected at the nodes.

2. PREVIOUS STUDIES

Monforton and Wu have carried out the linear analysis of flexibly connected frames employing the matrix method (1). They have set up the relation between the forces and the displacements and have consequently obtained the stiffness matrix. They have found the fixed end moments for a few of the simplest types of loads.

Livesley has studied the stiffness matrix of a member with rotational springs at the ends (2). However, in this research the fixed end forces have not been studied in detail.

Romstad and Subramanian have carried out the analysis of flexibly connected frames (3). They have given the moment-relative rotation relation for pin, rigid and semi-rigid (flexible) connections, graphically. Carrying out some experiments concerning the subject, the authors have presented the moment-relative rotation relation obtained, in the form of graphs. They have also dealt with the stability of very simple frames with flexible connections.

Ackroyd and Gerstle have considered the stability problem of a portal frame under vertical loads, examining the change in the critical load with the constants of the rotational springs connecting the horizontal members with the vertical ones (4). They concluded that as the spring constants increased, the critical value of the vertical load increased, too. They gave some curves relating the abovementioned entities.

Steelemack, Marley and Gerstle carried out some experiments to prove the applicability of the previous results in the literature to steel frames (5). They reported a satisfactory match between their experimental results and the analytical results in the literature.

Yu and Shanmugam have studied the stability of flexibly connected frames in which they have taken into consideration the effect of flexure on axial stiffness (6). A two-storey one-bay frame has been used for some experiments which have been carried out to check the validity of the analytical work. It was reported that the mismatch between the analytical and the experimental results have never been greater than 19 percent.

Cunningham has carried out some experiments on flexibly connected steel frames (7). From this study graphical presentation of moment-relative rotation relations have been obtained for different kinds of connections among steel members.

In a similar study, Azizinamini and Radzirninski have studied the static and cyclic behaviour of semi-rigid steel beam-to-column connections (8). They have determined the geometric parameters that most significantly affect the moment-rotation behaviour.

Aksoğan and Akkaya studied the linear analysis of planar frames composed of flexibly connected members and implemented their analysis by a computer program (9). The authors found the stiffness matrix for a single bar with rotational springs at the ends, using the pertinent differential equations. Then, making use of the computer program REDUCE, they found the fixed end forces for a concentrated load, a uniformly distributed load, a linearly distributed load, a symmetrical trapezoidal distributed load and a nonsymmetrical triangular distributed load.

A different kind of study, though relevant for the present one, was carried out by Aksoğan and Dinçer, in which the authors considered planar frames with members having rigid end sections (which resemble parts of lintel beams that extend from the face of a shear wall to its axis) taking into consideration the geometric nonlinearity in the case of combined flexural and shear deformations (10).

Although the study mentioned above does not involve flexible connections, it has given inspiration to the present study by the methods applied, namely the techniques of applying differential equations to the elastic parts of the members, separately for compressive and tensile axial forces, and the iterative treatment of the nonlinearity in the computer program.

Aksoğan and Görgün studied the nonlinear analysis of planar frames composed of flexibly connected members taking into consideration the geometric nonlinearity and implemented their analysis by a computer program (11). The authors found the stiffness matrix for a single bar with rotational springs at the ends, using the pertinent differential equations. Then, they found the fixed end forces for a concentrated load, a uniformly distributed load, a linearly distributed load, a symmetrical trapezoidal distributed load and a nonsymmetrical triangular distributed load.

Aksoğan, Akavcı and Görgün studied the nonlinear analysis of frames with rigid end

sections and nonlinear semi-rigid connections taking into consideration the geometric nonlinearity and implemented their analysis by a computer program (12).

3. METHOD OF APPROACH

The present study is mainly composed of two parts. The first part is comprised of the analytical study that employs the matrix method which is commonly used in structural analysis. In this part, the stiffness matrix of the structure of concern is obtained, the contributions of different types of loads to the loading vector are found and the formulation of the equilibrium equations for the determination of the unknown displacements is explained. In this part of the study the axial forces in the members causing the nonlinearity do increase the difficulty of the computations a great deal. Actually, besides the more complicated type of functions compared to linear analysis, there is also a need for separate analyses for compressive and tensile axial forces which doubles the analytical work. In the second part of the study the pertinent computer program was prepared. In this part, a micro-computer was employed for the computer work and the program was written in-QBASIC language

4. RESEARCH FINDINGS, DISCUSSION AND RESULTS

4.1. Analysis

In the present study, the method used being the stiffness method, the main concern is to set up the relation between the loading and the displacement vectors of a given structure.

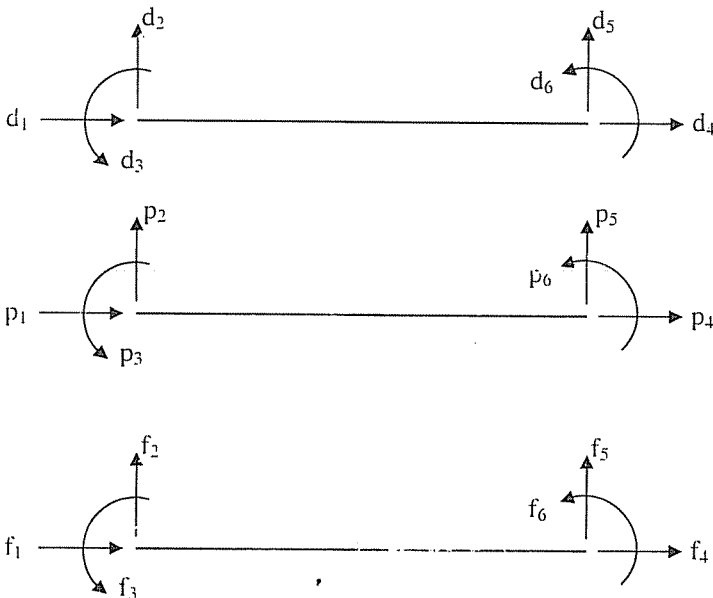


Fig.1. Geometry, notation and sign convention.

To accomplish this, the first thing to be done is to find the relation between the end forces and the end displacements for a member. Towards this end we must first define the sign convention and notation which is done in Fig.1 where positive senses of the entities at the two ends in the axial, transverse and rotational directions are shown with the arrows numbered from one to six. The left and the right ends of the member are also shown along with the corresponding spring constants, which express the ratio of the moment to the rotation in radians. The lengths of the springs are supposed to be zero.

As is well known, the end forces p of a straight member (see Fig.1) in terms of the end displacements d and fixed end forces f , due to intermediate loads, is given by the well known formula,

$$p = kd + f \tag{1}$$

where k is a six by six matrix whereas p , d and f are six by one vectors. Letting y show the downwards displacements and x show the distance from the left end of the member, one can find the different elements of the stiffness matrix by taking each and every end displacement to be unity at a time, when the others are zero and solving the differential equation

$$y'' = -\frac{M}{EI} \tag{2}$$

where a prime shows a derivative with respect to x and EI is the flexural rigidity of the member.

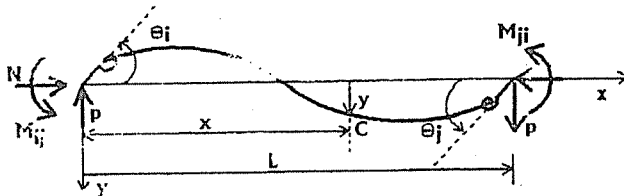


Fig.2. Notation for a member with axial force.

When there is axial force, the expression for bending moment for any cross-section along the member, like the one at point C, is (see Fig.2)

$$M = -M_{ij} + Px \pm Ny \tag{3}$$

where N is the absolute value of the axial force and the sign in front of it in (3) is positive for compression and negative for tension. Defining

$$\alpha^2 = \frac{N}{EI\delta} \quad (4)$$

the general solution of (2) is

$$y = A \sin(\alpha x) + B \cos(\alpha x) + \frac{M_{ij}}{\alpha^2 EI \delta} - \frac{P}{\alpha^2 EI \delta} x \quad (5)$$

when the axial force is compressive.

When the axial force is tensile and the last term in the bending moment expression (3) changes sign, then the general solution of (2) is again given by (5) only changing the signs of the last two terms and the trigonometric functions to their corresponding hyperbolic ones. Assigning the unit end displacements to the outer ends of the springs, each at a time and using the equilibrium equations for the free body diagrams of the members along with (5) and the suitable boundary conditions for the displacements and slopes at the inner ends of the springs, the stiffness matrices are found in the same form for the two cases. Partitioning the stiffness matrix as follows:

$$k = \begin{bmatrix} k_{ii} & k_{ib} \\ k_{ji} & k_{jj} \end{bmatrix} \quad (6)$$

and defining

$$H_1 = (k_A k_B \delta - N EI) \delta s + \alpha EI \delta^2 (k_A + k_B) c$$

$$H_2 = \alpha EI k_A \delta s + k_A k_B \delta (1 - c)$$

$$H_3 = (NL k_A + k_A k_B) s - (\alpha L) k_A k_B \delta c$$

$$H_4 = \alpha EI k_B \delta s + k_A k_B \delta (1 - c) \quad (7)$$

$$H_5 = (\alpha L) k_A k_B \delta - k_A k_B s$$

$$H_6 = (NL k_B + k_A k_B) s - (\alpha L) k_A k_B \delta c$$

$$H = \left[\alpha EI (NL + (k_A + k_B)) - (\alpha L) k_A k_B \delta \right] s \\ - \left[NL (k_A + k_B) + 2 k_A k_B \right] c + 2 k_A k_B$$

for the case of compressive axial force and

$$\begin{aligned}
 H_1 &= (k_A k_B \delta + NEI) \delta s + \alpha EI \delta^2 (k_A + k_B) c \\
 H_2 &= \alpha EI k_A \delta s - k_A k_B \delta (1 - c) \\
 H_3 &= (NL k_A - k_A k_B) s + (\alpha L) k_A k_B \delta c \\
 H_4 &= \alpha EI k_B \delta s - k_A k_B \delta (1 - c) \\
 H_5 &= -(\alpha L) k_A k_B \delta + k_A k_B s \\
 H_6 &= (NL k_B - k_A k_B) s + (\alpha L) k_A k_B \delta c \\
 H &= [\alpha EI (NL - (k_A + k_B)) + (\alpha L) k_A k_B \delta] s \\
 &\quad + [NL (k_A + k_B) - 2k_A k_B] c + 2k_A k_B
 \end{aligned} \tag{8}$$

for the case of tensile axial force, due to its symmetry the submatrices of the stiffness matrix are given as

$$k_{ii} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{EIu^3 H_1}{L^3 H} & \frac{EIu^2 H_2}{L^2 H} \\ 0 & \frac{EIu^2 H_2}{L^2 H} & \frac{EIu H_3}{LH} \end{bmatrix} \tag{9}$$

$$k_{ij} = \begin{bmatrix} -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{EIu^3 H_1}{L^3 H} & \frac{EIu^2 H_4}{L^2 H} \\ 0 & -\frac{EIu^2 H_2}{L^2 H} & \frac{EIu H_5}{LH} \end{bmatrix} \tag{10}$$

$$k_{ij} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{EIu^3H_1}{L^3H} & -\frac{EIu^2H_4}{L^2H} \\ 0 & -\frac{EIu^2H_4}{L^2H} & \frac{EIuH_6}{LH} \end{bmatrix} \quad (11)$$

where

E : Young modulus

G : Shear modulus

A : Cross-sectional area of the member

I : Moment of inertia of the member

L : Length of the member

k_A : Moment value necessary for the spring at the left support to rotate one radian

k_B : Moment value necessary for the spring at the right support to rotate one radian

N : Axial force in the member

c : $\cos(\alpha L)$ for compressive and $\cosh(\alpha L)$ for tensile axial force

s : $\sin(\alpha L)$ for compressive and $\sinh(\alpha L)$ for tensile axial force

δ : $1 - N/k_t$ for compressive and $1 + N/k_t$ for tensile axial force

$u = \alpha L$

$k_t = kGA$

k : Cross-sectional constant of the member, spring constant

$\beta_1 = 1/4k_1$, $\beta_2 = 1/4k_2$, $\beta_3 = EI/L^2k_1$

Concerning fixed end forces for numerous types of span loadings, although the computations involved are rather tedious, the method of approach is straightforward and simple. What needs to be done in each case is to employ the method used for finding the stiffness matrix, namely apply equation (2) where bending moment M , given by (3), is expressed with an additional term or terms due to the span loading and the force P at the left end is found by using the moment equilibrium equation relative to the right end. The respective boundary conditions for all cases are zero vertical displacements and rotations which are proportional to the end moments having the correct sign, at both ends. For cases necessitating two regions with different differential equations the additional conditions at their common point are the equivalence of their deflections and slopes. Moreover, for the case of symmetrical trapezoidal distributed load, in making use of symmetry, the midspan slope was taken to be zero. The fixed end moments, can be found in the M.S. thesis of the second author. The corresponding transverse forces can be found by making use of the two equations of equilibrium for the member.

4.2. Programming

The analytical expressions having been prepared for all the quantities of relevance for the problem, it remained only to write down a computer program for numerical applications. That was done in QBASIC language which necessitated only a microcomputer of rather limited capacity. The resulting program contains special differences compared to a linear analysis. The main difference is that there is an iteration which can be stopped when a desired accuracy is reached. The geometric stiffness matrix, as it is called, due to axial force is a relevant feature of this analysis, which actually is the cause of the necessity for the iterative procedure. The analysis starts with zero axial forces in all members giving the linear solution at this first step. Then, at each new step the axial forces found in the previous step are used in the computations, of both the stiffness matrix and the fixed end forces. When a predetermined precision is attained, the final node displacements, member end forces, and variations of bending moment along relevant members are determined. The maximum value of the bending moment in each member is given, along with the maximum value and its position on the member. The source program is available from either of the authors. It cannot be presented here due to its excessive length.

4.3. Numerical Results and Discussion

For the purpose of direct comparison no example could be found in the literature. Hence, a comprehensive example problem with different kinds of span loadings and direct loads is solved and the results are presented in tabular form. The structure is a steel frame with standard I-sections for all members. The geometry and the loading of the system being given in Fig.3, the coding of the system is seen in Fig.4.

It is not an easy task to convey to the reader the data structure. Hence, the data information, like the source program, can be obtained from either of the authors. For all members the cross-sectional area is 0.48 ft² and the moment of inertia is 0.00722 m⁴. The spring constants are given in terms of $\beta=4EI/L$ value for the respective beams being 0.5 β for the outer ends and 0.6 β for the inner ends. The number of iterations for improving the axial forces is chosen to be 5.

The resulting end forces for the members are presented in Table 1. The nonlinear effect has changed the end forces at most by five percent. Other results like nodal displacements and span moments cannot be given due to restriction on the number of pages.

To give an idea about the effect of spring constants, on the displacements, the variations of the lateral displacements of four nodes of the structure with varying spring constants for all springs in the structure have been presented in Fig.5. Similar variations of bending moments at the three supports are seen in Fig.6.

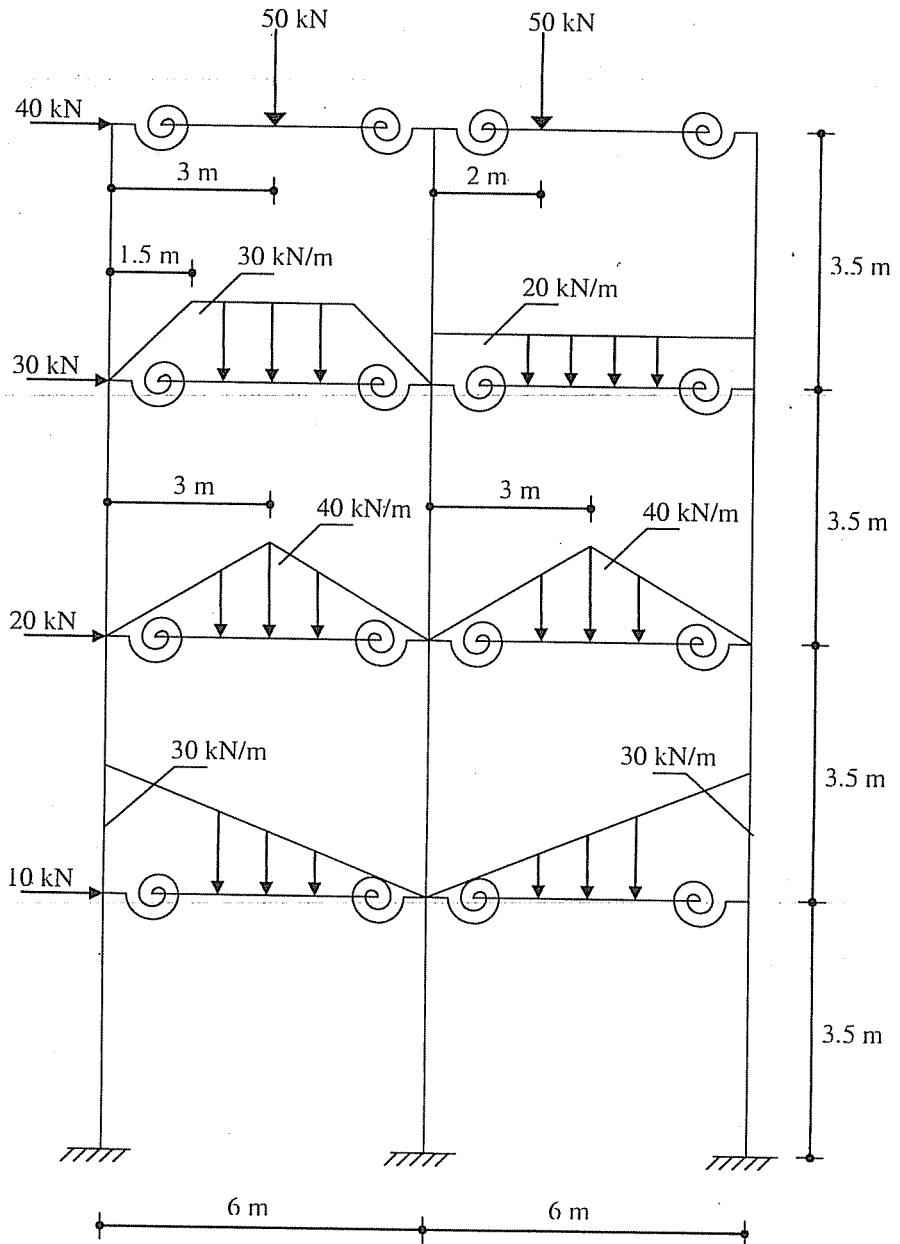


Fig.3. Geometry and loading of the example problem.

THE NONLINEAR ANALYSIS OF PLANAR FRAMES COMPOSED OF FLEXIBLY CONNECTED MEMBERS TAKING SHEAR DEFORMATIONS INTO CONSIDERATION

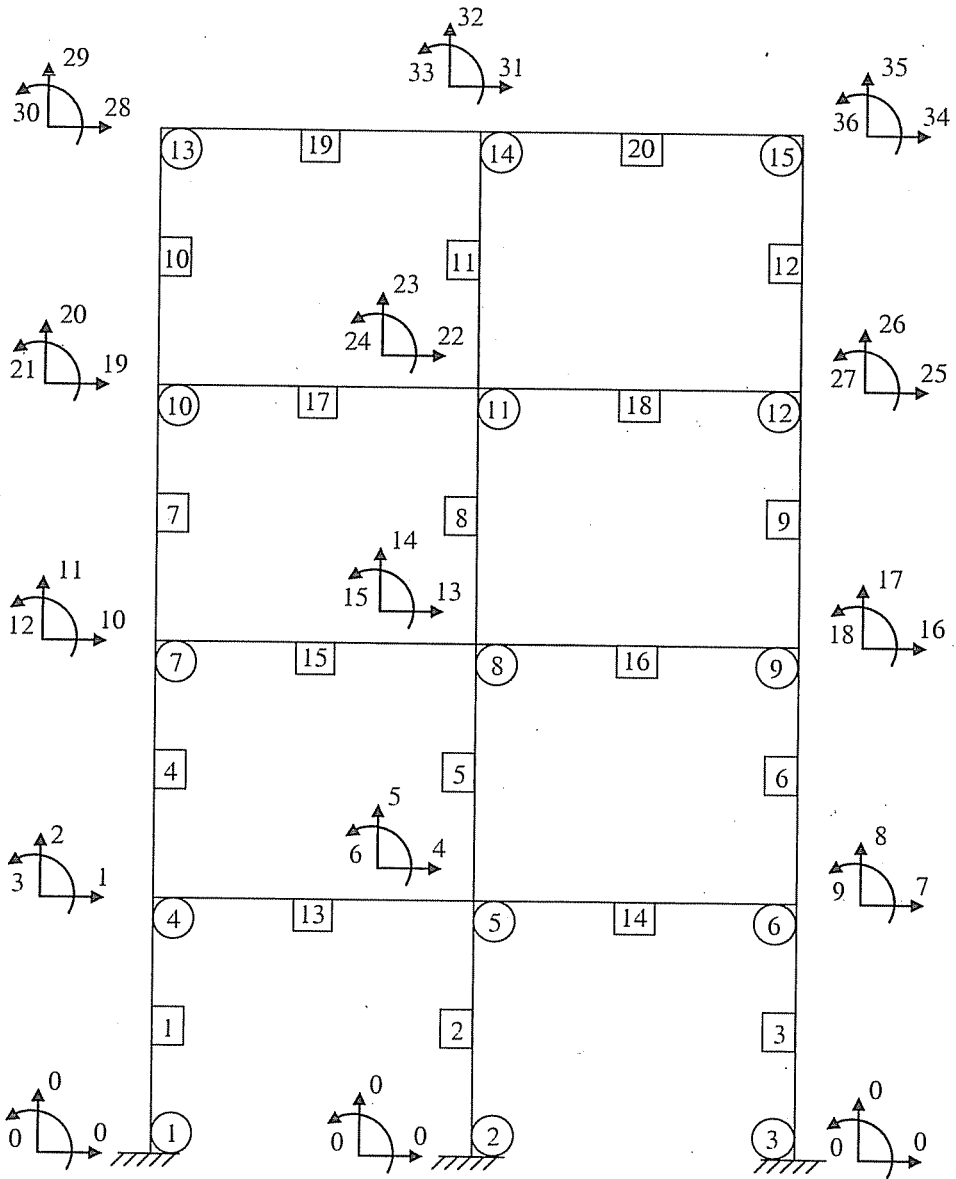
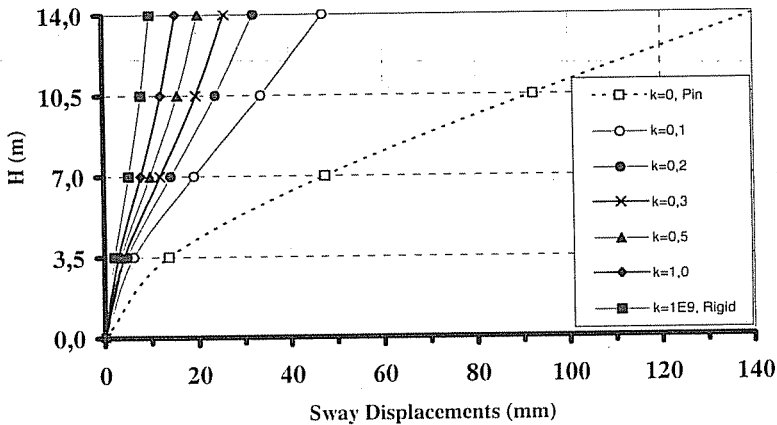


Fig.4. Coding and numbering of the example problem.

Table 1. Member end forces

No	M_{ij} (kNm)	M_{ji} (kNm)	T_{ij} (kN)	T_{ji} (kN)	N_j (kN)
1	-15.827	109.391	26.576	-26.576	-158.236
2	16.342	120.177	38.652	-38.652	-355.596
3	5.979	116.632	34.772	-34.772	-261.168
4	16.034	39.125	15.563	-15.563	-113.416
5	62.329	80.301	40.241	-40.241	-297.460
6	53.332	67.456	34.196	-34.196	-184.124
7	21.770	0.027	6.110	-6.110	-71.261
8	71.215	49.442	34.182	-34.182	-178.891
9	63.019	41.555	29.708	-29.708	-104.848
10	8.825	-20.866	-3.461	3.461	-16.656
11	58.954	26.046	24.219	-24.219	-55.307
12	50.444	17.023	19.243	-19.243	-28.037
13	-23.298	-67.783	44.820	45.180	1.013
14	-28.860	-73.435	12.956	77.044	-0.576
15	-16.061	-90.998	42.154	77.846	-10.547
16	-20.773	-94.887	40.724	79.276	-4.488
17	-0.904	-76.426	54.605	80.395	-24.428
18	-28.350	-80.041	43.189	76.811	-10.466
19	-8.825	-41.153	16.656	33.344	-43.461
20	-17.801	-50.444	21.963	28.037	-19.243

**Fig.5.** Sway displacements at each floor level in the example problem with spring constants

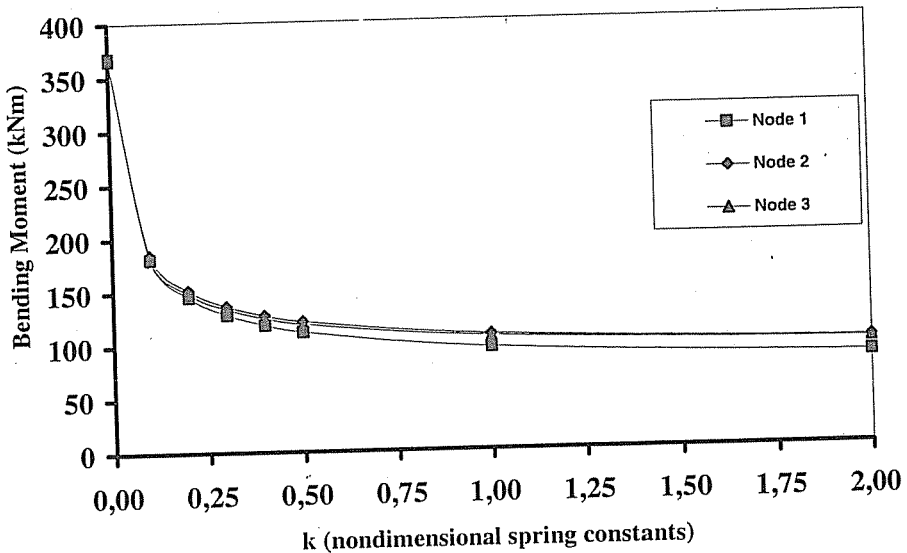


Fig.6. Variation of bending moments in the example problem with spring constants

4.4. Conclusion

In this study the second order analysis of planar frames made up of flexibly connected prismatic members taking into consideration the effect of shear deformations is considered and a computer program is prepared for the numerical computations. Different types of span loadings are considered and most of the span loadings not being found in the literature, the results are checked among themselves as special cases of others. Moreover, special problems being mirror images of others are used for checking purposes, as well.

It has been observed that displacements and critical extremum values of bending moment for the same structure become larger when the spring constants of flexible connections become less. The variation is between the values pertaining to pin and rigid connections.

5. REFERENCES

1. Monforton, A.R. and Wu, T.S., "Matrix Analysis of Semi-Rigidly Connected Frames", *Journal of Structural Division, ASCE*, Vol.89, pp.13-42, December, 1963.
2. Livesley, R.K., *Matrix Methods of Structural Analysis*, Pergamon Press, Inc., New York, N.Y., 1964.
3. Romstad, K.M. and Subramanian, C.V., "Analysis of Frames with Partial Connection Rigidity", *Journal of Structural Division, ASCE*, Vol.96, pp.2283-2300, November, 1970.

4. Ackroyd,MR. and Gerstle,K.H. "Elastic Stability of Flexibly Connected Frames", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol.109, No.1, pp.241-245, January, 1983.
5. Stelmack,T.W., Marley,MJ. and Gerstle,KR., "Analysis and Tests of Flexibly Connected Steel Frames", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol.112, No.7, pp.1573-1588, July, 1986.
6. Yu,CR. and Shanmugam,N.E., "Stability of Frames with Semi-Rigid Joints", *Comput. Struct.*, Vol.23, N05, pp.639-648, 1986.
7. Cunningham,R., "Some Aspects of Semi-Rigid Connections in Structural Steelwork", *The Structural Engineer*, Vol.68, N05, pp.85-92, March, 1990.
8. Azizinamini,A. and Radziminski,J.B., "Static and Cyclic Performance of Semi-Rigid Steel Beam-To-Column Connections", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 115, No.12, pp.2979-2999, December, 1989.
9. Aksogan,O. and Akkaya,F., "A Computer Program for the Analysis of Flexibly Connected Frames", *Ç.Ü J.Fac.EngArch.*, Vol.6, No.2, pp.25-41, December, 1991.
10. Aksogan,O. and Dinçer ,R., "Nonlinear Analysis of Planar Frames with Linear Prismatic Members Having Rigid End Sections Taking Shear Deformation into Consideration", *Ç.Ü J.Fac.EngArch.*, Vol.6, No.1, pp.125-137, June, 1991.
11. Aksogan,O. and Görgün,H., "The Nonlinear Analysis of Planar Frames Composed of Flexibly Connected Members", *Ç.Ü J.Fac.EngArch.*, Vol.8, No.2, pp.117-129, December, 1993.
12. Aksogan,O., Akavcı,S.S. and Görgün,H., "Analysis of Frames with Flexible Connections", *Ç.Ü J.Fac.EngArch.*, Vol.20, No.1, pp.1-11, June, 2005.

TIME DEPENDENCE OF PORE-WATER PRESSURE IN AN OEDOMETER TEST

Mehmet Arslan TEKİNSOY, Cafer KAYADELEN ve Taha TAŞKIRAN
Ç.U., Department of Civil Engineering , Adana/Türkiye

ABSTRACT : *In this investigation, the variations of pore-water pressures have been considered. For this purpose, a specially equipped oedometer has been produced to measure the pore-water changes in a loading step. Measurements gave a result that there exist a stress wave and propagation phenomenon in a soil sample. This peculiarity offers an opportunity to compute either the known parameters or other additional parameters for a consolidation test. Computations have been performed considering the dynamical approximation to the soil water behavior.*

Keywords: *pore-water pressure; stress propagation; consolidation; logarithmic decrement*

ÖDOMETRE DENEYİNDE BOŞLUK SUYU BASINCININ ZAMANA BAĞIMLILIĞI

ÖZET : *Bu araştırmada, boşluk suyu basınç değişimleri incelenmiştir. Bu amaçla, yükleme kademelerinde boşluk suyu basınç değişimlerinin ölçülebileceği özel donanımlı bir ödometre cihazı yapılmıştır. Ölçümler, zemin numunesi içerisinde bir gerilme dalgası ve gerilme yayılımının olduğu yapılan deneylerden anlaşılmıştır. Bu özellik konsolidasyon olayının belirsiz bazı parametrelerinin hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada gerçekleştirilen hesaplar zemin sıvısının dinamik hareketi gözününde tutularak yapılmıştır.*

Anahtar kelimeler: *boşluk suyu basıncı, gerilme yayılımı, konsolidasyon, logaritmik artış*

1. INTRODUCTION

The application of loads to the surface of a sort of specimen in an oedometer produces an excess of pore-water pressure. In this case the change of deformations with time is related to change of effective stresses, due to excess pore pressure dissipation [1]. One of the main assumptions in the classical consolidation theory is on pressure variations. If a surcharge of intensity $\Delta\sigma$ is applied at the upper surface of a soil specimen in an oedometer, pore-water pressure in a soil layer will immediately increase. This immediate increase of pore water pressure, Δu , at all depths of the soil layer will be equal to the increase of the total stress, $\Delta\sigma$. Thus, immediately after the application of the surcharge.

$$\Delta\sigma = \Delta u \quad (1)$$

In other words, at time $t=0$, the entire stress increase at all depths of a soil sample is taken by the pore-water and non by the soil skeleton [2].

Skempton and Bjerrum [3] pointed out that this assumption may not be true for one dimensional consolidation test. Because in reality, the final increase of major and minor principal stresses due to a given loading condition at a given point in a soil layer do not remain constant.

Both, for the above given reasons and time consuming, two different one dimensional consolidation test procedures were developed. The methods are (1) the constant rate-of-strain consolidation test [4] and (2) constant gradient test [5]. The pore water pressures have been given as in the followings

$$u = \left[\frac{\gamma_w r}{k(1+e)} \right] \left[\left(Hz - \frac{z^2}{2} \right) - \frac{b}{r} \left(\frac{z^2}{4} - \frac{z^3}{6H} \right) \right] \quad (2a)$$

$$u = \Delta u \left(1 - \frac{z^2}{H^2} \right) \quad (2b)$$

As seen in these equalities, the pore-water pressures are depending on the change of sample height, z , and the constants b and r . The known pressure assumption has been used in these methods.

Edil and Dhowian [6] reported that the change in porosity and the orientation of particles in a soil specimen have important role on the change in pore-water pressures.

On the other hand, while the vertical and lateral pressures change in time, they cause to change the strains which have volumetric and deviatoric components [7]

In consolidation process, the rate of deformations depends on soil parameters such as the hydraulic conductivity, compressibility and the geometry of the problem. The existence of hydraulic gradients induces a transient flow [1] which can be accepted as a damped motion of pore-water. However, when a dynamical system is excited by an applied non-periodic excitation, the response to such excitation is called transient response [8].

In this study, it was observed that the measurements of pore-water pressures of soil specimen in oedometer tests gave the results which are contrary to the aforementioned main pressure assumption that is given in Eq (1). Therefore in this investigation, stress changes in a soil specimen in time have been considered in the sense of dynamical behavior of soil water. The related parameters for consolidation have been computed in the light of experiments.

2. EXPERIMENTAL STUDY

In order to measure the pore-water pressure, standard consolidation apparatus was modified as seen in Fig 1. The diameter and height of rigid consolidation cell was 75mm and 49 mm respectively. Pore water pressures were measured via pore water pressure connected the base plate of oedometer cell. A load cell was replaced between the loading cap and loading piston for determining the net stress applied to the soil specimen. The data obtained during the test was recorded by using the autonomous data acquisition unit. The system consists of a computer loaded a software called dialog1 and data logger.

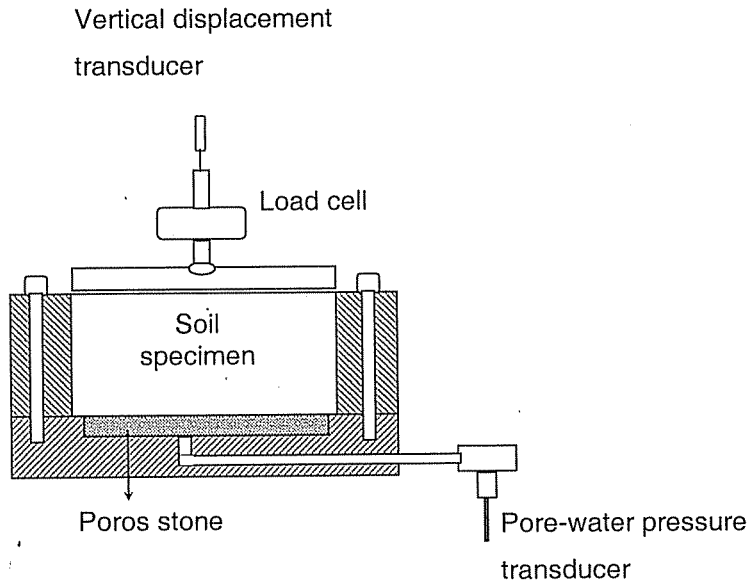


Fig 1. Consolidation cell for measurement of pore-water pressure.

In the test, disturbed clayey soil taken from Diyarbakır in Turkey was used to determine the development of pore water pressure during one dimensional consolidation. Representative geotechnical properties of soil are summarized in Table 1. The test samples used during the investigation were reconstituted from a slurry prepared at 1.5 times the liquid limit of the soil. The slurry was pre-consolidated one-

dimensionally to a maximum vertical effective stress of 200 kPa in a 75 mm diameter lever arm oedometer. The drainage from the soil specimen was prevented at the bottom, since the pore-water pressure can be measured.

Table 1. Geotechnical properties of soil specimen.

Liquid Limit (%)	77
Plastic Limit (%)	32
Pasing #200 Sieve (%)	95
<0.001 mm (%) (Colloidal Content)	55
Activity	0.79
Volumetric Shrinkage (%)	9.5
Dry Unit weight (kN/m ³)	14.81
Initial water content (%)	56

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

The oedometer test results of the given soil have been given in Table 2. The values given in the first column are total vertical pressure. At the end of first loading increment, it was observed that pore pressure value was not decreased back to the zero, a pressure of 5.2 kPa was recorded and the same event was also observed after completion of all loading increments. This small pressure was named as residual pore pressure. The residual readings for the next pressure should be subtracted from the given values in the same column. For example, the pressure read has been recorded as 5,02 kPa at the beginning of the loading for 404,58kPa. The corrected pressure of 182,90 kPa is $182,90-5,02=177,511$ kPa. Additionally, the recorded initial read of 814,89 kPa is 5,81 kPa, Thus, the corrected value of 404,58 kPa is 398,77 kPa . According to these results, the pressure difference for the loading step is $398,77-177,511=221,259$ kPa. This value also represents the effective stress difference for that loading step. Table 3 shows the measured values for the same pressure difference.

The experimental results of settlement-time records presents, the coefficient of consolidation and consolidation time as $c_v = 5.082 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 / \text{sec}$ and $t_{90} = 498.629 \text{ min}$ respectively. The method of square root of time was used to obtain the consolidation time. Permeability, K, has magnitude of $2.579 \times 10^{-8} \text{ cm} / \text{sec}$ for this loading step. In addition to this, pressure variations with respect to time were given in Fig. 2.

As noticing Fig. 2, similar behaviors have been observed for all loadings. That means the pore pressure increases with time and pass through a maximum point and decreasing to a final limit value. The magnitude and time of maximum point depends on the amount of loading pressure value. If we examine the given curve, we can see the discrepancies of the pressure assumption given in the classical consolidation theory.

As seen in the given curves, the loading pressure increment can not be immediately taken by the pore water, at the beginning of the load step. There is a delay time for arriving at the maximum value. This means, there exists phase difference and stress propagation in a soil specimen. Because of the replacement of pressure transducer at the bottom of the sample,

drainage can only occurs from the top of the specimen. This causes a delay in stressing the cross-sectional areas through the height of the specimen. Similar phenomenon can also be observed for two ways drainage [9] [10].

Table 2. Oedometer test results of the specimen

Vertical Pressure	Settlement	Void Ratio	Diff. of Void Ratio
P	ΔH	e	Δe
(kPa)	(mm)		(%)
1	2	3	4
0,00	0,00	1,4795	0,0000
52,51	0,73	1,4426	0,0369
97,79	1,17	1,4205	0,0221
182,9	1,91	1,3828	0,0377
404,58	6,43	1,1539	0,2289
814,89	8,94	1,0272	0,1267
986,92	13,61	0,7907	0,2366
Diameter of Specimen:			75 mm.
Height of Specimen:			49mm.
Initial Water Content			56%
Final Water Content			40%

As a result, some amount of pore water flows out from the top of the specimen. While the water flows continue from the top, still there exist uncompressed and motionless sections in the soil. Stressing the other sections is only possible by stress propagation. In this case, total pressure is taken by together with pore-water and soil skeleton at the top layer of the specimen.

Fig 2. also gives some hints about the pore-water velocity creates pressure increments during settlement. Since there is a delay in the transfer of stress through the height of the soil sample, the adjacent sections of the soil sample are not stressed immediately. However stress is propagated along the specimen until all cross sections are stressed. Stress propagation direction is opposite to the direction of drainage. In this experimental study, since the water is permitted to be drained from the top of the specimen the direction of stress propagation is to the bottom of the soil specimen.

In a soil sample, the volume of grains, which are accepted as constant in a primary consolidation, may be given as $V_s = (1 - n)V$. Additionally, the volume of voids can be expressed in terms of porosity $V_b = nV$. If we differentiate V_b and V_s , the change in porosity is obtained as $dn = (1 - n)dV/V$. When the value of dn is substituted into the differential dV_b , the result is $dV_b = dV$. Since the specimen is saturated in an oedometer test, dV_b is equal to the change in the volume of soil water dV_w . Thus, it can be given in terms of cross sectional area, A, and the settlement, dz, as $dV_w = Adz$. Considering this fact, the velocity of pore-water can be deduced from the deformation characteristics

Table 3. Results for a loading step of 404,58 kPa

Time	Time	Settlement	Height	Porosity	Measured Pore-Water Pressure	Coefficient of Vol.Change
t	t	Δz (10^{-3})	Z (10^{-3})	n	u	$m_v(10^{-6})$
(sec)	(h)	(m)	(m)	(%)	(kPa)	1/kPa)
1	2	3	4	5	6	7
240	0,067	0,194	46,896	58,8	7,248	18,645
960	0,267	0,504	46,286	57,7	15,216	50,577
8360	0,933	0,883	46,207	57,4	32,540	97,211
6720	1,867	1,535	45,555	56,8	64,230	204,352
20640	5,733	2,567	44,523	55,7	127,500	567,365
30000	8,333	2,914	44,176	55,4	117,235	589,564
50400	14,000	3,373	43,717	54,9	98,360	590,053
96960	26,933	3,953	43,137	54,3	62,360	549,522
225600	62,667	4,703	42,387	53,5	21,060	533,278
240480	66,800	4,708	42,382	53,5	21,060	533,908
308400	85,667	4,747	42,343	53,4	0,000	507,530

The propagation velocity of stress v should be distinguished from the velocity of pore-water v_w , in compressed zone. The velocity v_w can be determined by nothing that the soil specimen is shortened by the compressive stress $\Delta\sigma$ an amount equal to the unit strain times length, or $\varepsilon_z dz = (m_v \Delta\sigma)(v dt)$. Then the velocity v_w is the distance move per unit of time or [11].

$$v_w = \frac{\varepsilon_z dz}{dt} = \frac{(m_v \Delta\sigma)(v dt)}{dt} = m_v v \Delta\sigma \quad (3)$$

in which m_v is the coefficient of volume change, ε_z is volumetric strain.

Now, if we consider a pressure step in an oedometer test, the final consolidation settlement ρ_c can be expressed as the total strain in the vertical direction of a soil element of which volume reductions follows upon the completion of dissipation of pore-water pressures in excess of hydrostatic. If H_{eff} is the effective thickness of all layers participating in the process, we can write [12].

$$\rho_c = \int_0^{H_{eff}} \varepsilon_z dz \quad (4)$$

where ε_z is strain and dz is the differential height of a soil layer.

The settlement of a soil layer can be given in terms of the velocity of stress propagation as

$$\rho_c = \int_0^l m_v \Delta\sigma v dt \quad (5)$$

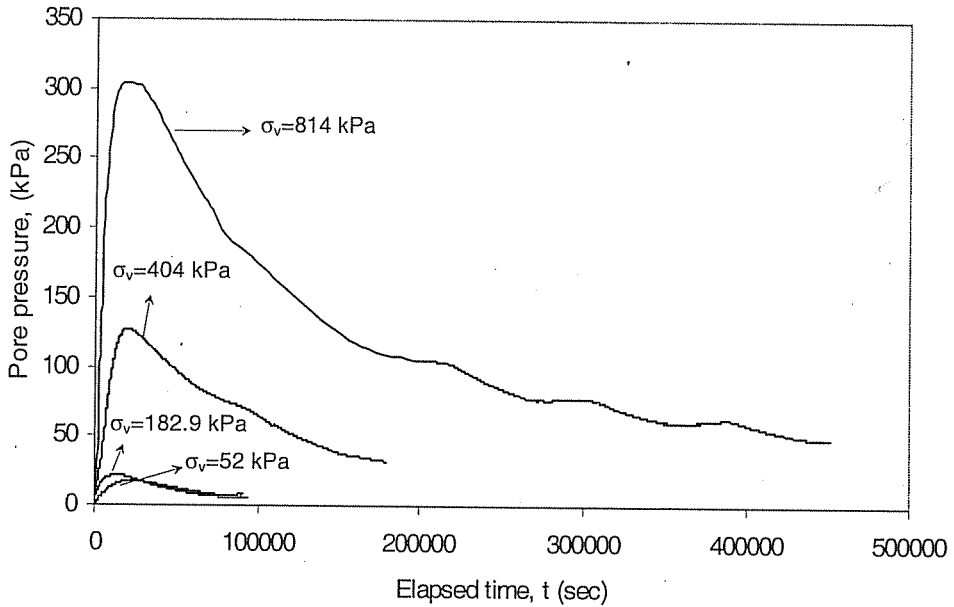


Fig.2. The variation of pore water pressure with elapsed time for different loading step

since the flow is motivated by the differences in total head, the head due to the respective pore-water pressure in excess of hydrostatic, du/γ_w , cross the element. The elemental change in the quantity of flow per unit area, which is flux, is $(\partial v_w / \partial z) dz$. Any change in the quantity of flow must reflect in a change in settlement of the element should equal to [12].

$$\frac{\partial v_w}{\partial z} dz = \frac{\partial}{\partial z} \left(\epsilon_z \frac{dz}{dt} \right) dz \quad (6)$$

which gives the same result obtained in Eq.(3). This found velocity of pore-water can also be expressed in terms of settlement ρ_c .

$$v_w = \frac{d\rho_c}{dt} = m_v v \Delta \sigma \quad (7)$$

If there is a sudden loading or an impulse effect, the propagation velocity of the stress, v , can be obtained by considering the increase in momentum of the water mass of the length dz . The water mass of the element $\rho_w A dz$ (where ρ_w is the density of pore-

water) and the momentum of the water is $(\rho_w A d \dot{z}_w)$. The impulse applied to the element by the force $A \Delta \sigma$ in the time dt is $(A \Delta \sigma) dt$. Equating the momentum to the impulse,

$$\begin{aligned} (\rho_w A v dt) v_w &= A \Delta \sigma dt \\ \Delta \sigma &= \rho_w v v_w \end{aligned} \quad (8)$$

Placing the value of $\Delta \sigma$ from Eq. (3) and Eq (7) in Eq (8), the following equality is obtained:

$$v = \sqrt{\frac{l}{\rho_w m_v}} = \sqrt{\frac{g}{\gamma_w m_v}} \quad (9)$$

in which g is the acceleration of earth.

An examining of this result shows that the propagation velocity, v , in the case of sudden loadings, is independent of the compressive stress and depends only on the density of pore-water, and the coefficient of volume change.

Now substituting the value of v from Eq. (9) into Eq. (7), and considering the change in stress is equal to pore-water pressure, so the following equality can be deduced [11].

$$\Delta u = v_w \sqrt{\frac{\gamma_w}{g m_v}} \quad (10)$$

This found relationship shows that pore-water pressure depends upon not only ρ_w and m_v but pore-water velocity v_w .

As a conclusion, there may be exist stressed or unstressed layers in a soil sample besides to have flow or no flow. Additionally, the oedometer wall behaves as if it were a stagnation point. Thus, the pore water is forced to flow in the direction of settlement.

These excitations cause to increase the velocity v_w and pressure. This phenomenon may be expressed using the diffusion of linear circulation and equation of motion in cylindrical coordinates [13].

Since there is a stress propagation, the following initial condition for a soil layer which has stress but not flow can be written:

$$v_r = v_z = 0 \quad \text{and} \quad v_\theta = \frac{\Gamma}{2\pi r} \quad \text{for } t=0 \quad (11)$$

in which v_r , v_z and v_θ are radial, vertical and tangential velocity of water respectively. Γ is circulation and r is effective radius of a pore which has a shape of cylinder.

In this case, distribution of velocity can be deduced from the equation of motion as in the following.

$$v_0(r, t) = \frac{\Gamma}{2\pi r} \left(1 - e^{-\frac{r^2}{4c_v t}} \right) \quad (12)$$

where the c_v is the coefficient of consolidation.

This velocity changes the centrifugal force and pressure. For a saturated soil sample, the sum of pore-water pressure, u , with effective stress σ_v' , is equal to the loading stress, σ , which has constant magnitude ($\sigma = \sigma_v' + u$) in any loading step. Thus, the change in pore-pressure is equal to the change in effective stress ($d\sigma_v' = du$). Since, this assumption is valid; the coefficient of volume change can be given by using the natural compression law [1].

$$m_v = -\frac{dz}{zdu} \quad (13)$$

On the other hand, in a dynamical system, logarithmic decrement has been defined as the natural logarithm of the ratio of any two successive amplitudes [8].

$$\delta = \ln \frac{z_1}{z_2} \quad (14)$$

From where, the amplitude ratio for any two consecutive amplitudes is

$$\frac{z_0}{z_1} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{z_2}{z_3} = \dots = \frac{z_{n-1}}{z_n} = e^\delta \quad (15)$$

In this case, the ratio can be written as;

$$\frac{z_0}{z_n} = \left(\frac{z_0}{z_1} \right) \left(\frac{z_1}{z_2} \right) \left(\frac{z_2}{z_3} \right) \dots \left(\frac{z_{n-1}}{z_n} \right) = e^{\sum \delta} \quad (16)$$

Now, if m_v is accepted as a constant for a loading step as done in the classical way, from Eq. (13), the similar analogies may be established for a consolidation test.

Table 4. Logarithmic decrement for a pressure step

Time	Height	Coeff. of vol. change	log Dec.	Total log Dec.
t	Z (10 ⁻³)	$m_v = (\Delta z / z \Delta p) \times 10^{-7}$	$\delta_1 = \ln(z_i / z_{i+1zz}) \times 10^{-7}$	$\delta_2 = \ln(z_0 / z_n) \times 10^{-3}$
(h)	(m)	(1/kPa)		
1	2	3	4	5
0,067	46,896	18,645	4,13	4,13
0,267	46,286	50,577	6,63	10,76
0,933	46,207	97,211	8,17	18,93
1,867	45,555	204,352	14,21	33,14
5,733	44,523	567,365	22,91	56,06
8,333	44,176	589,564	7,82	63,88
14,000	43,717	590,053	10,44	74,32
26,933	43,137	549,522	13,36	87,68
62,667	42,387	533,278	17,54	105,22
66,800	42,382	533,908	0,12	105,34
85,667	42,343	507,530	0,92	106,26

$$m_v \int_{u_1}^{u_2} du = - \int_{z_1}^{z_2} \frac{dz}{z}$$

$$m_v \Delta u = \ln \frac{z_1}{z_2} = \delta \quad (17a)$$

$$\sum_{i=1}^n \delta_i = m_v \sum_{i=1}^n \Delta u_i \quad (17b)$$

As a consequence, dynamical behavior of pore-water can be accepted as a damped motion of the soil water.

If we examine Eq. (17a), it can be deduced that the pressure increment Δu passes through a maximum also logarithmic decrement passes through a maximum either. This peculiarity gives us to estimate the place of maximum pressure. The computed logarithmic decrements have been given in the fourth column in Table 4. The place of maximum pressure is marked with a star, which has the value of $\delta = 22,91$, in the same column.

Considering Eq. (16), total logarithmic decrements have been computed as:

$$\delta_2 = \ln \frac{z_0}{z_n} \quad (18)$$

The computed quantities are given in the fifth column. At the same time, the sum of the values in the fourth column gives the corresponding in the fifth column.

Now again, if we consider Eq. (17.a), pressure difference can be given as $\Delta u = \frac{\delta}{m_v}$.

In order to find the pressure ratio, Δu should be divided by the pressure difference $\Delta \sigma$:

$$U = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma} = \frac{\delta}{m_v \Delta \sigma} \quad (19)$$

where U shows the pressure ratio. The same equality is valid for the total logarithmic decrement.

The computed values of the total logarithmic decrements and pressure ratios have been given in the third and the fourth columns in Table 5. In the computation of pressure ratio $\Delta u / \Delta p$, the corresponding value of the coefficient of volume change, which is in the same line of the table, should be used. If the found value of $\Delta \sigma$ (which is equal to 221,259 kPa) is multiplied by pressure ratio, U , the reduced total pressure is obtained. The difference between $\Delta \sigma$ and the reduced total pressure gives us the pressure increment. The residual transducer read, 5,02 kPa for the loading step, should be added this found quantity.

As an illustrative example, the pore-water pressure of 5,733 h has been computed as in the followings:

$$U = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma} = \frac{56,06 \times 10^{-3}}{567,365 \times 10^{-6} \times 221,59} = 0,44653$$

$$\Delta u' = U * \Delta \sigma = 0,44653 \times 221,259 = 98,799 \text{ kPa}$$

$$u' = \Delta \sigma - \Delta u = 221,259 - 98,799 = 122,460 \text{ kPa}$$

$$u = 122,460 + 5,020 = 127,480 \text{ kPa}$$

The results of such computations are given in the sixth column. If we compare these computed quantities with the measured pore-water pressures given in the seventh column, we see that they are very close to the corresponding. However, transducer read of 5,02 kPa is not used in the computations of the last three values. The found $\Delta u'$ is subtracted directly from $\Delta \sigma$. For example, the obtained value of 159,556 kPa in the fifth column should be subtracted from the pressure difference $\Delta \sigma = 221.259$ kPa. The result will be equal to 61,703 kPa. In order to explain the reason for this computation, let us consider Fig. 3 which has the graphics of fourth and fifth columns in Table 5.

As seen in this graphics, where logarithmic decrement has a maximum, the corresponding reduced total pressure has a minimum value. The last three values in the graphics occupy the tale of figures. These three points have the same tangent value and the tale itself is approximately horizontal or the curves approach an asymptote. This show that the residual transducer read of 5,02 kPa lost its effect on the soil water. As a consequence, the residual pressures cause the secondary consolidation of any sample.

Table 5. Comparison of computed pore-water pressure with measured values.

Time	Coefficient of Vol.Change	Total log Dec.	Press. Ratio	Red. Tot. Press	Compu. Press.	Meas. Press.
t	$m_v = \frac{\Delta \epsilon}{\Delta p} 10^{-6}$	$\delta_s = \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2} 10^3$	$u = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma} = \frac{\delta}{m_v \Delta \sigma} 10^3$	$\Delta u = u \Delta \sigma$	u_{com}	u_{mea}
(h)	(1/kPa)		(%)	(kPa)	(kPa)	(kPa)
1	2	3	4	5	6	7
0,067	18,645	4,13	1000,636	221,507	5,268	7,248
0,267	50,577	10,76	961,570	212,756	13,523	15,216
0,933	97,211	18,93	878,710	194,422	31,857	32,540
1,867	204,352	33,14	732,950	162,171	64,108	64,230
5,733	567,365	56,06	446,530	98,799	127,480	127,500
8,333	589,564	63,88	489,700	108,351	117,928	117,235
14,000	590,053	74,32	569,290	125,960	100,319	98,360
26,933	549,522	87,68	721,130	159,556	61,703	62,360
62,667	533,278	105,22	891,740	197,306	22,891	21,060
66,800	533,908	105,34	891,710	197,299	22,898	21,060
85,667	507,530	106,26	946,253	209,367	0,000	0,000

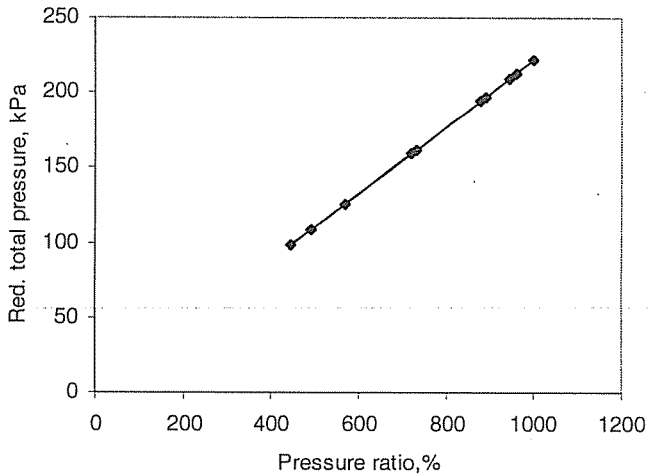


Fig. 3. Variation of red. total pressure vs. pressure ratio

Now if we return back to Eq. (3) and Eq.(7), the velocity v_w should be equal to Darcy's Law. Considering the average velocity of stress propagation is as $v = z/t_c$ and replacing this into Eq.(7), the followings can be written

$$m_v \frac{z}{t} \Delta\sigma = \frac{K}{\gamma_w} \frac{\Delta\sigma}{z}$$

$$K = m_v \gamma_w \frac{z^2}{t} \quad (20)$$

where t_c shows the consolidation time which is found by the known methods. As an illustration, the values of $m_v = 0.050753 \text{ cm}^2 / \text{kgf}$, $t_{90} = 698,629 \text{ min.}$ and the final height of the specimen $z=4,2343 \text{ cm.}$ are substituted into Eq. (20), the result is $K = 3,042 \times 10^{-8} \text{ cm/sec.}$ This obtained quantity is very close to the found value of $2,579 \times 10^{-8} \text{ cm/sec.}$ by the classical way.

In addition, in order to explain the dynamical behavior of soil water, by using compressive law, the definition of the coefficient of volume change can be given as in the following.

$$m_v = -\frac{dV}{Vdu} = \frac{\alpha}{u} \quad (21.a)$$

$$-Adz = m_v Azdu \quad (21.b)$$

where α is the tangent value of $\ln V$ curve versus $\ln u$.

If the differentials $dz = \frac{\partial z}{\partial t} dt$ and $du = \frac{\partial u}{\partial t} dt$ are replaced into Eq(21.b) and taking the second derivative remembering that $\frac{\partial z}{\partial t} = m_v z \frac{\partial u}{\partial t}$, the following differential equations are obtained.

$$\frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = m_v v \frac{\partial u}{\partial t} + m_v z \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (22.a)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + m_v \left(\frac{\partial u}{\partial t}\right)^2 = -\frac{a}{m_v z} \quad (22.b)$$

In which $a = \frac{\partial^2 z}{\partial t^2}$. This value represents the acceleration of stress propagations.

Now if the value of $m_v = \frac{\alpha}{u}$ and $m_v z = \frac{\partial u}{\partial z}$ are substituted into Eq 22.b, respectively; the following dif. Eqs can be obtained.

$$u \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + a \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 = - \left(\frac{a}{az} \right) u^2 \quad (22.c)$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + m_v \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right)^2 + a \frac{\partial u}{\partial z} \quad (22.d)$$

On the other hand, since $\frac{\partial u}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$ in the theory of consolidation, substitution this value into Eq (22.a) gives

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + a \frac{\partial u}{\partial z} = 0 \quad (23.a)$$

$$c = \sqrt{\frac{c_v v}{z}} \quad (23.b)$$

where c is the wave velocity of stress. As a result, pressure waves are valid in consolidation phenomena. Solutions to Eq. (22.c) and Eq (23.a), under different boundary conditions, represent the different appearances of pressure changes in a soil settlement.

4. CONCLUSION

Time dependence of pore-water pressure shows a dynamical evidence of soil water. This evidence can be interrupted as a wave phenomenon. In this respect, the necessary quantities for a consolidation can be obtained from the dynamical approximation. By using this way, it is possible to deduce some additional information for soil water behavior. In addition, the type of soil has an effective role on the pressure changes because of hydraulic conductivity. This situation is especially valid for sudden loadings. The suddenly load applications create very high pressure increments as in earthquakes. In this respect, dynamical effects of a load changes can be investigated using the conventional consolidation tests.

Another conclusion of this investigation, the found experimental results about pressure dissipation are contrary to the known assumptions in the classical way. There exists stress propagation for a loading step in a soil sample. When a load is applied on to a soil specimen, damped and transient time responses occurs against to this excitation.

5. REFERENCES

1. Lancelotta, R., "Geotechnical Engineering", A.A. Balkema, pp.95-142, Rotterdam, the Netherlands, 1995.
2. Das, B.M., "Advanced Soil Mechanics", Hemisphere Publishing Corporation, pp. 253-338, Washington, U.S.A., 1987.
3. Skempton, A.W. and Bjerrum, L., "A Contribution To The Settlement Analysis of Foundation on Clay", *Geotechnique*, Vol 7, no.4, U.K., 1957.

4. Smith, R.E. and Wahls, H.E., "Consolidation Under Constant Rate of Strain", *J. Soil Mech. Found. Div., ASCE*, vol 95 no: SM2, pp.519-538, 1969.
5. Lowe, J.III, Jonas, E. and Obrician, V., "Controlled Gradient Consolidation Test", *J. Soil Mech. Found. Div., ASCE*, Vol.95, no. SM1, pp.77-98, 1969.
6. Edil, T. and Dhowian, A.W., "At-Rest Lateral Pressure of Peat Soils", *J. Geotech. Engineering Div., ASCE, U.S.A.*, 1981.
7. Kavazanjian, E. and Mitchell, K., "Time Dependence of Lateral Earth Pressure", *J. Geotech. Engineering, ASCE, U.S.A.*, 1984.
8. Thomson, W.T., "Theory of Vibration with Applications", *Prentice Hall of India Private Ltd, New-Delhi-11001, India*, 1979.
9. Ertekin, Y., "Measurement of Lateral Swell Pressure with Thin Wall Oedometer Technique", *M.S. Thesis in Civil Engineering, Middle East Technical University, 114s., Ankara, Turkey*, 1991.
10. Bedişkan, E., "Effects of Over Consolidation Ratio on Coefficient of Lateral Earth Pressure at-rest", *M.S. Thesis Middle East Technical University, 149s., Ankara*, 1993.
11. Marin, J., "Mechanical Behavior of Engineering Materials", *Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J, U.S.A.*, 1966.
12. Harr, M.E., "Foundations of Theoretical Soil Mechanics", *Mc Graw-Hill Book Company, pp.117-148, New York, U.S.A.*, 1966.
13. Şuhubi, E., "Fluid Mechanics", *I.T.U. Publication, pp.297-300, Istanbul, Turkey*, 1968.

INVESTIGATION OF ENVIROMENTAL EFFECTS OF VEHICLE EMISSIONS IN ADANA CITY CENTER

Abdulkadir YAŞAR

M.U., Faculty of Tarsus Technical Education, Tarsus/Türkiye

Kadir AYDIN ve H.İ. Paşa ÖZDEMİR

Ç.U., Department of Mechanical Engineering, Adana/Türkiye

ABSTRACT : *In this study, emissions resulting from vehicles are measured in the central bus station area of Adana and compared with the theoretical values calculated by means of line source dispersion model within the measurement zone. Also, the effects of vehicles to the enviroment are dealt with their realistic dimensions, precautions and arrangements in order to minimize these effects of negative source to the enviroment are proposed.*

ADANA İLİ ŞEHİR MERKEZİNDE TAŞIT EMİSYONLARININ ÇEVRESEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET : *Bu çalışmada, taşıtların egzozundan kaynaklanan emisyonlar, Adana ilinin en işlek caddesi olan otogar bölgesinde ölçülmüş olup, çizgi kaynaklı dağılım modeliyle teorik olarak hesaplanan değerlerle karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca, taşıtların çevresel etkileri gerçek boyutlarıyla ele alınmış ve bu olumsuz etkileri en aza indirmek için alınması gereken tedbirler ve düzenlemeler önerilmiştir.*

1. INTRODUCTION

The motor vehicle exhaust is the most predominant source of air pollution in the urban centres, the world over. As such many studies, ranging from simple measurements and reporting to sophisticated rigorous modelling exercise in complex urban environments, have been reported in literature. For instance, Waller et al. estimated air pollution in a city street; Chovin did the exhaust gas (CO) investigation in Paris; Clayton et al. studied the relationship of street level CO concentration to traffic accidents; Fussel reported atmospheric pollution from petrol and diesel vehicles, the relationship between the highway and the ambient air quality has been reported by Noll and Miller, Noll and Miller and Noll et al. presented the efforts of the Japan Society of Mechanical Engineering (JSME) to develop an Air Pollution Prediction System (APPS) around a trunk road or an intersection (1-7). Eccleston and Hurn, Heinmiller, Ostrouchov, carried out studies to investigate the impact of ambient temperature on vehicular exhaust emissions (VEE's); Noll et al. reported an air monitoring programme to determine the impact of highways on ambient air quality; the characteristics of turbulence and dispersion of pollutants near major roads was studied by Rao et al., Middleton et al., Brennan and McCrae (8-14). McCrae and Hickman reported vehicular air pollution studies in complex motorway interchange and topographically complex locations; Ashdown Environment Limited, Transport and Road Research Laboratory (TRRL) report gives a literature review of the perceived nuisances associated with VEE's (15, 16). Eskridge and Rao discuss the prediction of traffic induced turbulence and velocity fields near roadways (17). A number of case studies for various regions in different countries related to impact of vehicular emissions to the air quality have been reported by Longhurst et al., Heida et al., Suleiman et al. (18-20).

One of the most popular models for estimating pollutant concentrations due to vehicles is a Gaussian dispersion model - the HIWAY, developed by the US EPA (United States Environmental Protection Agency) (21). For an "at grade" road configuration, highway emissions, according to this model, are considered to be equivalent to a series of finite line sources; each lane of traffic is modelled as if it were a straight continuous, finite line source with uniform rate. However, investigations by Rao et al. indicated that the EPA-HIWAY model over-estimates pollutant concentrations adjacent to the highway (22). This over-estimation was found to be more significant under stable atmospheric conditions and for parallel wind-road orientation angles with low wind speeds. Petersen used the wind fluctuation data in a modified version of the original HIWAY model, which specified the dispersion parameters as a function of wind fluctuation statistics and found that there was significant improvement in the model performance over the existing version of the HIWAY model (23).

Another Gaussian based line source model is the California model-CALINE, that uses separate equations for calculating pollutant concentration under crosswind and parallel wind conditions (24). Later a series of improved versions of CALINE model were developed. CALINE-2 model, developed from the California model based on the Gaussian plume theory together with concepts of a box model, is described by Ward et al. (25). The model assumes that pollutants are well-mixed over the roadway upto fixed height-mixing cell concept, as assumed in the original version, but calculates concentrations differently. CALINE 3 is a state of the art Gaussian Plume line source

model that allows for the specification up to 10 finite length line source and up to 20 receptors; it automatically sums the contribution to each receptor from each link (26). This model has features not found in the HIWAY models (27). Among these are explicit considerations of averaging time, surface roughness, deposition velocity, elevated highway sections, and mixing cell volume. CALINE 4 on the other hand uses semi-empirical solution to the Gaussian diffusion equation (28). Another method developed at TRRL uses a set of graphs developed from computer model and takes into account vehicle flow, vehicle speed and distance of receptor from the roads (29). Meteorological and other variables, which also have a larger effect on pollutant concentrations, are not considered independently in this method because it provides an estimate of the maximum concentration likely to occur. Another screening model derived from a Gaussian dispersion model developed at the TRRL is technical design manual for roads and bridges (30). It was developed to determine approximate pollutant concentrations for current and new road schemes.

Using real and forecasted synoptic and upper air meteorological data, trajectories were produced at 980 and 700 mb pressure levels (31). Heavy and light smoke concentration zones were identified and air pollution forecast maps were prepared. In order to compare the results of air pollution forecasting system with the real concentration pattern of the smoke, satellite images, it was observed that the model results follow more or less the same pattern as the real smoke plume movement. The daily average values were also compared with the simulated smoke concentration pattern. Forecast turns out to be reliable about 80% of time and the performance of the model proved to be quite satisfactory by Husain et al. (31).

A Gaussian plume model and climatological dispersion model were used to estimate long-term concentration of non-reactive pollutants due to emissions from area and point sources (32). The results obtained from two models were found to be in good agreement with the observed values by Goyal et al. (32).

Annual average oxides of nitrogen (NO_x) emission and ambient air pollution concentrations were estimated over a 1552 km² area with a resolution of up to 20 m, using emissions estimates and the second generation ADMS-urban Gaussian dispersion model by Peace et al. (33). The results confirmed that the areas most likely to exceed air quality objectives were typically close to main arterial routes and close to urban centres and that the major culprits of road traffic related air pollution were goods vehicles and car journeys over 8km, and were also discussed the implications of the results and suggested how there could be used in the assessment of actions to reduce air pollution concentrations.

In this study, the contribution degree of the exhaust emissions to the environmental resulting from the vehicle internal combustion engines polluting and the factors affecting the polluting are investigated. The dispersion of the pollution is determined by meteorological and vehicle parameters and compared with the experimental results.

2. MATERIAL AND METHOD

The polluting parameters are measured with the strescopic techniques utilizing modern transportable air pollution measuring device. Using techniques and measured parameters are shown as in table 1. The mark of device used was SAM 32 MUX ENVIROMENTS.A.

Table 1. Measured Parameters and Measurement Technique

Measured Parameters	Measurement Technique
SO ₂	UV Spectroscopy
NO ₂	Cumulonimbus
CO	IR Absorption
O ₃	UV Spectroscopy

The measurement of exhaust emissions were fullfilled with SUN mark MA-1200 Model Exhaust Gaz Analyzer device. By means of this device, carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), hydrocarbon (HC), oxygen (O₂), temperature and air-fuel ratio (λ) are measured.

Polluting parameters and exhaust emissions were measured in first 5 days in months and measurements were caried out during one year. The results given in this paper are the mean of 60 days measurements in one year.

In research area, to investigate the effects to the enviroment resulting from emissions of the internal combustion engine are chosed the intensive area due to the population and traffic and the measurements are taken the determined zone.

The studies in these areas;

- The traffic running speeds are measured in determined time intervals and the hourly and daily number of vehicles are specified. Number of vehicles and vehicle speed are taken on an average 20.84 vehicle/minute and 33.43 km/h, respectively.
- Exhaust emissions measurements are done within the research zone and the vehicles dissolved to the various tips are accepted the spot source.

2.1. Determination of Dispersion Coefficients

The dispersion coefficients are variable parameters with respect to the σ_y (m) and σ_z (m) diffusion coefficients, bulk diffusion, wind speed, distance from the source (x) and atmospheric stability categories. For this reason, atmospheric stability categories are to be known to use dispersion coefficients in dispersion equations. Stability categories progressed by Turner (34) are also shown in table 2. Here, (x) is called the distance of the source in table 3.

Table 2. Stability Categories

Surface Wind Speed (m/s)	Day Time			Night	
	Sun Radiation			Closed or ≥ 4/8 Cloudly (4)	3/8 ≤ Cloudly (5)
Category	High(1)	Medium(2)	Low(3)		
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Table 3. Various Stability Categories for σ_y and σ_z Values

x (km)	σ_y (m)						σ_z (m)					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
0.1	27	19	13	8	6	4	14	11	7	5	4	2
0.2	50	36	23	15	11	8	29	20	14	8	6	4
0.4	94	67	44	29	21	14	72	40	26	15	11	7
0.7	155	112	74	48	36	24	215	73	43	24	17	11
1.0	215	155	105	68	51	34	455	110	61	32	21	14
2.0	390	295	200	130	96	64	1950	230	115	50	34	22
4.0		550	370	245	180	120		500	220	77	49	31
7.0		880	610	400	300	200		780	360	109	66	39
10.0		1190	840	550	420	275		1350	510	135	79	46
20.0		2150	1540	1000	760	500		2900	950	205	110	60

Most of the mathematical models are based on the modification of Gaussian Dispersion Model determining the dispersion of pollutant emissions in atmosphere. The regulation of air quality protection also is regulated according to the Gaussian Dispersion Model. Emri et al. (35) compared three different models which are called Gaussian Model, Rollback Model and Simple Source Model. It was explained that Gaussian Dispersion Model gives more similar results among the other methods.

Line Source Model which is modified version of Gaussian model is the most appropriate for small-sized mobile source models.

In circumstances in which a few point sources are along the line or vehicle with internal combustion engine going on a line are evaluated as a line source. The CO concentration values in the crosswind case, when wind is normal to the road, the ground level concentration of pollutants obtained by equation 1 are compared with the CO concentration of measured values.

$$C(x,0) = \frac{2Q}{(2\pi)^{1/2} U \sigma_z} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \right] \quad (1)$$

where;

- $C(x,O)$: Ground level CO concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Q : Source strength ($1/\text{gr s}$)
- U : Surface wind speed (m/s)
- H : Pollutant source height (m)
- σ_z : Vertical dispersion parameter (m).

3. RESULTS

Increment of CO concentration was determined when the vehicle number increased (figure 1). It is observed that especially at evening time CO concentration is doubled. More attentions are required during the evening time for CO concentration. Increasing of CO concentration was designated with decreasing the vehicle speed (figure 2). There is no clear relation between CO concentration and vehicle speed.

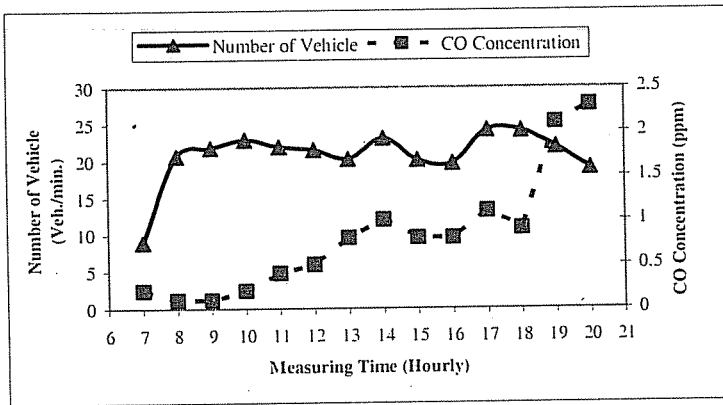


Figure 1. Variation of CO concentration with number of vehicle

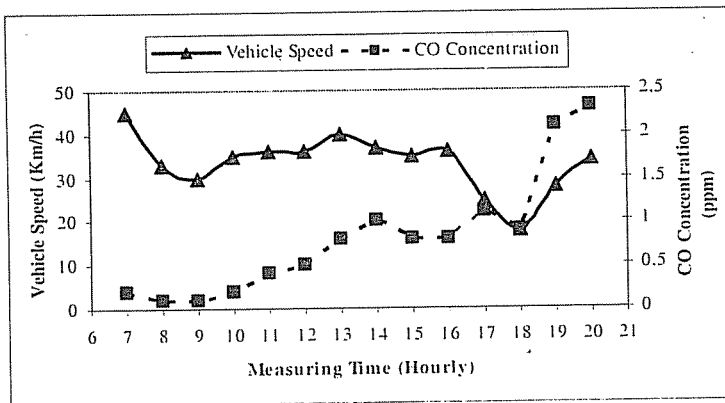


Figure 2. Variation of CO concentration with vehicle speed

When the relationship between CO concentration and wind speed are investigated, it is shown in figure 3 that when the wind speed increases, CO concentration decreases, or it's adwers is also valid. Any roads carrying heavy traffic must be designed to the direction of dense wind and should be as far as possible to the long buldings those will prevent the wind.

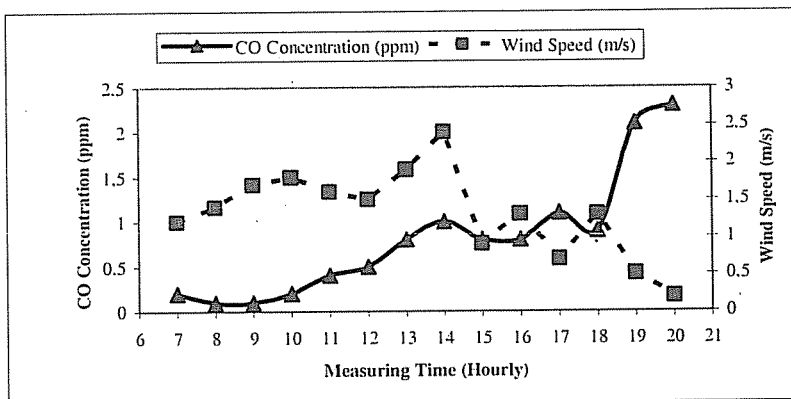


Figure 3. Variation of CO concentration with wind speed

Variation of CO propertion from 0.1km distance according to the measurement time of day with CO concentration measured on way-side are shown in figure 4. It is shown that the measured CO concentration is in good agreement with the calculated CO concentration and there is no dilution at 0.1km distance. It is shown in figure 5 that CO concentration calculated at 0.2km distance from the way-side was lower than the measured CO concentration next to the way-side. It is shown in figure 6 that CO concentration at 0.4km distance from the source is lower with respect to the calculated values at 0.1km and 0.2km distance in the course of time. It is shown in figure 7 that the CO concentration calculated at 1 km distance from the source has decreased in large quantity according to the measured values on way-side. The dilution of CO concentration calculated at 2km distance from the source is larger than that of measured values (figure 8). It is shown in figure 8 that values obtained is negligible because of the dilution, or it is about to complete the half-life. Figure 9 illustrates that the CO concentration calculated at 4 km distance from the source. It can be concluded from this figure that CO concentration at 4 km distance from the sorce is completed its half-life. For a healty life, the living areas should be mimimum 1km away from the heavy traffics like motorways and main roads.

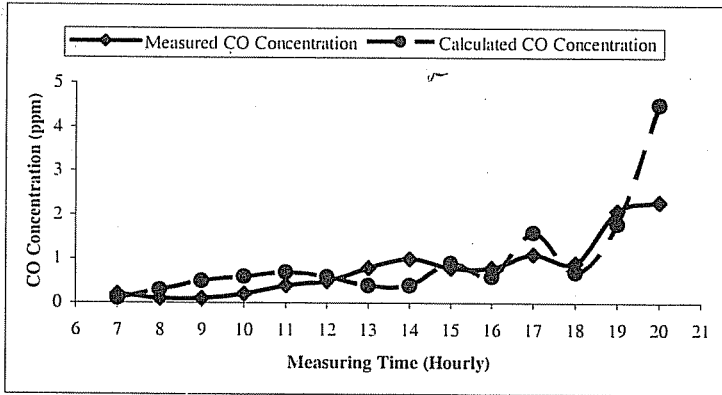


Figure 4. CO concentration (0.1 km distance from source)

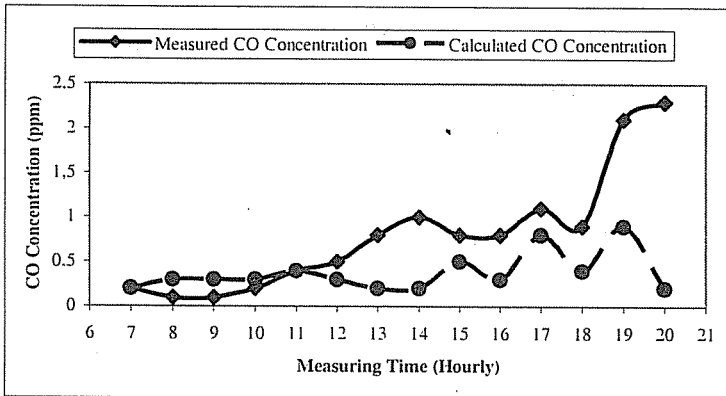


Figure 5. CO concentration (0.2 km distance from source)

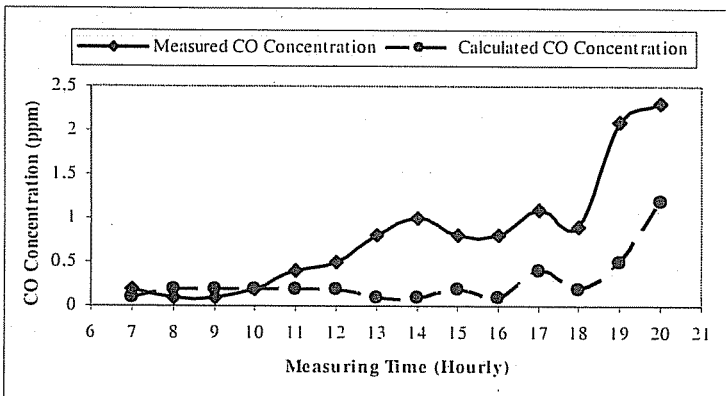


Figure 6. CO concentration (0.4 km distance from source)

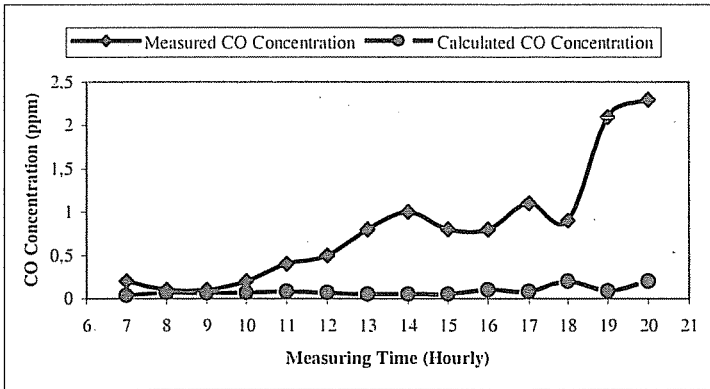


Figure 7. CO concentration (1 km distance from source)

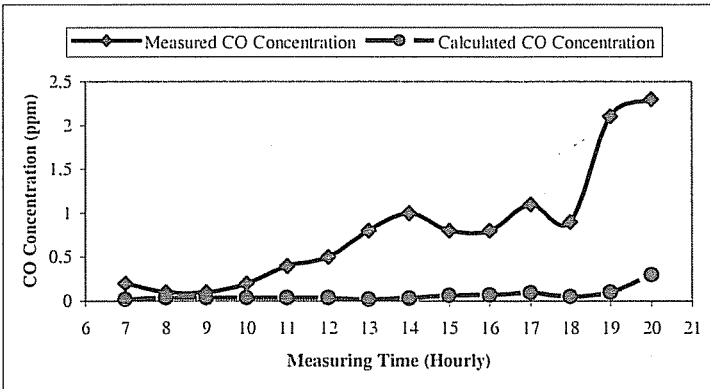


Figure 8. CO concentration (2 km distance from source)

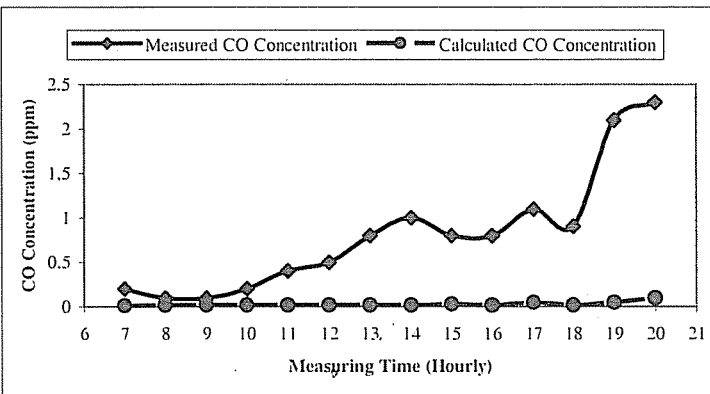


Figure 9. CO concentration (4 km distance from source)

4. CONCLUSIONS

In developing cities, as a result of the growth in population, fuel consumption for heating and transportation brings the air pollution along. Proportional to the growth in population, number of vehicles with internal combustion engines grows and forms a major threat as a polluting source. Although the intensities that occur in the vehicle traffic due to increasing population provide an improvement individually in social point of view, their effects on the society and the environment ecologically is so much. Besides the technical studies of projects that are planned in order to minimize these negative effects caused by the traffic, their environmental studies must also be performed and the projects must be handled as a whole. With the environmental assessments made, projects that will provide benefit from the environmental and economic point of view must be applied. The effects that occur or that will occur must be determined, the most appropriate solutions must be searched as the result of the comparisons made between the existing condition and national and international standards and the necessary precautions must be taken as the result of these comparisons.

5. REFERENCES

1. Waller, R.E., Commins, B.T. and Lawther, P.J., "Air pollution in a city street", *Br. J. Ind. Med.* 22, pp.128-138, 1965.
2. Chovin, P., "Carbon monoxide: analysis of exhaust gas investigations in Paris", *Environ. Res.* 1, pp.198-216, 1967.
3. Clayton, G.D., Cook, W.A. and Fredrick, W.G., "A study of the relationship of street level carbon monoxide concentrations to traffic accidents", *J. Am. Ind. Hyg. Ass.* 21, pp.46-54, 1960.
4. Fussel, D.R., "Atmospheric pollution from petrol and diesel engine vehicles", *Petrol. Rev.* pp. 192-202, 1970.
5. Noll, K.E., Miller, T.L., "Design of highway air monitoring surveys", Vol. I, Publication of the Federal Highway Administration, 1975a.
6. Noll, K.E., Miller, T.L., "Highway air quality monitoring manual", Vol II, Publication of the Federal Highway Administration, 1975b.
7. Noll, K.E., Burdick, J.C., Miller, T.L., Gilbert, J., Rainey, R.H. Jr., Jones, K., "Highway air monitoring data summary and general solutions to the highway line source model", Department of Civil Engineering, University of Tennessee, 1974.
8. Eccleston, B.H., Hurn, R.W., "Ambient Temperature and Vehicle Emissions", Bureau of Mines, EPA-460/3-74-028, PB 247692, Bartlesville, OK, 1974.
9. Heinmiller, W., "Effect of low temperature on the exhaust emissions and fuel economy of 84 automobiles in Chicago", Office of Mobile Source Air Pollution Control, Technical Report 78-3, US EPA, 1978.
10. Ostrouchov, N., "Effect of cold weather on motor vehicle emissions and fuel economy", *Fishers and Environment*, SAE-780084, 1978.
11. Noll, K.E., Miller, T.L., Rainey, R.H., May, R.C., "Air monitoring program to determine the impact of highways on ambient air quality", NTIS-PB-253-046, 1977.
12. Rao, S.T. and Kenan, M.T., "Suggestions for improvement of the EPA-HIWAY model", *J. Air Pollut. Control Assoc.* 30, pp.247-256, 1980.

13. Middleton, D.R., Butler, J.D. and Colwill, D.M., "Gaussian plume dispersion model applicable to a complex motorway interchange", *Atmos. Environ.* 13, pp.1039-1049, 1979.
14. Brennan, V.H., McCrae, I.S., "Pollution levels near a motorway in cutting", In: Grefen, Lobel (Eds.), *Environmental Meteorology*, 1988.
15. McCrae, I.S., Hickman, A.J., "Air pollution from traffic in topographically complex locations", *Proceedings of the Third International Symposium on Highway Pollution*, FRG, Munich, September 1989.
16. Ashdown Environment Limited, *Perceived Nuisances of Vehicle Exhaust Emissions: A Literature Review*, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, 1989.
17. Eskridge, R.E., and Rao, S.T., "Measurement and prediction of traffic-induced turbulence and velocity fields near roadways", *J. Appl. Met.* 22, p.1431, 1983.
18. Longhurst, J.W.S., Lindley, S.J., Conlan, D.E., "Towards local air quality management in the United Kingdom", *Air Pollution II*, Vol.2, Pollution Control and Monitoring, Computational Mechanics Publications, pp.525-532, Southampton, Boston, 1994.
19. Heida, H., Jong, A.L., Muchall, R.C., "Traffic related environmental impact mapping in downtown Amsterdam. Air Pollution II Vol.1: Computer Simulation", *Second International Conference on Air Pollution*, Computational Mechanics Publications, pp.385-392, Boston, 1994.
20. Suleiman, T.I.A., Khateeb, G.G.A., Rabi, A.Z., Awad, A.R., "Effect of traffic on air pollution areas-case study in Jordan, Air Pollution II Vol.1: Computer Simulation", *Second International Conference on Air Pollution*, Computational Mechanics Publications, pp. 367-376, Southampton, Boston, 1994.
21. Zimmerman, J.R., Thompson, R.S., "User's guide for HIWAY, a highway air pollution model", EPA-650/4-74-008, 1975.
22. Rao, S.T., Sisla, G. and Wilson, J.S., "An evaluation of some commonly used highway dispersion models", *J. Air Pollut. Control Assoc.* 30, pp.239-246, 1980.
23. Petersen, W.B., "A pilot study on dispersion near roadways", EPA-600/4-78-044, 1978.
24. Beaton, J.L., Ranzieri, A.J., Shirley, E.C., Skog, J.B., "Mathematical approach to estimating highway impact on air quality", *Fed. Highway Administration Report No. FHWA-RD-72-36*, Washington, 1972.
25. Ward, C.E., Ranzieri, A.J., Shirley, E.C., "CALINE 2- An improved microscale model for the dispersion of air pollutants from a line source", *Federal Highway Administration Report, FHWA-RD-77-74*, Washington, 1977.
26. Benson, P.E., "CALINE-3: A versatile dispersion model for predicting air pollutant levels near highways and arterial roads", *Final Report. FHWA/CA/TL-79/23*, California Department of Transportation, Sacramento, 1979.
27. Cohn, L.F. and McRoy, G.R., "Environmental Analysis of Transportation Systems", Wiley, New York, 1982.
28. Benson, P.E., "CALINE-4: A dispersion model for predicting air pollution concentration near roadways", *Final Report. FHWA/CA/TL-84/15*, California Department of Transportation, Sacramento, 1989.

29. Waterfield, V.H., Hickman, A.J., "Estimating air pollution from road traffic: a graphical screening method", TRRL Report SR 752, Transport and Road Research Laboratory Assessment Division, Transport System Department, Crowthorne, Berkshire, 1982.
30. Design Manual for Roads and Bridges, Vol.11, Environmental Assessment, Section 3, Part 1-Air Quality. Department of Transport HMSO, London.
31. Husain, T. and Shuail, M.K., "Impact assessment and forecasting of soot from Kuwaiti oil fires using a modelling approach", Atmospheric Environment, Vol.28, Issue 13, pp. 2175-2196.
32. Goyal, P., Singh, M.P. and Bandyopadhyay, T.K., "Environmental Studies of SO₂, SPM and NO_x over agra, with various methods of treating calms", Atmospheric Environment, Vol.28, Issue 19, pp. 3113-3123, 1994.
33. Peace, H., Owen, B. and Raper, D.W., "Identifying the contribution of different urban highway air pollution sources", Environment Modelling and Software, 2005.
34. Özdemir, H.İ.P., "Investigation of environmental effects of internal combustion engines", Ph.D. Thesis (In Turkish), Çukurova University, Institute of Natural and Applied Sciences, Adana, 2002.
35. Emri, M., Culfaz, M., "Determination of air pollutant dispersion in thermic central", Combustion and Air Pollution Control, I. National Symposium, pp. 577-591, Ankara, 1991.

A COMPARISON BETWEEN THE BACK-PROPAGATION (BPN) AND GENERAL-REGRESSION NETWORKS (GRNN) IN THE MODELING OF THE SPOT WELDING PROCESS

Uğur EŞME and İrem ERSÖZ

M.U., Faculty of Tarsus Technical Education, Tarsus/Türkiye

Arif ÖZBEK

Ç.U., Department of Mechanical Engineering, Adana/Türkiye

Funda KAHRAMAN and Aysun SAĞBAŞ

M.U., Faculty of Tarsus Technical Education, Tarsus/Türkiye

ABSTRACT : *The use of neural networks techniques to model spot welding is explored in this paper. Both the back-propagation (BPN) and General Regression Neural Networks (GRNN) are used to associate the welding process parameters with the features of the tensile shear strength. A comparison between the back-propagation and general regression neural networks in the modeling of the spot welding process is given. It is shown that both the back-propagation and general regression neural networks can model the spot welding process with reasonable accuracy. However, general regression neural network has better learning ability for the spot welding process than the back-propagation network, although the back-propagation network has better generalization ability for the spot welding process than does the general regression neural network.*

DİRENÇ KAYNAĞININ MODELLENMESİNDE GERİ YAYILMALI VE GENEL REGRESYONLU SİNİR AĞLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET : *Bu çalışmada direnç kaynağının modellenmesinde geri yayılmalı (BPN) ve genel regresyonlu (GRNN) yapay sinir ağları metodu kullanılmıştır. Çekme mukavemeti her iki modelleme tekniği ile modellenerek sonuçlar birbiri ile kıyaslanmıştır. Bu çalışma ile direnç kaynağının modellenmesinde her iki modelleme yönteminin kullanılabileceği kanıtlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, genel regresyonlu sinir ağları metodunun bu yöntemde daha kesin ve düşük hata ile sonuç verdiğini göstermiştir. Bu çalışma aynı zamanda, geri yayılmalı yapay sinir ağlarının direnç kaynağın da parametre genelleştirmesinde geri yayılmalı yapay sinir ağlarının genel regresyonlu modellemeden daha etkin olduğu nu göstermiştir.*

1. INTRODUCTION

In recent years, neural networks have become a very useful tool in the modeling of the input–output relationships of complicated systems [1-2]. This is because neural networks have an excellent ability to learn and to generalize (interpolate) the complicated relationships between input and output variables. Several applications of neural networks to the welding process have been reported in the literature [3–5]. In this paper, the use of neural network techniques to model the Spot welding process is studied. In general, the back-propagation network (BPN) seems to be the most utilized neural network [1,6]. This is primarily because the back-propagation network is a multi-layer neural network. The multi-layer network has a greater representational power for dealing with highly non-linear, strongly coupled, multi-variable systems. In this paper, both the back-propagation and general regression networks are used to model the spot welding process. In what follows, the back-propagation and general regression networks are described first. The use of the back propagation and general regression networks in the modeling of the spot welding process is studied.

2. NEURAL NETWORKS

It is well known that modeling the relationships between the input and output variables for non-linear, coupled, multi-variable systems is very difficult. In recent years, neural networks have demonstrated great potential in the modeling of the input–output relationships of complicated systems [1-2]. Consider that $X=\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ is the input vector of the system where m is the number of input variables and $Y=\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ is the corresponding output vector of the system where n is the number of output variables as shown in Figure 1: In this section, the use of back-propagation and general regression networks to construct the relationships between the input vector X and output vector Y of the system will be explored.

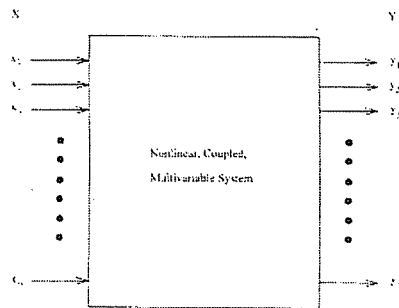


Figure 1. A non-linear, coupled, and multi-variable system [1]

2.1. Back-Propagation Networks (BPN)

The back-propagation network is composed of many interconnected neurons that are often grouped into input, hidden and output layers. The neurons of the input layer are used to receive the input vector X of the system and the neurons of the output layer are used to generate the corresponding output vector Y of the system. The back-propagation network used in this study is shown in Figure 2. For each neuron (shown in Figure 2), a summation function for all the weighted inputs is calculated as:

$$net_j^k = \sum_i w_{ji}^k o_i^{k-1} \tag{1}$$

where net_j^k is the summation function for all the inputs of the j -th neuron in the k -th layer, w_{ji}^k is the weight from the i -th neuron to the j -th neuron and o_i^{k-1} is the output of the i -th neuron in the $(k-1)$ -th layer.

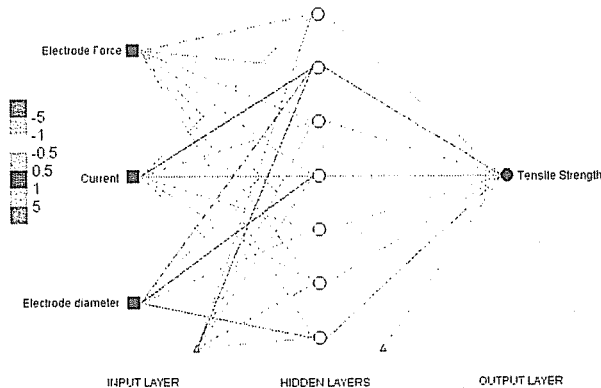


Figure 2. Back Propagation Neural network used for predicting tensile strength

As shown in Eq. (1), the neuron evaluates the inputs and determines the strength of each one through its weighting factor, i.e. the larger the weight between two neurons, the stronger is the influence of the connection [1]. The result of the summation function can be treated as an input to an activation function from which the output of the neuron is determined. The output of the neuron is then transmitted along the weighted outgoing connections to serve as an input to subsequent neurons. To modify the connection weights properly, a supervised learning algorithm [6] involving two phases is employed. The first is the forward phase which occurs when an input vector X is presented and propagated forward through the network to compute an output for each neuron. Hence, an error

between the desired output y_j and actual output o_j of the neural network is computed. The summation of the square of the error E can be expressed as:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n (y_j - o_j)^2 \quad (2)$$

The second is the backward phase which is an iterative error reduction performed in a backward direction. To minimize the error between the desired and actual outputs of the neural network as rapidly as possible, the gradient descent method, adding a momentum term [6], is used. The new incremental change of weight $\Delta w_{ij}^k(n+1)$ can be expressed as:

$$\Delta w_{ij}^k(n+1) = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{ij}^k} + \alpha \Delta w_{ij}^k(n) \quad (3)$$

where η is the learning rate, α is the momentum coefficient and n is the index of iteration. Through this learning process, the network memorizes the relationships between input vector X and output vector Y of the system through the connection weights.

2.2. General Regression Neural Networks (GRNN)

The GRNN introduced by Donald Specht in 1990 is a memory-based feed forward neural network based on the approximate estimation of the probability density function (pdf) from observed samples using Parzen-window estimation [7]. It approximates any arbitrary function between input and output vectors. This approach removes the necessity to specify a functional form of estimation.

The method utilizes a probabilistic model between an independent random vector X (input) and a dependent scalar random variable Y (output). Let x and y be the particular measured values of X and Y , respectively, and $g(X, Y)$ be the joint continuous probability density function of X and Y . A good choice for a non-parametric estimate of the probability density function g is the Parzen window estimator as proposed by Parzen and performed for multidimensional cases by Cacoullos [8]. Given a sample of n real D dimensional x_i vectors and corresponding scalar y_i values, the estimate of joint probability density in GRNN is given by;

$$\hat{g}(x, y) = \frac{1}{(2\pi)^{d/2} \sigma^{d/2}} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\exp\left(-\frac{(x-x_i)^T(x-x_i)}{2\sigma^2}\right) \exp\left(-\frac{(y-y_i)^2}{2\sigma^2}\right) \right] \quad (4)$$

where σ is the window width of a sample probability, called the smoothing factor of the kernel [9]. The expected value of Y given x (the regression of Y on x) is given by;

A COMPARISON BETWEEN THE BACK-PROPAGATION (BPN) AND GENERAL-REGRESSION NETWORKS (GRNN) IN THE MODELING OF THE SPOT WELDING PROCESS

$$E[Y/x] = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} Y \cdot g(x, Y) dY}{\int_{-\infty}^{+\infty} g(x, Y) dY} \quad (5)$$

Using Eq. (4), Eq. (5) becomes;

$$\hat{y}(x) = E[Y/x] = \frac{\sum_{i=1}^n [y_i \exp(d_i)]}{\sum_{i=1}^n \exp(d_i)} \quad (6)$$

where d_i is the distance between the input vector and the i^{th} training vector, and is given by;

$$d_i^2 = -\frac{(x-x_i)^T(x-x_i)}{2\sigma^2} \quad (7)$$

The estimate $\hat{y}(x)$ is thus a weighted average of all the observed y_i values where each weight is exponentially proportional to its Euclidean distance from x .

As shown in Figure 3, the structure of the GRNN consists of 4 layers; the input layer, the hidden (pattern) layer, the summation layer and the output layer. As a preprocessing step, all input variables of the training data are scaled. Then, they are copied as the weights into the pattern units.

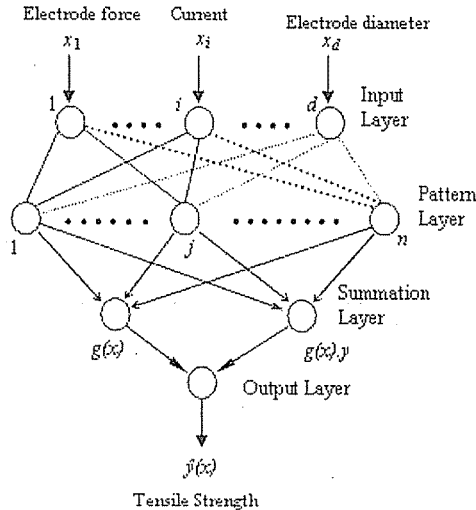


Figure 3. Constructed GRNN network

As a preprocessing step, all input variables of the training data are scaled. Then, they are copied as the weights into the pattern units. The summation layer has two units that can be denoted as the numerator and the denominator of eq. (6). The output layer gives the estimate of the expected value of $\hat{y}(x)$. If y and \hat{y} are the vector variables, the results above are generalized by adding with one summation unit for each component of \hat{y} in the output layer.

The only adjustable parameter of the network is σ , the smoothing factor for the kernel function. It is critical to decide an optimum value for σ . The larger values of this factor cause the density to be smooth, and $\hat{y}(x)$ then converges to the sample mean of the observed y_i . On the other hand, when σ is chosen very small, the density is forced to have non-gaussian shapes. Then, the oscillatory points have a bad effect on the estimate. All values of y_i are taken into account where the points closer to x are given heavier weights, if the optimum value of σ is selected [10].

The main advantage of GRNN according to other techniques is fast learning. It is a one-pass training algorithm, and does not require an iterative process. The training time is just the loading time of the training matrix. Also, it can handle both linear and non-linear data because the regression surface is instantly described everywhere, even just one sample is enough for this. Thus, other existing pattern nodes tolerate faulty samples. Another advantage is the fact that adding new samples to the training set does not require recalibration of the model. As the sample size increases, the estimate surface converges to the optimal regression surface. Thus, it requires many training samples to span the variation in the data and all these to be stored for the future use. Solely, this causes a trouble of an increase in the amount of the computation to evaluate new points. In the course of time, highly improvements in the speed of the computer's processing power prevent this being a major problem. Furthermore, this also can be overcome by applying the various clustering techniques for grouping samples that each center is represented by this group of samples [10]. However, there is only one disadvantage that there is no intuitive method for choosing the optimal smoothing factor.

3. EXPERIMENTAL RESULTS

3.1. Modeling of Spot Welding Process Using Neural Networks

Modeling of the spot welding process with neural networks is composed of two phases: training and testing of the neural networks with experimental welding data. To properly train and test the neural networks, experimental welding data listed in Table 1 is normalized in the range between 0 and 1. The convergence criterion for the developed networks is determined by the average root-mean square (R.M.S.) error E_{RMS} between the desired output value y_j and predicted output value, \hat{y}_j i.e.:

A COMPARISON BETWEEN THE BACK-PROPAGATION (BPN) AND GENERAL-REGRESSION NETWORKS (GRNN) IN THE MODELING OF THE SPOT WELDING PROCESS

$$E_{RMS} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})^2} \quad (8)$$

where p is the number of training or testing data and n is the number of variables in the output vector Y . As given in Table 2, the error sums for BPN and GRNN were found as 5.07 with error average of 0.140 for back propagation network and 2.17 with error average of 0.06 for general regression neural network models. Also, another comparison parameter for both modeling technique is CPU time. The CPU time or elapsed times for BPN and GRNN networks were found to be as 1.50 min and 0.40 sec respectively. As shown in Figure 4, close agreement with very small sum of errors were obtained between actual and predicted results obtained from back propagation and general regression networks.

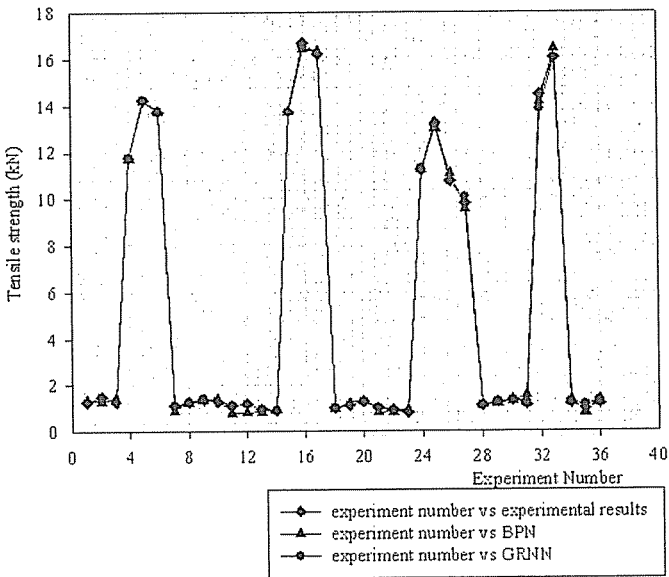


Figure 4. Graphical representation of comparison of the predicted and actual results

Table 1. Experimental results used for testing and train the neural network models

Experiment No	Electrode force F (kN)	Welding current I (A)	Electrode diameter d (mm)	Tensile Strength (kN)
1	4.9	14.40	9.5	1.30
2	4.9	16.20	9.5	1.50
3	4.9	17.00	9.5	1.30
4	4.9	14.40	11	11.75
5	4.9	16.20	11	14.23
6	4.9	17.50	11	13.75
7	4.9	14.40	13	1.10
8	4.9	16.20	13	1.25
9	4.9	17.00	13	1.40
10	4.9	17.50	13	1.30
11	7.85	14.40	9.5	1.10
12	7.85	16.20	9.5	1.20
13	7.85	17.00	9.5	0.95
14	7.85	17.50	9.5	0.88
15	7.85	14.40	11	13.75
16	7.85	17.00	11	16.70
17	7.85	17.50	11	16.20
18	7.85	14.40	13	1.00
19	7.85	16.20	13	1.10
20	7.85	17.00	13	1.30
21	8.83	16.20	9.5	1.00
22	8.83	17.00	9.5	0.90
23	8.83	17.50	9.5	0.80
24	8.83	14.40	11	11.25
25	8.83	16.20	11	13.25
26	8.83	17.00	11	10.75
27	8.83	17.50	11	9.80
28	8.83	14.40	13	1.10
29	8.83	16.20	13	1.25
30	8.83	17.00	13	1.35
31	4.9	17.50	9.5	1.15
32	4.9	17.00	11	14.46
33	7.85	16.20	11	16.03
34	7.85	17.50	13	1.20
35	8.83	14.40	9.5	0.95
36	8.83	17.50	13	1.20

A COMPARISON BETWEEN THE BACK-PROPAGATION (BPN) AND GENERAL-REGRESSION NETWORKS (GRNN) IN THE MODELING OF THE SPOT WELDING PROCESS

Table 2. Comparison of BPN and GRNN results

	Experiment No	Actual Tensile Strength (kN)	Back Propagation Neural Network Results (BPN)		General Regression Neural Network Results (GRNN)	
			<i>predicted</i>	<i>error</i>	<i>predicted</i>	<i>error</i>
TRAIN DATA	1	1.30	1.37	-0.07	1.30	0.00
	2	1.50	1.31	0.19	1.49	0.01
	3	1.30	1.43	-0.13	1.31	-0.01
	4	11.75	11.75	0.00	11.75	0.00
	5	14.23	14.22	0.01	14.23	0.00
	6	13.75	13.75	0.00	13.75	0.00
	7	1.10	0.89	0.21	1.10	0.00
	8	1.25	1.24	0.01	1.26	-0.01
	9	1.40	1.35	0.05	1.37	0.03
	10	1.30	1.39	-0.09	1.32	-0.02
	11	1.10	0.80	0.30	1.10	0.00
	12	1.20	0.81	0.39	1.19	0.01
	13	0.95	0.84	0.11	0.94	0.01
	14	0.88	0.95	-0.08	0.90	-0.02
	15	13.75	13.73	0.02	13.72	-0.03
	16	16.70	16.43	0.27	16.52	0.18
	17	16.20	16.32	-0.12	16.25	-0.05
	18	1.00	0.97	0.03	1.00	0.00
	19	1.10	1.21	-0.11	1.11	-0.01
	20	1.30	1.32	-0.02	1.29	0.01
	21	1.00	0.81	0.19	1.00	0.00
	22	0.90	0.84	0.06	0.88	0.02
	23	0.80	0.92	-0.12	0.82	-0.02
	24	11.25	11.25	0.00	11.28	-0.03
	25	13.25	13.03	0.22	13.13	0.12
	26	10.75	11.09	-0.34	10.69	0.06
	27	9.80	9.58	0.22	10.09	-0.29
	28	1.10	1.13	-0.03	1.10	0.00
	29	1.25	1.21	0.04	1.25	0.00
	30	1.35	1.31	0.04	1.34	0.01
TEST DATA	31	1.15	1.57	-0.42	1.30	-0.15
	32	14.46	14.16	0.30	13.81	0.65
	33	16.03	16.42	-0.39	16.03	0.00
	34	1.20	1.37	-0.17	1.30	-0.10
	35	0.95	0.80	0.15	1.12	-0.17
	36	1.20	1.37	-0.17	1.35	-0.15
<i>ERROR SUM=5.07</i>					<i>ERROR SUM=2.17</i>	
<i>Average=0.140</i>					<i>Average=0.06</i>	
<i>CPU time=1.5 min</i>					<i>CPU time=0.40 sec</i>	

4. CONCLUSIONS

This paper has described a neural network approach and comparison of Back Propagation Networks (BPN) and General Regression Neural Networks (GRNN) networks for the modeling of spot welding process. Both the BPN and GRNN networks were used to construct the complicated relationships between the welding process parameters and the tensile strength. Various network configurations for the modeling of the spot welding process have been studied. The experimental results show that the GRNN network has better learning ability (with error sum of 2.17) for the spot welding process than the BPN (with error sum of 5.07) network. In addition to this, BPN network consumed more CPU time (elapsed time 1.5 min) than the GRNN (elapsed time 0.40 sec). However, the back-propagation network has better generalization ability for the spot welding process than the general regression neural network modeling.

5. REFERENCES

1. Juang, S.C., Tarn, Y.S. and Lii, H.R., "A comparison between the back-propagation counter-propagation networks in the modeling welding process", *Journal of Materials Processing Technology* 75, 54–62, (1998).
2. Freeman, J.A. and Skapura, D.M., "Neural Networks: Algorithms, Application and Programming Techniques", Addison-Wesley, New York, 1991.
3. Andersen, K., Cook, G.E., Karsai, G. and Ramaswamy, K., "Artificial neural networks applied to arc welding process modeling and control", *IEEE Trans. Ind. Appl.* 26 (5) 824–830, (1990).
4. Zeng, X.M., Lucas, J. and Fang, M.T.C., "Use of neural networks for parameter prediction and quality inspection in TIG welding", *Trans. Inst. Meas. Control* 15 (2), 87–95, (1993).
5. Jin, B., Soeda, M. and Oshima, K., "Control of weldpool width and cooling time in TIG welding using a neural network model", *Welding Int.* 10 (8), 614–621, (1996).
6. McClelland, J. and Rumelhart, D., "Parallel Distributed Processing", vol.1, MIT Press, Cambridge, MA, 1986.
7. Specht, D., "A General Regression Neural Network", *IEEE Trans. Neural Networks*, Vol. 2, No 6, pp. 568–576, (1991).
8. Cacoullos, T., "Estimation of a multivariate density", *Annals of Inst. Stat. Math.*, vol. 18, pp. 178–189, (1996).
9. Yeung, D., Chow, C., "Parzen Window Network Intrusion Detectors" *Proceedings of the Sixteenth International Conference on Pattern Recognition. Quebec City, Canada, Vol.4, pp.385–388, (2002).*
10. Ersoz, I., Ibrikci, T., Cakmak, A., Ersoy, O.K., "Secondary Structure Prediction of Hemoglobin by Neural Networks", *ANNIE 2004 Artificial Neural Networks in Engineering, University of Missouri-Rolla, Missouri, USA, 2004.*

DATA EXTRACTION FROM COMPUTER AIDED DESIGN PACKAGE AND FIND OPTIMAL OR NEAR-OPTIMAL OPERATION SEQUENCES USING GENETIC ALGORITHM FOR ROTATIONAL PARTS

Durmuş Ali BİRCAN

Ç.U., Department of Mechanical Engineering, Adana/Türkiye

ABSTRACT : *The use of CAD database saves a considerable amount of work and time to transform the design model represented in CAD into a feature model for process planning. The purpose of this study is to find optimal or near-optimal operation sequences using a heuristic search technique based on genetic algorithm for rotational parts. For this purpose, a set of software, such as, data extraction from Computer Aided Design packages, feature extraction of part to be machined, generating all possible machining sequences for the part, generating the precedence graph is developed. The effective optimization of sequences is obtaining by considering tool changes to reduce, tool traveling time, and machine utilization, the cost and the production time of the component.*

Keywords: CAD, CAM, CAPP, genetic algorithms, data extraction, integration

DÖNEL PARÇALAR İÇİN CAD PAKETİNDEN BİLGİ ÇIKARIMI VE OPTİMUM VEYA OPTİMUMA EN YAKIN İŞLEM SIRALAMALARININ GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK BELİRLENMESİ

ÖZET: *Bilgisayar destekli tasarım verilerinin kullanımı, CAD içerisindeki tasarım modelinin işlem planlaması için unsur modeline dönüştürülmesi aşamasında önemli ölçüde iş ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Bu çalışmada amaçlanan, dönel parçalar için optimum veya optimuma en yakın işlem sıralamalarının, genetik algoritmaya dayalı heuristik araştırma tekniği kullanılarak belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda, CAD paketinden bilgi çıkarımı, işlenecek parçanın unsur bilgilerinin elde edilmesi, parça için mümkün olan tüm işlem sıralarının belirlenmesi ve öncelik grafiğinin hazırlanması gibi modüller geliştirilmiştir. Yapılan uygun bir işlem sırası optimizasyonu ile kalem değiştirme ve kalemin boşta gezme zamanı düşürülmekte ve buna bağlı olarak tezgahın maksimum seviyede faydalanılmaktadır. Diğer bir ifade ile iş parçasının üretim zamanı ve maliyeti önemli ölçüde düşürülmektedir.*

1. INTRODUCTION

Process planning is the systematic determination of the methods by which a product is to be manufactured economically and competitively. It acts as a bridge between design and manufacturing by translating design specification into process details. This means that process planning essentially determines how the component to be manufactured. Hence, it is the major determinant factor of manufacturing cost and profitability of products.

Process planning systems are divided into manual, variant, generative and expert process planning systems. The manual experience-based process planning method is widely used. However, the biggest problem with this approach is that it is time consuming and the plans may not be consistent. Because, the skills of designing and realizing a product are seldom integrated in one and in the same person due to the division of labour. Moreover, the complexity of today's products requires that specialists from several domains that are involved in product design and manufacturing.

With the advent of computers, a large amount of different software tools has come into existence in order to facilitate particular tasks in the product realisation process. However, different software tools are restricted to specific tasks and have difficulty in communicating with one another. It is of great importance that these computer tools are provided with or communicate the right kind of information, in order to realise products that comply with customer demands that can be manufactured at reasonable cost.

There are number of obstacles to the implementation of a fully integrated automated manufacturing facility. One major gap is the lack of smooth information flow between Computer Aided Design (CAD) and Computer Aided Manufacturing (CAM). Traditionally, these two functions have been treated as completely separate activities. There is no feedback from CAM to CAD to reflect the manufacturability of a particular design [1].

The integration between CAD and CAM in Computer Integrated Manufacturing (CIM) environment is implemented with Computer Aided Process Planning (CAPP). CIM will improve productivity and delivery performance, and facilitate better and faster product design by co-ordinating these functions and sharing common data. Decisions taken on the CAD side have a profound influence on applications following it, including CAM. The aim is not only to automate certain phases of design and manufacturing, but also to automate the transition from design to manufacturing [2-4]. Therefore, it has been given more attention to the information flow from CAD to CAPP [5-8].

Automated systems that perform process planning, however, are almost completely isolated from the design data. There is a need for establishing the process planning procedure (in automated systems) in such a way as to allow its integration with other automated activities within the production processes. Computer Aided Process Planning (CAPP) is the umbrella term for automated approaches for determining production process parameters from a design [9, 10].

Main part of the computer aided process planning is the operation sequencing. It is the process of determining *when* and *where* the selected operations are to be carried out. As the operation sequencing problem involves a large number of interacting constraints, and

the part complexity increases, the number of potential solutions increases exponentially. Therefore, it becomes very difficult to formulate and solve the sequencing problem using dedicated search techniques. In order to overcome these difficulties, the genetic algorithm method originally developed by J. Holland has been extensively used for operation sequencing [10-15].

This paper discusses the extraction of machining features from the geometric information of the part. The developed software is capable of processing external CAD data and automatically generating the CAPP related features. All possible machining sequences and the precedence graph of the part to be machined and optimised sequences are generated and analysed in the relative precedence matrix. In order to test and validate the developed system, the recognised features are then used, in conjunction with heuristic search technique based on genetic algorithm, to find optimal or near-optimal operation sequences on a sample rotational part.

2. SOFTWARE

The required input parameters for a process planning system are the description of the component and its blank in terms of geometry features. Hence, an adequate representation of the product is essential to produce a satisfactory process plan. Therefore, a set of software, explained in the following sections, has been developed to extract the necessary information from AutoCAD file and to convert it into a complete feature definition in a suitable format for automating process planning.

The intersection of the right face line with the centreline has been taken as the origin of the model for the development of the software modules, called ReadGEO, ReadFEATURE and SimuDRAW. Features such as faces, cylinders, threads etc. are all specified sequentially clockwise from the left to the right by using only the upper profile of the rotational part.

2.1. ReadGEO Module

The software, called ReadGEO Module, has been developed using C ++ programming language. It has been used to extract the necessary information from DXF file for generating manufacturing parameters. The method used in this work is particularly good for the representation of symmetric rotational parts. In rotational components, there is only one axis of rotation, the geometrical axis is identical to the axis of rotation and the cross section is perpendicular to the axis of rotation. Representation of a rotational part in the DXF file entities is shown in figure 1.

The ReadGEO module converts the characters of the ASCII sequential file created in the AutoCAD system in to more conveniently accessible access files for the required manipulations. The developed software begins the data extraction process by examining all the nodes defining the intersection points between lines and arcs in the DXF file. The co-ordinate extraction algorithm utilises headers and predicates used in ENTITIES section of DXF files to identify co-ordinate values.

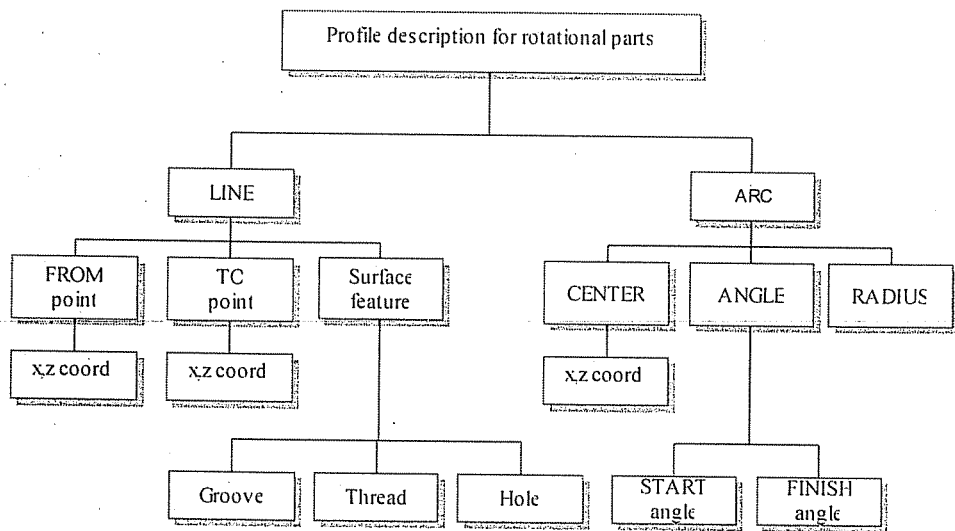


Figure 1. Representation of the rotational part in the DXF file entities

The data extracted from line and arc sections are then stored in a line and arc co-ordinate array format for later processing as shown in figure 2.

2.2. ReadFEATURE Module

From a process planning perspective, a feature can be identified as an enhancement of the shape, and size produced by a countable set of specific physical actions. These actions can be classified as changes in the machining parameters. Feature is the medium of information transmission in the CAD/CAPP/CAM integration. It carries a mass of engineering information, both geometrical and nongeometrical, and organically links each system of CAD, CAPP and CAM [6, 12, 13, 16, and 17].

ReadFEATURE module, written in C ++, pre-process the information stored in the files created by the ReadGEO module. The pre-processing process includes two main tasks. The first task is to extract only the necessary information from the DXF entities. Second task is to locate the entities in one suitable co-ordinate system.

The developed program, then, defines the features by comparing the extracted co-ordinates stored in line and arc arrays. The procedure takes the 1st record from DXF and compares it with its instantaneous successor. In this program, the line segments are defined firstly using the starting and finishing point coordinate values. If there are inequalities between X co-ordinate values of starting and finishing, the line segment is considered as TURNING. The terms TURNING- and TURNING+ are used in order to overcome the

DATA EXTRACTION FROM COMPUTER AIDED DESIGN PACKAGE AND FIND OPTIMAL OR NEAR-OPTIMAL OPERATION SEQUENCES USING GENETIC ALGORITHM FOR ROTATIONAL PARTS

conflict about the direction of turning operations. If there are inequalities between the starting and finishing X co-ordinate values, and the difference is larger than zero, then the line segment is considered as TURNING-, otherwise TURNING+.

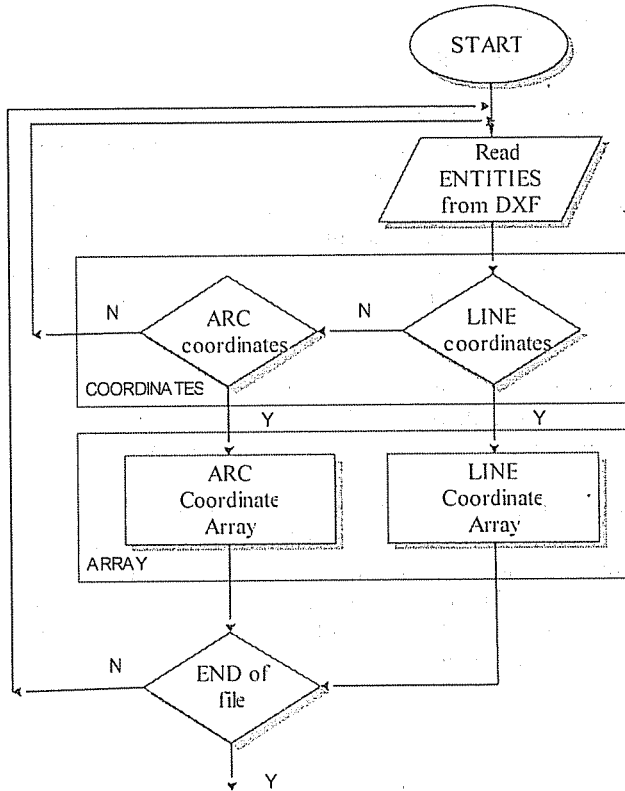


Figure 2. The ReadGEO Module

In the same way, the FACING operations can be defined as FACING- and FACING+. If there are inequalities between the starting and finishing Z co-ordinate values, the segment is considered as FACING. If both of the differences between starting and finishing values of Z and X points are not equal to zero, the segment is considered as TAPER.

Another feature, which can be defined from the geometry of the part, is the ARC. To define the specifications of this feature, ARC is classified as CONVEX and CONCAVE based on the centre point co-ordinates, start and finish angles.

2.3. SimuDRAW Module

The SimuDRAW Module can be used to prove the accuracy of the developed modules. It draws the stock material border using the maximum and minimum points on the workpiece geometry and constructs the profile of the part using the information taken from the ReadGEO module. The output obtained from the SimuDRAW module, should be the same with the original workpiece geometry.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In process planning operations, the process planner analyses component's geometry for making decisions about the best production method and sequences by interpreting engineering drawings. The developed program uses the same logic and analyses the part to define the areas to be removed to get the final form of the part from the stock [7, 18].

The sample part, shown in figure 3, was taken as an illustrative example to test and validate the developed system. The numbers 1 to 14 indicated in the figure represent each feature.

3.1. Data and Feature Extraction

The ReadFEATURE module of the software analyses the information extracted from the output of ReadGEO and, then arranges the entities in suitable format for process sequencing.

The sample part profile consists of LINES. Figure 4 shows a knowledge tree used in this work for process planning of sample rotational part. The LINE may be vertical, horizontal or inclined. Primitive features, such as, turning, taper, and facing were defined according to the orientation of the line in the X-Z plane. These features were further classified into TURNING+, TURNING-, TAPER+, TAPER-, FACING + and FACING - to identify hidden edges in the outer or inner profile.

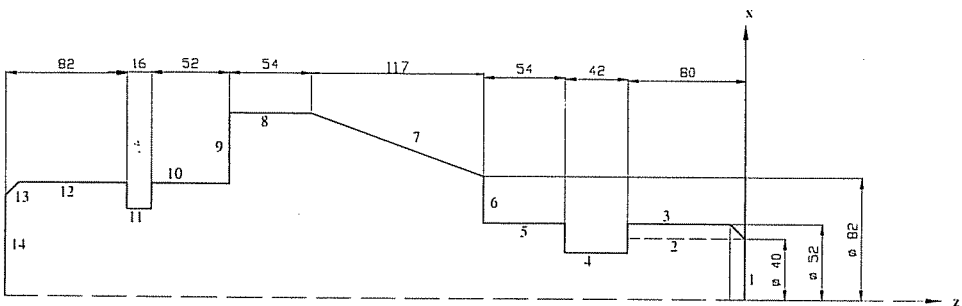


Figure 3. Sample rotational part

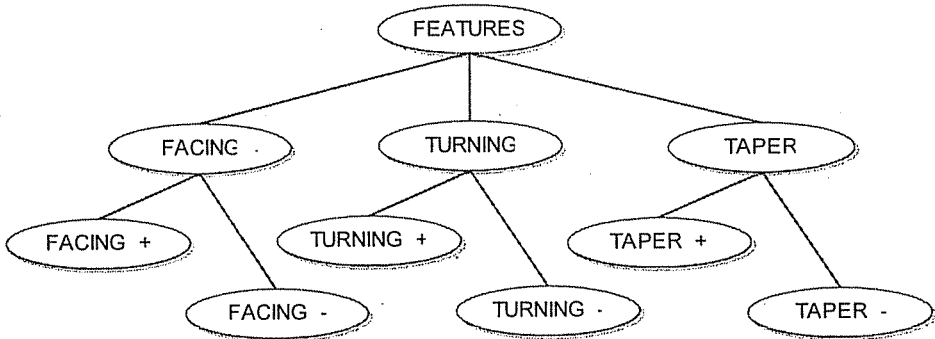


Figure 4. The feature extraction procedure for ReadLINE-ARC module

Then, the length or depth and sequence of primitive features were analysed in the generation of the secondary features such as grooves, recesses, threads, and holes. For instance, the combination of Facing-, Turning- and Facing+ features generates the secondary feature of groove or recess. The similar procedure was used for the definition of threads and holes. The developed program can detect the thread feature by analyzing the depth of the groove. If the part contains a thread and/or hole, some of the parameters such as radius and length for the hole and/or, the start and finish co-ordinate values of X and Z should be entered by the user by answering the questions asked before running the program. The output of this module, for the sample part, is given in table 1.

3.2. Generation of Feature Precedences

After the fully determination of machining operations using ReadFEATURE module, their synthesis and sequencing are carried out based on related manufacturing logic and constraints discussed below.

A common approach to the sequencing problem is to use features. Therefore, planning is generally conducted for individual geometric features or surfaces and then sequenced by some systems based on simple heuristics. For the complex parts, however, Feature Precedence (FP), which is a representation of the plan orders produced by applying the constraints on the features, is preferred. Therefore, FP is used, in this work, to identify the feasible sequences. Each operation in the process plan is mapped to a specific shape feature in the part drawing. The feature precedence, feasibility, accessibility, non-destruction constraints that effect sequencing of machining operations are taken into consideration while breeding feasible alternative sequences. Once selection is complete, features are clustered according to the processes they require.

All possible permutations of the process/feature clusters are generated for the sample part. The part has 14 features, which results in 14! (87 178 291 200) possible process sequences. In order to decrease the possible alternative sequences, the features have to

clustered into the base sequences such as, turning, facing, thread cutting, grooving. The constraints, such as reference surfaces, accessibility, nondestruction and strict precedence are used in defining the sequence of base processes. The similarities between processes, in terms of the commonality in the features they produce, are determined. Then the additional alternative sequences arising from the base sequences are selected for each feature.

Table 1. Extracted features from ReadGEO file for line array

Feature No	Modified Feature Numbers	Zstart	Xstart	Zfinish	Xfinish	Operation
1	1	640	210	640	250	Facing (Cut) off)
2	2	640	250	630	260	Turning
3	3	630	260	560	260	Thread
4		630	260	560	250	
5		560	260	560	240	
6	4	560	240	518	240	Groove
7		518	240	518	260	
8	5	518	260	464	260	Turning
9	6	464	260	464	292	Facing
10	7	464	292	346	334	Taper turning
11	8	346	334	292	334	Turning
12	9	292	334	292	286	Facing
13	10	292	286	240	286	Turning
14		240	286	240	268	
15	11	240	268	224	268	Groove
16		224	268	224	286	
17	12	224	268	150	286	Turning
18	13	150	286	142	277	Turning
19	14	142	277	142	210	Facing (Cut off)

3.3. Optimization of Operation Sequencing Using Genetic Algorithm (GA)

In CAPP system, selection of the machining operations sequence is one of the most critical activity for manufacturing the part according to the technical specifications given in the part design. Any fixed sequence of operations that is generated in a process plan cannot be the best possible sequence for all production periods or for the criteria such as quality and machine utilization. Thus, the aim should be to generate feasible operation sequences.

which have to be trimmed by the criteria in order to determine the best sequence of operations for the current production environment.

A single sequence of operations may not be the best for all situations in a changing production environment with the objectives of minimum number of set ups, minimum number of tool changes and minimum tool travelling time. The development of various feasible plans and the identification of the best one among these represent a sophisticated optimization problem. An efficient search heuristic will be useful for attempting such a problem. Therefore, a heuristic search using a genetic algorithm is chosen for finding the optimal or near optimal sequence of operations in this work.

GA is developed on the basis of the principles of natural selection and natural genetics. In nature, evolution is driven by the survival of the fittest. Weak ones tend to die before reproducing. In contrast, stronger individuals often live longer and, produce many offspring. The successful progression of the operation depends heavily on the effectiveness of the genetic operators: the genetic operators are responsible for determining how the individuals in a current generation recombine to produce new product. The new products are the new potential solutions to an optimization problem. Effective genetic operators should lead to the production of better potential solutions with the progression of the genetic simulation.

In GA, a candidate solution is represented by sequence of numbers known a chromosomes or string. Here, each element in a string represents a feature processed. The order of the elements in the string represents the sequence to be followed. Figure 5 shows solution using evolutionary algorithm

3.4. Generation of Precedence Matrix and Fitness Values

The precedence matrix has to be established with the aid of objective functions before the application of genetic operators. Precedence matrix is launched using the feature attributes and production rules such that cutting tool change, set-up change and the machine parameter change. Precedence matrix, shown in table 2, is generated with the aid of adding values to the features. The values used for set up changes, tool changes and parameter changes are 1, 10 and 100 respectively.

Initial generation is established with the randomly selected sequences using programming in available 14 features. Unless a given region of the search space is known to contain the optimum solution, this initial population should be spread over enough of the search space to represent as a wide a variety of solutions as possible. As an example, we can take the Travelling Salesman Problem (TSP) between features, and imitate the TSP in to our study, each number indicates features. In this case, each element in TSP represents a feature and the order of features within the string defines the operating sequencing. Therefore, the size of the solution is defined by the number of features, which forms the part.

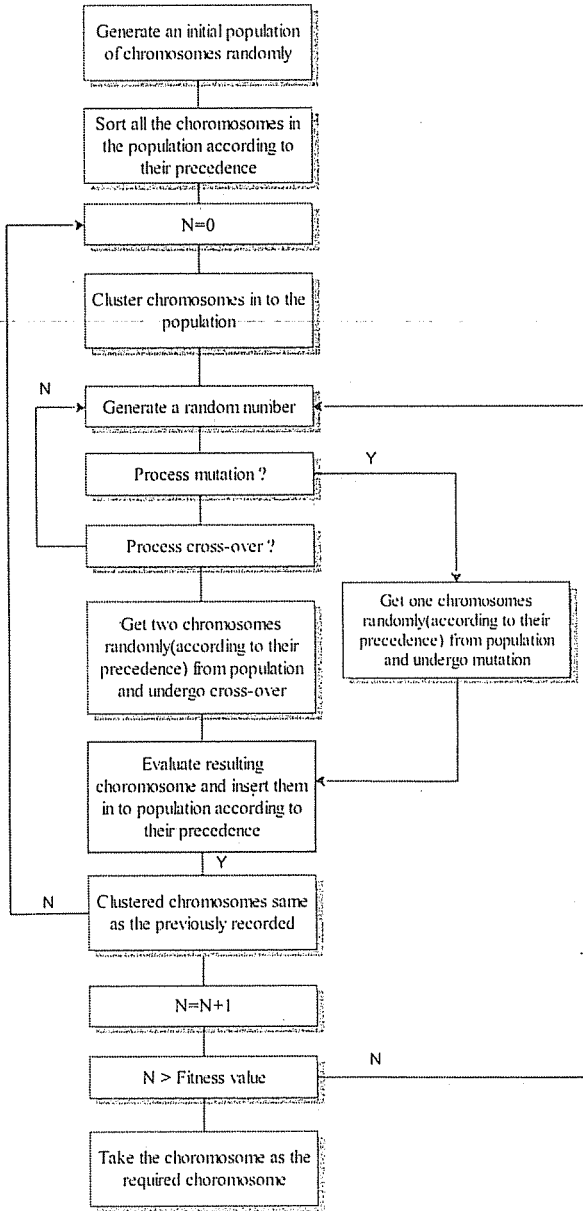


Figure 5. Solution using evolutionary algorithm

DATA EXTRACTION FROM COMPUTER AIDED DESIGN PACKAGE AND FIND OPTIMAL OR NEAR-OPTIMAL OPERATION SEQUENCES USING GENETIC ALGORITHM FOR ROTATIONAL PARTS

Table 2. Established relative precedence matrix for features 1 to 14

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	-	10	10	10	10	100	10	1	1	1	1	1	1	1
2	10	-	10	10	100	10	100	1	1	1	1	1	1	1
3	10	10	-	10	10	10	10	1	1	1	1	1	1	1
4	10	10	10	-	10	10	10	1	1	1	1	1	1	1
5	10	100	10	10	-	10	100	1	1	1	1	1	1	1
6	100	10	10	10	10	-	10	1	1	1	1	1	1	1
7	10	100	10	10	100	10	-	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	-	10	100	10	100	100	10
9	1	1	1	1	1	1	1	10	-	10	10	10	10	10
10	1	1	1	1	1	1	1	100	10	-	10	100	100	10
11	1	1	1	1	1	1	1	10	10	10	-	10	10	10
12	1	1	1	1	1	1	1	100	10	100	10	-	100	10
13	1	1	1	1	1	1	1	100	10	100	10	100	-	10
14	1	1	1	1	1	1	1	10	10	10	10	10	10	-

The fitness value of each individual is determined according to the objective function of the minimum number of set-ups, number of tool changes, tool travelling time, and the maximum machine utilization. The individual with a higher fitness value has a lower objective function value. The fitness values of each sequence are determined with the extraction of total and summed values on the relative matrix. Randomly selected operation sequences and their fitness values are given in table 3.

An element of string is generated randomly from the alternative base sequences, given in the table 3, to create a valid initial sequence and the procedure is repeated by selecting features from the remaining groups of base sequences until all the operations are represented in the string. For the rotational part used in this study, the feature precedence is generated for each feature within the base sequences for representing the need for all precedent features to be machined prior to the other.

The new operation sequences, shown in table 4, are generated from the set of selected operations for these features by considering the precedence constraints and results of the generated FP. Table 4 shows that the sequence with the fitness number 639 seems feasible due to lower fitness number.

Table 3. Randomly selecting operation sequences and fitness values

	Sequences of Operations														Total V.	Fitness V.
1	1	2	3	5	9	12	13	14	11	7	6	8	4	10	175	1125
2	3	5	9	10	2	1	14	8	7	6	13	4	10	11	67	1233
3	1	2	5	7	3	4	6	8	12	13	9	11	1	14	481	819
4	8	9	10	12	11	13	14	1	3	5	2	4	6	7	301	999
5	13	12	8	9	11	10	14	1	3	5	4	2	6	7	301	999
6	8	1	11	12	13	14	7	5	4	3	1	2	6	9	391	909
7	1	3	2	4	6	5	7	8	10	12	11	13	14	9	391	909
8	7	6	5	3	2	4	1	8	11	10	9	13	12	14	211	1089
9	6	5	7	4	1	3	2	11	9	8	10	12	14	13	381	919
10	1	3	2	5	4	7	6	12	10	9	8	11	13	14	381	919
11	3	2	1	5	4	6	7	10	11	13	12	9	8	14	211	1089

Table 4. New operation sequences established with the FP representation

	Sequences of Operations														Total value	Fitness Value
1	1	2	5	7	6	4	3	8	12	10	9	13	11	14	481	819
2	1	5	2	7	3	4	6	12	10	8	11	9	13	14	481	819
3	1	7	5	2	6	3	4	10	12	13	8	9	11	14	571	729
4	1	2	7	5	4	3	6	8	12	10	13	9	11	14	571	729
5	14	8	12	10	13	11	9	7	6	5	2	4	3	1	481	819
6	14	8	12	13	10	9	11	7	5	2	3	4	6	1	661	<u>639</u>
7	8	14	12	10	13	11	9	7	5	2	3	4	6	1	571	729
8	8	12	10	13	11	9	14	7	2	3	5	6	4	1	481	819

There is more than one sequence with the fitness number of 639. Therefore, in order to find the optimum one, the genetic operators are used to generate new sequences that have better strings than the old one. For this purpose, two features are randomly selected from the population to produce feasible sequences. Based on the string length, the crossover sites are randomly generated to select a segment by arranging the selected features in one parent. The fittest sequence represented by the sequence number 6, shown in table 4, 14- 8-

12- 13- 10- 9- 11- 7- 5- 2- 3- 4- 6- 1 is crossovered with the sequence of operations of 7- 5- 2- 3- 4- 6-1.

Using the mutation operator that makes random changes to one or more elements of the sequence may also perform the rearrangement of the feasible sequence of operations. In this case, first feasible sequence of operations 14- 8- 12- 13- 10- 9- 11- 7- 5- 2- 3- 4- 6- 1 is mutated with 12 and 13; 2 and 5. Hence, the new sequence will be 14- 8- 12- 10- 13- 9- 11- 7- 2- 5- 3- 4- 6- 1. The possible alternative feasible sequences created according to the crossover and mutation operators for the sample part are listed in table 5.

Table 5. Alternative Feasible Sequences

	Sequences of Operations														Total value	Fitness Value
1	7	5	2	3	4	6	1	8	12	10	13	9	11	14	661	639
2	7	5	2	4	3	6	1	8	12	10	13	9	11	14	661	639
3	7	5	2	3	4	6	1	8	12	10	13	11	9	14	661	639
4	7	5	2	4	3	6	1	8	12	10	13	11	9	14	661	639
5	14	8	12	10	13	9	11	7	2	5	3	4	6	1	661	639
6	14	8	12	10	13	9	11	7	2	5	4	3	6	1	661	639

4. CONCLUSIONS

All the information required to produce detailed process plan should be derived from CAD database for the integration of CAD and CAPP successfully. It is known that CAD database consists of geometry primitives such as points, lines and arcs. However, CAPP systems are feature based which contain models described in terms of features such as cylindrical turning, faces, grooves, thread and holes.

This is due to the fact that CAD systems are developed mainly for design purposes without considering their integration with the manufacturing tasks. Therefore, CAD database are not suitable for using directly in process planning. In order to overcome this problem, a subsystem that could utilise a CAD generated part database and translate it into a suitable format for the process planning system has been developed by many researches.

In this study, software has been developed to extract the data from AutoCAD for part recognition and to draw the part profile. 2-D modelling is used because surfaces of rotational parts could easily be described by the entities like arc and lines. The parts geometry are sketched by using AutoCAD and saved as DWG extension files. Then it is converted into ASCII code, and stored in the files with the DXF extension. The software written in C ++ used to extract the necessary information stored in the files. This module extracts only the necessary information from the DXF entities and locates the entities in one coherent coordinate system. Features such as, turning, facing, groove and thread, are

described and sequencing of operations also performed based on information concerning the current status of the shop floor resources.

The optimisation is carried out by using a genetic algorithm (GA) technique based on the objective functions such as, minimization of number of set-ups; number of tool changes, tool-traveling time, and maximization of machine utilization. In order to solve the process-sequencing problem by using this technique, the initial generation, fitness evaluation, crossover and mutation operations are applied to the sample rotational parts.

Optimal or near optimal operation sequences are generated by using GA. Fitness evaluation is performed with the aid of relative matrix. It is generated by using the feature precedences and production rules and their attribute values, such as machine tool change, cutting tool change, set-up change and machining processes change. With the aid of genetic operators, another sequences are generated and analysed in the relative precedence matrix and new optimal sequences are created.

5. REFERENCES

1. Wolfe, P.M., "Computer aided process planning is link between CAD and CAM", *Computer Integrated Manufacturing Systems*, pp.72-77, August, 1985.
2. Chang, T.C. and Wysk, R.A., "An introduction to automated process planning systems", Prentice & Hall, New Jersey, 1985.
3. Qingjin, P., Liansheng, L., Rujia, Z. and Quingyoux, S., "The development and practice of the CAD/CAPP/CAM integrated system of feature based modelling", *Proc. of the 29th Int. Matador Conf.*, April 6-7, pp. 65-68, Manchester, 1992.
4. Marty, C., Chaabane, M., and Roumesy, B., "Advances in CAD-CAM integration", *Proc. of the 29th Int. Matador Conf.*, April 6-7, pp. 45-51, Manchester, 1992.
5. Younis, M.A. and Wahab, M.A.A., "A CAPP expert system for rotational components", *Computers & Industrial Engineering*, 33, (3-4), pp. 509-512, 1997.
6. Irani, S.A., Koo, H.Y. and Raman, S., "Feature-based operation sequence generation in CAPP", *Int. Journal of Production Research*, Vol. 33, pp. 17-39, 1995.
7. Korde, U.P., Bora, B.C., Stelson, K.A. and Riley, D.R., "Computer-aided process planning for turned parts using fundamental and heuristic principles", *Journal of Engineering for Industry*, 114, pp. 31-40, 1992.
8. Studel, H.J., "Computer aided process planning: past, present and future", *Int. Jour. of Production Research*, (22), 2, pp. 253-266, 1984.
9. Bahaskaran, K., "Process plan selection", *Int. Jour. of Production Research*, (28), 8, pp.1527-1539, 1990.
10. Sergio, A. and Maurer, R., "Automatic process planning for turned parts", *Proceedings of the 4th Int. Conf. Computer Aided Prod. Eng.*, November, pp.293-299., Edinburgh, 1988.
11. Bedworth, D.D., Henderson, M.R. and Wolfe, P.M., "Computer Integrated Design and Manufacturing", McGraw-Hill, Singapore, 1991.

DATA EXTRACTION FROM COMPUTER AIDED DESIGN PACKAGE AND FIND OPTIMAL OR NEAR-OPTIMAL OPERATION SEQUENCES USING GENETIC ALGORITHM FOR ROTATIONAL PARTS

12. Pande,S.S. and Palsule,N.H., "GCAPPS-A computer assisted generative process planning system for turned components", *Computer-Aided Engineering Journal*, August, pp. 163-168, 1988.

13. Rogers,J.S., Farrington,P.A., Schroer,B.J. and Hubbard,R.G, "Automated process planning system for turned parts", *Integrated Manufacturing Systems*, (5), 4-5, pp. 41-47, 1994.

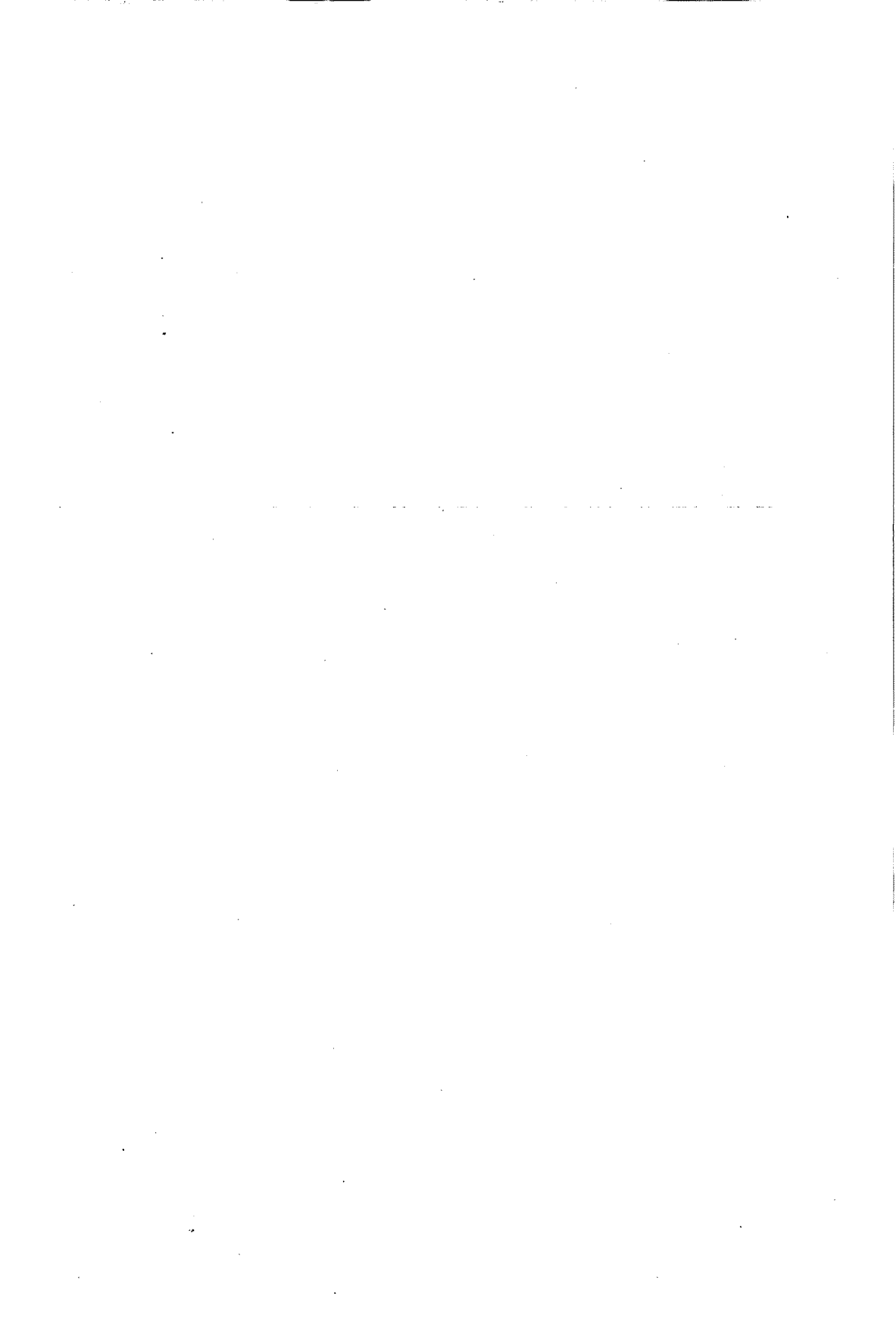
14. Sundaram,R.M., "Process planning and machining sequence", *Computers and Industrial Engineering*, 11, pp.184-188, 1986.

15. Yip-Hoi,D. and Dutta,D., "A genetic algorithm application for sequencing operations in process planning for parallel machining", *IIE Transactions*, 28, pp.55-68, 1996.

16. Miao,H.K.K., Sridharan,N. and Shah,J.J., "CAD-CAM integration using machining features", *Int. Jour. of Computer Integrated Manufacturing*, (15), 4, pp. 296-318, 2002.

17. Han,J.W., Han,I.H., Lee,E., and Ti,J., "Manufacturing feature recognition toward integration with process planning", *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part B-Cybernetics*, (31), 3, pp. 373-380, 2001.

18. Kayacan,M.C., Filiz,I.H., Sonmez,A.I., Baykasoglu,A. and Dereli,T., "OPPS-ROT: An optimized process planning system for rotational parts", *Computers in Industry*, 32, pp. 181-195, 1996.



INVESTIGATION OF THE BIOSORPTION CHARACTERISTICS OF BASIC BLUE 41 BY LIVE ACTIVATED SLUDGE

**Hamza Alkan ARSLAN, Mehmet Ekrem ÇAKMAK, Olcayto KESKİNKAN
and Mesut BAŞIBÜYÜK**

Ç.U., Department of Environmental Engineering, Adana/Türkiye

ABSTRACT : *This work presents the results of adsorption properties of a basic dye (Basic Blue 41) by live activated sludge. Basic Blue 41 (BB41) was tested for the adsorption potential of live activated sludge. Effect of sludge doses, effect of initial dye concentrations and effect of shaking rates were examined. Initial adsorption studies showed that BB41 was adsorbed by live activated sludge and equilibrium was reached within 80 minutes. Further batch studies showed that dye-sludge system conformed to the Langmuir, Freundlich and Redlich-Peterson models. Maximum monolayer adsorption capacity based on the Langmuir model (Q^0) was found to be 437 mg/g.*

Keywords : *Textile dye; Bioelimination; Adsorption models; Isotherms*

**BAZİK MAVİ 41 BOYAR MADDESİNİN CANLI AKTİF ÇAMUR
TARAFINDAN BİYOSORPSİYON KARAKTERİSTİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

ÖZET : *Bu çalışmada bazik bir boyanın (Bazik Mavi 41) canlı aktif çamur biyokütlesi tarafından adsorplanabilme özelliği incelenmiştir. BB41 boyar maddesinin canlı aktif çamur tarafından adsorplanabilme potansiyeli için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çamur dozunun etkisi, başlangıç boyar madde konsantrasyonunun etkisi, ve ayrıca çalkalamanın boyar maddenin adsorpsiyonu üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Temel adsorpsiyon çalışmaları BB41 boyar maddesinin canlı aktif çamur tarafından adsorplandığını göstermiş ve dengeye 80 dakika içinde ulaşılmıştır. İleri adsorpsiyon çalışmaları boya-çamur sisteminin Langmuir, Freundlich ve Redlich-Peterson modellerine uyduğunu göstermiştir. Langmuir modeline dayanarak yapılan hesaplamada maksimum adsorpsiyon kapasitesi (Q_0) 437 mg/g olarak bulunmuştur.*

Anahtar kelimeler: *Tekstil boyası; Biyoeliminasyon; Adsorpsiyon modelleri; İzoterm*

1. INTRODUCTION

Textile industry is one of the leading industries in many parts of the world. One of the main characteristics of this industry is the use of many chemicals in order to obtain high quality product. Dyes are one of those chemicals used in textile industry along with other chemicals and often receive most attention from many researchers in textile wastewater treatment due to the serious environmental problems they pose. Colours in receiving waters as well as toxicity are just some examples of those problems that dyes are causing. Dyes used in textile industry tend to be less biodegradable than many other carbonaceous wastes because the structures of dyes are designed to resist all kind of environmental conditions. This in turn makes dyestuff resistant to biological treatment as well. Despite the resistance of dyestuffs to biological oxidation, in many cases, treatment of the textile wastewaters takes place at municipal wastewater treatment plants using the activated sludge process. According to Tchobanoglous et al. (1) for many toxic and recalcitrant organic compounds entering biological wastewater treatment processes, non biological or abiotic losses may be more significant than biodegradation. Abiotic losses include adsorption of the compound to the mixed liquor solids in the reactor with subsequent transport out of the system by the waste sludge and volatilization with release of the compound to the surrounding atmosphere. For certain compounds adsorption can be more significant than biodegradation or volatilization (1).

It was already reported that some organic substances, which are resistant to biooxidation because of their chemical structure, can be adsorbed by activated sludge (2,3). In fact sorption is considered to be the primary removal mechanism for most dyes in aerobic biological treatment systems. Many workers have investigated the fate of textile dyes in the activated sludge process and reported that adsorption is the main process for the partial or whole decolourisation of wastewaters containing dyes (4-10). This sorption removal is often referred to as bioelimination and its efficiency varies widely from dye to dye (8). A review of the literature on dye adsorption by activated sludge goes back to 1947 as cited by Dohanyos et al. (11). However, not all dyes are adsorbed by activated sludge. Adsorption of dyes by activated sludge depends on dye structure (molecular structure, and type and number of the position of the substituents in the dye molecule), colouring group and solubility (11-13). For example, in basic dyes the colouring group is cationic and show good adsorbability whereas acid dyes, where the colouring group is anionic, show low adsorbability (12).

Since the activated sludge process is commonly used for the treatment of textile wastewaters, it is important to know the adsorption characteristics of dye-live activated sludge system because sorption is the primary mechanism leading to biodegradation. Therefore, this work investigates the adsorption properties of a textile dye (BB41) and live activated sludge system.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Analytical Methods

Total suspended solids (TSS) were measured by the standard gravimetric technique (14). Residual dye concentrations were measured spectrophotometrically (Bausch and Lomb. Spectronic 21) as the absorbance at 609 nm for Basic Blue 41 which was the wavelength giving the maximum absorbance.

2.2. Materials

The activated sludge was obtained from a full scale activated sludge plant treating soft drink industry wastewater. The sludge was used on the same day as it was sampled. The dye was used Basic Blue 41 (Fig.1) obtained from a local textile mill. The dye Basic Blue 41 is a monoazo basic dye and it is widely used in textile industry to dye synthetic and natural fibres like polyamide, polyester and cotton. Deionised water was used for the preparation of stock dye solution.

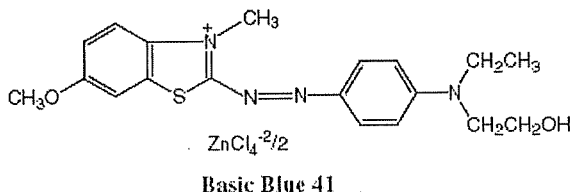


Figure 1. Molecular structure of Basic Blue 41

2.3. Batch Sorption Tests

The sorption tests were conducted at 20 °C in conical flasks (1000 ml) using an orbital shaker in a constant room temperature. The activated sludge (250 ml) was added to aqueous solutions (250 ml) of Basic Blue 41. Initially, a concentration of 25 mg/l was used and the incubation time of the flasks ranged from 10 to 240 min. The data for deriving the Langmuir, Freundlich and Redlich-Peterson constants were obtained by using sludge (250 ml) and dye concentrations of 25, 50, 100, 200 and 400 mg/l. The contact time was 80 min. In all cases, after contacting the sludge solids were removed by centrifugation (20 min at 6000 rpm). The dye concentrations were then measured in the spectrophotometer. The amount of dyes adsorbed by the live activated sludge was calculated using the following equation;

$$q = V(C_i - C_e) / W$$

where q (mg/g) is the amount of dye sorbed by activated sludge, C_i and C_e (mg/l) are initial and equilibrium dye concentration in liquid phase, V is the volume of solution (l) and W is the dry weight of the activated sludge (g).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Effect of Activated Sludge Dose

It has been previously shown that basic dyes could integrate easily with both living and non-living activated sludge (3, 11, 12, 15, 16). Basic dyes are also called cationic dyes because of the positive electrical structure of their chromophore group. Activated sludge on the other hand, has negative electrical charge under normal pH conditions (17). Because electrical forces are the main forces which drive adsorption, it is probably the main reason for the adsorption of BB41. The initial batch sorption studies showed that activated sludge would adsorb BB41 to an appreciable degree (Fig. 2.). The effect of the various activated sludge dose versus time on specific dye adsorption (mg/g) is shown in Fig. 2. Three activated sludge doses were examined and sludge doses varied between 1.25 and 5 g/l. initial dye concentration was 50 mg/l. It was found that

increasing sludge doses did not bring higher specific adsorption. Lower specific adsorption was obtained for higher activated sludge dose. Similar findings were reported by various researchers and this was believed that the decrease in adsorption capacity with increasing biosorbent concentration is mainly due to the unsaturation of adsorption sites through the adsorption reaction. Due to the high biomass concentration, particle interaction such as aggregation would cause the diffusion of the dye to the biomass could be the other reason of this result (18-23). In this current work highest specific adsorption was obtained with the sludge dose of 1250 mg/l and therefore for the subsequent works, this activated sludge dose was used.

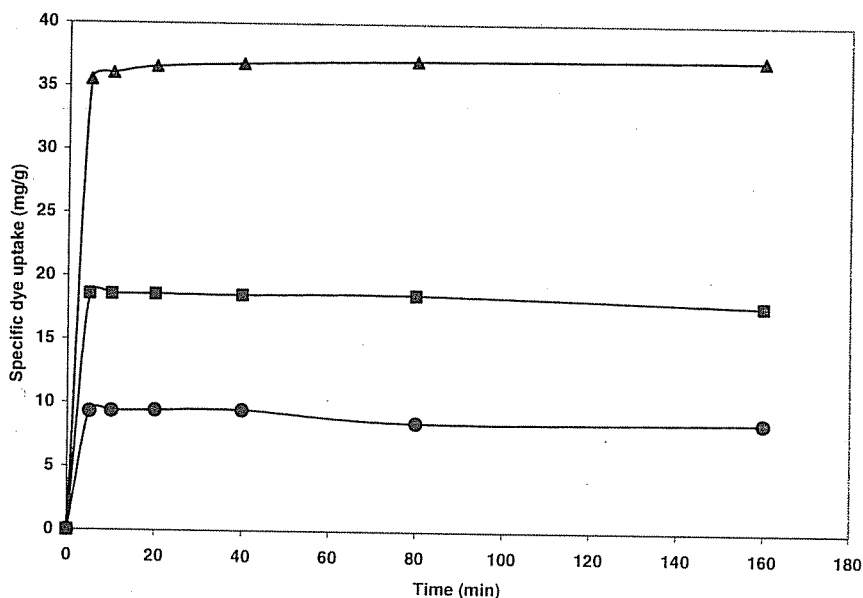


Figure 2. Effect of activated sludge concentration on the biosorption of BB41 (▲) 1.25 g/l, (■) 2.5 g/l, (●) 5 g/l (C_0 : 50 mg/l and at 25 rpm)

3.2. Effect of Initial Dye Concentration and Equilibrium Time

Fig. 3 shows the results of the initial adsorption tests under various initial dye concentrations. As can be seen from the Fig. 3 sorption capacity increased with increasing dye concentrations. For the dye concentration 25 and 50 mg/l equilibrium was achieved in just 40 minutes. However for the higher concentration equilibrium was reached in 80 minutes. Hence, the data obtained from these experiments showed that a contact time of 80 minutes was sufficient to achieve equilibrium. This was also used for the subsequent equilibrium experiments as contact time.

INVESTIGATION OF THE BIOSORPTION CHARACTERISTICS OF
BASIC BLUE 41 BY LIVE ACTIVATED SLUDGE

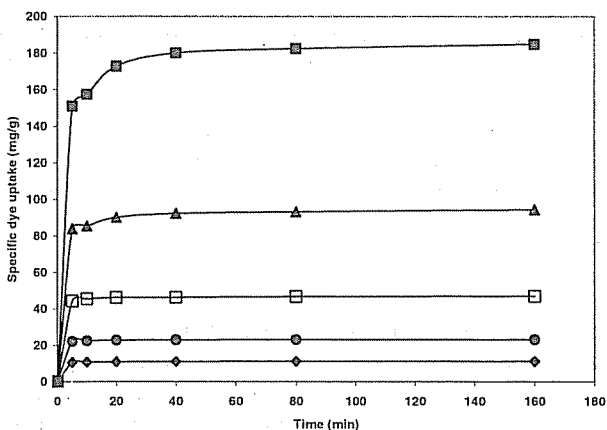


Figure 3. Effect of initial dye concentrations on the biosorption of BB41 (◆) 25 mg/l, (●) 50 mg/l, (□) 100 mg/l, (▲) 200 mg/l, (■) 400 mg/l

3.3. Effect of Shaking Rate

The effects of the various shaking rates were also examined. A series of contact time experiments were performed at various shaking rates (25, 50, and 75 rpm). The sludge dose was 1250 mg/l and initial dye concentration was 50 mg/l. Plot of the amount of dye adsorbed by per gram of activated sludge versus time at various shaking rates are shown in Fig. 4. In all three shaking rates similar patterns were observed and it was found that increasing shaking rates did not have any significant effect on biosorption of BB41.

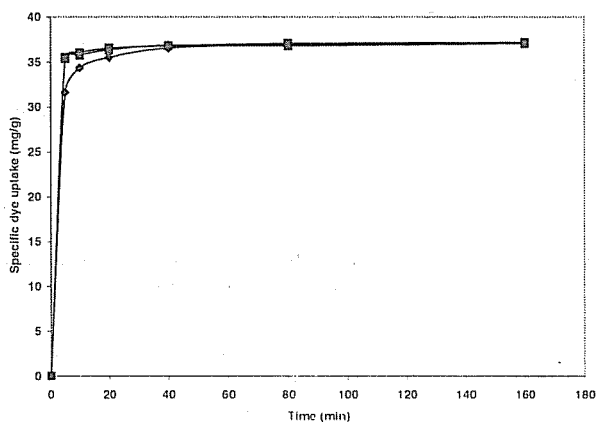


Figure 4. Effect of shaking rate on the biosorption of BB41 (■) 25 rpm (◆) 50 rpm (▲) 75 rpm (C_0 : 50 mg/l and sludge dose 1250 mg/l)

3.4. Adsorption Isotherms

3.4.1. Application of Langmuir, Freundlich and Redlich-Peterson Isotherms

The adsorption properties of activated sludge were found to be similar to activated carbon in studies involving acid, direct, reactive, disperse and basic dyes (6). The adsorption capacity of activated sludge for the above mentioned classes of dyes has also been defined by the Freundlich equation and adsorption isotherms (6). Three isotherm models were investigated. The linearised form of the Langmuir equation can be written as;

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q^0 b} + \frac{C_e}{Q^0}$$

where; C_e is the equilibrium concentration of adsorbate in solution after adsorption (mg/l), q_e is the equilibrium solid phase concentration (mg/g), Q^0 is the maximum amount of the dye to form a complete monolayer coverage on the surface per adsorption capacity (mg/g) and b (l/mg) is the Langmuir constant related the energy of adsorption. Q^0 and the b were determined plotting C_e/q_e against C_e .

The linearised form of the Freundlich model can be written as;

$$\log(q_e) = \log(K_f) + \frac{1}{n} \log(C_e)$$

where; C_e is the the equilibrium concentration of adsorbate in solution after adsorption (mg/l), q_e is the equilibrium solid phase concentration (mg/g), K_f (l/g) and n Freundlich constants related to the adsorption capacity and the adsorption intensity, respectively. These constants were derivated plotting $\log q_e$ against $\log C_e$ which would yield a straight line.

The Redlich-Peterson isotherm (24), has three parameters and given by following equation;

$$q_e = \frac{AC_e}{1 + BC_e^g}$$

where A, B ve g are the Redlich-Peterson parameters. Here, g can have values between 0 and 1. When g goes to 0 at low concentrations the isotherm equation becomes the Henry's Law, and for g = 1, equation above converts to the Langmuir form (25). The constants can be calculated by plotting $\ln(A(C_e/q_e)-1)$ vs. $\ln(C_e)$ after linearizing the equation:

$$\ln\left(A \frac{C_e}{q_e} - 1\right) = g \ln(C_e) + \ln(B)$$

The value of A can be found with trial and error analysis with which the best value of A chose when the correlation coefficient is optimized to have the best value (close to 1).

The data which were obtained conformed to the Langmuir equation with a correlation coefficient of 0.940. for the Freundlich equation correlation coefficient 0.957 and for the Redlich-Peterson equation 0.964. It is evident that Redlich-Peterson model fit better to the BB41 and live activated sludge system. Three parameters of Redlich-Peterson were found 0.239 l/g, 1.095, and 1 for A, B and g respectively. As can be seen the value of g is unity and indicating that adsorption process is approaching

INVESTIGATION OF THE BIOSORPTION CHARACTERISTICS OF
BASIC BLUE 41 BY LIVE ACTIVATED SLUDGE

Langmuir isotherm. Table 1 shows the comparison of the Langmuir and Freundlich constants obtained from the various dyes-sludge systems. Liversidge et al. (26) have also examined the removal of BB41 by linseed cake and peat. A comparison of their Q_{max} values (363 and 536 mg/g for peat and linseed cake respectively) with current work (437 mg/g) shows that live activated sludge has better adsorption capacity than peat and lower adsorption capacity than linseed cake for BB41.

Table 1. Comparison of Langmuir and Freundlich isotherm parameters for dried and live activated sludge for various dyes

Adsorbent	Dye stuff	Langmuir model		Freundlich model	
		b (l/mg)	Q^0 (mg/g)	K_f (l/g)	n
Live Activated sludge (*)	Basic Blue 41	0.020	437.0	11.06	1.285
Live Activated sludge (3)	Maxilon Red BL-N	0.057	123.2	-	-
Dried Activated sludge (27)	Reactive Yellow 2	0.0029	333.3	3.14	1.34
Dried Activated sludge (27)	Reactive Blue 2	0.0067	250.0	1.40	1.16
Live Activated sludge (11)	Benzocuprol Blau GL	-	-	13.50	1.360

*This work

As soon as the adsorption process starts, it proceeds towards equilibrium between sorbent and sorbate. The equilibrium studies are important factor for the determination of sorption capacity of the sorbent. Equilibrium relationship between sorbent and sorbate are described by sorption isotherms, usually the ratio between the quantity sorbed and the remaining in the solution at a fixed temperature at equilibrium (28).

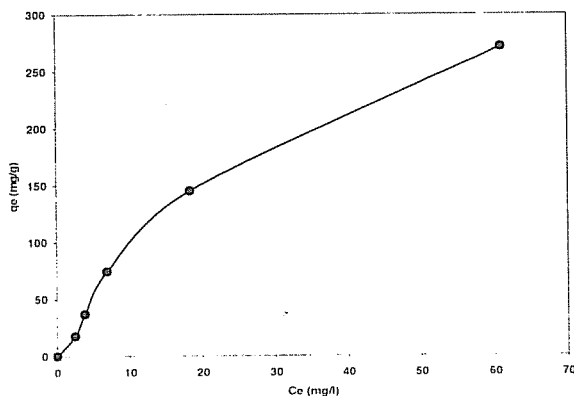


Figure 5. Nonlinearized equilibrium adsorption isotherm for BB41 and live activated sludge

Nonlinearized isotherm data by plotting qe (mg/g) vs. C_e (mg/l) is depicted in Fig. 5. In this current work qe was found smaller than the Q^0 (434 mg/g). This indicates that adsorption of BB 41 onto live activated sludge is by monolayer type adsorption and the surface of the sludge is not fully covered by the dye. The Discrepancy between Q^0 value calculated from the Langmuir isotherm and qe (mg/g) value for the dye-biosorbent system was reported by various researchers (21, 23, 25). Results from the current work are in good agreement with their findings.

The dimensionless constant separation factor or equilibrium parameter, R_L (29) is given by;

$$R_L = \frac{1}{1 + bC_0}$$

where;

b is the Langmuir constant and C_0 is the initial concentration of BB41. Values of R_L obtained for the various initial concentrations indicate favourable adsorption of BB41 on activated sludge because all the R_L values were between 0 and 1. Basibuyuk and Forster (3) have performed adsorption experiments using live activated sludge and a basic dye. Table 2 shows comparison of their R_L values along with R_L values obtained from this study.

Table 2. Comparison of R_L values for live activated sludge and dye systems.

Initial dye concentration (mg/l)	BB41 (This Work)	Maxilon Red BL-N (3)
25	0.666	0.4124
50	0.500	0.2597
100	0.333	0.149
200	0.200	0.0806
400	0.111	-

4. CONCLUSION

From the work presented here, BB41 bound to activated sludge well. Initial adsorption experiments showed that adsorption of BB41 increased with increasing dye concentration, however for the higher activated sludge doses lower specific adsorption was obtained. Shaking rates did not have any significant affect on adsorption. Data obtained from equilibrium studies fit both Langmuir, Freundlich and Redlich-Peterson models and based on the Langmuir Model maximum removal capacity was found 437 mg/g.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

Authors would like to thank for the support given by Çukurova University under the contract of MMF2002BAP54.

6. REFERENCES

1. Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H.D., "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse", 4th ed., McGraw-Hill, 635-642, New York, 2003.

2. Pagga,U., Brown,D., "The degradation of dyestuffs part II: behaviour of dyestuffs in aerobic degradation tests", *Chemosphere* 15, 479-491, 1986.
3. Basibuyuk,M., Forster,C.F., "An examination of the adsorption characteristics of a basic dye (Maxilon Red BL-N) on to live activated sludge system", *Process Biochem.* 38/9, 1311-1316, 2003.
4. Porter,J.J., Snider,E.H., "Long-term biodegradability of textile chemicals", *J. Wat.Pollut.Control Fed.* 48, 2198-2210, 1976.
5. Davis,G.M., Koon,J.H., Adams,J.C.E., "Treatment of two textile dye house wastewaters", *Proc. 32th Ind. Waste Conf., Purdue University Lafayette, Indiana, 981-997, USA, 1977.*
6. Grau,P., "Textile industry wastewaters treatment", *Wat.Sci.Technol.* 24/1, 97-103, 1991.
7. Pagga,U., Taeger,K., "Development of a method for adsorption of dyestuffs on activated sludge", *Water Res.* 28, 1051-1057, 1994.
8. Easton,J.R., "The problem of colour: the dye makers view", In: Cooper P, editor. *Colour in dye house effluent, Society of Dyers and Colourists*, 9-22, 1995.
9. Churchley,J.H., Greaves,A.J., Hutchings,M.G., Phillips,D.A.S., Taylor,J.A., "A chemometric approach to understanding the bioelimination of anionic, water-soluble dyes by a biomass – Part 2: Acid dyes", *J. Soc. Dyers and Colourists* 116, 222-228, 2000.
10. Pearce,C.I., Lloyd,J.R., Guthrie,J.T., "The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: a review", *Dyes and Pigm.*, 58, 179-196, 2003.
11. Dohanyos,M., Madera,V., Sedlacek,M., "Removal of organic dyes by activated sludge", *Prog.Wat.Technol.*, 10/5-6, 559-575, 1978.
12. Hitz,H.R., Huber,W., Rud,R.H., "The adsorption of dyes on activated sludge", *J. Soc. Dyers and Colourists* 94, 71-76, 1978.
13. Greaves,J., Phillips,D.A.S., Taylor,J.A., "Correlation between the bioelimination of anionic dyes by an activated sewage sludge with molecular structure", Part 1: Literature review, *J. Soc. Dyers and Colourists* 115, 363-365, 1999.
14. *Standard Methods, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th ed.)*, American Public Health Association, Washington, DC, USA, 1998.
15. Chu,H.C., Chen,K.M., "Reuse of activated sludge biomass: I. Removal of basic dyes from wastewater by biomass", *Process Biochem.*, 37, 595-600, 2002.
16. Chu,H.C., Chen,K.M., "Reuse of activated sludge biomass: II. The rate processes for the adsorption of basic dyes on biomass", *Process Biochem.* 37, 1129-1134, 2002.
17. Forster,C.F., "The surface of activated sludge particles in relation to their settling characteristics", *Water Res.* 2, 767-776, 1968.
18. Shukla,A., Zhang,Y., Dubey,P., Margrave,J.L., Shukla,S.S., "The role of sawdust in the removal of unwanted materials from water", *J. Hazar. Mater.* B95, 137-152, 2002.
19. Waramusantigul,P., Pokethitiyook,P., Kruatrachue,M., Upatham,E.S., "Kinetics of basic dye (methylene blue) biosorption by giant duckweed (*Spirodela polyrrhiza*)", *Environ. Pollut.* 125/3, 385-392, 2003.

20. Özer,A., Akkaya,G., Turabik,M., "Biosorption of Acid Red 274 (AR 274) on *Enteromorpha prolifera* in a batch system", *J. Hazar. Mater.* B126, 119-127, 2005.
21. Akkaya,G. Özer,A., "Biosorption of Acid Red 274 (AR 274) on *Dicranella varia*: Determination of equilibrium and kinetic model parameters", *Process Biochem.* 40, 3559-3568, 2005.
22. Zheng,Y.M., Zhao,Q.B., Yu,H.Q., "Adsorption of a cationic dye onto aerobic granules", *Process Biochem.* 40, 3777-3782, 2005.
23. Özer,A., Akkaya,G., Turabik,M., "Biosorption of Acid Blue 290 (AB 290) and Acid Blue 324 (AB 324) dyes on *Spirogyra rhizopus*", *J.Hazar.Mater.*, 135, 355-364, 2006.
24. Redlich,O. Peterson,D.L., "A useful adsorption isotherm", *Journal Physical Chemistry.* 63, (6) 1024, 1959.
25. Özer,A., Akkaya,G., Turabik,M., "The biosorption of Acid Red 337 and Acid Blue 324 on *Enteromorpha prolifera*: The application of nonlinear regression analysis to dye biosorption", *Chem.Eng J.* 112, 181-190, 2005.
26. Liversidge,R.M., Lloyd,G.J., Wase,D.A.J., Forster,C. F., "Removal of basic blue 41 dye from aqueous solution by linseed cake", *Process Biochem.* 32/6, 473-477, 1997.
27. Aksu,Z., "Biosorption of reactive dyes by dried activated sludge: equilibrium and kinetic modelling", *Bioch.Eng.J.* 7, 79-84, 2001.
28. Ho,Y.S., Huang,C.T., Hang,H.W., "Equilibrium sorption isotherm for metal ions on tree fern", *Process Biochem.*, 37, 1421-1430, 2002.
29. McKay,G., Blair,H.S., Gardner,J.R., "Adsorption of dyes on chitin. I. Equilibrium studies", *J.Appl.Polm.Sci.* 27, 3043-3047, 1982.

INVESTIGATION OF THE KINETIC PROPERTIES OF THE BIOSORPTION OF BASIC BLUE 41 BY LIVE ACTIVATED SLUDGE

Hamza Alkan ARSLAN, Mehmet Ekrem ÇAKMAK, Olcayto KESKİNKAN
and Mesut BAŞIBÜYÜK

Ç.U., Department of Environmental Engineering, Adana/Türkiye

ABSTRACT : *This work investigates the kinetic properties of the adsorption of the Basic Blue 41 by live activated sludge. For this purpose kinetic studies were performed for various initial dye concentrations. According to results obtained it was found that initial part of the adsorption governed by film diffusion and fit to the first order process. The effect of the intraparticle diffusion on adsorption process was also examined. Results also showed that intraparticle diffusion played significant role. It was also found that pseudo second order model gave excellent results for the overall adsorption process. Gibbs free energy value of the dye-sludge system was calculated and the negative value was found.*

Keywords : *Textile dye; Bioelimination; Kinetics; Gibbs free energy*

BAZİK MAVİ 41 BOYAR MADDESİNİN CANLI AKTİF ÇAMUR TARAFINDAN BİYORSORPSİYONUNUN KİNETİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET : *Bu çalışmada Bazik mavi 41 boyar maddesinin canlı aktif çamur tarafından adsorpsiyonu ile ilgili kinetik özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla kinetik çalışmalar farklı başlangıç boyar madde konsantrasyonları için gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre adsorpsiyonun başlangıç basamağı film difüzyonu tarafından kontrol edilmekte olup birinci derece kinetiğe uymaktadır. Ayrıca parçacık içi difüzyonun da adsorpsiyon üzerine olan etkisi de incelenmiş ve adsorpsiyonda önemli olduğu görülmüştür. Yapılan kinetik çalışmalarda tüm adsorpsiyon prosesinin yalnızca ikinci derece modele mükemmel uyduğu görülmüştür. Çamur boya sisteminin ayrıca Gibbs serbest enerjisi de hesaplanmış ve negatif değer bulunmuştur.*

Anahtar kelimeler: *Tekstil boyası; Biyoeliminasyon; Kinetik; Gibbs serbest enerjisi*

1. INTRODUCTION

Textile industry is one of the leading industries in many parts of the world. One of the main characteristics of this industry is the use of many chemicals in order to obtain high quality product. Dyes are one of those chemicals used in textile industry along with other chemicals and often receive most attention from many researchers in textile wastewater treatment due to the serious environmental problems they pose. Colours in receiving waters as well as toxicity are just some examples of those problems that dyes are causing. Dyes used in textile industry tend to be less biodegradable than many other carbonaceous wastes because the structures of dyes are designed to resist all kind of environmental conditions. This in turn makes dyestuff resistant to biological treatment as well. Despite the resistance of dyestuffs to biological oxidation, in many cases, treatment of the textile wastewaters takes place at municipal wastewater treatment plants using the activated sludge process. According to Tchobanoglous et al. (1) for many toxic and recalcitrant organic compounds entering biological wastewater treatment processes, non biological or abiotic losses may be more significant than biodegradation. Abiotic losses include adsorption of the compound to the mixed liquor solids in the reactor with subsequent transport out of the system by the waste sludge and volatilization with release of the compound to the surrounding atmosphere. For certain compounds adsorption can be more significant than biodegradation or volatilization (1).

It was already reported that some organic substances, which are resistant to biooxidation because of their chemical structure, can be adsorbed by activated sludge (2,3). In fact sorption is considered to be the primary removal mechanism for most dyes in aerobic biological treatment systems. Many workers have investigated the fate of textile dyes in the activated sludge process and reported that adsorption is the main process for the partial or whole decolourisation of wastewaters containing dyes (4-10). This sorption removal is often referred to as bioelimination and its efficiency varies widely from dye to dye (8).

Kinetic studies, on the other hand, provide very important information for the adsorption process. Since the activated sludge process is commonly used for the treatment of textile wastewaters, it is important to know the kinetic properties of the adsorption characteristics of dye-live activated sludge system because sorption is the primary mechanism leading to biodegradation. Therefore, this work investigates the kinetic properties of the adsorption of a textile dye (BB41) and live activated sludge system.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Analytical Methods

Total suspended solids (TSS) were measured by the standard gravimetric technique (11). Residual dye concentrations were measured spectrophotometrically (Bausch and Lomb, Spectronic 21) as the absorbance at 609 nm for Basic Blue 41 which was the wavelength giving the maximum absorbance.

2.2. Materials

The activated sludge was obtained from a full scale activated sludge plant treating soft drink industry wastewater. The sludge was used on the same day as it was sampled.

The dye was used Basic Blue 41 (Figure 1) obtained from a local textile mill. The dye Basic Blue 41 is a monoazo basic dye and it is widely used in textile industry to dye synthetic and natural fibres like polyamide, polyester and cotton. Deionised water was used for the preparation of stock dye solution.

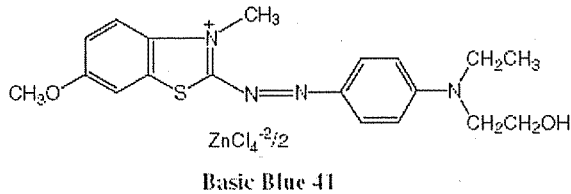


Figure 1. Molecular structure of Basic Blue 41

2.3. Batch Sorption Tests

The sorption tests were conducted at 20 °C in conical flasks (1000 ml) using an orbital shaker in a constant room temperature. The activated sludge (250 ml) was added to aqueous solutions (250 ml) of Basic Blue 41. Initially, a concentration of 25 mg/l was used and the incubation time of the flasks ranged from 10 to 240 min. The data for deriving the Langmuir, Freundlich and Redlich-Peterson constants were obtained by using sludge (250 ml) and dye concentrations of 25, 50, 100, 200 and 400 mg/l. The contact time was 80 min. In both cases, after contacting the sludge solids were removed by centrifugation (20 min at 6000 rpm). The dye concentrations were then measured in the spectrophotometer. The amount of dyes adsorbed by the live activated sludge was calculated using the following equation;

$$q = V(C_i - C_e) / W$$

where q (mg/g) is the amount of dye sorbed by activated sludge, C_i and C_e (mg/l) are initial and equilibrium dye concentration in liquid phase, V is the volume of solution (l) and W is the dry weight of the activated sludge (g).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Thermodynamics of Adsorption

It is well known fact that Gibbs free energy would define system spontaneity. Gibbs free energy (ΔG°) can be calculated from the followings (12 Namasivayam and Senthilkumar, 1997)

$$K_r = C_a / C_e$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_r^\circ$$

where, K_r is the equilibrium constant. K_r° is the thermodynamic equilibrium constant C_a is the solid phase concentration in equilibrium (mg/l), C_e is the equilibrium concentration in solution (mg/l), R is the universal gas constant (joule/mol K) and T is temperature (°K). If infinite dilution value of K_r can be found by calculating the equilibrium constant at different initial concentration of dye and extrapolating to zero, this will give K_r° (13, 14). Thermodynamic equilibrium constant (K_r°) was calculated from the C_a/C_e versus C_e plot as 4.1. Value of Gibbs free energy calculated on this basis is -3.439 kJoule/mol. This negative value of the Gibbs free energy indicates the

spontaneity of the sorption of BB41 on to live activated sludge. Table 1 shows the comparison of Gibbs free energy values for various adsorbents.

Table 1. Comparison of the Gibbs free energy values for various systems

Sorbent	Dye	ΔG°
Live activated sludge (Current work)	Basic Blue 41	-3.439 (T=293 °K)
Neem leaf powder (15)	Brilliant Green	-7.15 (T=300 °K)
Fuller's earth (16)	Methylene Blue	-27.34 (T=298 °K)
Activated carbon (17)	Methyl Violet	-3.2 (T=289 °K)
Tree fern (18)	Basic Red 13	-9.59 (T=293 °K)

3.2. Kinetics of Adsorption

The adsorption process in porous solids can be separated into three stages. First stage is diffusion through the solution to the external surface of the adsorbent and also called film mass transfer or boundary layer diffusion of solute molecules. Second stage is diffusion within the pores or capillaries of the adsorbent internal structure to the sorption sites where third steps rapid uptake occurs (19, 20). However, the third step is immeasurable fast and therefore contributes no resistance to the adsorption process so film mass transfer and intraparticle diffusion remain the rate determining steps (21). Therefore, film transfer controls the initial part of the adsorption for the first few minutes of the process and is not rate controlling process. Intraparticle diffusion on the other hand, occurs over longer time and constituting the main course of adsorption (21).

External mass transfer or boundary layer diffusion can be characterised by the initial rate of solute sorption. It was already demonstrated that the initial part of the adsorption of various basic dyes by dead and live activated sludge is controlled by film diffusion and fit to the first order process according to the following equation (3, 22):

$$-kt = 2.303 \log \frac{C_t}{C_0}$$

Where C_t is concentration of dye remaining at the each contact time, C_0 is initial dye concentration of dyestuff, and k is the reaction rate constant. Initial rate can be calculated from the initial slope of the $-\log C_t/C_0$ -time curves (Figure 2.). These slopes can be derived by assuming that relationship was linear first 5-10 minutes (23, 24). Initial rates calculated on this basis are given in Table 2.

Table 2. Initial rate constants calculated from $-\log C_t/C_0$ vs. contact time for BB41

Initial dye concentration (mg/l)	k (per min)	Correlation coefficient
25	0.0885	0.885
50	0.1005	0.888
100	0.1053	0.908
200	0.0840	0.889
400	0.0671	0.904

High correlation coefficients were obtained for the BB41 and live activated system. This indicates that initial part of the adsorption process governed by first order boundary layer diffusion. This finding is consistent with earlier reports (3, 22).

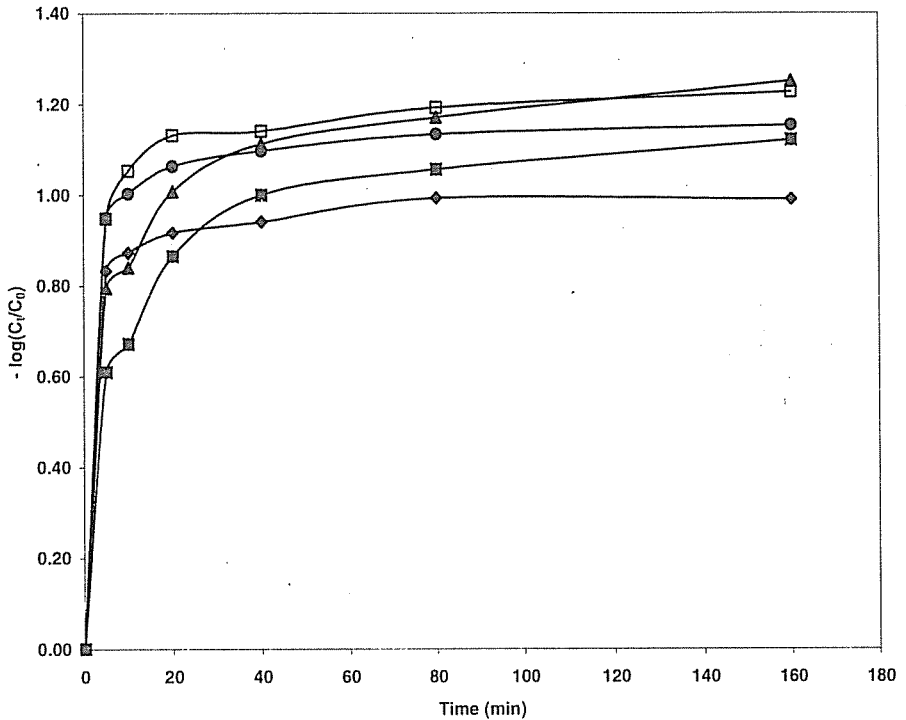


Figure 2. The variation of $-\log C_t/C_0$ with contact time for BB41. (◆) 25 mg/l, (●) 50 mg/l, (□) 100 mg/l, (▲) 200 mg/l, (■) 400 mg/l.

Intraparticle diffusion can be rate limiting step especially for the adsorbents which has highly large surface area and highly developed internal structures due to the complex network of pores and channels (21). The earlier report about activated sludge structure showed that activated sludge has also highly porous surface (25). This type of structure may well cause that the intraparticle diffusion is rate limiting step throughout the adsorption. For this type of the adsorption systems where there is the possibility of intraparticle diffusion being rate limiting step, the equation described by Weber and Morris (1963) (26) can be used to assess this option:

$$k_p = \frac{q}{t^{1/2}}$$

where q (mg/g) is the amount of dye adsorbed at time t and k_p intraparticle rate constant ($\text{mg/g min}^{0.5}$).

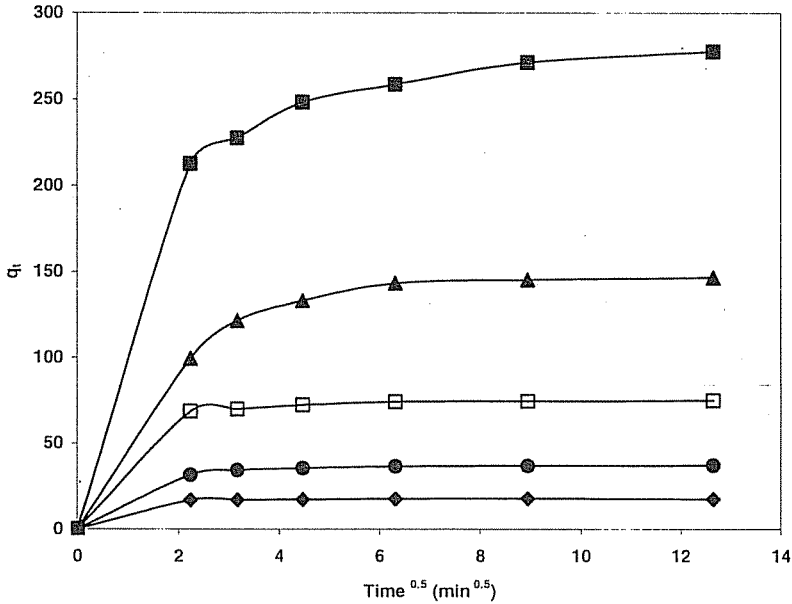


Figure 3. Plots for the intraparticle diffusion for the adsorption of BB41 on activated sludge (\blacklozenge) 25 mg/l, (\bullet) 50 mg/l, (\square) 100 mg/l, (\blacktriangle) 200 mg/l, (\blacksquare) 400 mg/l.

Fig. 3 shows the relationship for the activated sludge and BB41 system for various dye concentrations and it can be seen that they are not linear over the entire time range. This, implying that, although intraparticle diffusion is significant, however more than one process are affecting the adsorption. This non-linearity was reported before by various researchers (3, 20, 24, 27-30). The double nature of this relationship is explained in terms of two processes: boundary layer diffusion, which gives the initial, curved portion and intraparticle diffusion, which gives the final linear portion. The slope of this linear portion, obtained by regression analysis can be used to derive a rate parameter, k_p ($\text{mg/g min}^{0.5}$) for the intraparticle diffusion. Values of k_p for five different initial dye concentrations are given at Table 3.

Table 3. Intraparticle rate constants for BB41

Initial dye concentration (mg/l)	k_p ($\text{mg/g min}^{0.5}$)	Correlation coefficient
25	0.1751	0.9958
50	1.1047	0.9474
100	1.6732	0.9972
200	14.627	0.9625
400	15.919	1

As can be seen from the Table 3, increasing initial dye concentration accompanied with increasing rate. This is consistent with previous works (3, 22, 27, 29).

It was already reported that for the adsorption of many materials pseudo second order model provides excellent fit (3, 20, 24, 31-34).

For the pseudo second order

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{Kq_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

where q_t is the amount of dye adsorbed (mg/g) by activated sludge at time t (min), q_e is the amount adsorbed at equilibrium time (mg/g) and K (min^{-1}) is the pseudo second order rate constant of adsorption (g/mg min) (20). Plots of t/q_t versus t should give linear relationship, where K and q_e values can be evaluated from the slope and intercept (Figure 4).

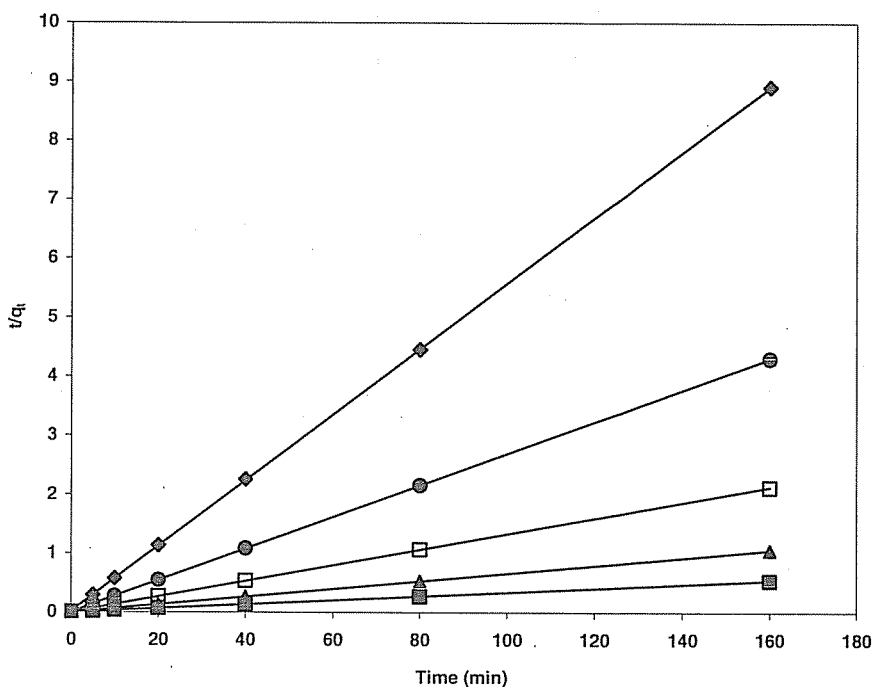


Figure 4. Pseudo second order rate plots for BB41 for various dye concentrations (◆) 25 mg/l, (●) 50 mg/l, (□) 100 mg/l, (▲) 200 mg/l, (■) 400 mg/l

Values were derived for reaction rate constants and correlation coefficients for each initial dye concentration along with experimental q_e and calculated q_e from the equation above are shown at Table 4.

Table 4. Pseudo second order rate parameters and the comparison of experimental and calculated q_e values

Initial dye concentration mg/l	K (g/mg min)	Correlation coefficient	q_{exp} (mg/g)	q_{cal} (mg/g)
25	0.1797	1	17.992	18.018
50	0.0965	1	37.082	37.313
100	0.0421	1	74.870	75.187
200	0.0085	0.999	149.221	151.515
400	0.0030	0.999	292.123	294.117

It was seen that data derived from regression analysis, excellent results were obtained for pseudo second order reaction rate with the correlation coefficient 0.999 for all initial dye concentrations. Comparison of the experimental and calculated q_e values shows that they are very close to each other and also indicating the excellent fit of the pseudo second order model for dye-sludge system. These findings are in good agreement with previous work performed by Basibuyuk and Forster (2003) (3) with live activated sludge and a basic dye.

4. CONCLUSION

From the work presented here, BB41 bound to activated sludge well. Gibbs free energy of adsorption of BB41 was calculated and negative value of Gibbs free energy indicates the spontaneity of adsorption. According to the kinetics works results, initial dye adsorption was governed by first degree film diffusion process. This indicates that the process governs the chemical nature of the sorption. But at the initial part of adsorption where sudden uptake occurs, the process is also physical in nature. Results also showed that intraparticle diffusion played significant role. Finally it was also found that for the overall adsorption kinetic rate, pseudo second order model yielded excellent results for BB41 and live activated sludge system.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

Authors would like to thank for the support given by Çukurova University under the contract of MMF2002BAP54.

6. REFERENCES

1. Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H.D., "Wastewater Engineering: Treatment and Reuse", 4th ed., McGraw-Hill, 635-642, New York, 2003.
2. Pagga, U., Brown, D., "The degradation of dyestuffs part II: behaviour of dyestuffs in aerobic degradation tests", *Chemosphere* 15, 479-491, 1986.
3. Basibuyuk, M., Forster, C.F., "An examination of the adsorption characteristics of a basic dye (Maxilon Red BL-N) on to live activated sludge system", *Process Biochem.* 38/9, 1311-1316, 2003.
4. Porter, J.J., Snider, E.H., "Long-term biodegradability of textile chemicals", *J. Wat. Pollut. Control Fed.* 48, 2198-2210, 1976.

INVESTIGATION OF THE KINETIC PROPERTIES OF THE BIOSORPTION
OF BASIC BLUE 41 BY LIVE ACTIVATED SLUDGE

5. Davis, G.M., Koon, J.H., Adams, J.C.E., "Treatment of two textile dye house wastewaters", *Proc. 32th Ind. Waste Conf., Purdue University Lafayette, Indiana*, 981-997, USA, 1977.
6. Grau, P., "Textile industry wastewaters treatment", *Wat. Sci. Technol.* 24/1, 97-103, 1991.
7. Pagga, U., Taeger, K., "Development of a method for adsorption of dyestuffs on activated sludge", *Water Res.* 28, 1051-1057, 1994.
8. Easton, J.R., "The problem of colour: the dye makers view", In: Cooper P, editor. *Colour in dye house effluent. Society of Dyers and Colourists*, 9-22, 1995.
9. Churchley, J.H., Greaves, A.J., Hutchings, M.G., Phillips, D.A.S., Taylor, J.A., "A chemometric approach to understanding the bioelimination of anionic, water-soluble dyes by a biomass – Part 2: Acid dyes", *J. Soc. Dyers and Colourists* 116, 222-228, 2000.
10. Pearce, C.I., Lloyd, J.R., Guthrie, J.T., "The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: a review", *Dyes and Pigm.*, 58, 179-196, 2003.
11. *Standard Methods, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th ed.)*, American Public Health Association, Washington, DC, USA, 1998.
12. Namasivayam, C., Senthilkumar, S., "Recycling of industrial solid waste for the removal of mercury (II) by adsorption process", *Chemosphere* 34, 357-375, 1997.
13. Aksu, Z., "Determination of the equilibrium, kinetic and thermodynamic parameters of the batch biosorption of nickel(II) ions onto *Chlorella vulgaris*", *Process Biochem.*, 38, 89-99, 2002.
14. Aksu, Z., Kabasakal, E., "Batch adsorption 2,4-dichlorophenoxy-acetic acid (2,4-D) from aqueous solution by granular activated carbon", *Sep. Purif. Technol.* 35, 225-240, 2004.
15. Bhattacharyya, K.G., Sarma, A., "Adsorption characteristics of the dye, brilliant green, on neem leaf powder", *Dyes and Pigments* 57, 211-222, 2003.
16. Atun, G., Hisarli, G., Sheldrick, W.S., Muhler, M., "Adsorptive removal of methylene blue from colored effluents on fuller's earth", *J. Colloid Interf. Sci.* 261, 32-39, 2003.
17. Dai, M., "Mechanism of adsorption for dyes on activated carbon", *J. Colloid Interf. Sci.* 198, 6-10, 1998.
18. Ho, Y.-S., Chiang, T.-H., Hsueh, Y.-M., "Removal of basic dye from aqueous solution using tree fern as a biosorbent", *Process Biochem.* 40, 119-124, 2005.
19. Zogorski, J.S., Faust, S.D. Haas, J.H., "The kinetics of adsorption of phenols by granular activated carbon", *J. Colloid Interf. Sci.* 55, 329-341, 1976.
20. Ho, Y.S., Wase, D.A.J., Forster, C.F., "Kinetic studies of competitive heavy metal adsorption by sphagnum moss peat", *Environ. Technol.* 17, 71-77, 1996.
21. Al Duri, B., "Adsorption modelling and mass transfer", in: McKay, G.(Ed.), *Use of Adsorbents for the Removal of Pollutants from Wastewaters*. CRC Press, pp. 135-172, 1996.
22. Chu, H.C., Chen, K.M., "Reuse of activated sludge biomass: II. The rate processes for the adsorption of basic dyes on biomass", *Process Biochem.* 37, 1129-1134, 2002.

23. Forster, C.F., Mehrotra, I., Alibhai, K.R.K., "The multiple binding of heavy metals by digested sludge", *J Chem Technol Biotechnol.* 35/B, 145-154, 1985.
24. Keskinkan, O., Goksu, M.Z.L., Yuceer, A., Basibuyuk, M., Forster, C.F., "Heavy metal adsorption characteristics of a submerged aquatic plant (*Myriophyllum spicatum*)", *Process Biochem.* 39/2, 179-183, 2003.
25. Smith, P.G., Coackley, P.A., "Method determining specific surface area of activated sludge by dye adsorption", *Water Res.* 17, 595-598, 1983.
26. Weber, W.J., Morris, J.C., "Kinetics of adsorption on carbon from solutions", *J. Sanit. Engng. Div. Am. Soc. Civ. Eng.* 89, 31-60, 1963.
27. McKay, G., Otterburn, M.S., Sweeney, A.G., "The removal of colour from effluent using various adsorbents- III. Silica: rate processes", *Water Res.* 14, 15-20, 1980.
28. Gupta, G.S., Shukla, S.P., Prasad, G., Singh, V.N., "China clay as an adsorbent for dyehouse wastewaters", *Environ. Technol.* 13, 925-936, 1992.
29. Fernandez, N., Chacin, E., Garcia, C., Alastre, N., Leal, F., Forster, C.F., "The use of seed pods from *Albizia lebbek* for the removal of alkyl benzene sulphonates from aqueous solution", *Process Biochem.* 31, 383-387, 1996.
30. Chu, H.C., Chen, K.M., "Reuse of activated sludge biomass: I. Removal of basic dyes from wastewater by biomass", *Process Biochem.* 37, 595-600, 2002.
31. Banquella, B., Benaissa, H., "Cadmium removal from aqueous solutions by chitin: kinetic and equilibrium studies", *Water Res.* 36, 2463-2474, 2002.
32. Özer, A., Akkaya, G., Turabik, M., "The biosorption of Acid Red 337 and Acid Blue 324 on *Enteromorpha prolifera*: The application of nonlinear regression analysis to dye biosorption", *Chem. Eng. J.* 112, 181-190, 2005.
33. Akkaya, G., Özer, A., "Biosorption of Acid Red 274 (AR 274) on *Dicranella varia*: Determination of equilibrium and kinetic model parameters", *Process Biochem.* 40, 3559-3568, 2005.
34. Özer, A., Akkaya, G., Turabik, M., "Biosorption of Acid Blue 290 (AB 290) and Acid Blue 324 (AB 324) dyes on *Spirogyra rhizopus*", *J. Hazard. Mater.* 135, 355-364, 2006.

**TÜRKİYE'DE TEMEL EKONOMİK GÖSTERGELER
VE SANAYİ SEKTÖRÜ-I: Genel Değerlendirme****Erdem KOÇ***Ç.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye***Mustafa Fedai ÇAVUŞ***O.K.A.Ü., İşletme Programı, Osmaniye/Türkiye*

ÖZET : *Ekonomiler değerlendirilirken üç ana sektör baz alınmaktadır; Tarım, Sanayi ve Hizmetler. Bunlar içerisinde özellikle sanayi sektörü ülke ekonomisinin gelişmişliğinin önemli göstergesidir. Türkiye ekonomisindeki işletmelerin %98,9'u Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerden (KOBİ) oluşmaktadır. Bunların ise %99,7'si imalat sanayiinde faaliyet göstermektedir. Ülke ekonomisi için bu kadar önemli olan sektöre yönelik devlet yatırımları ve teşvikleri ile sektörün gelişmesi için destekler sağlanmaktadır. Bu çalışmada Türk sanayi sektörünün durumu diğer ekonomik göstergelerle birlikte ele alınmakta ve değerlendirilmektedir.*

**MAIN ECONOMIC INDICATORS IN TURKEY AND
INDUSTRIAL SECTOR-I: General Evaluation**

ABSTRACT : *There are three main sector in economies being evaluated; namely Agriculture, Industry and Services. Especially, among these, industry sector is the most important indicator for countries' economic development. The %98,9 of businesses forms Small and Medium Sized Enterprises (SMEs) in Turkish Economy. The %99,7 of these businesses, however, serve in manufacturing industry. There are several supporting materials and exemptions for developing the industrial sector, being very important for Turkish economy. In this study, the status of Turkish industry sector has been evaluated along with the other main economic indicators.*

1. GİRİŞ

Son yıllarda bölgesel gelişme ve ekonomik coğrafyaya ilişkin olarak Dünya ekonomisinde gözlenen önemli gelişmelerden başlıcaları, ekonomideki artan yerleşme eğilimleri ile kentsel ekonomiler olgusudur. Yaşanan süreçte iletişim, ulaşım ve teknolojiye yaşanan gelişmeler; yerleşim teorisinin hammadde ve pazara yakınlık gibi geleneksel değişkenlerinin önemini azaltırken, dünyanın herhangi bir yöresinde üretilen bir ürünün, herhangi bir bölgesinde satılabilmesi mümkün duruma gelmiştir [1].

Türkiye’de sanayi politikasının temel amacı, artan dünya rekabet şartları altında sanayinin rekabet gücünü ve verimliliğini artırarak dışa dönük bir yapı içerisinde sürdürülebilir büyümeyi sağlamaktır. Bu bağlamda, sanayi politikası, girişimcilerin ve işletmelerin inisiyatif alabilecekleri, fırsatlar yaratabilecekleri ve potansiyellerini kullanabilecekleri, rekabete açık bir iş ortamını geliştirmeyi hedeflemektedir. Türkiye’de sanayiye yönelik bazı genel politikalar bulunmaktadır. Bununla birlikte, sanayi politikası, dış ticaret, yatırım, teknoloji, kalite iyileştirme, çevre, işgücü, Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler (KOBİ) ve rekabet gibi farklı politika alanlarını da kesen yatay bir politika alanıdır. Ayrıca, sektörlerin spesifik ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilen sektörel politikaları da içermektedir.

Ülkemizde, özellikle 1980 sonrası süreçte, ekonominin büyüme performansının temel itici gücünü sanayi sektöründe meydana gelen ilerlemeler oluşturmuş olup, bu süreç; beraberinde hem hizmetler sektörünün büyümesine pozitif bir katkı sağlamış, hem de toplam Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) büyümesi üzerinde olumlu bir gelişme kaydetmiştir. 1996’da başlayan Gümrük Birliği sürecinde, Türkiye için sanayi sektöründe, özellikle KOBİ’ler uygulamadaki fonların ve gümrüklerin kalkmasından sonra yoğun bir rekabet ortamına girmiştir. Bu rekabet hem Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkelerden, hem de AB’ye üçüncü ülkelerden gelerek dolaşıma giren ürünlerden kaynaklanmaktadır. Ancak, KOBİ’lerin bugünkü durumları ve sermaye yapılarıyla en son teknolojileri kullanan AB işletmeleriyle rekabet etmesi oldukça güçtür ve global normlar çerçevesinde devlet desteği şart görünmektedir [2].

Türkiye sanayi sektörü ve Osmanlı sanayinin değerlendirileceği araştırmanın ilk bölümü olan bu çalışmada, Türkiye ekonomisinin genel göstergeleri içinde özellikle sanayi sektörünün durumu değerlendirilmektedir. Ayrıca, sanayiye yönelik devlet yatırımları ve KOBİ’lerin sanayi sektöründeki yeri ve önemi incelenmiştir.

2. TEMEL EKONOMİK GÖSTERGELER VE SANAYİ SEKTÖRÜ

Bir toplumun sosyo-kültürel ve ekonomik yapısını etkileyen sanayileşme olgusu, geleneksel tarım toplumundan modern sanayi toplumuna geçişin yaşadığı bir değişim süreci olarak değerlendirilmektedir. Sanayi sektörünün gelişmesi tarım ve hizmetler sektörünü de olumlu etkilemektedir. Tarım sektörü sanayi sektöründen girdi almak zorunda olduğu gibi bu sektöre hammadde de sağlamak durumundadır. Sanayinin gelişmesi, ticari ve mali hizmetler sektörüne de canlılık kazandırdığı açıktır. Bu nedenle sanayileşme sosyo-ekonomik gelişme veya kalkınmanın temel parametresini veya dinamiğini oluşturmaktadır [3]. İnsan ihtiyaçlarının sonsuz olması, sanayinin gelişmesine, hızlanmasına ve modernleşmesine sebep olmuştur. İhtiyacın büyük emek gücüyle karşılanması, maliyetin pahalıya mal olmasına neden olmaktadır. İnsan emeğinin az harcandığı sanayi bugün inanılmaz boyutlara ulaşmıştır.

Hızlı bir sanayileşme sürecine giren Türkiye'de 1960'lı yıllardan itibaren sanayi yatırımları yerleşim yeri olarak belli bölgelerde yoğunlaşma eğilimi göstermiştir. Sanayinin ülkenin her tarafına dengeli dağılmayıp belirli bir yerde veya birkaç bölgede yaygınlaşmasını sağlayan birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin başında yer seçiminden kaynaklanan pazara ve hammadde kaynaklarına yakınlık, işgücü yeterliliği ve alt yapı tesislerinin gelişmişliği, aynı ya da benzer üretim faaliyetlerinin varlığı gelmektedir.

Türkiye ekonomisinde 2002 yılında başlayan büyüme süreci 2006 yılına kadar devam etmiştir. Yıl sonunda % 6 büyüme elde edilirken, büyüme hızı geçen dört yılda olduğu gibi bir kez daha hedeflenen % 5'lik değerin üzerinde gerçekleşmiştir. Böylece istikrarlı bir büyüme süreci yakalayan Türkiye ekonomisinde 20 çeyrek aralıksız büyüme yaşanırken, son beş yılın ortalama büyüme oranı % 7.5 olmuştur. 2006 yılında ekonomik büyümeyi üretim yönünden büyük ölçüde sanayi, ticaret, inşaat ve ulaştırma-haberleşme sektörleri katma değerinde meydana gelen artışlar etkilerken, harcamalar yönünden ise özel sektör sabit sermaye yatırımları ve tüketimindeki artış ile kamu sektörü tüketim harcamalarındaki artış etkilemiştir [4].

2006 yılı birinci ve ikinci üç aylık dönemlerinde GSMH sırasıyla % 6.4 ve % 9.3 oranında büyümüştür. Mayıs ve Haziran aylarında küresel finans piyasalarında yaşanan dalgalanmayla, ülkemizde beklentiler bozulmuş, kurlar, faiz oranları ve fiyatlar yükselmiş, üretim ve tüketim üzerinde baskı oluşmuştur. Ekonomi soğuma eğilimine girmiş, GSMH artış hızı üçüncü üç aylık dönemde % 4.3 ve son üç aylık dönemde de % 4.6 düzeyinde kalmıştır. Böylece 2005 yılında % 7.6 artan GSMH 2006 yılında % 6 artarak 1987 yılı fiyatlarıyla 154.343 bin YTL'ye yükselmiştir. 2006 yılında GSMH cari fiyatlarla % 18.4 büyüyerek 575.784 milyon YTL olmuştur [4]. Bununla birlikte 2007 yılı ilk 3 çeyrek verileri 2006 yılına göre tüm sektörlerde bir yavaşlama olduğunu göstermektedir. Sanayi sektörünün 2006 yılındaki %7.3 olan büyüme hızı %5'e düşmüştür [5].

2006 yılında kamu tüketim harcamaları % 9.6 artarken, GSYH'nın en büyük bileşeni olan özel tüketim harcamaları artış hızı yılın ikinci yarısındaki daralmanın etkisiyle % 5.2 düzeyinde kalmıştır. Böylece toplam tüketim harcamalarında % 5.6 artış olmuştur. Kamu sektörü sabit sermaye yatırımları % 0.2 küçülürken, makine-teçhizat yatırımlarındaki % 13.9'luk ve bina inşaatındaki % 26.4'lük artışın etkisiyle özel sektör sabit sermaye yatırımları % 17.4 artmış, böylece toplam sabit sermaye yatırımlarında % 14 artış meydana gelmiştir. 2006 yılında tüketim harcamalarının GSYİH'ya oranı % 83.1, sabit sermaye yatırımlarının GSYİH'ya oranı ise % 21.9 olmuştur [4].

2006 yılı gayri safi yurtiçi hasılası içinde tarım sektörünün payı % 9.2, sanayi sektörünün payı % 25.6, hizmet sektörünün payı da % 65.2 olmuştur (Çizelge-1).

Çizelge 1. Sektörlerin GSYİH İçindeki Payları (Cari Üretici Fiyatlarıyla) [6.7]

Sektörler	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Tarım	14.1	12.1	11.6	11.7	11.2	10.3	9.2
Sanayi	23.3	25.7	25.2	24.7	24.9	25.4	25.6
Hizmetler	62.6	62.2	63.2	63.6	63.9	64.3	65.2
GSYİH	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Kişi başına gayri safi milli hasıla, 2006 yılında % 9.4 artarak 5.477 dolara yükselmiştir. 1987 yılı fiyatlarıyla ise kişi başına GSMH % 5'lik artışla 2.12 YTL olurken, Satınalma Gücü Paritesine göre kişi başına GSYİH, bir önceki yıla göre % 11.2 artarak 8.575 dolar olmuştur (Çizelge-2).

Çizelge 2. Türkiye Gayri Safi Milli Hasılası ve Fert Başına GSMH (1997-2006) [6,7]

Yıl	GSMH Milyon YTL	Milyar \$	Büyüme Oranı	Yıl Ortası Nüfus (1)		Fert Başına GSMH \$	Fert Başına GSYİH Satın Alma Gücü Paritesine Göre (\$ ¹) (2)
				1000 Kişi	Yüzde Değişim		
1997	29393.26	192.383	8.2	62479.97	-0.34616	3079.112	6502
1998	53518.33	206.552	3.8	63458.57	1.56627	3254.916	6651
1999	78282.97	185.267	-6	64345.19	1.397162	2879.267	6274
2000	125596.1	200.002	6.3	67461	4.842332	2965	6814
2001	176484.0	145.692	-9.5	68618	1.715065	2123	6144
2002	275032.4	180.892	7.9	69626	1.469002	2598	6520
2003	356680.9	239.235	5.8	70712	1.559762	3383	6739
2004	428932.3	299.475	9.9	71789	1.52308	4172	7212
2005	486401	360.876	7.6	72065	0.38446	5008	7711
2006	575784	399.673	6	72974	1.261361	5477	8575

(1) TÜİK yıl ortası nüfus tahmini

(2) Satın Alma Gücü Paritesinin hesaplanabilmesi için gerekli veriler TÜİK tarafından derlenip OECD'ye gönderilmekte, OECD daha sonra OECD tarafından hesaplanmış olan parite değeri kullanılarak Fert Başına GSYİH değeri TÜİK tarafından hesaplanmaktadır.

Sanayi sektörü katma değeri birinci üç aylık dönemde % 4.5, ikinci üç aylık dönemde % 11.1, üçüncü üç aylık dönemde % 7.2, dördüncü üç aylık dönemde % 6.5 artmıştır. Böylece 2006 yılında 2005 yılına göre sanayi sektörü katma değerinde % 7.4 artış olmuştur. Alt sektörler itibarıyla madencilik ve taşocakçılığı sektörü katma değerinde % 4.8, imalat sanayi sektörü katma değerinde % 7.4 ve enerji sektörü katma değerinde % 8.7 artış meydana gelmiştir (Çizelge-3).

Çizelge-3 Sanayi Sektörü Katma Değerindeki Değişim (1987 Üretici Fiyatlarıyla %)[6,7]

Sektörler	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Madencilik	-1.1	-8.8	-4.4	-2.9	2.6	12.8	4.8
İmalat Sanayi	6.4	-8.1	10.4	8.6	10.1	6.1	7.4
Elektrik, Gaz ve Su	6.5	-2.1	8.0	5.7	6.1	7.5	8.7
Toplam Sanayi	6.0	-7.5	9.4	7.8	9.4	6.5	7.4

SGP, ülkeler arasındaki fiyat düzeyi farklılaşmasını ortadan kaldıran para birimi dönüştürme oranıdır. Eldeki toplu bir para parite oranı ile farklı bir para birimine dönüştürüldüğünde, tüm ülkelerde aynı sepetteki mal ve hizmetler satın alınacaktır. Diğer bir deyişle, SGP ülkeler arasındaki fiyat farklılıklarını yok ederek, ulusal para birimlerini birbirlerini dönüştüren bir orandır.

Sanayi sektörünün GSYİH içindeki payı 2005 yılında % 25.2 iken, 2006 yılında %25.6'ya yükselmiştir. Alt sektörler itibariyle madencilik sektörünün payı % 1.4, imalat sanayi sektörünün payı % 21.1 ve enerji sektörünün payı % 3 olmuştur (Çizelge-4).

Çizelge-4 Sanayi Sektörü Katma Değerinin GSYİH İçindeki Payı (%)
(Cari Üretici Fiyatlarıyla) [6,7]

Sektörler	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Madencilik	1.1	1.2	1.0	1.1	1.2	1.4	1.4
İmalat Sanayi	19.2	20.6	20.1	20.0	20.4	20.8	21.1
Elektrik,Gaz ve Su	3.0	3.9	4.1	3.6	3.3	3.2	3.0
Toplam Sanayi	23.3	25.7	25.2	24.7	24.9	25.2	25.6

Sanayi sektörü üretimi 2006 yılının birinci üç aylık döneminde % 3.4, ikinci üç aylık dönemde % 8.2, üçüncü üç aylık dönemde % 5.7, dördüncü üç aylık dönemde % 5.8 artış göstermiştir. 2005 yılında % 5.3 olan sanayi üretimi artış oranı, 2006 yılında % 5.8'e yükselmiştir. Özel sektör sanayi üretimi artış oranı 0.3 puan artarak % 5.6'ya, kamu sektörü sanayi üretimi artış oranı 1.3 puan artarak % 6.7'ye yükselmiştir (Çizelge-5).

Çizelge-5 Sanayi Üretim Endeksi ve Değişim Oranları (1997=100) [6,7]

Yıllar	Üretim Endeksi			Değişim (%)		
	Devlet	Özel	Toplam	Devlet	Özel	Toplam
2003	91.2	120.5	112.4	-	-	-
2004	92.7	135.5	123.5	1.6	12.2	9.9
2005	97.7	142.4	130.0	5.4	5.3	5.3
2006	104.2	150.4	137.6	6.7	5.6	5.8

Aylık verilere göre, sanayi üretimi, 2007 yılı Kasım ayında bir önceki yılın aynı ayına göre yüzde 7.7 oranında artmıştır. 2007 yılının Ocak-Kasım döneminde, önceki yılın aynı dönemine göre sanayi üretiminde yüzde 5.5 oranında artış gerçekleşmiştir. Mevsimsel düzeltilmiş sanayi üretim endeksinde ise Kasım ayında Ekim ayına göre yüzde 5.1 oranında artış gerçekleşmiştir. 2007 yılı Kasım ayında bir önceki yılın aynı ayına göre imalat sanayi, madencilik ve enerji sektörleri üretimlerinde sırasıyla, yüzde 8.1, yüzde 5.2 ve yüzde 5.2 oranlarında artış gözlenmiştir (Çizelge-6).

Kapasite Kullanım Oranı (KKO), sanayideki üretim düzeyinin bir yansıması olup, talep ve yatırım düzeyleri ile ilgili ayrıntılı bilgiler sunmaktadır. Kapasite kullanımının yüksek olduğu dönemlerde, genellikle sanayi üretimi de artmaktadır. Türkiye'de 2007 yılı Aralık ayı toplam imalat sanayi kapasite kullanım oranı 2006 yılının Aralık ayına göre 0.5 puan azalarak yüzde 81.2 oranında gerçekleşmiştir. Aralık ayında özel sektör imalat sanayi kapasite kullanım oranı geçen yılın aynı ayına göre 0.3 puan azalarak yüzde 79.7 olurken, kamu sektörü kapasite kullanım oranı 0.4 puan azalarak yüzde 90.6 olmuştur. Özel imalat sanayiinde tekstil, giyim, toprak ürünleri ve ana metal alt sektörlerinde yüksek kapasite kullanım oranlarına ulaşılmıştır (Çizelge-7).

Çizelge 6. Türkiye Aylık Sanayi Üretim Endeksi [8]

	Yıllık			2006	Yıllık			2007
	2004	2005	2006	Kasım	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Sanayi	9.8	5.4	5.8	11.6	5.9	2.4	8.3	7.7
Madencilik	4.0	13.8	4.3	-1.0	14.6	18.5	16.8	5.2
İmalat	10.4	4.8	5.5	12.0	5.0	1.0	7.8	8.1
Gıda-İçecek	-0.5	6.2	6.0	5.7	11.9	-7.9	1.4	5.2
Tekstil	-1.5	-11.8	-1.0	10.0	-4.6	-2.8	-2.5	1.8
Giyim	3.5	-12.4	-4.8	1.6	8.2	4.2	15.4	7.2
Petrol Ürünleri	-4.7	-0.1	2.4	6.9	-4.1	0.1	-2.1	-0.1
Kimya	16.1	6.3	6.3	-4.1	14.8	12.1	23.0	23.2
Toprak Ürünleri	9.1	10.2	4.4	12.0	0.3	-3.1	3.4	6.4
Ana Metal	11.6	3.4	10.7	17.1	9.1	5.2	7.3	15.0
Metal Eşya	9.4	32.0	18.9	63.7	18.9	5.2	26.7	5.3
Makine-Teknikat	31.0	1.2	22.0	36.7	-0.5	-2.0	-2.4	0.0
Taşıt Araçları	53.3	9.6	9.7	26.8	11.9	5.1	24.8	24.3
Enerji	6.8	7.6	9.1	12.8	8.6	9.1	8.9	5.2

Çizelge 7. Türkiye İmalat Sanayi Aylık Kapasite Kullanım Oranları(%) [8]

	Yıllık			2006	2007			
	2004	2005	2006	Aralık	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
İmalat Sanayi	81.5	80.3	81.0	81.7	83.2	83.3	82.6	81.2
Kamu	84.3	86.0	89.4	91.0	91.2	91.1	90.8	90.6
Petrol Ürünleri	88.1	90.9	93.0	94.2	93.6	94.6	93.6	92.4
Gıda	71.6	79.2	79.0	85.4	76.4	71.9	88.7	85.4
Kimya	87.5	73.6	89.1	97.2	96.2	94.5	83.2	94.5
Ana Metal	87.7	90.2	86.4	85.8	88.7	91.8	91.8	89.5
Özel	79.9	78.8	79.6	80.0	82.1	82.0	81.3	79.7
Gıda-İçecek	71.1	70.1	70.8	70.5	76.5	76.5	74.1	70.4
Tekstil	81.4	80.8	80.6	81.1	82.1	82.6	81.7	79.4
Giyim	82.7	81.7	82.5	84.9	84.3	84.0	83.8	83.4
Petrol Ürünleri	60.3	65.6	64.0	69.4	72.5	69.0	74.6	65.8
Kimya	76.6	75.6	74.5	72.8	74.5	76.0	77.0	72.6
Toprak Ürünleri	82.0	82.4	83.4	81.5	85.5	82.8	83.6	77.6
Ana Metal	80.1	80.1	82.7	83.7	83.2	84.3	83.5	84.3
Makine-Teknikat	86.9	76.2	79.8	74.5	75.0	77.6	74.5	74.4
Taşıt araçları	79.0	83.6	85.5	86.1	92.4	90.2	89.5	90.5

Sabit sermaye yatırımları bir ekonomide; mal ve hizmet üretimini çoğaltmak, özellikle gelecek dönemlerde tüketim ve ihracat imkânlarını artırmak amacıyla, belli bir dönem içinde reel sermayenin artırılması, korunması ve düzenlenmesi için yapılan yatırımlardır.

Dokuzuncu Kalkınma Planı döneminde: "öncelikli sektörler arasında yer alan eğitim ve sağlık sektörlerinin kamu yatırım payı artırılacaktır. Tarım sektöründe, sulama projeleri stokunun eritilebilmesi için kamu yatırımları artırılacak ve projeler hızlandırılarak önemli bir kısmı tamamlanacaktır. Serbestleştirme politikasına paralel olarak, kamu sektörünün enerji yatırımları içindeki payı tedricen azaltılacaktır. Ulaştırma sektörü Plan döneminde kamu yatırımlarından en büyük payı almakla

birlikte, büyük projelerin yıllar itibarıyla tamamlanacak olması ve aynı dönemde özel sektör katılımını içerecek finansman modellerinden azami ölçüde yararlanılacak olması nedeniyle, sektörün kamu yatırımları içindeki payı azalacaktır. Kamu kesiminin ticari mal ve hizmet üretiminden çekilmesi ve önemli KİT'lerin özelleştirilmesiyle birlikte, madencilik ve imalat sektörlerindeki kamu yatırım payı azalacaktır. Plan döneminde, adalet hizmetleri ve e-devlet yatırımlarının diğer kamu hizmet yatırımları içindeki ağırlığı artırılacaktır" şeklinde temel hedefler belirtilmiştir. Kamu sabit sermaye yatırımları içindeki payı 2006 yılı cari fiyatları ile 445 milyon YTL olan İmalat sanayi yatırımlarının, 2013 yılında 169 milyon YTL olacağı öngörülmektedir. Bu ise devletin sanayi sektöründeki ağırlığının daha da azalacağı ve özel sektörün teşvik edileceğini göstermektedir (Çizelge-8) [9]. Çizelge incelendiğinde yatırımlardan en yüksek payı ulaştırma ve haberleşme sektörünün aldığı bunu diğer hizmet yatırımlarının takip ettiği görülmektedir. En düşük pay ise % 0.5 ile turizm sektöründe görülmektedir.

Çizelge 8. Sektörel Kamu Sabit Sermaye Yatırımları 2007-2013) [9]

Sektörler	2006 (Cari Fiyatlarla)		2013 (Cari fiyatlarla)		2007-2013 (2006 Fiyatlarıyla)	
	Milyon YTL	% Pay	Milyon YTL	% Pay	Milyon YTL	% Pay
Tarım	1.375	7.7	5.040	11.8	17.278	10.2
Madencilik	640	3.6	1.141	2.7	5.514	3.3
İmalat	445	2.5	169	0.4	1.517	0.9
Enerji	2.529	14.2	2.592	6.0	17.750	10.5
Ulaştırma-Haberleşme	5.674	31.8	10.984	25.6	44.023	26.0
Turizm	48	0.3	198	0.5	768	0.5
Konut	109	0.6	390	0.9	1.310	0.8
Eğitim	2.494	14.0	9.399	21.9	32.405	19.1
Sağlık	1.268	7.1	3.702	8.6	14.293	8.4
Diğer Hizmetler	3.243	18.2	9.239	21.6	34.636	20.4
-İktisadi	1.728	9.7	4.195	9.8	15.624	9.2
-Sosyal	1.515	8.5	5.044	11.8	19.012	11.2
Toplam	17.824	100	42.855	100.0	169.495	100.0
Yatırım İşçiliği	2.463		3.885		19.180	
Mahalli İdareler	10.690		22.217		105.936	
Toplam	30.978		68.957		294.611	

Türkiye'de uzun yıllar Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler (KOBİ) tanımlaması üzerinde bir görüş birliğine varılamamış ve konuyla ilgili kurumlar farklı tanımlamalar ortaya koymuşlardır. Türkiye'de çeşitli kurumlar tarafından farklı kriterler esas alınarak yapılan farklı KOBİ tanımları mevcuttur. Son olarak Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından yapılan tanımlama ile bu konuda nihai bir tanıma ulaşılmış olacağı düşünülmektedir. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından getirilen KOBİ tanımlaması ile bu konuda bir standart getirilmeye çalışılmıştır. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı'nın KOBİ tanımı, 18.11.2005 tarih ve 25997 sayılı Resmî Gazetede yayımlanmıştır. Bu tanıma göre: 25 milyon YTL'den az cirosu olan ve 250'den az çalışanı bulunan işletmeler KOBİ olarak tanımlanmıştır.

Dünyanın büyük ekonomilerinde olduğu gibi Türkiye ekonomisinde de KOBİ'lerin oldukça büyük payı ve önemi vardır. Türkiye'de KOBİ'ler toplam işletmelerin % 98.8'ini oluşturmakta olup, reel sektörün neredeyse tamamı KOBİ ölçeğindeki işletmelerden oluşmaktadır. Bu oran diğer ülkelerden çok farklı değildir. Gelişmiş pek çok ülkede de KOBİ'lerin toplam işletmeler içerisindeki payının oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir. Türkiye'deki KOBİ'ler firmaların neredeyse % 99'unu oluşturmakla birlikte; toplam Türkiye ekonomisi istihdamdaki payı %45.6, yatırımlardaki payı % 6.5, üretimdeki payı %37.7 ve ihracattaki payı ise sadece %8 oranındadır. Bütün bu göstergelerin yanında KOBİ'lerin kredilerden aldığı payın -çeşitli kaynaklarca farklı olmakla birlikte- %5-10 arasında değiştiği tahmin edilmektedir (Çizelge-9).

Çizelge 9. KOBİ'lerin Çeşitli Ülke Ekonomilerindeki Yeri [10]

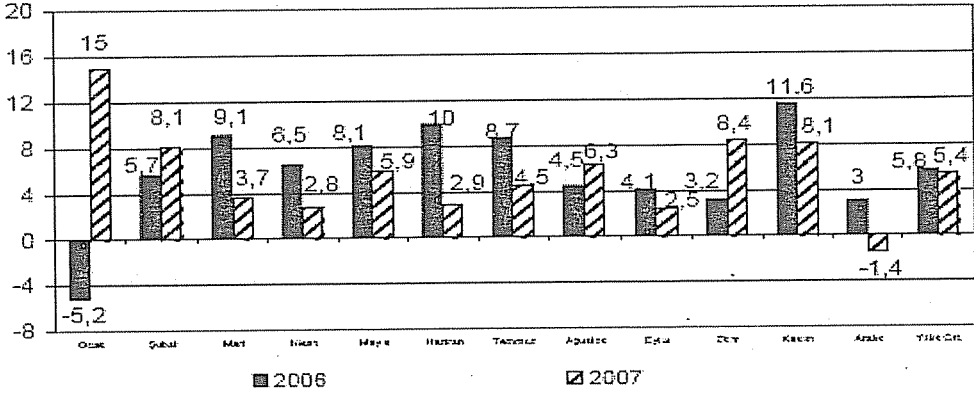
Ülke	KOBİ'lerin Toplam İşletmelere Oranı(%)	KOBİ'lerin İstihdamdaki Payı (%)	KOBİ'lerin Yatırımdaki Payı(%)	KOBİ'lerin Üretimdeki Payı (%)	KOBİ'lerin İhracattaki Payı (%)	KOBİ'lerin Kredilerden Aldığı Pay (%)
ABD	97.2	50.4	38	36.2	32	42.7
Almanya	99.8	64	44	49	31.1	35
Hindistan	98.6	63	27.8	50	40	15.3
Japonya	99.4	81.4	40	52	38	50
İngiltere	96	36	29.5	25.1	22.2	27.2
G.Kore	98.8	59	35	35	20	47
Fransa	99.9	49.4	45	54	23	48
Türkiye	98.9	45.6	6.5	37.7	8-10	5-10

Türkiye'deki KOBİ'lerin yarattığı katma değer, yatırımlardaki ve ihracattaki payının diğer ülke örneklerine göre çok düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, işletmelerin verimlilikleri ile ilgili olduğu kadar, fon kaynaklarının yetersizliği ile de çok yakından ilişkilidir. Gelişmiş ülkelerde KOBİ'lerin toplam kredilerdeki payı %50'lere kadar ulaşırken, Türkiye'de bu oran çok daha gerilerde kalmaktadır.

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Türkiye Cumhuriyeti'nde "sanayileşme", ekonomi politikasının temel önceliği olmuştur. Özellikle 1950'li yılların başlarında, tamamı kamu kuruluşları aracılığıyla ciddi bir sanayileşme atılımı gerçekleştirmiştir. 24 Ocak 1980 tarihli istikrar Kararları ile ekonomi politikası tercihini değiştiren Türkiye, sanayileşme hedefini ihracata dayalı olarak sürdürmektedir.

TÜİK tarafından yayımlanan aylık sanayi üretim indeksine göre (Şekil-1), 2007 yılı Ocak ayında sanayi üretimi % 15.0 oranında artış göstermiştir. Şubat ayında gerçekleşen %8.1'lik artış da oldukça olumlu bir gelişme olarak kabul edilmektedir. Mart 2007 ayında ise sanayi üretim artış hızı %3.7'ye gerilemiştir. Bu eğilim %2.8 artış ile Nisan 2007 ayında da devam etmiştir. Mayıs 2007 ayında ise sanayi üretim artışı hız kazanarak %5.9 olmuştur. Haziran ayında %2.9 artan sanayi sektörü üretimi. Temmuz ayında da %4.5 büyümüştür. Ağustos'ta %6.3'e yükselen artış. Eylül'de %2.5'e gerilemiştir. 2007 yılında sanayi üretiminde görülen istikrarsız gelişme. Ekim'de %8.4. Kasım'da %8.1 ile olumlu bir gelişme göstermiştir.



Şekil 1. Aylık Sanayi Üretim Endeksi Değişim Oranları [11]

Aralık ayında (Çizelge-10) ise sanayi üretimi %1.4 oranında gerilemiştir. 2007 yılında sanayi üretimindeki büyüme %5.4 olmuştur. Bu oran geçen yıl artışının (%5.8) altında kalırken, 2007 yılı tüm ayları için yapılan yukarı doğru düzeltmeler, yıl sonunda GSMH artışının öngörülen %5'lik hedefe ulaşmasını, hatta üzerinde gerçekleşmesini sağlayacaktır.

Çizelge 10. Türkiye Sanayi Sektörü Aylık Üretimindeki Değişim(%) [11]

	Aralık		Aralık-Ocak	
	2006	2007	2006	2007
Sanayi	3.0	-1.4	5.8	5.4
İmalat Sanayi	2.3	-1.6	5.5	4.8
-Gıda. İçki	-2.6	-10.6	6.0	2.4
-Tekstil	-5.4	-13.7	-1.0	2.2
-Giyim	-11.7	-8.1	-4.8	1.9
-Kimya	0.7	12.9	6.3	9.6
-Ana Metal	10.4	0.3	10.7	11.7
-Makine ve Teçhizat	20.8	-11.4	22.0	4.6
-Radyo ve TV	-28.5	-22.7	-15.9	-29.8
-Taşıt Araçları	6.4	17.5	9.7	10.3
Madencilik.	1.6	-8.4	4.3	9.6
Elektrik, Gaz ve Su	9.2	2.6	9.1	8.7

Rekabet, giderek kaliteli ve teknoloji içeren yeni ürünler üzerinde oluşmaktadır. Bu ürünleri bulup üretmenin de tek yolu, Ar-Ge ve yenilik yapmaktan geçmektedir. Ülke sanayisinin tek çıkış yolu budur. Devlet, biran önce uyguladığı teşvik politikasıyla firmaları proje ve ürün bazında desteklemelidir. Böylece hem teşvikler vererek bozulan rekabet dengelenmiş olacak, hem de Türk Sanayi Sektörü kısa sürede gelişmiş sanayiler arasındaki yerini alacaktır.

4. KAYNAKLAR

1. Bircan,İ., Küllhan,E., Özaslan,M. ve Sabuncu,A., “Osmaniye İli Raporu”, DPT, Yayın No: DPT:2498, Osmaniye, Nisan 2000.
2. KOBİ Stratejisi ve Eylem Planı (2007-2009), <http://ekutup.dpt.gov.tr/esnaf/kobi/strateji/2007.pdf>
3. Koç,E., “Yozgat’ın Sosyo Ekonomik ve Kültürel Durumu Yozgat Bozok Üniversitesine Doğru”, ISBN: 975-93546-0-8, Yozgat, Mayıs 2001.
4. Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, Ekonomik Rapor 2006, Yayın No:2007-45, Ankara- 2007.
5. Uras,G., Milliyet Gazetesi, 13.12.2007.
6. Türkiye İstatistik Kurumu Resmi Web Sitesi (TÜİK), www.tuik.gov.tr, 2007.
7. Koç,E.,”Osmaniye’nin Sosyo-Ekonomik ve Kültürel Yapısı”, Osmaniye Valiliği, İl Özel İdaresi, ISBN: 978-9944-0426, Osmaniye, Mart 2008.
8. Ekonomik Gelişmeler, Ocak 2008, <http://ekutup.dpt.gov.tr/eg/2008/01.pdf>
9. Dokuzuncu Kalkınma Planı, 2007–2013, DPT, Ankara, 2006.
10. Çelik,A. ve Akçemci,T., “Girişimcilik Kültürü ve KOBİ’ler”, Gazi Kitabevi, Ankara- 2007.
11. Ekonomik Göstergeler, İstanbul Sanayi Odası, www.iso.org.tr, Mart 2008.

TÜRKİYE'DE TEMEL EKONOMİK GÖSTERGELER VE SANAYİ SEKTÖRÜ-II: Osmaniye Örneği

Mustafa Fedai ÇAVUŞ

O.K.A.Ü., İşletme Programı, Osmaniye/Türkiye

Erdem KOÇ

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

ÖZET : *Bu çalışmada Osmaniye sanayi sektörünün durumu temel ekonomik göstergeler bakımından ve komşu iller ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu çerçevede öncelikle Akdeniz bölgesinin demografik ve ekonomik yapısı ile ilgili kısa bilgiler verilip, Osmaniye sanayi sektörünün yarattığı katma değer ve komşu illere kıyasla sanayi sektörünün gelişimi ele alınmıştır. Sanayinin sektörel olarak gelişimi, aldığı toplam kamu yatırımları ve Osmaniye Organize Sanayi Bölgesinin durumu değerlendirilmiştir. Gerek Türkiye genelinde gerekse de komşu illere göre Osmaniye sanayi sektörünün oldukça geri kalmış olduğu belirlenmiştir.*

MAIN ECONOMIC INDICATORS IN TURKEY AND INDUSTRIAL SECTOR - II: Osmaniye Sample

ABSTRACT : *In this study, The status of Osmaniye Industrial Sector has been evaluated with respect to main economic indicators of Turkey in comparison with those of neighboring cities or provinces. For this analyses, firstly, a brief description about demographic and economic situation of Mediterranean Region has been given, then, the value added of which the Industrial Sector of Osmaniye created and the development of this sector comparable with those of the neighboring cities have been handled. The development of industry in sectoral base, the total state investments in the sector concerned and the condition of Osmaniye Organized Industrial Region have also been examined. It has been shown that the Industrial Sector of Osmaniye has in an underdeveloped position in comparing with those of the neighboring provinces and Turkey as a whole.*

1. GİRİŞ

İnsan ihtiyaçlarının doğa tarafından tam olarak karşılanmaması sonucu ortaya çıkan bir beşeri faaliyet olan üretimin temel amacı, bir ürün veya hizmet yaratmaktır. Bunun gerçekleşmesi için üretim faktörleri adı verilen, insan gücü, malzeme, makina ve parasal kaynaklar (sermaye) gibi unsurların belirli şartlar ve yöntemlerle bir araya getirilmesi gerekir. Bir üretim sisteminin sürekliliği bu kaynakların en iyi şekilde planlanması, yönetimi ve kontrolü ile mümkün olabilmektedir[1].

Teknoloji geliştirme, sanayileşme ve sanayileşirken de ileri teknolojiden yararlanarak yeni alanlar ve ürünler yaratma yarışı her geçen gün daha ileri bir boyuta ulaşırken, bu yolla erişilen güç, milletler için dünya piyasalarında büyük bir rekabet alanını da beraberinde getirmektedir. Bu yarışta başarılı olmanın temel şartları sürekli kalite, ileri teknolojiye ulaşma, ürün skalasında zenginlik, eğitilmiş ve nitelikli iş gücü ve ucuz maliyet olarak belirginleşmektedir[2].

Hızlı bir sanayileşme sürecine giren Türkiye'de 1960'lı yıllardan itibaren sanayi yatırımları yerleşim yeri olarak belli bölgelerde yoğunlaşma eğilimi göstermiştir. Sanayinin ülkenin her tarafına dengeli dağılmayıp belirli bir yerde veya birkaç bölgede yaygınlaşmasını sağlayan birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin başında yer seçiminden kaynaklanan pazara ve hammadde kaynaklarına yakınlık, işgücü yeterliliği ve alt yapı tesislerinin gelişmişliği, aynı ya da benzer üretim faaliyetlerinin varlığı gelmektedir.

Türkiye'de sosyo-ekonomik göstergeler ve gelir dağılımı açısından bölgeler arasında büyük farklılıklar vardır. Bölgelerin nüfus, GSMH'ya katkı ve kişi başına GSMH açısından değerlendirilmesi sonucunda Akdeniz Bölgesi'nin nüfus açısından 4. bölge olduğu, Toplam GSMH'nin %12.4'ünü ürettiği görülmektedir. Bölgenin Sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralamasında ise tüm bölgeler içerisinde 6. sırada olduğu görülmektedir[3].

Akdeniz Bölgesi'nde istihdamın sektörel dağılımı, ana sektörler itibariyle şöyledir: Tarım sektörü, % 54.97 oranıyla temel sektör olma özelliğini sürdürürken, son dönemlerde gelişmeye başlayan sanayi faaliyetlerindeki istihdam % 8.78 düzeyindedir. %10.46 oranına sahip ticaret iş kolu, bölgede 1980'li yıllar sonrasında ivme kazanan turizm faaliyetlerine dayalı olarak gelişmiş ve bölgesel sıralamada Marmara'dan sonra ikinci sıraya oturmuştur. Mali kurumlar iş kolunda çalışanlar ise toplam istihdamın % 2.29'u düzeyindedir. Bu oran ülke ortalamasının (% 3.11) altındadır. Genel olarak ücretli çalışanların toplam istihdama oranı ise, yüzde 37.81 değeriyle bölgesel sıralamada dördüncü sırada yer almakta ve ülke ortalamasının (% 43.52) altında kalmaktadır[4].

Tarım ve hizmetler sektörlerinde ülke ortalaması ve üstünde değerler alan Akdeniz Bölgesi'nde, aynı durum sanayi göstergeleri için geçerli değildir. Sanayinin bölge içi dağılımının dengeli olduğundan söz edilemez. Bilindiği gibi, Akdeniz Bölgesi'nde sanayi, geleneksel kutup niteliğindeki Adana ile Hatay'da yoğunlaşmıştır. Akdeniz Bölgesi'nde faaliyete geçen organize sanayi bölgesi parsel sayısı 1.298'dir ve bölgesel sıralamada altıncı sırada yer almaktadır. Akdeniz Bölgesi, Organize Sanayi Bölgeleri uygulaması itibariyle, diğer bölgelerin gerisinde kalmıştır. Bunun temel nedenlerinden biri, özellikle kıyı şeridinde bulunan illerde, Organize Sanayi Bölgeleri için elverişli ve yeterli arazi bulma güçlüğüdür[4].

2000 yılında fert başına imalat sanayii katma değeri, cari fiyatlarla 216 milyon liralık değerle, Marmara, Ege ve İç Anadolu'nun peşinden dördüncü sırada yer almıştır. Söz konusu gösterge itibariyle sıralamadaki mevcut konumu, imalat sanayinde verimliliğin görelisi olarak yüksek olduğunu göstermektedir. Akdeniz Bölgesi'nin GSYİH oluşumuna katkısı ise Marmara, İç Anadolu ve Ege Bölgeleri'ni izleyerek % 12.06'lık oran ile dördüncü sıradadır[4].

Bu çalışma Temel Ekonomik Göstergeler ve Sanayi Sektörü çalışmasının ikinci bölümü olup, Osmaniye sanayi sektörü temel ekonomik göstergeler ve komşu illerle karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Ayrıca Osmaniye Organize Sanayi Bölgesi'nin durumu ve genel sanayi yapısı içindeki yeri değerlendirilmiştir.

2. OSMANİYE SANAYİ SEKTÖRÜ

Ülke kalkınmasında bölgesel potansiyellerin en iyi şekilde değerlendirilmesinde, mevcut kaynakların verimli ve gerçekçi kullanımı ve bunlara dayalı olarak küçük ve orta ölçekli sanayinin yurt sathında yaygınlaştırılması, desteklenmesi ve geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bunun için de, mevcut sanayi yapısının ortaya konulması, gelişme imkan ve kabiliyetinin belirlenmesi, geleceğe yönelik yeni yatırım hedef ve stratejilerin tasarlanması ve uygulanması da üzerinde ciddiyetle durulması gereken hususların başında gelmektedir. Ancak, bu şekilde verileri ortaya koyarak, yatırımcılarımızın doğru teşviki, sağlıklı yatırım kararlarının alınması ve eldeki kaynakların rasyonel bir şekilde değerlendirilmesini sağlamakla mümkündür.

Osmaniye yıllar boyunca Adana çekirdek sanayi kuşağına bağlı kalmış ve bu süre içinde ağırlıklı olarak tarım ve tarıma dayalı ticaret yapmayı sürdürmüştür. 2000'li yıllarda Osmaniye'de gelişme gösterebilecek otomotiv yan sanayi ile bakım ve onarımı konusundaki küçük sanayi gelişmesi yavaşlamıştır. Diğer yandan, il ve bölgelerin kalıcı bir zenginleşmeye gitmeleri ve refah düzeylerini artırmalarında sanayileşmenin önemli bir lokomotif görevi gördüğü bilinmektedir. Başka bir ifade ile hem sanayi cazibe merkezlerine (Adana-Gaziantep) yakınlığı, hem de ulaşım olanaklarının kolaylığına rağmen, Osmaniye kalkınmanın motor görevini üstlenecek olan kendi sanayisini kuramamanın önemli sıkıntısını yaşamıştır[5].

İller itibariyle GSYİH Çizelge-1'de görülmektedir. Buna göre Osmaniye ilinin cari fiyatlarla GSYİH'daki payı %0.4, gelişme hızı ise %45.5'tir. Sabit fiyatlarla gelişme hızı ise %-1.9'dur.

Çizelde-2'de görüldüğü üzere, Türkiye'de 2004 yılında kişi başı GSYİH değeri 2.146 \$ iken, Hatay, Kahramanmaraş ve Osmaniye illerinde GSYİH değerlerinin Türkiye ortalaması altında kaldığı görülmektedir. Bölgede yer alan Kahramanmaraş ve Osmaniye illerinde GSYİH'daki gelişme hızı Türkiye ortalamasının üzerinde olup, Hatay ilinde ise Türkiye ortalamasının altındadır.

GSYİH'nın sektörel dağılımında 2000 yılına göre üç ilin payı, tarımda: % 5.03, sanayide: % 1.76, hizmetlerde ise: % 2.84'dir. Üç ilde sektörel paylar sıralamasında ilk sırada tarım, ikinci sırada hizmetler yer almakta iken sanayinin payı bu iki sektöre göre daha düşük olup, son sıradadır(Çizelge-3).

Çizelge-1. İller İtibariyle Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (2001)[6].

		Cari Fiyatlarla 000 000 TL.	Cari Fiyatlarla İllerin Payı %	Cari Fiyatlarla Gelişme Hızı %.	Cari Fiyatlarla 000 000 \$	1987 Fiyatlarıyla 000 000 TL.	Sabit Fiyatlarla İllerin Payı %	Sabit Fiyatlarla Gelişme Hızı %
	Türkiye	178.412.438.499	100	43.2	147.285	109.885.336	100	-7.5
1	İstanbul	38.009.832.512	21.3	38	31.378	23.607.618	21.5	-10.2
2	Ankara	13.536.639.054	7.6	30.5	11.175	8.471.367	7.7	-11.3
3	İzmir	13.382.809.692	7.5	47.2	11.048	8.381.585	7.6	-7
6	Adana	5.312.206.659	3	39.6	4.385	3.190.488	2.9	-10.5
7	İçel	5.040.086.494	2.8	47.2	4.161	2.948.871	2.7	-4.3
8	Antalya	4.705.303.036	2.6	51	3.884	2.956.989	2.7	0.6
13	Hatay	2.638.048.564	1.5	39.4	2.178	1.731.119	1.6	-8.3
14	Gaziantep	2.534.755.905	1.4	49.6	2.093	1.685.811	1.5	-3.2
22	K.Maraş	1.935.267.176	1.1	59	1.598	1.099.239	1	0.8
54	Osmaniye	656.381.408	0.4	45.5	542	374.707	0.3	-1.9

Çizelge-2. Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (2004) [7].

GSYİH	Birim	İller			Bölge	Türkiye
		Hatay	K.Maraş	Osmaniye		
Kişi Başı GSYİH	\$	1.757	1.584	1.157	1.589	2.146
Cari Fiyatlarla Gayri Safi Yurtiçi Hasıla						
Değer (Milyon)	TL	2.638.048.564	1.935.267.176	656.381.408	5.229.697.148	178.412.438.499
Paylar	%	1.5	1.1	0.4	2.9	100
Gelişme Hızı	%	39.4	59.0	45.5	46.9	43.2

Çizelge-3. GSYİH'nın Sektörlere Göre Dağılımı (1987 Yılı Fiyatlarıyla, Milyar TL)[6]

Sektörler	Yıl	İller			Bölge Toplamı	Türkiye Toplamı	Bölge %
		Hatay	K.Maraş	Osmaniye			
Tarım	1987	263	229	100	592	13.314	4.45
	2000	464	243	96	803	15.962	5.03
Sanayi	1987	251	181	49	481	19.276	2.50
	2000	277	281	37	595	33.738	1.76
Hizmetler	1987	811	373	157	1.341	42.132	3.18
	2000	1.148	567	249	1.964	69.089	2.84
Toplam	1987	1.324	784	306	2.414	74.722	3.23
	2000	1.889	1.091	382	3.362	118.789	2.83

Çizelge-4'de illerin GSYİH'larının büyüme hızları görülmektedir. Buna göre; her üç ilin sanayi ve hizmetler sektörlerinde büyüme hızlarının Türkiye ortalaması altında kaldığı, ancak tarım sektöründeki büyüme hızının Hatay ilinde Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir. Bölge illeri kendi aralarında karşılaştırıldığında; tarım sektöründe GSYİH büyüme hızının en fazla olduğu il Hatay, sanayi sektöründe Kahramanmaraş ve hizmetler sektöründe ise Osmaniye'dir. Hatay ve Kahramanmaraş illerinde her üç sektörde GSYİH büyüme hızı pozitif iken, Osmaniye ilinde tarım ve sanayi sektöründe GSYİH büyüme hızı negatif değerdedir.

Çizelge-4. GSYİH'nin Sektörel Büyüme Hızları (1987-2000) (Yıllık Ortalama; %) [6].

Sektörler	İller			Türkiye Toplamı
	Hatay	K.Maraş	Osmaniye	
Tarım	4.5	0.5	0.3	1.4
Sanayi	0.8	3.4	2.2	4.4
Hizmetler	2.7	3.3	3.6	3.9
Toplam	2.8	2.6	1.7	3.6

Çizelge-5, 1997-2001 yılları arasında GSYİH Osmaniye-Bölge ve Türkiye açısından karşılaştırmasını içermektedir. Buna göre; Osmaniye'de 1997 yılında cari fiyatlarla kişi başına GSYİH 262 YTL, Satınalma Gücü Paritesi(SGP¹)'ne göre ise 3660 \$'dır. 2001 yılında ise cari fiyatlarla kişi başına GSYİH 1401 YTL olurken Satınalma Gücü Paritesi(SGP) ne göre 3304 \$'a gerilemiştir.

Çizelge-5. İl, Bölge ve Türkiye GSYİH Karşılaştırması (1997-2001) [6].

Yıl	Bölge Adı	Cari fiyatlarla Kişi Başına Düşen GSYİH (YTL)	Cari fiyatlarla Kişi Başına Düşen GSYİH (\$)	Satınalma Gücü Paritesine Göre Kişi Başına GSYİH (\$)
1997	Türkiye	462	3021	6458
1997	Akdeniz	449	2941	6286
1997	Osmaniye	262	1712	3660
1998	Türkiye	823	3176	6629
1998	Akdeniz	794	3064	6394
1998	Osmaniye	401	1547	3228
1999	Türkiye	1203	2847	6274
1999	Akdeniz	1146	2712	5976
1999	Osmaniye	666	1577	3474
2000	Türkiye	1847	2941	6816
2000	Akdeniz	1734	2761	6399
2000	Osmaniye	979	1560	3615
2001	Türkiye	2600	2146	6132
2001	Akdeniz	2472	2041	5831
2001	Osmaniye	1401	1157	3304

GSYİH'nin İktisadi faaliyet kollarına göre dağılımı Çizelge-6 ve Çizelge-7'de verilmiştir. Buna göre; Osmaniye'de 2001 yılında sektör payları değerlendirildiğinde Ticaret % 29.4 ile birinci sırada yer alırken % 25.2 ile tarım ikinci sırada yer almaktadır. Sanayi sektörü ise % 9.6 ile oldukça zayıf kalmıştır.

Cari fiyatlarla elde edilen veriler de benzer bir durumu göstermektedir. Tarım sektörü % 23.4 ile ilk sırayı alırken, % 21 ile Ticaret ikinci sırayı almaktadır. Sanayinin payı ise %6.1'dir.

¹ SGP, ülkeler arasındaki fiyat düzeyi farklılaşmasını ortadan kaldırarak aynı para birimi dönüştürme oranıdır. Eldeki toplu bir para parite oranı ile farklı bir para birimine dönüştürüldüğünde, tüm ülkelerde aynı sepetteki mal ve hizmetler satın alınacaktır. Diğer bir deyişle, SGP ülkeler arasındaki fiyat farklılıklarını yok ederek, ulusal para birimlerini birbirlerini dönüştüren bir orandır.

Osmaniye ili Genel Bütçe Göstergeleri Çizelge-8'de toplu halde komşu iki il ile karşılaştırmalı bir şekilde verilmiştir. Buna göre;

- Kişi başına genel bütçe gelirlerinde; Osmaniye üç il içerisinde 3. ve Türkiye'de 2. sıradadır.
- Üç ilin Kişi Başına Gelir ve Kurumlar Vergisi Miktarı ortalaması; Türkiye ortalamasının % 24'ü kadardır. Türkiye sıralamasında Hatay 30., Kahramanmaraş 56. ve Osmaniye ise 65.'dir.
- Kişi Başına Kamu Yatırımları Miktarında; 1995-2000 yılları arasında Kahramanmaraş bölgede en çok pay alan il olup, Türkiye sıralamasında 13. sıradadır. Osmaniye en az paya sahip il olup ve Türkiye sıralaması 78'dir.
- Kişi Başına Teşvik Belgeleri Yatırım Tutarında; 1995-2000 yılları arasında bölgenin lideri Kahramanmaraş olup, Türkiye sıralamasında 5. sıradadır.
- Kişi Başına İhracat Miktarında; 1995-2000 yıllarında Hatay, 3.569 \$ ile 1. ve Türkiye'de ilk 10 il içinde olup, 7. sıradadır. Osmaniye'de fert başına ihracat miktarı bulunmamaktadır.
- Kişi Başına İthalat Miktarında; yine Hatay, 5.650 \$ ile Bölgede 1. ve Türkiye'de 9. sıradadır. İhracatta olduğu gibi Osmaniye ilinde fert başına ithalat değeri bulunmamaktadır.

Çizelge-8. Genel Bütçe Göstergeleri [6].

Genel Bütçe Göstergeleri	Yıl	Birim	İller			TÜRKİYE	Sıralama (81 il içinde)		
			Hatay	K.Maraş	Osmaniye		Hatay	K.Maraş	Osmaniye
Kişi Başına Genel Bütçe Gelirleri	2000	YTL	220	79	42	464	12	46	72
Kişi Başına Gelir ve Kurumlar Vergisi Miktarı	2000	YTL	61	35	24	165	30	56	65
Kişi Başına Kamu Yatırımları Miktarı	1995-2000	YTL	73	398	46	248	71	13	78
Kişi Başına Teşvik Belgeleri Yatırım Tutarı	1995-2000	YTL	3.457	8.258	202	2.668	16	5	75
Kişi Başına İhracat Miktarı	1995-2000	USD (\$)	3.569	169	-	2.249	7	37	80
Kişi Başına İthalat Miktarı	1995-2000	USD (\$)	5.650	397	-	3.967	10	28	80

Bölge illerinde yapılan kamu yatırımlarının dağılımı sektörler itibariyle Çizelge-9'da verilmiştir. 2005-2007 yılı için Osmaniye'de Madencilik, İmalat, Enerji, Turizm (2005 hariç), Sağlık (2007 hariç) alanında kamu yatırımı yapılmamıştır. En fazla yatırım yapılan sektör ise Eğitim olmuştur.

Çizelge-9. Bölge illerindeki Kamu Yatırımları 2005-2007, (Bin YTL)[6].

Sektörler	Yıllar	İller			Türkiye Toplamı
		Hatay	K.Maraş	Osmaniye	
Tarım	2005	3 176	3 202	4000	1 426 872
	2006	4 227	6 005	455	1 475 146
	2007	9 054	7 092	198	1 738 945
Madencilik	2005	6 325	16 220		510 777
	2006	4 805	59 170		641 350
	2007	3 966	35 982		783 400
İmalat	2005		900		634 315
	2006				448 641
	2007		560		415 240
Enerji	2005		191 273		2 726 202
	2006		165 001		2 489 125
	2007		157 770		2 545 885
Ulaştırma-Haberleşme	2005	10 276	2 800	106	5 971 319
	2006	7 385	3 200	430	6 736 902
	2007	61 945	3 475	900	6 477 158
Turizm	2005	1		50	101 787
	2006	31			121 554
	2007	1			98 478
Konut	2005			1 104	379 628
	2006	133		960	657 010
	2007	30	98		162 523
Eğitim	2005	19 746	17 662	6 358	2 535 985
	2006	19 876	22 839	8 123	2 625 776
	2007	26 730	26 788	6 840	3 012 996
Sağlık	2005	13 262	8 690		1 556 541
	2006	15 141	25 010		1 636 757
	2007	41 933	32 202	3 200	1 583 495
Diğer Hizmetler	2005	26 439	25 068	19 518	4 056 021
	2006	11 400	36 347	9 885	4 775 965
	2007	14 730	42 421	7 820	4 694 988

Osmaniye ili için verilen yatırım teşvik belgeleri 2007 Ocak-Eylül ayları itibari ile Çizelge-10'da görülmektedir. Buna göre en fazla yatırım teşvik belgesi Dokuma ve Giyim için verilmiştir. Dokuma ve Giyim için 15 adet belge alınmış, 257.859.802 YTL yatırım yapılmış ve 1134 kişilik istihdam yaratılmıştır. Aynı dönemde KOBİ kapsamında 4 adet yatırım teşvik belgesi alınmış ve 106 kişilik istihdam yaratılmıştır(Çizelge-11).

Çizelge-10. Osmaniye İli 2007 Yılı Ocak-Eylül Aylarında Verilen Yatırım Teşvik Belgelerinin Sektörel Dağılımı [8,10].

Sektör	Belge Sayısı (Adet)	Toplam Yatırım (YTL)	Sabit Yatırım (YTL)	Döviz Kullanımı (1000 \$)	İstihdam (Kişi)
Gıda ve İçki	2	3.548.856	3.548.856	557	75
Dokuma ve Giyim	15	257.859.802	257.859.802	142.481	1.134
Kağıt	1	4.656.910	4.656.910	903	11
Lastik-Plastik	1	1.070.253	1.070.253	332	19
Madeni Eşya	1	3.100.000	3.100.000	1.099	50
Pişmiş Kil ve Çim.Ger.	1	1.011.000	1.011.000	-	30
Enerji	1	94.837.535	94.837.535	40.624	35
Eğitim	1	2.498.423	2.498.423	-	40
Sağlık	2	24.018.551	24.018.551	12.895	120
içerleri	1	1.910.000	1.910.000	-	-
Toplam	22	160.739.279	160.739.279	57.164	1.845

Çizelge-11. Osmaniye İli 2007 Yılı Ocak-Eylül Aylarında Verilen KOBİ Yatırım Teşvik Belgelerinin Dağılımı [8,10].

Sektör	Belge Sayısı (Adet)	Toplam Yatırım (YTL)	Sabit Yatırım (YTL)	İşletme Sermayesi (YTL)	Döviz Kullanımı (1000 \$)	İstihdam (Kişi)
Gıda ve İçki	2	1.088.304	1.088.304	-	326	31
Dokuma ve Giyim	1	520.570	520.570	-	354	45
Makina İmalat	1	1.574.000	1.574.000	-	52	30
Toplam	4	3.182.874	3.182.874	-	732	106

Osmaniye İli'nde 2003 yılında 85 adet, 2004 yılında ise 94 adet KOSGEB desteği verilmiştir. Söz konusu destekler için 2003 yılında 640.653.-YTL, 2004 yılında da 746.852.-YTL olmak üzere, toplam 1.387.505-YTL KOSGEB desteği sağlanmıştır (Çizelge-12).

Türkiye'de planlı kalkınma dönemine geçildikten sonra, kalkınma planlarında ve yıllık programlarda sürekli olarak sanayinin teşviki ve bölgelerarası gelişmişlik farklarının azaltılması amacıyla fiziki bir araç olarak kullanılabilen Organize Sanayi Bölgeleri ve Küçük Sanayi Siteleri kurulmakta ve bu uygulama ile kentlerde sanayi altyapısı oluşturulmaya çalışılmaktadır. Bu projelerin gerçekleştirilmesi amacıyla Sanayi ve Ticaret Bakanlığı uygun şartlarda kredi vermektedir.

Sanayinin sağlık ve çevreye zarar vermeksizin gelişmesi açısından sanayinin altyapısını oluşturan Küçük Sanayi Siteleri (KSS) ve Organize Sanayi Bölgelerindeki (OSB) yatırımlara oldukça önem verilmektedir. Herhangi bir sınırlamaya tabi olmaksızın ilin değişik kesimlerinde yer alan küçük ve orta ölçekli işletmeleri bir araya getiren KSS ve orta ölçekli işletmeleri bir araya getiren OSB yatırımları açısından Osmaniye Çizelge-13'de ele alınmıştır.

TÜRKİYE'DE TEMEL EKONOMİK GÖSTERGELER
VE SANAYİ SEKTÖRÜ-II: Osmaniye Örneği

Çizelge-12. Bölge İllerinde Verilen KOSGEB Destek Tutarları [7,10].

Bölge İlleri	Destek Adı	İşletme Sayısı		Yıllara Göre Destek Tutarı (YTL)		Toplam Destek Tutarı (YTL)
		2003	2004	2003	2004	2003+2004
Hatay	Danışmanlık	0	9	0	28.404	28.404
	CE İşaretleme Testleri	0	1	0	1.400	1.400
	CE Genel Testler Analizleri	0	4	0	2.834	2.834
	Yerel Ekonomik Araştırma	0	3	0	10.941	10.941
	Genel Eğitim Programları	1	35	37	2.065	2.102
	Eğitim Destekleri	2	0	6.600	0	6.600
	İhracat Amaçlı Yurtdışı İş Gezisi	1	0	554	0	554
	Yurtiçi Uluslararası Sanayi İhtisas Fuarlarına Katılım	1	10	2.748	7.623	10.371
	Yurtiçi Sanayi Fuarlarına Katılım	2		2.260	0	2.260
	Marka Oluşturma	0	1	0	45.686	45.686
	Tanıtm	0	1	0	9.259	9.259
	Nitelikli Eleman İstihdamı	1	2	2.160	2.040	4.200
	Altyapı ve Üstyapı Proje	1	7	13.600	105.621	119.221
TOPLAM	9	73	27.959	215.873	243.832	
K.Maraş	Danışmanlık	0	3	0	23.371	23.371
	CE Genel Testler Analizleri	0	1	0	5.043	5.043
	Bilgi Yayımı	0	1	0	2.741	2.741
	E-Ticarete Yönelme	0	1	0	5.450	5.450
	Yerel Ekonomik Araştırma	0	1	0	9.621	9.621
	ORTKA	0	1	0	31.600	31.600
	ORTLAB	0	1	0	246.212	246.212
	Genel Eğitim Programları	11	4	6.205	5.708	11.913
	İhracat Amaçlı Yurtdışı İş Gezisi	0	1	0	613	613
	Milli Katılım Düzeyindeki Yurtdışı Fuarlara Katılım	3	1	18.334	4.687	23.021
	Milli Katılım Dışındaki Yurtdışındaki Fuarlara Katılım	1	2	4.735	18.461	23.196
	Yurtiçi Uluslararası Sanayi İhtisas Fuarlarına Katılım	0	1	0	1.019	1.019
	Yurtiçi Sanayi Fuarlarına Katılım	2	0	1.699	0	1.699
	Nitelikli Eleman İstihdamı	14	19	120.195	138.589	258.784
	Bilgisayar Yazılımı	1	14	17.431	216.130	233.561
Endüstriyel Tasarım Tescil Belgesi	0	1	0	300	300	
TOPLAM	32	52	168.599	709.545	878.144	
Osmaniye	Danışmanlık	1	2	4.184	5.745	9.929
	Yerel Ekonomik Araştırma	0	1	0	1.439	1.439
	ORTKA	2	1	446.262	218.062	664.324
	ORTLAB	0	2	0	86.878	86.878
	Genel Eğitim Programları	60	45	2.249	2.655	4.904
	Eğitim Destekleri	0	1	0	2.944	2.944
	İhracat Amaçlı Yurtdışı İş Gezisi	9	7	4.816	4.212	9.028
	Yurtiçi Uluslararası Sanayi İhtisas Fuarlarına Katılım	2	3	2.775	1.265	4.040
	Yurtiçi Sanayi Fuarlarına Katılım	1	0	1.274	0	1.274
	Yeni Girişimci	1	7	17.653	76.294	93.947
	Nitelikli Eleman İstihdamı	1	7	2.800	24.798	27.598
	Bilgisayar Yazılımı	0	2	0	33.052	33.052
	Altyapı ve Üstyapı Proje	8	16	158.640	289.508	448.148
	TOPLAM	85	94	640.653	746.852	1.387.505
	Bölge Toplamı		126	219	837.211	1.672.270

Çizelge-13. Osmaniye İli Genel Sanayi Durumu[9,10].

		Birimi	2005	2006	2006/2005 Artış oranı % (+,-)
Sanayi Durumu	Özel Sektöre Ait Sanayi Tesisleri	adet	124	155	25%
	Kamuya Ait Sanayi Tesisleri	adet	3	3	0%
	Organize Sanayi Bölgeleri	adet	1	1	0%
	Endüstri Bölgeleri	adet			
	Küçük Sanayi Siteleri	adet	4	4	0%
	Teknoloji Geliştirme Bölgeleri	adet			
	Teknoparklar	adet			
	Serbest Bölgeler	adet			
	Nitelikli Sanayi Bölgeleri	adet			
	Sanayi Odaları	adet	2	2	0%

Osmaniye Organize Sanayi Bölgesindeki 173 Parselin tamamı yatırımcılara tahsis edilmiştir. Bu parsellerin üzerinde 94 tesis faaliyet gösterecektir. Ağustos 2007 tarihi itibarıyla 52 tesis üretimde, 10 tesis deneme üretiminde, 25 tesis inşaat, 17 tesis ise proje aşamasındadır. Çizelge-14 Osmaniye OSB'nin Ağustos 2007 tarihindeki durumunu göstermektedir. Çizelgeden, belirtilen tesislerde 2.271 kişilik istihdam yaratıldığı, faaliyetlerin yürütülmesi için ise 6.114.240 kWh / Ay elektrik tüketimi gerçekleştirilmiş olduğu görülmektedir.

Bu tesisler içerisinde ilk sırayı 26 adet ile Metal Sanayi almaktadır. Ardından İplik ve Gıda sanayine yönelik faaliyet gösteren tesisler gelmektedir[9].

Çizelge-14. Osmaniye Organize Sanayi Bölgesi (Ağustos 2007)[9,10].

	Ağustos 2007
Parsel Sayısı	173
Üretimdeki Tesis	52
İnşaat Halindeki Tesis	25
Proje Aşamasındaki Tesis	17
İstihdam	2.271
Elektrik Tüketimi	6.114.240 kWh / Ay

3. SONUÇ

Sanayi sektörü, bir ilin ekonomik gelişmişliğinin önemli bir göstergesidir. İllerin coğrafi konumları, sahip oldukları yer altı ve yer üstü zenginlikleri ile tarım ve hayvancılık, turizm, ticaret sektörleri ve hizmet sektörünün gelişme seviyeleri, sanayinin gelişmesi için gerekli alt yapıyı oluşturduklarından, sanayinin gelişmesinde bu faktörler önemli rol oynamaktadırlar.

Osmaniye ilinde ekonomi: tarım ve hizmet sektörleri ile bir dereceye kadar da ticaret sektörüne dayalıdır. Sanayi sektörünün Osmaniye ekonomisine katkısı ise oldukça düşük seviyelerdedir. Sanayi sektörünün yeterince gelişmemesinin sebepleri arasında, ilin konumu, tarım, hizmet ve ticaret sektörlerinden elde edilen sermaye birikiminin sanayi yatırımlarına yönlendirilmemesi sayılabilir.

Günümüzde sanayi yatırımlarını teşvik, düzenli şehirleşme ve istihdam sorunlarını çözümlenmeye yönelik etkili bir kalkınma aracı olarak görülen Organize Sanayi Bölgesi kurulması çalışmaları 1994 yılında başlamıştır ve hızlı bir gelişme kaydetmiştir. Ayrıca Osmaniye, çeşitli iklim şartları, ucuz arazi varlığı, kara, hava ve demir yolları ağına dahil oluşu, nüfus yoğunluğunun sağladığı iş kolu imkanları ile sanayi kuruluşlarını kendine cezbetmektedir.

Yapılan bir çalışmada, Osmaniye sanayi sektöründe öne çıkan alanlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır[11].

- Gıda ürünleri ve içecek imalatı,
- Ağaç ve ağaç mantarı ürünleri imalatı (mobilya hariç),
- Makine ve teçhizatı hariç; fabrikasyon metal ürünleri imalatı, öne çıkan sektörler olarak sıralanmaktadır. Osmaniye'de öne çıkan ilk üç sektör aşağıdaki gibi olmaktadır.
- Gıda ürünleri ve içecek imalatı,
- Tekstil ürünleri imalatı,
- Ağaç ve ağaç mantarı ürünleri imalatı (mobilya hariç).

Osmaniye ili'nde öne çıkan diğer sektörler;

- Makine ve teçhizatı hariç, fabrikasyon metal ürünleri imalatı,
 - Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve teçhizatı imalatı,
 - Plastik ve kauçuk ürünleri imalatı,
 - Madencilik ve Taş ocakçılığı,
- şeklinde sıralanmaktadır.

4. KAYNAKLAR

1. Koç,E., "Üretim Yönetimi ve Organizasyonu", Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Yayını, Yayın No: 33, ISBN: 975-487-072-1, Adana, 2000.
2. Erginöz,S., "Elazığ Sanayi Potansiyeli ve Yatırım Alanları Araştırması", Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2001.
3. Karluk,S.R., "Cumhuriyet'in İlanından Günümüze Türkiye Ekonomisi'nde Yapısal Dönüşüm", 10. Baskı, ISBN 975-295-176-7, Beta Yayınları, İstanbul, 2005.
4. Dinçer,B., Özaslan,M., Kavasoglu,T., "İllerin ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması (2003)", Bölgesel Gelişme ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü, Devlet Planlama Teşkilatı, Yayın No DPT ; 2671, Ankara, Mayıs 2003.
5. Rakamlarla Osmaniye İli Cd'si, Osmaniye Sanayi ve Ticaret İl Müdürlüğü, Şubat 2007.
6. Türkiye İstatistik Kurumu Resmi Web Sitesi (TÜİK), www.tuik.gov.tr, 2007.
7. T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB), Bölgesel Kalkınma Araştırma Raporu, Ankara-Ocak 2006.
8. T.C. Hazine Müsteşarlığı, www.hazine.gov.tr, 2007.
9. Takırtaş,C., "Rakamlarla Osmaniye", OĞİAD(Osmaniye Genç İş Adamları Derneği), Osmaniye, 2007.

10. Koç,E., "Osmaniye'nin Sosyo-Ekonomik ve Kültürel Yapısı", Osmaniye Valiliği, İl Özel İdaresi, ISBN: 978-9944-0426, Osmaniye, Mart 2008.
11. Gökfidan,S., Koç,E., "Osmaniye İlinde Öne Çıkan Sanayi Sektörleri", Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt:22, Sayı:1, ss.49-57, Haziran 2007.

SOSYO-EKONOMİK GELİŞMİŞLİK PARAMETRELERİ ANALİZİ: Osmaniye İli Değerlendirmesi

Erdem KOÇ ve Belkıs ZERVENT ÜNAL
Ç.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Çalışmada, bir bölgenin veya kentin gelişme derecesi belirlenirken dikkate alınması gereken temel göstergeler özetlenmiş ve seçilmiş sosyo-ekonomik parametreler esas alınarak Osmaniye İli'nin sosyo-kültürel-ekonomik profili Türkiye'deki yeri de belirtilmek suretiyle ortaya konulmuştur. Çalışma kapsamında Osmaniye'nin gelişememe sebepleri ve değerlendirilmesi gereken kalkınma potansiyeli de özetlenmiştir. Yapılan bu değerlendirmeler sonucu, seçilmiş parametreler ve sektörler bazında tespit edilen belli başlı sorunlar çözüm önerileriyle birlikte verilmiştir.

AN ANALYSIS OF SOCIAL-ECONOMICAL DEVELOPMENT PARAMETERS: Evaluation for Osmaniye Province

ABSTRACT : In this study, main economic indicators being taken into account in determining the development level of a region or province has been evaluated along with the examination of Osmaniye Province's social-cultural-economical profile with respect to selected social-economical parameters. Within the frame of investigation, the reasons for underdevelopment of Osmaniye and the development potential to be considered has also been summarized. As a result of these evaluations, the certain drawbacks and problems being determined with respect to selected parameters and the sectors concerned have been presented along with the suggestions for the solutions.

1. GİRİŞ

Günümüzde ülkeler için gelişmiş, az gelişmiş ve geri kalmış veya gelişmekte olan ülkeler şeklinde sınıflandırma yapılırken ölçü olarak o ülkenin ekonomik dinamikleri değerlendirmeye alınmaktadır. Ekonomik yapıyı güçlendiren ve ona yön veren faktörlerden en önemlisi de yapılan yatırımlardır.

Son yirmi yıl içerisinde ülkelerin gelişmişlik düzeyi ve gelişme kavramı yeniden tanımlanmış olup önceki tanımlarda kişi başına düşen milli gelir ölçüsü esas alınırken, yeni yaklaşım ve tanımlarda beşeri ölçüler de değerlendirme içerisine alınmıştır. İşsizlik, yoksulluk, gelir dağılımı, bölgelerarası denge, sosyal ve kültürel birikimler ve demokratik unsurlar da gelişme kavramı içerisinde değerlendirilmektedir. Bu sebeple son yıllarda bir ülkenin, bölgenin veya kentin gelişme derecesi veya seviyesi belirlenirken tek gösterge olarak kabul edilen milli gelir seviyesi yanında sosyal ve diğer ekonomik göstergeler de dikkate alınmaktadır. Bu göstergeler; demografik, istihdam, eğitim, sağlık, alt yapı ve diğer refah göstergeleri şeklinde sıralanabilmektedir [1].

Bir bölgenin veya ilin sosyo-ekonomik gelişmesi, gelir ve refah düzeyinin yükselmesi anlamına gelmekte olup kişi başına düşen milli gelirin artırılmasını hedeflemektedir. Sosyo-ekonomik gelişme ekonomik büyüme kavramı ile beraber yapısal ve insani gelişmeyi de içine alan, ölçülebilen bütün sosyal değişkenleri veya parametreleri de ifade etmektedir. Niceliksel büyüme, gelişme için gerekli olmakla birlikte gerekli olan makroekonomik istikrar ortamı, sosyal, kültürel, çevresel ve mekansal yapılanmada uyumu ve dengeyi gerekli kılmaktadır [2].

Gelişme; bir ülkenin ekonomik, sosyal, siyasal ve kültürel alanlarda ilerlemesini kapsamakta ve bir bütün oluşturmakta olup fiziki kapasite büyüklüğü ve gelir artışı gibi ekonomik gelişmeler yanında, bunların gelir grupları ve bölgelerarası dağılım ile sosyal ve kültürel birikimlerin göstergeleştirildiği bir bütünü veya toplumsal gelişme düzeyini ifade etmektedir [2, 3].

Gelişme; insani, sosyal, kültürel, çevresel ve mekansal boyutlarla da tanımlanmakta olup ekonomik büyüme kavramına ek olarak, yoksulluk, işsizlik, gelir dağılımı ve bölgesel dengesizlikler de gelişme tanımı içerisinde değerlendirilmektedir. Bu sebeple **sürdürülebilir gelişme**, kalkınma anlayışını "iktisadi büyüme"den toplumsal gelişmeye doğru yönlendirmektedir [2]. **Kalkınma**, fertlerin refah düzeylerini yükseltmek amacıyla, siyasal iktidarın belli ekonomik ve toplumsal politikalar izleyerek toplumun yapısını değiştirme girişimi olarak tanımlanabilir. Bu anlamda kalkınma, eğitim, sağlık, sosyal hizmetler, sanayi, tarım, ticaret, şehir planlaması ve kırsal alandaki olumlu değişimleri kapsamaktadır [4].

Gelişmenin son yıllarda yeniden tanımı yapılmış olup "**Sürdürülebilir İnsani Gelişme**" kavramı değerlendirilmektedir. Bu kavram, ekonomik iyileştirme yanında, yaşam kalitesini iyileştirmeyi hedefleyen, bireyin gelişimini temin edecek, insanların sosyal, siyasal, kültürel, eğitim ve sağlık ile ilgili haklardan yararlanabilmelerini sağlayacak genel koşulların varlığını da kapsayan yeni **kalkınma kavramıdır** [5, 6].

Bu kavramın tanımladığı **gelişmişlik** ile; herkes için yeterli gelir, eğitim, sağlık, konut, sosyal güvenlik hizmetleri sunmak, kişilerin insanca yaşaması için yeterli ve dengeli beslenmesini temin etmek, sosyal hizmetlerin herkes tarafından ulaşılabilirliği, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı, temiz bir çevre ve toplumun karar

mekanizmalarına katılımının sağlanması ulaşılabilir temel hedefler olarak tanımlanmaktadır [6].

Ülkemiz sosyo-ekonomik ve sosyo-kültürel açıdan gelişmiş ülkelerin oldukça gerisinde kalmış, insanımız ise haketmediği halde düşük bir hayat standardında yaşamak zorunda kalmıştır. Yerel kalkınmanın sürdürülebilir insani gelişimin temel parametresi olmasına rağmen Türkiye’de istenilen etkinlik ve verimlilikte yerel kalkınma da sağlanamamıştır. Türkiye ölçeğinde **Osmaniye** ilinin ise ekonomik ve sosyal gelişmişlik açısından Türkiye ortalamasının veya standartlarının da gerisinde kaldığı görülmüştür. Avantajlı bir coğrafi konuma, doğal kaynak ve insan gücü potansiyeline sahip olan **Osmaniye**’nin geri kalışı nedenleriyle detaylı bir şekilde incelenmeye çalışılmıştır [7].

Merkez ilçe dahil 7 ilçesi bulunan, 3.222 km² yüzölçümü ile Türkiye’nin 67. ve 2000 yılı genel nüfus tespiti sonuçlarına göre 458.782 nüfusu ile Türkiye’nin 44. ili olan **Osmaniye**’nin sosyo-ekonomik ve kültürel durumu ve gelişmişlik seviyesi bu çalışmada incelenerek, yapılması gerekenler kısaca özetlenmiştir. Genel olarak **Osmaniye** ili beşeri gelişmişlik düzeyi özetlenip temel göstergelerdeki durum tespiti, geri kalmışlık nedenleri ve temel değişkenler toplu halde değerlendirilerek öneriler geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma, önceki kapsamlı araştırmanın [7] bir parçası olarak yürütülmüş ve sistematik bir şekilde sunulmaya çalışılmıştır.

2. TEMEL SOSYO-EKONOMİK GELİŞMİŞLİK PARAMETRELERİ

Genel olarak şehir dinamiğini oluşturan unsurlar sosyo-ekonomik gelişmenin alt ve üst yapı donatımları tarafından belirlenmektedir. Bu alt yapılar ve yapısal karakterler; doğal alt yapı, maddi alt yapı, kurumsal alt yapı, beşeri alt yapı olarak tespit edilmiştir [8].

Bir kentin kurulduğu mekanın doğal şartları genellikle doğal alt yapı kapsamında değerlendirilir. Su kaynakları, arazi yapısı, orman, maden kaynakları ve iklim belli başlı doğal alt yapı unsurlarıdır. Çoğunluğu kalıcı, sabit özelliğe sahip olan doğal alt yapı unsurları, ekonomik faaliyetlerin şeklini ve yönünü de tayin etmektedir. Enerji, yol, ulaşım, haberleşme sahalarındaki yatırımlar, donatımlar ve araçlar, kurumsal yönetim, eğitim, sağlık ve sosyal hizmet alanlarındaki bina ve donatımlar maddi alt yapıyı oluşturmaktadır. Kısaca maddi alt yapı bir kentin mal ve hizmet üretimine ön hizmetler olarak dahil olan sermayedir. Bir toplumsal ortamdaki ekonomik birimlerin faaliyet planının hazırlanması, karara bağlanması, uygulanması ve kontrolü için normlar ve örgütlenme biçimleri kurumsal alt yapıyı oluşturur [8].

Merkezi ve yerel kamu yönetimlerinin, genellikle ilgili hizmetlerin, sendikalar faaliyetlerin, dernek ve diğer gönüllü kuruluşların her türlü iktisadi faaliyete ilişkin birimlerin örgütlenme biçimi ile bu örgütlerdeki geçerli olan kurallar, toplumsal davranış kalıplarını belirleyen ve yönlendiren her çeşit düzenlemeler kurumsal alt yapının özelliklerini belirler. Eğitim-öğretim, sağlık, kültür, araştırma-geliştirme faaliyetleri ile işgücünün eğitim düzeyi beşeri alt yapı olarak değerlendirilmektedir. Bir kentteki eğitim, araştırma, kültür ve spor kurumlarının miktar ve kalitesi beşeri sermayenin derecesini belirler. Beşeri alt yapı diğer alt yapı unsurları ile birlikte gelişme sürecini kontrol edip yönlendirmektedir.

Yukarıda kısaca özetlenen alt yapı unsurlarıyla birlikte üst yapı unsurları olarak isimlendirilen tarım, sanayi, ticaret ve hizmet faaliyetleri üretim ve tüketimi bir kentin

ekonomik seviyesini belirlemektedir. Alt yapı ve üst yapının karşılıklı tesirleri ve birbirleriyle bütünleşme dereceleri şehir ekonomisinin gelişme profilini oluşturur. Bir şehrin ekonomisine en büyük katma değeri verebilecek potansiyele sahip olan sadece sanayi sektörüdür ve hatta ticaret ve hizmet faaliyetleri büyük ölçüde sanayiden gelen katma değerlerle yürütülmektedir [8].

Bir ülkenin veya ilin gelişme seviyesi veya derecesi belirlenirken sosyal ve ekonomik göstergeler dikkate alınmaktadır. **Sosyal Göstergeler**; demografik, istihdam, eğitim, sağlık, alt yapı ve diğer refah göstergeleri şeklinde belirlenebilmektedir.

Demografik göstergelerde nüfusun sosyal yönü, büyüme hızı ve mekansal dağılımı, toplam nüfus, şehirleşme oranı, yıllık ortalama nüfus artış hızı, nüfusun yoğunluğu ve ortalama hane halkı büyüklüğü gibi değişkenler değerlendirilmektedir. İllerde tarım, sanayi, ticaret ve mali kurumlar iş kollarında çalışan nüfus ile ücretli çalışanlar ve ücretli kadın çalışanlar istihdam göstergeleri olarak değerlendirmeye alınır. **Eğitim göstergeleri**; okur-yazar nüfus oranı, okur-yazar kadın nüfus oranı, okullaşma oranları gibi sosyo-kültürel gelişmişlik düzeyini yansıtabilen nicel değişkenlerdir. **Sağlık göstergeleri** olarak illerde on bin kişiye düşen hekim, diş hekimi, eczane ve hastane yatak sayısı, eğitilmiş iş gücü olarak nitelendirilen sağlık personeli değerlendirilmektedir.

Altyapı göstergeleri olarak asfalt yol oranları ve kırsal nüfus oranı değişkenleri incelenmektedir. **Diğer refah göstergeleri**; illerde on bin kişiye düşen özel otomobil, motorlu kara taşıtı ve fert başına düşen telefon kontör değeriyle elektrik tüketimi miktarı gibi parametreler olarak da değerlendirilmektedir [4].

Ekonomik Göstergeler; imalat sanayi, inşaat, tarım ve mali göstergeleri ihtiva etmektedir. İnsan ihtiyaçlarının doğa tarafından tam olarak karşılanmaması sonucu ortaya çıkan bir beşeri faaliyet olan üretimin temel amacı bir ürün veya hizmet yaratmaktır. Bunun gerçekleşmesi için üretim faktörleri adı verilen, insan gücü, malzeme, makine ve parasal kaynaklar (sermaye) gibi unsurların belirli şartlar ve yöntemlerle bir araya getirilmesi gerekir. İşletme veya fabrika insan ihtiyaçlarını karşılamak üzere faydalı mal veya hizmet üreten ekonomik ünitelerdir [9].

Ekonomik göstergelerden **imalat sanayi göstergeleri** en başta değerlendirilmekte olup bu sektörün gelişmesi tarım ve hizmetler sektörlerini de olumlu yönde etkilemektedir. Tarım sektörü sanayi sektöründen girdi almak zorunda olduğu gibi bu sektöre hammadde de sağlamaktadır. **Tarım göstergeleri**; kırsal nüfus başına düşen tarımsal üretim değeri ile ülke tarımsal üretim değeri içindeki payını gösteren değişkenler veya büyüklükler şeklinde değerlendirilmektedir.

İnşaat sektörü önemli sektörlerden olup bu sektörün canlı olması ekonomide canlılık yaratmaktadır. Bir ülkenin **enerji** üretim ve tüketimi o ülkenin ekonomik ve sosyal kalkınma potansiyelini yansıtmakta olup enerji üretimi kalkınma ve gelişme için kullanılan temel göstergelerdendir. Enerji tüketimiyle ekonomik büyüme ve kalkınma arasında doğrusal bir ilişki vardır ve ekonomik gelişme ve refah artışıyla enerji tüketiminin de arttığı görülmektedir.

Banka mevduatı, krediler, fert başına düşen bütçe gelirleri ile fert başına düşen gelir ve kurumlar vergisi değişkenleri başlıca **mali göstergeler** olarak değerlendirilmektedir. Kamu yatırım harcamaları da sosyo-ekonomik gelişmeyi sağlayan veya hızlandıran temel unsurlardır.

Turizm sektörü bir ülke için ekonomik, toplumsal ve kültürel sonuçları ve getirileri ile en önemli sektörlerden biridir. Son yıllarda gelişen değişik tipte turizm faaliyetleri dikkati çekmektedir. Bunlar kısaca; konaklama turizmi, iş ve kongre turizmi, ticari turizm, kültür turizmi, karma turizm, termal turizm, eko turizm, gençlik turizmi, deniz turizmi vb. şeklinde özetlenebilir [4, 5].

3. SEÇİLMİŞ EKONOMİK VE SOSYAL GÖSTERGELERLE OSMANİYE

Coğrafi konumu ve fiziki altyapısı başta olmak üzere, sosyal ve kültürel yapı ile ekonomik yapı şeklinde toplam üç ana bölümde incelenen **Osmaniye**'nin beşeri gelişmişlik durumundan seçilen temel göstergeler özet halinde Çizelge-1'de verilmiştir. Çizelgede seçilmiş sosyo-ekonomik parametreler; önceki bölümde özetlenen gelişmişlik göstergeleri esas olmak üzere belirlenen büyüklüklerden derlenip; Türkiye'deki durum, 81 il içindeki sırası ve Türkiye toplamındaki % payı değerlendirilerek düzenlenmiş, büyüklükler/göstergeler sütununda **Osmaniye** ili için geçerli değerler verilmiştir. Bu çizelge, Osmaniye ili için bir sosyo-kültürel-ekonomik profil veya çerçeve çizmektedir. Bir fotoğraf gibi değerlendirilebilecek bu çizelge, **Osmaniye** ili için gönüllü veya sorumlu kişi, kurum ve kuruluşlarca yapılması gerekenlere ışık tutacak önemli noktalara işaret etmektedir.

Çizelge-1. Osmaniye İli Temel Sosyo-Ekonomik Göstergeleri [7].

Sıra No	Seçilmiş Sosyo-Ekonomik Parametreler/Değişkenler	Büyüklikler/ Göstergeler	Türkiye'de İller Sıralaması	Türkiye'de Durum	Türkiye toplamında Payı (%)
1	• Yüzölçümü (km ²)	3.222	67.		0,4
2	• İl Nüfusu (2000)	458.782	44.		0.67
	• Merkez İlçe Nüfusu	207.862		88	0.3
	• Nüfus Yoğunluğu (Merkez)	146	13		
	• Nüfus Yoğunluğu İl Ortalaması (Kişi/km ²)	127			
	• Nüfus Artış Hızı (%)	17.76	26.	18.28	
3	• İlde Mevcut İlçe, Belde, Köy Sayısı	7 İlçe			
		16 Belde			
		158 Köy			
		4 Bucak			
4	• Şehirleşme Oranı (%) (2000)	68 İl ve İlçeler	11.	65	
		32 Köy ve Kasaba (Kırsal Alan)		35	
5	• Okur-Yazar Nüfus Oranı (%) (2001)	86.02	50.	87.3	
	• İlkokullar Okullaşma Oranı (%)	90.93	48.	98.01	
	• Liseler Okullaşma Oranı (%)	46.14	11.	36.92	
	• Mesleki ve Teknik Liseler Okullaşma Oranı (%)	12.96	59.	20.49	
	• Üniversite Bitirenlerin 22+ Yaş Nüfusa Oranı (%)	6.73	29.	8.42	

Çizelge-1'in devamı

Sıra No	Seçilmiş Sosyo-Ekonomik Parametreler/Değişkenler	Büyüklikler/ Göstergeler	Türkiye'de İller Sıralaması	Türkiye'de Durum	Türkiye Toplamında Payı (%)
6	• 0-64 Yaş Grubunun Toplamdaki Payı (%) (2000)	95		94	
	• 15-64 Yaş Grubunun Toplamdaki Payı (%)	62.7		64	
7	• 10.000 Nüfus Başına Hasta Yatak Sayısı (2000)	7	75.	23	
	• 10.000 Kişiye Düşen Hekim Sayısı (2000)	6	61.	13	
	• 10.000 Kişiye Düşen Diş Hekimi Sayısı (2000)	1	27.	2	
	• Hekim Başına Düşen Nüfus (2003)	1230	-	765	
	• Bebek Ölüm Oranı (%) (2003)	36	68.	43	
8	• Kişi Başına Milli Gelir (GSYİH) Milyon TL (2000)	983	58.	1.837	
	• Kişi Başı GSYİH (Dolar, 2004)	1.157 \$		2.146 \$	
9	• İktisadi Faaliyet Kollarına Göre GSYİH (2000)	Tarım: % 25 Sanayi: % 9.6 Hizmetler: %65		% 14.1 % 23.3 %62.6	
10	• Bütçe Vergi Gelirleri (2006)	89.7 Milyon YTL		137.480.03 Milyon YTL	
	• Kişi Başına Genel Bütçe Gelirleri (2000)	42 YTL	72.	464 YTL	
	• Kişi Başına Gelir ve Kurumlar Vergisi (2000)	24 YTL	65.	165 YTL	
	• Kişi Başına Kamu Yatırım Harcamaları (1995-2000)	46 YTL	78.	248 YTL	
11	• Banka Şube Sayısı	24	59.	7.786	
	• Kişi Başına Banka Mevduatı (2000)	130 YTL	66.	936 YTL	
	• Toplam Banka Mevduatı İçindeki Pay (2000)	% 0.09	61.		100
	• Kişi Başına Sınai, Ticari ve Turizm Kredi Miktarı (2000)	41 YTL	68.	392 YTL	
	• Kişi Başına Teşvik Belgeli Yatırım Tutarı	202 YTL	75.	2.668 YTL	

Çizelge-1'in devamı

Sıra No	Seçilmiş Sosyo-Ekonomik Parametreler/Değişkenler	Büyüklikler/ Göstergeler	Türkiye'de İller Sıralaması	Türkiye'de Durum	Türkiye Toplamında Payı (%)
12	<ul style="list-style-type: none"> Tarımsal Faaliyette Bulunan Hane Halkı Sayısı (2001) Kırsal Nüfus Başına Tarımsal Üretim (2000) Tarımsal Üretim Değerinin Türkiye İçindeki Payı (2000) Traktör Sayısı (2007) Biçerdöver Sayısı (2007) 	<p>24. 371 (% 71)</p> <p>1.078 YTL</p> <p>%59</p> <p>7990</p> <p>65</p>	<p>41.</p> <p>56.</p>	<p>304.024 (% 63)</p> <p>1.124 YTL</p> <p>1.009.065</p> <p>11.519</p>	<p>0.79</p> <p>0.56</p>
13	<ul style="list-style-type: none"> Kişi Başına Elektrik Tüketimi (kWh/Kişi) İlde Tüketilen Elektrik (MWh) (2006) Elektrik Abone Sayısı (2006) <u>Elektrik Abone Sayısının Sektörel Dağılımı (2006)</u> <u>Elektrik Tüketiminin Sektörel Dağılımı (MWh, 2006)</u> 	<p>558</p> <p>326.078</p> <p>149.967</p> <p>Mesken:128.596 (% 85.7)</p> <p>Ticaret: 16.705 (% 11.1)</p> <p>Resmi Daire: 832 (% 0.55)</p> <p>Sanayi: 558 (% 0.37)</p> <p>Tarımsal Sul: 672 (% 0.4)</p> <p>Aydınlatma: 992 (%0.6)</p> <p>Diğer: 1612 (% 1.07)</p> <p>Toplam: 149.967</p> <p>Mesken: 137.035 (% 42)</p> <p>Ticaret: 56.992 (% 17.5)</p> <p>Resmi Daire: 23.565 (% 7.2)</p> <p>Sanayi: 62.620 (% 19.2)</p> <p>Tarımsal Sul.: 10.172 (%3.1)</p> <p>Aydınlatma: 15.407 (% 4.7)</p> <p>Diğer: 20.286 (% 6.2)</p> <p>Toplam: 326.078</p>	<p>68.</p>	<p>1.808</p> <p>107.317.781</p>	
14	<ul style="list-style-type: none"> 10.000 Kişiye Düşen Özel Otomobil Sayısı (2000) 10.000 Kişiye Düşen Motorlu Kara Taşıt Sayısı (2000) 	<p>240</p> <p>426</p>	<p>58.</p> <p>62.</p>	<p>652</p> <p>1056</p>	
15	<ul style="list-style-type: none"> Sabit Telefon Abonesi (2007) ADSL Abonesi (İnternet Kullanıcı Sayısı) (2007) 	<p>72.650</p> <p>8.722</p>		<p>18.5 Milyon</p> <p>15 Milyon (2005)</p>	<p>0.39</p>

Çizelge-1'in devamı

Sıra No	Seçilmiş Sosyo-Ekonomik Parametreler/Değişkenler	Büyüklikler/ Göstergeler	Türkiye'de İller Sıralaması	Türkiye'de Durum	Türkiye Toplamında Payı (%)
16	<ul style="list-style-type: none"> • Toplam Daire Sayısı (2000) • Borulu Su Tesisatı Bulunan Daire Oranı (%) 	85.733 97	42. 38.	16.235.830 97	
17	<ul style="list-style-type: none"> • Turizm İşletmesi Belgeli Konaklama Tesisi ve Yatak Sayısı (2007) • Belediye Belgeli Konaklama Tesisi ve Yatak Sayısı • Diğer Tesisler ve Yatak Sayısı 	2 180 6 250 4 170			
18	<ul style="list-style-type: none"> • Kişi Başı Genel Bütçe Geliri (Merkez) (YTL) (2003) • Vergi Gelirlerinin Ülke İçindeki Payı(%) • Tarımsal Üretim Ülkede İçindeki Payı (%) 	52.6 0.054 0.176		872 İlçe İçinde 332. 115. 169.	
19	<ul style="list-style-type: none"> • Buğday (2003) <ul style="list-style-type: none"> * Ekim Alanı (Ha) * Üretim Miktarı (Ton) • Yer Fıstığı (2003) <ul style="list-style-type: none"> * Ekim Alanı (Ha) * Üretim Miktarı (Ton) • Soya (2003) <ul style="list-style-type: none"> * Ekim Alanı (Ha) * Üretim Miktarı (Ton) • Pamuk (2003) <ul style="list-style-type: none"> * Ekim Alanı (Ha) * Üretim Miktarı (Ton) 	95.596 357.139 11.770 38.438 3.700 12.025 2.275 3.425			% 1 % 1.8 % 42 % 45 % 13.7 % 14.1 % 0.03 % 0.01
20	<ul style="list-style-type: none"> • Küçükbaş Hayvan Sayısı (2001) • Büyükbaş Hayvan Sayısı (2001) 	121.592 46.667			% 0.41 % 0.42

Osmaniye'nin temel sosyo-ekonomik göstergeleri ilin gelişme çabası içinde olduğunu göstermektedir. Nüfus yoğunluğu ve nüfus artış hızı gibi göstergeler bakımından Türkiye ortalama değerlerine yakın bir davranış gösteren Osmaniye, okur-yazar oranı ve değişik kademelerdeki okullaşma oranları bakımından Türkiye ortalamasının altında (Liselerde daha iyi) olumsuz bir tabloya sahiptir. 0-64 yaş gurubunun toplam nüfus içindeki payı % 95 olup Türkiye ortalaması olan % 94'ün biraz üzerinde olan genç bir nüfusa sahip olduğu da görülmektedir.

Osmaniye'nin kişi başına milli geliri (GSYİH) 2004 yılı için 1.157 Dolar olup Türkiye'de iller sıralamasında 54. sırada yer almaktadır. Şehirleşme oranı değerlendirildiğinde 2000 yılı verilerine göre nüfusun %68'i il ve ilçelerde, %32'si kasabalarda ve köylerde yaşamaktadır. Türkiye'de ise nüfusun %65'i il ve ilçelerde % 35'i ise köylerde yaşamaktadır. Kişi başına genel bütçe gelirleri bakımından 42 YTL ile Türkiye'de iller arasında 72. sırada, kişi başına gelir ve kurumlar vergisi

değerlendirildiğinde 24 YTL ile 65. sırada, kişi başına kamu yatırımları bakımından ise Osmaniye'nin 78. sırada yer aldığı tespit edilebilmektedir.

Osmaniye'de iktisadi faaliyet kollarına göre GSYİH'nin dağılımı; % 35 tarım, % 9.6 sanayi ve % 65 hizmetler sektörü şeklinde olup, aynı sektörlerin Türkiye'deki durumları sırasıyla % 14.1, % 23.3, % 62.6 değerlerindedir.

Kalkınma için önemli bir parametre olan kişi başına elektrik enerjisi tüketimi 558 kWh olup Türkiye'de 68. il konumunda olan Osmaniye'de elektrik abone sayısı 2006 yılında 149.967 olmuştur. Onbin kişiye düşen özel otomobil sayısı bakımından 58. sırada yer alan Osmaniye'de Traktör sayısı 7990 olup Türkiye traktörlerinin % 0.79'una sahiptir. Çizelgede yer alan diğer büyüklükler de değerlendirildiğinde Osmaniye'de ekonomik ve kültürel kalkınma için çok şeylerin yapılması gerektiği açıktır.

4. BÖLGESEL VE YEREL KALKINMA DURUMU

4.1. Osmaniye İli Gelişme Durumu

Türkiye'de bazı il ve bölgelerin ülke ortalama değeri üzerinde bir gelişmişlik seviyesine ulaştığı, bazı il ve bölgelerin kalkınma veya gelişmişlik bakımından ülke ortalamasının altında performans gösterdikleri bilinmektedir. Bölgelerarası gelişmişlik farklılıklarının nedenleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Planlama ve uygulamadan sorumlu kurum, kuruluş ve birimler arasındaki koordinasyonu düzenleyen yapıda bozulma,
- Hızlı nüfus artışı,
- Sermayenin ülkenin gelişmiş bölgelerinde yoğunlaşması,
- Belirli bölgelerde yetişmiş insan gücü eksikliği,
- Kentsel altyapı, işsizlik, konut eğitim ve sağlık gibi sosyo-ekonomik sorunların çözümü zorlaştıracak seviyede ağırlaşması,
- Makroekonomik istikrar ve dengelerin sağlanamaması ve kaynak tahsisindeki başarısızlık,
- Uygulanan tarımsal politikalar ve iç ticaret hadlerinde tarım aleyhine oluşan durumun tarımda çözülmeyi ve göç olgusunu hızlandırması.

Osmaniye'ye komşu iller Türkiye ortalamaları seviyesinde ve üzerinde bir gelişmişlik düzeyine ulaşmışken, daha avantajlı bir konumda yer almasına rağmen, Osmaniye ilinin sosyo-ekonomik ve sosyo-kültürel gelişmişlik açısından Türkiye ortalamalarının çok gerisinde kalmış olduğu görülmektedir. Çizelge-2'de Osmaniye'nin gelişememe sebepleri ve değerlendirilmesi zorunlu olan kalkınma potansiyeli hakkında genel bilgiler verilmiştir.

4.2. Bölgesel ve Yerel Kalkınma

Bölgesel gelişmişlik farklarının ortaya çıkması ile ülkemizde bazı yöreler kalkınmada Öncelikli Yöre (KÖY) olarak tanımlanmıştır. Türkiye'de Osmaniye'nin de yer aldığı 49 il ve 2 ilçeyi içine alan KÖY'lere yönelik çeşitli destekleme uygulamalarına devam edilmektedir.

Dokuzuncu Kalkınma Planı 2008 yılı programında "Bölgeler ve iller arası gelişmişlik farklarının azaltılması, geri kalmış yörelerin gelir seviyesinin artırılması, ekonomik faaliyet çeşitliliğinin sağlanması, yerel yönetimlerin güçlendirilmesi, yerel dinamikleri ve potansiyelleri harekete geçirecek girişimlerin desteklenmesi, kurumsal

kapasitenin ve işbirliğine dayalı rekabetin geliştirilmesi ile kaynakların yerinde ve etkin kullanılması ihtiyacı devam etmektedir.” denmekte olup [10] kırsal kalkınma projelerinin tamamlanmasının önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge-2. Osmaniye İli Gelişememe Sebepleri ve Gelişme Potansiyeli.

Osmaniye İli Gelişememe Sebepleri	Gelişme Potansiyeli
<ul style="list-style-type: none"> • Sınırlı sermayenin verimli kullanılamaması ve yatırımlarda çeşitlilik yaratılamaması. • Girişimcilik azlığı, modern yönetim eksiklikleri. • Altyapı zayıflığı, bölgenin doğal ve kültürel değerlerinin tanıtılmasındaki yetersizlikler. • Bütün sektörlerde yetişmiş eleman veya insan gücü eksikliği. • İstihdam eksikliği ve vasıflı genç nüfusun göç etmesi. • Yatırımların belirli sektörlerde yoğunlaşması, yatırımcıları yönlendirecek, öncülük edecek kuruluşların eksikliği. • Tarımda verimlilik artışı ve modernizasyonun gerçekleştirilememesi. • Mali sektörün yeterince gelişmemesi. • Yerel birliklerin, ortaklıkların ve Sivil Toplum Kuruluşlarının yeterince gelişmemesi. • Ticaret ve Sanayi Odası, Ziraat Odası, Esnaf ve Sanatkarlar Odası gibi kuruluşlarla diğer Sivil Toplum Kuruluşlarının öncü rol alamamaları. • İlde siyasi mekanizma ve yerel yönetimlerin kamu yatırımlarının yönlendirilmesi ve diğer hususlarda beklenen itici gücü sergileyememeleri, önceliklerin belirlenmesinde beklenen atağın yapılamaması. 	<ul style="list-style-type: none"> • Osmaniye'nin Kalkınmada Öncelikli Yörelere (KÖY) kapsamında olması. • Organize Sanayi Bölgesi ve Küçük Sanayi Sitelerinin mevcudiyeti. • Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi'nin kurulmuş olması. • Ticareti kolaylaştırıcı ve girişimcileri çekecek özellikte cazip coğrafi konum. • KOBİ sayısının artırılması imkanı. • Kuru, sulu ve sulanabilir geniş tarım alanlarının varlığı. • Sebze,meyve hububat, yer fıstığı, turp, pamuk, soya gibi tarım ürünlerinin çeşitliliği ve hayvancılık gelişme potansiyelinin varlığı. • Zengin kültürel ve doğal altyapı ve mirası. • Sürdürülebilir yayla turizmi ve doğal zenginliklerin tanıtılmasıyla turizm gelirinin artırılması imkanı. • Yerel, ulusal ve uluslararası işbirliği gerçekleştirilerek Üniversite-iş çevreleri ilişkisinde Araştırma-Geliştirme(Ar-Ge) ve Yenilik faaliyetlerinin teşvik edilmesi imkanı. • Coğrafi konumundaki avantaj (İskenderun Limanı ile Ceyhan ve Yumurtalık enerji yatırımlarına,Adana-Gaziantep-Kahramanmaraş havalimanlarına yakınlık, önemli yolların kavşak noktasında bulunması vb.). • GAP ve Serbest Bölge'ye yakınlık.

Türkiye'de kırsal kalkınma projeleri Dünya Bankası kredi desteği ile 1970'li yılların sonunda Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından başlatılmış olup Düzey 2 İstatistikî Bölge Birimleri (İBB) sınıflandırmasında Osmaniye TR63 (Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye) grubunda yer almaktadır. Doğu Akdeniz Bölgesel Gelişme Projesi adıyla tanımlanan projenin birañ önce plana dahil edilmesi ve tamamlanması Osmaniye ili için tartışılmaz yararlar sağlayacaktır. DPT ve KOSGEB gibi kuruluşlar Türkiye'de mevcut bölgelerarası gelişme farklılıklarının giderilmesi hususunda önemli çalışmalar yürütmekte olup Avrupa Birliği (AB). Dünya Bankası ve Kalkınma Bankası gibi uluslararası kuruluşlar da bölgesel kalkınma farklarının azaltılması amacıyla geliştirilen projelere önemli destek sağlamaktadır. Bu proje ve desteklerden Osmaniye'nin yeterli payı alabilmesi yolunda çalışmaları organize edecek, proje üretip girişimcileri yönlendirecek ciddi bir kuruma ihtiyaç vardır. Yerel Kalkınma Ajansı bu amaçla değerlendirilmelidir.

4.3. Yerel Kalkınma Ajansı

Yerel Kalkınma Ajanslarının amacı 08.02.2006 tarih ve 26074 sayılı Resmî Gazetede yayınlanan 5449 sayılı “Kalkınma Ajanslarının Kuruluşu, Koordinasyonu ve Görevleri Hakkında Kanun” un birinci maddesinde “...kamu kesimi, özel kesim ve sivil toplum kuruluşları arasındaki işbirliğini geliştirmek, kaynakların yerinde ve etkin kullanımını sağlamak ve yerel potansiyeli harekete geçirmek suretiyle, ulusal kalkınma planı ve programlarda öngörülen ilke ve politikalarla uyumlu olarak bölgesel gelişmeyi hızlandırmak, sürdürülebilirliğini sağlamak, bölgeler arası ve bölge içi gelişmişlik farklarını azaltmak üzere oluşturulacak kalkınma ajanslarının kuruluş, görev ve yetkileri ile koordinasyonuna ilişkin esas ve usulleri düzenlemektir” şeklinde tanımlanmıştır[11].

Aynı kanunun, Ajansın görev ve yetkilerini tanımlayan beşinci maddesinde sıralanan görevlerden seçilenler aşağıda özetlenmiştir.

- Yerel yönetimlerin plânlama çalışmalarına teknik destek sağlamak.
- Bölge plân ve programlarına uygun olarak bölgenin kırsal ve yerel kalkınma ile ilgili kapasitesinin geliştirilmesine katkıda bulunmak ve bu kapsamdaki projelere destek sağlamak.
- Bölgesel gelişme hedeflerini gerçekleştirmeye yönelik olarak; kamu kesimi, özel kesim ve sivil toplum kuruluşları arasındaki işbirliğini geliştirmek.
- Bölgenin kaynak ve olanaklarını tespit etmeye, ekonomik ve sosyal gelişmeyi hızlandırmaya ve rekabet gücünü artırmaya yönelik araştırmalar yapmak, yaptırmak, başka kişi, kurum ve kuruluşların yaptığı araştırmaları desteklemek.
- Yönetim, üretim, tanıtım, pazarlama, teknoloji, finansman, örgütlenme ve işgücü eğitimi gibi konularda, ilgili kuruluşlarla işbirliği sağlayarak Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerle (KOBİ) yeni girişimcileri desteklemek.
- Türkiye'nin katıldığı ikili veya çok taraflı uluslararası programlara ilişkin faaliyetlerin bölgede tanıtımını yapmak ve bu programlar kapsamında proje geliştirilmesine katkı sağlamak.

Bu çerçeve kanun esas olmak üzere, Türkiye-AB mali işbirliği çerçevesinde finanse edilecek bölgesel program ve projelerin geliştirilmesi, etkin bir şekilde yürütülmesi, özel sektör, sivil toplum kuruluşları ve kamu sektörü arasında özlenen işbirliğinin geliştirilmesi amacıyla İstatistikî Bölge Birimleri (İBB) bazında Bölgesel Kalkınma Ajansları kurulma çalışmaları başlatılmıştır. Bu amaçla 2006/10550 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı Adana ili merkez olmak üzere TR62 ve İzmir ili merkez olmak üzere TR31 Düzey 2 bölgelerinde “Kalkınma Ajansları” kurulmuştur [12].

Osmaniye ilinin sosyo-ekonomik ve sosyo-kültürel kalkınmasını sağlayacak, yerel dinamiklerin harekete geçirilmesi ve bir kalkınma seferberliğinin gerçekleştirilmesi için **Osmaniye Yerel Kalkınma Ajansı** kuruluş çalışmalarına başlanması zorunluluk arz etmektedir. Kurulacak Kalkınma Ajansı teşkilat/yönetim yapısında Kalkınma Kurulu, Yönetim Kurulu, Genel Sekreterlik ve Yatırım Destek Ofisleri yer alacak olup, Kalkınma Kurulu bölgesel gelişme hedefine yönelik olarak, bölgedeki kamu kurum ve kuruluşları, özel kesim, sivil toplum kuruluşları, üniversite ve yerel yönetimler arasında işbirliğini geliştirmek ve ajansı yönlendirmek üzere oluşturulacaktır. Böylece kalkınmayı gerçekleştirecek misyona sahip olacak Ajansa yerel yöneticiler, sivil toplum kuruluşları, meslek odaları, şirketler, üniversite, basın kuruluşları, kooperatifleri gibi yerel dinamiklerin katılımı sağlanacaktır.

5. GENEL DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER

Osmaniye'nin sosyo-ekonomik ve kültürel durumunu ortaya koyan bu çalışma sonucunda, Osmaniye'nin sosyo-ekonomik kalkınmasında karşılaşılan sorunlar ve çözüm yolları hakkında bir perspektif çizmek amacıyla burada yapılması gerekenler veya öneriler verilmiştir (Çizelge-3).

Çizelge-3. Osmaniye Sosyo-Ekonomik Kalkınması İçin Öneriler.

Seçilen Unsur, Parametre/Sektör	Çalışma Sonucu Öneriler
Osmaniye Kalkınma Ajansı	<ul style="list-style-type: none"> • Ajans, ilin geri kalmışlığına ve kalkınması gerektiğine inanan, iş/öneri üretecek kişilerden oluşturulmalı • İlin fizibilite çalışması yapılarak, gelişme potansiyeli ortaya konulup yatırım öncelikli sektörler belirlenmeli • Girişimleri yönlendirecek danışmanlık faaliyetinde bulunmalı, halkın sosyal ve kültürel gelişimi için çalışmalar yapılmalı • İlin tanıtımında aktif görev almalı • Projeler hazırlanıp gerçekleştirilmelerinde fon kaynakları araştırılmalı, mali destek ve kredilerin temini için siyasi baskı unsuru oluşturmalı • Sanayinin geliştirilmesi, dışa açılma, il ihracatının artırılması, finans sektörünün geliştirilmesi ve İl'e yabancı sermaye akışı için ciddi çalışmalar yapmalı • İlde kırsal ve kentsel gelişmeyi sağlayacak kamu yatırımları belirlemeli, özel kesim yatırımlarını özendirici politika ve uygulamaları geliştirmeli • İşgücü arz ve talebinin sektörel ve mekansal analizini yapmalı, ildeki insan kaynaklarının geliştirilmesi için sektörel yeni projeler önermeli • Düzenleyeceği konferans, seminer ve fuarlar ile bilgilendirme yapmalı, yerel yatırımcılarla, ulusal ve uluslararası yatırımcıların koordinasyonunu sağlamalı
Tarım	<ul style="list-style-type: none"> • Tarımsal verimlilik, ürün çeşitliliği, tarımda modernizasyon ve sulu tarımın yaygınlaştırılması, çiftçilerin eğitimi ve yönlendirilmesi konularında sonuç alıcı çalışmalar yapılmalı • Doğu Akdeniz Kırsal Kalkınma Projesi hayata geçirilmeli, gerekli siyasi baskı gerçekleştirilmeli • Kırsal nüfusun gelirini artırıcı tarımsal faaliyetler (organik tarım, tohumculuk, bitki ve hayvan ıslahı, fidancılık, hayvancılık ve el sanatları) desteklenmeli • Tarımsal pazarlama ünitelerinin (depo, ambalajlama, standardizasyon vb.) kurulması ve işletilmesi amaçlı projelere destek verilmeli
Ticaret ve Diğer Hizmetler	<ul style="list-style-type: none"> • Firmalara yeni finansman kaynakları, imkanları tanıtıcı eğitim verilmeli, geleneksel kredi kaynakları dışındaki kaynaklar hakkında bilgi sahibi olmaları sağlanmalı • Tüketicieye dinlenme ve eğlence imkânları da sağlayan "Ticaret Merkezleri" kurulmalıdır. • Sanayi ve Ticaret Odası bünyesinde etkin bir "Dış Ticaret Departmanı" kurulmalı, Türk Cumhuriyetleri Masası, Irak Masası, İran Masası vb. uzmanlık masaları oluşturulmalıdır. • Çok ortaklı "Sektörel Dış Ticaret Şirketleri" kurulmasına yardımcı olunmalıdır. • Aslantaş Baraj Gölü'nde, yelken ve kürek sporları için yerel, ulusal ve uluslararası organizasyonlar yapılmalıdır. • İlde "Toptan Ticaret Merkezleri" (Toptancılar Sitesi, Fıstıkçılar Sitesi, Taşımacılar Kooperatifi vb.), otogar, hal, mezbahane gibi kompleksler yapılmalıdır.

Çizelge-3'ün devamı

Seçilen Unsur, Parametre/Sektör	Çalışma Sonucu Öneriler
Sanayi	<ul style="list-style-type: none"> • KOBİ'lerin modern işletmecilik teknikleri ve yeni teknolojiler konularında geliştirilmesi, rekabet gücünün artırılması, ulusal ve uluslararası pazara ulaşılabilişliğinin sağlanması, verimlilik ve gelir artırıcı faaliyetlerin özendirilmesi • Girişimcilerin pazarlama konusunda eğitilmesi ve geliştirilmesi (e-ticaret, dış ticaret, bilgi teknolojisi, halkla ilişkiler vb.) • TÜBİTAK Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (TEYDEB) bünyesinde sanayiye yönelik uygulanan: Sanayi Ar-Ge Projeleri Destek Programı, Proje Pazarları Destek Programı, KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı, Teknoloji ve Yenilik Odaklı Girişimleri Destekleme Programı (Teknogirişim) ve uluslararası Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı çerçevesinde araştırma-teknoloji geliştirme ve yenilik faaliyetlerinin Osmanîye sanayicilerine tanıtılması veya proje desteklerinden sanayicilerin bilgilendirilmesi ve uygulamaya geçilmesi sağlanmalıdır. • Tarıma dayalı sanayi geliştirilmelidir. Un, nişasta, fıstık işleme, narenciye, sebze, meyve tasnif, ambalajlama ve soğuk depolama, yem, yağ, konsantre meyve suyu gibi alanlarda yatırım özendirilmelidir. • Sanayide atık ısıyı değerlendiren otoprodüktör santraller kurulmalıdır. • 5084 ve 5350 sayılı Yatırımları Teşvik Kanunlarının başvuru süreleri 2008 yılı sonunda sona ereceğinden, bu alanda AB'ye uyum yasaları da dikkate alınarak 2008 ve sonrası dönem için bölgesel ve sektörel öncelikler ve uygulama stratejisi Merkezi Yönetimin ilkeleri doğrultusunda yeniden belirlenmelidir. • Küçük ve orta ölçekli sanayi yatırımları ve işletmeleri desteklemek, danışmanlık ve eğitim hizmetleri vermek amacıyla faaliyet yürüten Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) Osmanîye birimi ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Osmanîye Şube Müdürlüğü veya birimi kurulmalıdır.
Sosyal ve Kültürel Yapı	<ul style="list-style-type: none"> • Osmanîye kültür değerlerini ortaya koyan bir kültür envanteri çıkartılmalı, doğal ve kültürel zenginlikler korunmalı ve tanıtılmalıdır. • Korkut Ata Üniversitesi bünyesinde Devlet Konservatuarı, Tarih ve Arkeoloji bölümleri açılmalıdır. • Yeni kuşaklara maddi kültür (mutfak kültürü, el sanatları vb.) unsurları aktarılmalı, bu amaçla yılda bir defa Osmanîye yemekleri haftası ve yarışması düzenlenmelidir. • Çağdaş müzecilik anlayışına uygun bir müze kurulmalıdır. • Eskiden kırıathane "Okuma Evi" diye anılan mekanlarda (kahvehane veya kahve) az da olsa belirli sayıda kitap ve dergi bulundurma kuralı getirilmelidir. • Kentte ulusal kimliğin korunması amacıyla işyeri adlarında Türkçe kökenli kelimeler kullanılması teşvik edilmelidir.
Turizm ve Çevre	<ul style="list-style-type: none"> • Bilimsel ve kültürel toplantıların, kongre, seminer, sempozyum, fuar gibi aktivitelerin gerçekleştirilmesi için Kamu Kuruluşları, Yerel Yönetimler, Sivil Toplum Kuruluşları ve Osmanîye Korkut Ata Üniversitesi işbirliği yapmalı, kentin fuar ve kongre merkezi haline getirilmesi hedeflenmelidir. • Bölgede geliştirilebilecek turizm politikasının ana hedefleri belirlenip turizm gelişim ve yatırım programı hazırlayacak, özel ve kamu kuruluşlarıyla üniversitemin temsil edildiği "Osmanîye Turizm Koordinasyon ve Planlama Komitesi veya Merkezi" kurulmalıdır

Çizelge-3'ün devamı

Seçilen Unsur, Parametre/ Sektör	Çalışma Sonucu Öneriler
Turizm ve Çevre	<ul style="list-style-type: none"> • Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi bünyesinde Turizm ve Otelcilik Yüksekokulu açılarak bölgenin ihtiyaç duyduğu kalifiye ve yabancı dil bilen ara elemanlar yetiştirilmelidir. Ayrıca turizm sektöründe çalışan personelin eğitimi de ihmal edilmemelidir. • Osmaniye'de zengin arkeolojik buluntu ve kalıntıları sergileyebilecek nitelikte ve büyüklükte müze binaları planlanmalı ve yatırım programına alınmalıdır. • Yöresel el sanatlarının ve her türlü ürünün daha kaliteli ve ucuz üretimi ve pazarlanması konularında gerekli altyapı oluşturulmalı, turistlerin yöre halkına ekonomik katkısı sağlanmalıdır. Karatepe Kilim Kooperatifi'nin ulusal ve uluslararası tanıtımına devam edilmelidir. • Kaplıca turizmi için mevcut termal kaynaklar en iyi şekilde değerlendirilmeli, tesisler desteklenmeli ve gerekli tanıtımlar yapılmalıdır. Özellikle iç turizm için bu zorunludur. Haruniye (Düziçi) ve Kadırlı Kocar kaplıcaları, turizme yönelik yatırımların yapılması halinde yurt çapında termal bir merkez konumuna sahip olabilecektir. • Yayla turizmi için gerekli tanıtım ve altyapı iyileştirme çalışmalarını planlanmalı, yayla turizmi teşvik edilmelidir.
Eğitim	<ul style="list-style-type: none"> • İl genelinde belirlenecek bölge/bölgelere yatılı ilköğretim bölge okulları açılmalıdır. • İl merkezinde Okul Öncesi Eğitim Merkezi kurulmalıdır. • Öğretmenler için daimi bir "Hizmet İçi Eğitim Merkezi" kurulmalıdır. • Okulların ürettikleri ürünlerin pazarlanabilmesi ve Okul Döner Sermaye İşletmelerinin güçlendirilmesi için il ve ilçe merkezlerinde ürünlerin sergilendiği ve siparişlerin alındığı merkezi üniteler açılmalıdır. • Ortaöğretim ve Yükseköğretim yurtları açılmalıdır (Kadırlı, Bahçe ve Düziçi'nde her ikisi de, Osmaniye'de Korkut Ata Üniversitesi'nin açılan ve açılacak olan fakülte ve yüksekokulları öğrencilerinin barınma ihtiyacı için mevcut yurtlara ilave Kredi ve Yurtlar Kurumu Yükseköğretim Yurdu). • Korkut Ata Üniversitesi Akademik ve İdari teşkilatının kurulması hızla tamamlanmalı ve Fen ve Sosyal Bilimler Enstitüleri Lisansüstü Eğitim-öğretim faaliyetlerine başlamalıdır. • Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi'nin ilgili bölümlerinde önlisans, lisans ve lisansüstü Proje ve Tezler yörenin ihtiyaçlarına yönelik konulardan seçilmeli ve uygulama ağırlıklı olmalıdır. • Korkut Ata Üniversitesi bünyesinde: <ul style="list-style-type: none"> - Mühendislik Fakültesi Bölüm sayıları artırılmalıdır. - Eğitim Fakültesi, Tıp Fakültesi, Mesleki Eğitim Fakültesi açılmalıdır. - Devlet Konservatuarı, Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Yüksekokulu, Sağlık Yüksekokulu ve Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu açılmalıdır. - Zaman içinde aşağıdaki Araştırma ve Uygulama Merkezleri açılarak bölgenin hizmetine sunulmalıdır.

Çizelge-3'ün devamı

Seçilen Unsur, Parametre/Sektör	Çalışma Sonucu Öneriler
Eğitim	<p>Atatürk İlkeleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, Türk Dünyası Araştırma ve Uygulama Merkezi, Dede Korkut (Korkut Ata) Araştırma ve Uygulama Merkezi, Çevre Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bilgi Teknolojisi ve İletişim Uygulama ve Araştırma Merkezi, Yer Fıstığı ve Turp Uygulama ve Araştırma Merkezi, Karatepe Araştırma ve Uygulama Merkezi, Osmaniye ve Yöresi Tarihi Araştırmalar Merkezi, Sürekli Eğitim Merkezi, Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi, Üniversite-Sanayi İşbirliği Geliştirme Merkezi, Uzaktan Eğitim Merkezi, Osmaniye El Sanatları Koruma ve Geliştirme Merkezi, Zeytincilik Araştırma ve Uygulama Merkezi, Türk Halk Bilimi Araştırma ve Uygulama Merkezi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Osmaniye Üniversite-Ekonomik Sektörler/İş Dünyası İşbirliği Konseyi kurulmalı, Sanayi-Ticaret Odası lokomotif güç olmalıdır. • Üniversitemizle aynı ismi taşıyan Korkut Ata Kızıldorda Devlet Üniversitesi (Kazakistan) ile yakın ilişki, işbirliği modeli geliştirilmeli, kardeş üniversite ilan edilmelidir. • Meslek Yüksekokullarında, yörenin kültür ve ihtiyaçlarına göre programlar açılması ve sosyal-kültürel faaliyetlerin halka açık yerlerde sergilenmesi toplumla bütünleşmeyi kolaylaştıracaktır. • Her Meslek Yüksekokulu veya Fakülte ilgili sektör ile öğrenciyi bir araya getirecek "Bilişim Günleri" düzenlemelidir. Bu organizasyonda firmalar kendilerini öğrencilere tanıtmalı ve katılan firmalardan alanında uzman üst düzey yöneticilerin konferans vermeleri sağlanarak toplumla sosyal bütünleşmeye yardımcı olunmalıdır.

Bu çalışma ile Osmaniye'nin sosyal, kültürel, tarihi, coğrafi, demografik potansiyeli ortaya konularak, ilin ekonomik, sosyal ve kültürel durumu Türkiye karşılaştırılmalı olarak analiz edilip ilgilenenlerin dikkatine sunulmuştur. Çalışma sonucu elde edilen verilerle özellikle Osmaniye ili ekonomik profili çizilmiş, sosyo-ekonomik kalkınma için seçilen parametreler veya sektörler için değerlendirilebilecek öneriler verilmiştir. Bu mütevazı çalışma, Osmaniye için çalışan/çalışacak olan kişi, kurum ve kuruluşlar ile siyaset adamlarına ivme kazandırmayı hedeflemiştir. Beklenen ivme, enerji veya sinerji kazandırılabilirse kişi başına GSYİH'sı 2015 yılında en az 5000 A.B.D Doları seviyesine çıkmış Osmaniye hedefine ulaşılacaktır.

6. KAYNAKLAR

1. Koç,E., Gökfıdan,S., "Osmaniye İli Sosyo Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi". Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 22, Sayı 1, 49-57, Haziran 2007.
2. Dinçer,B., Özaslan,M., Kavasoglu,T., "İllerin ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması (2003)", Bölgesel Gelişme ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü, Devlet Planlama Teşkilatı, Yayın No: DPT 2671, Ankara, Mayıs 2003.
3. Dinçer,B., Özaslan,M., "İlçelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması", DPT Yayınları, Ankara, Nisan 2004.
4. Koç,E., "Türkiye'de İllerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi-Yozgat İlinin Durumu", Haber Bozok Dergisi, Sayı 2, 30-32, Ocak-Mart 2007.

5. Koç,E., "Yozgat'ın Sosyo Ekonomik ve Kültürel Durumu Yozgat Bozok Üniversitesi'ne Doğru, Yozgatlılar Birlik ve Dayanışma Vakfı Yayını, ISBN: 975-93546-0-8, 248s, Ankara, Mayıs 2001.
6. Haiipoğlu,S., "Yozgat Kalkınma Projesi, Yozgat Neden Geri Kaldı? Nasıl Kalkır?, İmpa Matbaacılık Ltd. Şti., İstanbul, 2004.
7. Koç,E., "Osmaniye'nin Sosyo-Ekonomik ve Kültürel Yapısı", Osmaniye Valiliği, İl Özel İdaresi, ISBN: 978-9944-0426, Osmaniye, Mart 2008.
8. Mazlum,M., Tekeoğlu,M., "Adana Ekonomisinin Yapısal Durumu Nispi Gerileme Sorunları ve Çözüm Önerileri", Adana Ticaret Odası (ATO), Adana, Aralık 1994.
9. Koç,E., "Üretim Yönetimi ve Organizasyon", Çukurova Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak. Yayınları, Yayın No 33, ISBN: 975-487-072-1, Adana, 2000.
10. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), 2008 Yılı Programı, DPT, 28 Ekim 2007 Tarih ve 26684 Mükerrer Sayılı Resmi Gazete, 2007.
11. 5449 sayılı "Kalkınma Ajanslarının Kuruluşu, Koordinasyonu ve Görevleri Hakkında Kanun", 8.2.2006 tarih ve 26074 sayılı Resmi Gazete.
12. 2006/10550 sayılı Bakanlar Kurulu kararı, 6.7.2006 tarih ve 26220 sayılı Resmi Gazete.

TÜRKİYE'DE İNŞAAT SEKTÖRÜNÜN GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ: Osmaniye Örneği

Erdem KOÇ

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

Tuğrul TALASLIOĞLU

O.K.A.Ü., İnşaat Programı, Osmaniye/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada Türkiye'de inşaat sektörünün gelişimi, aktif yapı inşaatları ve malzemelerinin tanıtımı ve ekonomiye olan katkıları değerlendirilmiştir. Ayrıca inşaat sektörünün gelişiminde önemli katkısı olan devlet teşvik tedbirleri ve içerikleri de değerlendirmeye dahil edilmiştir. Bu amaçla, Osmaniye ili uygulama örneği olarak seçilmiş ve Osmaniye ilinde inşaat sektörünün gelişmişlik durumunun oldukça düşük seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. İnşaat sektörünün geliştirilmesine yönelik çözüm önerileri sunulmuştur.

A GENERAL EVALUATION FOR STRUCTURAL BUILDING SECTOR IN TURKEY: Osmaniye Example

ABSTRACT : In this study, structural building sector in Turkey is evaluated considering improvements in this area and its contributions to economy of Turkey along with introduction of active structural buildings and materials. Moreover, having a big role in improvement in the structural building sector, some of government supports and its contains are also included. Fort this purpose, Osmaniye, a city of Turkey, is chosen for an application example and the improvement in structural building sector in Osmaniye is observed to be considerably poor. In this regard, some useful suggestions are presented for elevation of improvements in structural building sector.

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü, yüzlerce çeşit mal ve hizmet üretimi, yoğun işgücü kullanımı ve sosyo-ekonomik refah düzeyine olan katkısı ile ülke ekonomisine katma değer ve istihdam sağlamaktadır [1]. İnşaat sektörü yapım aşamasında ihtiyaç duyulan işçiliğin karşılanması için hizmet sektöründen, hammadde ve makine-teçhizat kullanımı için sanayi sektöründen faydalanmaktadır. Hizmet ve sanayi sektörlerinin katkılarıyla bina inşaatları yapılmaktadır. İnşaat sektöründe bina inşaatlarının yanı sıra tüm alt yapı inşaatlarını kapsayan bina dışı inşaatlar da yapılmaktadır. Bina inşaatlarını konut, eğitim, sağlık, idare, kültür, ticaret, endüstri ve benzeri amaçlı yapı inşaatları oluştururken, demiryolu, havayolu, denizyolu, karayolu ve ilgili sanat yapı inşaatları ise altyapı inşaatlarını oluşturmaktadır [2]. Bina ve bina dışı yapılar bir dizi inşaat süreçlerinin tamamlanmasını da gerektirmektedir.

İnşaat Süreci, yapı inşaatı çeşidine göre izlenmesi gereken birçok alt süreçleri kapsamaktadır. Alt süreçlerin her aşaması yapı denetim mekanizmasıyla (3194 sayılı imar kanunu ile belirlenen proje ve inşaat denetim sistemine göre) kontrol altında tutulmaktadır [3]. Yapı inşaatı arsa, yapı malzemeleri, malzeme araç ve gereçleri, finansman, bilgi ve deneyim ve işgücü olarak adlandırılan temel kaynakların belirlenmesini ve bir dizi sürecin tamamlanmasını gerektirir: i) tasarım öncesi süreç, ii) yapım süreci (ilkel yapım, geleneksel yapım, yarı prefabrike ve tam prefabrik sistemlerinden biri kullanılarak), iii) kullanıma geçiş süreci ve iv) kullanım sürecidir. [4]. Günümüzde inşaat süreçlerinin sistematik bir biçimde planlanarak uygulandığı yapı imalatlarından birisi konutlardır.

Konut sektörünün enflasyon, finansal piyasalar, ödemeler dengesi ve devlet bütçesi üzerinde etkili olması onun ekonomik önemini artırmaktadır. Konut üretimini belirleyen temel faktörler aşağıda kısaca özetlenmiştir [2].

Konut gereksinimi: Kişilerin ödeme güçleri ile bireysel tercihlerinden bağımsız olarak en düşük düzeyde barınabilmelerini sağlamaya yetecek konut sayısıdır. belli bir anda mevcut konut sayısı arasındaki farktır.

Konut talebi: Konutlara karşı tüketici tercihlerini içeren ve alım gücü ile desteklenen istektir.

Konut arzı: Konutu elinde bulunduranların ihtiyacı olanlara çeşitli fiyatlarla fiilen satmak istedikleri konut miktarıdır.

Yapı ruhsatı: İnşaata başlamadan önce inşaatın yapılabilirliğini gösterir nitelikte izin belgesidir

Yapı kullanma izni: Yapımı bitmiş ve kullanıma sunulmuş inşaatların kullanıma hazır olduğunu gösteren belgedir.

Ekonomide önemli bir yeri olan konut üretimleri, sürekli olarak modern imalat teknikleriyle geliştirilmektedir. Son yıllarda, konut üretimlerinde prefabrike yapı elemanı kullanımında bir artış olmuştur [2].

Prefabrike Yapılar (Betonarme ve Kompozit-Çelik), inşaat sektörünün önemli imalat kalemlerindedir. Bilgisayar destekli kontroller ile modern tesislerde hazırlanan hazır betonun klasik yöntemlere göre hazırlanan betonun yerine kullanılmaya başlaması ile prefabrike yapı imalatı artmıştır. Prefabrik yapılar, modüler olarak mevcut şantiye dışında bulunan fabrikalarda yüksek kalitede üretilerek ve şantiyelere taşınarak monte edilmektedir. Prefabrik yapılar mevsimsel değişimlerden etkilenmemesi, bilgisayar

destekli hassas tasarımlarla üretilmesi, işçilik, kalıp, hammadde, yapım süresi ve bakım-onarım masraflarında tasarruf sağlaması, yüksek ısı ve ses yalıtımı sağlaması konularında avantajlıdır.

Betonarme prefabrike yapıların ağır ve dayanımlarının kesit özelliklerinin artırılmasına bağlı olarak değişmesi en büyük dezavantajlarından. Ancak, daha dayanıklı ve hafif malzemelerle bu problem çözebilecektir. Son yıllarda, kompozit ve hazır çelik profillerden imal edilen prefabrike yapı elemanlarının (örneğin, Cam elyafı Takviyeli Plastik (CTP) veya soğukta şekillendirilmiş çelik profiller ile imal edilen) birçok farklı yapı imalatında başarıyla kullanılmaktadır. Prefabrike çelik yapılar hafif, estetik ve montajı kolay, yüksek yapılaşmaya uygun, doğayla uyumlu ve geri dönüşümlü olmalarından dolayı tercih edilmektedir.

Doğal taşlar ile üretilen yapı dekorasyon malzemeleri betonarme prefabrik veya çelik yapıların estetik görünüşlerini çok daha çekici hale getirmektedir. Bu amaçla, madencilik sanayinde mermer, granit, kireçtaşı, traverten, serpantin gibi doğal taşlar kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, inşaat sektörünün Türkiye ekonomisine olan katkısı değerlendirilerek, geliştirilmesi yönünde kullanılan devlet teşvik tedbirleri incelenmiştir. Değerlendirmede Osmaniye ili uygulama örneği olarak seçilmiştir. Genel bir değerlendirmenin sonunda Osmaniye iline yönelik olmakla birlikte Türkiye inşaat sektörüne de uyarlanabilen bazı öneriler yapılmıştır.

2. İNŞAAT SEKTÖRÜNE YÖNELİK DEVLET TEŞVİK TEDBİRLERİ

Son yıllarda Avrupa Birliğine uyum çerçevesinde Küçük ve Orta Boy İşletmelere (3624 sayılı kanunda KOBİ olarak tanımlanan) yönelik devlet teşvik tedbirlerinin kullanılmasında bir artış olmuştur. Üretimde kalite, verimlilik, yenilikçilik ve en önemlisi rekabetçiliğin artırılması amacıyla, farklı kamu kurumlarından ilgili sektörlerle karşılıklı veya karşılıksız (hibe) destekler yapılmaktadır. Bu destekleri sağlayan kurumlar genel olarak: Küçük ve Orta Büyüklükte Sanayi Geliştirme Başkanlığı (KOSGEB), Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TUBİTAK), Dış Ticaret Müsteşarlığı (DTM), İhracatı Geliştirme Ettüt Merkezi (İGEME), Hazine Müsteşarlığı (HM), Türk Patent Enstitüsü (TPE), Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfıdır (TTGV).

İnşaat sektörünün diğer sektörlerle bağımlı olarak hizmet vermesinden dolayı, yapı imalatında görev alan sektör ve imalat konusunun belirlenmesi ve ilişkili devlet teşvik tedbirinin araştırılması gerekmektedir. KOSGEB ve TUBİTAK, devlet teşvik tedbirlerinde inşaat sektörüne yönelik olan destekleri sağlayan en önemli kurumlardır. Bu amaçla, KOSGEB ve TUBİTAK tarafından sağlanan, yapı imalatı içerikli destekler ve konuları kısaca aşağıda özetlenmiştir. Ancak, aşağıda sıralanan devlet destekleri dışında hedeflenen yapı imalatlarında kullanılabilecek diğer desteklerin olduğu not edilmelidir.

18.01.2001 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan 2000/1822 sayılı Karar ve 18.02.2001 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan 2001/1 sayılı Tebliğ uyarınca KOSGEB tarafından sağlanan desteklerin konu başlıkları ve içerikleri aşağıda sıralanmıştır [5].

Teknoloji Araştırma ve Geliştirme: Bilim ve teknolojiye dayalı yeni fikir ve buluşlara sahip işletmelerin gelişmesi ve geliştirilmesine yönelik araştırma ve geliştirme desteğidir.

Altyapı ve üstyapı uygulama projeleri: Kalkınmada Öncelikli Yörelere (KÖY) kapsamında yer alan illerde; a) kurulacak olan küçük sanayi siteleri (KSS) için, altyapı ve üstyapı uygulama projelerine, b) Organize sanayi bölgeleri (OSB) içinde veya dışında yeni yatırım yapacak olan işletmeler için, üstyapı uygulama projelerine verilecek desteği kapsar.

Ortak kullanım amaçlı makine-teçhizat alımı: Aynı iş kolunda ve birbirini tamamlayıcı iş kollarında faaliyet gösteren işletmelerin ORTak Kullanım Atölyeleri (ORTKA) ve ORTak Kullanım LABORatuvarları (ORTLAB) için satın alacakları makine ve teçhizat giderlerine yönelik destekleri kapsamaktadır. İmalat sanayine yönelik firmalara öncelik verilmektedir.

Bilgisayar Yazılımı: Çok sayıdaki işletme süreçlerinin bütünleştirilmesi ve eş zamanlı olarak bilgi paylaşımının sağlanması amaçlanmaktadır. İmalat sanayinde faaliyet gösteren işletmelere yöneliktir.

Üniversite-sanayi işbirliğini geliştirme amacı ile TÜBİTAK tarafından bir çok farklı destekler sağlanmaktadır. TÜBİTAK destekleri, "Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) Yardımına İlişkin Tebliğ", "Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Teknoloji ve Yenilik Destek Programlarına İlişkin Yönetmelik" ve "Sanayi Araştırma Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Projeleri Destekleme Programı Uygulama Esasları" çerçevesinde sağlanmaktadır [6,7].

Bir imalat ürününün geliştirilmesine yönelik projeler: Firma düzeyinde katma değer yaratan kuruluşların Ar-Ge çalışmalarını teşvik etmek ve bu yolla Türk sanayisinin Ar-Ge yeteneğinin yükseltilmesine katkıda bulunmak üzere sanayi kuruluşlarının Ar-Ge Projelerine %60'a varan oranlarda hibe şeklinde destek sağlanmaktadır.

KOBİ AR-GE başlangıç firmasının kurulması: KOBİ'lerin verimliliklerinin artırılması amacı ile yeni bir ürün üretilmesi, mevcut bir ürünün geliştirilmesi, ürün kalitesinin yükseltilmesi veya maliyet düşürücü nitelikte yeni tekniklerin, yeni üretim teknolojilerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Teknoloji ve yenilik odaklı girişim: Yüksek eğitilmiş (lisans, yüksek lisans veya doktora) kişilerin yenilikçi iş fikirlerini katma değeri yüksek girişimlere dönüştürme amacıyla düzenlemiştir.

3. İNŞAAT SEKTÖRÜNDE DEVLET TEŞVİK TEDBİRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

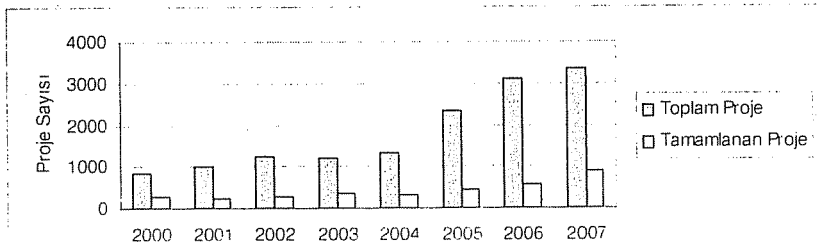
Türk sanayisinde çok uzun zamandır hizmet veren ve sanayinin şekillenmesinde önemli katkıları olan KOBİ'lere yönelik önemli oranlarda devlet desteği sağlanmaktadır. Özellikle sanayi-eğitim odaklı üretimler ile kalite derecesi yükseltilmesi hedeflenmektedir. 2007 yılında inşaat konulu sektörlerle yönelik olarak, KOSGEB tarafından Teknolojiye 1.054.646,59 YTL, ORTKA'ya 530.456,77 YTL ve bilgisayar yazılımına 322.220,00 YTL destek sağlanmıştır (Çizelge-1).

TUBİTAK 2007 yılında sanayi ve AR-GE'ye toplam 300 milyon YTL'lik bir destek sağlamıştır [9]. 2000 yılında destek alan proje sayısı 843 ve o yıl içinde tamamlanan proje sayısı 297'dir (Şekil-1). 2006 yılında destek alan proje sayısı 3091'e yükselmiş ancak tamamlanan proje sayısı 559 olmuştur. Benzer sonuç 2007 yılında da gözlenmiştir. Desteklenen firma sayılarının 1995-2006 yılları arasındaki değişimi Şekil-2'de gösterilmiştir. Toplam ve tamamlanan proje sayıları ile karşılaştırma amacıyla

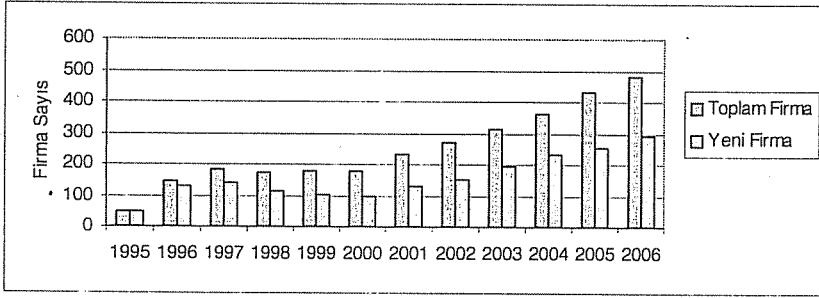
2000 yılı baz alınırca, desteklenen 176 firmanın 99 tanesinin yeni olduğu, 2006 yılında ise desteklen 481 firmanın 290 tanesinin yeni olduğu gözlemlenir (Şekil-2). Sonuç olarak, desteklenen firma sayıları özellikle yeni kurulan firma sayıları artmış ancak, tamamlanan proje sayıları oldukça düşük seviyelerde kalmıştır. Ayrıca, desteklenen tüm projelerin %30'u imalat sanayine yöneliktir (Şekil-3). 2007 yılı verilerine göre toplam 2275 adet KOBİ firmasına verilen desteğin 66 tanesi inşaat konulu firmalara verilmiştir. Destek alan firmalarının 38 tanesi Adana, 50 tanesi Gaziantep ve 7 tanesi Hatay il sınırları içinde hizmet vermektedir. İnşaat konulu firmalardan 1 tanesi Adana'da yer almaktadır. İnşaat sektörünün ekonomiye olan katkısı göz önüne alındığında, alınan destek sayısının oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Cizelge-1. 1 Ocak-19 Haziran 2007 dönemine ait KOSGEB Desteklerinin Dağılımı [8].

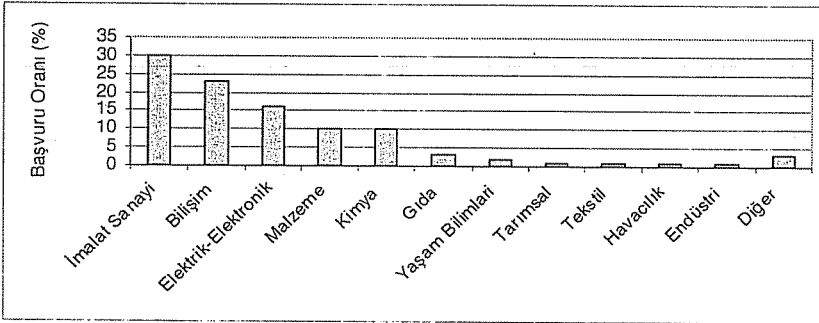
DESTEK ADI	DESTEK ADEDİ	DESTEK MİKTARI YTL
Altyapı Ve Üst Yapı Uygulama Proje Desteği	6	43.080,50
Bilgisayar Yazılım Desteği	53	322.220,00
Danışmanlık Desteği	115	335.306,90
Eğitim Desteği	18	28.146,13
Eşleştirme Desteği	1	2.635,00
E-Ticarete Yönlendirme Desteği	3	7.722,00
Genel Test, Analiz Ve Kalibrasyon Ve CE İşaretli İşkin Test Ve Analiz Desteği	71	96.243,47
İhracat Amaçlı Yurt Dışı İş Gezisi	11	6.481,19
Markaya Yönlendirme Desteği	6	22.232,28
Milli Katılım Dışındaki Yurtdışı Fuar Desteği	20	107.600,56
Milli Katılım Düzeyindeki Yurtdışı Fuar Desteği	6	33.258,00
Nitelikli Eleman Desteği	547	2.658.480,07
ORTKA Desteği	3	530.456,77
ORTLAB Desteği	1	75.000,00
Sınai Mülkiyet Hakları Desteği	3	2.958,83
Tanıtım Desteği	85	249.425,01
Teknoloji Desteği	51	1.054.646,59
Yeni Girişimci Desteği	6	24.000,00
Yurtiçi Sanayi Fuarlarına Katılım Desteği	87	104.325,24
Yurtiçi Uluslar Arası San İhtisas Fuarı Desteği	37	55.690,00
TOPLAM	1130	5.759.908,54



Şekil-1. TÜBİTAK Tarafından Desteklenen Proje Sayılarının Yıllara Göre Değişimi [9].



Şekil-2. TUBİTAK Tarafından Desteklenen Firma Sayılarının Yıllara Göre değişimi [9].



Şekil-3. TUBİTAK Tarafından Desteklerin Sanayi Konularına Göre Değişimi [9].

4. İNŞAAT SEKTÖRÜNÜN TÜRKİYE EKONOMİSİNDEKİ YERİ

İnşaat sektörünün GSMH içindeki payı, inşaat sektörüne girdi sağlayan diğer sektörlerle göre yaklaşık %30 seviyelerindedir. 2006 yılı verilerine göre toplam yatırımların %75'ini bina, geri kalan kısmını ise altyapı yatırımları oluşturmuştur. Sabit sermaye yatırımlarının yaklaşık %50'si inşaat yatırımlarıdır [2]. Çizelge-2. genel olarak 1995-2007 yılları arasındaki inşaat sektöründeki ve GSMH'deki büyüme oranlarını özetlemektedir. İnşaat sektörü 1995 yılında %4.70 küçülürken GSMH %8.10 büyümüştür. 1999-2003 yılları arasında inşaat sektörü küçülmüştür. 2005 yılını GSMH'de %7.60'lık bir artışa karşılık, inşaat sektöründe %21.50'lik bir büyüme olmuştur. 2007 yılında GSMH'de %6.50 bir artış olurken, inşaat sektörü %5.00'lık bir büyüme göstermiştir.

İnşaat sektörünün Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) içindeki payı, yıllara göre değişim göstermektedir. Farklı sektörlerin, 2002-2006 yılları içinde, GSMH içindeki payları Çizelge-3'de verilmiştir. İnşaat sektörünün 2002 yılındaki payı %4.60'dan 2006 yılında %4.80 değerine yükseldiği çizelgeden görülmektedir.

Çizelge-2. İnşaat Sektörün Büyüme Oranları (1995-2007) (%) [2,10].

Yıl	İnşaat Sektörü	GSMH
1995	-4.70	8.10
1996	5.80	7.10
1997	4.60	8.00
1998	0.30	3.80
1999	-12.50	-6.40
2000	4.90	6.10
2001	-5.80	-9.40
2002	-6.30	7.80
2003	-9.30	5.90
2004	4.60	9.90
2005	21.50	7.60
2006	19.40	6.10
2007	5,00	6.50

İnşaat sektörünün 1997-2007 yılları arasındaki büyüme oranları ve GSMH'deki (sabit birim fiyatları ile) değişimleri Çizelge-4 de verilmiştir. 2005-2007 yılları arasında inşaat sektöründe önemli bir büyüme görülmektedir. 2005 yılında büyüme gösteren inşaat sektörü, 2006 yılının ikinci yarısında itibaren büyüme miktarında bir küçülmeye 2007 yılını %15.70'lik bir büyüme ile tamamlamıştır.

Çizelge-3. GSMH İçinde Sektörlerin Payları (2002-2006) (%) [2].

Yıl	Tarım (%)	Sanayi (%)	İnşaat (%)	Hizmetler (%)
2002	13.80	29.40	4.60	52.20
2003	12.60	29.90	4.00	53.50
2004	11.70	29.70	3.80	54.80
2005	11.50	29.40	4.20	54.90
2006	11.20	29.80	4.80	54.20

Çizelge-4. İnşaat Sektörü ile GSMH'nın Son 10 Yıllık Büyüme Oranları
(1987 Sabit Fiyatları ile) (%) [2].

Yıl	İnşaat Sektörü	GSMH
1997	5.02	8.29
1998	0.75	3.86
1999	-12.52	-6.08
2000	4.39	6.34
2001	-5.49	-9.54
2002	-5.58	7.94
2003	-8.60	5.87
2004	4.20	9.86
2005	21.57	7.64
2006 (birinci altı ay)	27.10	6.40
2006 (ikinci altı ay)	14.90	9.30
2007 (birinci altı ay)	16.50	6.80
2007 (ikinci altı ay)	15.70	3.90

İnşaat sektörü 1997-2006 yılları arasında %1.35'lik bir ortalama ve %13.51'lik bir kümülatif büyümeyle diğer sektörlere göre geri sıralarda kalmıştır (Çizelge-5). İnşaat sektörü 2005-2007 yılları arasında önemli oranlarda büyüme göstermiş, 2007 yılında %16.1'lik bir büyüme ile diğer sektörlere göre daha başarılı olmuştur (Çizelge-6).

Çizelge-5. Ana Sektörlerin 10 Yıllık Büyüme Performansları (%) [2].

Sektör	1997-2006 Yıllık Ortalama Büyüme (%)	1997-2006 Kümülatif Büyüme (%)
Tarım	1.61	16.13
Sanayi	2.46	24.62
Ticaret	4.64	46.41
Ulaştırma-Haberleşme	3.92	39.22
İnşaat	1.35	13.51
GSMH	3.44	34.37

Çizelge-6. Sektörlere Göre Son 10 Yıllık Büyüme Oranları (%) [2].

Yıl	Tarım	Sanayi	İnşaat	Ticaret	Ulaş ve Haber.
1997	-2.00	10.40	5.00	11.20	7.20
1998	7.60	1.80	0.80	1.20	6.00
1999	-4.60	-5.00	-12.50	-6.80	-4.00
2000	4.10	-5.60	4.40	11.60	5.10
2001	-6.10	-7.50	-5.50	-9.40	-4.90
2002	7.10	9.40	-5.60	10.70	5.40
2003	-2.50	7.80	-8.60	8.10	8.40
2004	2.00	9.40	4.20	12.80	6.80
2005	5.60	6.50	21.60	7.40	8.80
2006	1.30	7.70	19.30	7.20	3.80
2007	0.90	5.20	16.10	4.60	5.10

GSMH'nin hesaplarında dikkate alınan değerlerden biri de sabit sermaye yatırımlarıdır. Sabit sermaye yatırımları, kullanımı bir yıldan fazla olan ve amortisman payı ayrılan, bilgisayar donanımı ve yazılımları, bina, makine, ulaştırma aracı, arsa gibi kalemlerden oluşmaktadır. İnşaat sektörü, kamu ve özel sektörde yapılan yatırımlarıyla, sabit sermaye yatırımları içinde en büyük paya sahiptir. 2006 yılında sabit sermaye yatırımların toplamı cari fiyatlarla 121 milyar 93 milyon YTL olup bu miktarın 63 milyar 83 milyon YTL'si inşaat yatırımlarına aittir (Çizelge-7). İnşaat sektörünün kamu yatırımları içindeki payı 2004 yılında %39'dan 2006 yılında %32'ye düştüğü, özel yatırımlar içindeki payı aynı yıllarda %61'den %68'e arttığı gözlenmiştir.

En temel barınma aracı olan konut, ekonomide en önemli yatırım araçlarından biri sayılmaktadır. Konut yatırımları GSYİH'nin %2-8'ini ve sabit sermaye yatırımlarının %15-30'unu bulmaktadır. Türkiye'de ihtiyaç duyulan konut sayıları 2001-2005 yılları için Çizelge-8'de verilmiştir. Sekizinci plan döneminde demografik gelişmelerden doğan yeni konut ihtiyacının 2.714.000 adet olacağı tahmin edilmiştir. Yenileme ve afet konutları olarak birikmiş ihtiyaç dahil her yıl 72.000 olmak üzere 2001-2005 yıllarında

toplam 361.000 konutun yapılmış olması gerektiği, dönem içinde toplam 3.075.000 adet konuta ihtiyaç duyulduğu da çizelgeden görülmektedir.

Çizelge-7. Sabit Sermaye Yatırımları ve İnşaat Sektörü [2].

Yatırımlar	2004	2005	2006
Sabit sermaye yatırımı toplamı (cari fiyatlarla- YTL)	76.722.407.757	95.307.112.581	121.093.003.311
İnşaat harcamaları toplamı (cari fiyatlarla-YTL)	32.086.966.830	44.083.580.748	63.083.377.650
Kamu yatırım payı (%)	39	35	32
Özel yatırım payı (%)	61	35	68

Çizelge-8. Konut İhtiyacı Tahmini [11].

	Yıllık Eklenen Kent Nüfusu (2)	Kentlerde Demografik Konut İhtiyacı	Yenilenme ve Afet Konut İhtiyacı	Kentlerde Toplam Konut İhtiyacı
2001	2.100.000	496.400	72.200	568.600
2002	2.200.000	521.300	72.000	593.500
2003	2.221.000	527.500	72.000	599.700
2004	2.358.000	561.400	72.000	633.600
2005	2.545.000	607.400	72.000	679.600
Toplam	11.424.000	2.714.000	361.000	3.075.000

Konutlaşmadaki kalitenin ve güvenliğin kontrolü için alınan ruhsat ve kullanma izni, konut veya inşaat arzına bağlı olarak değişmektedir. 2006 yılında verilmiş olan yapı kullanım izin belgelerinin %65'i konut amaçlı kullanım alanlarına, %28 konut dışı ve % 5'i ortak kullanım alanları adına düzenlenmiştir (Şekil-4). Bu değerler 2002-2006 yılları arasında benzer bir değişim göstermektedir (Şekil-5). Türkiye'de başlatılan her inşaat, bir ruhsata sahip olmadığı gibi, yapımı tamamlanan her bina da yapı kullanım iznine sahip değildir. Yapı ruhsatlarında yıllara göre belirgin bir gerileme görülmektedir. 1990-2005 yılları arasında konut ihtiyacı, inşaat ve yapı kullanma izni alan konut sayıları Çizelge-9'da verilmiştir. Kentlerde toplam konut ihtiyacı 1990 yılında 340.000 iken 2005 yılında 679.000 değerine ulaştığı, aynı yıllar için inşaat ve yapı kullanım izni alan konutların sayıları sırasıyla 381.408 ve 232.018 değerlerinden 340.000 ve 165.000 değerlerine düştüğü görülmektedir. Gelecek yıllarda da yasal konut üretiminin ihtiyaca cevap veremeyeceği ve beklendiği gibi kaçak yapılaşma sorununun devam edeceği anlaşılmaktadır.

Ayrıca, inşaat ve kullanım izinlerinin bina sayıları, yüzölçümleri ve değerleri ile değişimi Çizelge-10'da verilmiştir. İnşaat izinleri, o yıl başlayan binaları, kullanım izinleri ise o yıl tamamlanan binaları göstermektedir. 2005 yılında, 2004 yılına oranla, inşaat izin belge sayısında %51.3'lük ve kullanım izin belge sayısında %57.2'lik bir artış göstermektedir. Aynı yılda, kullanım izni alan binaların yüzölçümleri ve değerleri, inşaat izni alan binalara göre daha fazla artmıştır. 2005 yılından itibaren inşaat ve kullanım izni alan bina sayılarında hızlı bir düşüş başlamıştır. 2007 yılında, 2006 yılına oranla, inşaat ve kullanım izni alan bina sayılarında sırası ile %7.30 ve %7.50'lik bir düşme, bina yüzölçümlerinde %1.00 ve %10.40'lık ve değerlerinde ise %9.80 ve

%20.90'lık bir artış gözlenmiştir. Bu durum bina talebinde düşme ve bina stokunda artış olduğunun bir göstergesidir.

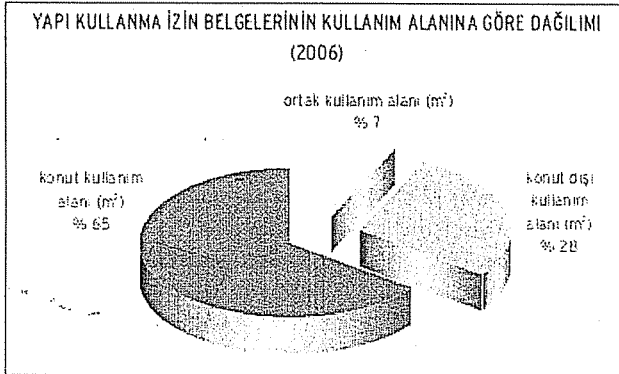
Çizelge-9. Türkiye'de İnşaat ve Yapı Kullanma İzni Alan Konut Sayıları [11,12].

Yıllar	Kentlerde Toplam Konut İhtiyacı	İnşaat İzni Alan Konut Sayısı	Yapı Kullanma İzni Alan Konut Sayısı
1990	340 000	381 408	232 018
1991	354 000	392 943	227 471
1992	370 000	467 024	268 804
1993	381 000	548 129	269 695
1994	395 000	523 791	245 610
1995	414 000	518 236	248 946
1996	460 000	454 295	267 306
1997	498 000	464 117	277 056
1998	513 000	414 573	219 737
1999	516 000	339 446	215 613
2000	553 000	315 162	245 155
2001	568 600	279 616	243 464
2002	593 500	153 779	156 674
2003	599 700	194 748	158 392
2004	633 600	324.585	160.365
2005 (1)	679.000	340.000	165.000

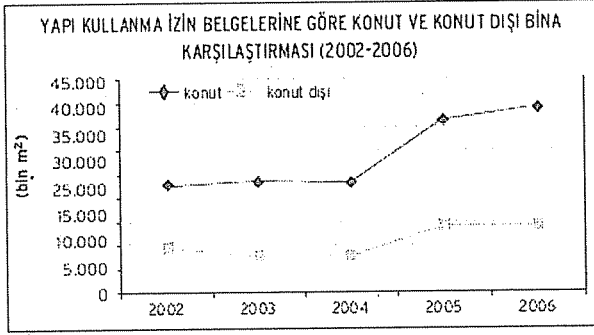
(1) Tahmin

Çizelge-10. İnşaat ve Kullanım İzinlerinin Bir Önceki Yıla Göre Değişimi (%) [13].

Yıl	Bina Sayısında (adet) Değişim (%)		Yüzölçümünde (m ²) Değişim (%)		Değerde (YTL) Değişim (%)	
	İnşaat izni	Kullanım izni	İnşaat izni	Kullanım izni	İnşaat izni	Kullanım izni
2003	15.50	-12.30	25.80	-2.30	52.30	18.40
2004	50.60	-1.30	53.20	0.30	76.90	14.00
2005	51.30	57.20	52.60	62.20	68.10	79.00
2006	0.00	14.40	15.50	13.70	38.70	35.80
2007	-7.30	-7.50	1.00	10.40	9.80	20.90



Şekil-4. Yapı Kullanım İzin Belgesi Verilen Binaların Kullanım Alanları [2].



Şekil-5. Konut ve Konut Dışı Yapıların Karşılaştırılması [2].

Türkiye’de konut sorununun çözümünde, Toplu Konut İdaresi (TOKİ) önemli katkılar sağlamıştır. Kuruluşundan 2002 yılı sonuna kadar geçen 19 yıllık sürede 43.131 adet konut üretimi gerçekleştiren TOKİ, 2007 yılının ilk 6 ayı içinde Türkiye üretimindeki payını %18,6’a çıkararak, 50.000 konut sayısına ulaşmıştır. TOKİ tarafından 2007 yıl sonuna kadar 250.000 konutun inşaatına başlanması öngörülmüş olup, 500.000 konutluk program yapılmıştır [2]. Çizelge-11’de TOKİ tarafından üretilen konutların yıllara göre değişimi ve toplam konut üretimi içindeki payları verilmiştir.

Çizelge-11. TOKİ Tarafından Üretilen Konutlar [11].

Yıllar	Toplam Konut Birim Üretimi (Yapı ruhsatına göre)	TOKİ Konut Birim Üretimi (Yapı ruhsatına göre)*	TOKİ'nin Konut Üretimindeki Payı (%)
1984-2002	7.058.096	43.131	0.60
2003	202.237	2.270	1.10
2004	323.927	42.000	13.00
2005	545.336	51.000	9.40
2006	566.674	55.000	9.70
2007 (ilk 6 ay)	269.304	50.000	18.60

* Kredilendirilen konutlar dâhil edilmemektedir.

Yapı üretiminde modern teknikler geliştirilmiştir. Bunlardan birisi, modern yapı sistemlerinden biri olan prefabrik yapı imalatlarıdır. Prefabrik yapı imalatı, 2007 yılında 4 milyon m³ olup, GSMH içindeki payı %2 değerindedir. Betonarme yapı elemanlarının 1997-2006 yıllarında imalatı Çizelge-12’de özetlenmiştir [2]. 2006 yılında 1.802.107 m³’lük prefabrik yapı imalatının 628.198 m³’ü üst yapı (kolon, kiriş, çatı makası, döşeme cephe elemanları gibi), 39465 m³’ü enerji (enerji iletim hattı, aydınlatma direkleri gibi) için kullanılmıştır. 1999 yılında yaşanan depremden dolayı çelik prefabrike yapılara yönelim artmıştır. Türkiye’de 14 milyon ton çelik üretiminin 400 bin tonunu hazır çelik profilleri oluşturmaktadır. Türkiye Yapısal Çelik Derneğine (Turkish Constructional Steelwork Association, (TUCSA)) bağlı 82 firma 7-10 milyon m²’lik çelik prefabrike yapı alanı kapatabilecek kapasitedir. TUCSA tahminlerine göre bu üretim her yıl %10’luk bir artışla büyüme eğilimindedir [2].

Çizelge-12. 1997-2006 yılları arasında Beton Prefabrik Yapı Elemanı İmalatı (m³) [2].

Yıl	Üstyapı	Altyapı	Çevre Düzeni	Enerji	Toplam
1997	888.228	377.960	469.810	66.109	1.802.107
1998	729.529	357.738	524.903	78.250	1.690.420
1999	508.290	296.832	307.980	65.289	1.178.391
2000	399.057	408.294	434.013	110.927	1.352.291
2001	242.018	304.222	344.368	44.974	935.582
2002	340.930	271.661	496.704	46.152	1.155.447
2003	361.457	334.045	469.995	20.290	1.185.787
2004	524.542	315.554	272.934	30.608	1.143.638
2005	586.534	336.014	480.743	36.850	1.440.141
2006	628.198	380.397	510.109	39.465	1.558.169

Betonarme ve çelik prefabrikte veya diğer yapı imalatlarına estetik açıdan önemli bir katkı sağlayan doğal taşlar yapım işlerinde (yapı temel ve duvarı gibi) ve dekorasyon işlerinde (dış kaplamalar, bahçe ve park düzenlemeleri gibi) tercih edilmektedir. Türkiye’de doğal taş yataklarının %90’ı Anadolu’nun batısında, Ege ve Marmara bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Genel olarak, %72’si Balıkesir, %24’ü Afyon, %12’si Bilecik, %8’i Denizli, %6’sı Muğla ve %4’ü Eskişehir illerindedir [2].

4. OSMANİYE İLİNDE İNŞAAT SEKTÖRÜ

Osmaniye İli’nin merkez ve ilçe belediye sınırları içerisinde yer alan cadde, sokak, bulvar vb. uzunlukları ulaşım alt yapısı için son derece önemlidir. Ancak, bu konularla ilgili belediyelerden teknik bilgiler temin edilerek genel durum tespiti yapılmalıdır. Bu konularla ilgili envanter çalışmasının yürütülmesi yararlı olacaktır. Yine ilgili belediyelerle işbirliği yapılarak Osmaniye ilinde içme ve kullanma suyunun mevcut durum, kanalizasyon sistemi, atık su arıtma tesisleri ve çevre kirliliği göstergeleriyle ortaya konulmalıdır. İnşaat sektörünün canlanması halkın alım gücünün artmasına bağlı olduğundan, gelir düzeyinin yükselmesi sektördeki iş hacmini önemli oranda artıracaktır [1]. Son yıllarda teşvik tedbirlerinin yaygınlaşması, Osmaniye’de Organize Sanayi Bölgesine ve inşaat sektörü ile ilgili sektörlere hareketlilik kazandırmıştır.

Osmaniye il merkezi, 4209 hektar yüzölçümlü mücavir alana ve 3800 hektarlık belediye sınırlarına sahiptir. Belediye ve valilik sınırları içinde kalan 14000 adet parsel üzerinde 49150 adet konut kurulmuştur (Çizelge-13). Osmaniye ili dahilinde yapılan konutların %97’si dairedir. Bu konutların 85.733 adeti borulu tesisatlıdır ve bu hali ile Türkiye’de 38. sırada yer almaktadır (Çizelge-14).

Osmaniye ili 392.150 km²’lik asfalt yola sahiptir. Belediye sınırları içinde mevcut kanalizasyon ve içme suyu şebekelerinin uzunluğu sırasıyla 450 ve 500 km’dir. 47532 kayıtlı su aboneliğini karşılamak amacı ile 33 km uzunluğunda yayla suyu projesi hayata geçirilmiştir. Ayrıca, olumsuz hava koşullarına karşılık olarak 4 km uzunluğunda yağmur suyu şebekesi ve 3 km uzunluğunda ishale hattının yapımı tamamlanmıştır (Çizelge-15).

Çizelge-13. Osmaniye İlinde İnşaatla İlgili Yapılaşmanın Mevcut Durumu [14].

Parametre/Değişken	Büyüklik/Birim
Belediye Sınırları Toplam Alanı	3800 hektar
Mücavir Alanın Toplam Yüzölçümü	4209 hektar
Nazım İmar Planı Alanı	4440 hektar
Çevre Düzeni Palanı Alanı	7640 hektar
Arsa (Parsel) Sayısı	14000 tane
Arsa (Tarla) Sayısı	8000 tane
Konut Sayısı	49150 tane
Merkez Emlak Abone Sayısı	54522 kişi
Park ve Bahçe Sayısı	19 tane

Çizelge-14. Osmaniye İli İnşaat Sektörünün Türkiye'deki Yeri (2003) [15].

Değişken	Yıl	Birim	Osmaniye	Akdeniz Bölgesi	Türkiye	Sıra (81 il içinde)
Daire Sayısı	2000	Adet	85.733	2.087.908	16.235.830	42
Borulu su Tesisatı Bulunan Daire Oranı	2000	Yüzde	97	97	97	38

Çizelge-15. Osmaniye İli Alt Yapı Durumu [14].

Parametre/Değişken	Büyüklik/Birim
Belediye Sınırları İçinde Asfalt Yol Uzunluğu	392,150 km
Belediye Sınırları İçinde Kanalizasyon Şebekesi Uzunluğu	450 km
Belediye Sınırları İçine İçme Suyu Şebekesi Uzunluğu	500 km
Yayla Suyu Projesi	33 km
Yeni Köy İshale Hatı Projesi	22 km
Belediye Sınırları İçinde Yağmur Suyu Şebekesi Uzunluğu	4 km
Belediyeye Kayıtlı Olan Su Abone Sayısı	47532 tane

Yerel yönetimlerin alt yapı arsa üretimi konusuna ağırlık vermesinden dolayı, finans sisteminin alt yapı ve konut ihtiyacını karşılayacak şekilde düzenlenmesi ile TOKİ'ye bağlı konut üretimi hızlanmıştır. Bu amaçla Osmaniye Fakuşağı köyü civarında TOKİ tarafından 264 konut yaptırılmış ve 20-27 temmuz 2007 tarihinde sahiplerine teslim edilmiştir [16]. Teslimi tamamlanan konutların ardından Yaveriye mahallesinde 501 adet TOKİ konutunun, çevre düzenleme işlerini ardından satışa çıkarılması planlanmaktadır. Arsası Osmaniye belediyesi tarafından üretilen ve belediyenin 15 bin konut için planladığı Yaveriye'de, projenin 2. etabında 600 konut daha yapılması planlanmaktadır. Ayrıca, tünel kalıp sistemiyle yapılacak konutlarla birlikte bölgede sosyal tesis olarak, ilköğretim okulu, cami, sağlık ocağı ve ticaret merkezi yapımı belediye yapı programı listesinde öncelikli olarak yer almaktadır.

Osmaniye ilinde gerek alt yapı gerekse üst yapı konusunda yapılmış olan (sanayi parkı, itfaiye ve kademe tesisleri yeni binası, yapı elemanları şantiyesi, yağmur suyu tahliye kanalı, Zorkun yolu karacalar geçişi genişletme projesi, kapalı semt pazarı gibi)

veya yapımı devam eden (kuzey çevre yolu, otogar) ve yapımı hedeflenen (kadın ve çocuk sığınma evinin kurulması, Başkanlık konutunun yapılması, toptancı hali yapımı çalışmaları gibi) çalışmalar vardır.

KÖY'lerden biri olan Osmaniye ili inşaat sektöründe kireç üretiminde bir tesis, briket, tuğla ve karo üretimde 12 tesis ile hizmet vermektedir [17]. Ayrıca, galvanizli tel ve hasır tel imalatında toplam iki tesis yer almaktadır. Bunun yanı sıra, Osmaniye organize sanayinde yerleşik olarak inşaat sektörüne toplam 6 tesis (üretim+proje) hizmet vermektedir. 2007 yılı Ocak-Eylül dönemi içinde makine imalatı sektörüne sadece 1.574.000 YTL'lik bir KOBİ desteği almıştır [18,19]. Ayrıca, Osmaniye ilçelerinden biri olan Toprakkale'de doğal olarak bulunan bazaltın çimento üretiminde ve dekorasyon amaçlı kullanımdaki önemi bilinmesine rağmen bu yönde herhangi bir destek alınamamıştır.

5. GENEL DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, inşaat sektörü, güncellenmiş veriler ışığı altında, Türkiye ve Osmaniye ili için genel olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede inşaat sektörünün Türkiye ekonomisindeki yeri ve geliştirilmesinde kullanılan devlet destekleri, Osmaniye ilinde mevcut inşaat sektörünün durumu incelenmiştir.

İnşaat sektörü 2007 dahil olmak üzere son iki yıl içinde büyüme hızında bir düşüş göstermiştir. Bu nedenle, konut ihtiyacı artmasına rağmen, konut talebinde bir azalma ve konut stokunda bir atış olduğu gözlenmiştir. Bu olumsuzluktan etkilenen TOKİ'lerin üretiminde bir düşme yaşandığı ancak, 2007 yılında arttığı gözlenmiştir. İnşaat sektörünün büyümesi Türkiye genelinde yavaş olmasına rağmen, KÖY'lerden biri olan Osmaniye ilinde oldukça düşük seviyelerdedir. Osmaniye ilinde konut ve konut dışı yapıların önemli bir bölümü belirli bütçeli kamu kurumlarınınca (belediye, valilik gibi) yapılmaktadır. İnşaat konusunda hizmet veren özel firma sayısı oldukça sınırlıdır. Madencilik sektörünün önemli kaynaklarından biri olana Toprakkale bazaltına yönelik önemli bir yatırım yapılmamıştır.

İnşaat sektörünün ilerlemesini engelleyen en önemli nedenlerden biri, ihtiyaç duyulan finansmanın sağlanmasında devlet desteğinden tam olarak yararlanılmamış olmasıdır. Aşağıda verilen öneriler ışığında alınabilecek bazı tedbirler, Osmaniye ilinde inşaat sektörünün canlanmasını ve kalitenin yükselmesini sağlayacaktır:

- İnşaat sektörüyle ilgili meslek odaları arası işbirliği kurularak, gelişen teknolojiye adaptasyon sağlanmalıdır. Bu amaçla, yurtiçi ve yurtdışı eğitim seminerlerine katılım ve katılım sonrası raporlar bilgilendirme toplantılarında değerlendirilmelidir.
- Yapı imalatı sürecinde görev alan tüm çalışanların eğitimi amacıyla mesleki kurslar düzenlenmelidir.
- İnşaat sektöründe kullanılan yapı malzemelerinin uygunluklarının kontrolü için laboratuvar kurulumu teşvik edilmelidir.
- Yapı denetimi konusunun önemini artıracak bilgilendirme toplantıları yapılmalıdır.
- Gelişen modern yapım yöntemlerinden biri olan prefabrik yapıların imalatı için yatırımların yanı sıra, test laboratuvarlarının kurulmasına, tasarımı için yazılım programlarının alınmasına ve eğitimine öncelik verilmelidir.
- Üniversite-sanayi işbirliğine önem verilip Osmaniye Korkut Ata üniversitesi'nin bilgi için önemli bir potansiyel vaat ettiği göz ardı edilmemelidir.

6. KAYNAKLAR

1. Koç, E., "Osmaniye'nin Sosyo-Ekonomik ve Kültürel Yapısı", Osmaniye Valiliği İl Özel İdaresi, ISBN:978 9944 0426, Osmaniye, Mart 2008.
2. Türk Yapı Sektörü Raporu 2007, Yapı - Endüstri Merkezi (YEM), www.yapi.com.tr, Ocak 2008.
3. 3194 Sayılı İmar Kanunu, 03.05.1985 gün kabulü ile 09.05.1985 gün ve 18749 sayılı resmi gazete.
4. Taş, M., "Türkiye'de Yapı Üretimini Yeniden Yapılanması için Model Önerisi", Doktora Tezi, FBE Mimarlık Ana Bilim Dalı Yapı Programı, Yıldız Teknik Üniv., 2003.
5. Küçük ve Orta Büyüklükte Sanayi Geliştirme Başkanlığı Destekleri Yönetmeliği, 18.01.2001 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan 2000/1822 sayılı Karar ve 18.02.2001 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan 2001/1 sayılı Tebliğ.
6. Para Kredi ve Koordinasyon Kurulu'nun 1 Haziran 1995 tarihinde yürürlüğe koyduğu ve 4 Kasım 1998 tarihinde ve 10 Şubat 2001 tarihinde iyileştirdiği araştırma geliştirme (AR-GE) yardımına ilişkin tebliğ.
7. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Teknoloji ve Yenilik Destek Programlarına İlişkin Yönetmelik, 16 Ocak 2006 tarihli resmi gazete.
8. <http://www.kosgeb.gov.tr/Destekler/>
9. http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/BTYPD/istatistikler/
10. Güneş, H., "Artık Küresel Rüzgar Ters Yönden Esiyor; AKP'nin Yelkenleri Şişmiyor", Milliyet Gazetesi, 1 Nisan 2008.
11. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005) 2005 Yılı Programı Destek Çalışmaları, Ekonomik ve Sosyal Sektördeki Gelişmeler, DPT, Ankara, 2006.
12. Türkiye İstatistik Kurumu Resmi Web Sitesi (TÜİK), www.tuik.gov.tr, 2007.
13. Uras, G., "İnşaat Sektöründe Durgunluk Başladı", Milliyet Gazetesi, 8 Nisan 2008.
14. Osmaniye Belediye Başkanlığı Verileri, Osmaniye, 2007.
15. Dinçer, B., Özaslan, M., Kavasoglu, T., İllerin ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması (2003), Bölgesel Gelişme ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü, Devlet Planlama Teşkilatı, Yayın No DPT :2671, Ankara, Mayıs 2003.
16. Osmaniye Belediyesi Web Sitesi, www.osmaniye-bld.gov.tr, 2007.
17. Takırtaş, C., Rakamlarla Osmaniye, OĞİAD(Osmaniye Genç İş Adamları Derneği), Osmaniye, 2007.
18. Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB), Bölgesel Kalkınma Araştırma Raporu, Ankara-Ocak 2006.
19. T.C. Hazine Müsteşarlığı, www.hazine.gov.tr, 2007.

DİKDÖRTGEN BİR TANK İÇERİSİNE YERLEŞTİRİLMİŞ BORU ETRAFINDA BUZ OLUŞUMUNUN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Ahmet FERTELLİ ve Orhan BÜYÜKALACA
Ç. Ü., Makine Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada, bir tank içerisine yerleştirilmiş yatay bir boru etrafındaki buz oluşumu incelenmiştir. Deneyler iki farklı debide yapılmış, tank içerisindeki su sıcaklıkları ve boru etrafında dört farklı noktada (üst, alt, sağ ve sol) buz kalınlıkları ölçülmüştür. Boru üstündeki buz kalınlığının alt, sağ ve sol taraflardaki kalınlıklardan daha fazla olduğu belirlenmiştir. Glikol debisinin artırılması ile boru etrafındaki tüm noktalarda buz kalınlığı artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji depolama, katılaşma, buz tankı, faz değişimi

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF ICE FORMATION AROUND A TUBE IN RECTANGULAR TANK

ABSTRACT : In this study, ice formation around a cooled cylinder in rectangular cavity was investigated. Experiments were carried out with different flow rates and water temperatures inside the tank and the thickness of the ice formed at the bottom, top, right and left sides around the tube were measured. It was found that ice thickness at top is higher than at the bottom, right and left. The results show that increase in flow rate increases the thickness of the ice formed around the tube.

Keywords: Energy storage, solidification, ice tank, phase change

1. GİRİŞ

Enerji depolamalı sistemler 60'lı yıllardan beri endüstriyel ve konfor iklimlendirme uygulamalarında kullanılmaktadır. Enerjiye olan talebin hızlı bir şekilde artmasıyla birlikte, iklimlendirme ve soğutma endüstrisinde soğu depolamalı sistemlerin kullanımına olan ilgi de artmıştır. Bu sistemler, işletmenin veya iklimlendirilen binanın enerji ihtiyacının, elektrik talebinin maksimum olduğu zaman diliminden, minimum olduğu zaman dilimine kaydırmaktadır.

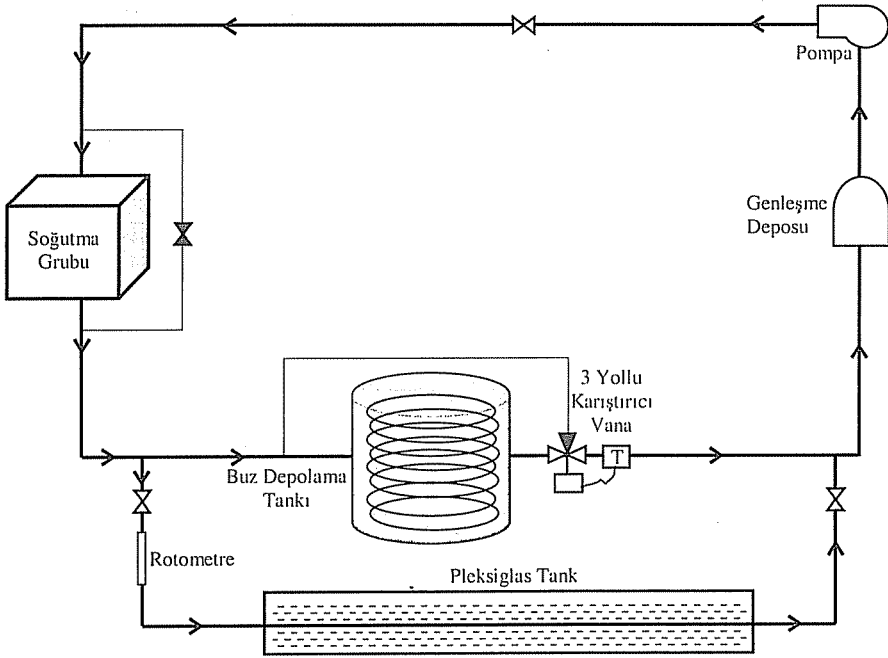
Soğu depolama sistemleri su, buz ve faz değiştiren ötektik tuzlar olmak üzere üç farklı depolama ortamı kullanılır [1]. Buz depolamalı sistemler, suyun donma ve erime gizli ısısından faydalandıklarından küçük hacimlerde büyük miktarda ısıl enerji depolayabilirler. Bu sistemlerdeki depo kapasitesi, su depolamalı sistemlerde kullanılan depo kapasitesinin beşte veya altıda biri mertebesindedir. Bu avantajından dolayı buz depolamalı sistemler, uygulamada çok tercih edilmektedir. Buz depolamalı sistemler, statik ve dinamik olmak üzere ikiye ayrılırlar [2]. Statik sistemlerde, depolama tankının içerisine yerleştirilmiş borular üzerinde buz oluşturulur. Bu sistemler, kendi içerisinde içten eritmeli ve dıştan eritmeli olmak üzere ikiye ayrılırlar. Her iki sistemde de şarj esnasında, ikincil bir akışkan tank içerisindeki borulardan geçirilir. Deşarjda ise dıştan eritmeli sistem için, tank içerisine mahalden gelen ılık dönüş suyu buz üzerine pompalanarak buz eritilir. İçten eritmeli sistemlerde ise, şarj için kullanılan ikincil akışkan mahale gönderilir ve orada ısındıktan sonra depo içerisindeki borulara girer ve bunu içten eritir. Dinamik sistemlerde buz, özel olarak tasarlanmış plaka veya serpantin yüzeylerinde oluşturulur.

İçten ve dıştan eritmeli buz depolamalı sistemlerde faz değişimi, doğal konveksiyon ve boru üzerindeki buz oluşumu, şarj performansını etkileyen en önemli parametrelerdir. Konu ile ilgili birçok deneysel ve sayısal çalışmalar mevcuttur. Sasaguchi ve diğ. faz değişim malzemesi olarak su kullanılan sabit bir hacimde, tek ve iki silindir etrafındaki katılaşmayı araştırmışlardır [3]. Yaptıkları diğer bir çalışmada ise aynı özellikteki dikdörtgen bir depolama tankı içerisine yerleştirilmiş silindir etrafındaki soğumayı ve başlangıç su sıcaklığının katılaşmaya olan etkisini incelemişlerdir. Inteman ve Kazmierczak boru demeti şeklinde yerleştirilmiş silindirler üzerinde buz oluşumu ve ısı transferini araştırmış, çalışmanın 1. bölümünde faz değişiminin buz oluşumuna olan etkileri üzerine odaklanırken, 2. bölümünde konveksiyon ile oluşan ısı transferi detaylı bir şekilde incelemişlerdir [4,5]. Cheng ve diğ. doğal konveksiyonun soğutulmuş silindir etrafındaki buz oluşumuna etkisini incelemişlerdir [6].

DPT projesi çerçevesinde Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği laboratuvarında kurulan buz depolamalı sistem [7,8] için performans deneyleri yapılmış, elde edilen sonuçlardan buz oluşumunun performans üzerinde önemli bir etkisinin olduğu görülmüştür. Bu nedenle sadece buz oluşumunun incelenmesi amacıyla ikinci bir deney sistemi tasarlanmış ve kurulmuştur. Burada kullanılan ısı transfer borusu, buz depolama tankı içerisinde kullanılan polietilen boru ile aynıdır. Bu çalışmanın temel amacı, yatay bir boru etrafında suyun faz değişimi sırasındaki aşamaların incelenmesi ve iki farklı debi için buz oluşumunun araştırılmasıdır.

2. DENEY DÜZENEGİ

Soğutma grubu, sirkülasyon pompası, buz depolama tankı, 4 mm kalınlığında ve 64 mm × 75 mm × 4000 mm boyutlarında akrilik (pleksiglas) malzemeden yapılmış küçük bir depodan oluşan deney sistemi Şekil 1’de gösterilmiştir.

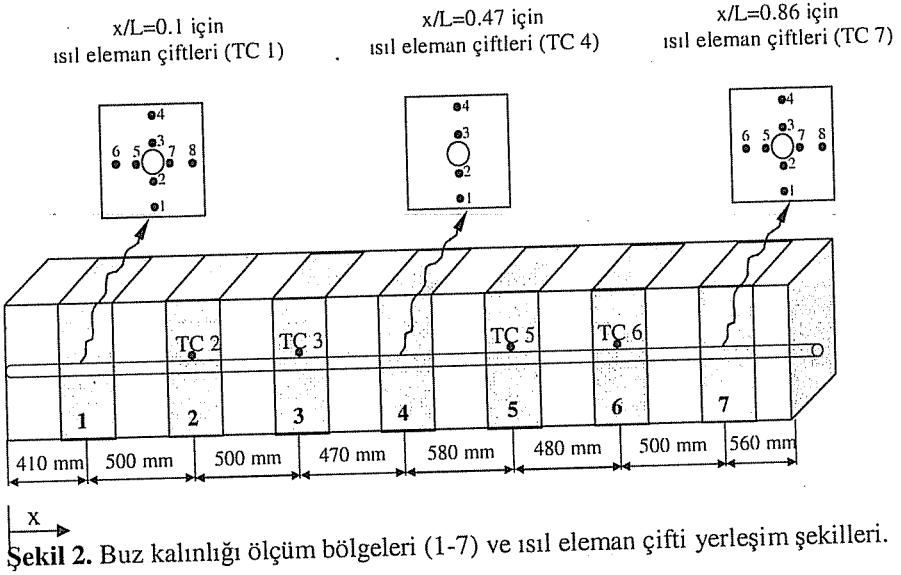


Şekil 1. Buz depolamalı soğutma sistemi ve enerji depolama tankı.

Dış ortamdan olan ısı kazancını azaltabilmek için pleksiglas deponun tüm yüzeyleri 5 cm kalınlığında elastomerik kauçuk esaslı ısı yalıtım malzemesiyle kaplanmıştır. Deneylerde kullanılan boru, buz depolama tankında [7] kullanılan polietilen plastik borunun aynısı olup, dış çapı 16 mm, iç çapı 12 mm ve uzunluğu (L) 4 m’dir.

Sistemde aracı akışkan olarak %30 glikol - %70 su karışımı kullanılmaktadır. Deneyler esnasında glikol-su karışımı, soğutma grubunda istenilen bir değere kadar soğutulup, küçük depoya gönderilmektedir. Depo içerisinde polietilen borudan dolaşan karışım boru üzerinde buz oluşturarak, tekrar soğutma grubuna dönmektedir. Karışımın debisi, küçük depo girişine yerleştirilen rotometre ile ölçülmektedir. Glikol-su karışımının küçük depoya giriş ve çıkış sıcaklığını ölçmek için iki adet ısıl eleman çifti (TC) ısı transfer borusu içerisine yerleştirilmiştir. Ayrıca, deney süresince tank içerisindeki farklı noktalardaki su sıcaklığını ölçmek için, Şekil 2’de gösterildiği gibi boru boyunca farklı ölçüm bölgelerine (1-7) 20 adet ısıl eleman çifti (TC) yerleştirilmiştir. Depo girişinde ($x/L = 0.1$) 8 adet, ortasında ($x/L = 0.47$) 4 adet, çıkışında ($x/L = 0.86$) 8 adet ve diğer ölçüm bölgelerinde bir adet ısıl eleman çifti (TC 2, TC 3, TC 5, TC 6) bulunmaktadır.

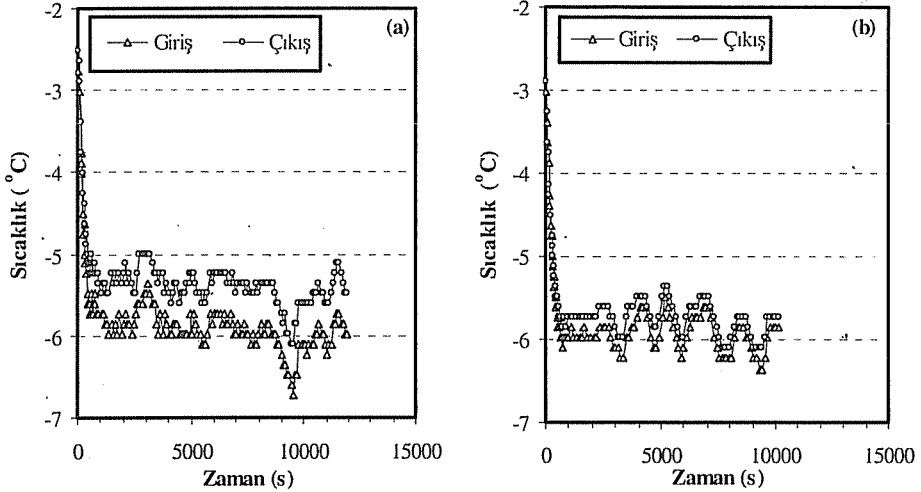
Deneylerde buz oluşumu, boru boyunca 7 farklı bölgede borunun ön ve üst taraflarından fotoğraf çekimi yapılarak görüntülenmiştir. Çekimlerde Nikon Coolpix 8700 (8MP, 10x optik zoom) fotoğraf makinesi kullanılmış ve tüm fotoğraflar 5MP çözünürlükte, fine modunda ve manuel netleme (close up) seçeneği kullanılarak mümkün olan en iyi kalitede görüntülenmiştir. Analiz aşamasında, fotoğraflar Image Pro-Plus programına aktarılarak özel filtreler uygulanmış ve buz kalınlıkları hassas bir şekilde ölçülmüştür.



3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada 900 l/h ve 1000 l/h olmak üzere iki farklı debide deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde depo girişinde ortalama glikol-su karışımı sıcaklığı yaklaşık -5.8 °C'dir. Her iki deney için depo giriş ve çıkış noktalarında glikol-su karışımının sıcaklığının zamanla değişimi Şekil 3'de gösterilmiştir.

Şekil 4a-b'de 900 l/h ve 1000 l/h için, depo girişinde ($x/L = 0.1$), ortasında ($x/L = 0.47$) ve çıkışında ($x/L = 0.86$) su sıcaklıklarının zamanla değişimleri gösterilmiştir. Tüm grafiklerde görüldüğü gibi, deney başlangıcında borunun üst tarafında yoğunluğu az olan soğuk su (0 °C – 0.5 °C), alt tarafında ise yoğunluğu fazla olan sıcak su (1 °C – 2 °C) bulunmaktadır. Tüm ölçüm noktalarında, su sıcaklığı çekirdeklenme sıcaklığına kadar doğrusal olarak azalmakta ve bu zamana kadar depo içerisinde hiçbir noktada buz oluşumu başlamamaktadır. Aşırı soğuma (supercooling) olarak adlandırılan bu aşamanın bitiminde, suyun çekirdeklenme sıcaklığına ulaşmasıyla ilk yaprak kristal (dentric) yapılar oluşmaya başlamakta ve birkaç saniye içerisinde, suyun tamamını kaplayacak şekilde hızla yayılmaktadır. Faz değişiminin sonucu olarak, ortama verilen ısııl enerji, su sıcaklığının suyun faz değişim sıcaklığına (0 °C) kadar yükselmesine yol açmaktadır.

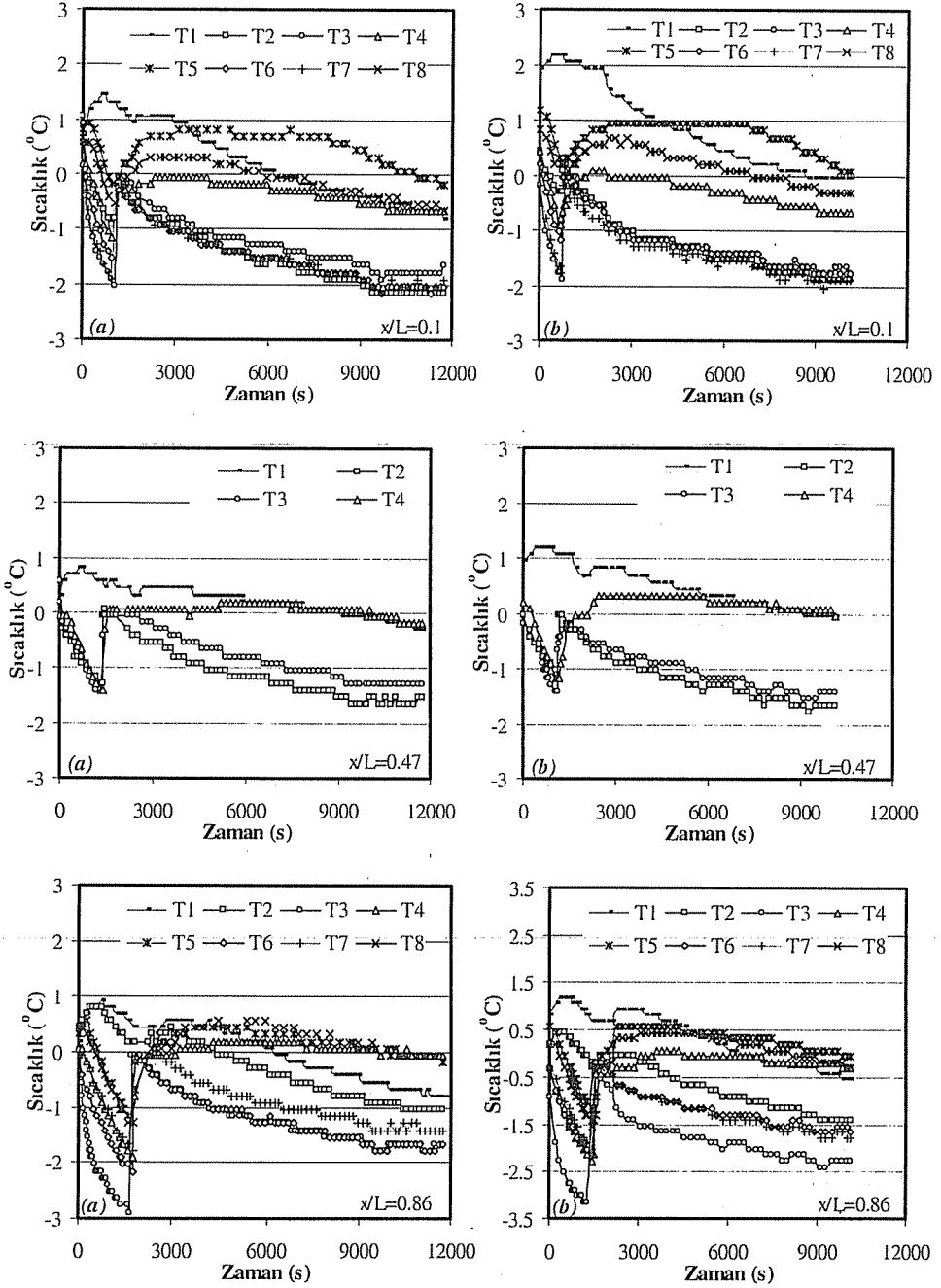


Şekil 3. Depo giriş ve çıkış noktalarında glikol-su karışımı sıcaklığının zamanla değişimi a) 900 l/h b) 1000 l/h

Böylece boru üzerinde ince bir buz tabakası oluşmaya başlamakta ve zamanla kalınlığı artmaktadır. Şekil 4'deki grafiklerden görüldüğü gibi, boruya yakın bölgelerdeki ısı eleman çiftlerinin ölçtüğü sıcaklıklar zamanla azalmaya devam etmiştir. Bunun sebebi, ısı eleman çiftinin buz oluşumundan sonra buz tabakasının içerisinde kalmasıdır. Su sıcaklıkları grafikleri dikkatle incelendiğinde, yaprak kristal oluşumunun ilk olarak kanal girişinde ($x/L=0.1$) ve borunun üzerinde başladığı (3 noktası) görülmektedir. İlk kristal oluşumuyla beraber, buz oluşumu hem aksel hem de radyal yönde tüm depo içerisine yayılmaktadır.

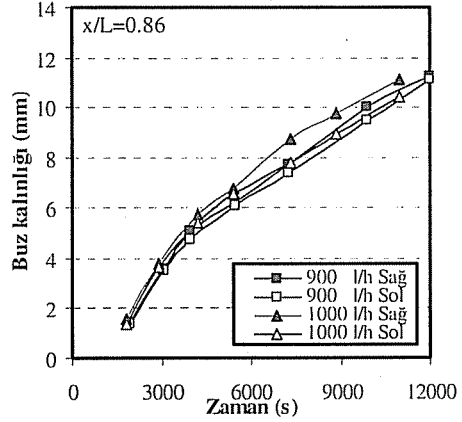
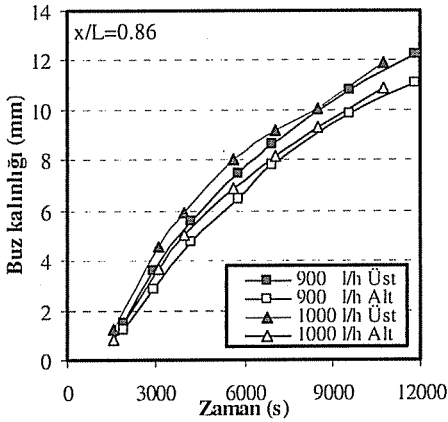
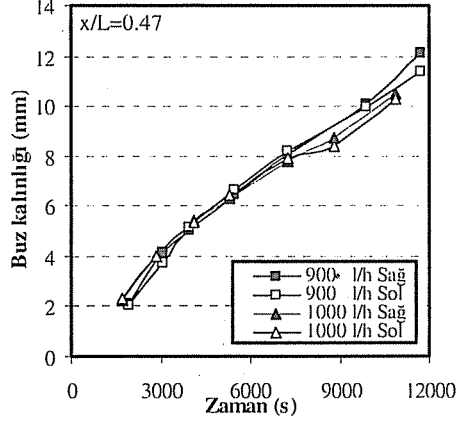
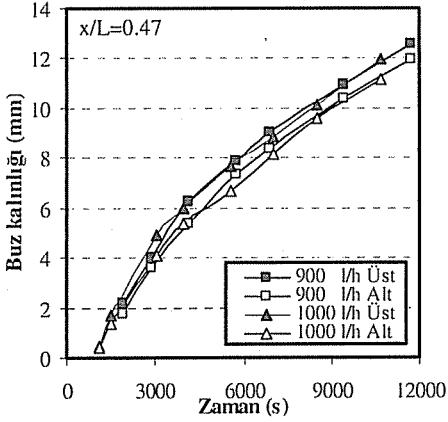
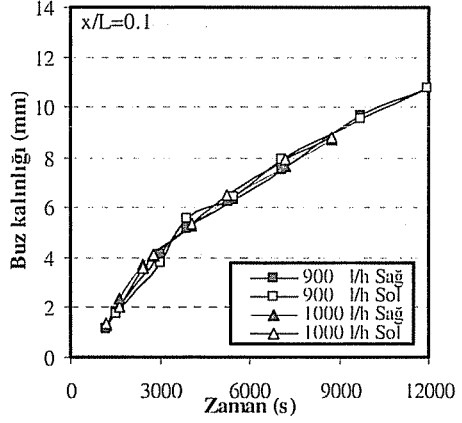
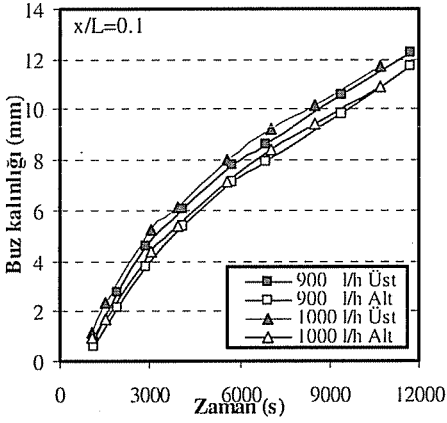
Şekil 5'de 900 l/h ve 1000 l/h için deponun giriş ($x/L = 0.1$), orta ($x/L = 0.47$) ve çıkış noktalarında ($x/L = 0.86$) boru etrafındaki tüm noktalarda (üst, alt, sağ ve sol) buz kalınlıklarının zamanla arttığı, borunun üst ve alt noktalarında oluşan buz kalınlıkları arasında belirgin bir fark olduğu görülmektedir. Bu fark 3000 sn'den sonra 900 l/h için yaklaşık 0.6 mm iken, 1000 l/h için 0.8 mm olarak ölçülmüştür ($x/L=0.1$ ölçüm noktasında).

Yukarıda açıklandığı gibi, doğal konveksiyon hareketinin bir sonucu olarak boru cidarı etrafındaki yoğunluğu az olan soğuk su deponun üst bölgesine hareket ederken, boru cidarından uzak noktalarda bulunan sıcak su ise boru altında depo yüzeyine yakın noktalara doğru hareketlenmektedir. Soğuk suyun borunun üst bölgesinde toplanmasının sonucu olarak, borunun üst ve alt noktaları arasındaki buz kalınlığı farklıdır. Üç ölçüm bölgesinde de, 1000 l/h debi için elde edilen buz kalınlıkları 900 l/h debi için elde edilen buz kalınlıklarından fazladır. Borunun sağ ve sol noktadaki kalınlıkların tüm deney boyunca birbirine çok yakın olduğu tüm grafiklerden açıkça görülebilmektedir.

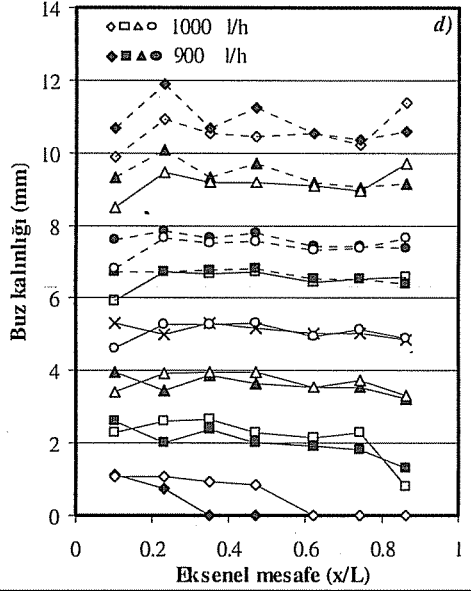
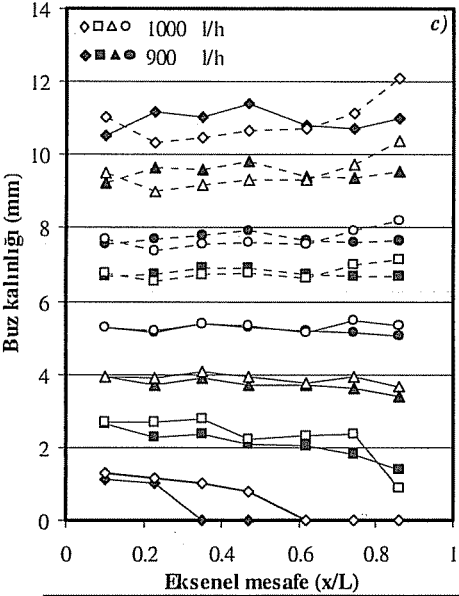
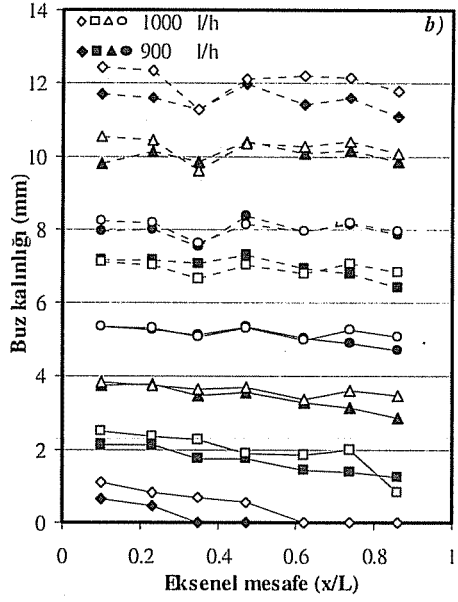
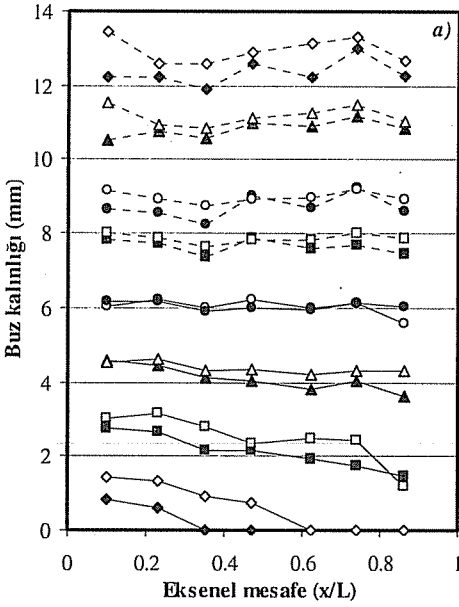


Şekil 4. Farklı ölçüm bölgelerinde su sıcaklıklarının zamanla değişimi
(a: 900 l/h, b: 1000 l/h)

*DİKDÖRTGEN BİR TANK İÇERİSİNE YERLEŞTİRİLMİŞ BORU ETRAFINDA
BUZ OLUŞUMUNUN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ*



Şekil 5. 900 l/h ve 1000 l/h için farklı ölçüm bölgelerinde boru etrafındaki buz kalınlıklarının zamanla değişimi.



◆—●—1140	◇—○—1140	■—●—1920	□—○—1920	▲—●—2880	△—○—2880
●—●—4140	○—○—4140	■—●—5760	□—○—5760	●—●—6900	○—○—6900
▲—●—9420	△—○—9420	◆—●—11700	◇—○—11700		

Şekil 6. Boru boyunca buz kalınlığının zamanla değişimi (a: üst, b: alt, c: sağ, d: sol).

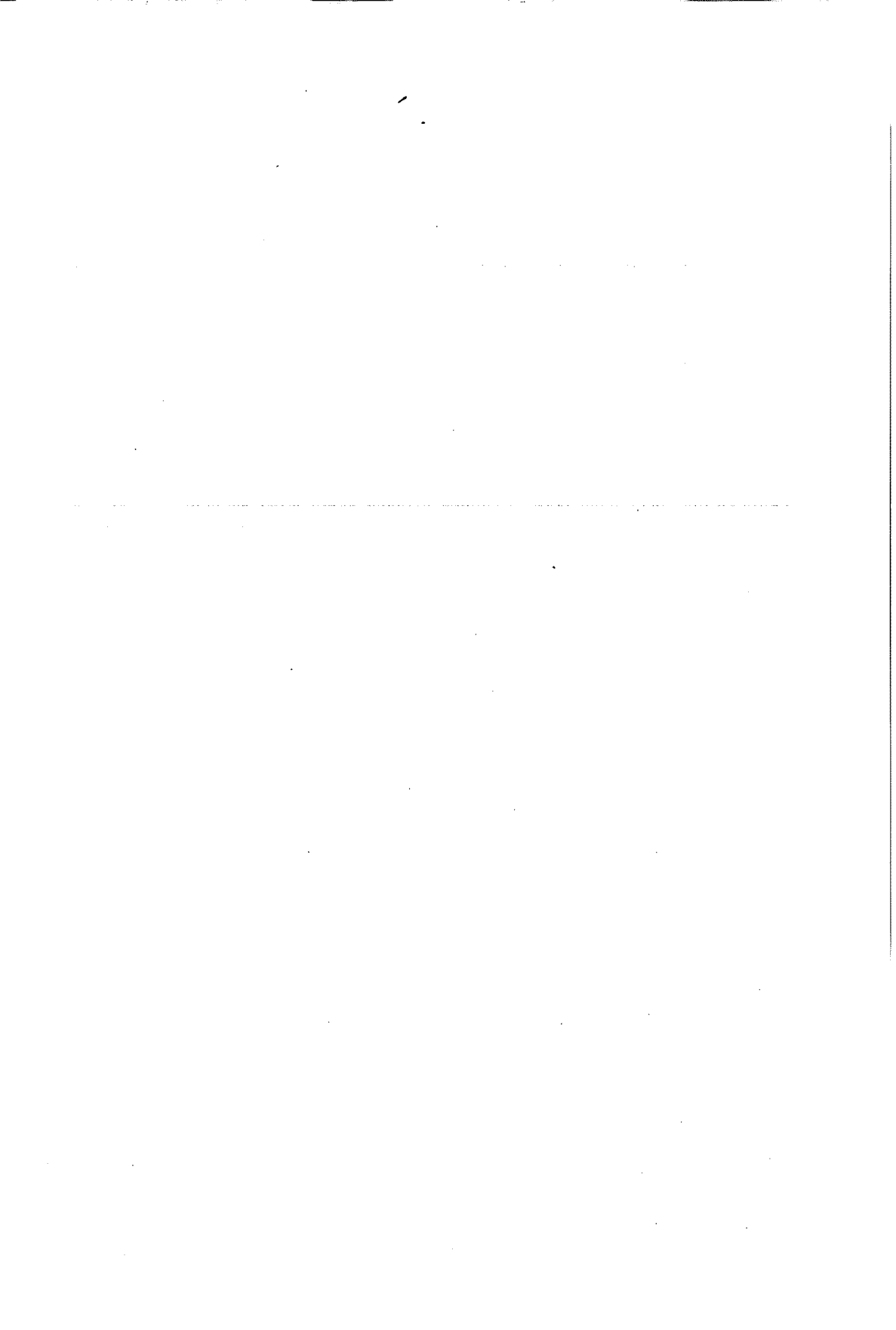
Boru etrafındaki buz kalınlıklarının boru boyunca aksel yöndeki değişimi hem 900 l/h hem de 1000 l/h için Şekil 6a-d'de gösterilmiştir. Grafiklerde, buz kalınlıklarının boru boyunca değişimleri 8 farklı zaman (1140 s, 1920 s, 2880 s, 4140 s, 5760 s, 6900 s, 9420 s, 11700 s) için gösterilmiştir. Deney başlangıcından kısa bir süre içerisinde kanal girişinde ($x/L= 0.1$) buz oluşumunun başladığı, ancak aynı zaman diliminde kanal çıkışına doğru diğer noktalarda herhangi bir buz oluşumunun gerçekleşmediği bütün grafiklerden görülmektedir. Bu nedenle boru etrafındaki buz kalınlıkları, depo giriş noktasından çıkış noktasına doğru azalan bir eğilim göstermektedir. Özellikle ilk ölçüm zamanlarında bu daha net olarak görülebilmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada bir depo içerisine yerleştirilmiş boru etrafındaki buz oluşum karakteristiklerini incelemek için iki farklı debide deneyler yapılmıştır. Deney süresince deponun farklı noktalarında su sıcaklığının değişimi ölçülmüş, buz oluşumunu başlatan çekirdeklenme sıcaklığına boru girişinden çıkışına doğru artan zamanlarda ulaşıldığı tespit edilmiştir. Tüm deneylerde borunun üst ve alt noktalarındaki buz kalınlıkları arasında belirgin bir fark olduğu, sağ ve sol taraflardaki buz kalınlıklarının birbirilerine daha yakın olduğu görülmüştür. Bununla beraber, debi oranındaki artış tüm noktalardaki buz kalınlıklarının artmasına sebep olmaktadır. 8 farklı zaman dilimi için buz kalınlıklarının boru boyunca değişimleri incelendiğinde, boru etrafında tüm noktalardaki buz kalınlıklarının boru boyunca azaldığı görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

1. Ashrae, *Design guide for cool thermal storage*, 1993.
2. Fertelli, A., Büyükalaca, O., "Soğuk depolamalı iklimlendirme sistemleri", *Soğutma Dünyası*, Sayı:24, s. 29-35, 2004.
3. Sasaguchi, K., Kusano, K., Viskanta, R., "A numerical analysis of solid-liquid phase change heat transfer around a single and two horizontal vertically spaced cylinders in a rectangular cavity", *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 40, No. 6, pp. 1343-1354, 1997.
4. Intemann, P.A., Kazmierczak, M., "Heat transfer and ice formations deposited upon cold tube bundles immersed in flowing water -I. Convection analysis", *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 40, No. 3, pp. 557-572, 1997.
5. Kazmierczak, M., Intemann, P.A., "Heat transfer and ice formations deposited upon cold tube bundles immersed in flowing water -II. Conjugate analysis", *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 40, No. 3, pp. 573-588, 1997.
6. Cheng, K.C., Inaba, H., Gilpin, R.R., "Effects of natural convection on ice formation around an isothermally cooled horizontal cylinder", *Journal of Heat Transfer*, Vol. 110, pp. 931-937, 1988.
7. Güler, R., "Air-Conditioning System with Ice Storage Operating Under Partial Storage Strategy", *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2000*.
8. Serin, H., "Design of an Air-Conditioning System with Ice Storage", *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2000*.



İÇTEN YANMALI MOTORLARDA SİLİNDİR-SUPAP GEOMETRİSİ BOYUNCA OLUŞAN AKIŞ YAPISININ SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

Abdulkadir YAŞAR

M.Ü., Tarsus Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Tarsus/Türkiye

Kadir AYDIN ve Beşir ŞAHİN

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

ÖZET : *Bu çalışmada, silindir içi akışlar bir silindir-supap modelinde 5 ve 7 mm supap açıklıklarında sonlu hacimler yöntemi (FLUENT paket programı) kullanılarak incelenmiştir. Silindir içerisinde oluşan akışın hız vektörleri, akım çizgileri ve girdap değerlerinin değişimi elde edilmiş olup, akış yapısının supap açıklığı ile silindir kafasından olan mesafeye bağlı olarak değişimi belirlenmiştir.*

NUMERICAL INVESTIGATION OF FLOW STRUCTURE ALONG THE CYLINDER-VALVE GEOMETRY IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES

ABSTRACT : *In this study, FLUENT package program based on the finite volume method was used to model the flow in the cylinder of an internal combustion engine. Numerical studies were carried out at 5 and 7 mm valve clearances. The variation of velocity vectors, streamlines and vortex values was obtained along the cylinder. Besides this, the flow structure was determined to change with the valve clearance and along the cylinder stroke.*

1. GİRİŞ

Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler sonucu, deneysel ağırlıklı akışkanlar mekaniği analiz yöntemleri ile bilgisayar destekli modelleme teknikleri arasındaki yarış her geçen gün artmaktadır.

Endüstride birçok uygulamalı mühendislik problemlerinin çözümünde deneysel çalışmaları destekleyen bir çok sayısal yöntem kullanılmaktadır. Bunlar içerisinde kontrol hacimli sayısal yöntemle çözüm tekniklerinin kullanılması yeni bir teknoloji alanının ortaya çıkmasına katkıda bulunmaktadır. Bu yöntemin kullanılmasıyla deneysel çalışmalarda tekrarlanamayan şartların kolayca oluşturulması, deneysel olarak incelenmesi zor ve pahalı olan koşulların analizi için bir alternatif teşkil etmesi gibi özelliklerinden dolayı bir çok avantaja sahiptir.

Silindir içerisindeki akışlar konusunda da bilgisayarla akışkanlar dinamiği paket programları kullanılarak çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Eaton ve arkadaşları, hesaplamalı akışkanlar dinamiği metodu kullanılarak yanma modelleme uygulamalarının ve sonuçlarının değerlendirilmesi üzerinde yapılan çalışmalarla ilgili geniş bir literatür araştırması yapmışlardır [1].

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği yönteminin silindirdeki hız alanlarının belirlenmesinde kullanıldığı ve deneysel sonuçlarla da uyum içerisinde olduğu gösterilmiştir [2-4].

Weclas ve arkadaşları, emme stroku süresince silindirdeki akışın yapısını sayısal yöntemler kullanarak incelemişlerdir [5].

Hem egzoz emisyon kontrolünü hem de yakıt tüketimini iyileştirmek ve dolayısıyla hızlı bir yanma elde etmek için yüksek türbülansa ihtiyaç duyulacağını ancak, çok hızlı bir yanmaya ihtiyaç duyulmadığı durumda ise aşırı akışkan hareketi ve türbülansın, gereğinden fazla oluşan ısı transferine, performansa ve verim kayıplarına neden olacağından arzu edilmeyeceği sonucuna varılmıştır [6].

Bu çalışmada, içten yanmalı motorlardaki silindir içi akış karakteristikleri farklı supap açıklıklarında incelenerek bilgisayarla akışkanlar dinamiği paket programının (FLUENT paket programı) silindir içi akış hesaplarındaki kullanımı hakkında genel bilgilere yer verilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Sayısal çözümlerde, silindire alınan akış miktarını kontrol etmek amacıyla silindir merkezli 30° oturma açısına sahip bir supap ile 120mm çapına ve 150mm strok uzunluğuna sahip bir silindir kullanılmıştır.

Bütün sayısal çözümler akış türbülanslı olduğu için RNG k-ε modelleme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Silindir geometrisi boyunca oluşan akış ekselel simetrik olduğu için sayısal hesaplamalar akış alanının üst yarısı boyunca yapılmıştır. Silindir girişinde, üniform akış sınır şartı olarak kabul edilmiştir. Sayısal çözümler yapılırken yakınsama kriteri olarak, çözümü yapılan bütün parametreler için hata oranı 1×10^{-6} olarak alınmıştır. Akışkanın silindire ortalama giriş hızı 1.974 m/sn olup, silindir cidarında kayma olmama sınır şartı (no-slip) dikkate alınarak cidarlarda hız değerleri sıfır olarak alınmıştır. Silindir çıkışında "outflow" sınır şartı kullanılmıştır. Bu sınır şartına göre kütle korunumu yasası bütün akış alanında sağlanmalıdır. Silindir merkez ekseninde ekselel simetri sınır şartı kullanılmıştır. Bu sınır şartına göre, merkez

ekseninde radyal hız bileşeni sıfırdır. Ayrıca aksel simetri sınır şartına göre; $\delta v_z / \delta r = 0$ olduğundan, tam gelişmiş akış şartlarında aksel hız bileşeni merkez ekseninde en büyük değerini almaktadır.

FLUENT paket programı, iki veya üç boyutlu akışları ifade eden denklemleri ya ayrı ayrı çözücü (segregated solver) ya da iç içe çözücü (coupled solver) kullanarak momentum ve kütle korunumu prensiplerini ifade eden denklemleri hem laminer hem de türbülans akış için çözmektedir. Her iki durum için de aşağıdaki özellikleri kapsayan kontrol hacim tabanlı bir sayısal yöntem kullanılmaktadır.

FLUENT paket programı, akış alanını uygun hesaplamalı ağ yapısı kullanarak ayrıklaştırılmış kontrol hacimlerine böler. Hız ve basınç gibi değişkenleri cebirsel denklemler yardımıyla hesaplamak için akışı ifade eden denklemleri her bir kontrol hacim boyunca integralini almaktadır. Programda kullanılan standart k-ε ve RNG k-ε türbülans modellerinin ikisinde de sonlu hacimler tabanlı benzer bir ayrıklaştırma işlemi uygulanır, ama ayrıklaştırılmış eşitliklerin çözümü ve lineerleştirilmesi yaklaşımı farklıdır. Ayrı ayrı çözücü seçeneği akış eşitliklerini çözmek için kullanılmıştır.

2.1. Ayrı Ayrı Çözücü

Momentum ve süreklilik eşitliklerinin integrali aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\oint \rho v \cdot dA = 0$$
$$\oint \rho v v \cdot dA = -\oint p I \cdot dA + \oint \tau \cdot dA + \oint F dV \quad (1)$$

Burada;

ρ : Akışkan yoğunluğu

V : Akış hızı

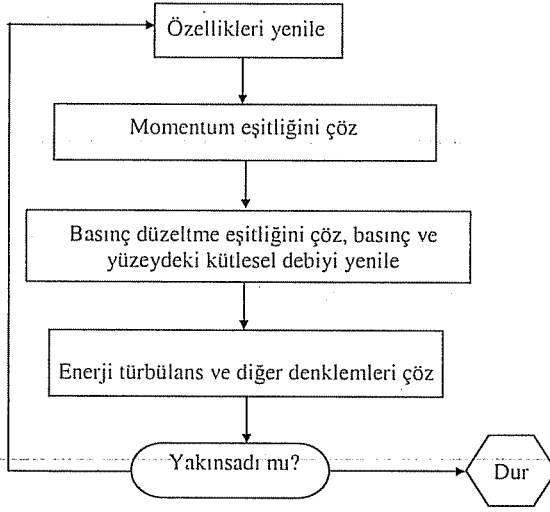
A : Akış alanı

I : Birim matris

τ : Gerilim tensörü

F : Kuvvet vektörünü göstermektedir.

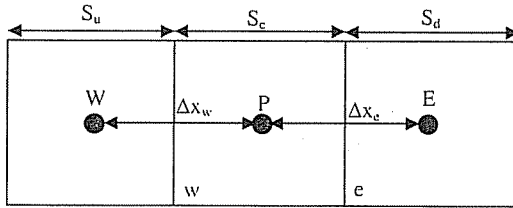
Ayrı ayrı çözücü yaklaşımında akış eşitlikleri sıra ile çözülür. Ayrı ayrı çözücü bütün akış alanını aynı anda dikkate alarak tek bir değişken için çözüm yapar. Daha sonra tekrar bütün akış alanını aynı anda dikkate alarak diğer bir değişken için çözüm yapan ayrı ayrı çözücü metodunda bütün ayrıklaştırılmış eşitlikler kendi bağımlı değişkenlerine bağlı olarak implisit bir şekilde lineerleştirilirler. Bu akış alanı içerisindeki her kontrol hacim lineer denklem sistemlerinin oluşmasını sağlar. Her kontrol hacmi içerisinde sadece bir denklem olmasından dolayı, bu bazen skaler eşitlik sistemi olarak adlandırılır. Gauss-Siedel lineer denklem çözücüsü, cebirsel çoklu ağ noktası metodu (Algebraic Multigrid Method) ile birlikte elde edilen skaler denklem sistemlerini her bir kontrol hacimdeki bağımlı değişkenlerin değerlerini bulmak için çözer. X yönündeki momentum eşitliğinin içerisinde u hızı bileşeninin bilinmeyen olduğu bir denklem sistemini elde etmek için lineerleştirilmesi örnek olarak verilebilir.



Bu denklem sistemlerinin eş zamanlı çözümü (cebirsal çoklu ağ noktası çözücüsü kullanarak) u hız alanı için yenilenmiş değerleri verir. Bir akış alanını ifade eden denklemleri sayısal olarak çözülebilen cebirsal denklemler formuna, sonlu hacimler tabanlı bir yöntem kullanılarak getirilir. Bu sonlu hacimler yöntemi her niceliği kontrol hacim tabanında ihtiva eden ayrıklaştırılmış denklemlerini oluşturan akış denklemlerinin her kontrol hacmi boyunca iterasyonunu içerir. “Giriş” ve “çıkış” kontrol hacim yüzeylerinin tanımlanabildiği “dört yüzüzlü” ve “altı yüzüzlü” ağ yapıları için kontrol hacim yüzeylerinde u hız değerlerini hesaplamak için “Quick” yöntemi kullanılır. “Quick” tipi metotların temelinde ikinci derece upwind yönteminin ağırlıklı ortalaması ve değişkenlerin merkezi interpolasyonuna dayanır.

Şekil 1’deki e yüzü için, eğer akış soldan sağa doğru ise, örnek bir değer aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\phi_e = \theta \left[\frac{S_d}{S_c + S_d} \phi_p + \frac{S_c}{S_c + S_d} \phi_E \right] + (1 - \theta) \left[\frac{S_u + 2S_c}{S_u + S_c} \phi_p - \frac{S_c}{S_u + S_c} \phi_w \right] \quad (2)$$



Şekil 1. Bir boyutlu kontrol hacmi

Yukarıdaki eşitlik $\theta=0$ için ikinci derece upwind eşitliği verirken $\theta=1$ için ikinci dereceden merkezi bir interpolasyon vermektedir. Quick sistemi genelde $\theta=1/8$ alınarak elde edilmektedir. FLUENT paket programı iterasyonu boyunca maksimum ve değerleri önlemek için çözüme bağlı değişken, meydana gelen yeni θ değerleri kullanır.

2.2. Momentum Eşitliğinin Ayrıklaştırılması

X momentum eşitliği aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$a_p u = \sum_{nb} a_{nb} u_{nb} + \sum P_f \cdot iA + S \quad (3)$$

Eğer basınç alanı ve kontrol hacim yüzeyindeki kütleli debi değerleri bilinseydi eşitlik 3 çözülebilirdi ve böylece akış alanı elde edilebilirdi. Bununla beraber, basınç alanı ve yüzey kütle değişimi daha önceden bilinmemekte olup, çözümün bir parçası olarak elde edilmelidir. Basınç ile ilgili terimlerin ayrıklaştırılması ve basınç değerlerinin depolanması ile ilgili bir çok önemli sorun mevcuttur. FLUENT eş yerleşim “co-located” sistemi kullanılarak bu şekilde hız ve basınç değerlerinin her ikisi de sonlu hacim merkezinde depolanmaktadır. Bununla birlikte eşitlik 16 komşu hacimler arasındaki yüzeylerde basınç değerlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden kontrol hacim yüzey değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu amaçla standart basınç merkezlerindeki basınç değerlerinden, kontrol hacim yüzeylerindeki basınç değerlerini bulmak için bir interpolasyon yöntemi kullanılır.

2.3. Süreklilik Eşitliğinin Ayrıklaştırılması

Aşağıdaki ayrıklaştırılmış denklemi elde etmek için süreklilik denklemi eşitlik 1’de şekilde gösterilen kontrol hacim boyunca “integre” edilir.

$$\sum_f^{N_{\text{faces}}} \rho v_n A_f = 0 \quad (4)$$

Momentum ve süreklilik denklemi sıra ile ardışık bir şekilde çözülürler. Bu ardışık çözüm yönteminde süreklilik denklemi basınç değerlerinin bulunmasında kullanılır. Bununla birlikte, sıkışabilir akışları ifade eden eşitlik 4’de basınç terimi yoktur. SIMPLE algoritması süreklilik denklemi ile basınç terimi arasında bir ilişki kurmak için kullanılır.

SIMPLE algoritması hız ve basınç arasında kütleli korunumunu sağlamak ve basınç alanını elde etmek için bir ilişki kullanır.

2.4. Türbülans Akış Hesaplamaları

Bu çalışmada, türbülanslı akış hesaplamaları, iyi bilinen RNG k- ϵ modeli kullanılarak zaman ağırlıklı Navier Stokes denklemi ile yapılmıştır. RNG k- ϵ modeli Standart k- ϵ modeline benzemekle beraber birçok özelliğinden dolayı daha etkindir. RNG k- ϵ modeli türbülanslı kinetik enerji yayılma miktarına ilave bir terim içermekte, hava ile yapılan deneylerde doğru sonuçlar vermektedir. Türbülansla girdap etkisi RNG k- ϵ modelinde daha etkin olup, dönele akışlarda doğru neticeler vermektedir.

Standart k- ϵ modeli kullanıcının özel sabit değerlerini kullanırken RNG teorisi analitik olarak türetilmiş diferansiyel formülü, düşük Reynold sayılarını hesaplayan efektif viskozite için hesaplanmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı RNG k- ϵ modeli çoğu

akış uygulamalarında daha doğru ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Türbülans hacim ve zamandaki skalaların çokluğu ile karakterize edilir ve laminar akıştan daha güçlü ısı, momentum v.s. karışımı ve yayılımı içerir.

Türbülans bir çok teknik uygulamalardaki çoğu akışlarda bulunmaktadır. Türbülanslı akışlar değişen hız alanlarının dalgalanması şeklinde karakterize edilir. Bu hız dalgalanmaları, taşınan değerlerle momentum, enerji ve akış toprakları karışır ve bunların da değerlerinin değişmesine sebep olur. Yüksek frekansta bu değişimler çok küçük olduğundan pratik mühendislik hesaplamalarında bunların belirlenmesi çok pahalı olmaktadır. Bunun yerine gerçek eşitlikler zaman etkisel ağırlıklı olarak alınabilir. Bununla birlikte geliştirilmiş eşitlikler ekstradan bilinmeyen eşitlikleri içerir ve bunların bilinen değerler olarak hesaplanabilmesi için türbülans modellerine ihtiyaç duyulur.

Türbülanslı akışta silindir içerisindeki hız değişimleri genelde tamamen düzensizdir. Bununla birlikte, duvara yakın yerlerde eksenel yöndeki değişimler radyal yönden daha fazladır ve değişimler duvarda sifıra yaklaşmaktadır. Radyal yönde fiziksel değişimin olacağı da açıktır. Bu değişimi radyal yönde üç bölgede düşünmek zorunludur. Bunlar akışı tarif etmek için kullanılan Newtonun vizkozite kanunundaki viskoz alt tabaka, laminar ve türbülanslı etkilerin her ikisinin de önemli olduğu viskoz ara tabaka ve viskoz etkilerin ihmal edildiği tam gelişmiş türbülans bölgesidir.

Anlık v_z hızı türbülanslı akışta düzensiz bir çalkalanma fonksiyonudur. Zamana bağlı hız \bar{v}_z aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\bar{v}_z = \frac{1}{t_0} \int_0^{t_0} v_z dt \quad (5)$$

Anlık hız, zamana bağlı düzeltme hızı \bar{v}_z ve bir v'_z hız dalgalanması olarak yazılabilir.

$$v_z = \bar{v}_z + v'_z \quad (6)$$

Kararlı yapıyı sabit moleküler viskoziteli sıkıştırılmaz ve yüzey kuvvetlerinin etkisinin olmadığı izotermal bir akış düşünerek, tensör notasyonda süreklilik ve Navier Stokes denkleminin zaman düzeltme eşitliği aşağıdaki şekilde verilmektedir.

$$\frac{\partial \bar{v}_j}{\partial x_j} = 0 \quad (7)$$

$$\rho \frac{\partial (\bar{v}_i \bar{v}_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\bar{\mu} \left(\frac{\partial \bar{v}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{v}_j}{\partial x_i} \right) - \rho \overline{v'_i v'_j} \right] \quad (8)$$

Burada;

\bar{v}_i : Ortalama hız bileşeni

\bar{p} : Ortalama basınç

ρ : Akışkan yoğunluğu

$\bar{\mu}$: Moleküler vizkozite

$-\rho \overline{v'_i v'_j}$: Reynold gerilim terimleridir.

Eşitlik 8'i çözmek için türbülans Reynold gerilimi için $\overline{v_i v_j}$ ifade sağlamak gereklidir. Boussinesq hipotezi ortalama hız gradyanlarına Reynold gerilimini uydurmak için kullanılan yaygın bir metottur.

$$-\rho \overline{v_i v_j} = \mu_t \left(\frac{\partial \overline{v}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{v}_j}{\partial x_i} \right) \quad (9)$$

Boussinesq hipotezi k-ε modelinde kullanılmaktadır. Bu yaklaşımın avantajı türbülans viskozitesi μ_t ile ilgili düşük hesap maliyetidir. k-ε modelinde iki adet ilave taşınım eşitliği çözülmekte ve μ_t , k ve ε'nun bir fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır.

Türbülans viskozitesinin türbülans yapısının ve akışın fiziksel özelliklerinin bir fonksiyonu olduğu unutulmamalıdır. Efektif türbülans viskozitesi aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\mu_{eff} = \mu + \mu_t \quad (10)$$

Böylece eşitlik 8 aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\rho \frac{\partial (\overline{v}_i \overline{v}_j)}{\partial x_j} = -\frac{\partial \overline{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu_{eff} \left(\frac{\partial \overline{v}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{v}_j}{\partial x_i} \right) \right] \quad (11)$$

Türbülans kinetik enerjisi (k) ve onun yayılma miktarı (ε) aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$k = \frac{1}{2} \overline{v_i' v_i'}, \quad \varepsilon = \frac{\mu}{\rho} \overline{\left(\frac{\partial v_i'}{\partial x_j} \right)^2} \quad (12)$$

FLUENT paket programında RNG k-ε modeli için kullanılan taşınım denklemi aşağıdaki şekilde verilmektedir.

$$\rho \frac{Dk}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\alpha_k \mu_{eff} \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M \quad (13)$$

ve;

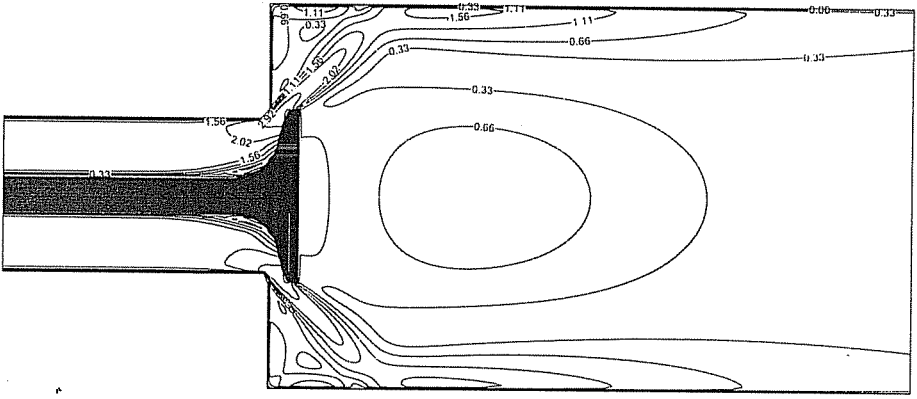
$$\rho \frac{D\varepsilon}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\alpha_\varepsilon \mu_{eff} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right) + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} - R \quad (14)$$

Bu eşitlikte ortalama hız gradyanından dolayı türbülanslı kinetik enerjinin üretimi G_k olarak adlandırılmaktadır. "Buoyancy"den dolayı türbülanslı kinetik enerjinin üretim G_b dir. $C_{1\varepsilon}$, $C_{2\varepsilon}$, ve $C_{3\varepsilon}$ sabitlerdir. α_k ve α_ε , k ve ε için değişken etkili Prandtl sayılarıdır.

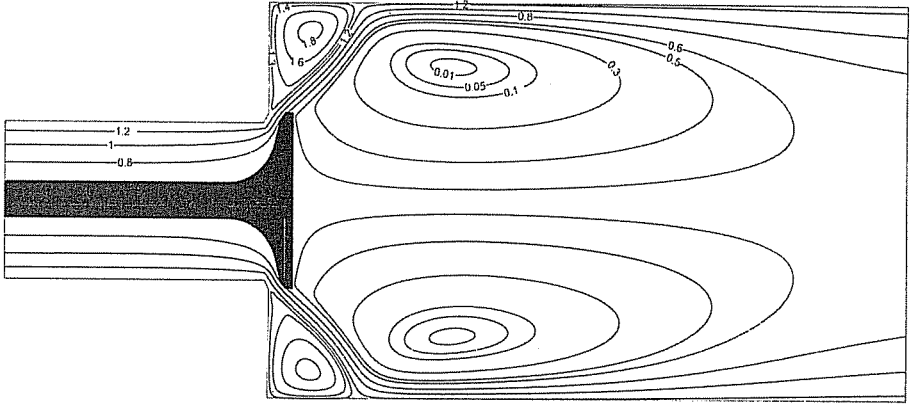
RNG ve standart k-ε modelleri arasındaki temel fark ε denklemi içerisinde ek olarak kullanılan ve aşağıda verilmiş olan denklemle ifade edilen R teriminden kaynaklanmaktadır.

$$R = \frac{C_\mu \rho \eta^3 \left(1 - \frac{\eta}{\eta_0} \right)}{1 + \beta \eta^3} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (15)$$

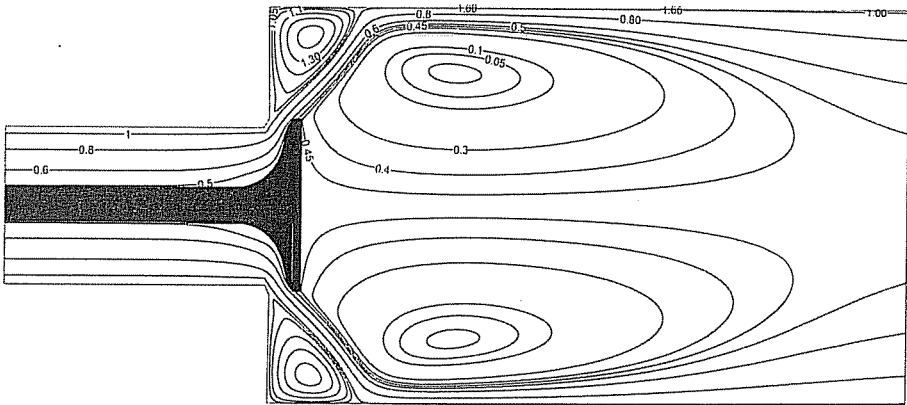
Burada, $\eta = Sk / \varepsilon$, $\eta_0 = 4.38$, $\beta = 0.012$ 'dir.



Şekil 5. Hız değerlerinin 7mm supap açıklığındaki değişimi (m/sn)

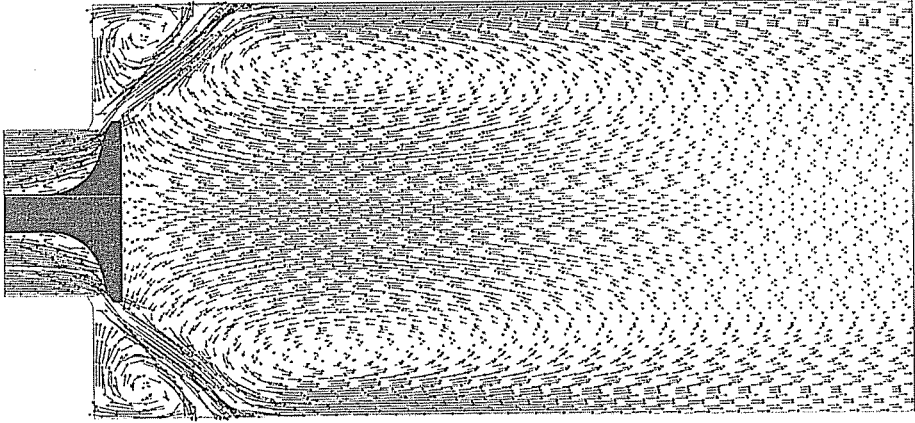


Şekil 6. Kütleli debinin 5mm supap açıklığındaki değişimi (kg/sn)

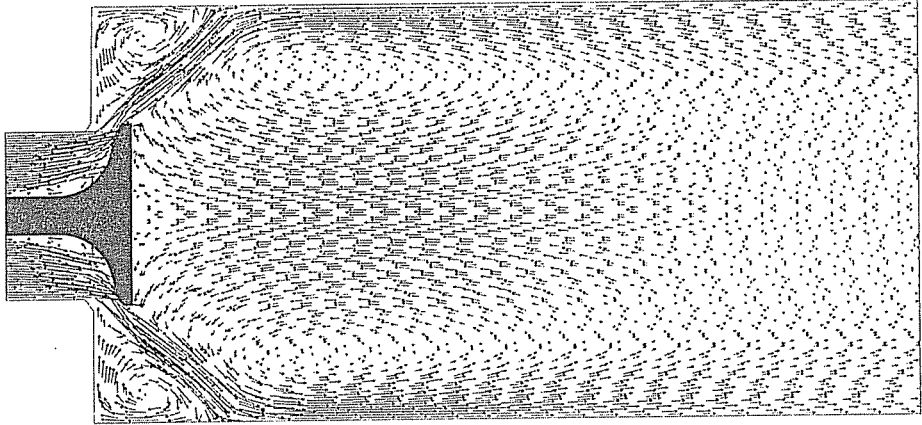


Şekil 7. Kütleli debinin 7mm supap açıklığındaki değişimi (kg/sn)

Hız vektörlerinin dağılımından, akışın ve geometrinin simetrik bir yapıya sahip olduğu düşünüldüğünden simetrik bir hız profili elde edilmiştir. Diğer supap açıklıkları için de benzer hız profilleri elde edilmiştir. Alt ve üst cidarda aksel simetriden dolayı köşe girdaplarının etkisi nedeniyle hızlarda düşme gözlenmektedir (Şekil 8 ve Şekil 9). Köşe girdaplarının etkisinin kaybolduğu ve jetin etkisinin arttığı bölgelerde maksimum hız profilleri elde edilmektedir. Jetin etkisinin kaybolduğu ve silindir kafasından olan uzaklığının arttığı bölgelerde ters akış bölgesi dolayısıyla bu bölgelerde akış dönmeleri (girdaplar) oluştuğu gözlenmiştir.



Şekil 8. Hız vektörlerinin 5mm supap açıklığındaki dağılımı



Şekil 9. Hız vektörlerinin 7mm supap açıklığındaki dağılımı

Sonuçta, supap açıklığının 7mm olduğu durumda jetin silindire 45° lik bir açı ile girdiği ve jet ile dik cidar arasında kalan bölgede köşe döngü bölgelerinin oluştuğu gözlenmiştir. Cidarlara çarpan jetin 5mm supap açıklığındaki duruma göre üst ve alt cidarlarda daha kısa bir mesafe içerisinde etkisini kaybederek dağıldığı görülmüştür.

İncelenen supap açıklıkları içerisinde optimum bir yanma olayını gerçekleştirebilmek için, 5mm supap açıklığının en iyi girdap yapısını verdiği belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlardan, hız profillerinin supap eksenine, silindir kafasından olan mesafeye ve supap açıklığına bağlı olduğu bulunmuştur. Ayrıca, supap açıklığının artması durumunda ölü akış bölgesinin genişliğinin azalmakta olduğu ve akış yönünün değiştiği gözlenmiştir.

Ayrıca, hava-yakıt karışımını iyileştirmek ve emme strokunun ilk ve daha sonraki durumlarında akış-hız dağılımını dengelemek için hızlı bir girdabın olması gerektiği bilinmektedir. Oluşan iki girdabın bir taneye göre tercih edilebileceği düşünülmektedir. İyi bir yanma işlemi için iki girdaba sahip olunması gerektiği ve emme strokunun sonraki evrelerinde birbiri içerisinde dağılmasının ideal bir karışım oluşumunu ve dolayısıyla ekonomik yakıt kullanımı ve düşük emisyon sağlayacağı, ayrıca bir tek girdap oluşumunun yanma işleminin uzamasına neden olacağı anlaşılmaktadır.

4. KAYNAKLAR

1. Eaton,A.M., Smoot,L.D., Hill,S.C. and Eatough,C.N., "Components, Formulation, Solutions, Evaluation and Application of Comprehensive Combustion Model", *Progress in Energy and Combustion Science* 25, pp. 387-436, 1999.
2. Brandstatter,W., Johns,R.J.R. and Wigley,G., "The Effect of Inlet Port Geometry on in Cylinder Flow Structure", *SAE Technical Paper, No.850499, 1985.*
3. Errera,M.P., Labbe,J. and Jerot,A., "Three Dimensional Numerical and Experimental Analysis of in Cylinder Flow in an Internal Combustion Engine", *SAE Technical Paper, No.880106, 1988.*
4. Gosman,A.D. and Ahmed,A.M.Y., "Measurement and Multidimensional Prediction of Flow in an Axisymmetric Port/Valve Assembly", *SAE Technical Paper, No.870592, 1987.*
5. Weclas,M., Melling,A. and Durst,F., "Flow Separation in the Inlet Valve Gap of Piston Engines", *Prog. Energy Combustion Science, Vol. 24, pp. 165-195, 1998.*
6. Heywood,J.B., "Fluid Motion within the Cylinder of Internal Combustion Engines", *Journals of Fluids Engineering, Vol.109, No:3, pp. 3-35, 1987.*

TEKSTİL İŞLETMELERİNDE GÜRÜLTÜ VE GÜRÜLTÜNÜN AZALTILMASINDA MÜHENDİSLİK ÖNLEMLER

Aysun SAĞBAŞ, Funda KAHRAMAN, Uğur EŞME

M.Ü., Makine Eğitimi Bölümü, Tarsus-Mersin/Türkiye

Arif ÖZBEK

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

ÖZET : Teknolojik gelişmelere paralel olarak ortaya çıkan ve iş performansını olumsuz etkileyen faktörlerden biri de gürültüdür. Gürültü; istenilmeyen, kişiden kişiye farklılık gösteren, işleme ve algılamayı olumsuz etkileyen, iş performansını azaltan ve iş kazalarının artmasına neden olan çevre kirliliklerinden birisidir. Teknolojideki tüm gelişmelere rağmen iş yerlerinde gürültü hala önlenememiş bir problem olarak güncelliğini korumaktadır. Günümüzde, gürültünün azaltılması amacıyla, daha az gürültülü makine konstrüksiyonları için çalışmalar hızla sürdürülmektedir.

Tekstil işletmelerinde kullanılan makine ve ekipmanlar çok farklı işleve sahip olmakla beraber, onların çoğu yüksek gürültü seviyesi ile karakterize edilirler. Tekstil makinelerinin ve cihazlarının maksimum gürültü seviyesi 105 dB'e ulaşabilir. Ortamda klima ve havalandırma donanımının bulunması durumunda, gürültü seviyesi 5-8 dB daha artış gösterebilir. İşyerleri için maksimum gürültü seviyesi TS 2607'ye göre sınırlandırılmıştır. Bu çalışmada; tekstil işletmelerinde uygulanan değişik gürültü azaltma yöntemleri araştırılmıştır. Çalışmanın sonucuna dayanarak, en etkili ve ekonomik gürültü azaltma yöntemi, koruyucu kaplama kullanarak tekstil makinelerinde sesi izole etmek ve gürültü azaltıcı donanımların, klima ve havalandırma ekipmanlarına monte edilmesi olarak belirlenmiştir.

THE METHODS OF NOISE REDUCTION IN THE TEXTILE MILLS

ABSTRACT : The main purpose of this study is to investigate different methods of noise suppression which could be applied in the textile mills. Machines and devices used in textile mills have very diverse functions and most of them are characterised by a high noise level. The maximum noise level of textile machines and devices can reach 105 dB. If they are placed together with air conditioning and ventilation installations, the noise level may rise by a further 5-8 dB. Maximum noise level is limited for working places, according to TS 2607. Based on the results of the study, the most efficient and economical noise suppression method is to insulate in sound by using casing in the textile machines and noise suppressors equipped with air condition and ventilation installation.

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmelere paralel olarak ortaya çıkan ve iş performansını olumsuz etkileyen faktörlerden biri de gürültüdür. Gürültü; istenilmeyen, kişiden kişiye farklılık gösteren, işitme ve algılamayı olumsuz etkileyen, iş performansını azaltan ve iş kazalarının artmasına neden olan çevre kirliliklerinden birisidir. Teknolojideki tüm gelişmelere rağmen iş yerlerinde gürültü hala önlenememiş bir problem olarak güncelliğini korumaktadır. Günümüzde, gürültünün azaltılması amacıyla, daha az gürültülü makine konstrüksiyonları için çalışmalar hızla sürdürülmektedir [1-3].

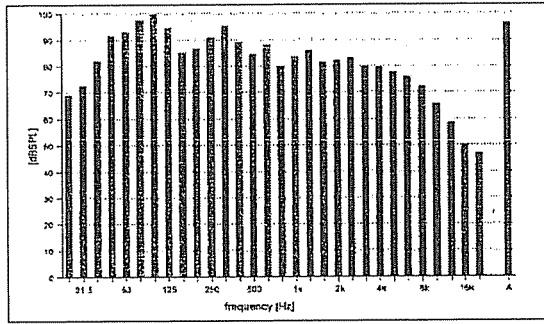
Babalık tarafından yapılan çalışmada; çözü sarma, ağızlık açma, atkı atma, tefe vurma ve kumaş sarma makinelerinde ses düzeyleri 1. sınıf, el tipi, taşınabilir akustik ölçü cihazıyla makinelerden 1 m uzaklıkta ve yerden 1 m yükseklikte ölçülmüştür [2]. Araştırma sonucunda, dokuma tezgâhlarının bulunduğu ölçüm yapılan bölümde ses düzeyinin 86-96 dB arasında değiştiği görülmüş ve armürlü dokuma makinelerindeki gürültü seviyesinin kamlı makinelere göre daha az olduğu tespit edilmiştir.

Ege ve arkadaşları Çukurova bölgesinde bulunan üç tekstil fabrikasının dokuma ve iplik bölümlerinin gürültü düzeyini belirlemek amacıyla ses basınç düzeylerini ve eşdeğer ses seviyelerini ölçmüşlerdir [3]. Ölçümlerde, Brüel & Kjaer 2236 C gürültü ölçer kullanılmıştır. Sonuçta; dokuma makinelerinin yaydığı ses basınç düzeyinin 78.3-100.8 dB, iplik makinelerinde bu değerlerin 74.7-90.3 dB arasında değiştiği tespit edilmiş ve bu değerlerin Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından belirlenen tehlike sınırlarının üzerinde olduğu belirtilmiştir [4].

Babalık ve Çavdar tarafından yapılan deneysel çalışmada; devir sayıları 193-224 dev/dak arasında değişen kamlı ve armürlü toplam 54 adet Vamatex tipi dokuma makinası için ses seviyeleri araştırılmıştır [1]. Ses seviyeleri, makinelerden 1 m uzaklıkta ve 1 m yükseklikte ölçülmüştür. Ölçümlerde el tipi, 1. sınıf ses ölçer kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; gürültüden korunma önlemlerinin alınması gerektiği belirtilmiştir.

Perlikowski tekstil makinelerinde gürültü seviyesinin 105 dB'e kadar çıkabileceğini, ortamda klima ve havalandırma donanımının bulunması durumunda, gürültü seviyesinin 5-8 dB daha artabileceğini söylemiştir [5]. Ölçülen gürültü seviyesinin (105 dB) standartlara göre akustik ses seviyesi olan 85 dB in üzerinde olması nedeniyle, ortamdaki ses seviyesini azaltmak için bir donanım tasarlanmış ve fanlar, karmaşık havalandırma ve klima ekipmanlarında başarılı bir şekilde uygulanabilen bu donanımın montajı sonrası, ses seviyesinin 27.3 dB azaldığı görülmüştür.

Kowalska ve Jedlinska tarafından dokuma tezgâhlarının bulunduğu bir ortamda, endüstriyel gürültünün hayvanlar üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla, denek grubu 12 hafta, 5 gün/hafta ve 16 saat/gün 96-98 dB şiddetindeki gürültü seviyesine maruz bırakılmış ve işitme kayıpları tespit edilmiştir [4]. Deneysel çalışmanın yapıldığı işletmeden elde edilen gürültü seviyesi ve frekans ilişki grafiği Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Dokuma Tezgâhlarında Gürültü Seviyesi ve Frekans İlişkisi [4]

2. GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI VE TEKSTİL İŞLETMELERİNDE GÜRÜLTÜ

TS 2607 [6] ye göre 85 dB ses seviyesinin üzerinde işgörenler için tehlikenin başladığı, bu değerden sonra her 5 dB artış için sağlığa zarar vermeden çalışma süresinin yarıya düşmesi gerektiği ifade edilmektedir. Bazı örnek gürültü kaynakları ve bu kaynaklarda belirlenen eşdeğer ses seviyeleri Tablo 1’de, ses seviyeleri ve çalışma süreleri ise Tablo 2’de verilmiştir [7].

Tablo 1. Gürültü kaynakları ve eşdeğer ses seviyeleri

Gürültü kaynakları	Eşdeğer Ses Seviyesi (dB)
Kaya delgi tabancası	125
Buldozer, grayder, traktör, pompa, kompresör	120
Çivileme makinası, dizel motorlu paletli keççeler	115
Dizel motorlu ekskavatör ve paletli vinç, elektrik motorları	110
Havali matkap, torna tezgahı, kaynak makinası	105
Mekikli dokuma tezgahı	95
Lokomotifler, yük araçları, yolcu taşıtları, fanlar	90
Motosiklet	80
Anlaşılmayan ses	10
Mutlak sessizlik	0

Tablo 2. Farklı gürültü düzeylerinde çalışabilme süreleri (TS 2607)

Ses Şiddeti (dB)	Günlük Emniyetli Çalışabilme Süresi (Saat)
85	8
90	4
95	2
100	1
105	1/2
110	1/4
115	1/8

Alman Mühendisler Birliği (VDI) tarafından 1986 yılında yapılan çalışmada örme, dokuma hazırlık dokuma ve çorap makineleri gibi tekstil makineleri ses gücü seviyeleri ve nedenleri verilmiştir. Dokuma hazırlık ve dokuma makinelerinin ses gücü seviyeleri Tablo 3’de gösterilmiştir.

VDI 2572 de; dokuma hazırlık, dokuma, örme ve çorap makinelerinde karşılaşılan en önemli gürültü nedeni olan elemanlar aşağıda belirtilmiştir:

- Vantilatör ve kondenserler (açma, temizleme ve karıştırma işlemleri)
- Açma ve temizleme makineleri
- Otomatik değiştirme dizileri, taraklar
- Hava emme işlemleri ve iplik nakilleri
- Ring iplik ve büküm makinelerinde millerin yataklanması
- Çapraz kayışlar ve ana tahrik grubu motorlar
- Dönme ve yuvarlanma gürültüleri (ring katlama ve büküm makineleri)

Tablo 3. Dokuma hazırlık ve dokuma makinelerinin ses gücü seviyeleri (VDI 2572)

Makina Türü	Üretici Firma Sayısı	Makina Sayısı	Ses Gücü Seviyesi (Lw; dB)
Konik Çözü Mak.	3	5	99-106
Haşıl Mak.	1	2	97-100
Düz Çözü Mak.	2	2	99-105
Mekikli Dokuma Mak.	2	5	104-118
Kancalı Dokuma Mak.	4	31	94-108
Mekikçikli Dokuma Mak.	1	19	100-108
Hava Jetli Dokuma Mak.	2	14	96-105
Bant Dokuma Mak.	2	24	93-107

Picanol firması tarafından farklı tip dokuma tezgahları için ölçülen ses seviyeleri Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Makina tipi ve çalışma mekanizmasına göre ses basınç seviyesi

Makina Tipi	Mekanizma	Devir Sayısı (dev/dak)	Ses Gücü seviyesi (Lw)	Ses Basınç Seviyesi (Lp)
T190	Armürlü	770	108.8	99
T190	Armürlü	900	110.9	100
T250	Jakarlı	725	103.3	94

Tablo 4 incelendiğinde, jakarlı dokuma tezgâhlarındaki ses seviyelerinin armürlü tezgâhlara göre daha düşük olduğu da görülmektedir.

3. TEKSTİL İŞLETMELERİNDE GÜRÜLTÜ SEVİYESİNİN AZALTILMASI

TS 2607 de akustik işitme yeteneğinin korunması sınırlarını belirlerken iş görenin 85 dB ses düzeyindeki bir ortamda günde 8 saat kalmasını emniyet sınırı olarak ifade

etmiş olup, bu değerden sonra gürültü düzeyinin 3 dB artması halinde, çalışma süresinin yarıya indirilmesi gerektiğini ifade edilmiştir.

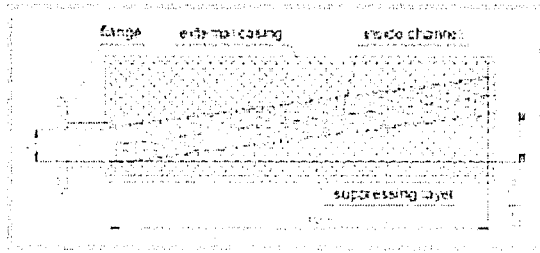
Çalışanın gürültüden korunması için alınabilecek önlemler aşağıda verilmiştir:

- Gürültünün kaynağında azaltılması veya önlenmesi: Gürültü kaynağının ses iletimin azaltan bir muhafaza içine alınması, titreşimi önleyecek şekilde yerleştirme, gürültüye yol açan parçalarda (bilya ve zincirler gibi) yapısal değişiklikler, gürültüye yol açan eski makinelerin, daha az gürültü çıkaran yeni makinelerle değiştirilmesi.
- Gürültüyü kaynaktan çalışanın arasında azaltma: ses yalıtımını sağlayan materyallerin kullanılması; makinelerin bulunduğu alanlarda, tavanda ve duvarlarda ses yutucu malzemeler, makine aralarında ses perdeleri, makine ile zemin arasına titreşim yalıtıcı malzemelerin kullanılması
- Gürültüyü algılandığı noktada azaltma: Gürültüye maruz kalan insanlara kulak tıkacı ve kulaklık verilmesi, gürültü çıkaran iş safhaları arasında daha sık dinlenme sürelerinin konulması

Tekstil işletmelerinde gürültünün azaltılması konusunda öneriler aşağıda verilmiştir:

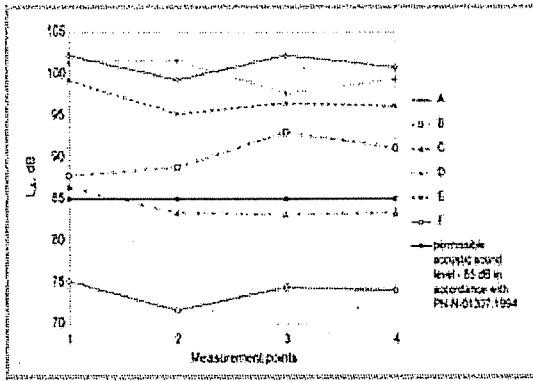
Makine yataklarının gövde sesini iletmeyecek şekilde yapılması, tezgahlar arasındaki yeterli boşluk bırakılması, binanın inşaatı sırasında akustik özelliklerine dikkat edilmesi, yüksek iç sönümlenmeye sahip malzemenin kullanılması, metalden yapılmış geniş yüzeylerin yutucu bir malzeme ile örtülmesi, helisel dişli çarkların, dar V kayışların ve elastik kavramaların tercih edilmesi, dönen parçaların balans ayarlarının yapılması, titreşimli çalışan elemanların sabitlenmesi, bir yüzeyi açık kayışlar yerine gürültüsü az aynı işlemi yapan dar V kayışların kullanılması

Perlikowski tekstil işletmelerinde gürültü seviyesinin azaltılması için endüstriyel uygulama alanı olan ses azaltıcı bir donanım geliştirmiş olup, bu donanım Şekil 2'de gösterilmiştir [5].



Şekil 2. Ses azaltıcı donanım [5]

Dikdörtgen kesitli dış kısmı metal malzemeden yapılmış, iç kısmı ise metalik borudan yapılmış olup, dıştaki kaplama ve içteki boru arasına sesi absorbe etmek için mineral yünü yerleştirilmiştir. Boru üzerindeki delikler ses dalgalarının absorpsiyon tabakasına daha iyi nüfuz etmesini sağlamaktadır. Cihaz bir flanş yardımıyla, fan üzerine monte edilmektedir. Gürültünün azaltılması için geliştirilen cihazın performansı aşağıdaki Şekillerde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



A: Ses azaltıcı yok
 B: Japanese ses azaltıcı
 C: Jelcz car ses azaltıcı
 D: Silindirik ses azaltıcı
 E: Dolgulu silindirik ses azaltıcı
 F: ses azaltıcı (Perlikowski)

Şekil 2. Farklı Gürültü Azaltıcı Cihazlar İçin Akustik Ses Seviyeleri [5]

Yapılan deneyler sonucunda, bu cihazın kullanılması durumunda ses seviyesinin 27.6 dB daha azaltıldığı görülmüştür.

4. SONUÇLAR

Tekstil işletmelerinde ses seviyesini etkileyen parametrelerin; makinelerin ve yardımcı donanımların çalışma koşulları; makinelerin montajı ve düzenleri, işletmenin hacim akustiği ve geometrisidir. Dokuma makinelerinde ise, ses seviyesi üzerine en fazla etki eden parametrenin; devir sayısı ve dokumanın yoğunluk derecesi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırma sonuçları; gürültünün sahip olduğu frekansa göre kişisel koruma araçlarıyla kulağa gelen ses seviyesinin 15 – 35 dB kadar, makineler arasındaki koridora uygun ses yutucu malzemelerle kaplanmış levhaların konması, duvarların uygun ses yutucu elemanlarla kaplanması ise ses seviyesinin 20 dB'e kadar azaltılabileceğini, gürültü azaltıcı donanımların tekstil işletmelerinde kullanılması sonucu, tehlike sınırları üzerinde olan gürültü seviyesinin yaklaşık olarak 27 dB azaltılabileceğini göstermektedir.

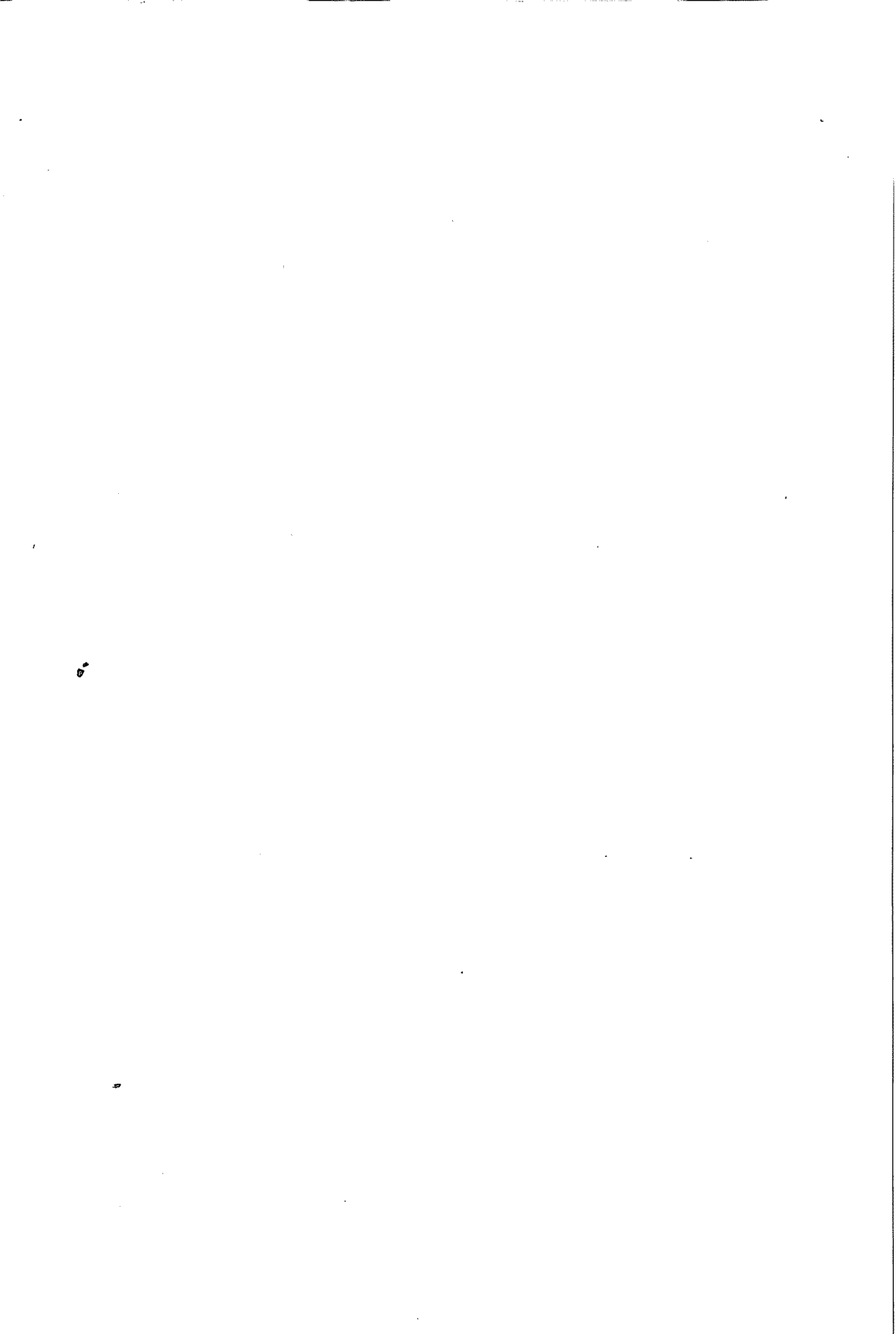
Gürültüye karşı önlem, fabrika binasının planlanması, makinelerin seçimi ve yerleştirilmesi aşamasında başlamalıdır. Hem işveren, hem de iş gören bu konuda bilinçli şekilde eğitilmelidir. Sonuç olarak; tekstil sektöründe yüksek gürültü düzeyinde çalışılması, hem insan sağlığını olumsuz etkilemekte hem de iş güvenliğini ve iş verimini azaltmaktadır.

Günümüzde sessiz makine bir kalite göstergesi olarak kabul edildiğinden, üretici firmalar çalışmalarını bu doğrultuda yürütmektedirler. Makinelerin çevreye yaydığı gürültünün önlenmesinde en iyi yöntem; makinenin gürültüsünün azaltılmasına yönelik alınacak konstrüktif önlemlerdir.

5. KAYNAKLAR

I. Babalık, C.F., ve Çavdar, K., "Tekstil İşletmelerinde Karşılaşılan Yüksek Gürültü Seviyeleri; Etkiler ve İndirgeme Yöntemleri", *Tekstil ve Konfeksiyon*, Temmuz-Ağustos, yıl: 9, sayı: 4, 1999.

2. Babalık,F., “İşyerinde Gürültü ve Sağırılık Olasılığı”, II. İş Sağlığı ve Kongresi Bildirileri Kitabı, 2-3 Mayıs, 2003.
3. Ege,F., Korkut,S.S., Sabancı,A., “Tekstil Fabrikalarında Gürültü Düzeyi ve Etkileri”, II. İş Sağlığı ve Kongresi Bildirileri Kitabı, 2-3 Mayıs, 2003.
4. Kowalska,M. and Jedlmska,U., “Prolonged Exposure to Industrial Noise: Cochlear Pathology does not Correlate with the Degree of Permanent Threshold Shift, But is Related to Duration of Exposure, J. Occup. Health, 40, 123–131, 1998.
5. Perlikowski,M., “Noise Suppressor For The Textile Industry”, Fibres and Textiles, In Eastern Europe, January, Vol: 13 (49), March 2005.
6. TS 2607 Akustik İşitme Yeteneğinin Korunması Amaçları İçin İşyerinde Oluşan Gürültünün Değerlendirilmesi, 1997.
7. Üner,Y. ve ark., “Gaz-Toz Gürültü ve Titreşim Ölçümlerinde İsgüm Uygulamaları ve İlgili Yönetmelikler”, IV. İş Sağlığı ve Kongresi Bildirileri Kitabı, 20-21 Nisan 2007.



TORNALAMA İŞLEMİNDE TAKIM ÖMRÜNE ETKİ EDEN PARAMETRELERİN DENEYSEL TASARIM YÖNTEMİ KULLANARAK TAHMİN EDİLMESİ

Funda KAHRAMAN, Aysun SAĞBAŞ, Uğur EŞME
M.Ü., Tarsus Tekn.Eğt.Fak., Makine Eğitimi Bölümü, Tarsus/Türkiye

Arif ÖZBEK
Ç.Ü., Makine Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada; tornalama işleminde kullanılan kesme takımlarının ömürlerini tahmin etmek için deneysel tasarım uygulanmış ve takım ömrünü maksimize eden parametreler belirlenmiştir. Devir sayısı, ilerleme hızı, malzeme sertliği ve parça çapı girdi değişkeni olarak, deney numunelerinden kaldırılan talaş hacmi ise çıktı değişkeni olarak alınmıştır. Bu amaçla, lamel grafitli dökme demir malzemeden imal edilen deney numuneleri için endüstriyel tip bir CNC tezgahı ve seramik bazlı kesme takımları kullanılarak tornalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulanan tam faktoriyel deneysel tasarım sonucunda; bir takım ömrü eşitliği elde edilmiş olup, devir sayısı ve malzeme sertliğinin takım ömrüne etki eden en önemli parametreler olduğu belirlenmiştir.*

PARAMETER PREDICTION OF TOOL LIFE USING EXPERIMENTAL DESIGN TECHNIQUE

ABSTRACT : *In this study, the experimental design technique was applied for the parameters which affect the tool life in turning operations. Revolution number, feed rate, material hardness and diameter were taken as input parameters. The chip amount removed from the experiment material was taken as output parameter. For this purposes, lamella graphite cast iron was used as an experimental material. Serious experiments were established on CNC lathe using ceramic cutting tools. It was concluded at the end of the factorial design technique that, revolution number and material hardness is the important parameters which affect the tool life in turning operations.*

1. GİRİŞ

Talaş kaldırma işlemi imalat sanayinde temel üretim işlemlerinin en önemlilerinden birisidir. İmalat endüstrisinde kullanılan metalik malzemelerin, ekonomik olarak işlenmesi için takım tezgâhlarının verimli şekilde kullanılması gerekmektedir. Metallerin verimli işlenebilmesi için, sadece işlenen malzeme hakkında verilere sahip olmak yeterli olmamakta, işlenecek malzemeye uygun kesici takımın ve kesme parametrelerinin seçimi de önemli olmaktadır. Kesme takımı ve kesme parametrelerinin seçimi talaşlı imalat işleminin verimliliğini doğrudan etkilemektedir. Talaşlı imalat işleminde kesme parametrelerinin yanlış seçimi; kesicilerin kırılması, hızlı aşınması, yanması, tezgah boş zamanının artması, iş parçasının bozulması veya yeniden işlemeyi gerektirmesi gibi ekonomik kayıplara sebep olmaktadır [1-3].

Kesme takımı aşınması birçok faktöre bağlı olduğu için aşınma zamanını tahmin etmek güç olmaktadır. Aşınmış kesme takımları ile talaş kaldırma, işleme hassasiyetine zarar vermekte ve istenilen boyut ve yüzey kalitesinin sağlanmasını zorlaştırmaktadır [4-6]. Bu da hurda oranlarında artışa neden olmakta ve kesme yeteneğini kaybetmiş bir kesme takımına etkiyen direnç kuvvetleri artacağı için kesme için gereken enerjiyi arttırmakta maliyetlerin de artmasına neden olmaktadır. Pratikte; kesme takım ömrünü önceden belirlemek için prosese adapte edilen kontrol sistemleri kullanılmakla birlikte simülasyon, optimizasyon gibi tekniklerden de faydalanılmaktadır. Uygulamada; kesme takımı değiştirme zamanı ile ilgili olarak belirli bir teknik kullanılmamasından dolayı; hata oranı artmakta ve fazla kesme takımı kullanımı nedeni ile maliyetlerin artması kaçınılmaz olmaktadır [7-8]. Bu nedenle güvenilir bir sistem geliştirilmesine gereksinim duyulmaktadır [5].

2. MATERYAL ve METOD

Deneysel çalışmalar için lamel grafitli dökme demir malzemeden imal edilen numuneler kullanılmıştır. Literatür incelendiğinde; takım ömrünü etkileyen birçok faktör olduğu görülmektedir. Ancak bu faktörlerden bir kısmı uygulanan deneysel tasarım kısıtından dolayı incelemeye alınmamıştır. Etkisi incelenen değişkenler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneysel Tasarımda Kullanılan Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Girdi Değişkenleri	Çıktı Değişkenleri
Devir Sayısı (dev/ dak)	Kaldırılan Talaş Hacmi
İlerleme hızı (mm/dev)	İşlenen Parça Sayısı
Malzeme Sertliği (HB)	
İşleme Öncesi Parça Dış Çapı (mm)	

Araştırmada iki seviyeli tam faktöriyel deney tasarımı uygulanmış olup, istatistiksel analizler için MİNİTAB paket programı kullanılmıştır.

3. ELDE EDİLEN BULGULAR

Araştırmada kullanılan deney numuneleri için, iki seviyeli tam faktoriyel deneysel tasarım uygulanmış ve 16 farklı deney noktasında toplam 423 adet parça işlenmiş olup, elde edilen deney sonuçları Tablo 2. de gösterilmiştir.

Tablo 2'de verilen deney sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiş olup, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki etkileşim belirlenmiştir. Girdi parametrelerinin takım ömrüne etkisi Tablo 3'de verilmiştir. Takım ömrünün tahmin edilmesinde, çıktı değişkeni olarak, işlenen parça sayısı yerine kaldırılan talaş hacmi değeri kullanılmıştır.

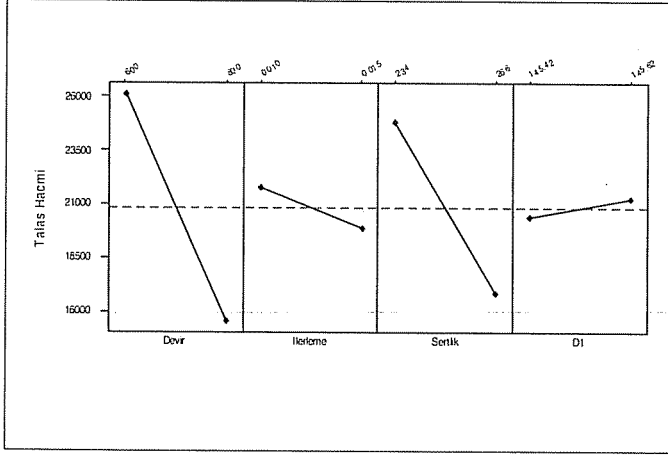
Tablo 2. Deney Sonuçları

Deney No	Devir sayısı (dev/dak)	İlerleme hızı (mm/dev)	Sertlik (HB)	Parça Çapı (mm)	İşlenen Parça (Adet)	Talaş Hacmi (mm ³)
1	800	0,015	234	145,62	18	16412,2
2	600	0,010	234	145,62	36	32768,0
3	800	0,010	234	145,62	21	19212,7
4	800	0,015	266	145,62	15	13678,9
5	800	0,010	266	145,62	16	14603,7
6	600	0,010	234	145,42	47	34151,4
7	600	0,010	266	145,42	29	21606,0
8	600	0,015	266	145,42	23	17064,3
9	600	0,015	234	145,42	40	29604,7
10	600	0,015	234	145,62	33	29153,6
11	800	0,010	234	145,42	25	18619,5
12	800	0,015	266	145,42	14	10489,5
13	600	0,015	266	145,62	27	23542,4
14	600	0,010	266	145,62	23	20931,1
15	800	0,015	234	145,42	25	18651,5
16	800	0,010	266	145,42	18	12615,2

Tablo 3. Girdi Değişkenleri İle Takım Ömrü İlişkisi

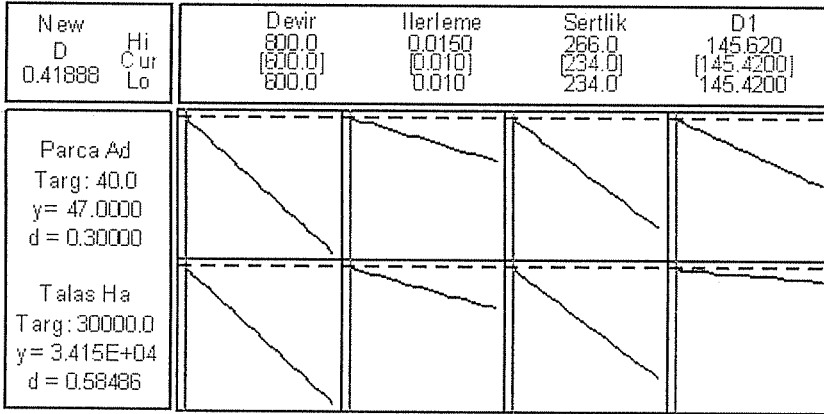
Girdi Parametreleri	Etki	Katsayı	p değeri
Sabit	-	20819	0.000
Devir	-10567	-5284	0.000
İlerleme	-1989	-994	0.073
Sertlik	-8005	-4003	0.000
çap	938	469	0.335
Devir*İlerleme	534	267	0.570
Devir*Sertlik	2628	1314	0.030
Devir*çap	-55	-27	0.953
İlerleme*Sertlik	744	372	0.436
İlerleme*çap	807	403	0.401
Sertlik*çap	1808	904	0.095

Tablo 3 incelendiğinde; $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyinde devir sayısı ve sertlik parametrelerinin kaldırılan talaş hacmine etkisinin önemli olduğu, ilerleme hızı ve çap parametrelerinin etkisinin ihmal edilebilecek kadar az olduğu görülmektedir. Kaldırılan talaş hacmi için ana etki diyagramı Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Kaldırılan Talaş Hacmi İçin Ana Etki Diyagramı

Ana etki diyagramı incelendiğinde, devir sayısı ve malzeme sertliğinin artması ile takım ömrünün azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Hedeflenen parça sayısı veya talaş hacmi için girdi değişkenlerinin optimum değerlerinin bulunabilmesi için etkili bir araç olan çıktı optimizör grafiği kullanılmış olup, elde edilen grafik Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Çıktı Optimizör Grafiği.

Şekil 4 incelendiğinde; girdi değişkenlerinin optimum değerlerinde imalat yapılması durumunda, takım ömrünün artması olanaklı olmaktadır.

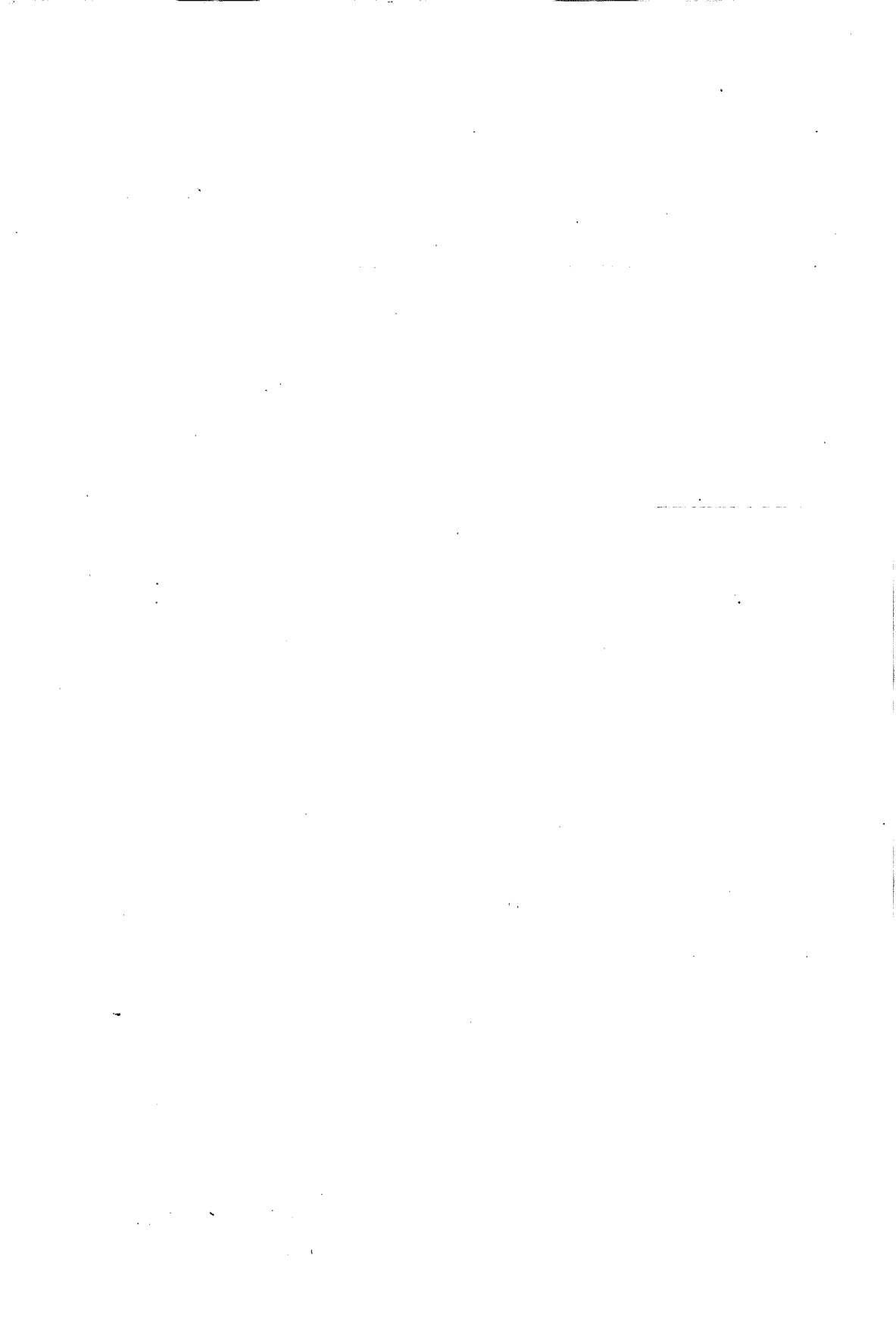
4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Takım ömrü fonksiyonları, kaldırılan talaş hacmine göre belirlenmiş olup, elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Devir sayısı ve malzeme sertliğinin takım ömrüne etki eden en önemli parametreler olduğu ve devir sayısı ve malzeme sertliğinin artırılması durumunda takım ömrünün azalacağı sonucuna ulaşılmıştır.
- İlerleme hızının ve parça çapının, takım ömrüne etkisinin ihmal edilebilecek kadar az olduğu belirlenmiştir.
- Girdi parametrelerinin optimal değerleri belirlenmiş ve bu koşullarda üretim yapılması durumunda, takım ömrünün artacağı sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Choudhury, S.K. and Appa Rao, I.V.K., "Optimization of Cutting Parameters for Maximizing Tool Life", *Int. Jour. of Machine Tool & Manufacture*, Vol: 39, 343-353, 1999.
2. Edwards, R., "Cutting Tools", *The Institute of Materials, London*, 1993.
3. Haber, R.E., Alique, A., "Intelligent Process Supervision for Predicting Tool Wear in Machining Processes", *Mechatronics*, Vol: 13, 825-849, 2003.
4. Jawahir, I.S. and ark., "Towards Integration of Hybrid Models for Optimized Machining Performance in Intelligent Manufacturing Systems", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol: 139, 488-498, 2003.
5. Jiangiang, M., Keow, L.M., "Economical Optimization of Tool Replacement Intervals", *Integrated Man. Systems*, Vol: 8, 59-62, 1997.
6. Özbaran, O., "Optimization of Cutting Parameters for Turning Operations by Using Geometric Programming", *Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana*, 2000.
7. Platin, S. and ark., "Cutting Tool Selection and Data Optimization for Nickel Based Super Alloys", *8. International Machine Design Conference*, 251-264, Ankara, 1998.
8. Uehara, K., "New Attempts for Short Time Tool-Life Testing", *Ann. CIRP*, Vol.: 33, 23-24, 1973.



GENETİK ALGORİTMA YLA VIDALI KRİKO ELEMANLARININ OPTİMİZASYONU

Faruk MENDİ

Gazi.Ü., Makine Eğitimi Bölümü, Ankara/Türkiye

M. Kemal KÜLEKÇİ

M.Ü., Makine Eğitimi Bölümü, Tarsus/Türkiye

Durmuş Ali BİRCAN

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

Tamer BAŞKAL

A.İ.B.Ü., Gerede Meslek Yüksekokulu, Bolu/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, genetik algoritma ile optimum vidalı mil çapı seçimi yapılmıştır. Tasarımı yapılan vidalı krikonun, belirlenen sınır aralıklardaki değişkenler için optimizasyonuna gidilmiştir. Bu şekilde geliştirilmiş olan algoritma, bir genetik süreç gibi en iyiyi bulma ilkesine dayandığından sınır aralıkları içinden değişkenlerin aldıkları değerler, vidalı krikonun optimum ebatlarda olmasını sağlayacaktır. Genetik algoritma, tabii seçim fikriyle çalışan, arama uzayında değişkenlerin sınır aralıkları için, amaç fonksiyonunu minimum yapmakta kullanılmıştır.*

Anahtar kelimeler: *Genetik algoritma, GA, optimizasyon, vidalı mil, tasarım*

OPTIMIZATION OF SCREW SHAFT ELEMENTS USING GENETIC ALGORITHM

ABSTRACT : *In this paper, selection of optimum screw shaft diameter has been identified using genetic algorithm. The variables of screw shaft diameters have been optimized. The developed algorithm is based on the principle of finding optimal values like a genetic process, the values from the limited range will made the screw jack to have optimum dimensions. Genetic Algorithms for variables in a boundary space that are inspired from natural selection has been used for minimization of objective function.*

Keywords: *Genetic algorithm, GA, optimisation, screw shaft, design*

1. GİRİŞ

Vidalı kaldırma sistemleri çevremizde pek çok araçlarda ve sanayide yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu kaldırma sistemleri, az kuvvetle ağır yüklerin kaldırılmasını ve kaldırma işlemi sonrasında otoblokajın yani yükün kendiliğinden aşağı inmemesi için tercih edilmektedir. Bu kaldırma iletme elemanları, kullanım yerine, yük miktarına, vidalı mil ve somun mukavemet şartlarına bağlı olarak tasarımı gerçekleştirilmektedir [1-3].

Tasarımı gerçekleştirilen bir makine elemanının uygun optimizasyon tekniği sayesinde yapılması, hem tasarımcıya hem de üretim sonrası kullanıcı memnuniyeti açısından günümüz piyasa şartlarında avantajlar sağlamaktadır. Bu tür tasarımlarda yaygın olarak klasik mühendislik hesapları yapılmaktadır. Ancak bu tür hesaplar mevcut bir mekanizmanın mukavemet durumunu incelemekten öteye gidememektedir. Oysaki mekanizmanın çalışma durumuna göre optimum boyutların bulunması, gereğinden fazla malzeme harcanmasını ve daha az yer kaplayan ergonomik tasarımlar meydana getirmektedir. Makine tasarımında hedefe gitmekte en nitelikli yöntem, mekanizmanın minimum hacimle mukavemet sağlaması ve ergonomik yapıda olmasıdır. Bu gayeyle zaman alıcı hesaplar yerine bir optimizasyon tekniği olan genetik algoritmanın kullanımı optimizasyonda kısa zaman ve en uygun değişken seçimini sağlamaktadır.

Genetik algoritma optimizasyonunda, sınır aralıkları içerisinde değişkenlerin rasgele alınan değerleri için bir çözüm topluğu oluşturulması algoritmanın ilk adımıdır. Bu adımda topluluğu oluşturan fertlerin her biri tasarımı gerçekleştirilen mekanizmanın boyutları anlamına gelmektedir. Ancak rasgele alınan bir topluluğun elemanları mekanizmayı en iyiye götürmesi için genetik sürecin işleme gerekmektedir.

Genetik süreci oluşturan prosedürler, seçme, çaprazlama, değiştirme ve diğer prosesler olmaktadır. Rasgele seçilen bir topluluk bir değerlendirme sonrası, yeni topluluk elde edilmesiyle anlamlı hale gelebilmektedir. Bu topluluğun en iyi fertlerinin çoğaltılmasına izin vermek iyiye gidişin adımı sayılmaktadır. Böylelikle topluluğun iyi fertlerinin korunup, zayıflarının sabit miktardaki topluluktan atılmasıyla bir çok nesiller sonrası çok daha iyilerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Fertlerin çoğaltılması için çaprazlama işlemi ile yeni çocukların elde edilmesini ve bir değişim prosedürü ile de yeni gen bilgisine sahip çocukların topluluğa katılmasıyla toplumlar elde edilmektedir.[4-6] Bu süreci, makine elemanı boyutlandırmasına benzetmekte kullanılan yöntem şöyle olmaktadır. Bir fert mekanizmanın tüm boyutlarını ifade etmelidir, bu ifade mekanizma boyutlarında kullanılan değişkenlerin sayısınca, ferdin gen sayısına bağlı olarak belli miktardaki gen bir değişkeni, başka bir miktardaki gen diğer değişkeni ifade ederek bir fert tüm değişkenlere yani bir mekanizma boyutuna karşılık gelir.

2. PROBLEM

Vidalı kaldırma sistemlerinde boyutlandırma, kaldırılacak yük miktarı ve otoblokaj şartına bağlı olarak mukavemet yönünden incelenmesi sonucu boyutlandırılır. Bu boyutlandırmada, vidalı mile gelen çekme ve burulma gerilmesi, kol çapı için ise kesme ve eğilme gerilmeleriyle sonuca gidilmiştir. Bu hesaplamalarda her zaman otoblokaj

durumu göz önüne alınmıştır. Genetik algoritma ile ifade edilen optimizasyonda kullanılan amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi düzenlenmiştir[1].

Amaç fonksiyonu:

Minimizasyon $F(d, d_1, L)$,

$$F_{\text{Amaç}} = F(d, l, L_1) = (\pi d^2/4)400 + (\pi d_1^2/4)L \quad (1)$$

2.1. Tasarım Değişkenleri

Amaç fonksiyonunda, optimum vidalı kriko hesabı yapılacak kaldırma iletme elemanında, standartlara uygun çelik malzeme, yükün kendiliğinden aşağı inmemesi şartı(otoblokaj), çelik mil üzerinde çelik somunun gresle yağlanmasıyla oluşan sürtünme katsayısı gibi ön kabuller ile tasarlanan krikonun, değişkenleri için sınır aralıkları ve parametreleri aşağıdaki Çizelge 1’de verilmiştir.

$$d, \text{vidalı mil çapı} \quad : 10 \leq d \leq 50 \quad (2)$$

$$d_1, \text{kol çapı} \quad : 5 \leq d_1 \leq 25 \quad (3)$$

$$L, \text{kol uzunluğu} \quad : 50 \leq L \leq 150 \quad (4)$$

2.2. Tasarım Kısıtları

Vidalı kriko sisteminde, krikonun kaldıracağı yükü taşıyabilecek optimum vida çapı, bu yükü kaldırmak için çevirme kol çapı ve uzunluğunun hesaplanması sayesinde krikonun en az hacimde olması hedeflenmektedir. Bu amaçla kaldırma sisteminin, vida çapı mukavemet kontrolü, çekme ve burulma gerilmelerine karşı, kol çapı da eğilme ve kesme gerilmelerine karşı dayanabilmesi için aşağıdaki kısıt fonksiyonları kullanılmıştır. Sistem aynı zamanda otoblokaj durumuna göre de kısıtlanmıştır. Burada g_1 , vidalı mil gerilimi için, g_2 , kol çapı geriliminde, g_3 , otoblokaj şartı, g_4 ve g_5 ise vidalı krikoda kullanılan somun kalınlığı vida gerilimi için kullanılan denklemlerdir [2, 7].

$$g_1 = \tau_{\text{max}} - \tau_{\text{emn}} \leq 0 \quad (5)$$

$$\alpha = \tan^{-1}(h/\pi d) \quad (6)$$

$$\varphi = \tan^{-1}(\mu/\cos(\alpha/2)) \quad (7)$$

$$L = [Q \tan(\alpha + \varphi)(d/2)]/F_k \quad (8)$$

$$\sigma_{\varphi} = Q / (\pi d^2/4) \quad (6)$$

$$\tau_B = [F_k L / (\pi d^3/16)] \quad (10)$$

$$\tau_{\text{max}} = [(\sigma_{\varphi}/2)^2 + (\tau_B)^2]^{(1/2)} \quad (11)$$

$$g_2 = \sigma_{\text{max}} - \sigma_{\text{emn}} \leq 0 \quad (12)$$

$$\tau_k = F_k / (\pi d_1^2/4) \quad (13)$$

Çizelge 1. Vidalı kriko tasarım parametreleri

Parametre adı	Sembol	Birim	Değer
Kaldırılan yük miktarı	Q	Newton	15 000
Vidalı mil ve kol kopma gerilimi (C 60)	σ_k	N/mm ²	700
Vidalı mil ve kol akma gerilimi (C 60)	σ_{akma}	N/mm ²	520
Sürtünme katsayısı	μ	-	0,1
Vida adımı	h	mm	4
Kol çevirme kuvveti	F_k	Newton	150
Çalışma emniyet katsayısı	S	-	4
Vidalı mil çalışma uzunluğu	L_1	mm	400
Emniyetli gerilim	$\sigma_{emni}, \tau_{emni}$	N/mm ²	130, 65
Somun kalınlığı	t	mm	10
Sürtünme açısı	φ	Derece(°)	Arama uzayında değişken olarak tanımlı
Kol uzunluğu	L	mm	
Vida eğim açısı	α	Derece(°)	
Çekme gerilmesi(vida çapı)	σ_B	N/mm ²	
Burulma gerilmesi(vida çapı)	τ_B	N/mm ²	
Kesme gerilmesi(kol çapı)	τ_k	N/mm ²	
Eğilme gerilmesi(kol çapı)	σ_E	N/mm ²	
Maksimum gerilim	σ_{max}, τ_{max}	N/mm ²	

$$\sigma_E = [F_k L / (\pi d^3 / 32)] \quad (14)$$

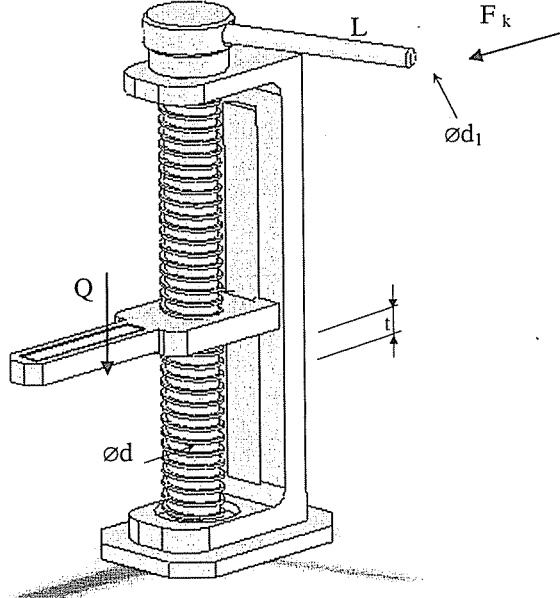
$$\sigma_{max} = [(\sigma_E)^2 + (2\tau_k)^2]^{(1/2)} \quad (15)$$

$$g_3 = \alpha - \varphi \leq 0 \quad (16)$$

$$g_4 = Q/[(\pi/4)((d+h)^2-d^2)(t/h)] - \sigma_{em} \leq 0 \quad (17)$$

$$g_5 = Q/(0.5\pi d t) - \tau_{em} \leq 0 \quad (18)$$

Bu çalışmada, boyutlandırması genetik algoritma yardımıyla yapılan bir vidalı kaldırma sistemine ait krikonun, katı modelleme ile çizilen resmi, krikonun yükleme ve çalışma özellikleri Şekil 1' de görülmektedir.



Şekil 1. Vidalı kaldırma sistemi(Kriko)

Genetik algoritmayla optimizasyonda, arama yapılan çözüm grubu içerisinde optimum sonuç aranırken yukarıda gösterilen denklemler dahilinde hedefe gidilmektedir. Bu tip bir kısıtlayıcı denklemler çözüm içerisinde fonksiyona, mukavemet kontrolüne bağlı algılanmasını sağlamaktadır. Kullanılan popülasyon içerisindeki optimum adayın bulunması için amaç fonksiyonunun minimizasyonuna göre kısıt fonksiyonu aşağıda bağıntı kullanılmaktadır. Burada F, uygunluk fonksiyonunu negatiften hariç tutmak için $F_{amaç}(d, d_1, L) + P$ fonksiyonundan yeterince büyük seçilmiştir ve P bir ceza fonksiyonudur[8].

$$\text{Fuygunluk} = F - (F_{amaç}(d, d_1, L) + P) \quad (19)$$

$$P = \sum_{j=1}^{NCON} r_j (\max[0, g_j])^2 \quad (20)$$

2.3. Genetik Algoritmanın Parametreleri ve Kaynak Kalınlığı Değişkenleri

Bir fonksiyondaki değişkenlerin alabilecekleri değerleri ve tarama adımını 2'lik $(0,1)$ sayı tabanına göre kodlamak gerekmektedir. Bu kodlama sayesinde genetik algoritma operatörleri kullanılabilir. Bu kodlamanın yapılması için aşağıdaki bağıntı kullanılır. Burada l her değişken için kullanılan bit uzunluğu, $x(i)_{\text{alt limit}}$ değişkenin alt sınırı, $x(i)_{\text{üst limit}}$ değişkenin üst sınırını, ε değişken adımını ifade etmektedir ($\varepsilon=0.01$) [8].

$$2^l \geq \frac{x(i)_{\text{üst limit}} - x(i)_{\text{alt limit}}}{\varepsilon} + 1 \quad (21)$$

Bit uzunluğu hesaplandıktan sonra ikilik sayı tabanındaki bitler yan yana getirilerek değişken sayısı kadar kromozom uzunluğu oluşturulur. Böylece kromozom uzunluğu sayesinde genetik operatörler kullanılabilir. Genetik algoritma işlemleri sonrası kodların çözülmesi içinde aşağıdaki bağıntı kullanılmaktadır. Burada $d(i)$ dizinin 10^i luk tabandaki değerini göstermektedir [8].

$$x(i) = x(i)_{\text{alt limit}} + \frac{x(i)_{\text{üst limit}} - x(i)_{\text{alt limit}}}{2^l - 1} d(i) \quad (22)$$

Aşağıdaki Çizelge 2.'de, vidalı kaldırma sistemi boyut seçiminde kullanılan değişkenlerin bit uzunlukları gösterilmiştir. Bu çizelgede görüleceği gibi vida çapı için 12 bit, kol uzunluğu için 14 bit ve kol çapı için 11 bit kullanılarak bu bitlerin yan yana sıralanması sonucu 37 genli bir kromozom oluşturulmuştur.

Çizelge 2. Vidalı kaldırma sistemi boyut değişkenleri

Kriko boyutlandırma değişkenleri		
Vida çapı (d)	Kol uzunluğu (L)	Kol çapı (d_1)
1010111001	1100010010	0100011101
1010111001+1100010010+0100011101		
101011100111000100100100011101		

Popülasyon sayısı, Goldberg tarafından aşağıdaki bağıntı ile bulunması tavsiye edilmektedir [9].

$$\text{Popülasyon sayısı} = 1.65 * 2^{0.2l * l} \quad (23)$$

Bu bağıntıya göre, optimum kaynak hacmi seçiminde optimum popülasyon sayısı 360 olarak kullanılabilir.

2.4. Genetik Algoritmanın Seçme, Çaprazlama ve Mutasyon Operatörleri

Genetik algoritmada seçme prosedürü, popülasyonun tüm adaylarının fonksiyon değeri hesaplanarak minimum iki kromozomun seçilmesiyle, genetik operatörler olan çaprazlama ve mutasyonun diğer adaya uygulanmasıdır. Böylece, eski popülasyonun en kötülerinin yerini alacak yeni popülasyon oluşturulur. Bu sayede kötüler elimine edilerek en iyilerin hayatta kalmasına olanak sağlanır.

Çaprazlama yapılmasıyla yeni adayların popülasyona katılımı sağlanarak optimuma gitme süreci başlatılır. Ayrıca çaprazlama sayesinde her adayın birbirleriyle genlerinin değiştirilmesiyle genetik bilgi çeşitliliği sağlanmaktadır. Çok noktalı çaprazlama işleminin yapılışı, örnek iki aday üzerinde Çizelge 3.'de gösterilmiştir [8].

Çizelge 3. Çaprazlama

Çaprazlanan bireyler	
Birey 1	101011100111000100100100011101
Birey 2	101110110110001011100101001111
Çaprazlama sonrası yeni bireyler	
Yeni birey 1	101011100110001011100100011101
Yeni birey 2	101110110111000100100101001111

Genetik algoritmanın mutasyon operatörü, bir adayın kromozomlarının rasgele bir bölümünden bir geninin değiştirilmesi işlemidir. Yani değiştirilecek yerdeki gen, 0 ise 1 veya tersi bir şekilde 1 ise 0 yapmaktır. Bu işlemin amacı popülasyondaki adayların içerisinde yeni özelliklerin ortaya çıkartılmasına neden olmaktır. Mutasyon işlemi için, Çizelge 4'de bir örneklendirme yapılmıştır [8].

Çizelge 4. Mutasyon

Bireyin önceki kromozom yapısı	101011100111000100100100011101
Bireyin sonraki kromozom yapısı	101011100111100100100100011101

Aşağıdaki tavsiye edilen bağıntı gereğince mutasyon oranı, 0,002 olarak hesaplanmaktadır [9].

$$1/\text{popülasyon sayısı} < P_{\text{mutasyon oranı}} < 1/\text{kromozom} \quad (24)$$

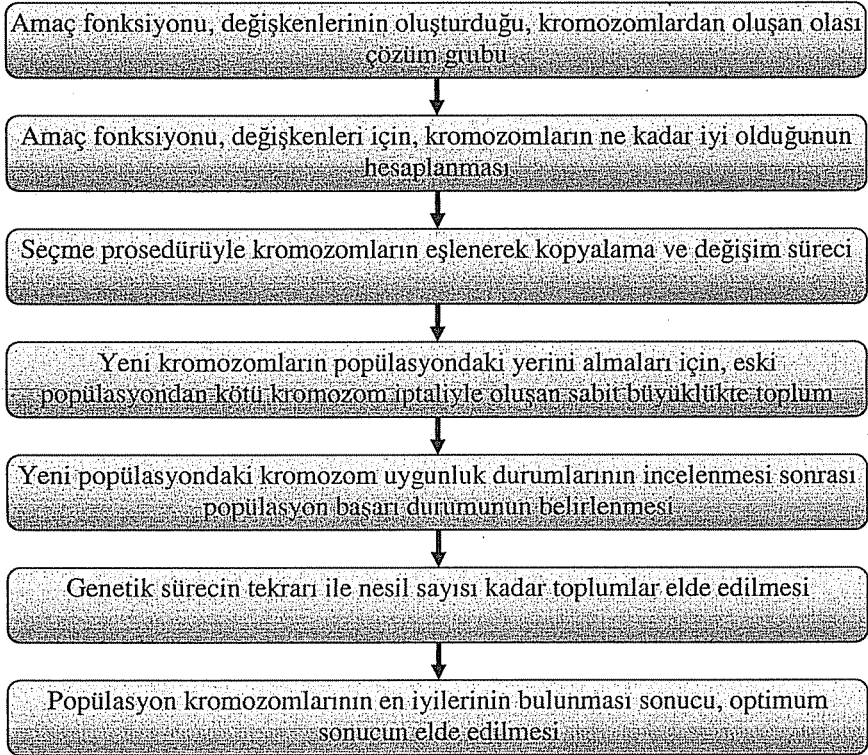
Bu çalışmada genetik algoritma için seçilmiş parametreler, aşağıdaki Çizelge 5'de gösterilmiştir.

Çizelge 5. Genetik Algoritma parametreleri

Genetik Algoritma parametreleri	
Kromozom uzunluğu	37
Popülasyon sayısı	360
Jenerasyon sayısı	100
Çaprazlama olasılığı	0,5
Mutasyon oranı	0,002

2.5. Genetik Algoritma Akış Diyagramı

Genetik algoritma, popülasyon içerisindeki en iyi kromozom yapılarının saklanması zayıf olanların elenmesidir. Genetik algoritmada, yeni nesillerin çoğaltılması, genetik operasyonlar boyunca benzer genlerin transfer edilmesi yoluyla çoğalma sürecinin gerçekleştirilmesidir. [10-13]. Genetik algoritmanın çalışma yöntemi Şekil 2’de ifade edilmiştir.



Şekil 2. Genetik algoritmanın basit çalışma diyagramı

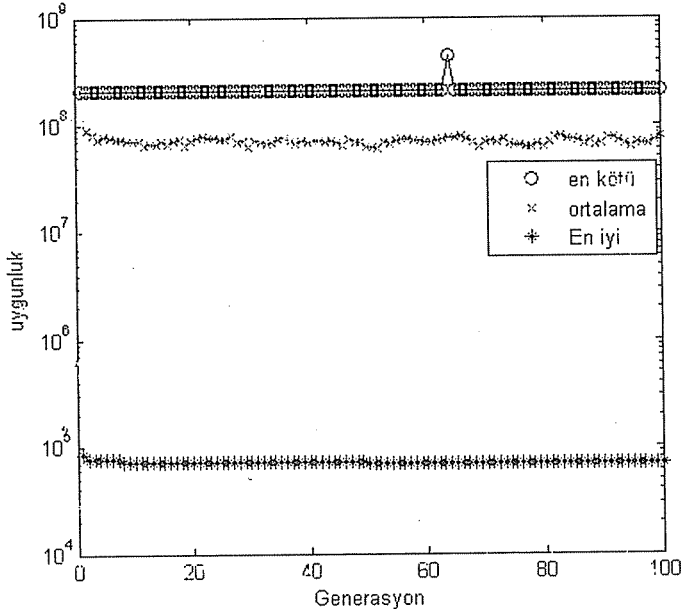
3. GENETİK ALGORİTMA SONUÇLARI

Genetik algoritmanın sonlandırılması için, popülasyondaki tüm kromozomların birbirine yakın sonuçlar vermeye başlaması olmuştur. Bu parametrelerle genetik algoritma kullanıldığında Çizelge 6'daki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 6. Kaynaklı bağlantı optimum hacim ve değişken sonuçları

Genetik Algoritma sonuçları	
Fonksiyon değişkenleri	Genetik algoritma
Vida çapı, d (mm)	14,692827
Kol çapı, d_1 (mm)	6,887614
Kol uzunluğu, L (mm)	50,482542
Amaç Fonksiyonu (mm^3)	69754,340968

Amaç fonksiyonu optimuma ulaştığında oluşan, genetik algoritma fonksiyon grafiği Şekil 4 gösterilmektedir. Bu grafikte arama uzayında elde edilen en iyi, ortalama ve en kötü eğrileri ve en iyi eğrisinin 45. jenerasyondan sonra minimizasyonun sağlandığı görülmektedir.



Şekil 3. Vidalı krik o optimum amaç fonksiyonu grafiği

4. SONUÇ

Genetik algoritma ile çözümlene tekniği, vidalı krikonun yüklenme miktarına bağlı olarak, bu yükün kaldırılabilmesi için gerekli olan vida dış dibi çapını, kol çapını ve kol uzunluğunu hesaplamak için kullanıldı. Böylece elde edilen sonuçlar Çizelge 6'da, optimizasyon grafiği ise Şekil 3'de gösterilmiştir. Bu sonuçlar, vidalı krikonun kaldıracağı yük için minimum vida dış dibi çapı, kol çapı ve kol uzunluğudur. Vida dış dibi çapının sınır aralıkları, 10 mm ile 50 mm arasında olduğundan, birleşik mukavemet ve otoblokaj şartı için 14,69 mm sonucunun tasarım parametre şartlarına en uygun olduğu söylenebilir. Çevirme kol çapı, 5 mm ile 25mm değişken aralıklarından, eğilme ve burulma gerilimi için, 6,88 mm ve kol uzunluğunun, 50,48 mm olduğu genetik süreçle elde edilmektedir. Böylece değişkenlerin en uygun sonuçları, amaç fonksiyonu olan vidalı krikon elemanlarının hacmini minimum yapmaktadır. Genetik algoritmayla, makine elemanlarının tasarım boyutlarını istenilen parametreler dahilinde optimizasyonunu yapmak mümkün olmaktadır. Bu optimizasyon genetik operatörlerle, kısa sürede ve istenilen kısıt fonksiyonlarıyla makine elemanlarının boyutlandırılmasında kullanılabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Akkurt, M., "Makine Elemanları Cilt 1-2", Birsen yayınevi, İstanbul, 2000.
2. Halowenken, A., "Makine dizaynı", Mcgraw-hill book company, 1993.
3. Bozacı, A., "Makine Elemanları" cilt 2: Çağlayan yayınevi, İstanbul, 2004.
4. Bircan, D.A., "Automated Process Planning System for Rotational Parts", Ms Thesis, Institute of Natural and Applied Sciences, 12-09-2000.
5. Bayramoğlu, M., Bircan, D.A., "The Use of Genetic Algorithm in Computer Aided Process Planning of Rotational Parts", II. Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Sempozyumu, s.723-731, Manisa, 7-9 Kasım 2001.
6. Esa, T., "Independent research projects in applied mathematics", Applying a Genetic Algorithm in Cellular, Radio Network Optimization, 28th January 2002.
7. Heinzler, M. et al, "Tabellenbuch Metal", Verlag Europa Lehrmittel, Haan-Gruiten, 1994.
8. Saruhan, H., Uygur, I., "Design Optimisation of Mechanical Systems Using Genetic Algorithms" SAÜ Fən Bilimleri Dergisi, 7 (2), 2003.
9. Goldberg, D.E., "Computer Aided pipeline operation using genetic algorithms and rule learning Part 1: Genetic Algorithms in pipeline optimisations", Engineering with Computers, 1987.
10. Canyurt, O.E., "Estimation of Welded Joint Strength Using Genetic Algorithm Approach", Int. J. Mech. Sci., 47, 1249-1261, 2005.
11. Meran, C., "Prediction of The Optimized Welding Parameters For The Joined Brass Plates Using Genetic Algorithm", Material & Design, 27, 356-363, 2006.
12. Canyurt, O.E. "Fatigue strength estimation of adhesively bonded tubular joint using genetic algorithm approach", Int. J. Mech. Sci., 47, 359-370, 2004.
13. Emel, G.G., Taşkın, Ç., "Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları", Uludağ Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 21(1), 129-152, 2002.

GENETİK ALGORİTMA (G.A.)YARDIMIYLA HELİS DİŞLİ ÇARKLARDA OPTİMUM MODÜL SEÇİMİ

Faruk MENDİ

Gazi Ü., Makine Eğitimi Bölümü, Ankara/Türkiye

M. Kemal KÜLEKÇİ

M.Ü., Makine Eğitimi Bölümü, Tarsus/Türkiye

Tamer BAŞKAL

A.İ.B.Ü., Gerede Meslek Yüksekokulu, Bolu/Türkiye

Durmuş Ali BİRCAN

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

ÖZET : *Bu çalışmada, genetik algoritmalar yoluyla helis dişli çarkların optimum modül seçimi yapılmıştır. Belirlenen sınır aralıklarındaki değişkenler için amaç fonksiyonunun optimizasyonunu gerçekleştirmek, çalışmanın temel hedefi olmuştur. Bu şekilde geliştirilmiş olan algoritma, bir genetik süreç gibi en iyiyi bulma ilkesine dayandığından sınır aralıkları içinden değişkenlerin aldıkları değerler, dişlinin optimum modüle sahip olmasını sağlayacaktır. Genetik Algoritmalar tabii seleksiyon fikrine dayalı arama uzayında oldukça etkili bir tarama tekniğidir. Yapılan çalışma yeni bir optimizasyon yöntemi olan genetik algoritma ile en uygun modül seçimi yapılabileceğini göstermektedir.*

Anahtar kelimeler: *Genetik algoritma, helis dişli, modül.*

SELECTING OPTIMUM MODULES FOR HELICAL GEARS USING GENETIC ALGORITHM

ABSTRACT : *In this paper, optimum module selection has been done using genetic algorithms. The main reason of the study is the identifying the variables of range of the module. The developed algorithm is based on the principle of finding optimal values like a genetic process, so the values from the limited range will make the gear to have optimum module. Genetic Algorithms are quite efficient search techniques that are inspired from natural selection. The results of the study show that genetic algorithm method can be used in selection of optimum modules of the gears.*

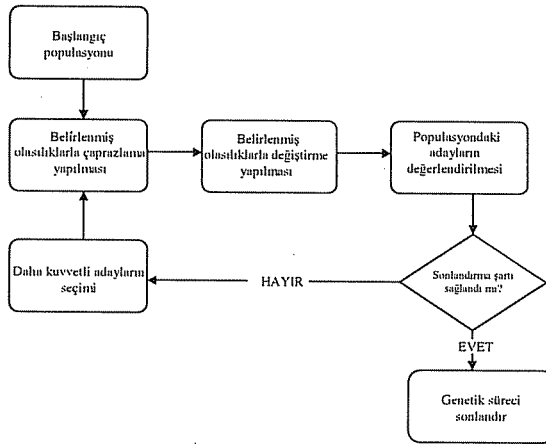
Keywords: *Genetic algorithm, helical gear, module.*

1. GİRİŞ

Mühendislik problemlerinin çözümünde birçok sayısal çözümleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu çözüm tekniklerinde, fonksiyona bir değer atayarak çözüm süreci başlatılır ve duruma göre değerler değiştirilerek en iyiye doğru gidilir. Ancak çözüm uzayının büyüklüğü ve karmaşık problemlerin çözüm süreci bu metotlarla oldukça fazla zaman almaktadır. Bu tür problemlerin çözümünde son yıllarda genetik süreçten esinlenen genetik algoritma metodu kullanılmaktadır. Bu algoritmada bir çözüm değerleri popülasyonu oluşturularak, genetik süreç başlatılmaktadır. Bu süreçte, popülasyon içerisindeki adayları ifade eden bir tür kodlamayla, amaç fonksiyonundaki değişkenlerin sayısına bağlı olarak kromozomlar elde edilmiştir. Kromozomun belli bir kısmı bir değişkeni, diğer bir kısmı ise başka bir değişkeni oluşturmaktadır. Rasgele oluşturulan ilk popülasyondaki tüm kromozomların değerleri hesaplatılır, amaç fonksiyonundaki yerine konularak popülasyon sayısı kadar sonuç elde edilir. Bu sonuçların, amaç fonksiyonunun minimizasyon yapılması durumuna göre en küçük iki kromozom saklanır, popülasyonun diğer fertlerini rasgele seçerek çaprazlama, mutasyon ve başka genetik operatörler uygulanarak yeni çocuk kromozomlar elde edilir. Bu süreç bir sonraki yeni üretilen popülasyonda da gerçekleştirilir ve popülasyonun iyileri korunup kötüler elenir. Süreç, jenerasyon sayısı kadar tekrar tekrar çalıştırılarak optimum sonuç elde edilir.

2. GENETİK ALGORİTMA

Makalenin bu bölümünde genetik algoritmanın genel yapısı hakkında bilgi verilecektir. Genetik Algoritma, popülasyon içerisindeki en iyi adayların korunması daha zayıf olan adayların atılması fikridir. Genetik algoritmada, yeni nesillerin çoğaltılması, genetik operasyonlar boyunca benzer genlerin transfer edilmesi yoluyla çoğalma sürecinin gerçekleştirilmesidir. Her adayın fonksiyondaki değerlendirme uygunluğundan geçirilerek yeni nesillere aktarılması veya çıkarılmasına karar verilmesidir [1-3]. Genetik algoritmanın çalıştırılma yöntemi Şekil 1'de ifade edilmiştir.



Şekil 1. Genetik algoritmanın basit çalışma diyagramı

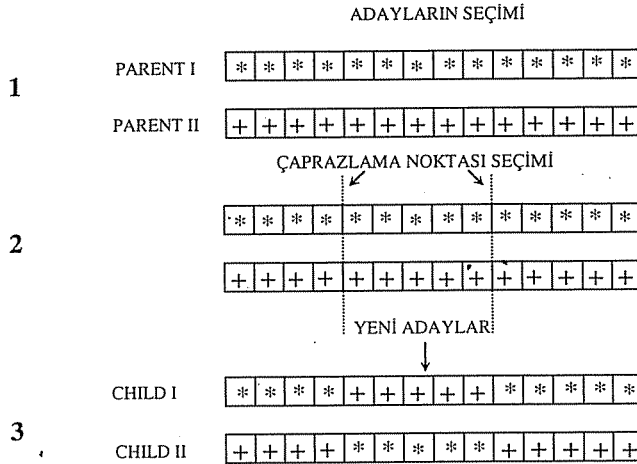
2.1. Başlama

Başlangıçta bir nesil, sıklıkla rasgele yeni bir nesilden oluşturulmuş olan bir popülasyondur. Bu ilk adımda sonlandırma şartının belirlenmesi, algoritmanın kabul edilebilir çözüm bulunduğu durumda çalışmanın durdurulmasıdır [1,4].

2.2. Çaprazlama

Çaprazlama yeni adayların üretilmesinde kullanılan genetik operatörlerden bir tanesidir. Genetik Algoritmanın başarısı bakımından çaprazlama önemli bir operatördür. Optimum çözüme yaklaşmak için yeni adayların çözümlere katılması ve çözüm uzayında optimuma doğru yaklaşmanın etkili bir şekilde sağlanması aşamasıdır. Çaprazlama üç parçadan oluşan bir işlemdir. Birinci aşama popülasyon içerisinde iki adayın seçilmesi, ikinci aşama çaprazlamanın yapılacağı noktanın seçilmesidir ki bu birkaç noktadan veya yaygın olarak kullanılan düzenli çaprazlama yapılması aşamasıdır. Üçüncü aşama ise, bu seçim sonrası yeni bireyin oluşturulmasıdır. Çaprazlamanın nasıl yapılacağı, Şekil 2’de bir örneklendirme ile gösterilmiştir.

Genetik Algoritmada çaprazlama, popülasyondaki adayların özelliklerinin yeni adaylara aktarılmasında avantajlı bir operatördür [1].


3

CHILD I

*****+++++*****

CHILD II

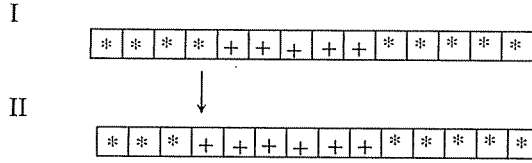
+++++*****+++++

Şekil 2. Çaprazlama prosedürü

2.3. Mutasyon

Genetik Algoritmada mutasyon popülasyondaki adayların içerisinde yeni özelliklerin ortaya çıkartılmasına neden olan bir operatördür. Mutasyon yapılması durumunda yeni adaylar diğerlerinden kötü olma sonucunun yanında bazen de onların bu özellikleri onları daha iyi olmasına neden olur. Mutasyon operatörü gelişigüzel olarak adayın bir geninin başka bir genle değiştirilmesi işlemidir. Popülasyondan

mutasyona uğrattılacak bir aday seçilir ve adayın üzerinde yerleştirilmiş olan bir genle başka bir geni yer değiştirilir [5]. Bu işlemin yapılışı Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Mutasyon prosedürü

2.4. Değerlendirme

Genetik operatörler etkili bir şekilde kullanımı sonrası popülasyondaki her yeni adayın uygunluk durumunun hesaplanmasıdır. Genetik algoritmada fonksiyonun durumuna göre çalışan bir hesaplama aşamasıdır. Bu değerlendirme aşamasında, fonksiyonun kromozom kodları çözülerek kromozomların uygunluk durumu hesaplanır.

2.5. Seçme

Bu prosedür, popülasyondaki en zayıf bireylerin elimine edilmesi, daha uygun yeni bireylerin sonraki nesillerde hayat olanağı verilmesidir. Popülasyon içerisindeki bireylerin en iyi iki tanesi amaç fonksiyonundaki değerlendirme sonrası ortaya çıkarılır, seçme sonrasında çiftlere uygulanan çaprazlama ve mutasyon operasyonları sonrasında elde edilen yeni bireyler popülasyondaki bireylerin yerini almış olacaklardır. Bu şekilde, çaprazlama ve mutasyon öncesi yapılan seçme prosedürü ilerideki yeni popülasyon bireylerinin daha iyiye yöneliminde önemli bir adımdır. Bir sonraki neslin oluşturulmasında, her kromozomun birikimli olasılık oranları hesaplatılarak rulet tekerleği seçim yöntemini veya turnuva seçim yöntemi gibi yöntemler kullanarak gerçekleştirilmektedir. Seçim prosedürü bireylerin sonraki nesillerin üretiminde kaynak teşkil edeceğinden genetik algoritmanın temelini oluşturmaktadır. Bir seçme yöntemi olan rulet tekerleği seçimi Çizelge 1’de ifade edilmiştir.

3. PROBLEM

Helis dişli çarklarda modül seçimi, dişli çarka gelen tork, dişlinin devir sayısı, dişli malzemesi, çevresel hız, dişli genişliği, dişlinin çalışacağı ortam, helis açısı, kavrama oranı, çentik faktörü gibi parametrik ve değişken değerlerinin birlikte düşünülmesi gerekliliği ile elde edilmektedir. Bu çalışmada, helis dişli çarkların diş dibi mukavemetine göre yukarıda anılan özellikleri düşünülerek genetik algoritmalar yardımıyla optimum modül seçimi yapılmıştır. Ayrıca, problemin çözümünde dişli çarkın sınırlanan boyutları da dikkate alınmıştır. Bu prosedürün yapılması için diş dibi mukavemeti ve yüzey ezilmesine göre algoritmada minimizasyonunu yapacağımız amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi formüle edilmiştir.

Amaç fonksiyonu:

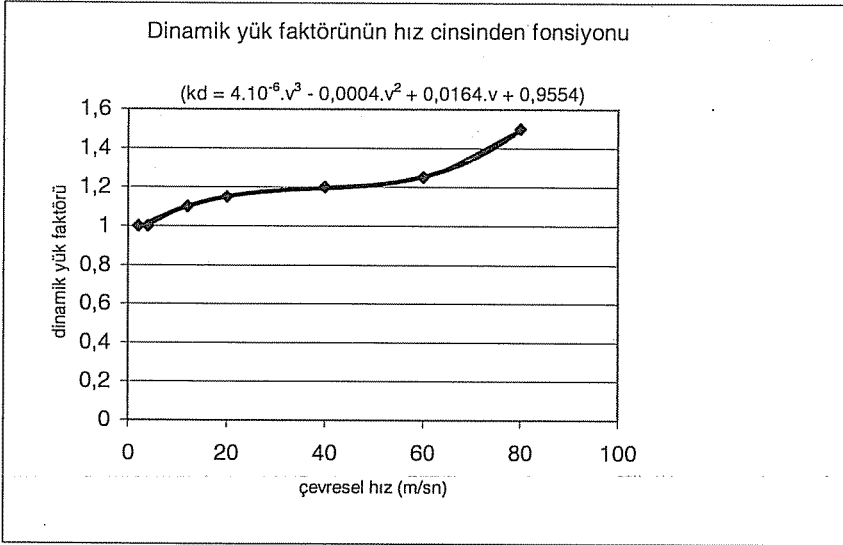
Minimizasyon $F(m, Z, \Psi_m)$,

$$F_{\text{Amaç}} = F(m, Z, \Psi_m) = \pi m \Psi_m / 4((mZ)^2 - d_{\text{mii}}^2) + (\pi m^3 \Psi_m Z) \quad (1)$$

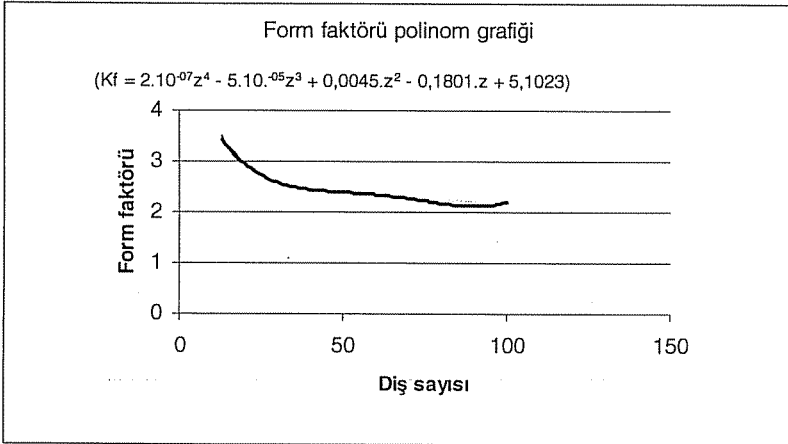
Dişli çarklarda modül hesabı yapılırken bazı tablo ve parametreler kullanılmaktadır. Dişli modül seçiminde kullanılan bu tablolar, grafik haline dönüştürülerek amaç fonksiyonundaki form faktörü ve dinamik yük faktörü Şekil 4 ve Şekil 5'deki fonksiyonlarla daha pratik bir şekilde kullanılmıştır. Örneğin dinamik yük faktörü, çevresel hız olan $v=12$ m/sn polinom grafiğindeki "v" yerine konulursa kd faktörü 1,1 elde edilecektir. Bu tablolar Bozacı tarafından tavsiye edilmektedir [6].

Çizelge 1. Rulet tekerleği seçim hesabı

Kromozom no	Amaç Fonksiyon Değeri(cm^3)	Seçilme olasılık değeri	Birikimli olasılık değeri	Rasgele üretilen sayı	İsabet eden kromozom no
1	18.361	0,060	0,060	Fonksiyon minimumları	4
2	12.252	0,040	0,100		12
3	8.851	0,028	0,129	0.353	10
4	3.321	0,010	0,140	0.412	8
5	22.123	0,072	0,212	0.743	17
6	6.236	0,020	0,233	0.153	5
7	12.159	0,039	0,272	0.946	20
8	8.545	0,027	0,300	0.313	9
9	9.879	0,032	0,333	0.666	15
10	10.125	0,033	0,366	0.133	4
11	56.265	0,184	0,550	0.213	6
12	5.256	0,017	0,568	0.255	7
13	6.478	0,021	0,589	0.186	5
14	9.410	0,030	0,620	0.548	11
15	15.121	0,049	0,669	0.985	20
16	13.136	0,043	0,712	0.255	7
17	21.158	0,069	0,781	0.412	11
18	29.114	0,095	0,877	0.785	18
19	23.295	0,076	0,953	0.259	7
20	14.141	0,046	1	0.154	5
Amaç fonksiyonu	Amaç fonksiyonu Toplamı (F_{toplani})	Seçilme olasılık değeri (P_i)	Birikimli olasılık değeri (Q_i)	Rasgele sayı (r)	Seçilen Kromozom
$F(x_1, x_2, x_3)$	$Pop \sum_{i=1}^{\text{sayisi}} f(x_i)$	$\frac{f(x_i)}{F_{\text{toplani}}}$	$\sum_{k=0}^i P_k$	$Q_{i-1} < r \leq Q_i$	
Sonuç	305.226	$\frac{18.361}{305.226} = 0.060$	0.060	$0.333 < r \leq 0.366$ 0.353	10



Şekil 4. Dinamik yük faktörü



Şekil 5. Form faktörü

3.1. Tasarım Değişkenleri

Amaç fonksiyonunda optimum modül hesabı yapacağımız helis dişli hassas işlenmiş, her iki taraftan yataklanmış olarak, helis dişli çarka ait değişkenlerin sınır aralıkları ve parametreleri aşağıda verilmiştir. Amaç fonksiyonu, tasarım kriterleri ve kısıtları Bozacı [6] tarafından tavsiye edilmektedir[6].

$$m, \text{ dişli modülü} : 1 \leq m \leq 20 \quad (2)$$

$$Z, \text{ pinyon dişli sayısı} : 13 \leq Z \leq 30 \quad (3)$$

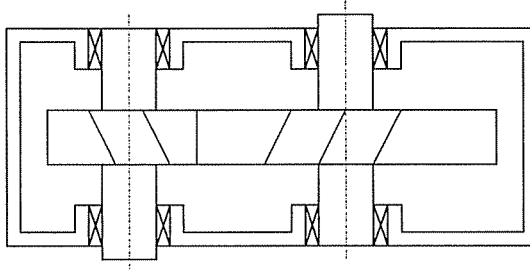
Ψ_m , tasarımdaki genişlik oranı: $18 \leq \Psi_m \leq 23$

(4)

Çizelge 2. Helis dişli modül seçimi parametreleri

Parametre adı	Sembol	Birim	Değer
Giriş gücü	P	Php	420
Pinyon dişli devir sayısı	n	Devir/dakika	600
İletim oranı	i	-	600/167
Helis açısı	β	Derece	12
Kavrama oranı	ϵ	-	1,25
Çevresel hız	V	m/sn	Arama uzayında, amaç fonksiyonu minimize edilmesine göre değişken
Dinamik yük faktörü	K_d	-	
Form kaktörü	K_f	-	
Dişli malzemesi kopma gerilimi	σ_k	N/mm ²	700
Dişli malzemesi düzeltilmiş sonsuz ömür gerilimi	σ_D	N/mm ²	385
Çentik katsayısı	K_c	-	1,5
Çalışma emniyet katsayısı	S	-	2
Malzemenin elastikiyet modülü	E	N/mm ²	$2,1 \cdot 10^5$
Malzeme sertliği	HB	N/mm ²	2100
Emniyetli yüzey basıncı	P_{emn}	N/mm ²	525

Optimum modül seçimi yapılacak helis dişli kutusunun şematik görünüşü Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. Şematik helis dişli kutusu

3.2. Tasarım Kısıtları

Bir dişli kutusu tasarımında en önemli amaçlardan bir tanesi, sisteme gelen torku taşıyabilecek optimum modülün hesaplanmasıdır. Bu amaçla helis dişlinin, dişlerine gelen kuvvetin diş dibi kırılmalarına ve yüzey ezilmelerine yol açmaması için kısıt fonksiyonları kullanılmıştır. Dişli kutusunun tasarım kısıtları aşağıdaki gösterildiği gibi olması düşünülerek optimum modül seçimi yapılmıştır.

$$g_1 = (2SMk_dk_f \cos(\beta \pi/180)) / ((Z/\cos(\beta \pi/180))^3 \Psi_m \epsilon m^3) \leq \sigma_d/k_c \quad (5)$$

$$g_2 = (2SMk_d E(i+1) \cos(\beta \pi / 180))^3 / (Z^2 i \Psi_m \epsilon m^3) \leq P_{emn}^2 \quad (6)$$

Genetik algoritma çözüm uzayında optimum adayı tararken yukarıda gösterilen fonksiyonu kısıtlayıcı bölge içerisinde de yapabilmektedir. Bu tip bir kısıtlayıcı alan çözüm uzayı içerisinde fonksiyona, tasarıma bağlı özelliklerin düşünülerek algılanmasını ve genetik algoritmanın istediği şekilde yönlmesine engel olunur. Kullanılan popülasyon içerisindeki optimum adayın bulunması için amaç fonksiyonun minimizasyonuna göre kısıt fonksiyonu olarak aşağıda bağıntı kullanılmaktadır.

$$F_{uygunluk} = F - (F_{amaç}(m, Z, \Psi_m) + P) \quad (7)$$

$$P = \sum_{j=1}^{N_{KON}} r_j (\max[0, g_j])^2 \quad (8)$$

Burada F, uygunluk fonksiyonunu negatiften hariç tutmak için $F_{amaç}(m, Z, \Psi_m) + P$ fonksiyonundan yeterince büyük seçilmiştir ve P bir ceza fonksiyonudur [5].

3.3. Genetik Algoritmanın Parametreleri ve Modül Seçimi Değişkenleri

Bir fonksiyondaki değişkenlerin alabilecekleri değerleri ve tarama adımını ikilik (0,1) sayı tabanına göre kodlamak gerekmektedir. Bu kodlama sayesinde genetik algoritma operatörleri kullanılabilir. Bu kodlamanın yapılması için aşağıdaki bağıntı kullanılır. Burada l , her değişken için kullanılan bit uzunluğu, $x(i)_{alt\ sınırl}$ değişkenin alt sınırı, $x(i)_{üst\ sınırl}$ değişkenin üst sınırı, ϵ değişken adımındır [5].

$$2^l \geq \frac{x(i)_{lower} - x(i)_{upper}}{\epsilon} + 1 \quad (9)$$

Bit uzunluğu hesaplandıktan sonra ikilik sayı tabanındaki bitler yan yana getirilerek değişken sayısı kadar kromozom uzunluğu oluşturulur. Artık bu kromozom uzunluğu sayesinde genetik operatörler kullanılabilir. Genetik algoritma işlemleri sonrası kodların çözülmesi içinde aşağıdaki bağıntı kullanılmaktadır. Burada $d(i)$ dizinin 10'luk tabandaki değerini göstermektedir [5].

$$x(i) = x(i)_{alt\ sınırl} + \frac{x(i)_{lower} - x(i)_{upper}}{2^l - 1} d(i) \quad (10)$$

Aşağıdaki Çizelge 2.'de modül seçiminde kullanılan değişkenlerin bit uzunlukları gösterilmiştir. Bu tabloda görüleceği gibi modül için 8 bit, diş sayısı için 5 bit, genişlik oranı için 6 bit kullanılarak bu bitlerin yan yana sıralanması sonucu 19 genli bir kromozom oluşturulmuştur.

Çizelge 3. Helis dişli değişkenleri

Helisel dişli değişkenleri		
Modül (m)	Diş sayısı (Z)	Genişlik oranı(Ψ_m)
01010010	11100	001010
01010010+11100+001010		
0101001011100001010		

Popülasyon sayısı, Goldberg tarafından aşağıdaki bağıntı ile bulunması tavsiye edilmektedir [4].

$$Popülasyon\ sayısı = 1.65 * 2^{0.2l * l} \quad (11)$$

Bu bağıntıya göre, optimum helis dişli seçiminde optimum popülasyon sayısı 27 olarak kullanılabilir. Çizelge 3’de bu popülasyonun başlangıçtaki rasgele seçimi sonucu, başlangıç popülasyonun ilk 15 adayı görülmektedir.

Çizelge 4. Başlangıç popülasyonu

Aday Sayısı	Rasgele seçilen 2’lik tabandaki diziler
1	0101001011100001010
2	0110101000100111100
3	1011110001110011100
4	0001111100000010101
5	1010101110010101011
6	1010101110101001111
7	1110001110001101010
8	0101010111000111010
9	0111111000100111100
10	1011100001110011100
11	0011001100000010101
12	1000101010010101011
13	1010101000101001111
14	1110011110001101010
15	0001010111000111010

3.4. Genetik Algoritmanın Seçme, Çaprazlama ve Mutasyon Operatörleri

Genetik Algoritmanın seçme operatöründe popülasyondaki her adayın fonksiyondaki durumu hesaplanarak minimum olan iki adayın seçilmesi sonrası diğer adaylara çaprazlama ve mutasyon uygulanarak eski popülasyonun en kötülerinin yerini alacak yeni popülasyon oluşturulur. Bu sayede kötüler elimine edilerek en iyilerin hayatta kalmasına olanak sağlanır. Çaprazlama yapılmasıyla yeni adayların popülasyona katılımı sağlanarak optimuma gitmenin adımı atılmış olur. Ayrıca çaprazlama sayesinde her adayın birbirleriyle genlerinin değiştirilmesine olanak sağlanır. Tek kesimli çaprazlama işleminin yapılışı, örnek iki aday üzerinde Çizelge 4’de gösterilmiştir [5], [7-8].

Çizelge 5. Çaprazlama

Çaprazlanan bireyler	
Aday 1	0101001011100001010
Aday 2	0110101000100111100
Çaprazlama sonrası yeni bireyler	
Birey 1	0101001010100111100
Birey 2	0110101001100001010

Genetik algoritmanın mutasyon operatörü, bir adayın kromozomlarının rasgele bir bölümünden bir geninin değiştirilmesi işlemidir. Yani değiştirilecek yerdeki gen, 0 ise 1 veya tersi bir şekilde 1 ise 0 yapmaktır. Bu işlemin amacı populasyondaki adayların içerisinde yeni özelliklerin ortaya çıkartılmasına neden olmaktadır. Mutasyon işlemi için, Çizelge 5’de bir örneklendirme yapılmıştır. [7-9]

Çizelge 6. Mutasyon

Bireyin önceki kromozom yapısı	0110101001100001010
Bireyin sonraki kromozom yapısı	0110101000100001010

Back tarafından önerilen mutasyon oranı bağıntısıyla mutasyon oranı hesaplanabilir.[10]

$$1/popülasyon\ sayısı < P_{mutasyon\ oranı} < 1/kromozom \quad (12)$$

$1/27 < P_{mutasyon\ oranı} < 1/19$ bağıntısından mutasyon oranı 0.03 kullanılması tavsiye edilmektedir.

Bu çalışmada genetik algoritma için seçilmiş parametreler aşağıdaki Çizelge 6’da gösterilmiştir.

Çizelge 7. Genetik Algoritma parametreleri

Genetik Algoritma parametreleri	
Kromozom uzunluğu	19
Popülasyon sayısı	27
Jenerasyon sayısı	100
Çaprazlama olasılığı	0.7
Mutasyon oranı	0.03

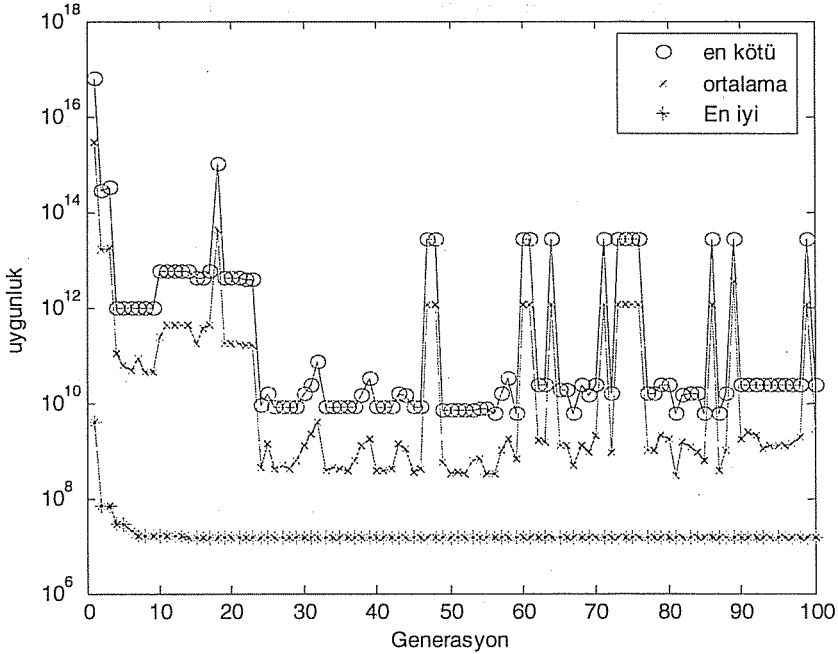
4. GENETİK ALGORİTMA SONUÇLARI

Çalışma, popülasyondaki tüm dizinin birbirine yakın sonuçlar vermeye başladığı zaman sonlandırılmıştır. Bu parametrelerle genetik algoritma kullanıldığında Çizelge 7’deki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 8. Helis dişli optimum hacim ve değişkenlerin sonuçları

Genetik Algoritma sonuçları		
Fonksiyon değişkenleri	Genetik Algoritma	Standart değer
Modül, m	14.384896	15
Diş sayısı, Z	16.218628	17
Dişli genişlik oranı, Ψ_m	19.713252	-
Amaç fonksiyonu		
Helis dişli hacmi	15114905	-

Şekil 7’de, Amaç fonksiyonu optimuma ulaştığında oluşan genetik algoritma fonksiyon grafiği görülmektedir. Bu grafikte, arama uzayında elde edilen en iyi, ortalama ve en kötü eğriler verilmektedir. En iyi eğrisinin 14. jenerasyondan sonra modül minimizasyonunun sağlandığı açıkça görülmektedir. Çizelge 8’de, Genetik Algoritma ile elde edilen modül, diş sayısı, genişlik oranı ve helis dişli hacmi değerleri görülmektedir.



Şekil 7. Optimum amaç fonksiyonu grafiği

5. SONUÇ

G.A. ile çözümlene tekniği, dişlinin en az hacme sahip olmasını sağlamak amacıyla, dişlilerin boyutlandırılmasında temel değer olan modül, diş sayısı, genişlik oranı değişkenleri için kullanıldı. Helis dişlilerde diş dibi mukavemeti ve yüzey

ezilmesine göre kısıtlanan minimum hacim, Şekil 7.'deki grafikte en iyi, ortalama ve yetersiz çözümler olarak görüldü. Elde edilen sonuçlar ise Çizelge 8'de görülmektedir. Bu sonuçlar, dişlinin verilen tasarım parametrelerine göre, taşınması istenen tork için minimum modül, diş sayısı, helis açısı ve genişlik oranıdır. Diş sayısının sınır aralıkları, 10 diş ile 30 diş arasında olduğundan, elde edilen 16,21 sonucu en yakın tam sayı olan 17 dişe yuvarlanmıştır. Bu değer tasarım parametre şartlarına uygun olduğu söylenebilir. Modülün sınır aralıkları 1 ile 20 arasında kabul edilmiş, bu değer G.A. sonucu 14.38 olarak bulunmuştur. En yakın tam sayı olan 15 modül değeri de amaç fonksiyonuna ve tasarım kısıtlarına uygun bir değer taşımaktadır. Yine aynı yaklaşımla, 19,71 olarak bulunan genişlik oranı, sınır değerleri olarak kabul edilen 18 ile 23 arasında olup, bu değer, dişli motor milindeki 420 BG'lik gücün oluşturduğu tork, diş dibi kırılmaları ve yüzey ezilmelerini karşılayacak değerdedir. Böylece değişkenlerin GA ile elde edilen bu optimum değerleri, amaç fonksiyonu olan dişli hacmini minimum boyuta indirgeyecektir. Belirlenen tasarım kısıtlarıyla elde edilen bu sonuçlar en uygun değerlerdir. Yapılan bu çalışma ile G.A'nın, çözümü istenen optimizasyon probleminin iyi tanımlanması, tasarım değişkenlerinin sınırlarının ve kısıt fonksiyonlarının uygun belirlenmesi şartıyla, makine parçalarının mukavemet hesapları ve tasarım optimizasyonunda kullanılabileceği, mantıklı ve uygun sonuçların alınabileceği sonucu ortaya konmuştur.

6. KAYNAKLAR

1. Esa,T., "Independent Research Projects In Applied Mathematics Applying A Genetic Algorithm in Cellular Radio Network Optimization", 28th January 2002.
2. Bircan,D.A., "Automated Process Planning System for Rotational Parts", Ms Thesis, Institute of Natural and Applied Sciences, 12-09-2000.
3. Bayramoğlu,M., Bircan,D.A., "The Use of Genetic Algorithm in Computer Aided Process Planning of Rotational Parts", II. Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Sempozyumu, s.723-731, Manisa, 7-9 Kasım 2001.
4. Goldberg,D.E., "Computer Aided Pipeline Operation Using Genetic Algorithms and Rule Learning Part I: Genetic Algorithms In Pipeline Optimisations", Engineering with Computers,1987.
5. Saruhan,H., Uygur,I., SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, 7. cilt 2.sayı, (2003).
6. Bozacı,A., Makine Elemanları Cilt 2, Çağlayan Yayınevi, İstanbul, 2004.
7. Yaman,M., "Genetik Algoritma ile Kardan Mili Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2007).
8. Yaman,M., Saruhan,H., Mendi,F., "Thickness Optimization Of Hollow Cardan Shaft Using Genetic Algorithm", Universiti Teknologi Mara(UiTM)'in 14, August2006 tarih ve JTMSK37/3/2 sayılı kabul yazısı.
9. Yaman,M., Saruhan,H., Mendi,F., "Power Loss Optimization of Worm Gear Mechanism By Using Genetic Algorithm", FIGES 11.th User's Conference For Computer Aided Engineering And System Modeling, ISBN 975-98408-2-0, 13-15, Bolu Turkey, (2006).
10. Back,T., "Optimal Mutation Rates in Genetic Search", Proceedings of the 5. International Conferance on Genetic Algorithms, Morgan Kaufmann, 2-8, Los Angelas, (1993).

UÇUCU KÜL VE BAZALTİK POMZANIN TUĞLA ÜRETİMİNDE KATKI OLARAK KULLANILMASI

Hanifi BİNİCİ, Ahmet ULUSOY, Hüseyin TEMİZ

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

Orhan AKSOĞAN

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

ÖZET : *Türkiye'deki termik santrallerin yan ürünü olan ve aynı zamanda çevresel kirlilik oluşturan uçucu küllün, yüksek mukavemetli tuğla üretiminde kullanılması bu çalışmanın temel amacıdır. Uçucu kül ile birlikte, yüksek oranda silisyum içeren ve ülkede çok miktarda bulunan pomzaların da tuğla üretiminde katkı maddesi olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Türkiye genelinde birçok bölgede bazaltik pomza rezervi bulunduğu bilinmekle birlikte bunlardan pek azı ticari olarak işletilmekte ve farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bunun çeşitli sebeplerinden birisi bazaltik pomzanın özellikle iç pazar açısından tüketim alanlarının ve bu alanlarda kullanılan miktarlarının az oluşudur. Bu çalışma ile bazaltik pomzanın yapı malzemeleri sektöründe daha yaygın kullanımıyla Türkiye'deki bazaltik pomza tüketiminin artırılması amaçlanmaktadır. Türkiye'deki birçok termik santralin uçucu külleri artık ciddi anlamda hem depolama sorunu yaratmakta hem de çevresel kirliliğe neden olmaktadır. Katkısız ve %10 uçucu kül ile %10 pomza katkılı tuğla üretilmiştir. Temin edilen uçucu kül, bazaltik pomza ve kilin kimyasal içerikleri ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca tuğlaların değişik iklim koşullarındaki davranışları deneysel olarak ortaya konulmuştur. Bu çalışma tuğla üretiminde uçucu kül ve pomza kullanılması halinde ülke ekonomisine önemli katkı sağlanacağını göstermiştir.*

USE OF FLY ASH AND BASALTIC PUMICE AS ADDITIVES IN THE PRODUCTION OF CLAY BRICK

ABSTRACT : *Main objective of this study is to use side product of thermal power plant, which also causes environmental pollution, in the production of high strength clay bricks. Beside fly ash, basaltic pumice, which includes high amount of silica and are readily available in our country, used as an additive material in the production of high-strength clay bricks. Turkey has very rich basaltic pumice reserve in various regions and most of them have not been used efficiently. One of the reasons of this is that domestic consumption areas of the basaltic pumice and the amount of usage in these areas have been very low. With this study, consumption of the basaltic pumice in Turkey will be increased by its use in the production of construction materials. Similarly, use of fly ash in construction materials will help to reduce problems related to the storage and environmental pollution. So, fly ash and basaltic pumice will have*

economical value due to their use in construction materials. Basaltic pumice and clay are also readily available in the same region. Chemical and mechanical characteristics of the obtained materials were determined, Clay bricks with/without additives were produced. Moreover, behavior of clay bricks in different environments were also determined experimentally. The of the study showed that an important contribution to the economy of the country will be provided by using fly ash and pumice in brick production as additives.

1. GİRİŞ

Betonun maliyetini düşürmesi ve özelliklerinde bazı iyileştirme meydana getirmesi yüzünden uçucu kül, hazır beton ve çimento üretiminde kullanılmaktadır. Ancak uçucu küllerin beton üretim noktalarına yakın bölgelerde bulunmaması durumunda bu iş ekonomik olmamaktadır. Bu durumda tuğla fabrikalarına daha yakın olan uçucu küllerin tuğla üretiminde kullanılması düşünülebilir. Tuğla, inşaat sektöründe duvar malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Tuğla kalitesini yükseltmek amacıyla uçucu kül vb endüstriyel atıkların tuğla üretiminde kullanılması çalışmaları yenidir. %15 oranında bor atığının tuğla üretiminde katkı olarak kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür (1). Ülkemizin yaklaşık 3 milyar metreküp pomza rezervi olduğu belirtilmiştir (2). Ancak bu malzemenin tuğla üretiminde kullanımı henüz araştırılmamıştır. Yapılan bir çalışmada bazaltik pomzanın, seramik üretiminde başarılı bir şekilde kullanıldığı açıklanmıştır (3). Üretilen seramiklerin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiş ve sonuçta pomzanın seramiğin birçok mühendislik özelliğini geliştirdiği görülmüştür.

Tuğlanın esas hammaddesi olan kil yerine, belirli oranlarda uçucu kül ilave edilerek üretilen tuğlaların pişirme parametreleri araştırılmıştır (4). Çalışma sonunda tuğla hamurunun plastik indeksinin kil ile yer değiştiren uçucu kül oranına bağlı olduğu görülmüştür. Yer değiştirme oranı arttıkça plastik indeks düşmektedir. Sinterleşme sıcaklığı olarak 1000 °C derece seçilmiştir. Araştırma sonunda uçucu külün tuğlaların özelliklerini geliştirdiği bulunmuştur. Uçucu kül katkısı sayesinde tuğlaların basınç dayanımları artmış, su emme oranı azalmış, numunelerde çatlak oluşmamış ve donmaya karşı yüksek dayanım elde edilmiştir.

Tuğla üretiminde uçucu kül kullanımının birçok avantajı olduğu literatürden anlaşılmaktadır. Bunlardan bir kaçısı olan, (5), (6) ve (7) ile yapılan çalışmalarda, uçucu külün yüksek oranda karbon içermesi sayesinde pişirme ısısı düşmüş ve ısı tasarrufu sağlanmıştır. Tuğla üretiminde uçucu kül kullanımı Almanya, İngiltere ve Çin'de çalışılmıştır.

Kil minerali ihtiva eden, belli ölçüde suyla karıştırıldığında plastik çamur haline gelen, şekillenme özelliğine sahip ve 900–1000 °C'de pişirildiğinde, çatlamadan sertleşebilen bütün topraklar, tuğla-kiremit hammaddesidir. Tuğla toprağı genellikle illit, az miktarda montmorillonit, kaolinit, kuvars, demir mineralleri, az miktarda organik maddeler ve suda çözülebilen tuzları içerir (8). Kil minerallerinin en önemli özelliği belirli oranda su ile (%25–35) karıştırıldığında plastik hale gelmesi, şekillenebilmesi ve kurutulup pişirildikten sonra dayanıklı bir malzeme yeteneğinin olmasıdır. Kil içinde bulunan silisli, demirli ve alkali bileşikler hamurun plastikliğini ve ürünün ateşe dayanma yeteneğini azalttığı belirtilmiştir.

Erzin-Hatay civarındaki bazaltik pomzalarla, Isparta bölgesi pomzalarının kiremit sektöründe kullanılan kile ayrı ayrı farklı oranlarda ilavesiyle kiremit yapısında kuru ve pişmiş örneklerin özellikleri incelenerek, pomzaların ürüne etkileri araştırılmıştır (9). Sonuç olarak, asidik pomzanın bazik pomzaya göre yoğunluk ve büzülmesi azalttığı, su emme ve porozite değerlerini arttırdığı tespit edilmiştir. Kuru ve pişmiş mukavemet değerleri asidik pomza ilaveli örneklerde daha yüksek bulunmuştur.

Türkiye’de uçucu kül, kömür yakıtlı termik santrallerde atık malzeme olarak ortaya çıkmaktadır. Fakat bu atığın sadece küçük bir kısmından ham madde olarak beton ve çimento üretiminde faydalanılmaktadır.

Tuğlanın tecrit kapasitesi, kil hacminin gözenekliliğinin artışı ile artar (10). Gözenek artışı için tutuşabilir, gözenek oluşturuvcu katkıların organik tipleri, bu amaç için en çok kullanılan malzemeler olmuştur. Bu sebepten dolayı, organik atıkların artan oranları (ağırlık olarak %0, %2,5, % 5 ve %10) ham tuğla kili ile karıştırılmıştır. Tüm örnekler 900 °C de fırınlanmıştır. Şekillenme, plastisite, yoğunluk ve mekanik özellikler üzerine etkiler araştırılmıştır.

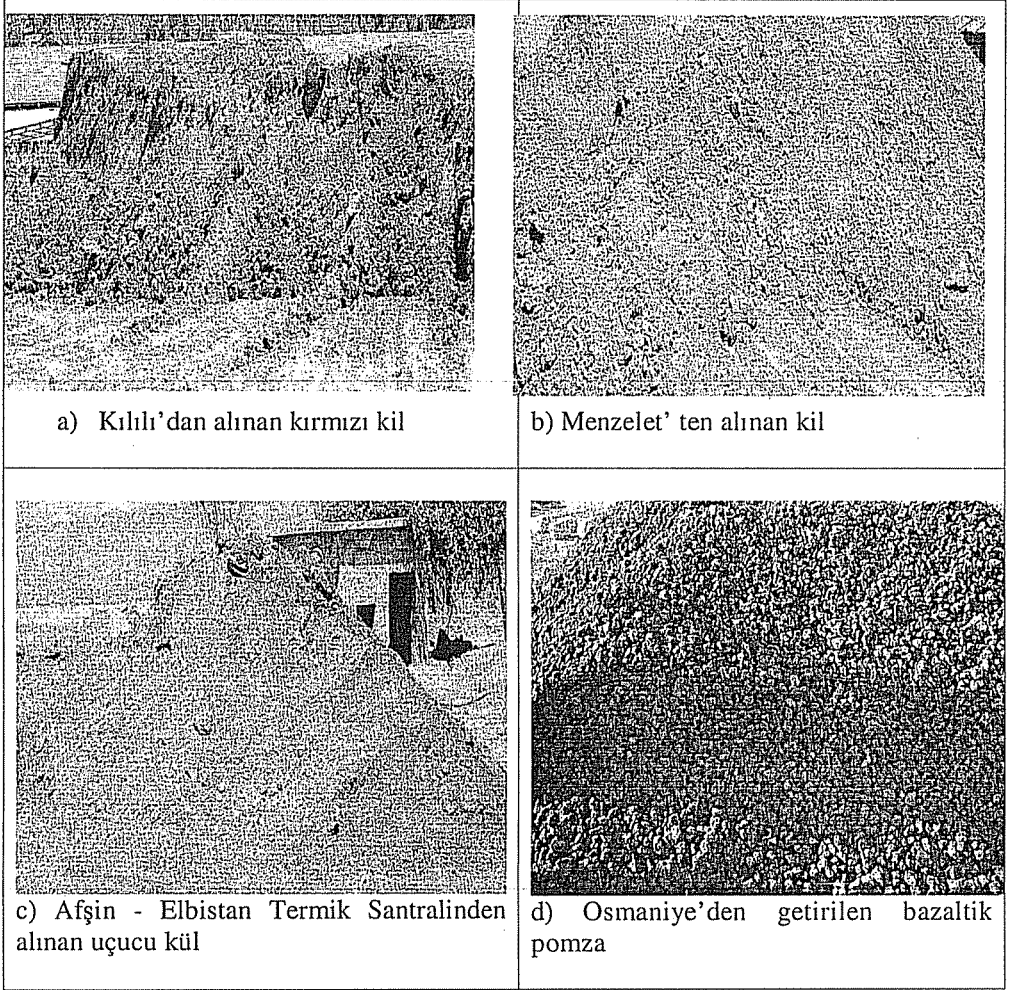
Bu çalışmada katkısız ve %10 uçucu kül ile %10 pomza katkılı tuğla üretilmiştir. Üretilen tuğlaların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca tuğlaların değişik iklim koşullarındaki davranışları deneysel olarak ortaya konulmuştur.

2. MATERİYAL VE METOD

Türkiye bazaltik pomza olarak da anılan doğal pomza kaynakları açısından son derece zengindir. Ülkenin yaklaşık 155000 km² çağ volkanik kayalarla kaplıdır (11). Bu volkanik kayalar üzerine birçok araştırma yapılmasına rağmen doğal puzolan olarak bunların potansiyelleri tam olarak saptanmamıştır. Bazaltik pomza çekirdekleri Dördüncü çağ birikimleridir. Çukurova bölgesinde yer alan pomzaların yaklaşık olarak rezervleri 1 milyar ton olarak tahmin edilmektedir. Pomza ortalama olarak % 85 volkanik cam ihtiva eder. Bazaltik pomzanın fazla miktarda gözenekliliği kolay ve ekonomik kırılma için bir avantajdır. Puzolonik katkıların tuğlada kullanılması mekanik dayanıklılık, işlenebilirlik, yalıtım ve ekonomi sağlar. Termik santrallerde elektrik enerjisi üretmek amacı ile kullanılan pulverize kömürden yanma sırasında baca gazları ile taşınan küller oluşur. Uçucu küller, bu küllerin mekanik veya elektrostatik filtrelerde tutulması sonucu ortaya çıkan atık ürünlerdir. Uçucu küllerin özellikleri ve bileşimleri üzerinde elde edildikleri kömürün önemli etkisi vardır. Taş kömüründen elde edilen ve SiO₂ ağırlıklı olan ve bir miktar Al₂O₃ bulunduran, ancak CaO oranı düşük olan küllere silikoalüminöz adı verilir. Öte yandan özellikle linyit kömürü yakılmasından oluşan küllere, bileşimlerine bağlı olarak silikokalsik veya sülfokalsik denir. Silikokalsiklerde SiO₂ oranı daha yüksek bulunurken bu her iki tip küilde de önemli miktarda CaO yer alır. ASTM C 168 standardı uçucu külleri iki ana sınıfa ayırmaktadır. Bu sınıflamada SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ > % 50 olanlar C sınıfı olarak kabul edilmektedir.

Tuğla üretimi için bölgede yüz binlerce ton kil rezervi yer almaktadır. Özellikle Menzelet Barajı alt bölgesinde çok uygun kil yatakları mevcuttur. Bölgedeki Afşin-Elbistan Termik santralinde yılda 1 milyon ton civarında uçucu kül oluşmaktadır. Hali hazırda bu miktarın birkaç katı kül santral civarında depolanmış durumdadır. Yine bölgede özellikle İslâhiye ve Osmaniye’ye yakın yerlerde bol miktarda (görülür rezervi

2 milyon ton) olan pomza yatakları mevcuttur (3). Çalışmada kullanılan malzemeler Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan malzemeler

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmada, malzemelerin kimyasal analizleri ve tane dağılımları yapılmıştır. Tuğla üretimi için, pomza ile kil, uçucu kül ile kil ve pomza, uçucu kül ile kil olarak karışım yapılmıştır. Belirlenmiş olan katkı (%10 uçucu kül, %10 pomza ve %80 kil) oranları için uygun su miktarları, öğütme süreleri ve Standard pişirme sıcaklığı belirlenmiştir.

3.1. Malzemelerin Kimyasal İçeriklerinin ve Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

Bölgeden temin edilen kırmızı ve gri kil, pomza ve uçucu külün kimyasal özellikleri Tablo 1’de, fiziksel özellikleri Tablo 2’de ve görüntüleri Şekil 1, 2 ve 3’te verilmiştir.

Tablo 1. Kil, pomza ve uçucu külün kimyasal içerikleri

Bileşenler (%)	Kırmızı kil	Gri Kil	Pomza	Uçucu kül
SiO ₂	61.60	42.59	46.19	23.21
Al ₂ O ₃	17.93	11.92	17.26	12.88
Fe ₂ O ₃	8.24	6.97	11.27	13.06
CaO	1.61	13.97	8.98	22.55
MgO	1.34	6.28	5.27	3.42
SO ₃	-	-	0.05	12.16
Na ₂ O	0.63	1.33	4.06	0.60
K ₂ O	1.56	1.39	2.82	2.02
P ₂ O ₅	0.08	0.14	0.81	0.56
TiO ₂	0.99	0.71	3.03	0.41
MnO	0.31	0.12	0.18	-
NiO		0.02	0.03	-
ZnO		0.02	0.02	0.03
Cr ₂ O ₃		0.0093	0.0633	-
Kızdırma Kaybı		5.61	14.42	9.10

Tablo 2. Kil, pomza ve uçucu külün fiziksel özellikleri

Özellik	Kil	Pomza	Uçucu kül
Özgül Ağırlık	1.27	2.75	3.16
Su Emme Kapasitesi (%)	0.86	1.22	1.33
Boşluk Oranı (%)	35.20	50.32	-

3.2. Malzemelerin Granülometrisi

Çalışmada kullanılan uçucu külün tanecik dağılımı lazer ile yapılmıştır. Killerin tanecik dağılımı ise standart eleklerde yapılmıştır. Killerin tanecik dağılımı Tablo 3’te, uçucu külün tanecik dağılımı Tablo 4’te verilmiştir. Pomza ise Şekil 1.d’de verildiği gibi agrega olarak alınmış ve Şekil 3’teki öğütme sisteminden geçirildikten sonra kullanılmıştır.

Tablo 3. Kırmızı kilin elek analiz değerleri

Gri kil		Kırmızı kil	
Elek çapı (mm)	% Geçen	Elek çapı (mm)	% Geçen
0.01	9.78	0.01	8.11
0.1	21.92	0.1	32.45
0.50	27.80	0.50	43.06
0.75	42.53	0.75	64.07
1	54.52	1	74.69
2	64.26	2	80.69
2.4	78.93	2.4	87.82
2.6	84.39	2.6	90.34
2.8	93.03	2.8	94.28
5	97.29	5	97.70
10	100	10	100

Tablo 4. Uçucu külün elek analiz değerleri

Elek çapı (μ m)	% Geçen	Elek çapı (μ m)	% Geçen	Elek çapı (μ m)	% Geçen
1	1.78	25	34.99	90	81.96
2	3.79	30	39.93	120	91.73
3	6.31	35	44.59	175	97.76
5	10.52	45	53.12	200	98.70
10	18.24	50	57.08	250	99.63
15	24.31	60	64.46	320	100
20	29.80	80	77.01	350	100

Tanecik dağılımından kullanılan malzemelerin yeterince öğütüldüğü anlaşılmaktadır.

3.3. Kurutma Sonrası Yapılan Deneyler

Tuğla üretimi; hammadde hazırlanması, şekillendirme, kurutma, pişirme, ambalajlama ve sevkiyet kademelerinden oluşmaktadır [12]. Plastik tuğla çamurunun kalıplara dökülüp istenen boyutlardaki şeklini almasından sonra tartılıp sonuçlar kaydedilmiştir. Aynı zamanda kuruma küçülmesinin (büzülmesinin) belirlenmesi için örneklerin üzerinde TS 4790'da belirtildiği gibi 100 mm'lik uzunlukta işaretleme ve 110 °C'de etüvde kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kurutma sonrasında örneklerin ağırlıkları ölçülerek plastiklik suyu, işaretlenmiş uzunlukları ölçülerek kuruma küçülmeleri ve TS 4790'da belirtilen 100 mm açıklıklı iki mesnet arasına yerleştirilen örneğin üzerinde tam ortasına uygulanan kuvvet sonucunda kırılma anındaki değer kuru eğilme mukavemeti olarak belirlenmiştir. Tablo 5'te verilen değerlere göre örnekler oldukça plastiktir. Kuruma küçülmesi kil oranına bağlı olarak daha fazla artmaktadır.

Tablo 5. Kuru numuneler üzerindeki deney sonuçları

Özellik	Katkısız tuğla	Katkılı tuğla
Plastiklik suyu (%)	42.3	44.2
Kuruma küçülmesi (%)	8.5	5.2
Kuru eğilme dayanımı (Kg/cm ²)	3.3	9.4

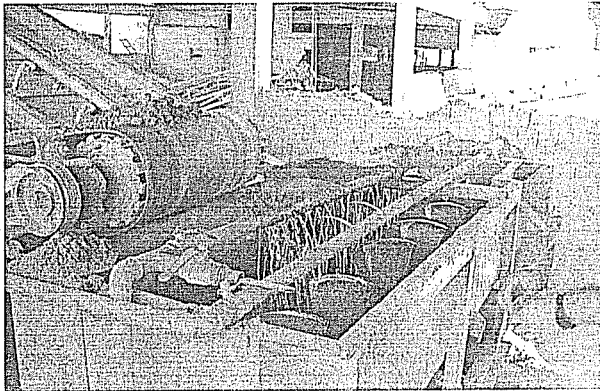
3.3. Tuğla Üretimi

Tuğla, killi toprağın su ile hamur şekline getirilip, şekillendirildikten ve kurutulduktan sonra özel ocak ve fırınlarda yüksek sıcaklıklarda (900°C) pişirilmesi ile elde edilmiştir. Tuğlanın özellikleri tuğla toprağının karışım oranına (kum-kil), üretim tekniğine, pişirme şekline ve pişirildiği sıcaklık derecesine göre değişir. Deneme çalışmaları için sadece %10 bazaltik pomza ve %10 uçucu kül katılmış örnekler ile sadece kil ile üretilen örnekler için belirlenmiş olan oranlarda kil, pomza ve uçucu kül ön kırıcıya girmek üzere getirilmiştir (Şekil.2).



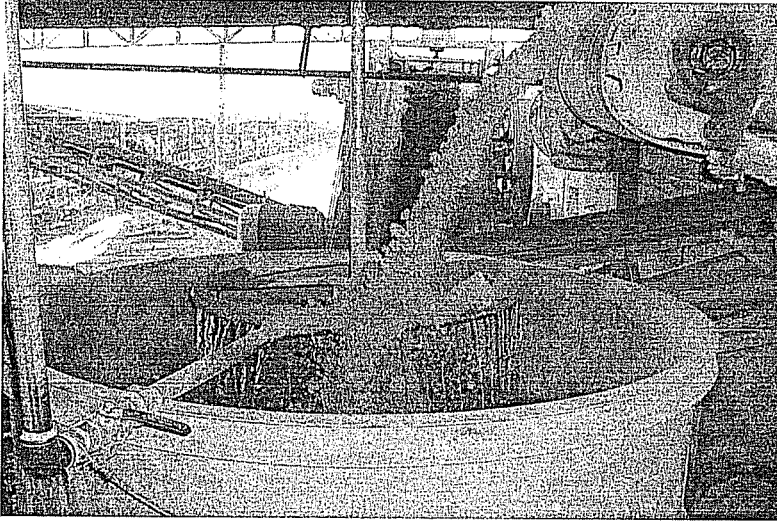
Şekil 2. Ön kırıcıya girip öğütülmeye hazır olan kil, pomza ve uçucu kül

Ön kırıcıdan çıkan ve belirli bir boyutun altına inen malzemeler daha küçük boyutlar için su ile öğütülmek üzere ikinci değirmene alınmaktadır (Şekil.2).



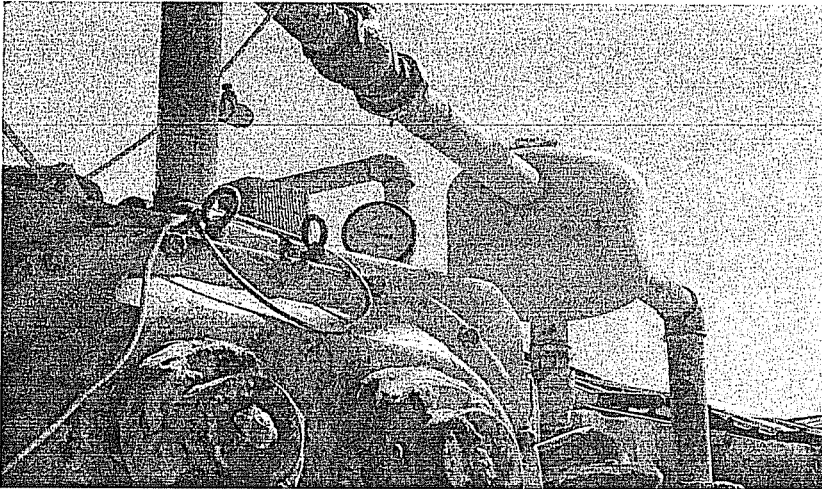
Şekil 3. İkinci öğütülme sistemi

Yeterince öğütülmüş olan malzemeler plastik kıvamda gelinceye kadar bantlar üzerinden karıştırıcıya iletilir (Şekil. 4).

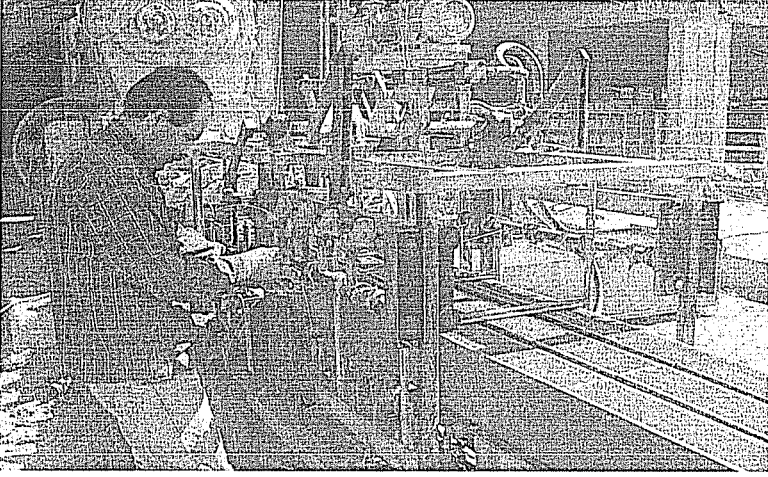


Şekil 4. Plastik tuğla hamurunun hazırlanması

İçerisinde yüksek basınç olan tanklara iletilen plastik kıvamdaki tuğla hamuru (Şekil. 5) daha sonra otomatik bir sistem ve tel kalıplar yardımı ile kesilmektedir (Şekil. 6). Plastik kıvam için katkısız tuğlalarda %18, katkılı olanlarda ise %22 su gereksinimi belirlenmiştir.

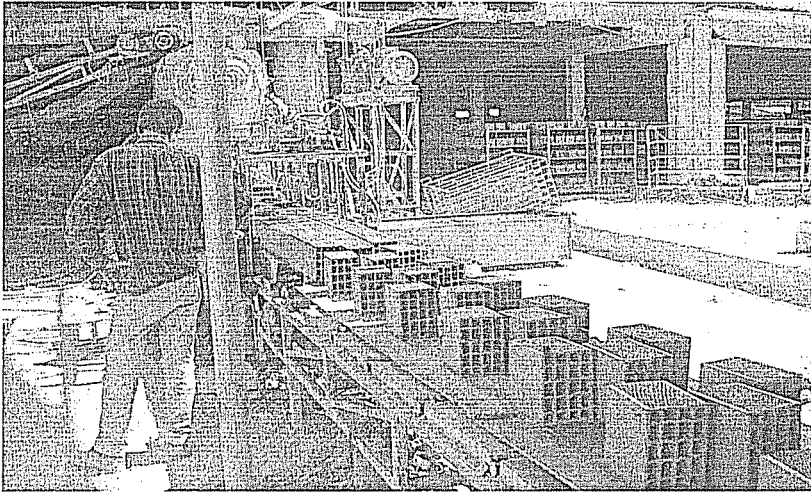


Şekil 5. Plastik tuğla hamurunun stoklandığı basınçlı depo



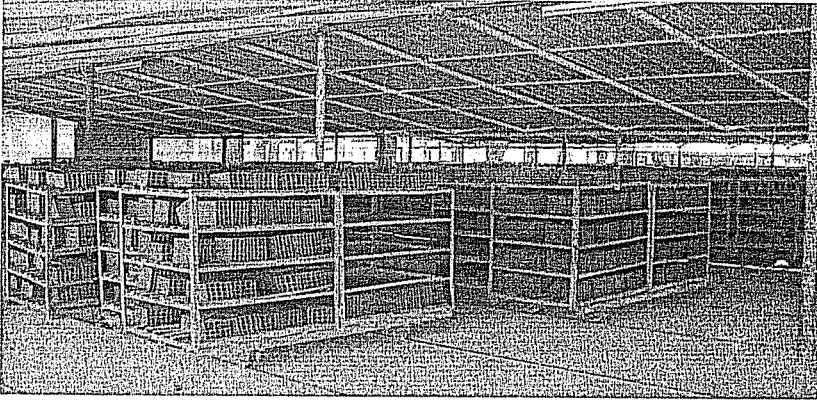
Şekil 6. Otomatik sistemde tel yardımı ile kesilen ve standart boyut verilen tuğlalar

Bu aşamada meydana gelen kusurlu tuğlalar sehpalarda ayrılmaktadır (Şekil 7).



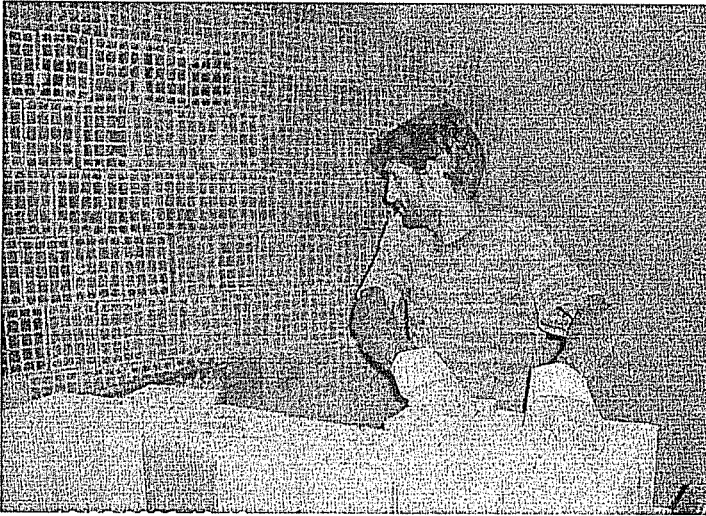
Şekil 7. Ön kurutmaya gitmeden kusurlu örneklerin ayrılma işlemi

Ön kurutma işlemi güneşe kapalı atmosferde yapılmaktadır (Şekil 8).



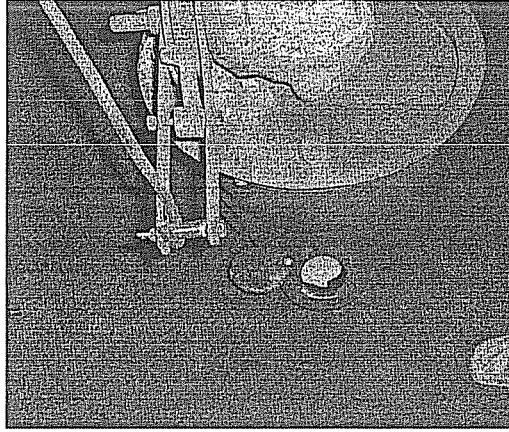
Şekil 8. Güneşe kapalı ön kurutma işlemi

Yeterli ön kurutma işleminden sonra numuneler pişirilmeden sıcak hava ile ikinci kurutma işlemi için fırına gönderilmektedir. Fırın içerisinde 850-900°C ye kadar pişirilmek üzere istifleme işlemi yapılmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Fırındaki numuneler

Yeterli kurutmadan sonra fırının kapıları sıvanmaktadır. İstiflenen tuğlaların arasına çok küçük boyutlardaki kömür tozları basınçla raf aralıklarına gönderilmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Tuğlaların pişirilmesinde kullanılan ve otomatik olarak gönderilen çok küçük taneli kömür küllerinin bulunduğu basınçlı silolar

3.4. Tuğlaların Mekanik Özellikleri

Plastiklik suyu oranı, kuruma küçülmesi oranı ve kuru kırılma (eğilme) mukavemeti değerleri TS 4790'da [13] verilen deney yöntemlerine uygun olarak belirlenmiştir. Kurutulan test örnekleri 850–900 °C'de pişirilerek bu numuneler üzerinde; toplam doğrusal küçülme, zararlı kireç ve manyezi, su emme, dona dayanıklılık, basınç mukavemeti ve pişmiş kırılma (eğilme mukavemeti) deneyleri TS 4790'da verilen deney yöntemlerine uygun olarak yapılmıştır. Her bir deneyin sonucu 3 adet test örneği üzerinden alınan değerlerin ortalaması alınarak elde edilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen verilere göre en iyi sonuç olarak belirlenen karışım oranlarında fabrikada yapılan gerçek tuğla üretimleri ile elde edilen tuğlalar üzerine TS 4790, TS 705, TS 4377'da [13, 14, 15] verilen yöntemlere göre testler uygulanmış ve TS 4790'da istenen değerlere uyup uymadığı kontrol edilmiştir. 850–900°C sıcaklıkta pişirilen numuneler fırından alınmıştır. Katkısız ve katkılı tuğlaların özgül ağırlık, görünür porozite, su emme ve basınç dayanımları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Tuğlaların fiziksel ve mekanik özellikleri

Tuğla türü	Fiziksel özellikler				Mekanik özellikler			
	Özgül ağırlık	Doğrusal küçülme (%)	Su emme (%)	Renk	Basınç dayanımı (Kg/cm ²)	Eğilme dayanımı (Kg/cm ²)	Çatlak oluşumu (%)	Büzülme
Katkılı tuğla	1.86	5.6	15	Açık sarı Açık kırmızı	37	3.5	7	Kısmen
Katkısız tuğla	1.84	8.7	16	Kırmızı Kahve	29	9.4	1	Yok

3.5. Tuğla Üretiminde Değişik Aşamalarında Meydana Gelen Zayıt Oranları

Tuğla üretiminin plastik kesim, ön kurutma, ikinci kurutma ve pişirme aşamasında meydana gelen zayıtlar ve oranları belirlenmiştir. 1841 adet tuğla üzerinden yapılan hesaplamalar ve elde edilen bulgular Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Tuğla üretiminin değişik aşamalarında meydana gelen zayıt oranları

Tuğla türü	Zayıt türü ve aşaması				Oranlar		
	Plastik kesim	Ön kurutma	İkinci kurutma	Pişirme	Kusurlu Toplam	Kusursuz Toplam	Yüzde
Katkılı tuğla	15	13	12	6	46	1836	2.4
Katkısız tuğla	46	19	36	18	119	1722	6.5

4. SONUÇLAR

Bu aşamada yapılan ön denemeler özellikle tuğla zayıtının azalacağını göstermektedir. Ön çalışmaların sonuçlarına göre aynı fabrikada katkısız üretilen tuğlalardaki zayıt (döküm, kurutma ve pişirme sırasındaki kayıplar) %6.5 iken bu oran %10 uçucu kül ve %10 pomza kullanılarak üretilen tuğlalarda %2.3 seviyesine indiğinden çok ciddi ekonomi sağlayacaktır.

Tuğla üretimindeki malzemelerin kimyasal ve fiziksel özellikleri ve pişirme sıcaklığı tuğlanın kalitesini etkilemektedir. Katkılı tuğlaların basınç ve eğilme mukavemetleri katkısız tuğlaya göre çok daha yüksek bulunmuştur.

Katkılı tuğla üretiminde pomza ve uçucu külün kullanılması esas amacı demir oksitli bir malzeme olmasıdır. Ancak, özellikle uçucu kül içeriğindeki kalsiyum oksit fazlalığı da olumsuz etkileyeceğinden uygun oranın belirlenmesi gerekir. Ülkemizin giderek daha hızlı gelişmesine paralel olarak büyümesi gereken sektörlerin başında da yapı malzemeleri sektörü gelmektedir. Özellikle tuğla üretiminde artan taleplerin karşılanabilmesi için yeni tesislerin açılması ve mevcut tesislerin de kapasite artırımına gitmesi gerekmektedir. Bunlarla birlikte yeni hammadde yataklarının araştırılması ve tuğla kalitesinin artırılmasını sağlayacak katkıların araştırılması gerekir. İkinci bir çalışmada farklı sıcaklık ve oranların sadece zayıt değil özellikle tuğla kalitesi üzerindeki etkileri araştırılacaktır.

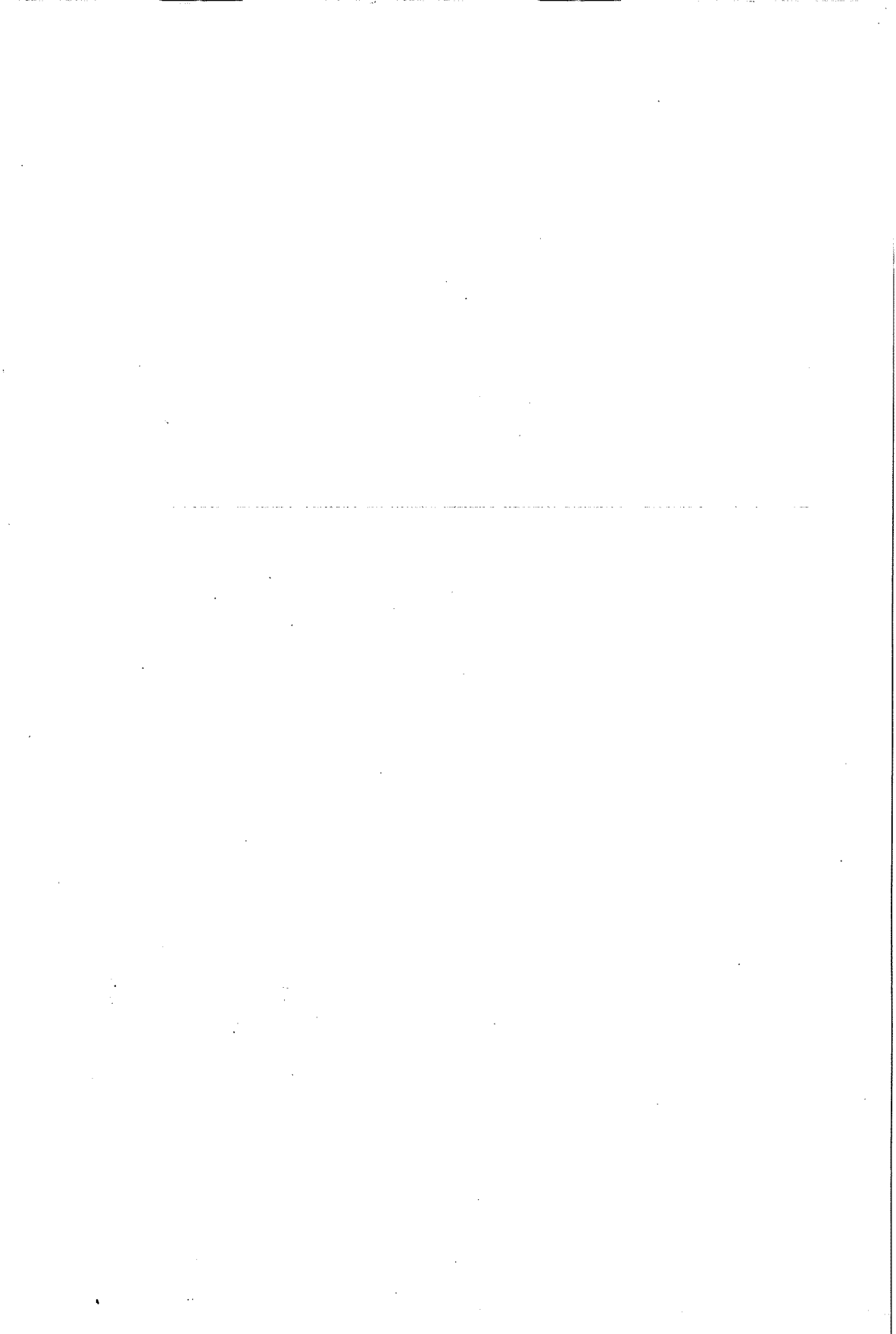
Teşekkür: Bu çalışma 107T264 numara ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Bu nedenle kuruma teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR

1. Kavas, T., "Use of boron waste as a fluxing agent in production of red mud brick", *Building and Environment*, 41, 1779–1783, 2006.

2. Erkoyun, H., "Pomzanın Türkiye'deki yeri ve önemi ", *Türkiye Pomza sempozyumu ve sergisi*, sf:1–7, Isparta, 2005.

3. Kelling,G., Kapur,S., Sakarya,N., Akca,E., Karaman,C., Sakarya,B., “Basaltic tephra: potential new resource for ceramic industry ”, *Brit Ceram Trans*, 3, 129–36, 2000.
4. Xu,L., Gou,W., Wang,T., Yang,N., “Study on fired bricks with replacing clay by fly ash in high volume ratio”, *Construction and Building Materials*, 19, 243–247. 2005.
5. Güler,R., Patla,P., Hess,TR., “Properties of fly ash bricks produced for environmental applications”, *Building Environment Research*, 30, 505–524, 1995.
6. Kalwa,M., Gryciki,M., “Utilization of fly ash, a waste from thermal power stations, in manufacture of building materials”, *Ceram Powders*, 6,107–109, 1983.
7. Muckherji,S,K., Machhoya,B.B., “The utilization of fly ash in the preparation of ceramic tableware and artware”, *Br Ceram*, 92, 254–257, 1993.
8. Kottürk,U., “Endüstriyel Hammaddeler”, *Dokuz Eylül Üniversitesi*, Yayın No: 205, 250–266, İzmir, 1993.
9. Uz,V., Erdiñç,M.E., Işık,İ., “Asidik ve Bazik Karakterli Pomzaların Kiremit Bünyelerine Etkileri”,*Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi*, Denizli, 2005.
10. Demir,İ.,“Effect of organic residues addition on the technological properties of clay bricks”, P.1–6, *Afyon Kocatepe University, Faculty of Technical Education, A.N.S. Campus*, 03100 Afyonkarahisar, Turkey, 2007.
11. Kaplan,H., Binici,H., “Tras ve Traslı Çimentolar”, *Çimento ve Beton Dünyası*, Mayıs, 1, 23–30, Ankara,1996.
12. TS 4563, *Fabrika Tuğlaları Duvarlar İçin-Yatay Delikli*, TSE, Ankara, 1985.
13. TS 4790, *Tuğla ve Kiremit Topraklarının Deney Metodu*, TSE, Ankara, 1986.
14. TS 705, *Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin Dolu ve Düşey Delikli*, TSE, Ankara, 1985.
15. TS 4377, *Fabrika Tuğlaları-Duvarlar İçin Düşey Delikli*, Hafif, TSE, Ankara, 1985.



ÇATLAMALAR VE İKİNCİ MERTEBE ETKİLER GÖZ ÖNÜNDE BULUNDURULARAK YAPILARIN ÜÇ BOYUTLU ANALİZİ

Cengiz DÜNDAR, Fatma ÖZÇETE

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

İ. Fatih KARA

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

ÖZET : Sunulan çalışmada, değişik boyut ve ölçülere sahip olan çok katlı betonarme yapı modelleri, yatay ve dikey yükler etkisi altında gerek lineer gerekse çatlamlar ve geometrik nonlineerlik etkiler göz önünde bulundurularak daha önceden geliştirilen bilgisayar programı aracılığı ile çözümlenmiş ve bu çözümlenmeler sonucu diğüm deplasmanlarının ve eleman uç kuvvetlerinin lineer analize göre nasıl bir değışim gösterdiği, TDY'de belirtilen sınır değerlerini aşıp aşmadığı irdelenmiştir. Yapıya etkileyen yatay ve dikey yüklerden dolayı kiriş ve kolon elemanlarının çatlama halinde etkili atalet momentlerinin hesabında olasılığa dayalı etkili rijitlik modeli kullanılmıştır. Geliştirilen bilgisayar programı aracılığı ile literatürde mevcut olan ve deneysel çalışması yapılmış betonarme çerçeve örneği çözümlenmiş ve elde edilen sonuçların deneysel sonuçlarla karşılaştırılmasından oldukça uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma kapsamında ayrıca betonarme yapıya uygulanan yüklere bağlı olarak özellikle tasarımda proje mühendisleri için önemli olabilecek, elemanlardaki çatlamların oluşum sırası ve elemanların eğilme rijitliğinde oluşan değışimler de elde edilmiştir.

THREE DIMENSIONAL ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE FRAMES CONSIDERING THE CRACKING AND SECOND DEGREE EFFECTS

ABSTRACT : In this study, reinforced concrete frame examples having different layers and dimensions subject to horizontal and vertical loads have been analysed considering cracking and second order effects using previously developed computer program. The values obtained from analysis have been compared with the linear analysis results and also the results have been checked against the allowable drift ratios specified by Turkish Earthquake Code (TDY). In the study, the effects of the cracking and second order effects on the behaviour of structures have also been examined. The effective stiffness model based on the probability has been used for the computation of moments of inertia in the case of cracking which occurred in beam and column members due to the horizontal and vertical loads. Furthermore, experimental reinforced concrete frame example available in the literature has been solved with the computer program and the results have been compared with the test results in the scope of the study.

1. GİRİŞ

Ülkemizde, özellikle yoğun yerleşim bölgelerinde çok katlı yapıların giderek daha geniş uygulama alanı bulması, bu yapı sistemlerinin gerçekçi, yeterli güvenlikte ve ekonomik olarak tasarımının önemini arttırmaktadır.

Betonarme yapıların, düşey yükler yanında yatay yükleri de güvenli bir şekilde taşıması gerekir. Yatay yük olarak tanımlanan, rüzgar ve deprem etkileri çok katlı yapıların boyutlandırılmasında düşey yüklere nazaran daha belirleyicidir. Yatay yükler kat sayısının artmasına bağlı olarak düşey yüklerden farklı bir özellikte olduğu için, yapının güvenliği sağlanırken taşıyıcı sistem davranışının esas alınması ve ilgili konstrüktif kurallara uyulması gerekmektedir.

Yapıya etkiyen yük seviyesi arttıkça, yapıda oluşan deplasmanlar artmaktadır. Yapı sistemlerinde, düğüm noktalarına uygulanan yüklerden dolayı oluşan ilave momentlerin yapının çubuk kuvvetlerini ve kritik yükünü etkilemesi, geometrik nonlineerlik etkisinin analizlerde göz önünde bulundurulmasını önemli hale getirebilmektedir. Yapıların analizinde, bu etkilerle birlikte çatlama etkisinin göz önüne alınması yapı davranışını daha gerçekçi bir şekilde elde edilmesi açısından önemli olmaktadır.

Yatay ve düşey yükler etkisi altındaki betonarme çerçevelerin analizinde, gerek geometrik nonlineerlik etkiler gerekse malzemelerin lineer olmayan davranışı ile çatlama etkisi birlikte göz önünde bulundurup sonlu elemanlar metoduna dayandırılarak geliştirilen çeşitli çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Ancak betonarme yapıların analizinde çatlama ve/veya geometrik nonlineerlik etkiler göz önünde bulundurularak rijitlik matrisi yöntemine dayandırılarak geliştirilen çalışmalar ise literatürde sınırlı sayıdadır. Sun ve ark., çalışmalarında betonarme çerçevelerin analizi için geometrik nonlineerlik ile malzemenin lineer olmayan davranışına dayalı kayma deformasyon etkisi ihmal edilerek bir analiz yöntemi geliştirmişler ve buna bağlı bir bilgisayar programı oluşturmuşlardır (1). Sonlu elemanlar metoduna dayanan bu analiz yönteminde çerçeveye yükler adım adım uygulanmış ve her yük adımında iteratif işlemlere başvurulmuştur. Geliştirilen bilgisayar programı aracılığıyla deneysel sonuçları bulunan tek katlı ve tek açıklıklı betonarme çerçeve örneğini çözümleyerek karşılaştırma imkanı bulmuşlardır. Chun-Man ve ark. çalışmalarında, çatlama etkisini göz önünde bulundurarak betonarme elemanlara uygulanan yatay ve düşey yükler altında olasılığa dayalı etkili rijitlik modelini geliştirmişlerdir (2). Moment diyagramlarındaki çatlama ve çatlama olmayan bölge alanlarına bağlı olarak yatay ve düşey yükler altında betonarme elemanlardaki etkili atalet momentini hesaplamışlardır. Çok katlı betonarme yapıları analiz etmek amacıyla iki farklı analiz algoritması geliştirmişlerdir. Yük artım metodu ve direkt rijitlik yöntemi üzere geliştirilen algoritmalar, olasılığa dayalı etkili rijitlik modeli ile sonlu elemanlar metoduna dayanmaktadır. Bu analiz yöntemlerini deneysel olarak betonarme bir çerçevede yüklemeye tabi tutmuşlar ve yatay deplasmanların kullanılabilirlik yük düzeyinde deneysel sonuçlarla uyum içerisinde olduğunu görmüşlerdir. DüNDAR ve ark., taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan üç boyutlu betonarme yapılarda yatay ve düşey yükler etkisinde kiriş ve kolonlarda oluşan çatlama nedeniyile ikinci mertebeye etkileri göz önüne alınarak bir bilgisayar programı geliştirmiştir (3). Rijitlik matrisi yöntemine dayanan bu programda etkili atalet momenti hesabında olasılığa dayalı etkili rijitlik modelini kullanmışlardır. Bu programla çeşitli betonarme çerçeve örnekleri

çözümlemiş ve sonuç olarak yatay deplasmanların, lineer analiz sonucu elde edilen yatay deplasmanlara göre yatay yük düzeyinin artmasına bağlı olarak büyük değişimler gösterdiğini elde etmişlerdir.

Sunulan çalışmada, değişik boyut ve ölçülere sahip olan çok katlı betonarme yapı modelleri, yatay ve düşey yükler etkisi altında gerek lineer gerekse çatlama ve geometrik nonlineerlik etkiler göz önünde bulundurularak daha önceden geliştirilen bilgisayar programı aracılığı ile çözülmüş olup düğüm deplasmanlarının ve eleman uç kuvvetlerinin lineer analize göre nasıl bir değişim gösterdiği, TDY'de belirtilen sınır değerlerini aşıp aşmadığı irdelenmiştir (4).

2. ANALİZDE KULLANILAN MODEL

2.1. Etkili Eğilme Rijitliği İçin Kullanılan Model

Yatay ve düşey yükler etkisi altındaki betonarme yapıda kiriş ve kolon elemanlarının çatlama halinde etkili atalet momenti değerleri olasılığa dayalı etkili rijitlik modeli ile göz önünde bulundurularak analize dahil edilmiştir (5).

Olasılığa Dayalı Etkili Rijitlik Modeli:

Betonarme yapıya etkiyen yüklerden dolayı çatlama kiriş ve kolon elemanların etkili atalet momenti değerleri bu elemanlarda oluşan moment diyagramındaki çatlama ve çatlama olmayan bölge alanlarının toplam alana oranına bağlı olacak şekilde elde edilerek analize dahil edilmişlerdir (Şekil 1). Literatürde olasılığa dayalı etkili rijitlik şeklinde de belirtilen bu yöntemde etkili atalet momentleri Denklem (1 (a-f)) de ifade edildiği gibi elde edilmektedir.

$$A_{cr} = A_1 + A_2 + A_3 = \left| \int_{M(x) \geq M_{cr}} M(x) \right| \quad (1a)$$

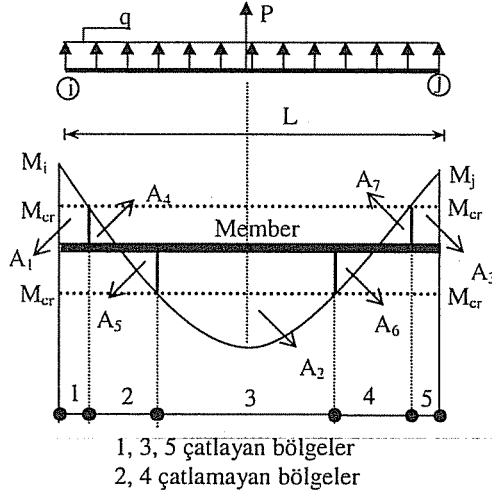
$$A_{uncr} = A_4 + A_5 + A_6 + A_7 = \left| \int_{M(x) < M_{cr}} M(x) \right| \quad (1b)$$

$$A = A_{cr} + A_{uncr} \quad (1c)$$

$$P_{uncr} [M(x) < M_{cr}] = \frac{A_{uncr}}{A} \quad (1d)$$

$$P_{cr} [M(x) \geq M_{cr}] = \frac{A_{cr}}{A} \quad (1e)$$

$$I_{eff} = P_{uncr} I_1 + P_{cr} I_2 \quad (1f)$$



Şekil 1. Yükler etkisi altındaki bir elemanda genel olarak eğilme momentinden dolayı oluşabilecek çatlaman ve çatlaman bölgeler.

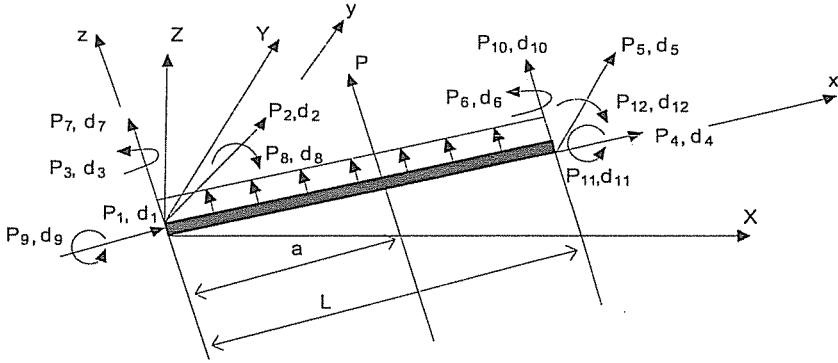
Burada P_{uncr} bir kiriş veya kolon elemanında oluşan moment dağılımına bağlı olarak M momentinin M_{cr} momentinden küçük olma olasılığını, P_{cr} ise M momentinin M_{cr} momentini aşma olasılığını yani kesitin çatlama olasılığını ifade etmektedir. (1) eşitliğindeki M , ilgili kesitteki eğilme momentini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

$$M_{cr} = \frac{(f_r + \sigma_v) I_1}{y_t} \quad (2)$$

şeklinde her iterasyon sonucunda elde edilen aksel yük düzeyine bağlı olarak değişen formda hesaplanmaktadır. (2) denklemindeki f_r , betonun eğilmedeki çekme dayanımını, y_t kesitin en alt çekme yüzünden ağırlık merkezine olan uzaklığını, σ_v ise aksel basınç gerilmesini ifade eden değerlerdir.

3. PROBLEMİN FORMÜLASYONU

Problemın formülasyonu için betonarme yapıyı oluşturan çerçevelerin çubuk elemanlardan oluştuğu kabul edilmektedir. Açıklık boyunca z akseni yönündeki düzgün yayılı yük ve ara tekil yükler etkisi altında olabilecekleri göz önünde bulundurulmuştur (Şekil 2) (5).



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

3.1. Eleman Rijitlik Katsayılarının Elde Edilmesi ve Rijitlik Matrisinin Oluşturulması

Rijitlik matrisi aksenal kuvvet etkisi altındaki çubuk elemanın davranışını idare eden denklemin sınır şartları altında çözümünden elde edilmektedir ve aksenal kuvvetin basınç, çekme ve sıfır olması durumları için farklı şekilde bulunmaktadır (5).

Üç boyutlu halde çubuk elemanların her bir ucunda asal eksenler doğrultusunda üç deplasman ve bu eksenler etrafında üç dönme oluşmaktadır. Kuvvetler ve deplasmanlar arasındaki ilişki aşağıdaki şekildedir.

$$\underline{k} \underline{d} + \underline{P}_0 = \underline{P} \quad (3)$$

Denklem, \underline{k} (12x12) rijitlik matrisi, \underline{d} (12x1) deplasman vektörü, \underline{P}_0 (12x1) dış kuvvetlerden oluşan uç kuvvet vektörü ve \underline{P} (12x1) toplam uç kuvvet vektörü değerinden oluşmaktadır. Bu değerler eleman eksen takımında (x,y,z) olup, transformasyon matrisi aracılığı ile global eksen takımına (X,Y,Z) çevrilmektedirler.

Rijitlik katsayılarının elde edilmesinde aksenal kuvvetin basınç veya çekme olması durumları incelendiğinde elde edilen rijitlik matrisi değerleri S ve t ifadelerine bağlı olacak şekilde genel olarak;

$$\underline{k} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{bmatrix} \quad k_{21} = k_{12} = 0 \quad (4a)$$

$$k_{11} = \begin{bmatrix} \frac{AE}{L} & 0 & 0 & -\frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{2(S_z+t_z)}{L^2} - (\gamma \frac{N}{L}) & \frac{S_z+t_z}{L} & 0 & -\frac{2(S_z+t_z)}{L^2} + (\gamma \frac{N}{L}) & \frac{S_z+t_z}{L} \\ 0 & \frac{S_z+t_z}{L} & S_z & 0 & -\frac{S_z+t_z}{L} & t_z \\ -\frac{AE}{L} & 0 & 0 & \frac{AE}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{2(S_z+t_z)}{L^2} + (\gamma \frac{N}{L}) & -\frac{S_z+t_z}{L} & 0 & \frac{2(S_z+t_z)}{L^2} - (\gamma \frac{N}{L}) & -\frac{S_z+t_z}{L} \\ 0 & \frac{S_z+t_z}{L} & t_z & 0 & -\frac{S_z+t_z}{L} & S_z \end{bmatrix} \quad (4b)$$

$$k_{22} = \begin{bmatrix} \frac{2(S_y+t_y)}{L^2} - (\gamma \frac{N}{L}) & -\frac{S_y+t_y}{L} & 0 & -\frac{2(S_y+t_y)}{L^2} + (\gamma \frac{N}{L}) & 0 & -\frac{S_y+t_y}{L} \\ -\frac{S_y+t_y}{L} & S_y & 0 & \frac{S_y+t_y}{L} & 0 & t_y \\ 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & -\frac{GJ}{L} & 0 \\ -\frac{2(S_y+t_y)}{L^2} + (\gamma \frac{N}{L}) & \frac{S_y+t_y}{L} & 0 & \frac{2(S_y+t_y)}{L^2} - (\gamma \frac{N}{L}) & 0 & \frac{S_y+t_y}{L} \\ 0 & 0 & -\frac{GJ}{L} & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 \\ -\frac{S_y+t_y}{L} & t_y & 0 & \frac{S_y+t_y}{L} & 0 & S_y \end{bmatrix} \quad (4c)$$

$$S_m = \frac{EI_{effm} (u_m (u_m c - s))}{H_m L} \quad t_m = \frac{EI_{effm} (u_m (s - u_m))}{H_m L} \quad (4d)$$

$$u_m = k_m L \quad k_m = \sqrt{\frac{N}{EI_{effm}}} \quad s = \sin u \quad c = \cos u \quad m=y,z \quad (4e)$$

$$H_m = u_m s + (\gamma 2c) - (\gamma 2)$$

formunda elde edilmişlerdir. Bu denklemlerde, eksenel kuvvetin (N) basınç olması halinde $\gamma=1$, çekme olması halinde ise $\gamma=-1$ alınmaktadır.

3.2. Yük Vektörlerinin Elde Edilmesi

İkinci derece etkiler göz önünde bulundurularak düzgün yayılı yük ve ara tekil yük etkisi altındaki bir elemanda ankastrelik uç kuvvetleri, eksenel kuvvetin etki ettiği elemanın davranışını idare eden denklemin sınır şartları altında çözümünden elde edilmektedir.

Çatlamalar ve ikinci derece etkiler göz önünde bulundurularak düzgün yayılı yük ve ara tekil yük etkisi altındaki bir elemanda, ankastrelik uç kuvvetleri eksenel kuvvetin basınç ve çekme olması durumları için ayrı ayrı elde edilmişlerdir (5).

4. BİLGİSAYAR PROGRAMI

Dündar ve Kara (5) tarafından geliştirilen programda, yükler yapıya adım adım uygulanıp her yük adımında iteratif işlemlere başvurulmaktadır. İlk yük adımının başlangıcında yapı lineer elastik analiz göz önünde bulundurularak çözümlenmekte ve bu çözümlene sonucunda kiriş ve kolon elemanlarda oluşan moment değerlerine bağlı olarak çatlayan ve çatlamayan bölgeler belirlenip geliştirilen formülasyonlar ışığı altında deplasmanlarla eleman uç kuvvetleri elde edilmektedir. Her iterasyonda sonuca daha çabuk ve kolay ulaşılabilmesi için bu iterasyondan önceki iterasyonlardaki uç kuvveti değerlerinin ortalaması kullanılarak çözümlenmeler yapılmaktadır. Her yük adımında birbirini izleyen iki iterasyondaki eleman uç kuvvetleri arasındaki belirlenen yakınsaklığın sağlanması durumunda iterasyonlara son verilmekte ve diğer yük adımına geçilmektedir. Programda,

$$\left| \frac{P_i^n - P_i^{n-1}}{P_i^n} \right| \leq \varepsilon_2 \quad (5)$$

şeklinde yakınsaklık kriterleri tanımlanmıştır. Bu denklemdeki ε_2 eleman uç kuvvetleri arasındaki yakınsaklık kriterini, n iterasyon numarasını, P_i^n ve P_i^{n-1} yük adımı içerisindeki n . ve $(n-1)$. iterasyonlarda elemanda oluşan uç kuvveti değerlerini ifade etmektedirler.

5. SAYISAL UYGULAMALAR

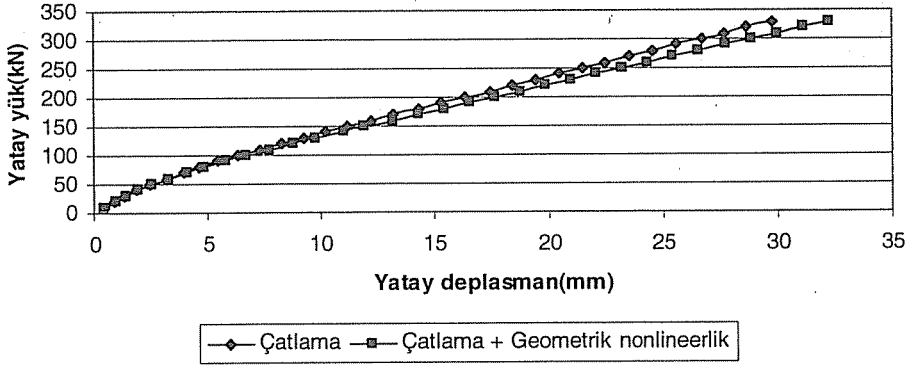
5.1. Deneysel Çalışması Yapılmış Betonarme Çerçeve Örneği

Vecchio ve Emara (1992) tarafından gerek deneysel çalışması yapılmış gerekse geliştirdikleri bilgisayar programı aracılığı ile çözülen bu örnek iki katlı 6 elemandan oluşan bir betonarme çerçeve modelidir. Yapıya etkiyen yatay yükler (Q) çerçeve taşıma gücüne erişinceye kadar arttırılarak ikinci katındaki 5 numaralı düğümde oluşan yatay deplasmanlar elde edilmiştir. Elde edilen değerler grafikler üzerinde gösterilmiştir.

Örnekte, yapıya etkiyen aksel yükler sabit kalmak üzere yatay yükler (Q) betonarme çerçeve taşıma gücüne erişinceye kadar arttırılarak, 5 numaralı düğümde oluşan yatay deplasmanlar elde edilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen analitik yöntemle bağlı olarak betonarme çerçevenin 5 numaralı düğümünde elde edilen yatay deplasmanların gerek lineer elastik analiz, gerekse diğer analitik model ve deneysel çalışma sonuçlarıyla karşılaştırılması Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi lineer analiz sonucu elde edilen yatay deplasman değeri ile gerek deneysel gerekse bu çalışmada elde edilen değerler arasında, çerçeveye uygulanan yatay yükün artmasına bağlı olarak büyük farklılıklar oluştuğu görülmektedir.

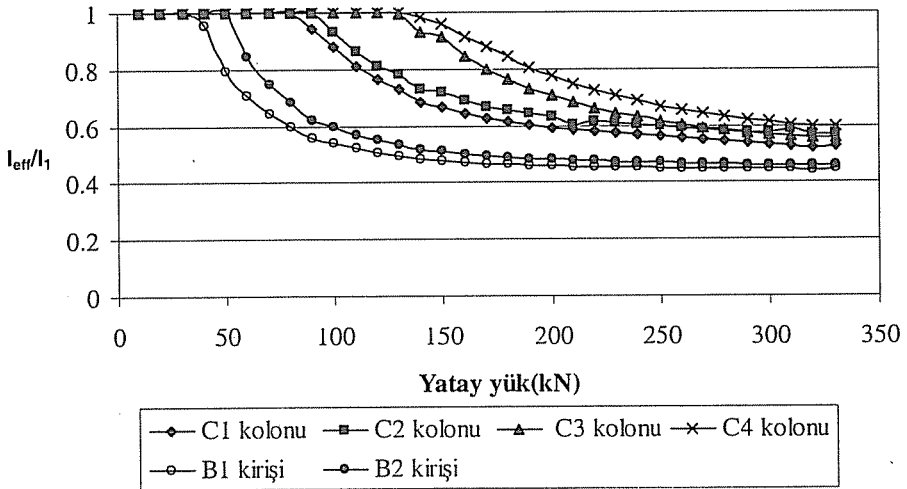
Çalışmada betonarme çerçeveye uygulanan yatay yükün, çerçevenin taşıma gücü yükünün yaklaşık olarak %83 düzeyine kadar analiz ile elde edilen sonuçların deneysel sonuçlarla uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Ayrıca çalışmada elde edilen sonuçların yatay yükün 275 kN olduğu düzeye kadar Vecchio ve Emara (1992) tarafından elde edilen sonuçlara göre daha iyi olduğu da görülmektedir.

Yatay ve düşey yükler etkisi altındaki betonarme çerçevede geometrik nonlineerlik etkilerinin yatay deplasmanlar üzerine olan etkisi şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Geometrik nonlineerlik etkilerinin yatay deplasmanlar üzerine olan etkisi.

Şekil 5'ten sadece çatlama etkisi göz önünde bulundurularak elde edilen deplasmanlarla, çatlama ve ikinci mertebeye etkiler göz önünde bulundurularak elde edilen deplasmanlar arasındaki farkın yatay yükün artmasına bağlı olarak arttığı ve yatay yük değerinin 330 kN olduğu düzeyde ise bu farkın %11'e ulaştığı görülmektedir.

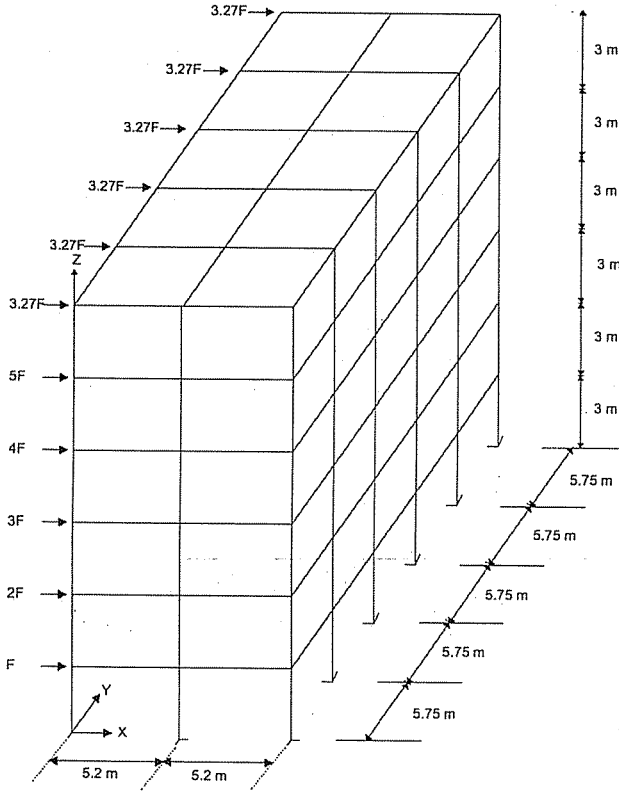


Şekil 6. Kiriş ve kolonların etkili atalet momentlerinin yatay yüke göre değişimi.

Şekil 6'dan ilk olarak çerçevenin birinci ve ikinci katındaki kirişler daha sonra ise çerçevenin birinci katındaki C1 ve C2 kolonları çatlamaktadır. En son olarak da yapının ikinci kattaki C3 ve C4 kolonlarında çatlama oluşmaktadır.

5.2. Üç Boyutlu Betonarme Çerçeve Örneği

Bu örnekte, yatay ve düşey yükler etkisi altında gerek lineer analizle gerekse çatlama ve ikinci mertbe etkiler göz önünde bulundurularak betonarme çerçeve örneği geliştirilen bilgisayar programı aracılığı ile analiz edilmiştir. Betonarme çerçeve şekil 7'de görüldüğü gibi her iki yönde simetrik olmak üzere 6 katlı olarak modellenmiştir. Çerçeve modeline ait elemanların özellikleri ve üzerine uygulanan yatay yükler çizelge 1' de verilmiştir.

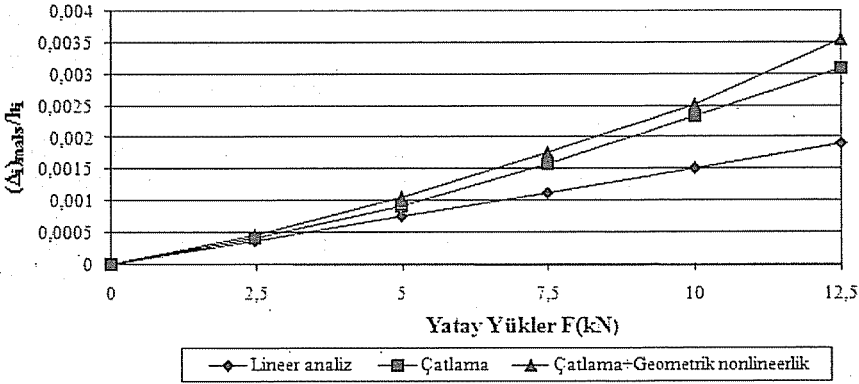


Şekil 7. Yatay ve düşey yükler etkisi altındaki betonarme çerçeve örneği.

Çizelge 1. Betonarme çerçeve örneği ile ilgili gerekli bilgiler

	Kolon boyutları (mm*mm)	Kiriş boyutları (mm*mm)	Kat yükseklikleri (mm)	Yatay yükler (kN)
1. Kat	500x500	250x500	3000	12,5
2. Kat	500x500	250x500	3000	25
3. Kat	500x500	250x500	3000	37,5
4. Kat	500x500	250x500	3000	50
5. Kat	500x500	250x500	3000	62,5
6. Kat	500x500	250x500	3000	40,88
R=8 (Süneklilik düzeyi yüksek betonarme çerçeve sistemi)				

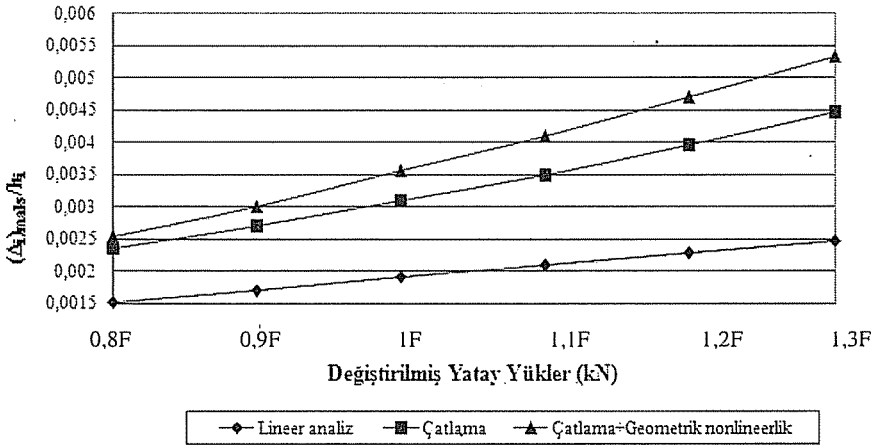
Düşey yükler sabit kalırken yatay yükler F 'e bağlı olacak şekilde ifade edilerek başlangıçtan 12,5 kN'a kadar artırılmış ve elde edilen değerlere bağlı olarak $\Delta_{i\text{maks}}/h_i$ ye bağlı olarak değişimi şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. $(\Delta_i)_{\text{maks}}/h_i$ 'nin yatay yüklere göre değişimi (i=2).

Şekilde lineer analiz sonucu elde edilen maksimum rölatif yatay öteleme değerleriyle çatlama ve geometrik nonlineerlik etkilerinin göz önüne alınmasıyla elde edilen değerler arasında yükün artmasıyla büyük farklılıklar olduğu görülmektedir.

Şekilden betonarme yapıya uygulanan yükün artmasına bağlı olarak çatlama etkisi göz önünde bulundurularak elde edilen değerlerle lineer analiz sonucu elde edilen değerler arasındaki farkın arttığı görülmektedir. Betonarme çerçeveye uygulanan yatay yükün $F=12,5$ kN olduğu düzeyde bu farkın %63'e ulaştığı görülmüştür. Geometrik nonlineerlik ile çatlamanın birlikte göz önünde bulundurulduğu durumda ise bu değer %88'e yükselmiştir.

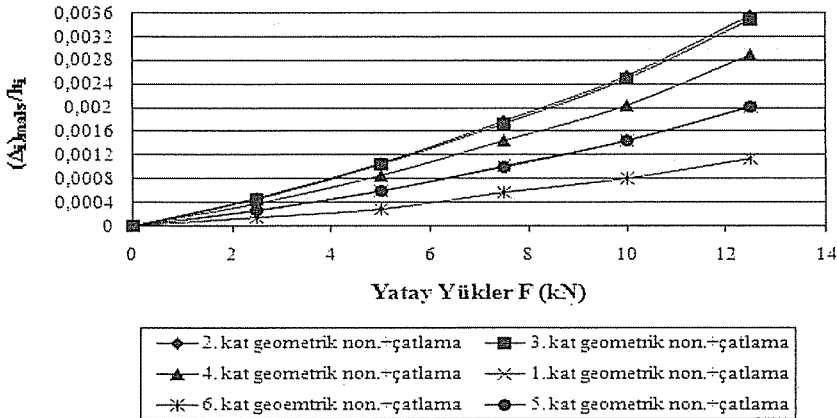


Şekil 9. $(\Delta_i)_{maks}/h_i$ 'nin değiştirilmiş yatay yüklere göre değişimi.

Bununla birlikte betonarme yapı sistemi, her katın ilgili düğümlerine etki eden yatay yükler (F) sırasıyla belirli katsayılarla çarpılarak (0.8F, 0.9F, F, 1.1F, 1.2F, 1.3F) analiz edilmiş ve her bir yük artımı için elde edilen $\Delta_{i,maks}/h_i$ değerlerine bağlı olarak TDY de belirtilen sınır değerlerin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiştir. Şekil 9' da görüldüğü üzere, lineer analiz sonucu elde edilen görece kat ötelemelerinin tüm yatay yük katsayıları için TDY'de belirtilen sınır şartlarını sağlamaktadır.

Çatlama ve çatlama ve geometrik nonlineerlik etkisi göz önünde bulundurularak elde edilen maksimum rölatif yatay ötelemelerin ise TDY'de belirtilen sınır şartını aştığı gözlemlenmiştir (Şekil 9).

Ayrıca şekil 10'da çatlama ve geometrik nonlineerlik etkileri göz önünde bulundurularak yapılan analizler sonucunda her katta oluşan $\Delta_{i,maks}/h_i$ 'nin yatay yük seviyesine bağlı olarak değişimi gösterilmiştir.



Şekil 10. $(\Delta_i)_{maks}/h_i$ 'nin yatay yüklere göre değişimi (i=1,6).

6. SONUÇLAR

Sunulan bu çalışmada, farklı katlara ve değişik boyutlara sahip olarak oluşturulan betonarme yapı modelleri gerek lineer, gerekse kiriş ve kolonlardaki çatlamlar ve ikinci mertebeye etkiler göz önünde bulundurularak yapıların üç boyutlu analizi için daha önceden geliştirilen bir bilgisayar programı aracılığı ile çözümlenmiştir. Çalışma kapsamında, yapıyı oluşturan kiriş elemanlar üzerindeki düşey yükler sabit kalırken, yatay yükler başlangıçtan belirli bir seviyeye kadar arttırılarak, ilgili düğüm noktalarına etki ettirilmiştir.

Yatay ve düşey yükler etkisi altındaki betonarme çerçevelerde, çatlama ve ikinci mertebeye etkiler göz önünde bulundurularak elde edilen sonuçlarla lineer analiz sonucu elde edilen değerler arasındaki farkın yük seviyesini artmasına bağlı olarak gittikçe arttığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte elde edilen sonuçlara bağlı olarak, yatay yüklerin artmasıyla birlikte (P- Δ) etkisine de bağlı olarak analizlerde geometrik nonlineerlik etkilerinin çatlamlarla birlikte ele alınmasının daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilmesi açısından önemli olabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca, literatürde mevcut ve deneysel çalışması yapılmış olan betonarme çerçeve örneği daha önceden geliştirilen program aracılığı ile analiz edilmiş ve elde edilen değerler deneysel sonuçla karşılaştırılmıştır. Betonarme çerçeveye uygulanan yatay yükün çerçeve taşıma gücü yükünün yaklaşık olarak %83 olduğu düzeye kadar bu çalışmada elde edilen sonuçların deneysel sonuçlarla büyük bir yakınlık içerisinde olduğu görülmüştür.

Farklı kat, açıklık ve boyutlara sahip betonarme yapıların kat seviyelerindeki ilgili düğüm noktalarına uygulanan yatay yükler belirli katsayılarla analiz edilmiş ve her bir yük adımı için elde edilen deplasman değerlerine bağlı olarak TDY'de belirtilen sınır şartın (Δ_{maks}/h_i) sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiştir. Elde edilen değerlerin, lineer analiz sonuçlarına göre yük seviyesini artmasına bağlı olarak büyük farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Analiz sonuçları ışığında, çatlamların ve ikinci mertebeye etkilerinin analizlerde dikkate alınmasının, tasarım ve boyutlandırma sırasında faydalı olabileceği düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Sun, C.H., Bradford, M.A. ve Gilbert, R.I., "Nonlinear Analysis for Concrete Frame Structures Using the Finite Element Method", *Computers & Structures*, 48(1), 73-79, 1992.
2. Chun-Man, C., Neil, C.M. ve Feng, N., "Analysis of Cracking Effects on Tall Reinforced Concrete Buildings", *Journal of Structural Engineering*, 126(9), 995-1003, 2000.
3. DüNDAR, C. ve KARA, İ.F. ve TANRIKULU, A.K., "Geometrik Nonlineerlik ve Çatlamların Etkisi Göz Önüne Alınarak Yapıların Üç Boyutlu Analizi", 7 th International Congress on Advances in Civil Engineering (ACE), 240, 2006.
4. Türk Standartları, *Türk Standartları Enstitüsü*, 2000. *Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları*, 67s.
5. KARA, İ.F., "Betonarme Yapıların Çatlama Etkisi Göz Önüne Alınarak Lineer Olmayan Analizi", *Doktora Tezi*, 2007.

6. Diindar,C. ve Kara,İ.F., "Three Dimensional Analysis of Reinforced Concrete Frames with Cracked Beam and Column Elements", (Basımda), 2007.
7. Celep,Z. ve Kumbasar,N., "Betonarme Yapılar", Sema Matbaacılık, İstanbul, 888s., 1998.
8. Diindar,C., Kara,İ.F., Tanrıku,A.K., "Kirişlerdeki Çatlama Göz Önüne Alınarak Çerçevelerin Üç Boyutlu Analizi", Türkiye İnşaat Mühendisliği XVI. Teknik Kongre ve Sergisi, Böl. 8, 2001.

ZEMİNLERİN ŞİŞME POTANSİYELİNİN ÇOK DEĞİŞKENLİ LİNEER REGRESYON YAKLAŞIMI İLE TAHMİN EDİLMESİ

Cafer KAYADELEN

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

Mehmet Arslan TEKİNSOY

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

Osman GÜNAYDIN ve Mustafa FENER

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

ÖZET : *Bu çalışmada, geoteknik mühendisliğinin önemli konularından birisi olan zeminlerin şişme potansiyeli incelenmiştir. Şişme potansiyeline sahip zeminler, mevsimsel etkilerin sonucu olarak farklı su içeriklerine sahip olmakta ve bu etkinin sonucu olarak hacimlerinde artma veya azalma, diğer bir deyişle şişme veya büzülme davranışları göstermektedir. Bu zeminler üzerinde kurulmuş olan yapılarda büyük hasarlar meydana gelmektedir. Bu nedenle güvenli ve ekonomik bir yapı tasarımı için zeminlerin şişme özelliklerinin araştırılması önem kazanmaktadır. Bu çalışma kapsamında, şişme potansiyeli ile temel zemin özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacı ile Niğde'nin farklı bölgelerine ait zeminlerin şişme potansiyeli (ŞP) verileri toplanarak çok değişkenli lineer regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir.*
Anahtar Kelimeler: *Şişen zeminler, şişme potansiyeli, çok değişkenli lineer regresyon,*

ESTIMATION OF THE SWELLING POTENTIAL USING MULTIVARIABLE LINEAR REGRESSION

ABSTRACT : *In the content of this study, swelling potential, one of the problem of the geotechnical engineering is investigated. Expansive soils are subjected to seasonal moisture content variation and they can exhibit large volume change as a result of this effect. In other words, expansive soils show swell or shrink behavior. Large damage in the engineering structures built on these soils can be observed. Therefore, it is important to investigate the swelling characteristics of soils for the safe and economic design of the engineering structures. In this study, in order to examine the relationship between the basic soil properties and swelling potential, multivariable linear regression analyses are carried out using swelling potential data set collected from the different locations of Nigde.*

Keywords: *Expansive soils, swelling potential, multivariable linear regression*

1. GİRİŞ

Şişen zeminler, büyük bir kaldırma basıncı uygulayarak, bina, yol, baraj, hava alanı kaplaması, çöp atık depolama sistemleri ve diğer mühendislik yapılarına beklenmeyecek derecede hasarlar verebilmekte ve büyük ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Dhowian et al., [1] sadece Amerika Birleşik Devletlerinde şişen zeminler yüzünden yılda 2.3 milyar Dolar hasarın meydana geldiğini bildirmiştir. Bu nedenle herhangi bir mühendislik yapısının projesi yapılmadan önce, yapının üzerine oturacağı zeminin diğer geoteknik özelliklerinin yanında şişme özelliklerinde araştırılmasının faydalı olacağı açıktır. Kil tipi ve ince dane oranının yüzdesi şişme potansiyelini etkileyen başlıca faktörlerdir. Bunun yanı sıra zeminin ön konsolidasyon basıncı, boşluk oranı, su muhtevası, kuru birim hacim ağırlığı gibi diğer zemin özellikleride şişme üzerinde etkiye sahiptir [2].

Şişme potansiyeli belli bir yük altında zemin numunesinde meydana gelen hacim artışının başlangıç hacmine oranı olarak tanımlanmakta ve aşağıdaki bağıntı ile verilmektedir.

$$S_w = \left[\frac{\Delta H}{H} \times 100 \right] \quad (1)$$

Şişme potansiyeli, ASTM-4546 [3] ya göre genel olarak laboratuvarında serbest şişme deneyi ve yük altında şişme deneyi olarak bilinen iki farklı yöntem ile tespit edilmektedir. Serbest şişme deneyinde, ödometre düzeneğindeki zemin numunesi üzerine 1 kPa sürüş yükü uygulanarak serbest şişmeye müsaade edilir ve şişme tamamlanınca meydana gelen hacim değişimleri ölçülerek şişme potansiyeli hesaplanır. Yük altında şişme deneyinde ise temel yüküne eşdeğer bir yükleme yapılır ve numunenin suya doyması beklenir ve bu arada şişmenin dengelenmesi sağlanır [4].

2. ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLER

Regresyon analizlerinde, Nigde ilinin farklı bölgelerinde yapılmış şişme deneylerinden elde edilen veriler kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan zeminlerin fiziksel özellikleri Tablo 1'de görülmektedir. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine (USCS) göre zeminler CH, CI, CL, GC, GM, MH, MI ve ML olarak sınıflandırılmaktadır. 78 adet veri seti çoklu lineer regresyon analizlerine (ÇLR) tabii tutularak regresyon modelleri geliştirilmiştir.

3. ÇOKLU LİNEER REGRESYON ANALİZİ

Basit regresyon analizlerinden farklı olarak ÇLR analizleri, bağımsız bir parametrenin değişimini birden fazla bağımsız parametreye bağlı olarak ifade etmeye imkan sağlamaktadır [5,6]. Zemiller gibi karmaşık yapıya sahip malzemelerin mekanik davranışları, sadece bilinen bir parametreye bağlı olarak tanımlanması oldukça hatalı sonuçlara yol açmaktadır. Bu nedenle zemin davranışlarının tanımlanmasında birden fazla parametrenin kullanılmasının daha faydalı olduğu düşünülmektedir. Bu anlamda ÇLR gibi yaklaşımların kullanılması avantajlı görülmektedir. Bu çalışmada, zeminlerin şişme potansiyeli üzerinde etkisi olduğu düşünülen beş farklı zemin özellikleri, ince dane oranı (İD), kaba dane oranı (KD), plastisite indisi (PI), maksimum kuru birim

*ZEMİNLERİN ŞİŞME POTANSİYELİNİN ÇOK DEĞİŞKENLİ
LİNEER REGRESYON YAKLAŞIMI İLE TAHMİN EDİLMESİ*

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan veriler.

	İnce dane	Kaba dane	Plastisite	Max. Kr.	Dane birim
	oranı	oranı	indisi	Birim. Ağ.	ağırlık
	%	%	(PI) %	(Yk) gr/cm ³	(Ys) gr/cm ³
1	63.5	36.5	30.1	1.53	2.69
2	74.0	26.0	33.3	1.43	2.70
3	72.5	27.5	28.0	1.56	2.71
4	79.5	20.5	28.9	1.55	2.64
5	56.0	44.0	25.1	1.78	2.79
6	75.0	25.0	27.1	1.47	2.69
7	75.0	25.0	27.1	1.47	2.69
8	75.0	25.0	28.1	1.57	2.79
9	57.0	43.0	25.7	1.64	2.73
10	66.0	34.0	23.9	1.61	2.78
11	70.0	30.0	19.5	1.69	2.79
12	65.0	35.0	25.4	1.65	2.78
13	49.0	51.0	20.5	1.83	2.80
14	56.0	44.0	20.9	1.72	2.78
15	53.0	47.0	22.8	1.78	2.77
16	50.0	50.0	22.4	1.81	2.67
17	59.0	41.0	14.5	1.84	2.75
18	55.0	45.0	15.4	1.66	2.62
19	74.0	26.0	18.1	1.64	2.61
20	64.0	36.0	16.9	1.69	2.71
21	64.0	36.0	16.9	1.69	2.71
22	75.0	25.0	17.9	1.55	2.69
23	75.0	25.0	17.9	1.55	2.69
24	65.0	35.0	21.9	1.76	2.67
25	54.0	46.0	20.0	1.70	2.70
26	55.0	45.0	17.5	1.89	2.68
27	54.0	46.0	14.7	1.91	2.75
28	61.0	39.0	17.7	1.91	2.66
29	57.0	43.0	21.2	1.74	2.82
30	56.0	44.0	22.7	1.65	2.78
31	67.0	33.0	17.8	1.78	2.69
32	52.0	48.0	14.9	1.81	2.65
33	54.0	46.0	14.1	1.76	2.65
34	57.5	42.5	7.9	1.80	2.81
35	57.5	42.5	7.9	1.80	2.81
36	51.0	49.0	14.7	1.85	2.64
37	47.0	53.0	13.2	1.83	2.78
38	52.0	48.0	11.9	1.90	2.62
39	61.0	39.0	17.1	1.81	2.74
40	60.0	40.0	16.4	1.84	2.78
41	51.0	49.0	14.7	1.97	2.65
42	65.0	35.0	17.9	1.66	2.68
43	34.0	66.0	17.4	1.89	2.62

Çizelge 1. devamı

	İnce dane oranı	Kaba dane oranı	Plastisite indisi (PI) %	Max. Kr. Birim. Ağ. (γ_k) gr/cm ³	Dane birim ağırlık (γ_s) gr/cm ³
44	13.0	87.0	13.2	2.09	2.85
45	38.0	62.0	10.1	1.92	2.77
46	33.0	67.0	26.7	1.74	2.78
47	40.0	60.0	14.2	1.79	2.76
48	40.0	60.0	14.2	1.79	2.76
49	50.0	50.0	22.5	1.69	2.72
50	59.0	41.0	19.1	1.67	2.73
51	74.0	26.0	20.9	1.67	2.72
52	53.0	47.0	12.4	1.96	2.74
53	37.0	63.0	16.4	1.88	2.77
54	42.0	58.0	17.6	1.81	2.75
55	27.0	73.0	15.1	1.95	2.72
56	35.0	65.0	15.2	1.96	2.82
57	42.0	58.0	15.4	1.84	2.75
58	37.0	63.0	22.9	1.70	2.58
59	48.0	52.0	26.6	1.66	2.73
60	45.0	55.0	20.7	1.81	2.72
61	41.0	59.0	21.9	1.83	2.69
62	33.0	67.0	26.9	1.85	2.73
63	31.0	69.0	15.7	2.03	2.66
64	44.0	56.0	20.8	1.89	2.73
65	32.0	68.0	13.8	1.81	2.76
66	38.0	62.0	17.5	1.82	2.76
67	37.0	63.0	18.5	1.73	2.71
68	23.0	77.0	15.0	1.83	2.75
69	40.0	60.0	10.2	1.86	2.74
70	39.0	61.0	12.3	1.85	2.69
71	42.0	58.0	13.7	1.91	2.76
72	33.0	67.0	13.2	1.88	2.76
73	42.0	58.0	13.7	1.91	2.76
74	19.0	81.0	15.1	1.93	2.69
75	15.0	85.0	7.4	2.02	2.65
76	27.0	73.0	8.6	2.02	2.75
77	42.0	58.0	15.1	1.97	2.70
78	47.0	53.0	16.8	1.79	2.76

hacim ağırlığı (MKB) ve dane birim ağırlık (DBA), bağımsız değişkenler olarak kabul edilirken şişme potansiyeli (ŞP) bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. Alternatif modeller geliştirmek amacı ile, bu beş bağımsız değişkenler arasından rastgele bazıları çıkarılmış ve dört farklı ÇLR modeli kurulmuştur. Geliştirilen modeller topluca Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 3. Geliştirilen modeller

Modeller	Kullanılan bağımsız değişken
Model I	İD, KD, PI, MKB ve DBA
Model II	İD, PI, MKB ve DBA
Model III	İD, PI ve MKB
Model IV	PI ve MKB

Şekil 1-2-3-4'de, ÇLR analizlerinden elde edilen sonuçların deneysel veriler ile karşılaştırılması görülmektedir. Şekil 1 de yukarıda bahsedilen zeminlerin beş farklı temel fiziksel özellikleri bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Şekilden görüldüğü gibi, herhangi bir korelasyonun performansının bir ölçüsü olarak kabul edilen korelasyon katsayısı (R) 0.91 olarak bulunmuştur. Smith [7]'e göre, önerilen bir model 0.80'den büyük bir R değeri veriyorsa, ölçülen veriler ile tahmin edilen veriler arasında kuvvetli bir korelasyonun olduğu kabul edilmektedir. Şekil 2'de ise İD, PI, MKB ve DBA bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Şekilden görüldüğü gibi bu analizde de R değeri 0.90 olarak bulunmuş ve tatmin edici bir sonucun elde edildiği anlaşılmıştır. Şekil 3'teki karşılaştırmada İD, PI ve MKB kullanılarak bir model denenmiş ve R değeri 0.91 olarak elde edilmiştir. Son olarak Şekil 4'te PI ve MKB bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Bu analizde de kuvvetli bir korelasyonun olduğu R değerinin 0.91 olarak bulunması ile anlaşılmıştır. Yapılan tüm karşılaştırmalara bakıldığında, ÇLR analizlerinden elde edilen modellerin tümünün oldukça iyi korelasyonlar verdiği görülmektedir. Elde edilen modellerin performansının değerlendirilmesinde standart hatalarında (SE) bulunması önemlidir. Bu nedenle elde edilen sonuçların SE değerleri bulunmuş ve Çizelge 3'de R değerleri ile birlikte topluca verilmiştir. ÇLR analizleri sonucu elde edilen çok değişkenli regresyon denklemleri aşağıda sırası ile verilmiştir.

$$\hat{S}P=0.00569İD+0KD+0.2991PI-7.1560MKB+1.4862DBA+10.0543 \quad (2)$$

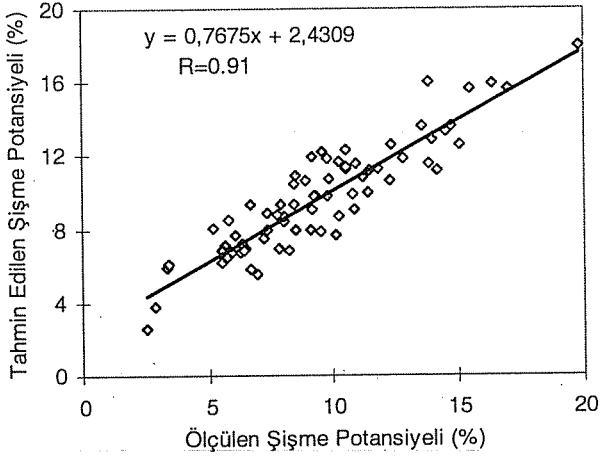
$$\hat{S}P=0.0170İD+0.2725PI-12.3322MKB+3.3497DBA+16.4816 \quad (3)$$

$$\hat{S}P=0.0158İD+0.2737PI-12.2121MKB+25.4297 \quad (4)$$

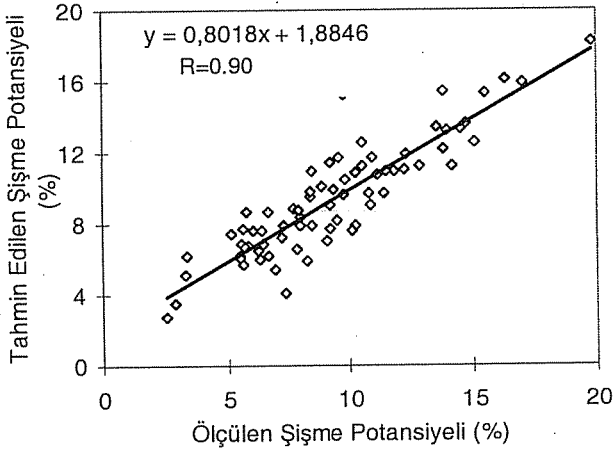
$$\hat{S}P=0.2686PI-13.6878MKB+28.9503 \quad (5)$$

Çizelge 2. Modellerin istatistiksel performansları.

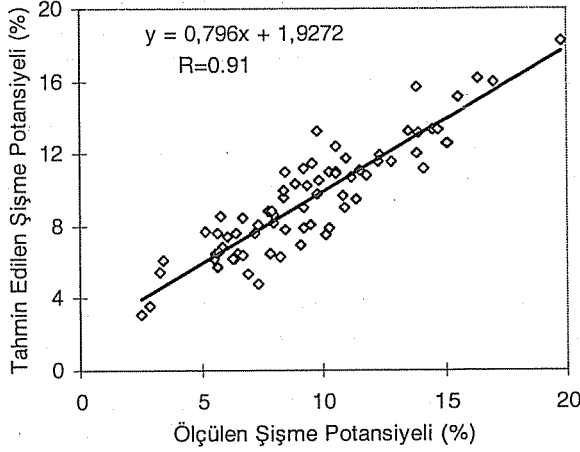
Modeller	R değerleri	SE değerleri
Model I	0.91	1.61
Model II	0.90	1.63
Model III	0.91	1.62
Model IV	0.91	1.63



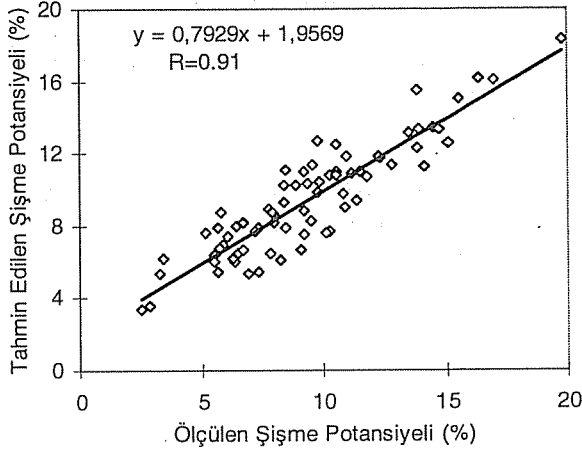
Şekil 1. Model I' den elde edilen sonuçların deneysel değerler ile karşılaştırılması.



Şekil 1. Model II' den elde edilen sonuçların deneysel değerler ile karşılaştırılması.



Şekil 1. Model III' den elde edilen sonuçların deneysel değerler ile karşılaştırılması.



Şekil 1. Model IV' den elde edilen sonuçların deneysel değerler ile karşılaştırılması.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında zeminlerin fiziksel özellikleri ile şişme potansiyeli arasındaki ilişki, 78 adet farklı zemin üzerinde gerçekleştirilen şişme deneyinden elde edilen şişme potansiyeli verileri kullanılarak incelenmiştir. Şişme potansiyelinin (ŞP) deney yapmadan tahminini sağlamak amacı ile çoklu lineer regresyon (ÇLR) analizleri yapılarak dört farklı regresyon denklemi elde edilmiştir. Analizlerde, zeminlerin temel fiziksel özelliklerinden İD, KD,PI, MKB VE DBA bağımsız değişkenler olarak kullanılmış ve bağımlı değişken olan ŞP nin tahmini için denklemler türetilmiştir. Yapılan karşılaştırmalarda yüksek R değerleri elde edilmiştir ve istatistiksel olarak

kuvvetli bir korelasyonun elde edildiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca sonuçların standart hatalarında (SE) hesap edilerek modellerin iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Yapılan bu analizlere dayanarak elde edilen denklemlerin, zeminlerin temel fiziksel özelliklerinin bilinmesi durumunda şişme potansiyelinin tahminde kullanılmasının mümkün olduğu söylenebilir. Yine de bu denklemlerin kullanılması ile laboratuvar şişme deneylerinin kesin olarak elimine edildiği söylenemez. Ancak hızlı ve pratik olarak herhangi bir zeminin şişme potansiyeli hakkında fikir sahibi olunması istendiğinde, bu denklemlerin kullanılması faydalı olacaktır.

5. KAYNAKLAR

1. Dhowian,A., Orhan,E. and Abdulfattah,Y., "Evaluation of expansive soils and foundation methodology in the kingdom of Saudi Arabia", King Abdulaziz City for Science and Technology, Riyad, 1988.
2. Keskin,S.N., "İstanbul neojen kilinin şişme davranışına ön konsolidasyonun, mineralojik özelliklerin ve çevresel faktörlerin etkisi", Doktora Tezi, İstanbul, Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1993.
3. ASTM. Standart test methods for one dimensional swell or settlement potential of cohesive soils. Annual Book of ASTM Standards, 04: 2, 1986.
4. Uzer,A.U. ve Olgun,M., "Şişen zeminler üzerinde iki farklı şişme deney yöntemi sonuçlarının değerlendirilmesi", Selçuk Üniversitesi ISSN 1302/6178 Journal of Technical-Online, Volume 5, Number:3, 2006.
5. Drapper,N.R., Schmidt,H., "Applied regression Analysis", John Willey and Sons, New York, 1981.
6. Rawlings,J.O., Applied regression Analysis: A Research Tool, Wadsworth and Brooks/Cole Advanced Books and Software, 1998.
7. Smith,G.N., "Probability and statistics in civil engineering", London, Collins, 1986.

**TEK SERBESTLİK DERECELİ ÇELİK BİR YAPININ SARSMA TABLASI
DENEYLERİ**

Tarık BARAN ve A. Kamil TANRIKULU
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Bu çalışmada, tek serbestlik dereceli çelik bir yapının dinamik davranışı Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarı'nda bulunan sarsma tablası kullanılarak deneysel olarak araştırılmıştır. Elde edilen deneysel deplasman verileri, CSI SAP2000 yazılımından elde edilen sayısal deplasman sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Deneysel ve sayısal çalışmada sinüzoidal ve gelişigüzel formlu ivme kayıtları kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucu, sarsma tablasının yapıya istenilen yer hareketini başarıyla uyguladığı ve sonlu elemanlar yöntemini kullanan CSI SAP2000 yazılımının yapının dinamik davranışını güvenilir ölçüde belirleyebildiği görülmüştür.*

**SHAKE TABLE TESTS OF SINGLE DEGREE OF FREEDOM-STEEL
STRUCTURE**

ABSTRACT : *In this thesis, dynamic response of a steel single degree of freedom structure was investigated using a shake table located in Structural Laboratory of Civil Engineering Department of Engineering and Architecture Faculty of Cukurova University. Experimentally acquired displacement data was compared with numerical displacement results obtained by CSI SAP2000 software. Sinusoidal and random formed acceleration data were used in the experimental and numerical work. As a result of performed analyses, it has been seen that, the shake table was applied desired ground motion successfully to the structure and CSI SAP2000 software which uses finite element method was able to determine the dynamic response of the structure reliably.*

1. GİRİŞ

Deprem Mühendisliğinde önemli bir yeri olan yapı dinamiği problemleri gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde sayısal programlar tarafından kolaylıkla çözümlenebilmektedir. Ancak matematiksel olarak geçerli olsa da yapı dinamiğinin analitik yaklaşımları ve bu yaklaşımları kullanan sayısal programlar deneysel olarak doğrulanmalıdır. Bu amaçla kullanılan yarı-dinamik, gerçek zamanlı depremlerden alınan veriler ve zorlanmış titreşim testleri gibi çeşitli deneysel yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler arasında laboratuvar ortamında tekrarlanabilirliği yüksek olan sarsma tablası deneyleri, bir yapının dinamik davranışının belirlenebilmesi açısından en etkili yöntemdir.

Bu tarz deneylerden elde edilen veriler yazılımların ve analitik modellerin sağlaması için kullanıldığı gibi yeni analitik modellerin oluşturulması amacıyla da kullanılırlar. Sarsma tablası kullanılarak sayısal model geliştirme ve yapıların dinamik davranışının araştırılması üzerine literatürde çeşitli çalışmalar mevcuttur. Mo ve Hwan, küçük ölçekli öngerilmeli çerçeveler üzerinde yaptıkları sarsma tablası deneyleri ile çerçevelerin yatay yük- deplasman ilişkilerini belirlemişlerdir (1). Koh ve arkadaşları, küçültülmüş üç boyutlu bir sıvı tankı modeli kullanarak, deprem hareketi sonucu oluşan yapı-sıvı etkileşimi problemini araştırmışlardır (2). Timler ve arkadaşları, 1:4 ölçekli bir model kullanarak yapılarda çelik perde kullanımıyla ilgili bir çalışma yapmışlardır. Deneylerden elde ettikleri sonuçları analitik sonuçlarla karşılaştırmışlardır (3). Villaverde ve Mosqueda, ölçekli bir model kullanarak sismik bir çatı izolasyon sistemi üzerine çalışmışlardır. Çalışmada farklı ölçekteki yer hareketi girdileri için sarsma tablası deneyleri yapmışlar ve deney sonuçlarını analitik yöntem sonuçlarını doğrulamak amacıyla kullanmışlardır (4). Lu ve Chung, çalıştıkları modal kontrol konusunda geliştirdikleri yöntemin doğruluğunu sınamak için tam ölçekli bir yapının sarsma tablası deneylerini kullanmışlardır (5). Filiatrault ve arkadaşları, ahşap binalar için kullanılacak bir sönüm modeli geliştirdikleri çalışmada, sayısal sonuçları sarsma tablası testleriyle doğrulamışlardır (6). Rodriguez ve arkadaşları, küçük bir yapı modeli oluşturarak, yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik davranışını belirlemek amacıyla bir analitik yöntem geliştirmişlerdir. Analitik yöntemi doğrulamak ve kalibre etmek amacıyla yapı modelinin sarsma tablası deney sonuçlarını kullanmışlardır. Çalışmada, girişlerin sismik davranışı gibi konulara değinmişler ve sönümün dinamik hareket süresince sabit kalmayıp değiştiğini belirlemişlerdir. Analitik modelde, modlar için sarsma tablası deneylerinden elde ettikleri viskoz sönüm oranlarını kullanmışlardır (7).

Bu çalışmada, tek serbestlik dereceli bir yapı ele alınmış ve Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarı'nda bulunan sarsma tablası kullanılarak test edilmiştir. Deneylerden elde edilen veriler aynı yapı için oluşturulan sayısal modelin sınanması amacıyla kullanılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, sonlu eleman yöntemine dayalı CSI SAP2000 yazılımının sayısal çözümlerdeki başarısı söz konusu yapı için görülmüştür (8).

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Sarsma Tablası

Deneylerde kullanılan sarsma tablası, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarı'nda bulunmaktadır. Sarsma tablası, bir doğrultuda gelişigüzel bir sinyali uygulayabilen, elektrik motorlu bir deprem simülatördür. Sarsma tablasına ait özellikler Çizelge 1'de sunulmuştur.

Sarma tablası, DEPSİM isimli bir bilgisayar yazılımı tarafından idare edilmektedir. DEPSİM, eski deprem kayıtlarının 5 veya 10 ms'lik zaman adımlarıyla tablada tekrar üretilmesine olanak sağlamaktadır. DEPSİM ve sürücü bağlantısı bilgisayar seri portu yardımıyla sağlanmaktadır. DEPSİM, editör yazılımdan okuduğu ivme veya hız verisini seri port aracılığıyla servo sürücü kontrol kartına aktarmakta ve kart üzerinde depolanan bu veri kontrol kartında hazırda bekletilmektedir. DEPSİM yazılımından gelen komutla bu veri servo sürücüye iletilmekte ve servo sürücü de bu değerler ile motoru tahrik etmektedir. Motorda oluşan rotasyonel hareketler tablaya, üzerine sürekli dış açılmış bir çelik çubuk sayesinde lineer hareket olarak iletilmektedir.

Çizelge 1. Sarsma Tablası Özellikleri

Özellik	Değer	Birim
Tabla Boyutu (B×L)	150×200	cm
Deplasman Sınırları	± 5	cm
Hız Sınırları (Yazılımla Sınırlanmış)	± 40	cm/s
Maksimum İvme	1 g	(g=9.81 m/s ²)
Faydalı Frekans aralığı	0-25	Hz
Maksimum Motor Kuvveti	50	kN
Motor Gücü	45	kW
Tabla Kütlesi	1500	kg
Faydalı Sarsma Kapasitesi	3500	kg

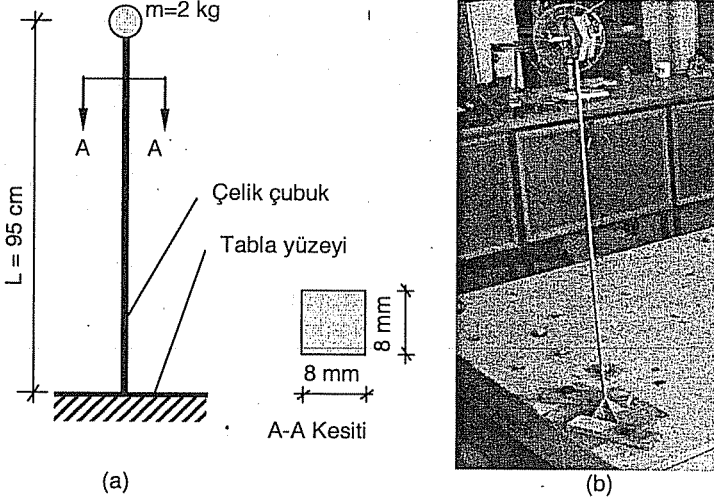
2.2. Deneysel Düzenegi

Deneylerde, alttan ankastre mesnetli, kare kesitli, tepe noktasında tekil bir kütle bulunan tek serbestlik dereceli bir yapı ele alınmıştır (Şekil 1).

Model yapı üretiminde kullanılan çubuğun ilk boyu 100 cm'dir. Modelin ankastre olarak mesnetlenmesi için çubuğun alt kısmında bulunan çelik bir plakaya üçgen şekilli yüksekliği 5 cm olan çelik elemanlarla kaynaklanarak bağlantısı sağlanmış ve etkili boy 95 cm olarak hesaplarda kullanılmıştır (Şekil 1(b)).

Deneyler esnasında, sarsma tablasına sabitlenen model yapının kütle hizasındaki yatay deplasman değerleri ve kütle için tablaya göre rölatif deplasmanlarını elde edebilmek amacıyla tabla yüzeyinin deplasman değerleri deplasman sensörleri (LVDT) yardımıyla, tabladaki hareketin ivme değerleri de bir ivmeölçer yardımıyla

kaydedilmiştir. Deneyler esnasında her bir ölçüm cihazından saniyede 1000 veri kaydedilmiştir. Şekil 2’de tipik bir deney düzeneği ve veri toplama sistemi şeması görülmektedir.



Şekil 1. Tek serbestlik dereceli yapı (a) fiziksel özellikler (b) genel görünüş

2.3. Deneyin Uygulanışı ve Veri İşleme

Hazırlanan yapı kullanılarak üç farklı deney uygulanmıştır.

2.3.1. Serbest Titreşim Deneyi

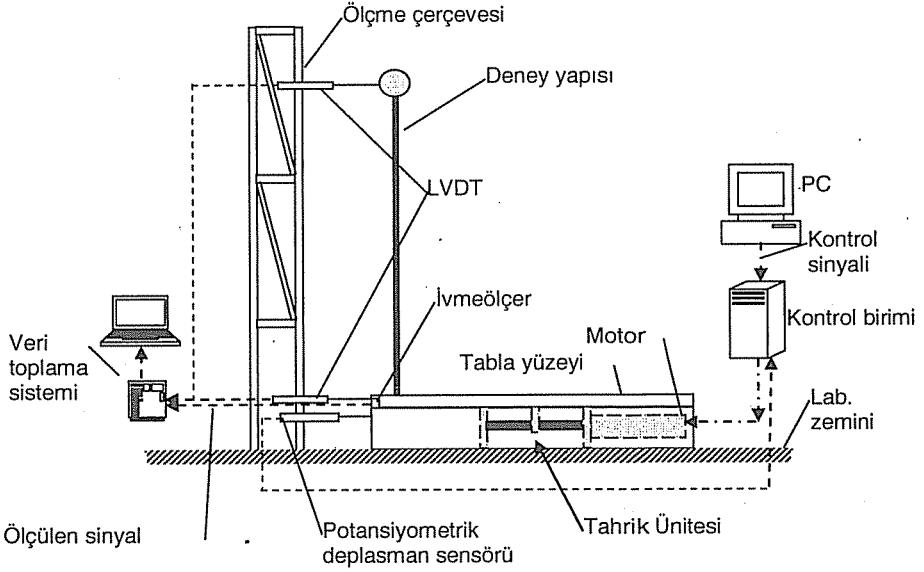
Model yapının serbest titreşim frekansını belirlemek amacıyla kütlein bulunduğu yapı tepe noktasına yatay doğrultuda bir başlangıç deplasmanı uygulanarak Şekil 3’te sunulan serbest titreşim grafiği kaydedilmiştir. Elde edilen kayıttan model yapının serbest titreşim frekansı 1.5314 Hz olarak tespit edilmiştir.

2.3.2. Harmonik Zorlama Deneyi

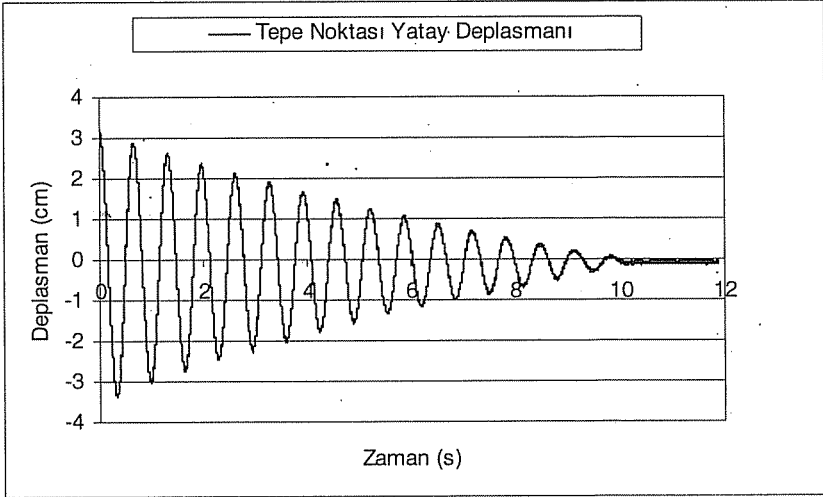
İkinci olarak, tablaya sinüzoidal formulu yatay ivme kayıtları uygulanmıştır. Uygulanan ivme kayıtları 50 cm/s^2 genliklidir ve frekansları 1 Hz, 1.5 Hz, 1.5314 Hz, 1.6 Hz, 1.6527 Hz, 1.7 Hz, 1.8 Hz, 1.9 Hz ve 2 Hz olarak seçilmiştir. Bu frekans aralığı yapı serbest titreşim frekansını içine alacak şekilde seçilmiştir.

Deneylerde kaydedilen tabla ve yapı deplasmanlarının işlenmemiş hali 1 Hz frekanslı kaydın kullanıldığı deney için Şekil 4’te sunulmuştur. Örnek olarak seçilen grafikte deplasman kayıtlarında bir miktar gürültü sinyali göze çarpmaktadır. Deplasman sinyalini gürültüden arındırmak için, 10 Hz’den büyük frekanslı sinyaller filtrelenmiştir (“10 Hz Fourier low pass filter”). 10 Hz’lik kesme frekansı Fourier spektrum analizi sonucu belirlenmiş deplasman verisinin formunu bozmayacak bir frekans düzeyidir. Elde edilen filtrelenmiş tabla deplasmanı ve ivme kaydının iki defa integrali yoluyla hesaplanan tabla deplasmanı (uygulanmak istenen deplasman) Şekil 5’te sunulmuştur.

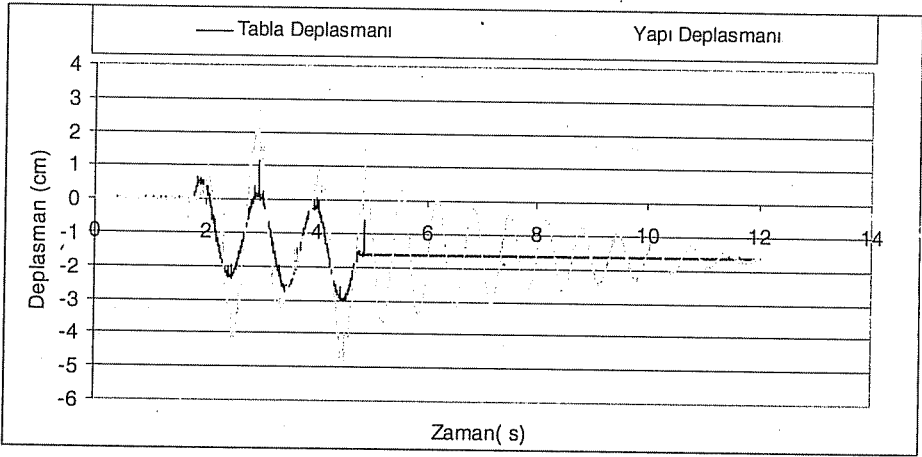
Grafik incelendiğinde tablanın istenen yer hareketini yeterli yaklaşıklıkta uygulayabildiği görülmektedir.



Şekil 2. Tipik deney düzeneği



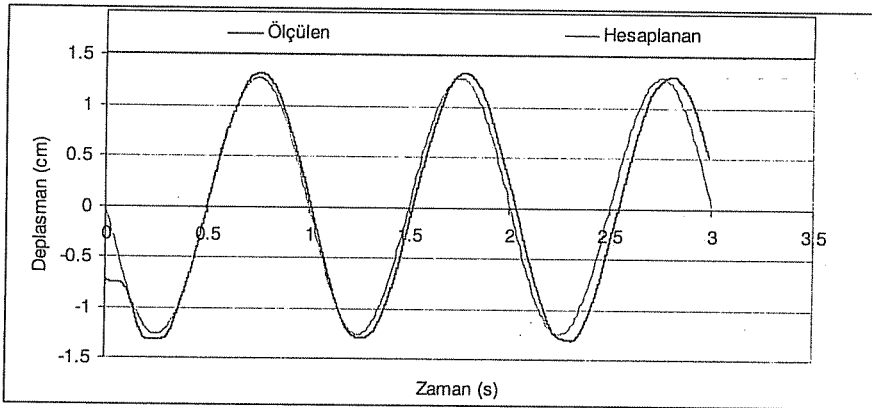
Şekil 3. Yapı tepe noktasına ait serbest titreşim grafiği



Şekil 4. 1 Hz frekanslı yer hareketi için yapılan deneyden elde edilen tabla ve yapı deplasmanları

2.3.3. Deprem Hareketi Altında Zorlama Deneyi

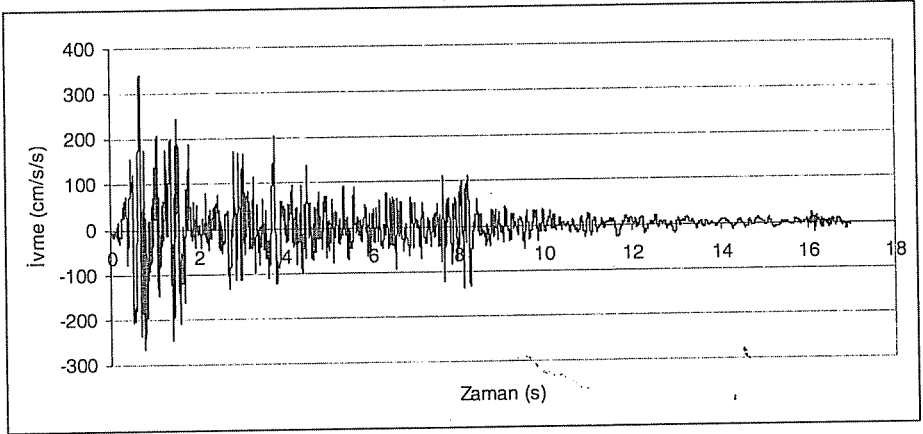
Model yapı son olarak El Centro depremi ivme kayıtları kullanılarak tekrar test edilerek gelişigüzel yer hareketi altındaki tepe noktası yatay deplasmanı kaydedilmiştir. El Centro depremi kayıtları tablaya uygulanmadan önce benzerlik/ölçekleme yasaları uyarınca 1/10 oranında ölçeklenmiştir. Bu amaçla Sollogoub (9) tarafından verilen ivme benzerliği parametreleri kullanılmıştır. İvme benzerliği parametreleri Çizelge 2'de sunulmaktadır. İvme benzerliğinin kullanılması sonucu 53.75 saniye süren gerçek deprem kaydı ivme genlikleri değişmemek kaydıyla 17 saniye süreli bir deprem kaydına dönüşmüştür. Elde edilen ölçeklenmiş deprem kaydı Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 5. 1 Hz frekanslı yer hareketi için yapılan deneyden elde edilen filtrelenmiş tabla deplasmanı ve uygulanmak istenen deplasman

Çizelge 2. İvme Benzerliği çarpanları (9)

	İvme Benzerliği $\lambda = 1/n$
Deplasman	λ
Hız	$\sqrt{\lambda}$
İvme	1
Kütle	λ^2
Yoğunluk	$\frac{1}{\lambda}$
Ağırlık	λ^2
Kuvvet	λ^2
Zaman	$\sqrt{\lambda}$
Frekans	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}}$

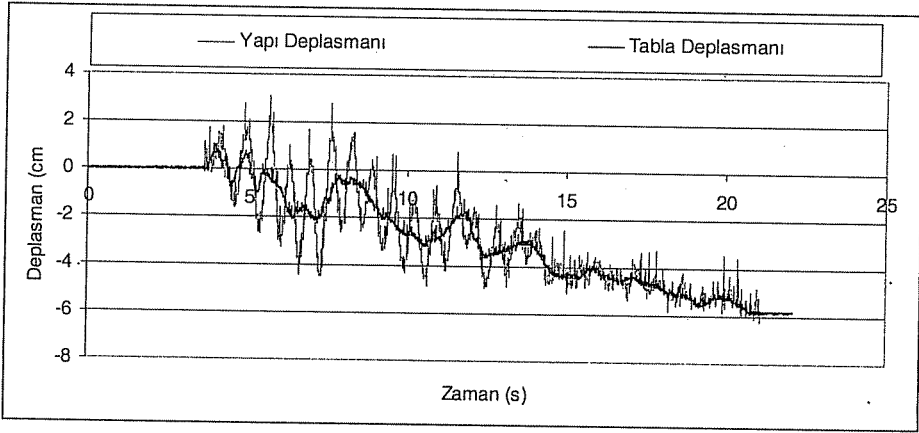


Şekil 6. $\lambda = 1/10$ oranıyla ölçeklenmiş El Centro depremi ivme kaydı

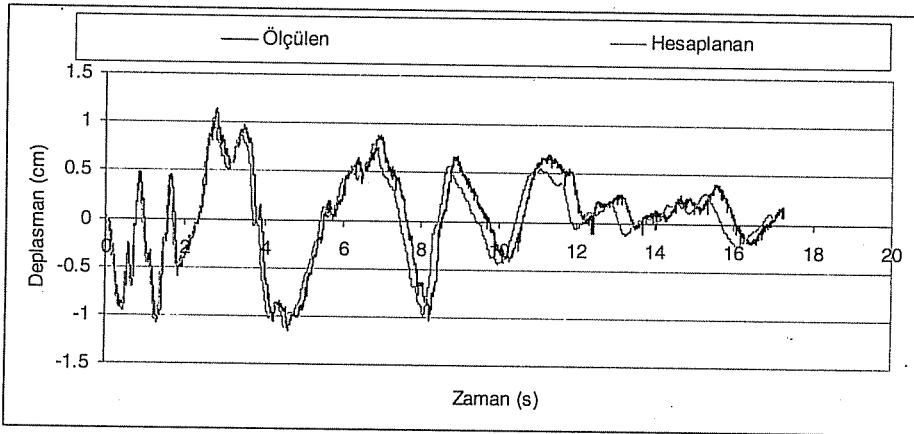
El Centro depremine ait kayıtların uygulanması sonucu elde edilen işlenmemiş model yapı ve tabla deplasmanları Şekil 7 sunulmuştur. Tabladan ölçülen ve ivmenin iki defa sayısal integrali alınarak türetilen yatay deplasmanların (uygulanmak istenen deplasman) karşılaştırmaları Şekil 8'de sunulmuştur. Grafikler incelendiğinde El Centro deprem verisinin tabla tarafından yeterli bir yaklaşıklıkta uygulandığı görülmektedir.

3. SAYISAL ÇALIŞMA

Çalışmanın sayısal bölümünde, model yapı, CSI SAP2000 yazılımı kullanılarak modellenmiş ve deneysel çalışmada kullanılan taban fonksiyonları kullanılarak sayısal çözümü yapılmıştır. İlk olarak model yapının CSI SAP2000 yazılımından elde edilen serbest titreşim frekansı ile deneysel serbest titreşim verisi kullanılarak elde edilen frekansları Çizelge 3'te karşılaştırılmıştır.



Şekil 7. El Centro depremi ivme kaydı kullanılarak yapılan deney sonucu yapıdan ve tabladan ölçülen deplasmanlar



Şekil 8. El Centro depremine ait ivme kaydının uygulanması sonucu tabladan ölçülen deplasmanlar ve ivme kaydından hesaplanan deplasmanlar

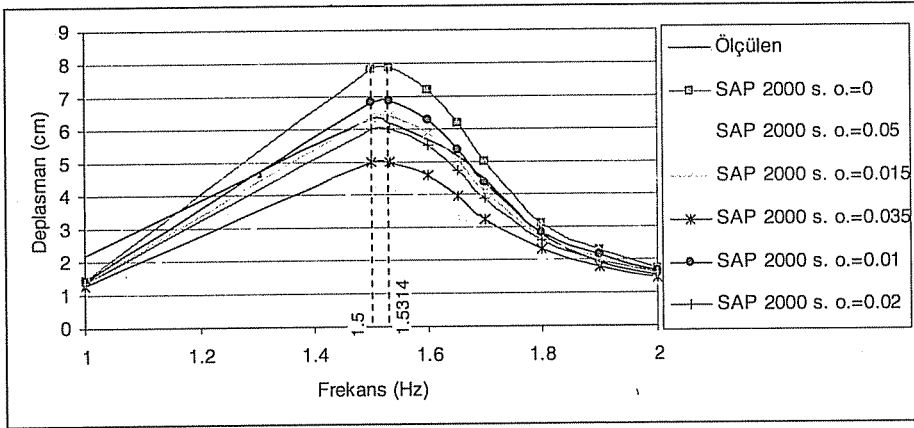
Sayısal çalışmada, sınır şartları uygun bir şekilde modellenerek model yapı için sayısal serbest titreşim frekansı deneysel serbest titreşim frekansına çok yakın bir değerde elde edilmiştir.

İkinci aşamada analizlerde kullanılacak sönüm oranını belirlemek amacıyla deneysel çalışmada kullanılan ivme kayıtları aynen CSI SAP2000 yazılımında da kullanılmıştır. 1 Hz, 1.5 Hz 1.5314 Hz, 1.6 Hz, 1.6527 Hz, 1.7 Hz, 1.8 Hz, 1.9 Hz ve 2 Hz'lik frekanslara sahip kayıtlar kullanılarak zaman tanım analizleri farklı sönüm oranları için tekrarlanmıştır. Farklı sönüm oranları için yapının tepe noktasına ait sayısal maksimum

yatay deplasmanlar ve deneyden elde edilen yatay deplasmanlar frekanslara bağlı olarak Şekil 9'da sunulmuştur.

Çizelge 3. Model yapı serbest titreşim frekansları

Serbest titreşim frekansı (Hz)	Deneysel	SAP2000	Kütle Katım Oranı
		1.5314	1.5308

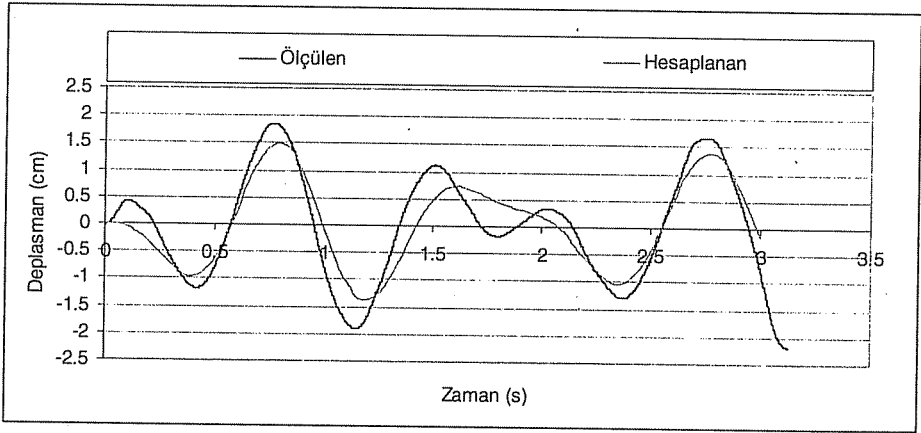


Şekil 9. Deneyden elde edilen ve farklı sönüm oranları için hesaplanan model yapı tepe noktası maksimum yatay deplasmanları (s. o.: sönüm oranı)

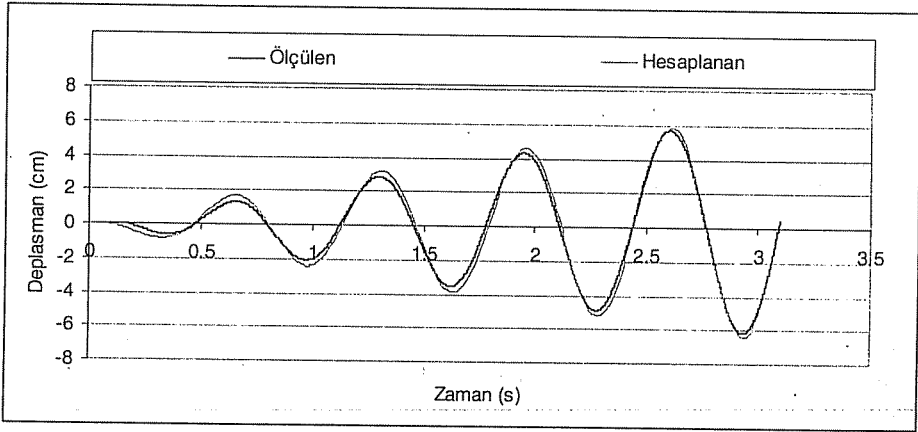
Şekil 9'dan görüldüğü gibi deney sonuçlarına en yakın sonuçlar 0.015 sönüm oranı için elde edilmiştir. Daha sonraki analizlerde sönüm oranı 0.015 olarak kullanılmıştır. Şekilden görüldüğü gibi model yapı tepe noktası yatay deplasmanları, yapının doğal titreşim frekansına yakın bölgelerde artmaktadır. Deneysel olarak bu artış sarsma tablasının verilen yer hareketinin frekansını başarıyla uyguladığını göstermektedir. Sonuçların uyumu ise sayısal modelin doğruluğunu göstermektedir.

Belirlenen sönüm oranı ve hazırlanan ivme kayıtları kullanılarak model yapının CSI SAP2000 analizleri gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen ve sayısal olarak hesaplanan model yapı tepe noktası deplasmanları karşılaştırılmıştır. Örnek olarak seçilen dört adet kayıt için yapılan karşılaştırmalar Şekil 10-13'te görülmektedir.

Şekillerden görüldüğü gibi rezonans frekansından uzaklaştıkça deney sonuçları ve sayısal sonuçlar da birbirinden bir miktar uzaklaşmaktadır. Bunun sebebi bu bölgelerde sönümün etkisinin artması ve deplasmanların küçülmesidir. Rezonans frekansına yakın bölgelerde sonuçlar oldukça uyumludur. Deney sonuçlarıyla yakalanan bu uyum, CSI SAP2000 yazılımının çok iyi bir yaklaşıklıkla bu tarz problemleri analiz edebildiğini göstermektedir.



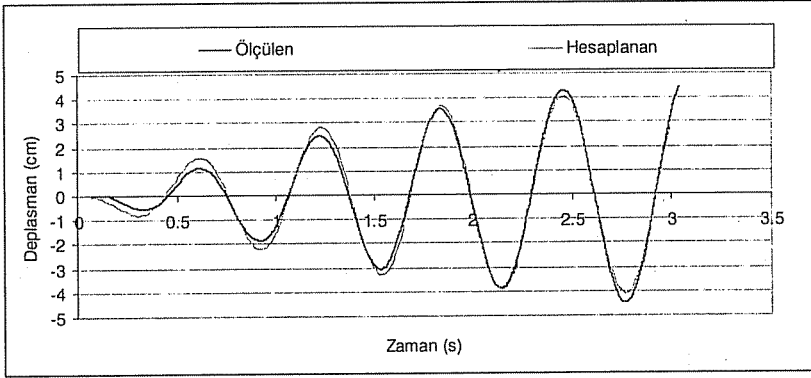
Şekil 10. 1 Hz frekanslı ivme kaydı için model yapıdan ölçülen ve sayısal olarak hesaplanan tepe noktası deplasmanları



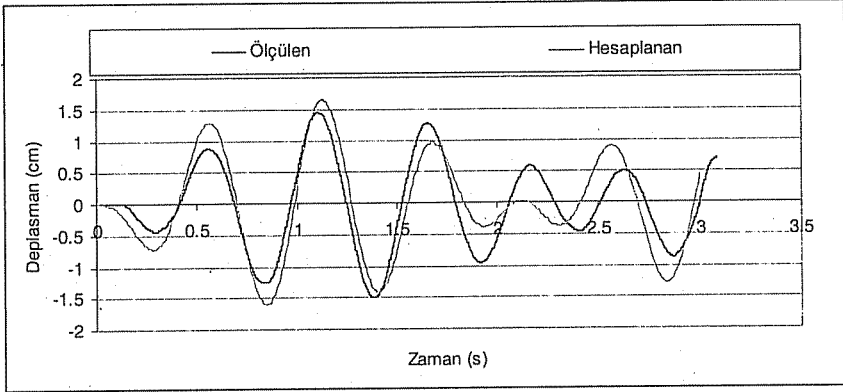
Şekil 11. 1.5314 Hz frekanslı ivme kaydı için model yapıdan ölçülen ve sayısal olarak hesaplanan tepe noktası deplasmanları (1.5314 Hz model yapı serbest titreşim frekansıdır)

Sönüm oranı belirlendikten sonra model yapı sayısal modeli El Centro depremi ivme kayıtları kullanılarak analiz edilmiştir. Yapı tepe noktasına ait sayısal ve deneysel rölatif deplasmanlar Şekil 14'te sunulmuştur.

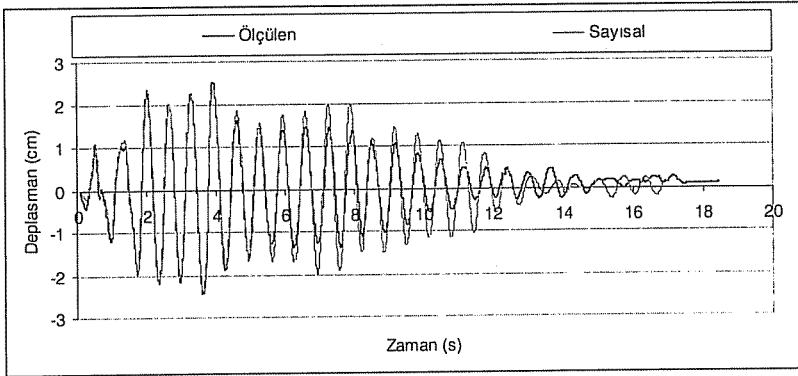
Şekil 14'ten görüldüğü gibi ölçülen ve hesaplanan deplasmanlar arasındaki uyum oldukça iyidir. Hareketin şiddetli olduğu bölgede CSI SAP2000 yazılımıyla bulunan deplasmanlar ölçülen deplasmanlara oldukça yakındır. Ancak yer hareketinin şiddeti azaldıkça deplasman genliklerinde bir miktar farklılık olmaktadır.



Şekil 12. 1.7 Hz frekanslı ivme kaydı için model yapıdan ölçülen ve sayısal olarak hesaplanan tepe noktası deplasmanları



Şekil 13. 2 Hz frekanslı ivme kaydı için model yapıdan ölçülen ve sayısal olarak hesaplanan tepe noktası deplasmanları



Şekil 14. Model yapının tepe noktasında ölçülen ve hesaplanan yatay deplasmanlar

4. SONUÇ

Bu çalışmada, tek serbestlik dereceli bir model yapı sarsma tablası kullanılarak farklı zorlamalar altında test edilmiş ve model yapının sayısal çözümlenmesi CSI SAP2000 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda deneysel verilerle, sayısal sonuçların büyük oranda uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca, sayısal modelin oluşturulmasında mesnet koşullarının doğru tanımlanmasının önemi ortaya konulmuştur.

Yapılan çalışma sonucunda, sayısal modellemelerde en önemli eksikliğin, sönüm etkisinin modellenmesi konusunda olduğu ve bu amaçla yeni modellerin geliştirilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Mo, Y.L. ve Hwang, W.L., "Shake Table Tests on Prestressed Concrete Frames", *Materials and Structures*, Vol. 31, (December), 676-682, 1998.
2. Koh, H.M., Kim, J.K. ve Park, J.-H., "Fluid-Structure Interaction Analysis of 3-D Rectangular Tanks by A Variationally Coupled Bem-Fem and Comparison with Test Results", *Earthquake Engng Struct. Dyn.*, (27), 109-124, 1998.
3. Timler, P., Ventura, C.E., Prion, H. ve Anjam, R., "Experimental and Analytical Studies of Steel Plate Shear Walls as Applied To The Design of Tall Buildings", *Struct. Design Tall Build.*, (7), 233-249, 1998.
4. Villaverde, R., ve Mosqueda, G., "A Seismic Roof Isolation System: Analytic and Shake Table Studies", *Earthquake Engng. Struct. Dyn.*, (28), 217-234, 1999.
5. Lu, L.-Y. ve Chung, L.-L., "Modal Control of Seismic Structures Using Augmented State Matrix", *Earthquake Engng Struct. Dyn.* (30), 237-256, 2001.
6. Filiatrault, A., Isoda, H. ve Folz, B., "Hysteretic Damping of Wood Framed Buildings", *Engineering Structures*, (25), 461-471, 2003.
7. Rodríguez, M.E., Restrepo, J.I. ve Blandón, J.J., "Shaking Table Tests of A Four-Story Miniature Steel Building—Model Validation", *Earthquake Spectra*, Vol. 22, (No.3), 755-780, 2006.
8. CSI SAP2000®, "Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structures", *Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, USA*, 2005
9. Sollogoub, P., "Seismic Testing", *Advanced Course on Advanced Earthquake Engineering Analysis*, Cism, Udine, Italy, 2006.

YUMURTALIK SUGÖZÜ UÇUCU KÜLÜ İÇEREN BETONLARIN BASINÇ VE EĞİLME DAYANIMLARININ ARAŞTIRILMASI

İsmail Hakkı ÇAĞATAY ve İdris GÜNİNDİ
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Bu çalışmada, yüksek oranda Yumurtalık-Sugözü uçucu küllü içeren betonun basınç ve eğilmeye karşı direnci deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmada değişik miktarlarda uçucu küllü kullanılarak farklı beton karışımları elde edilmiş ve süper akışkanlaştırıcı yardımı ile sabit su-çimento oranında betonlar üretilmiştir. Uçucu küllü ile çimento miktarından tasarruf sağlanmıştır. Uygun uçucu küllü kullanımı ile ağırlıkça %10 yer değiştirme oranında normal beton dayanımına eşdeğer dayanım elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Uçucu küllü içeren betonun dayanım özellikleri ile normal betonun özellikleri arasındaki ilişkinin benzer olduğu sonucuna varılmıştır. Laboratuvarında elde edilen verilere dayanarak mevcut uçucu küllü çimentoyu %10-%40 oranında ikame edilebileceği ve incelenen betonun, uygun bir şekilde dizayn edildiği takdirde özellikle beton yol kaplaması olarak kullanılabilceği kanaati oluşmuştur.

INVESTIGATION OF COMPRESSIVE AND FLEXURAL STRENGTH OF CONCRETE CONTAINING FLY ASH FROM YUMURTALIK SUGOZU

ABSTRACT : In this study, compressive and flexural strength of concrete containing Yumurtalık-Sugözü fly ash were experimentally investigated. In the study, concrete batches were manufactured by using different amounts of fly ash, constant water-cement ratio and superplasticizer. Using fly ashes are employed to provide savings on amount of cement. The results show that a fly ash concrete having a similar strength value to that of conventional concrete can be produced at a 10% (by weight) replacement of cement by fly ash is provided. The relation between the strength characteristic of concrete containing fly ash was found to be similar to that of conventional concrete. Based on data obtained from laboratory study, it was concluded that the current fly ash might replace the cement ratio at about 10%-40% and it was concluded that the concrete investigated in the study can be used for road pavements when it is properly designed.

1. GİRİŞ

Çimento, kum, su ve agregadan oluşan beton dünyada yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesidir. Betonun basınç, eğilme ve aşınma dayanımını artırmak için çeşitli mineral katkı malzemeler kullanılmaktadır. Bu amaçla, Portland çimentosunun bir kısmı yerine mineral katkı malzemesi olarak uçucu kül kullanılabilen, böylece uçucu kül katkılı beton elde edilebilmektedir.

Termik santrallerdeki kömürün yakılması sonucu bir yan ürün olarak açığa çıkan uçucu kül, puzolanik ve bağlayıcı özelliğinden dolayı betonda bağlayıcı katkı malzemesi olarak kullanılabilir. Çimentonun bir kısmının yerine uçucu kül ikame edildiğinde betonun maliyeti azalır. Bununla birlikte taze ve sertleşmiş betonun özellikleri de değişmektedir.

Uçucu küller ya da pulverize yakıt külleri, özellikle elektrik üretim tesislerinin pulverize kömür ile işleyen fırınlarının toz tutma ünitelerinden sağlanan materyallerdir. Bu materyaller küresel biçimde olup, SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içerirler. Puzolanik maddeler gibi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile tepkimelerinde hidrolik bağlayıcı nitelik kazanırlar. Külün kalitesine ve özelliklerine bağlı olarak çimentonun yapısında bir katkı maddesi olarak değişik oranda uçucu kül bulunabilmektedir (1).

Uçucu küller ASTM C618'de verilen sınıflandırmaya göre C ve F olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır (2).

Ülkemizde ise uçucu küller TS 639'a göre sınıflandırılmıştır. Buna göre $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 > \%70$ koşulu sağlanmalıdır (3).

Puzolanik özellik SiO_2 ile Al_2O_3 'ün kireçle yaptığı reaksiyon sonunda meydana gelmektedir. Buna göre uçucu küllerde SiO_2 ve Al_2O_3 fazla miktarda bulunmalı, CaO az miktarda yer almalıdır (4).

Birçok araştırmacı karışım oranları ve uçucu külün ikamesi ya da beton karışımına katılması konusunda çalışmalar yapmışlardır (5-9).

Diñer ve Çağatay, uçucu kül katkılı betonların mekanik özelliklerini incelemişlerdir (10). Çimentonun yerine ağırlıkça % 0, 5, 10, 20, 30, 40 oranlarında uçucu kül kullanılmıştır. Karışımların mekanik özelliklerini belirlemek için de 7, 14, 28, 90, 180 ve 365 günlük beton numuneler üretilmiştir. Çimentonun yerine uçucu kül ikamesinin, betonun mekanik özelliklerindeki etkisinin

%20 uçucu kül ikamesine kadar çok iyi olduğunu ve %30 oranına kadar kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada Yumurta-Şugözü Termik santralından çıkan uçucu külün beton ve beton yol kaplaması içinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Araştırmada, TS 19 (1992) ile uyumlu olan Portland çimentosu, tane boyutu dağılımı TS 706 (1980) ile uyumlu agrega kullanılmıştır. Çalışmanın amacına ulaşmak için beş farklı uçucu kül ikame oranı ile su-çimento oranı sabit tutularak betonlar üretilmiştir.

Yapılan çalışmada, uçucu külün beton dayanımı üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla, çimento, her bir karışımında ağırlıkça %0 (şahit beton), %10, %20, %30, %40 oranlarında uçucu kül ile ikame edilmiştir. Her bir karışımdan $15 \times 15 \times 15$ cm' lik üçer adet küp beton numuneler, $15 \times 15 \times 60$ cm' lik ikişer adet prizmatik beton numuneler beş farklı uçucu kül ikame oranı ile üretilmiştir. Her bir beton numune 1, 3, 7, 28. ve 90. günlerde kırılarak deney sonuçları elde edilmiştir.

*YUMURTALIK SUGÖZÜ UÇUCU KÜLÜ İÇEREN BETONLARIN
BASINÇ VE EĞİLME DAYANIMLARININ ARAŞTIRILMASI*

Çalışmanın tümünde farklı beton karışımlarının basınç mukavemetleri incelenmiştir. 15x15x15 cm' lik beton numunelerin basınç dayanımları, 15x15x60 cm' lik beton numunelerin ise eğilme dayanımları incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde, deneysel çalışmada kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri ile beton karışımlarında kullanılan malzeme miktarları verilmektedir.

2.1. Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

2.1.1. Çimento

Çalışmada kullanılan çimento, Adana Çimento tarafından üretilen, TS 19 (1992) ile uyumlu PÇ 42,5 tipinde ve özgül ağırlığı 3,10 gr/cm³ tür. Çimentonun taze olarak kullanılmasına özen gösterilmiştir. Kullanılan PÇ 42,5 çimentosuna ait kimyasal ve fiziksel özellikler Çizelge 1 ve Çizelge 2.'de verilmiştir

Çizelge 1. Kullanılan Çimentonun Kimyasal Bileşimi

Kimyasal Analiz	%
SiO ₂	20,65
Al ₂ O ₃	5,60
Fe ₂ O ₃	4,13
MnO ₃	0,06
CaO	61,87
MgO	2,60
SO ₃	2,79
Kızdırma Kaybı	0,50
Na ₂ O	0,14
K ₂ O	0,83
Toplam Alkaliler	0,68

Çizelge 2. Kullanılan Çimentonun Fiziksel Özellikleri

Özgül Ağırlık(gr/cm ³)	3,16	
Priz Süresi	İlk (saat:dakika)	3:17
	Son (saat:dakika)	4:08
İncelik	Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3140

2.1.2. Uçucu Kül

Adana Yumurtalık ilçesi sınırları içerisinde bulunan Sugözü termik santralde linyit kömürün yakılmasıyla ortaya çıkan uçucu kül kullanılmıştır. Kullanılan külün özgül ağırlığı 2,30 gr/cm³, Blaine özgül yüzeyi ise 2840 cm²/gr dir. Kimyasal kompozisyonu bakımından Adana-Yumurtalık Uçucu Külü standart dışı bir küldür (ASTM C618, TS 639). Uçucu küle ait kimyasal analiz değerleri Çizelge 3, 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Adana-Yumurtalık Uçucu Külün Kimyasal Kompozisyonu

Bileşenler	Ortalama
SiO ₂	56,91
Fe ₂ O ₃	6,52
Al ₂ O ₃	21,85
CaO	3,33
MgO	2,57
K.K.	2,36
Toplam Alkali	-
K ₂ O	-
SO ₃	0,26
Na ₂ O	-
Cl	0,0057

Çizelge 4. Adana-Yumurtalık Uçucu Külün Özellikleri

Kızdırma Kaybı	2,67
SO ₃ (%)	0,46
Cl (%)	0,0057
Serbest CaO (%)	0,18
Yoğunluk (g/cm ³)	2,27
90 Mikron Elek Bakıyesi	4,6
45 Mikron Elek Bakıyesi	16,5
28 Günlük Puzolanik Aktivite İndeksi	76,0

2.1.3. Su

Deneylerde kullanılan karışım ve bakım suyu şehir şebekesinden alınan içme suyudur.

2.1.4. Agregalar

Agregaların özgül ağırlık ve su emme kapasitesi tayini, TS 3526 (1980) standardına göre belirlenmiştir. Buna göre, ince agregalar için piknometre yöntemi, iri agregalar için ise Arşimet terazisi kullanılmış ve rastgele alınan numuneler üzerinde deney tatbik edilmiştir. Kullanılan agregalar Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Kullanılan Agregalar

Malzeme	Özgül Ağırlık	İncelik Modülü
1 Nolu Agregalar (0-5 mm)	2,64 gr/cm ³	2,4
2 Nolu Agregalar (0-7 mm)	2,67 gr/cm ³	3,8
3 Nolu Agregalar (7-15 mm)	2,70 gr/cm ³	6,6
4 Nolu Agregalar (15-25 mm)	2,71 gr/cm ³	7,8

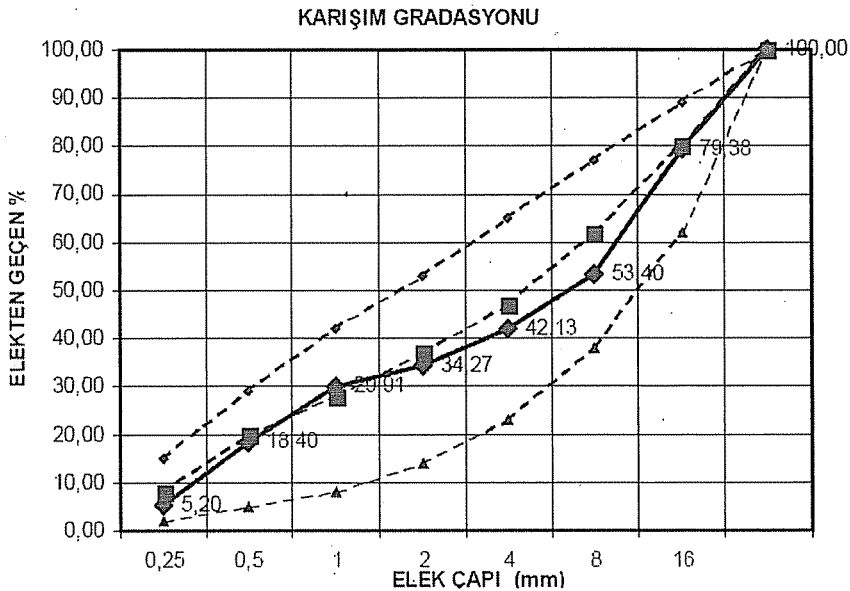
2.1.4.1. Agrega Granülometrisi

Agrega üzerinde yapılan elek analizi sonucunda agreganın TS 706'da belirtilen sınır eğrilerinden A ile B arasında kalmıştır. Agrega granülometrisi ve standart sınırları Çizelge 6'da verilmektedir. Karışımda, 1-Nolu agrega %23, 2-Nolu agrega %21, 3-Nolu agrega %30 ve 4-Nolu agrega %26 oranında kullanılmıştır.

Çizelge 6. Agrega Granülometrisi

Elek Açıklığı (mm)	1 Nolu Agrega (mm)	2 Nolu Agrega (mm)	3 Nolu Agrega (mm)	4 Nolu Agrega (mm)
31,5	100,0	100,0	100,0	100,0
22,4	100,0	100,0	100,0	100,0
19,0	100,0	100,0	100,0	56,9
16,0	100,0	100,0	100,0	20,7
12,5	100,0	100,0	100,0	20,7
8,0	100,0	100,0	29,7	1,9
4,0	97,4	86,1	4,2	-1,5
2,0	93,6	58,1	1,8	
1,0	92,9	40,7		
0,5	62,2	19,5		
0,25	13,4	10,1		
0,125	2,0	5,4		
0,063	1,8	3,4		

Üretilen betonlarda kullanılan karışım agregaları Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Beton karışımında kullanılan agregaların karışım gradasyonu

2.2. Beton Karışım Oranları, Yapılan Deneyler ve Kül Durumu

Yapılan çalışmada, beş farklı uçucu küllü ikame oranı ile üç farklı kontrol betonu üretilmiştir. Su/çimento oranı (S/Ç) 0,45 alınarak tüm beton karışımlarında sabit tutulmuştur. Deneyler, TS 3068 şartlarına göre yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

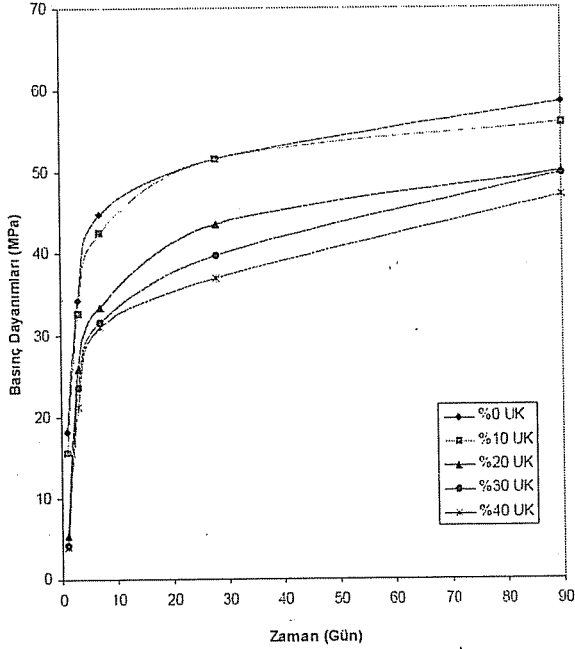
3.1. Basınç Dayanımı

Laboratuvar çalışması sonucunda üretilen ve değişik zamanlarda elde edilen, 0,45 S/Ç oranı ile üretilen bütün betonlara ait basınç dayanımları Çizelge 7’de verilmektedir. Çizelgeden görüleceği üzere üretilen bütün beton numunelerin basınç dayanımları zaman içinde artmaktadır.

Çizelge 7. Beton küp numunelerin basınç dayanımları (MPa).

Karışım No	1.Gün	3.Gün	7.Gün	28.Gün	90.Gün
K1-0	17.7	33.9	42.8	53.4	64.3
	19.9	35.2	47.4	52.3	60.8
	16.9	33.7	44.4	48.9	50.5
	18.2	34.3	44.9	51.5	58.3
K1-10	15.4	34.5	40.9	52.4	61.6
	14.7	30.7	43.9	41.7	55.5
	16.9	33.0	43.1	51.4	50.9
	15.7	32.7	42.6	50.5	56.0
K1-20	5.5	27.0	33.6	45.1	54.4
	5.4	25.9	34.7	44.2	49.3
	5.2	24.5	31.9	41.5	46.6
	5.4	25.8	33.4	43.6	50.1
K1-30	4.4	24.0	30.3	42.9	54,3
	4.1	23.6	31.6	37.1	48.4
	4.2	23.4	32.8	39.5	46.5
	4.2	23.6	31.6	39.8	49,7
K1-40	3.4	21.2	31.3	36.9	48,5
	4.4	19.9	29.5	38.0	48.3
	3.8	22.5	32.3	35.9	44.3
	3.9	21.2	31.0	36.9	47.0

Şekil 2’de %0-%40 arasında uçucu kül içeren betonlara ait numunelerin ortalama basınç dayanım – zaman grafiği verilmektedir. Genellikle %10 oranında uçucu kül içeren betonların basınç dayanımları kontrol betonların basınç dayanımlarıyla çoğunlukta eşdeğere yakın çıkmıştır. %20-40 oranında uçucu kül içeren betonların basınç dayanımları ise kontrol betonların basınç dayanımlarına göre, basınç dayanımlarının azaldığı görülmüştür. En yüksek beton basınç dayanımını elde edebilmek için S/Ç oranı 0,45 alınmıştır. Bu gözlemlerden uçucu kül oranı %0 ile %10 arasında çok iyi, %10 ile %20 arasında iyi, %20 ile %40 arasında normal basınç dayanımının verdiği anlaşılmaktadır.

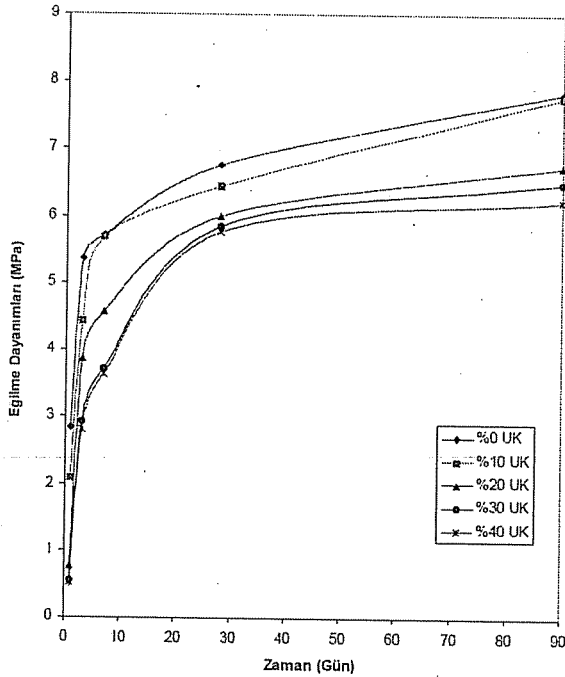


Şekil 2. %0-40 U.K. betonların 1, 3, 7, 28 ve 90 günlük basınç dayanım grafiği

Şekil 2'den görüleceği üzere uçucu kül ilavesi ile üretilen betonların erken yaşlarda (1. gün) kontrol betonlarından daha az dayanım geliştirdikleri gözlenmektedir. Ancak, aynı karşılaştırma 3. gün ve sonrası basınç dayanımları arasında yapıldığında, bu durumun aksine uçucu kül ilavesi ile elde edilen betonların kontrol betonlarıyla karşılaştırılabilir düzeyde basınç dayanımı geliştirdikleri görülebilir. Üretilen betonların basınç dayanımlarının büyük bir kısmını 28 günlükken aldığı tespit edilmiştir. Beton zamanla dayanım kazanan bir malzemedir. Üretilen betonların 28 günlük basınç dayanımlarının yüksek dayanım gösterdiği görülmektedir.

3.2. Kiriş Numunelerin Eğilme Dayanımları

Numunelerin eğilme dayanımları Şekil 3'te verilmektedir. Genellikle %10 oranında uçucu kül içeren betonların eğilme dayanımları kontrol betonların eğilme dayanımlarıyla çoğunlukta eşdeğere yakın çıkmıştır. %20-40 oranında uçucu kül içeren betonların eğilme dayanımları ise kontrol betonların basınç dayanımlarına göre, eğilme dayanımlarının azaldığı görülmüştür.



Şekil 3. %0-40 U.K. betonların 1, 3, 7, 28 ve 90 günlük eğilme dayanım grafiği

4. SONUÇLAR

Yapılan laboratuvar çalışmalarının sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Uçucu kül ile üretilen betonların 3. gün ve daha sonraki günlerde basınç, eğilme ve aşınma dayanımının erken yaşlarda oldukça yüksek ya da yeterli dayanım gelişmesi göstermiştir. Böylece %10 - %40 oranında uçucu kül ile yapılan beton ve yol kaplamaların, çimento yerine ikame edilmesinin uygun olduğu kanaati oluşmuştur. Ayrıca, 3 günde yeterli mukavemeti alması trafik akışı yoğun olan yerlerde zaman açısından büyük bir engel teşkil etmeyeceği anlaşılmıştır.

Genellikle %10 oranında uçucu kül içeren betonların basınç dayanımları kontrol betonların basınç dayanımlarıyla çoğunlukta eşdeğere yakın çıkmıştır. %20-40 arasında uçucu kül içeren betonların basınç dayanımları ise kontrol betonların basınç dayanımlarına göre, basınç dayanımlarının azaldığı görülmüştür. Bu gözlemlerden uçucu kül oranı %0 ile %10 arasında çok iyi, %10 ile %20 arasında iyi, %20 ile %40 arasında normal basınç dayanımının verdiği anlaşılmaktadır.

Yapılan çalışmada Yumurtalık Sugözü uçucu külü içeren beton numunelerin 90 gün sonunda eğilme dayanımlarının, basınç dayanımlarına oranının genel ortalaması %7,48 olarak bulunmuştur.

Yapılan çalışmada beton numunelerinin basınç dayanımı arttıkça, eğilme direncinin de arttığı tespit edilmiştir.

Çimentonun %10-%40 oranında uçucu kül ile yer değiştirmesi sonucunda, NPC betonunun dayanımına eşdeğer dayanım elde etmesi olası görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

1. Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Altı Komisyonu Çimento Hammaddeleri Ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu, Ankara.
2. ASTM C618, "Standard Specification for Fly Ash and Raw Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete", Annual Book of ASTM Standard, 1991.
3. TS 639, "TS639 Uçucu Küller-Çimentoda Kullanılan", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1975.
4. Postacioğlu, B., "Beton (Bağlayıcı Maddeler)", Teknik Kitaplar Yayınevi, Cilt 1, 175 s., İstanbul, 1986.
5. Zhang, Y., Sun, W., Shang, L., "Mechanical Properties of High Performance Concrete Made With High Calcium High Sulfate Fly Ash", Cement and Concrete Research, 27, 1093-1098, 1997.
6. Dunstan, M.R.H., "Design of Mix Proportions for the Efficient Use of Fly Ash in Concrete", Second International Conf. On Ash Technology and Marketing, September, pp. 445-454, London, 1984.
7. Munn, R.L., "Fly Ash in Rolled Concrete Pavement and Slipformed", Second International Conference On Ash Technology and Marketing, September, pp. 455-460, London, 1984.
8. Gebler, S.H., Klieger, P., "Effect of Fly Ash on the Durability of Air Entrained Concrete", Proceedings of ACI/Canmed Second International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete SP-91, pp.483-519, SPAIN-Madrid, 1986.
9. Özturan, T., "Beton Üretiminde Uçucu Kül Kullanımının İrdelenmesi", Türkiye İnşaat Mühendisliği XI. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 149-158s., İstanbul, 1991.
10. Dinçer, R., Çağatay, İ.H., "Uçucu Kül Katkılı Betonların Mekanik Özellikleri", Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19, Sayı: 2, 235-246, (2004).

DOĞRU EKSENLİ KOMPOZİT ÇUBUKLARIN DİNAMİK ANALİZİ**Mehmet KIRAÇ ve Faruk Fırat ÇALIM***M.K.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hatay/Türkiye***Beytullah TEMEL***Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye*

ÖZET : *Kompozit doğru eksenli çubukların zamanla değişen yükler altındaki dinamik davranışı Laplace uzayında teorik olarak incelenmiştir. Formülasyonda, malzeme anizotropisi, dönme ataleti, eksenel ve kayma deformasyonu etkileri göz önüne alınmıştır. Çubuk malzemesi homojen, lineer elastik ve anizotropik kabul edilmiştir. Laplace uzayında elde edilen skaler formdaki adi diferansiyel denklemler, problemin dinamik rijitlik matrisini hesaplamak için tamamlayıcı fonksiyonlar yöntemi kullanarak sayısal olarak çözülmüştür. Elde edilen çözümler, uygun bir sayısal ters Laplace dönüşüm yöntemi ile zaman uzayına dönüştürülmektedir. Serbest titreşim zorlanmış titreşimin özel hali olarak alınmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçların literatür ve ANSYS sonuçları ile uyum içinde olduğu görülmüştür.*

DYNAMIC ANALYSIS OF STRAIGHT COMPOSITE RODS

ABSTRACT : *The dynamic behavior of composite straight rods subjected to time-dependent loads is theoretically investigated in the Laplace domain. The anisotropy of the rod material, effect of the rotary inertia, axial and shear deformations are considered in the formulations. The material of the rod is assumed to be homogeneous, linear elastic and anisotropic. Ordinary differential equations in scalar form obtained in the Laplace domain are solved numerically using the complementary functions method to calculate the dynamic stiffness matrix of the problem accurately. The solutions obtained are transformed to the time space using an appropriate numerical inverse Laplace transform method. The free vibration is then taken into account as a special case of forced vibration. The results obtained in this study are found to be in a good agreement with those available in the literature and ANSYS.*

1. GİRİŞ

Kompozit çubuklar önemli bir mühendislik problemi olarak güncelliğini korumaktadır. Modern mühendislik yapılarında yüksek mukavemet, hafif malzeme gibi özelliklerden dolayı kompozit çubukların davranışı ile ilgili çalışmalar önem kazanmıştır. Kompozit malzemeler kiriş, plak ve kabuk gibi yapı sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Teh ve Huang, genel ortotropik konsol kirişlerin doğal frekanslarını hesaplayabilmek için sonlu eleman formülasyonu sunmuşlardır (1). Chen ve Yang, anizotropik tabakalı kirişler için sonlu elemanlar yöntemi kullanarak etkin bir çözüm yöntemi geliştirmişlerdir (2). Formülasyonda kayma deformasyonu etkisini dahil etmişlerdir.

Chandrashekhara ve ark., birinci mertebeye kayma deformasyonu teorisini kullanarak kompozit kirişlerin kesin çözümlerini sunmuşlardır (3). Chandrashekhara ve Bangera, tabakalı kompozit kirişlerin serbest titreşimi için, yüksek mertebeye kayma deformasyonu teorisine dayalı bir sonlu eleman modeli geliştirmişlerdir (4). Formülasyonda, kayma deformasyonu ve dönme ataleti terimleri göz önüne alınmıştır. Hodges ve ark., karışık sonlu elemanlar formülasyonu kullanarak kompozit kirişleri idare eden denklemleri çözmüşlerdir (5). Krishnaswamy ve ark., tabakalı kompozit kirişlerin serbest titreşimini idare eden dinamik denklemleri Hamilton prensibini kullanarak geliştirmişlerdir (6). Enerji formülasyonunda ters kayma etkisi ve dönme ataleti terimleri göz önüne alınmıştır. Singh ve Abdelnaser, birinci mertebeye kayma deformasyon teorisi kullanarak elde edilen tabakalı kompozit kirişlerin hareket denklemleri için bir çözüm önermişlerdir (7). Nabi ve Ganesan, tabakalı kompozit kirişlerin serbest titreşimi için birinci mertebeye teorisi kullanarak genel bir sonlu eleman geliştirmiştir (8). Abramovich ve Livshits, Timoshenko kiriş teorisi kullanarak simetrik olmayan çapraz elyaf takviyeli tabakadan yapılmış kompozit kirişlerin serbest titreşimini çalışmışlardır (9). Dönme ataleti ve kayma deformasyonu etkisi formülasyonda göz önüne alınmıştır. Khedeir ve Reddy, farklı sınır şartlarına sahip tabakalı kompozit kirişlerin serbest titreşimini çalışmışlardır (10). Rao ve Ganesan, sonlu eleman modeli kullanarak değişken kesitli kompozit kirişlerin harmonik davranışını araştırmışlardır (11).

Yıldırım ve ark., Bernoulli-Euler ve Timoshenko kiriş teorisi kullanarak düzlemlerde ve düzlemine dik simetrik çapraz elyaf takviyeli tabakadan yapılmış kirişlerin serbest titreşimini taşıma matrisi yardımıyla incelemişlerdir (12, 13).

Yıldırım, Timoshenko kiriş teorisi kullanarak ön burulmalı elastik uzaysal çubukların ısı etkisi altındaki titreşim davranışını teorik olarak incelemiştir (14). Formülasyonda, malzeme anizotropisi, çubuk eğriliği, dönme ataleti, eksenel ve kayma deformasyonu etkileri göz önüne alınmıştır. Yıldırım ve Kırıl, tabakalı kompozit kirişlerin düzlemine dik serbest titreşimlerini çalışmışlardır (15).

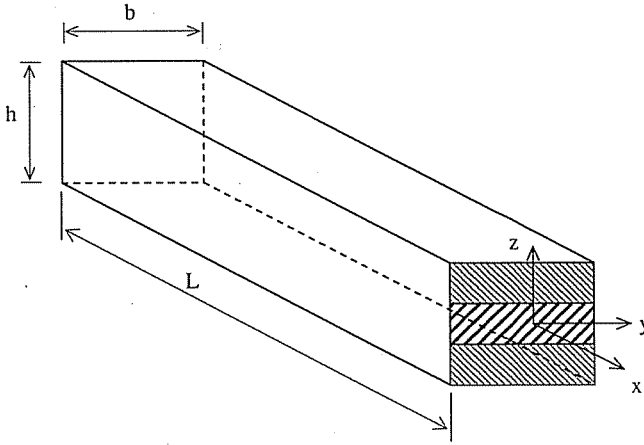
Ramtekkar ve Desai, tabakalı kompozit kirişlerin doğal frekansları için Hamilton enerji yöntemini kullanarak karışık sonlu eleman formülasyonu geliştirmişlerdir (16).

Bu çalışmada, doğru eksenli kompozit çubukların serbest ve zorlanmış titreşimleri Laplace uzayında incelenmiştir. Timoshenko çubuk teorisi kullanarak doğru eksenli çubukların dinamik davranışını idare eden denklemler elde edilmiştir. Formülasyonda, malzeme anizotropisi, dönme ataleti, eksenel ve kayma deformasyonu etkileri göz önüne alınmıştır. Kanonik formda Laplace uzayında elde edilen adi diferansiyel

denklemlere tamamlayıcı fonksiyonlar yöntemi uygulanarak (17,18) problemin dinamik rijitlik matrisi hesaplanmıştır. Laplace uzayında elde edilen çözümlerden zaman uzayına geçmek için Durbin'in sayısal ters Laplace dönüşüm yöntemi kullanılmıştır (17-18).

2. HAREKET DENKLEMİ

Çubuk ekseninde herhangi bir x noktasında yer değiştirme $U^o(x, t)$ ve bu noktadaki kesitin dönmesi $\Omega^o(x, t)$ olarak gösterilsin. $T(x, t)$ vektörü ile t anında x noktasındaki kesite etkiyen iç kuvvetlerin vektörel toplamı ve $M(x, t)$ ile bunların ağırlık merkezi olan G noktasına indirgendikleri zaman elde edilen kuvvet çifti olarak gösterilsin. Çubuk ekseninin birim boyuna etkiyen yayılı dış kuvvet $p^{ex}(x, t)$ ve moment $m^{ex}(x, t)$ olsun.



Şekil 1. Tabakalı kompozit çubuk

Çubuk malzemesi lineer elastik ve anizotropiktir. Kompozit uzaysal çubuğu idare eden denklemler vektörel formda elde edilmektedir (Şekil 1).

$$\frac{\partial U^o}{\partial x} = A'T + B'M + \Omega^o \times i \quad , \quad \frac{\partial \Omega^o}{\partial x} = F'T + D'M \quad (1)$$

$$\frac{\partial T^o}{\partial x} + p^{(ex)} = p^{(in)} \quad , \quad \frac{\partial M^o}{\partial x} + i \times T^o + m^{(ex)} = m^{(in)} \quad (2)$$

p^{in} kütleli atalet kuvveti ve m^{in} kütleli atalet momenti ifadeleri

$$p_i^{(in)} = -\rho A \frac{\partial^2 U_i^o}{\partial t^2} \quad , \quad m_i^{(in)} = -\rho I_i \frac{\partial^2 \Omega_i^o}{\partial t^2} \quad (i = x, y, z) \quad (3)$$

olmak üzere, burada ρ , kütleli yoğunluğu göstermektedir. I_x burulma ve I_y, I_z ise eğilme atalet momentleridir. A, B, F ve D matrisleri çubuk kesitinin toplam esneklik

sabitlerini göstermekte olup her bir tabaka malzemesinin esneklik sabitleri cinsinden elde edilmektedir.

Zorlanmış titreşim durumu için, $\mathbf{Y}(x, t)$ kolon matrisi

$$\mathbf{Y}(x, t) = \{U_x^o, U_y^o, U_z^o, \Omega_x^o, \Omega_y^o, \Omega_z^o, T_x^o, T_y^o, T_z^o, M_x^o, M_y^o, M_z^o\}^T \quad (4)$$

olarak tanımlanmaktadır. (4) ifadesinin zamana göre Laplace dönüşümü, $t > 0$ için $L[\mathbf{Y}(x, t)] = \bar{\mathbf{Y}}(x, s)$ ise

$$\bar{\mathbf{Y}}(x, s) = \int_0^{\infty} \mathbf{Y}(x, t) e^{-st} dt \quad (5)$$

olup, burada Laplace dönüşüm parametresi s kompleks bir sayıdır. Bu tariflerin yardımıyla (1) ve (2) eşitlikleri birinci mertebeden 12 adet adi diferansiyel denklem haline dönüştürülmektedir. Serbest titreşim analizi için, $p_i^{(v)} = 0$ ve $m_i^{(v)} = 0$ ($i = x, y, z$) alınmaktadır. Harmonik titreşim kabulü ile U^o, Ω^o, T^o ve M^o vektörleri denklem (6) da verilmektedir.

$$U^o(x, t) = U^*(x) e^{i\omega t}, \Omega^o(x, t) = \Omega^*(x) e^{i\omega t}, T^o(x, t) = T^*(x) e^{i\omega t}, M^o(x, t) = M^*(x) e^{i\omega t} \quad (6)$$

(6) ifadesi (1) ve (2) denklemde yerine konulduğunda, birinci mertebeden 12 adet adi diferansiyel denklem takımı elde edilir. Eğer, deplasmanlar ve bunlara karşılık gelen kuvvetler, $\mathbf{Y}^*(x)$ kolon matrisinin bileşenleri olarak düşünülürse, bu 12 adet denklem matris formunda aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\frac{d\mathbf{Y}^*(x)}{dx} = \mathbf{F}(x, \omega) \mathbf{Y}^*(x) \quad (7)$$

Sistem dinamik rijitlik matrisinin determinantını sıfır yapan ω değerleri problemin doğal frekanslarını vermektedir.

Kesitin kayma merkezi ile ağırlık merkezinin üst üste düştüğü kabul edilmektedir. Seçilen kesitin geometri ve malzeme bakımından simetrik olduğu kabulü ile, dik koordinat takımında N adet kompozit tabakadan oluşan doğru eksenli çubukların dinamik davranışını idare eden 12 adet adi diferansiyel denklem takımı Laplace uzayında kanonik formda aşağıdaki gibi elde edilmektedir.

$$\frac{d\bar{U}_x}{dx} = A'_{11} \bar{T}_x \quad (8a)$$

$$\frac{d\bar{U}_y}{dx} = \Omega_z + \alpha_y A'_{22} \bar{T}_y \quad (8b)$$

$$\frac{d\bar{U}_z}{dx} = -\bar{\Omega}_y + \alpha_z A'_{33} \bar{T}_z \quad (8c)$$

$$\frac{d\bar{\Omega}_x}{dx} = D'_{11} \bar{M}_x \quad (8d)$$

$$\frac{d\bar{\Omega}_y}{dx} = D'_{22} \bar{M}_y \quad (8e)$$

$$\frac{d\bar{\Omega}_z}{dx} = D'_{33} \bar{M}_z \quad (8f)$$

$$\frac{d\bar{T}_x}{dx} = s^2 \tilde{A} \bar{U}_x + \bar{V}_7 \quad (8g)$$

$$\frac{d\bar{T}_y}{dx} = s^2 \tilde{A} \bar{U}_y + \bar{V}_8 \quad (8h)$$

$$\frac{d\bar{T}_z}{dx} = s^2 \tilde{A} \bar{U}_z + \bar{V}_9 \quad (8i)$$

$$\frac{d\bar{M}_x}{dx} = s^2 \tilde{I}_x \bar{\Omega}_x + \bar{V}_{10} \quad (8j)$$

$$\frac{d\bar{M}_y}{dx} = s^2 \tilde{I}_y \bar{\Omega}_y + \bar{T}_z + \bar{V}_{11} \quad (8k)$$

$$\frac{d\bar{M}_z}{dx} = s^2 \tilde{I}_z \bar{\Omega}_z - \bar{T}_y + \bar{V}_{12} \quad (8l)$$

$\bar{V}(x, s)$ kolon matrisinin elemanları (9) denkleminde verilmiştir. Laplace dönüşümünden gelen başlangıç şartları, $\bar{V}(x, s)$ yük vektörüne dahil edilmektedir.

$$\bar{V}_i(x, s) = 0 \quad (i=1, 2, \dots, 6)$$

$$\bar{V}_{6+j}(x, s) = -(\bar{p}_j^{(ev)}) - \rho \tilde{A} \left[s U_j^*(x, 0) + \frac{\partial U_j^*(x, 0)}{\partial t} \right] \quad (j=1, 2, 3) \quad (9)$$

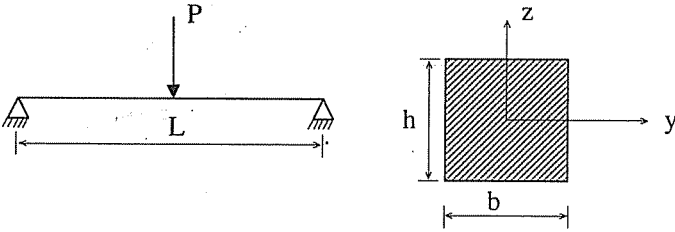
$$\bar{V}_{9+j}(x, s) = -(\bar{m}_j^{(ev)}) - \rho \tilde{I}_j \left[s \Omega_j^*(x, 0) + \frac{\partial \Omega_j^*(x, 0)}{\partial t} \right]$$

$$\tilde{A} = \sum_{k=1}^N \rho^{(k)} A^{(k)} \quad , \quad \tilde{I}_2 = \sum_{k=1}^N \rho^{(k)} \int_{A^{(k)}} (x_3)^2 dA \quad , \quad \tilde{I}_3 = \sum_{k=1}^N \rho^{(k)} \int_{A^{(k)}} (x_2)^2 dA \quad (10)$$

4. SAYISAL UYGULAMA

Doğru eksenli kompozit çubukların serbest ve zorlanmış titreşimini analiz etmek için FORTRAN dilinde genel amaçlı bilgisayar programları hazırlanmıştır. Bu programda, sistem dinamik rijitlik matrisleri ve sistem yük vektörleri Laplace uzayında tamamlayıcı fonksiyonlar yöntemi (TFY) yardımı ile elde edilmektedir. Sistem matrisleri, kanonik formda verilen diferansiyel denklemlerin çözümlerinden elde edilmektedir. Özel olarak, serbest titreşim frekansları, sistem yük vektörü sıfıra eşitlenip sistem dinamik rijitlik matrisindeki Laplace parametresi "s" yerine "i ω " konularak hesaplanmaktadır.

Şekil 2'de görülen iki ucu sabit mesnetli ortotropik çubuk problemi göz önüne alınmıştır (0°). Malzeme sabitleri; elastisite modülleri $E_{11} = 144.8 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, $E_{22} = E_{33} = 9.65 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, kayma modülleri $G_{12} = G_{13} = 4.14 \times 10^9 \text{ N/m}^2$, $G_{23} = 3.45 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ ve Poisson oranları $\nu_{12} = \nu_{13} = 0.3$, $\nu_{23} = 0.399$ ve $\rho = 1389.23 \text{ kg/m}^3$ olarak seçilmiştir.



Şekil 2. İki ucu sabit mesnetli kiriş ve kesiti

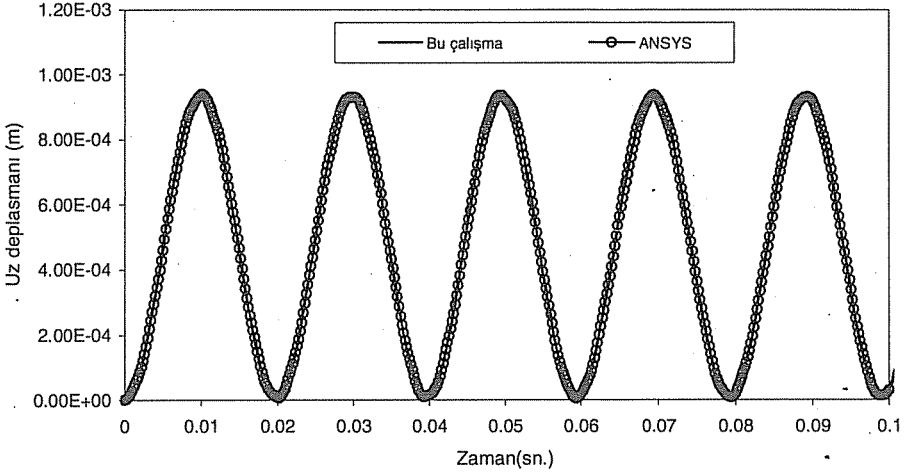
Farklı L/h oranlarını içeren düzlemine dik serbest titreşim frekansları Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Düzlemine dik doğal frekanslar (kHz)

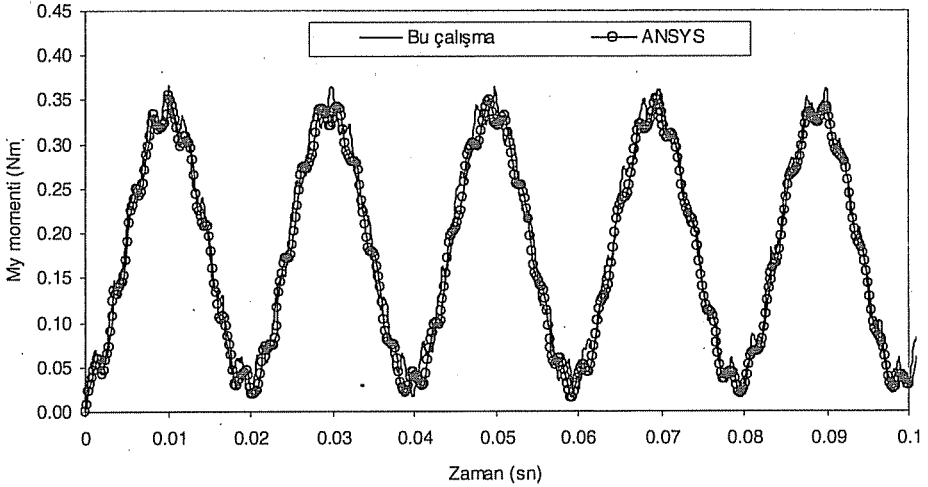
L/h	Mod no	Chandras. ve ark. (3)	Chandras. ve Bangera (4)	Nabi ve Ganesan (8)	Rao ve Ganesan (11)	Yıldırım ve ark. (13)	ANSYS	Bu çalışma
120 (L=762 mm)	1	0.051	0.051	0.054	0.051	0.051	0.051	0.051
	2	0.203	0.202	0.213	0.202	0.202	0.202	0.202
	3	0.454	0.453	0.472	0.454	0.451	0.451	0.451
	4	0.804	0.799	0.801	0.804	0.795	0.795	0.795
	5	1.262	1.238	----	1.252	1.229	1.229	1.229
15 (L=381 mm)	1	0.755	0.756	0.789	0.754	0.753	0.754	0.753
	2	2.548	2.554	2.656	2.555	2.544	2.551	2.544
	3	4.716	4.742	4.895	4.753	4.711	4.724	4.711
	4	6.960	7.032	7.165	7.052	6.956	6.970	6.956
	5	9.194	9.355	----	9.383	9.195	9.202	9.191

Tablo 1 incelendiğinde, bu çalışmada sunulan model ile elde edilen düzlemine dik ilk beş serbest titreşim frekansın, ANSYS ve literatürdeki sonuçlarla uyumlu oldukları görülmektedir.

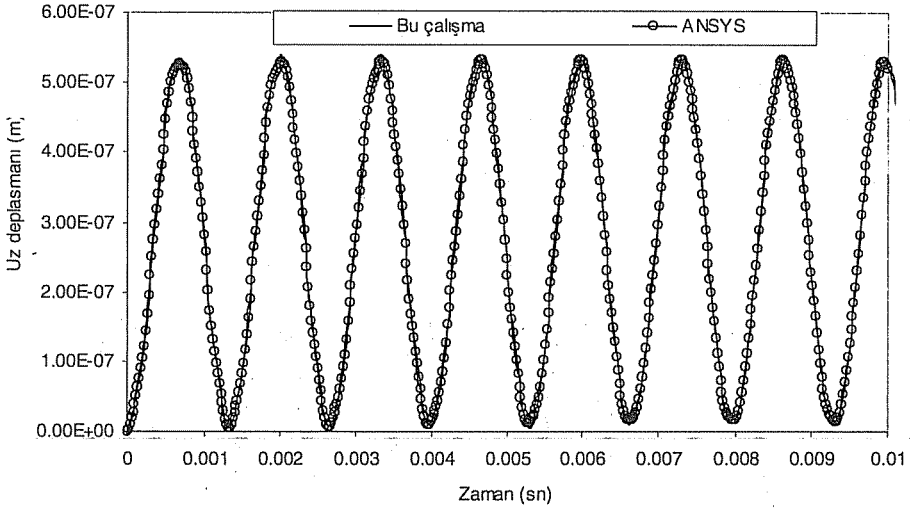
Kirişin orta noktasına z doğrultusunda $P_0=1$ N şiddetinde adım tipi dinamik yük uygulanmaktadır. Farklı narinlik oranı (L/h) için kirişin orta noktasındaki U_z deplasmanı (Şekil 3 ve Şekil 5) ve M_y momentinin (Şekil 4 ve Şekil 6) zamanla değişimleri hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda, zaman artımı $\Delta t=0.0002$ sn alınmaktadır.



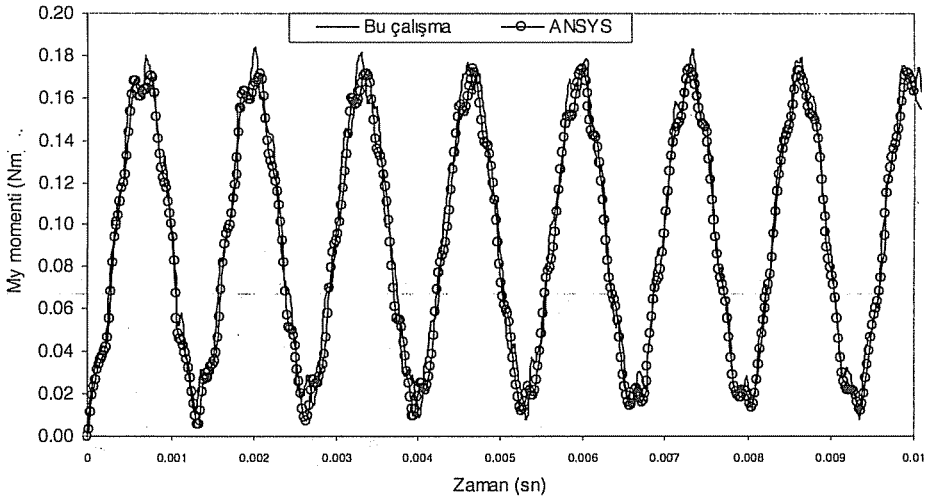
Şekil 3. Kirişin orta noktasındaki U_z deplasmanının zamanla değişimi ($L/h=120$, $L=762$ mm)



Şekil 4. Kirişin orta noktasındaki M_y momentinin zamanla değişimi ($L/h=120$, $L=762$ mm)



Şekil 5. Kirişin orta noktasındaki Uz deplasmanın zamanla değişimi ($L/h=15$, $L=381$ mm)



Şekil 6. Kirişin orta noktasındaki My momentinin zamanla değişimi ($L/h=15$, $L=381$ mm)

Farklı narinlik oranı (L/h) için kirişin orta noktasındaki deplasman ve momentin zamanla değişimleri ANSYS sonuçları ile karşılaştırılmış ve sonuçların uyumlu oldukları görülmüştür.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, kompozit malzemeden yapılmış doğru eksenli çubukların dinamik davranışları etkin bir yöntem kullanılarak ele alınmıştır. Kompozit doğru eksenli çubukların serbest ve zorlanmış titreşimi Laplace uzayında incelenmiştir. Serbest titreşim, zorlanmış titreşimin özel hali olarak ele alınmıştır.

Zamanla değişen yükler altında doğru eksenli kompozit çubukların dinamik analizini yapmak için FORTRAN dilinde genel amaçlı bilgisayar programı hazırlanmıştır. Hazırlanan bilgisayar programı ile literatürde verilen çeşitli örnekler çözülmüş ve ANSYS programı sonuçları ile kıyaslamalar yapılmıştır. Bulunan sonuçların hem literatür hem de ANSYS sonuçları ile uyum içinde olduğu gösterilmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. Teh, K.K. and Huang, C.C., "The Vibrations of Generally Orthotropic Beams, A Finite Element Approach", *Journal of Sound and Vibration*, 62(2), 195-206, 1979.
2. Chen, A.T. and Yang, T.Y., "Static and Dynamic Formulation of a Symmetrically Laminated Beam Finite Element for a Microcomputer", *Journal of Composite Materials*, 19, 459-475, 1985.
3. Chandrashekhara, K., Krisnamurty, K. and Roy, S., "Free Vibration of Composite Beams Including Rotary Inertia and Shear Deformation", *Composite Structures*, 14, 269-279, 1990.
4. Chandrashekhara, K. and Bangera, K.M., "Free Vibration of Composite Beams Using a Refined Shear Flexible Beam Element", *Computer and Structures*, 43(4), 719-727, 1992.
5. Hodges, D.H., Atilgan, A.R., Fulton, M.V. and Rehfield, L.W., "Free Vibration Analysis of Composite Beams", *Journal of the American Helicopter Society*, 36(3), 36-47, 1991.
6. Krishnaswamy, S., Chandrashekhara, K. and Wu, W.Z.B., "Analytical Solutions to Vibration of Generally Layered Composite Beams", *Journal of Sound and Vibration*, 159(1), 85-99, 1992.
7. Singh, M.P. and Abdelnaser, A.S., "Random Response of Symmetric Cross-Ply Composite Beams with Arbitrary Boundary Conditions", *AIAA Journal*, 30(4), 1081-1088, 1992.
8. Nabi, S.M. and Ganesan, N., "A Generalized Element for the Free Vibration Analysis of Composite Beams", *Computers and Structures*, 51(5), 607-610, 1994.
9. Abramovich, H. and Livshits, A., "Free Vibrations of Non-Symmetric Cross-Ply Laminated Composite Beams", *Journal of Sound and Vibration*, 176(5), 597-612, 1994.
10. Khedeir, A.A. and Reddy, J.N., "Free Vibration of Cross-Ply Laminated Beams with Arbitrary Boundary Conditions", *International Journal of Engineering Science*, 32(12), 1971-1980, 1994.
11. Rao, S.R. and Ganesan, N., "Dynamic Response of Non-Uniform Composite Beams", *Journal of Sound and Vibration*, 200(5), 563-577, 1997.
12. Yıldırım, V., Sancaktar, E. and Kırıl, E., "Free Vibration Analysis of Symmetric Cross-Ply Laminated Composite Beams with the Help of the Transfer Matrix Approach", *Communications in Numerical Methods in Engineering*, 15, 651-660, 1999.

13. Yıldırım,V., Sancaktar,E. and Kırıl,E., "Comparison of the In-Plane Natural Frequencies of Symmetric Cross-Ply Laminated Beams Based on the Bernoulli-Euler and Timoshenko Beam Theory", *Journal of Applied Mechanics, ASME*, 66, 410-417, 1999.
14. Yıldırım,V., "Governing Equations of Initially Twisted Elastic Space Rods Made of Laminated Composite Materials", *International Journal of Mechanical Sciences*, 37, 1007-1035, 1999.
15. Yıldırım,V. and Kırıl,E., "Investigation of the Rotary Inertia and Shear Deformation Effects on the Out-of-Plane Bending and Torsional Natural Frequencies of Laminated Beams", *Composite Structures*, 49, 313-320, 2000.
16. Ramtekkar,G.S. and Desai,Y.M., "Natural Vibrations of Laminated Composite Beams by Using Mixed Finite Element Modelling", *Journal of Sound and Vibration*, 257(4), 635-651, 2002.
17. Çalım,F.F., "Viskoelastik, Anizotropik Eğri Eksenli Uzaysal Çubuk Sistemlerin Dinamik Analizi", *ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 2003*.
18. Temel,B., Çalım,F.F. and Tütüncü,N., "Forced Vibration of Composite Cylindrical Helical Rods", *International Journal of Mechanical Sciences* 47(7), 998-1022, 2005.
19. ANSYS Swanson Analysis System, Inc., 201 Johnson Road, Houston, PA 15342-1300.

ATIK PET AGREGALI VE CÜRUFU HAFİF HARÇLARIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ

Cengiz Duran ATIŞ

E.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kayseri / Türkiye

Semiha AKÇAÖZOĞLU

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

ÖZET : *Bu çalışmada, atık PET agregalı ve cürufu hafif harçların dayanım özellikleri incelenmiştir. Harç karışımların üretiminde 0.50 ve 0.60 olmak üzere iki PET-bağlayıcı oranı kullanılmıştır. Su-bağlayıcı oranları 0.45 ve 0.50 olarak tespit edilmiştir. Bağlayıcı olarak Portland Çimentosu ve yüksek fırın cürufu kullanılmıştır. Cürufu karışımlar, yüksek fırın cürufunun çimentoyla ağırlıkça %50 oranında yer değiştirilmesiyle elde edilmiştir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda, atık PET agregalı harç numunelerin dayanım özellikleri göz önüne alınarak, taşıyıcı hafif beton sınıfına girebileceği ortaya çıkmıştır. PET/B oranının 0.50'den 0.60'a çıkması, basınç dayanım değerlerinde düşmeye sebep olmuştur. S/B oranının 0.50'den 0.45'e düşmesiyle, PET agregalı hafif harçların basınç ve eğilme dayanım değerleri yükselmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *PET, hafif harç, cüruf, basınç dayanımı, eğilme dayanımı*

STRENGTH PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT MORTARS WITH WASTE PET AGGREGATES AND SLAG

ABSTRACT : *In this investigation, the strength properties of the lightweight mortars made with waste PET aggregates and slag were examined. There were two different PET-binder ratio 0.50 and 0.60 used to produce mortar mixtures. Water-binder ratios were chosen as 0.45 and 0.50. Normal Portland Cement and Granulated Blast-Furnace Slag (GBFS) were used as the binder. The GBFS mixtures obtained by GBFS replacing the cement on mass basis at the replacement ratio of 50 %. The test results showed that the mortar samples made with waste PET aggregates may be utilized as structural lightweight concrete depending on the strength properties. The increase in PET-binder ratio from 0.50 than 0.60 did not reduce the compressive strength of the samples. The decrease in w/b ratio from 0.50 than 0.45 increased in the compressive and flexural tensile strengths.*

Key Words: *PET, lightweight mortar, slag, compressive strength, flexural tensile strength.*

1. GİRİŞ

Katı atıkların yok edilmesi konusu, son yıllarda, dünyadaki önemli sorunlardan biri haline gelmiştir. Nüfusun ve tüketimin hızla artmasından dolayı miktarı her geçen gün daha fazla artan katı atıkların güvenli bir şekilde yok edilmesi için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Katı atıkların artışı kontrol altına alabilmek için; kaynak azaltımı, yeniden kullanım, geri dönüşüm, toprak doldurma ve yakma gibi işlemler yapılmaktadır (1). Bu seçeneklerden geri dönüşüm işlemi, hem atıkların güvenli bir şekilde yok edilmesi hem de atık malzemelerin doğal kaynakların yerine kullanılması sebebiyle oldukça önemlidir.

Atıkların geri dönüşüm yoluyla diğer endüstrilerde kullanıldığı uygulamaların başında inşaat sektörü gelmektedir. Yüksek dayanımlı beton gereksinimi olmayan uygulamalarda geri dönüşümlü malzemelerle üretilen betonların kullanımı, atıkların değerlendirilmesi ve doğal kaynak kullanımında azalmayı sağlaması açılarından avantajlıdır.

Yüksek fırın cürufu, silis dumanı ve uçucu kül gibi endüstriyel atıklar, uzun yıllardır beton üretiminde kullanılan malzemelerdir. Genellikle beton üretiminde çimentoyla yer değiştirilerek kullanılan bu endüstriyel atıklar, sağladıkları ekonomik avantajların yanı sıra, betonun dayanımı ve durabilitesi üzerinde de olumlu rol oynamaktadırlar. Yüksek fırın cürufunun harç ve beton karışımların işlenebilirliğini artırmak, dayanımı iyileştirmek, hidrasyon ısısını düşürmek, alkali-silika reaksiyonunu azaltmak, poroziteyi azaltmak gibi faydaları bulunmaktadır (2-5).

Bu endüstriyel atıkların dışında, plastik ve cam atıkların da beton üretiminde kullanıldığı çeşitli araştırmalar da mevcuttur (6-10). Bu atıklar, agregayla kısmi olarak yer değiştirilerek kullanılmaktadır. Plastik agregaların doğal agregalara oranla daha düşük ağırlığa sahip olmalarından dolayı, plastik agregalı betonların birim ağırlıkları da düşmektedir. Dolayısıyla, atık plastiklerin agregaya kullanılmasıyla; hafif veya yarı hafif beton üretimi mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada, plastik atık kompozisyonu içinde büyük yer tutan atık PET şişelerin taşıyıcı hafif harç üretiminde agregaya kullanılması amaçlanmıştır. Atık PET agregaların kullanımı, harç numunelerin birim ağırlıklarını azaltmıştır. Hafif harçların dayanımını iyileştirmek ve bağlayıcıdan tasarruf etmek amacıyla, bir endüstriyel atık olan yüksek fırın cürufu, çimentoyla yer değiştirilerek kullanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde, deneysel çalışmada kullanılan malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile harç karışım oranları verilmektedir.

2.1. Kullanılan Malzeme Özellikleri

2.1.1. Çimento

Bu çalışmada, OYAK Adana Çimento Fabrikası tarafından üretilen PÇ 42,5 Portland Çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun özgül ağırlığı ve özgül yüzeyi sırasıyla 3.09 gr/cm^3 ve $3220 \text{ cm}^2/\text{gr}$ 'dir. Priz başlama ve sona erme süreleri 2^{30} and 3^{30} saattir. Çimentonun kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de verilmiştir.

2.1.2. Yüksek Fırın Cürufu (YFC)

YFC, İskenderun Demir-Çelik fabrikasından temin edilmiştir. Özgül ağırlığı 2.81 gr/cm³ ve özgül yüzeyi 4250 cm²/gr'dır. YFC'nun kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun ve yüksek fırın cürufunun kimyasal kompozisyonu

Oksit	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	KK
Çimento	20.23	5.78	4.07	61.95	2.94	2.66	0.87	0.11	0.72
YFC	36.70	14.21	0.98	32.61	10.12	0.99	0.76	0.42	-

2.1.3. Polietilen Tereftalat (PET) Agregası

Doğal agregası yerine kullanılan atık PET şişe kırıkları, SASA PET Şişe Tesisinden temin edilmiştir. Küçük granüller halindeki atık PET kırıkları eleklerden geçirilerek, boyutları 1-2 mm aralığında olan PET kırıkları hafif harç üretiminde agregası olarak kullanılmıştır.

2.2. Harç Karışım Oranları

Deneylerde kullanılan harç karışım oranları Tablo 2'de verilmiştir. PET agregası-bağlayıcı oranı 0.50 ve 0.60 olarak alınmıştır. Harç karışımların hazırlanmasında, 0.45 ve 0.50 olmak üzere iki farklı su-bağlayıcı oranı tespit edilmiştir. Bağlayıcı olarak sadece çimentonun kullanıldığı ve cürufun çimentoyla ağırlıkça %50 oranında yer değiştirildiği iki farklı bağlayıcı türü kullanılmıştır. Harç numunelerin üretiminde doğal agregası ve kimyasal katkı kullanılmamıştır.

Tablo 2. PET agregalı harçların karışım oranları

no	bağlayıcı	PET/bağlayıcı	Su/bağlayıcı
1	çimento	0.50	0.50
2			0.45
3		0.60	0.50
4			0.45
5	çimento+cüruf	0.50	0.50
6			0.45
7		0.60	0.50
8			0.45

Tabloda belirtilen 8 farklı karışım türünden elde edilen taze harç karışımları 40 x 40 x 160 mm boyutlarındaki kalıplara dökülerek 96 prizmatik numune elde edilmiştir. Bir gün sonra kalıptan çıkarılan harç numuneler, basınç ve eğilme testlerinin gerçekleştirildiği günlere kadar 22±2 °C sıcaklıktaki kür havuzunda bekletilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Islak kür ortamında bekletilen numuneler üzerinde 7., 28., 90. ve 180. günlerde basınç ve eğilme testleri gerçekleştirilmiş olup ayrıca numunelerin 28 günlük hava kuruşu birim ağırlıkları da ölçülmüştür. Sonuçlar sunulmaktadır tartışılmıştır.

3.1. Kuru Birim Ağırlık

Harç numunelerin 28 günlük hava kuru birim ağırlık değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. PET agregalı harç numunelerin 28 günlük kuru birim ağırlık değerleri (kg/m^3)

PET/B	S/B	Kuru birim ağırlık	
		çimentolu	cürüflü
0.50	0.50	1482	1477
	0.45	1531	1502
0.60	0.50	1508	1436
	0.45	1528	1482

Taşıyıcı hafif beton, 28 günlük basınç dayanım değeri 15-17 MPa'dan yüksek ve hava kuru birim ağırlığı 1850 kg/m^3 'ten az olan betondur (11). Tablo 3'ten görüleceği üzere, çimentolu ve cürüflü tüm numunelerin 28 günlük birim ağırlık değerlerinin 1850 kg/m^3 değerinin oldukça altında olduğu görülmektedir.

Çalışma kapsamında üretilen PET agregalı harç numunelerin 28 günlük hava kuru birim ağırlıkları $1436\text{-}1531 \text{ kg/m}^3$ değerleri arasındadır. PET/B oranının 0.50'den 0.60'a çıkması, genel olarak numunelerin kuru birim ağırlık değerlerini düşürmüştür. Yüksek fırın cürufunun çimentoyla ikamesi, birim ağırlık değerlerinde azalmaya sebep olmuştur. S/B oranının 0.50'den 0.45'e düşmesiyle, tüm numunelerin birim ağırlıklarının arttığı gözlenmiştir.

3.2. Basınç Dayanımı

PET agregalı harç numunelerin basınç dayanım değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. PET agregalı harç numunelerin basınç dayanım değerleri (MPa)

bağlayıcı	PET/B	0.50 S/B				0.45 S/B			
		7 gün	28 gün	90 gün	180 gün	7 gün	28 gün	90 gün	180 gün
çimento	0.50	15.9	19.0	21.7	22.7	18.5	21.2	25.2	26.0
	0.60	14.5	18.6	23.1	24.4	17.7	20.1	25.3	26.3
çimento+cüruf	0.50	16.7	19.6	22.2	23.1	19.3	22.7	25.9	26.9
	0.60	14.5	20.7	23.6	24.6	16.2	23.4	25.8	27.3

Tablo 4 incelendiğinde, 0.50 S/B oranlı numunelerin 28 günlük basınç dayanımlarının 18.6-20.7 MPa değerleri arasında olduğu görülmektedir. S/B oranı 0.45 olan çimentolu ve cürüflü harçların 28 günlük basınç dayanım değerleri ise 20 MPa'nın üzerindedir. Basınç dayanımları zamana bağlı olarak artan harç numunelerin 180. günde ölçülen basınç dayanım değerleri 0.50 S/B oranlı olanlarda 24.6 MPa; 0.45 S/B oranlı olanlarda ise 27.3 MPa seviyelerine ulaşmıştır.

Tablo 4'den görüleceği üzere, bu çalışmada üretilen PET agregalı harç numunelerin tamamının 28 günlük basınç dayanım değerlerinin 17 MPa değerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Sözü edilen numunelerin birim ağırlık değerlerinin de taşıyıcı hafif beton sınırları içinde olduğu Tablo 3'de görülmektedir. Dolayısıyla, bu çalışmada

üretilen PET agregalı harç numunelerin birim ağırlık ve basınç dayanımları göz önüne alınarak taşıyıcı hafif beton olarak adlandırılması mümkündür.

PET/B oranının 0.50'den 0.60'a çıkmasıyla, harç numunelerin ilk günlerdeki basınç dayanım değerlerinde bir düşme gözlenmiştir. Ancak 28 günden itibaren genel olarak 0.60 PET/B oranlı numuneler 0.50 PET/B oranlı numunelere göre daha yüksek dayanım değerleri sergilemişlerdir.

Yüksek fırın cürufunun çimentoyla %50 oranında ikame edildiği harç numunelerin basınç dayanım değerleri, 7. günden itibaren bağlayıcı olarak sadece çimento kullanılan numunelere göre daha yüksek çıkmıştır. Buradan, cürufun çimentoyla ağırlıkça %50 oranında ikamesinin PET agregalı hafif harçların basınç dayanımını iyileştirdiği sonucuna varılmaktadır.

S/B oranının 0.50'den 0.45'e düşmesiyle PET agregalı harç numunelerin basınç dayanım değerleri artmıştır.

3.3. Eğilme Dayanımı

PET agregalı harç numunelerin eğilme dayanım değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. PET agregalı harç numunelerin eğilme dayanımı değerleri (MPa)

bağlayıcı	PET/B	0.50 S/B				0.45 S/B			
		7 gün	28 gün	90 gün	180 gün	7 gün	28 gün	90 gün	180 gün
çimento	0.50	3.6	3.8	4.3	4.5	3.7	4.9	6.0	6.2
	0.60	3.0	3.8	4.4	4.6	4.0	4.4	4.8	5.8
çimento+cüruf	0.50	3.6	4.4	4.5	4.8	4.0	4.5	5.8	6.6
	0.60	2.5	4.1	4.3	4.6	3.5	4.3	5.0	5.9

Tablo 5 incelendiğinde, PET agregalı hafif harç numunelerin 28 günlük eğilme dayanım değerlerinin 4 MPa civarında olduğu görülmektedir. PET/B oranı 0.60 olan numunelerin eğilme dayanım değerlerinin genel olarak 0.50 PET/B oranlı olanlara göre daha düşük olduğu gözlenmektedir. 0.45 S/B oranlı numunelerde daha belirgin olan bu durum, basınç dayanım değerlerinden farklıdır.

YFC ikamesinin, PET agregalı harç numunelerin eğilme dayanımları üzerinde belirgin bir etkisi görülmemiş ise de düşüş de olmamıştır. S/B oranının 0.50'den 0.45'e düşmesiyle, eğilme dayanım değerlerinde bir artış gözlenmiştir.

4. SONUÇLAR

1. Bu çalışmada üretilen, atık PET agregalı harç numuneler, birim ağırlık ve basınç dayanım değerleri açısından taşıyıcı hafif beton sınıfına girmektedir.
2. PET-bağlayıcı oranının 0.50'den 0.60'a çıkması, genel olarak numunelerin kuru birim ağırlıklarını düşürmüş, basınç dayanımını olumsuz yönde etkilememiş, eğilme dayanım değerlerini ise bir miktar düşürmüştür.
3. Yüksek fırın cürufunun çimentoyla %50 oranında yer değiştirilmesi, tüm günlerde basınç dayanım değerleri artırmış, eğilme dayanım değerlerini ise çok etkilememiştir.

4. S/B oranının 0.50'den 0.45'e düşmesiyle, PET agregalı hafif harç numunelerin basınç ve eğilme dayanım değerlerinde artış gözlenmiştir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. (Proje numarası: MMF2006D23).

6. KAYNAKLAR

1. Carless,J., "Taking Out the Trash: a mo-nonsense Guide to Recycling", Washington, D.C., Island Press, 1992.
2. Tokyay,M., "Cürüflar ve Cürüflü Çimentolar: Araştırmaların Gözden Geçirilmesi ve Durum Değerlendirmesi Raporu", TÇMB, Ankara, 2003.
3. Ohama,Y., Madej,J., Demura,K., "Efficiency of Finely Ground Blast Furnace Slags in High-Strength Mortars", Milwaukee Conference, 1995.
4. Geiseler,J., Kollo,H., Lange,E., "Influence of Blast-Furnace Cements on Durability of Concrete Structures", ACI Material Journal, 92 (23), 252 –257, 1995.
5. Soroka,I., "Concrete in Hot Environments", National Building Research Institute, Faculty of Civil Engineering, Technion-İsrael Institute of Technology, Haifa, 1993.
6. Shehata,I., Shahram,V., Elsayy,A., Fahmy,M., "The Use Of Solid Waste Materials as Fine Aggregate Substitutes in Cementitious Concrete Composites", Semisequicentennial Transportation Conference Proceedings, Iowa State University, Iowa, 1996.
7. Choi,Y.-W., Moon,D.-J., Chung,J.-S., Cho,S.-K., "Effects of Waste PET Bottles Aggregate on the Properties of Concrete", Cement and Concrete Research 35, 776-781, 2005.
8. Gavela,S., Karakosta,C., Nydriotis,C., Kaselour,-Rigopoulou,V., Kolas,S., Tarantili,P.A., Magoulas,C., Tassios,D., Andreopoulos,A., "A Study of Concretes Containing Thermoplastic Wastes as Aggregates", ID 270, Conference on the Use of Recycled Materials in Building and Structures, Barcelona, Spain, 2004.
9. Mahmoud,A., Halim,A.-G., "Structural Material from Waste Plastic", Journal of Applied Polymer Science, 91, 2543–2547, 2004.
10. Al-Maneer,A.A., Dala,T.R., "Concrete Containing Plastic Aggregates", Concrete International, 19 (8), 1997, 47-52, 1997.
11. ACI Committee 213R, "Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete", Manual of Concrete Practice, 1987.

ATIK PET AGREGALI VE UÇUCU KÜLLÜ HAFİF HARÇLARIN BASINÇ DAYANIMI

Cengiz Duran ATIŞ

E.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kayseri / Türkiye

Semiha AKÇAÖZOĞLU

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

ÖZET : *Bu çalışmada, atık PET agregalı ve uçucu küllü hafif harçların basınç dayanımları incelenmiştir. Harç karışımların üretiminde 0.50 ve 0.60 olmak üzere iki PET-bağlayıcı oranı kullanılmıştır. Agregata olarak 1-2 mm boyutlarındaki atık PET kırıkları kullanılmıştır. Su-bağlayıcı oranları 0.45 ve 0.50 olarak belirlenmiştir. Bağlayıcı olarak Portland çimentosu ve uçucu kül kullanılmıştır. Uçucu küllü karışımlar, uçucu küllün çimentoyla ağırlıkça %50 oranında yer değiştirilmesiyle elde edilmiştir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda, atık PET agregalı harç numunelerin birim ağırlık değerlerinin hafif beton sınırları içinde olduğu görülmüştür. PET/B oranının 0.50'den 0.60'a çıkması, ilk günlerde basınç dayanım değerlerinde düşmeye sebep olmuş; ancak 90. günden itibaren bu durum ortadan kalkmıştır. S/B oranının 0.50'den 0.45'e düşmesi, PET agregalı hafif harçların basınç dayanımlarını artırmıştır. **Anahtar Kelimeler:** PET, hafif harç, uçucu kül, atık, basınç dayanımı.*

COMPRESSIVE STRENGTH OF LIGHTWEIGHT MORTARS WITH WASTE PET AGGREGATES AND FLY ASH

ABSTRACT : *In this investigation, the compressive strength of the lightweight mortars made with waste PET aggregates and fly ash were examined. There were two different PET-binder ratio 0.50 and 0.60 used to produce mortar mixtures. Waste PET granules with 1-2 mm size were used as aggregates. Water-binder ratios were chosen as 0.45 and 0.50. Normal Portland cement and Fly ash (FA) were used as binder. The FA mixtures obtained by FA replacing the cement on mass basis at the replacement ratio of 50 %. The test results show that the dry unit weights of mortar samples with waste PET aggregates were in the lightweight concrete limits. The increase in PET-binder ratio from 0.50 than 0.60 caused to reduction in the compressive strength at the first days; but after the 90 days, this situation disappeared. The decrease in w/b ratio from 0.50 than 0.45 increased in the compressive strength of the lightweight mortars. **Key Words:** PET, lightweight mortar, fly ash, waste, compressive strength.*

1. GİRİŞ

Son yıllarda dünyadaki doğal kaynakların miktarındaki azalma sebebiyle; doğal dengenin korunabilmesi ve sürdürülebilmesi için yenilemeyen kaynakların ekonomik bir şekilde kullanılması son derece önemli hale gelmiştir. Doğal kaynak kullanımını azaltmak amacıyla çeşitli bilim dallarında çalışmalar yürütülmektedir.

Bu konuya inşaat uygulamaları açısından bakıldığında, yapım endüstrisinde yaygın olarak kullanılan beton üretimi için oldukça fazla miktarda doğal kaynağa ihtiyaç olduğu görülmektedir. Taze haldeyken kolayca şekil alabilen, sertleştikten sonra ise gerekli dayanımı sağlayabilen yapay bir yapı malzemesi olan beton üretimi için agrega, çimento, su ve gerektiğinde bazı katkı maddeleri kullanılmaktadır (1). Çimento, günümüzde betonu oluşturan pahalı bir bileşen olduğu için, beton üretiminde çimento kullanımını azaltmak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Pahalı olmayan endüstriyel ve normal atıkların çimentoyla yer değiştirilerek kullanılması, bunlardan birisidir.

Yüksek fırın curufu, silis dumanı ve uçucu kül gibi endüstriyel atıklar, beton üretiminde çimentoyla birlikte bağlayıcı olarak kullanılan malzemelerdir (2). Harç ve beton karışımlarının hazırlanmasında çimentoyla belli oranlarda yer değiştirilerek kullanılan bu endüstriyel atıklar, çimentodan tasarruf etmenin yanında, betonun birçok özelliğini iyileştirici etki yapmaktadırlar. Örneğin uçucu külün beton üretiminde kullanılmasıyla, taze betonda işlenebilirliğin artması, terlemenin azaltılması, sertleşmiş betonun su geçirimsizliğinin azaltılması, sülfat dayanıklılığının artması, betonun hidratasyon ısısının azaltılması gibi avantajlar elde edilmektedir (3-7).

Beton karışımı içinde oldukça fazla yer tutan diğer bir önemli bileşen ise agregadır. Geleneksel agregaların beton üretiminde kullanılması, hem doğal kaynakların giderek azalmasına, hem de taşların ocaktan çıkarılması sırasında çevresel kirliliğe sebep olmaktadır. Beton üretiminde doğal agrega kullanımını azaltmak için uygulanan yöntemlerden birisi, yapay agregaların veya atıkların doğal agrega yerine kullanılmasıdır. Beton üretiminde agrega olarak kullanılan atıklar arasında cam, fiberglas ve plastik atıklar gelmektedir. Bu tip atık malzemelerle elde edilen betonların dayanımı, doğal agregalı betonlara oranla biraz daha düşük olabilmektedir. Ancak uygun karışım oranları saptandığında, atıklardan elde edilen agregalarla belirli bir beton dayanımının elde edilmesi mümkündür. Özellikle hafif beton uygulamalarında atık plastik agregaların kullanılması konusunda son yıllarda çeşitli çalışmalar yapılmaktadır (8-10).

Bu çalışmada, hafif beton üretiminde endüstriyel bir atık olan uçucu kül ve atık PET şişelerin kullanılması amaçlanmıştır. Puzolanik özellik gösteren uçucu kül, çimentoyla ağırlıkça %50 oranında yer değiştirilerek bağlayıcı olarak kullanılmıştır. Atık PET şişe kırıklarından elde edilen 1-2 mm boyutlarındaki PET agregalar da doğal agrega yerine kullanılarak ekonomik bir hafif harç türü elde edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde, araştırma kapsamındaki deneysel çalışmalarda kullanılan malzemelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile harç karışım oranları verilmiştir.

2.1. Kullanılan Malzeme Özellikleri

2.1.1. Çimento

Bu çalışmada, OYAK Adana Çimento Fabrikası tarafından üretilen PÇ 42,5 Portland Çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun özgül ağırlığı ve özgül yüzeyi sırasıyla 3.09 gr/cm³ ve 3220 cm²/gr'dır. Priz başlama ve sona erme süreleri 2³⁰ and 3³⁰ saattir. Çimentonun kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de verilmiştir.

2.1.2. Uçucu Kül

Yumurtalık-Su Gözü Termik Santrali atığı olan F sınıfı uçucu külün özgül ağırlığı 2.24 gr/cm³ ve özgül yüzeyi 3880 cm²/gr'dır. Uçucu külün kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun ve uçucu külün kimyasal kompozisyonu

Oksit	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	KK
Çimento	20.23	5.78	4.07	61.95	2.94	2.66	0.87	0.11	0.72
Uçucu kül	56.91	21.85	6.52	3.33	2.57	0.26	0.99	0.48	2.36

2.1.3. Polietilen Tereftalat (PET) Agregası

Doğal agregası yerine kullanılan atık PET şişe kırıkları, SASA PET Şişe Tesisinden temin edilmiştir. Küçük granüller halindeki atık PET kırıkları eleklerden geçirilmiş ve boyutları 1-2 mm aralığında olan PET kırıkları hafif harç üretiminde agregası olarak kullanılmıştır.

2.2. Harç Karışım Oranları

Harç karışımlarda 0.45 ve 0.50 olmak üzere iki farklı su-bağlayıcı oranı kullanılmıştır. PET agregası-bağlayıcı oranları 0.50 ve 0.60 olarak belirlenmiştir. Bağlayıcı olarak, sadece çimentonun kullanıldığı ve uçucu külün çimentoyla ağırlıkça %50 oranında yer değiştirildiği iki farklı bağlayıcı türü kullanılmıştır. Harç numunelerin üretiminde doğal agregası ve kimyasal katkı kullanılmamıştır. Deneylerde kullanılan harç karışım oranları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. PET agregalı harçların karışım oranları

no	bağlayıcı	PET/bağlayıcı	Su/bağlayıcı
1	çimento	0.50	0.50
2			0.45
3		0.60	0.50
4			0.45
5	çimento + u.kül	0.50	0.50
6			0.45
7		0.60	0.50
8			0.45

Tabloda belirtilen 8 farklı karışım türünden elde edilen taze harç karışımlardan 40 x 40 x 160 mm boyutlarında 96 prizmatik numune elde edilmiştir. Bu harç numuneler,

basınç dayanım değerlerinin ölçüldüğü günlere kadar 22 ± 2 °C sıcaklıktaki kür havuzunda kür edilmişlerdir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Islak kür ortamında bekletilen numunelerin 28 günlük kuru birim ağırlıkları ve 7., 28., 90. ve 180. günlerdeki basınç dayanım değerleri sunularak tartışılmıştır.

3.1. Kuru Birim Ağırlık

Harç numunelerin 28 günlük hava kurusu birim ağırlık değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Bu çalışmada üretilen atık PET agregalı ve çimentolu harç numunelerde ölçülen en büyük birim ağırlık değeri 1531 kg/m^3 'tür. Uçucu küllü numunelerin en yüksek birim ağırlığı ise 1413 kg/m^3 'tür. Görüldüğü üzere bu değerler hafif beton sınırları içinde yer almaktadır (2).

Uçucu küllü numunelerin birim ağırlıkları, çimentolu numunelere göre oldukça düşük çıkmıştır. S/B oranının 0.50'den 0.45'e düşmesiyle, tüm numunelerin birim ağırlıklarının arttığı gözlenmiştir.

Tablo 3. PET agregalı harç numunelerin 28 günlük kuru birim ağırlık değerleri (kg/m^3)

PET/B	S/B	Kuru birim ağırlık	
		çimentolu	uçucu küllü
0.50	0.50	1482	1391
	0.45	1531	1413
0.60	0.50	1508	1390
	0.45	1528	1408

3.2. Basınç Dayanımı

PET agregalı harç numunelerin basınç dayanım değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. PET agregalı harç numunelerin basınç dayanım değerleri (MPa)

bağlayıcı	PET/B	0.50 S/B				0.45 S/B			
		7 gün	28 gün	90 gün	180 gün	7 gün	28 gün	90 gün	180 gün
çimento	0.50	15.9	19.0	21.7	22.7	18.5	21.2	25.2	26.0
	0.60	14.5	18.6	23.1	24.4	17.7	20.1	25.3	26.3
çimento + uçucu kül	0.50	8.6	13.5	16.6	17.4	10.2	14.9	18.3	18.8
	0.60	7.9	12.5	17.3	19.4	9.0	13.6	18.4	20.3

Tablo 4 incelendiğinde, 0.50 S/B oranlı çimentolu harçların 28 günlük basınç dayanımlarının 19.0 ve 18.6 MPa seviyelerinde; aynı S/B oranlı, uçucu küllü harçların basınç dayanım değerlerinin ise 13.5 ve 12.5 MPa seviyelerinde olduğu görülmektedir.

0.45 S/B oranlı çimentolu harçların 28 günlük basınç dayanımları 21.2 ve 20.1 MPa'dır. Aynı S/B oranına sahip olan uçucu küllü harçların basınç dayanım değerleri ise 14.9 ve 13.6 MPa seviyelerindedir.

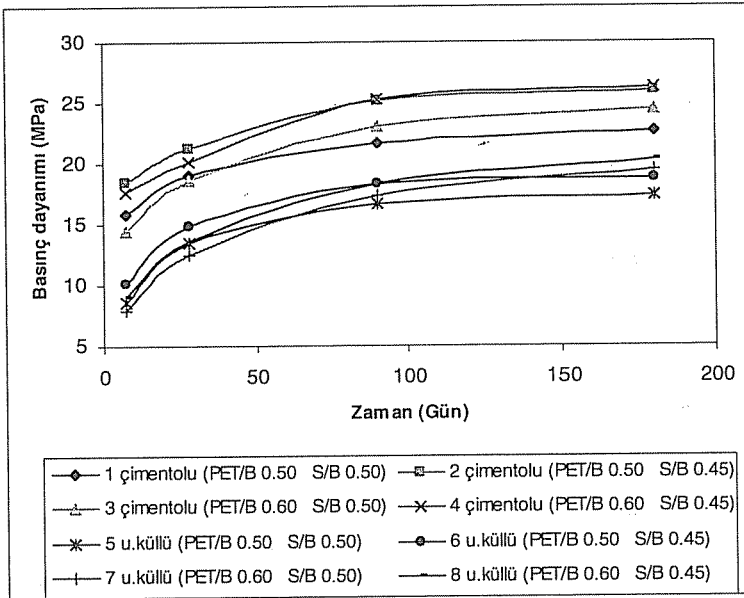
Uçucu küllü numuneler, çimentolu numuneler kadar yüksek dayanım değerleri gösteremeseler de, 180. günde uçucu küllü harçların basınç dayanım değerleri 0.50 S/B

oranlılarda 17.4 ve 19.4 MPa, 0.45 S/B oranlılarda 18.8 ve 20.3 MPa seviyelerine ulaşmıştır.

PET/B oranının 0.50'den 0.60'a çıkması, çimentolu ve uçucu küllü numunelerde, ilk günlerde basınç dayanım değerlerinde bir düşmeye sebep olmuştur. Ancak 90. günden itibaren 0.60 PET/B oranlı çimentolu numunelerin basınç dayanım değerleri, 0.50 PET/B oranlı numunelerden yüksek çıkmıştır.

S/B oranının 0.50'den 0.45'e düşmesiyle, hem çimentolu hem de uçucu küllü numunelerin basınç dayanımları artmıştır.

PET agregalı harç numunelerin zaman basınç dayanım ilişkisi, Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. PET agregalı hafif harçların zaman-basınç dayanımı ilişkisi

Şekil 1'den görüleceği gibi, PET agregalı hafif harçların basınç dayanım değerleri, 90. güne kadar hızlı bir şekilde artmakta, 90. günden sonra dayanım artışı sabit bir hızda ilerlemektedir. Uçucu kül ikameli harçların basınç dayanım değerleri, çimentolu numunelerin basınç dayanım değerlerinin altındadır.

Şekil 1 incelendiğinde, çimentolu ve PET agregalı hafif harçların 90. ve 180. günlerde ölçülen basınç dayanım değerlerinin 20-25 MPa seviyeleri arasında olduğu görülmüştür. Uçucu küllü ve PET agregalı hafif harçların 90. ve 180. günlerdeki basınç dayanım değerleri ise 15-20 MPa seviyeleri arasındadır.

4. SONUÇLAR

1. Bu çalışmada üretilen, atık PET agregalı, çimentolu ve uçucu küllü harç numunelerin birim ağırlık değerleri hafif beton sınırları içindedir.

2. PET-bağlayıcı oranının 0.50'den 0.60'a çıkması basınç dayanımlarını 90. günden itibaren olumlu yönde etkilemiştir.
3. Uçucu kül ikameli numunelerin kuru birim ağırlıkları ve basınç dayanım değerleri çimentolu numunelerden düşük çıkmıştır.
4. S/B oranının 0.50'den 0.45'e düşmesiyle, hem çimentolu hem de uçucu küllü hafif harç numunelerin birim ağırlıklarında ve basınç dayanım değerlerinde artış gözlenmiştir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. (Proje numarası: MMF2006D23).

6. KAYNAKLAR

1. Erdoğan, T.Y., "Beton", ODTÜ Geliştirme Vakfı ve Yay. A.Ş., Ankara, 2003.
2. Topçu, İ.B., "Beton Teknolojisi", Uğur Ofset A.Ş., Eskişehir, 2006.
3. Atiş, C.D., "Heat Evolution of High-Volume Fly Ash Concrete", *Cement and Concrete Research*, 32 (5), 751-756, 2002.
4. Atiş, C.D., "Accelerated Carbonation and Testing of Concrete Made with Fly Ash", *Construction and Building Materials*, 17, 147-152, 2003.
5. Atiş, C.D., Kılıç, A., Sevim, U.K., "Strength and Shrinkage Properties of Mortar Containing a Nonstandard High-Calcium Fly Ash", *Cement and Concrete Research*, 34, 99-102, 2004.
6. Malhotra, V.M., Ramezani pour, A.A., "Fly Ash in Concrete", 2nd Edition, CANMET, MSL, 94-95, 1994.
7. Özturan, T., "Beton Üretiminde Uçucu Kül Kullanımının İrdelenmesi", TMMOB Türkiye İnşaat Mühendisliği XI. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı, 1. Cilt, 149-158, İstanbul, 8-11 Ekim 1991.
8. Shehata, I., Shahram, V., Elsayy, A., Fahmy, M., "The Use Of Solid Waste Materials as Fine Aggregate Substitutes in Cementitious Concrete Composites", *Semisequicentennial Transportation Conference Proceedings*, Iowa State University, Iowa, 1996.
9. Gavela, S., Karakosta, C., Nydriotis, C., Kaselour-Rigopoulou, V., Koliass, S., Tarantili, P.A., Magoulas, C., Tassios, D., Andreopoulos, A., "A Study of Concretes Containing Thermoplastic Wastes as Aggregates", ID 270, *Conference on the Use of Recycled Materials in Building and Structures*, Barcelona, Spain, 2004.
10. Al-Maneer, A.A., Dala, T.R., "Concrete Containing Plastic Aggregates", *Concrete International*, 19 (8), 47-52, 1997.

**ESKİ ESERLERDE MEYDANA GELEN TAŞ BOZULMALARININ
ADANA'DA ÖRNEKLENMESİ****Semiha AKÇAÖZOĞLU***Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye***Kubilay AKÇAÖZOĞLU ve Fatih ÖZCAN***N.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Niğde, Türkiye*

ÖZET : *Bu çalışmada eski eserlerdeki taş bozulmalarına neden olan çevresel etkenler araştırılmıştır. Bu etkenler, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve insan etkileri olmak üzere dört grupta incelenmiştir. Sözü edilen faktörlerin taşlar üzerinde ne tür bozulmalara sebep olabileceği araştırılmıştır. Araştırma kapsamında, Adana'da bulunan eski taş eserlerimiz incelenmiş ve bu eserlerde gerçekleşen bozulma türleri ve bunlara neden olabilecek çevresel etkenler tespit edilmeye çalışılmıştır.*

**ILLUSTRATION OF THE STONE DETERIORATION OCCURED IN
THE HISTORICAL BUILDINGS IN ADANA**

ABSTRACT : *In the present study, the environmental factors caused stone deterioration in the historical buildings have been investigated. These factors were examined at four groups as physical, chemical, biological and human effects. The deteriorations wich were ocured because of these factors were investigated. In the research, the historical stone buildings in Adana have been examined, and the deterioration kinds ocured in the buildings and the environmental factors caused these deterioration have been determined.*

1. GİRİŞ

Taş dayanıklı bir malzeme olduğundan dolayı binlerce yıldır bina ve anıtlarda kullanılmıştır. Yüzyıllardır ayakta duran, bazıları da toprak altında kalmış bulunan bu eserler çeşitli aşınmalara rağmen günümüze kadar gelebilmişlerdir. Bu tahribatlar gerekli önlemler alınmazsa yapının yok olmasına sebep olacak kadar tehlikeli sonuçlar doğurabilir. Tarihi mirasımız içinde önemli bir yere sahip olan eski taş eserlerimizin sürekliliğini sağlayabilmek, koruma, restorasyon yöntem ve tekniklerini saptayabilmek için öncelikle taşlarda meydana gelen yıpranma türlerini ve nedenlerini belirlemek gerekmektedir. Bu eserlerin tahrip olmalarının çok çeşitli sebepleri vardır. Bu bozulma sebeplerinin tespit edilmesi, eski taş eserlerin korunması ve onarımlarının yapılabilmesi açısından oldukça önemlidir. Bozulma sebeplerini tespit edebilmek için öncelikle taş eserlerimizde görülen bozulma türlerinin belirlenmesi gerekir. Bunların doğru olarak saptanması sonucunda, eserler üzerinde bu etkileri önleyici tedbirlerin alınması daha kolay hale gelecek ve taş eserlerimizin gelecek nesillere korunarak aktarılması mümkün olacaktır.

2. ESKİ ESERLERDE ÇEVRESEL KOŞULLARIN ETKİSİYLE MEYDANA GELEN TAŞ BOZULMALARININ NEDENLERİ

Eski eserlerde meydana gelen taş bozulmaları, ya malzeme özelliklerinden kaynaklanmaktadır, ya da çevresel etkenler sebebiyle ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, eski taş eserlerde bozulmalara sebep olan çevresel koşullar incelenecektir. Bu çevresel koşullar; fiziksel olaylar, kimyasal olaylar, biyolojik etkiler ve insanların olumsuz etkileri olmak üzere dört grupta toplanmıştır.

2.1. Fiziksel Olaylar

Sıcaklık değişimi, buharlaşma, suyun buza dönüşmesi gibi fiziksel olaylar taşın parçalanmasına neden olur. Fiziksel parçalanmada taşın yapısında herhangi bir kimyasal değişim olmaz. Mineraller ve taş bünyesi ufak parçalara bölünür. Bu olaylar deniz seviyesinden yüksek yerlerde, kuru iklim bölgelerinde daha fazla görülür. Her fiziksel aşınma bir kimyasal aşınma olayına basamak olur. Fiziksel parçalanmayı meydana getiren faktörlerin başında, don olayı gelmektedir. Taşın gözeneklerine giren su donarak taş içerisinde basınç yapar ve bu olay, taşta çatlaklar varsa, çatlakların büyümesine, büyük parçaların kopmasına yol açmaktadır (1).

Ayrıca, taşın iç ve dış yüzeyi arasında ısı farklarının olması durumunda, taş bünyesinde farklı gerilmeler oluşmaktadır. Bunlar da çatlamalara, sert kütlelerin kırılmasına ve parçalanmasına sebep olmaktadır.

Taş eserlerin tahrip olmasındaki en büyük etkenlerden birisi taşın gözeneklerinden ve kılcal yollardan içeriye giren nemdir. Nem, malzemelerin içinde bulunan tuzları hareketlendirerek, taş üzerinde çiçeklenmelere, kabuklaşmaya ve oyuklar şeklinde tahribatlara yol açmaktadır. Çiçeklenme, suda çözülen tuzların, taşın kuruma devresinde yüzeye doğru hareket eden sularla birlikte taşınması ve suyun buharlaşmasından sonra yüzeyde kalması ile gerçekleşmekte olup, beyaz renkli, yama veya bant şeklinde ve taşın estetik görünüşünü bozan bir lekedir.

2.2. Kimyasal Olaylar

Kimyasal bozulma ile yapı taşlarının bileşimleri değişikliğe uğramaktadır. Kimyasal etkilerin ana nedenleri hava ve su kirliliğidir. Dumanla karışık yağmur, binalarda siyah yapışkan bir tabaka oluşturmaktadır. Kükürlü bileşiklerin neden olduğu kirlenmeler, yapı taşlarının bozulmalarında görülen en önemli etkenlerden birisidir.

Motorlu araçların egzozlarından çıkan zararlı gazlar ve özellikle metalurji ve kimya sanayilerinden açığa çıkan klor, flor, fosfor gibi kimyasal maddeler de çok ciddi kimyasal ayrışmalara sebep olmaktadır (2).

Taşların sürekli rutubetli olması, havalandırma şansının zayıf olması ve sürekli gölgede bulunması gibi durumlarda doğal taşların atık gazların etkisi ile ayrışmaları ve hasar görmeleri daha çabuk gerçekleşmektedir.

Kimyasal maddeler etkisizleşen taş ayrışmasının ana nedeni, orijinal maddelerin ayrışmasıdır. Örneğin kalsit alçıya, feldspat kil mineraline, olivin asbeste dönüşür. Bu durumda fiziksel ayrışmadan farklı olarak taşın yalnız rengi değil, kristal yapısı da değişir. Kimyasal ayrışmayla oluşan kütleler ana malzemeden tamamen farklı olur ve yeni tip kütleler meydana gelir.

Doğada görülen kimyasal ayrışma şekillerinin en önemlileri erime, oksitlenme ve redüklenme, baz değişimi, hidratlanma ve karbonatlaşmadır. Kimyasal ayrışmada tane büyüklüğü, minerallerin bileşimleri, iklim ve rutubet faktörleri önemli rol oynar.

2.3. Biyolojik Etkiler

Eski eserler üzerinde tahribat yapan biyolojik etkenleri alg ve likenler, yosunlar, mantarlar, bakteriler, bitki kökleri, sarmaşıklar, kurtlar, böcekler ve kuşlar gibi çeşitlendirmek mümkündür. Sarmaşıklar ve bitki kökleri özellikle taş malzemenin aralıklarına girerek büyümeye başlar ve yapıda ayrışmalara neden olurlar. Ayrıca çıkardıkları asitlerle aralıkların genişlemesine sebep olurlar. Alg, liken ve yosun gibi organizmalar genellikle nemli yüzeyler üzerinde yaşarlar. Buldukları ortamdaki malzemelerin her zaman nemli kalmasına, aynı zamanda yapının nem oranının yükselmesine neden olurlar. Salgıladıkları sıvılar lekelenmelere ve bazı durumlarda da asit etkisiyle yüzeysel bozulmalara yol açar (3).

Yosunlar genellikle nemli ve pürüzlü yüzeylerde görülürler. Taşın nemini alarak kök salıp yüzeyde kir ve lekeler oluştururlar. Mantarların güneş ışığından kendi besinlerini üretme yetenekleri yoktur. Bu nedenle eğer bir miktar organik besin yoksa, taş sürekli ıslak olsa bile taşın üzerinde yaşayamazlar. Alg ve bakterilerin atık ürünleri veya bu organizmaların ölü hücreleri mantarlar için uygun olan organik besini oluşturabilir. Mantarlar oksalik ve sitrik asit gibi organik asitler oluştururlar. Bu asitlerin her ikisi de kireçtaşının ana içeriği olan kalsiyum karbonatı eritebilir (4).

2.4. İnsanların Olumsuz Etkileri

İnsanlar bilinçli yada bilinçsiz olarak yüzyıllardır yaptıkları olumsuz müdahalelerle birçok taş eserin tahrip ve yok olmalarına sebep olmuşlardır. Hava kirliliği endüstriyel faaliyetler, kentlerdeki ısıtma sistemleri, motorlu araçların havaya yaymış oldukları gazlar ve her çeşit enerji kullanımını sonucunda açığa çıkan kirli havada bulunan asitler, taşların yapısının bozulmasına ve tahrip olmasına neden olmaktadır. Bunların dışında, tarihi eserlerin onarım ve bakım uygulamalarında yapılan yanlışlar da bozulmaları

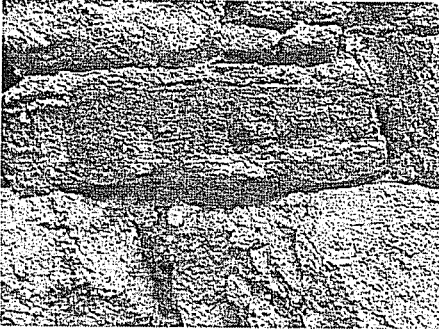
hızlandıran etkenlerden birdir. Örneğin, yeniden üretilen harçların geleneksel harçlarla aynı mekanik özelliklerde olmamasından dolayı, ülkemizde yapılan onarımların çoğunda; taş bozulmalarının çiçeklenme yoluyla hızlanması, farklı çalışmalar nedeniyle taş çatlakları gibi uzun vadede daha büyük zararların oluştuğu gözlenmiştir (5).

3. ESKİ ESERLERDE GÖRÜLEN TAŞ BOZULMALARININ ADANA'DA ÖRNEKLENMESİ

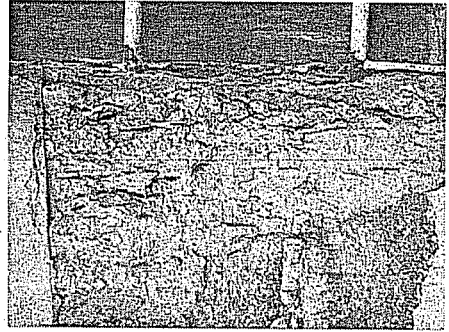
Adana'daki taş yapılarda karşılaşılan bozulma türleri ve bu bozulmalara neden olabilecek etkenler aşağıda sıralanmıştır.

3.1. Kabuklanma

Kabuklanmanın başlıca sebebi atmosferde bulunan kükürtdioksit (SO_2) gazının, mermerlerin yapısını oluşturan kalsit kristalleri ($CaCO_3$) ile reaksiyona girerek suda çözünebilir alçıtaşı ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) oluşturmasıdır. Taş bünyesinde oluşan alçıtaşı (jips), mermer yüzeylerde kabuklanmalara ve zamanla dökülmelere yol açmaktadır. Hava kirliliğinin yoğun olduğu dönemlerde bu bozulmanın daha fazla gerçekleştiği görülmektedir. Taşlarda görülen sülfatlaşma olayı, kış aylarında artmaktadır. Yağmur sularının kimyasal etkisiyle, özellikle kalkerli yapı taşlarının, taşın dış tabakasının bir zar gibi iç bölümden ayrıldığı, küçük ve büyük plaklar halinde kopmaya başladığı görülür. Başka bir durumda da genellikle kavkı şeklinde ayrılmalar oluşur. Taş yüzeyinin sürekli ıslanıp kuruması sonucunda, yüzeyden belli bir derinliğe kadar suya doyar ve yüzeysel buharlaşma başlar. İç kısım kurur ve su tuzlarla aşırı doygun hale gelir, tuzlar dışa doğru yönelirler. Bu durumda iç kısım taşın gövdesinden farklı bir yapı gösterir ve ana taştan ayrılacak bir kabuk oluşur (3). Bu tip kırıklar kenarlardan çok taşın gövdesinde görülür (Resim 1-2).



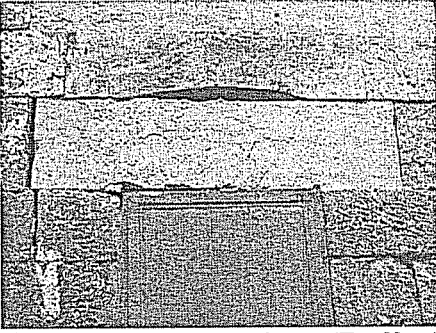
Resim 1. Kabuklanma (Ulu Cami)



Resim 2. Kabuklanma (Yeni Cami)

3.2. Kumlanma ve Unlanma

Kumtaşlarında çok sık görülen bu hasar, taneleri bağlayan bağlayıcı maddenin taş yüzeyinde ayrışıp çözünmesinden sonra su ve rüzgar etkisi ile taşınması sonucu ortaya çıkmaktadır. Kumlanma sonucu taşların köşeleri de yuvarlaklaşır. Kumlanma genelde doğal taşın dış mekana bakan yüzünde olur (2). Resim 3 ve 4'te bu bozulma türüne ait örnekler yer almaktadır.



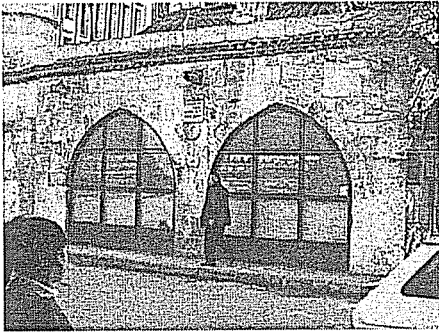
Resim 3. Kumlanma ve unlanma (Tuz Hanı)



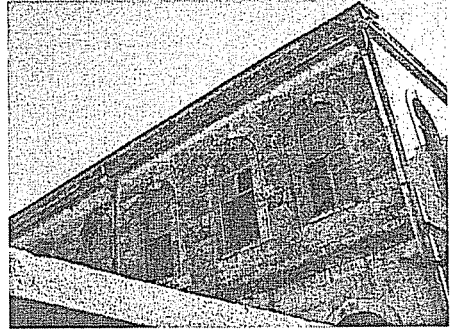
Resim 4. Kumlanma ve unlanma (Yeni Cami)

3.3. Lekelenme

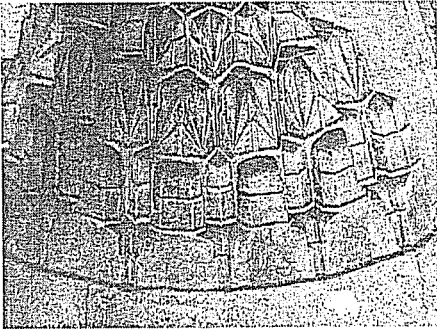
Taş yüzeylerinde oluşan lekelenmelerin sebebi; toz ve kirli maddeler, yağlar, yakıt artıkları, suda eriyen tuzlar, hayvanların dışkıları, bitkiler ve mikroorganizmalar, harç vb. bağlayıcıların ayrışma artıkları gibi birçok etken olabilir (3). Taşların bünyesinde bulunan sular veya yağmur suları, zemin rutubeti veya atmosfer aracılığı ile gelen tuzlar yüzeyde çiçeklenme veya lekelenmelere sebep olmaktadır. Adana'daki birçok taş eserde lekelenme sorununa raslanmaktadır (Resim 5-8).



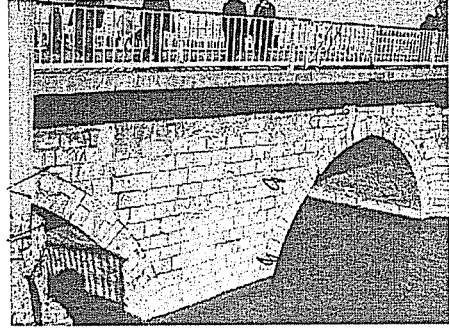
Resim 5. Lekelenme (Kemeraltı Cami)



Resim 6. Lekelenme (Adana Kız Lisesi)



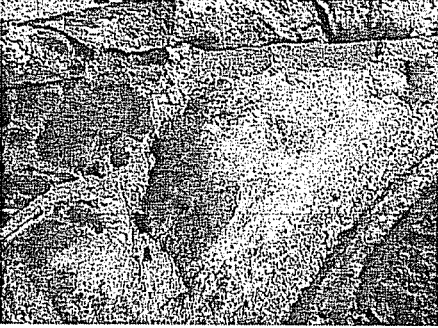
Resim 7. Lekelenme (Yağ Cami)



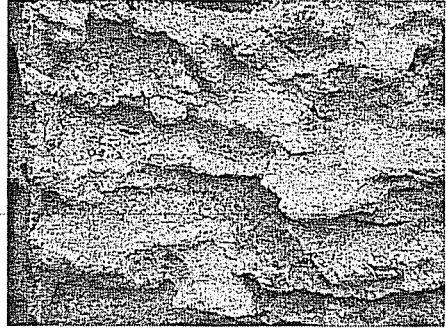
Resim 8. Lekelenme (Taşköprü)

3.4. Aşınma ve Erime

Sürtünmeye maruz elemanların zamanla kesitlerinin küçülmesi sonucu ortaya çıkan bozulma türüdür. Ayrıca agresif maddeler ihtiva eden su, gevşek dokulu olan taşları zamanla eritebilir ve taşlarda büyük boşluklar meydana getirebilir (3). Hava kirliliği dolayısıyla taşları eriten asit yağmurları oluşabilmektedir. Adana'daki taş eserler içinde önemli yeri olan camilerimizin duvarlarında görülen aşınma ve erime sorunu, Resim 9 ve 10'da sunulmuştur.



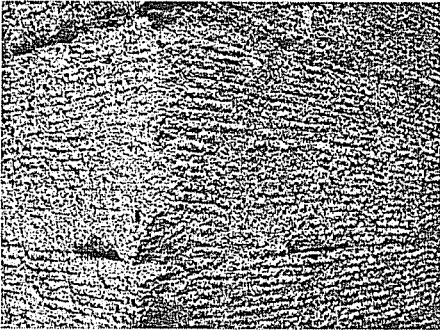
Resim 9. Aşınma ve erime (Yeni Cami)



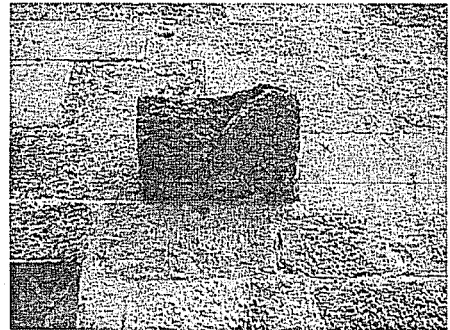
Resim 10. Aşınma ve erime (Kemeraltı Cami)

3.5. Parça Kopması

Parçalar genelde tabakalanmaya paralel yönde koparlar. Parça kopmasının ana nedenleri, don ve tuz etkileri ile ankraj metallerinin korozyon sonucunda şişmesidir (2). Resim 11 ve 12'de taş eserlerde ortaya çıkan parça kopması sorunu görülmektedir.



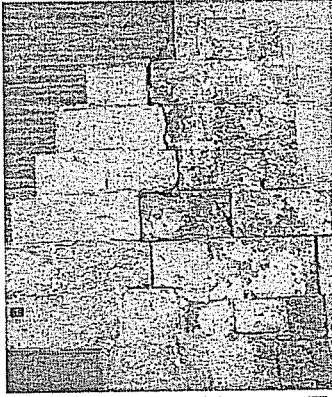
Resim 11. Parça kopması (Büyük Saat Kulesi)



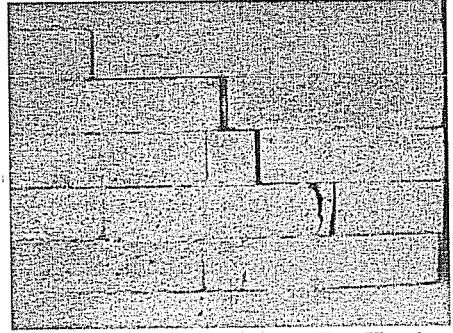
Resim 12. Parça kopması (Ulu Cami)

3.6. Çatlaklar

Deprem, yapının oturması, ve ısı genleşmeleri gibi nedenler sonucunda taşın çekme veya basınç dayanımı aşıldığı zaman çatlamlar oluşabilmektedir (Resim 13-14). Kabuk oluşumu gibi başka hasar türleri de çatlak nedeni olabilir (2). Bu çatlaklar taşların birleşim yerlerinde oluşabileceği gibi, taşın bünyesinde de görülebilmektedir.



Resim 13. Çatlak oluşumu (Tuz Hanı)



Resim 14. Çatlak oluşumu (Tuz Hanı)

3.7. Derz Malzemesinin Ayrışması

Doğal taşların en zayıf noktaları duvar örgüsündeki derzlerdir. Derzler kimyasal olaylar sonucu dağılır, toz haline gelir. Derz harcının yüzeyden ayrışıp yıkanması ile taşların korunmayan kenarları birkaç santimetre derinliğe kadar açığa çıkar. Bu yüzeylerden taşta zarar verebilecek birçok etki taşı kemirmeye ve hasar vermeye başlayabilir (2). Resim 15'te, derz harcının ayrışması sonucu ortaya çıkan bozulma türüne ait bir örnek yer almaktadır.



Resim 15. Derz malzemesinin ayrışması (Yağ Cami)

4. SONUÇLAR

Sahip olduğumuz mimari mirasın büyük bir bölümünü eski taş yapılar oluşturmaktadır. Tarih boyunca topraklarımızda yaşamış olan birçok kültüre ait eserler barındıran ülkemizde, bu yapıların korunması oldukça büyük önem taşımaktadır. Tarihi yapılarımızın gelecek nesillere korunarak ulaştırılabilmesi için, bu eserlerimizde ortaya çıkan bozulma sebeplerini doğru bir şekilde belirleyip, gerekli önlemleri almak gerekmektedir.

Eski taş eserlerimizin tahrip olmasında birçok etkenin rolü olabilmektedir. Özellikle artan nüfus ve trafik yoğunluğu, hava kirliliği ve bilinçsiz müdahaleler, taş eserlerimizi

tehdit eden unsurların başında gelmektedir. Çevresel etkenlerin yanında, malzemenin özelliklerinden kaynaklanan sorunlar da taşların bozulmasına sebep olan etkenlerdendir.

Adana'daki tarihi taş eserler genellikle şehir merkezine yakın yerlerde yer aldıklarından dolayı, bu bölgelerdeki nüfus ve trafik yoğunluğu sebebiyle, taş eserlerimiz büyük ölçüde hava kirliliğine maruz kalmaktadır. Özellikle yaz aylarında hava sıcaklığının ve nemin çok fazla olması, bu eserlerin bozulmasına sebep olan etkenlerin şiddetini arttırmaktadır. İnsanların eserlerimizi tahrip edici davranışları, bilinçsiz kullanımlar ve sonradan yapılan olumsuz müdahaleler de taş yapılarımızın bozulma sürecini hızlandırmaktadır.

Adana'daki tarihi eserlerimizdeki bozulma türleri incelendiğinde; en sık rastlanan sorunun lekelenme olduğu görülmektedir. Çevresel koşulların etkisiyle taşa ilk olarak görülen bozulma türlerinden birisi, taş yüzeyinde görülen lekelenmedir. Bozulma süreci ilerledikçe kabuklanma, aşınma, erime ve parça kopması gibi sorunlar da ortaya çıkabilmektedir. Çoğu zaman, aynı taş eserde birden fazla bozulma türü bir arada gerçekleşebilmektedir. Bunun sebeplerinden birisi, yapının bozulmaya sebep olan etkenlerin birkaçına aynı anda maruz kalmasıdır.

Eski taş eserlerimizin korunması ve gerekli onarımlarının yapılabilmesi için, öncelikle bu eserlerde ortaya çıkan bozulma türlerinin doğru olarak tespit edilmesi gereklidir. Çünkü, bu konuda yapılacak en küçük hata, eserlerimizin yok olmasına bile sebep olabilir. Bu nedenle, tarihi eserlerimizdeki taş bozulmaları gözlemlerin yanında, laboratuvar analizleri sonucunda tespit edilmeli ve gereken müdahaleler bu doğrultuda gerçekleştirilmelidir.

5. KAYNAKLAR

1. Gürdal,E, "Anıtlarda ve Yapılarda Kullanılmış Doğal Taşların Bozulmaları ve Korunmaları", *Rölöve Restorasyon Dergisi, Sayı 4, s.27-30, 1982.*
2. Çorapçioğlu,K., "Taş Ayırışmasının Nedenleri ve Koruma Teknikleri", 73 s., İstanbul, 1983,
3. Bozoğlu,T., "Yöresel Taş Malzemeli Yapılarda Taş Malzeme Bozulmaları ve Restorasyon Yöntemleri Üzerine İrdeleme", *Dokuz Eylül Üniversitesi YL Tezi, 156 s., İzmir, 1998.*
4. Bahtiyar,M, "Restorasyonda Strüktürel Sorunlar, Taş Yapılarda Konunun İrdenemesi ve Örnekler", *Dokuz Eylül Üniversitesi YL Tezi, 152 s., İzmir, 1998.*
5. Büyükmihçı,G., "Taş Sivil Mimarlık Örneklerinde Korumaya Yönelik Yöntem Önerileri ve Bu Yöntemlerin Kayseri Örneğinde Uygulanışı", *Mimar Sinan Üniversitesi, Doktora Tezi, 345 s., İstanbul, 1997.*

**TÜRK İNŞAAT FİRMALARININ SİSTEMATİK PAZARLAMA
ANLAYIŞINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER****Ercan ERDİŞ ve Mustafa DEMİRCİ***M.K.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hatay/Türkiye.***Arzu KILIÇ***M.K.Ü., Antakya Meslek Yüksekokulu, Hatay/Türkiye.***Murat ÖRNEK***Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye.*

ÖZET : Günümüzde eğitim ve teknolojiadaki ilerlemeler, toplumun refah düzeyindeki artış müşterilerin daha kaliteli binalar talep etmesine neden olmaktadır. Bu durum inşaat sektörünün içinde bulunduğu rekabetçi pazar ortamında şirketlerin doğru projelerle ve doğru fiyatlandırma anlayışı ile müşterilerin karşısına çıkmasını gerektirmektedir. Bu da ancak şirketlerin inşaat öncesi ön hazırlık çalışmalarının titizlikle yürütmesi ile mümkün olmaktadır. Bunun yanında şirketin kişisel satma ve tutundurma faaliyetlerinin (reklam, firmanın tanıtımını yapacak aktiviteler vb.) etkinliği de oluşan bu pazarı elde etmek için önem arz etmektedir. Şirketin sistematik bir pazarlama anlayışına sahip olması, diğer bir deyişle kendi bünyesinde kendisini diğer şirketlerden ayrılmasını sağlayacak değerler inşa etmesi ile mümkün olacaktır. Bu araştırma kapsamında inşaat şirketlerinin pazarlama kavramını algılama ve uygulama düzeyi incelenmiştir. Şirketlerin pazar içinde ve rakip firmalarla etkili bir biçimde rekabet etmelerini, sistematik bir pazarlama anlayışına sahip olmasını sağlayacak doğru fiyatlandırma ve tutundurma stratejileri üzerinde durulmuştur. Şirketlerin bu yönde bir yönetim tarzı sergileyip sergilemedikleri ile ilgili değerlendirmede bulunabilmek için inşaat sektöründe yer alan orta ve büyük ölçekli 50 firma ile bir anket çalışması düzenlenmiştir. Anketin amacı, öncelikle inşaat firmalarının pazarlama sürecini etkileyen fiyatlandırma ve tutundurma stratejilerini belirlemektir. Anket çalışması sonucunda ayrıca, firmaların pazarlama sürecini algılama ve uygulama düzeyleri ve uygulamadaki eksiklikleri ortaya çıkarılmıştır. Sonuçlar, literatür bulguları ışığında değerlendirilmiştir.

FACTORS AFFECTING SYSTEMATIC MARKETING APPROACH OF TURKISH CONSTRUCTION FIRMS

ABSTRACT : *Due to improvements in education and technology and increase in prosperity of the society, the consumers demand buildings with higher quality. This requires construction companies which are working in a competitive marketing environment to come up with right projects and bidding strategies. This becomes possible by preparing rigorous preconstruction feasibility studies. Additionally, the effectiveness of personal selling and promotion activities of the company is important to acquire a market share which can be realized by having systematic marketing concept. In this study, the perception and application level of marketing concept of construction firms are investigated. Specifically, bidding and promotion strategies which enable the companies to have systematic marketing concept in order to compete with other companies in the market are discussed. To evaluate whether this management approach is applied by the companies, a questionnaire was performed with fifty Turkish construction firms. The purpose of the questionnaire was to determine bidding and promotional activities affecting the marketing process of the companies. Depending on the results of the questionnaire, the level of perception and application of the marketing process and deficiency in practices are discussed. Results are evaluated in the light of literature findings.*

1. GİRİŞ

Geleneksel olarak, üretim ve satışlar, herhangi bir işin iki en önemli görevidir. Eskiden, organizatörlerin çoğu, ürünlerinin kalitesinin veya hizmetlerinin satış için tek faktör olduğuna inanırlardı. Eğitimdeki gelişmeler, teknolojiye ilerlemeler ve toplumun zenginliğindeki artışlar, müşterileri misyonu olan ve daha kaliteli hizmet veren firmalara yöneltmektedir. Artık bir şeyi direk üretmenin yerine müşterinin ihtiyaçlarına göre ve onların beğenisine göre üretmek önem kazanmıştır. Günümüzde pazarlama sürecinde bu görevler içinde yerini almıştır. Buna rağmen birçok firma halen pazarlamaya yeteri kadar önem vermemekte ve ödenek ayırmamaktadır (1).

2. YAPIM İŞLERİNDE SİSTEMATİK PAZARLAMA ANLAYIŞI

Yapım işlerinin yürütülmesi sırasında hizmetlerin nasıl pazarlanacağı, pazarlama organizasyonunun, stratejilerinin, aktivitelerinin neleri ihtiva edeceği (ürün, satış ve pazarlama oryantasyonu) ve süreci etkileyen faktörlerin neler olduğu ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar uygulanan metodoloji ve elde edilen bulgular bakımından farklılıklar göstermektedir (2-11).

Özde, pazarlamak, bir idare görevidir. Pazarlamacı müşterilerin istekleriyle ilgilenir, bu ihtiyaçların karşılaması için hizmetlerin geliştirilmesi ve fiyatlandırılmasını yaparak, bu hizmetlerin olabirirliği hakkında müşteriler bilgilendirir (1).

Yönetimsel açıdan pazarlama talep yaratma ve talebi tatmin etme sürecidir. Talep yaratmada kullanılan başlıca pazarlama değişkenleri tüketici istek ve gereksinimleri doğrultusunda kaliteli ve avantajlı ürün tasarlama, uygun fiyat belirleme ve reklam, kişisel satış ya da satış geliştirici araçlarla yapılan tutundurma faaliyetlerini kapsar.

Talebi tatmin etmede yararlanılan pazarlama değişkenleri ise ulaştırma, depolama gibi fiziksel dağıtım işlemleridir.

İnşaat sektöründe pazarlama sürecindeki tüm sorunların kaynağı müşteriye onların anlayamayacağı ve kavrayamayacağı bir şekilde bakmak oluşturmaktadır. İnşaat sektöründe yer alan yöneticiler bunun için gerçekçi bir modele ihtiyaç duymaktadırlar. Böyle bir model de ancak sistem teorisi ile oluşturulur. Sistem yaklaşımına göre bir sistemi belirlerken, sistemin asıl amacı, sınırları ve parçaları (girdi, süreç, çıktı ve geri besleme süreci) belirlenmelidir. Bunun yanında sistemin dışında ve onu etkileyen faktörlerin bilinmesi de başarıda önemli rol oynar. Pazarlama sisteminin girdilerini organizasyon politikası, stratejik planlama, tüketiciler, pazar bilgisi ve pazar fırsatları oluştururken; sistemin sürecini pazarlama araştırmaları, değerlendirme, planlama ve uygulama faaliyetleri oluşturur. Sistemin çıktısı ise eski siparişlerin tekrarı, istekler ve yeni siparişlerden oluşan iş yüküdür (2, 12).

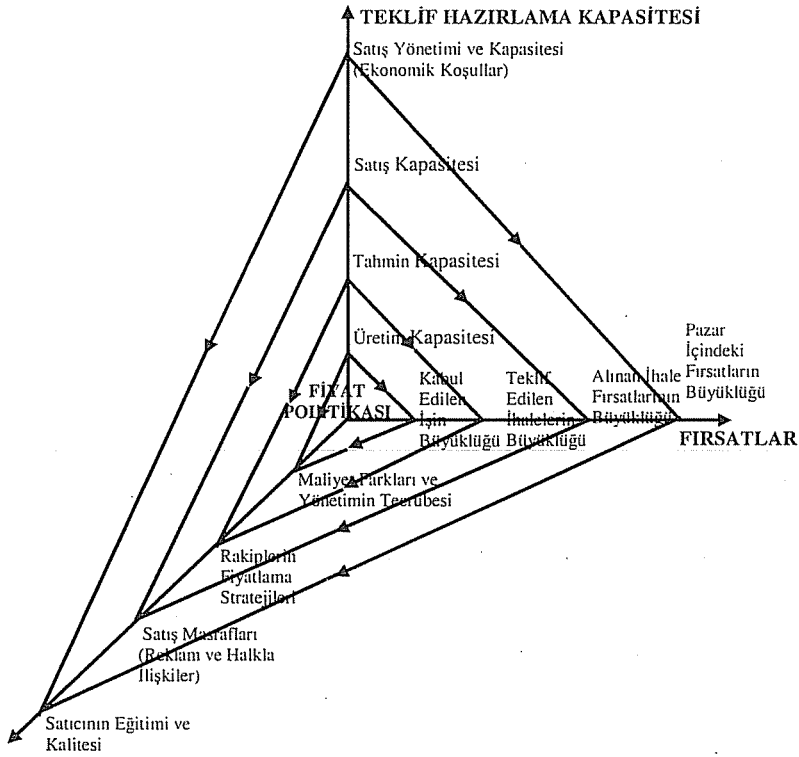
Bir işletmenin pazarlama plan ve politikalarının odak noktasını, pazarlama stratejisi oluşturur. Pazarlama stratejisi; pazarlamanın hedefi olan uygun mal ve hizmeti, uygun yerde, uygun zamanda, uygun fiyatla ve uygun müşterilere sunma faaliyetlerinin akılcı ve sistematik bir şekilde yapılmasıdır. Bir pazarlama stratejisi; hedef pazar ve pazarlama karmasından (ürün, fiyat, reklâm ve dağıtım) aşamalarından oluşur (12).

İşletmenin pazarlama stratejisini belirlemesi için öncelikle hedef pazarı tanımlaması ve pazarlama karmasını oluşturan bileşenlerini iyi analiz etmesi gerekmektedir. Pazarlama bileşenleri (karması) ile ilgili yapılan ilk değerlendirmelerde pazarlamanın ürün, fiyat, promosyon, yer, insanlar, fiziksel kanıt ve süreçlerden oluştuğu, genelde ürün, fiyat ve insanların pazarlamanın en önemli üç bileşeni olduğu anlaşılmaktadır (1, 12).

Şirketlerin öncelikli amacı müşterilerinin ihtiyaçlarını tatmin etmektir. Ürün/hizmetlerin kalite ve niceliği ile son teslim tarihleri bu aşamada önemlidir. Çünkü bunlar talebin sayısını ve onun rakiplerine göre kıyaslamada firmanın konumunu etkileyecektir. Bu aşamada 'İnşaat Ön Hazırlık Çalışmaları' inşaat firması tarafından sunulan ve müşteri ihtiyaçlarını karşılamaya dönük temel hizmetleri oluşturmaktadır. Bunlar; yer ve arsa seçilmesi, projelerin ve teknik şartnamelerin hazırlanması, yapı yaklaşık maliyetinin belirlenmesi ve sözleşmelerin düzenlenmesi gibi faaliyetleri içermektedir.

İnşaat endüstrisindeki gibi ihale rekabeti altında çalışan şirketler pazarlama stratejilerini oluştururken ilk olarak fiyatlandırma stratejilerini belirlerler. Bu süreçte inşaat öncesi teklif verme kararını ve teklif fiyat belirleme stratejilerini etkileyen faktörlerin bilinmesi pazarlama stratejisi bileşenleri içinde en önemli aşamayı oluşturur (Şekil 1).

Fiyat inşaat şirketleri için en önemli pazarlama değişkenidir. Yapım işlerinde, şirketlerin fiyat politikasını; firmanın teklif hazırlama kapasitesi, dış faktörlerin (değişkenlerin) durumu ve proje ömrü boyunca oluşacak fırsatların büyüklüğü etkiler (2, 13). Rekabetin seviyesi, projenin büyüklüğü gibi özellikler pazarlama karmasının en önemli bileşeni olan işin fiyatını etkileyen unsurlardır. Aşağıda bu faktörleri ve birbirleri arasındaki ilişkiyi grafik üzerinde irdeleyebiliriz (Şekil 1).



DEĞİŞKENLER

Şekil 1. İnşaat Şirketlerinin Teklif Fiyat Politikasını Etkileyen Faktörler

Teklif fiyatın yukarıda belirtilen faktörler dışında iş yükünü muhafaza etmek, ekipman sabit giderlerini karşılamak, alınan işin benzer işler için referans teşkil etmesi, rakiplerin güçleri gibi nedenler de göz önünde tutularak belirlenmesi şirketin hali hazırdaki iş durumu yanında geleceğini de etkileyecek stratejik bir karardır. Ancak müşterileri çekecek olanın yalnızca fiyatlandırma stratejisi olmayacağı unutulmamalıdır.

Firmaların reklam yoluyla hizmetini satması, diğer bir deyişle promosyon anlayışı da bu aşamada önem arz etmektedir. Müşterilerin zevk ve tercihlerinin benzeşmesi reklam ve promosyonların etkin eşgüdümüne bağlıdır. Kişisel satma faaliyetleri reklamın direkt yoludur. Halkla ilişkiler ise reklamın dolaylı yoludur. Üst yönetim, potansiyel müşterilerle direkt ilişkiler kurabilir. Lokantalarda, kulüplerde ve diğer yerlerde müşterilerle zaman geçirebilir. Satmanın bu formu, zaman tüketen ve pahalı bir yöntemdir. Bu yüzden, geliştirilecek kişisel satma bir sınır gerektirilebilir. Kullanılan halkla ilişki yollarının bir kısmı, broşürler, konferanslar ve sergilerin haber bültenleri ve bilgi bültenlerini kapsamalıdır.

Firmaların fiziksel ofis çevresi de-daha prestijli yerlerde bulunmaları da hizmetin pazarlanmasında önemli rol oynayan bir diğer faktördür. Daha hoş bir ofis çevresiyle, sadece müşteriler firmanın iyi bir izlenimine sahip olmayacak, çalışanlar da daha iyi sonuçları üretmek için harekete geçecektir.

Firmaların en değerli varlıkları olan insan kaynağının da belirli kriterlerden geçirilmesi, yapılan görüşme sonucu işe alınması, deneme süresi konulması ve eğitim de süreçte önemli rol oynar. Eğer hizmet personeli soğuk veya kabaysa, müşterileri çekmek için yapılan bütün pazarlama işleri alt üst olabilir. Eğer onlar, arkadaşça ve sıcaksa, müşterilerin memnuniyetini ve sadakatini artırabilir. Hizmetlerin kalitesi müşterilerin algılarını değiştirebilir hem de diğer müşteriler de bundan etkilenebilir (1,13).

Ancak pazarlamanın firma tarafından benimsenmesi için sistemli yaklaşım tarzının seçilerek sürecin iyi yönetilmesi de gerekmektedir. Müşteriler sadece işin sonuçlarıyla ilgilenmez onlar aynı zamanda yargıçtır. Hizmetin verimliliği, politikalar ve prosedürlerin uygulanıp uygulanmadığı, kullanılan makinelerin kalitesi, çalışanların sayısı ve kalitesi, randevular ve bekleme sisteminin akışı müşteriler için önemlidir (1). Bu aşamada şirketler sosyal sorumluluk felsefesini benimseyerek çalışanlarına ve tedarikçilerine karşı davranış şeklini, çevreye verdiği önemi ve topluma karşı duyduğu sorumluluğu önemsemeli, kim olduğunu ortaya koymalıdır (13, 14). Pazarlama programının başarılı olması için, doğru stratejiye sahip olmak ve etkili olarak onun uygulanmasına gerek vardır.

Bu araştırma kapsamında inşaat şirketlerinin sistematik bir pazarlama anlayışına sahip olup olmadığı, bu yönde bir yönetim tarzı sergileyip sergilemedikleri ile ilgili değerlendirmede bulunabilmek için inşaat sektöründe yer alan orta ve büyük ölçekli 50 firma ile bir anket çalışması düzenlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde pazarlama kavramının Türk inşaat sektöründeki uygulama düzeyini tespit ederek, hem literatüre veri kavuşturmak hem de, pazarlama sistematığının uygulanma yaygınlığını artırmak konusunda öneriler geliştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda Türk İnşaat Sektörünün pazarlama sistematığını algılama ve uygulama düzeyini tespit etmek amacıyla bir anket çalışması düzenlenmiştir. Büyük ve orta ölçekli toplam 50 adet şirket anket kapsamında ele alınmıştır. Anketlerin %65'i inşaat şirketlerine bizzat gidilerek ve üst düzey yöneticilerle yüz yüze yapılan görüşmelerle gerçekleştirilmiş, %35'i ise, posta, fax ve e-mail yoluyla şirketlere iletilerek geri dönüşümü sağlanmıştır.

Anketi cevaplayanların %82 sinin üniversite mezunu ve şirket içinde idari ve teknik açıdan sosyal sorumluluk sahibi (Genel müdür, inşaat mühendisi, muhasebe, pazarlama vb.) olmaları anket sorularına verilen cevapların doğruluk payını artırmaktadır. Anket sonuçlarının büyük ve orta ölçekli inşaat şirketlerinin üst düzey yönetiminde yer alan kişilerin yaklaşımlarını yansıttığı unutulmamalıdır.

Anket cevaplarının derlenmesinde ise, ölçülen verilerin dağılımını ve değişkenliğini görüntülemek ve analiz etmek için frekans tabloları kullanılmıştır. Önem dereceleri ile ilgili soruların cevapları; derecelenmeli sorular için "Likert ölçeği", tercihli sorular için ise "Thurstone Karşılaştırmalı Çift Yargılar" metodu kullanılarak yapılmıştır (15).

4. ANKET SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışmanın bulgular kısmı, inşaat şirketlerinin pazarlama kavramını algılama ve uygulama düzeyini tespit etmek için anket sonuçlarının değerlendirilmesi ve yorumlanmasından oluşmaktadır.

4.1. Şirketlerin Organizasyonel Yapıları ve Yönetim Anlayışları

Çizelge 1. Şirketlerin Organizasyonel Yapıları

Organizasyonel Yapı	Frekans	Yüzdesi
Basit organizasyonel yapı	24	48
Fonksiyonel/hiyerarşik yapı	12	24
Hem fonksiyonel bölümlenme hem de ürün bazında bölüm (Proje tipi)	7	14
Ana merkez ve ana merkezin etrafında bulunan ve uzmanlardan oluşan bir şebeke	7	14
Toplam	50	100

Çizelge 2. Şirketlerin Yönetim Anlayışı

Yönetim Anlayışı	Frekans	Yüzdesi
Toplam Kalite Yönetimi	40	31
En iyiyi bulma ve kendine göre uyarılma anlayışı (Benchmarking)	34	26
Performansa dayalı yapı	30	23
Yeniden yapılanma (Reorganizasyon)	19	15
İşi diğer işletmelere-dış kaynaklara yaptırma (Outsourcing)	6	5
Toplam	129	100

Çizelge 1 ve Çizelge 2’de şirketlerin organizasyon yapılarının basit ve fonksiyonel-hiyerarşik yapıda oluşu ve büyük bir kısmının birden fazla yönetim anlayışını firma bünyesinde uygulamaya çalışmaları, organizasyon ve yönetim anlayışlarında sistematik bir yaklaşım sergileyemediklerinin göstermektedir. Bu husus yapılan birebir görüşmelerden, ankete verilen cevaplardan ve yapılan gözlemlerden anlaşılmıştır.

4.2. Şirketlerin Pazarlamaya Bakış Açılı

İnşaat şirketlerinin pazarlamaya bakış açıları Thurstone’ın Karşılaştırmalı Çift Yargılar Yasası analiz edilmiş ve sonuçlar aşağıda değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. Anketi cevaplayanların pazarlamaya bakış açıları

Sıra No	Pazarlamaya Bakış Açılıarı
I	Müşteri tatmini
II	Kâr sağlama
III	Ürünün satılmasını sağlayacak stratejiler geliştirme
IV	Müşteriye dönük ürün veya hizmetin oluşturulması ve fiyatlandırılması
V	Firmanın pazarda tutunmasını sağlama
VI	Rekabet üstünlüğü sağlama
VII	Şirketin reklamını yapma

İnşaat şirketlerinin pazarlamaya bakış açıları konusunda cevaplayıcıların tercihleri değerlendirilmiş ve cevaplayıcıların değişkenleri ikiye ikiye karşılaştırdıkları varsayılmıştır. Bu ölçeğin analizinde, sıralı ölçekle toplanan veriler önce “Kişisel Tercihler Tablosu”na aktarılmıştır.

Çizelge 4. Kişisel tercihler tablosu

Pazarlamaya Bakış Açılıarı	Tercihler						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	----	10	9	20	8	4	2
II	40	----	28	29	30	28	24
III	41	22	----	32	21	14	12
IV	30	21	18	----	17	12	12
V	42	20	29	33	----	11	10
VI	46	22	36	38	39	----	16
VII	48	26	38	38	40	34	----

İkinci aşamada tablodaki değerler cevaplayıcı sayısına bölünerek (50 şirket) “Oranlar Tablosu” elde edilmiş ve bu tabloda yer alan değerlerin normal değerleri Z-Normal Dağılım Tablosundan yararlanarak “Normal Dağılım Tablosu” hazırlanmıştır (Çizelge 5 ve Çizelge 6). Tablonun sütunlar itibarıyla normal değerlerinin toplamı değişkenlerin tercih sıralamasını vermiştir.

Bu değerlendirmeler ışığında şirket yöneticilerin tercihlerinin $I > IV > V > III > II > VI > VII$ şeklinde sıralandığı görülmektedir. Diğer bir ifadeyle yöneticilerin pazarlamayı en çok müşterinin tatmini ve müşteriye dönük ürün veya hizmetin oluşturulması ve fiyatlandırılması, dolayısıyla firmanın pazarda tutunmasını

sağlayan aktiviteler olarak algıladıkları görülmektedir. Bu kapsamda yöneticiler süreci ürünün satılmasını sağlayacak stratejiler geliştirme olarak da ifade etmektedirler. Şirketler pazarlama sürecini kâr ve rekabet üstünlüğü sağlama ve reklam amaçlı olarak pek de algılamadıklarını ifade etmişlerdir.

Çizelge 5. Oranlar tablosu

Pazarlamaya Bakış Açıları	Tercihler						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	0,00	0,20	0,18	0,40	0,16	0,08	0,04
II	0,80	0,00	0,56	0,58	0,60	0,56	0,48
III	0,82	0,44	0,00	0,64	0,42	0,28	0,24
IV	0,60	0,42	0,36	0,00	0,34	0,24	0,24
V	0,84	0,40	0,58	0,66	0,00	0,22	0,20
VI	0,92	0,44	0,72	0,76	0,78	0,00	0,32
VII	0,96	0,52	0,76	0,76	0,80	0,68	0,00

Çizelge 6. Normal dağılım tablosu

Pazarlamaya Bakış Açıları	Tercihler						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	0.000	-0.843	-0.916	-0.254	-0.995	-1.406	-1.753
II	0.843	0.000	0.151	0.202	0.726	0.151	-0.050
III	0.916	-0.151	0.000	0.359	-0.202	-0.583	-0.707
IV	0.254	-0.202	-0.359	0.000	-0.413	-0.707	-0.707
V	0.995	-0.726	0.202	0.413	0.000	-0.773	-0.843
VI	1.406	-0.151	0.583	0.707	0.773	0.000	-0.468
VII	1.753	-0.050	0.707	0.707	0.843	0.468	0.000
Toplam Z_{ij}	6.167	-2.123	0.368	2.134	0.732	-2.850	-4.528

4.3. Pazarlama Bölümünün Varlığı ve Bu Bölümde Çalışan Kişilerin Mesleki Durumu

Şirket yöneticilerine bünyelerinde pazarlama bölümlerinin olup olmadığı sorulduğunda şirketlerin büyük bir kısmı ile birebir yapılan görüşmeler, ankete verilen cevaplar ve yapılan gözlemler neticesinde yalnızca % 26' sının pazarlama departmanlarının olduğu, bu bölümde çalışanların %84' ünün diğer bölümlerde de çalışması ve çalışan sayısının 2-3' ü ancak bulması konuya sistematik bir şekilde yaklaşımlarının olmadığına kanaat getirmiştir.

4.4. Pazarlama Bölümünün Fonksiyonları

İnşaat şirketlerine pazarlama bölümü fonksiyonlarının/aktivitelerinin öncelikle neler olması gerektiği sorusu sorulmuş ve sonuçlar Thurstone'ın Karşılaştırmalı Çift Yargılar Yasası ile analiz edilmiş ve aşağıda değerlendirilmiştir.

Çizelge 7. Pazarlama bölümünün fonksiyonları

Sıra No	Pazarlama bölümünün fonksiyonları
I	Şirketin genel imajını artıracak politikalar geliştirme
II	Şirketin reklam sürecini meydana getirmek
III	Yeni müşteri oluşturmak
IV	İhaleye hazırlık
V	Rekabet koşullarını araştırmak
VI	Müşteri isteklerini belirlemek
VII	Şirket karlılığını arttırmak/sürdürmesine yardımcı olmak

Çizelge 8. Kişisel tercihler tablosu

Pazarlama bölümünün fonksiyonları	Tercihler						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I		13	17	21	27	21	15
II	37		28	27	35	33	29
III	33	22		17	28	25	26
IV	29	23	33		27	30	27
V	23	15	22	23		25	19
VI	29	17	25	20	25		19
VII	35	21	24	23	31	31	

Çizelge 9. Oranlar tablosu

Pazarlama bölümünün fonksiyonları	Tercihler						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	0.00	0.26	0.34	0.42	0.54	0.42	0.30
II	0.74	0.00	0.56	0.54	0.70	0.66	0.58
III	0.66	0.44	0.00	0.34	0.56	0.50	0.52
IV	0.58	0.46	0.66	0.00	0.54	0.60	0.54
V	0.46	0.30	0.44	0.46	0.00	0.50	0.38
VI	0.58	0.34	0.50	0.40	0.50	0.00	0.38
VII	0.70	0.42	0.48	0.46	0.62	0.62	0.00

Çizelge 10. Normal dağılım tablosu

Alınacak Önlemler	Tercihler						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	0.000	-0.644	-0.413	-0.202	0.101	-0.202	-0.525
II	0.644	0.000	0.151	0.101	0.525	0.413	0.202
III	0.413	-0.151	0.000	-0.413	0.151	0.000	0.005
IV	0.202	-0.101	0.413	0.000	0.101	0.254	0.101
V	-0.101	-0.525	-0.151	-0.101	0.000	0.000	-0.306
VI	0.202	-0.413	0.000	-0.254	0.000	0.000	-0.306
VII	0.525	-0.202	-0.005	-0.101	0.306	0.306	0.000
Toplam Z _{ij}	1.885	-2.036	-0.005	-0.970	1.184	0.771	-0.829

Bu değerlendirmeler ışığında şirket yöneticilerin tercihlerinin I>V>VI>III>VII>IV>II şeklinde sıralandığı görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, şirket yöneticileri pazarlama bölümünün fonksiyonları olarak; ilk aşamada şirketin genel imajını artıracak politikalar geliştirmesinin önemine işaret ettikleri, daha sonra sırasıyla rekabet koşullarını araştırma ve müşteri isteklerini belirlemeye yönelik faaliyetleri yerine getirmesinin de pazarlama bölümünün üzerinde önemle durması gereken faaliyetler olduğuna işaret etmişlerdir. Şirketler ayrıca, yeni müşteriler oluşturma, şirket

karlılığını arttırma/sürdürmesine yardımcı olma, ihaleye hazırlık ve şirketin reklam sürecini meydana getirme çalışmalarının pazarlama bölümünün yerine getirmesi gereken diğer faaliyetler olarak ifade etmişlerdir.

4.5. Pazarlama Sürecini Etkileyen İşletme İçi ve Dış Faktörler

Şirketlere pazarlama sürecini etkileyen işletme içi ve dışı faktörlerin neler olduğu ile ilgili olarak verdikleri cevaplar önem dereceleri ile kapsamında Likert ölçeği ile değerlendirilmiş, bu değerler yardımıyla ortalama değer, standart sapma ve değişim katsayıları hesaplanmıştır.

Çizelge 11. Pazarlama sürecini etkileyen işletme içi faktörler ve önem düzeyi

Pazarlama sürecini etkileyen işletme içi faktörler	Ortalama değer (X_{ao})	Standart sapma (σ)	Değişim katsayısı (V)
Enformasyon (Bilgi+veri) ağları	4.00	1.06	0.26
Çalışan eleman sayısının yeterlilik düzeyi	3.92	1.18	0.30
İşletmenizin sahip olduğu finansal ölçek (güç)	3.88	1.37	0.35
Üst yönetimin çevresinde gelişen olayları algılayamaması	3.62	1.31	0.36
İşletmenizin pazarlamaya bakış açısı	3.62	1.21	0.34
İşletmenizin belirlediği pazarlama hedeflerinin ölçeği	3.60	1.22	0.34
Plan yapmanın zaman ve mali taahhütleri gerektirmesi ve bu yüzden işletmenin süreci savurganlık olarak görmesi	2.04	1.20	0.59

Çizelge 12. Pazarlama sürecini etkileyen işletme dışı faktörlerin önem düzeyi

Krize yol açabileceği düşünülen işletme dışı faktörler	Ortalama değer (X_{a0})	Standart sapma (σ)	Değişim katsayısı (V)
Siyasi iktidarların, ekonomi ve bürokrasiyi politik müdahalelerle etkilemesi, sürekli değişen hükümet politikaları	3.62	1.28	0.35
Sektörün pazarlama çevresinin sürekli ve hızlı bir şekilde değişmesi	3.20	1.23	0.39
Gelir dağılımının bozulması sonucu halkın satın alma gücünün azalması	3.12	1.32	0.42
Sektörde yer alan meslek gruplarının, firmaların yönetsel farklılıkları ve uygulamaları	3.06	1.29	0.42
Sektörde yer alan meslek gruplarının, firmaların kültürel farklılıkları	1.96	1.33	0.68

Çizelge 11 incelendiğinde pazarlama sürecini etkileyen işletme içi faktörler;

(1) Şirketler enformasyon (bilgi+veri) ağlarının yetersizliğinin, çalışan eleman sayısının yeterlilik düzeyinin ve işletmenin sahip olduğu finansal gücün pazarlama sürecini etkileyen en önemli iç faktörler olarak gördüklerini belirtmişlerdir ($X_{a0}=4.00$, $X_{a0}=3.92$ ve $X_{a0}=3.88$).

(2) Pazarlamaya dönük planlama yapmanın zaman ve mali taahhütleri gerektirmesi ve bu yüzden pazarlama sürecinin savurganlık olarak görülmesi önemli bir faktör olmamasına rağmen bu faktör için hesaplanan değişim katsayısının önemli bulunan faktörlerin değişim katsayılarına göre daha büyük olması firmaların bu konularda daha az fikir birliğinde olduklarını göstermektedir ($V=0.59$).

Çizelge 12 incelendiğinde pazarlama sürecini etkileyen işletme dışı faktörlerin ise;

(1) Şirketler siyasi iktidarların, ekonomi ve bürokrasiyi politik müdahalelerle etkilemesi-sürekli değişen hükümet politikalarının, sektörün pazarlama çevresinin sürekli ve hızlı bir şekilde değişmesinin ve gelir dağılımının bozulması sonucu halkın satın alma gücünün azalmasının pazarlama sürecini etkileyen en önemli dış faktörler olarak görmektedirler ($X_{a0}=3.62$, $X_{a0}=3.20$ ve $X_{a0}=3.12$).

(2) Sektörde yer alan meslek grupların ve firmaların kültürel farklılıkların şirketler için pazarlama sürecini etkileyecek önemli faktörler olmamasına rağmen bu faktörler için hesaplanan değişim katsayısının önemli bulunan faktörlerin değişim katsayılarına göre daha büyük olması firmaların bu konularda daha az fikir birliğinde olduklarını göstermektedir ($V=0.68$).

4.6. Pazarlama Sürecinde Yapılan Çalışmalar

Firmaların pazarlama sürecindeki faaliyetleri ile ilgili sorular sorulmuş ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

1. Anketi cevaplayan şirketlerin %74' ünün pazarlamaya dönük organizasyonel ve stratejik politikalarının olduğu, %82' sinin müşteri istek ve ihtiyaçlarını tespit ettikleri, %88' inin pazara dönük bilgileri topladıkları, %72' sinin pazar fırsatlarını araştırdıklarını ve %70' inin de verimliliğe dönük çalışmalar yaptıkları ankete verdikleri cevaplardan anlaşılmaktadır.
2. Şirketlerin %54' ü bünyelerinde pazara dönük teknik ve bilimsel değerlendirmeler (SWOT Analizi vb) yapmadıklarını belirtmişlerdir.
3. Sektörde yer alan şirketlerin %50' si yazılı olarak pazarlama plan/politikalarının olmadığını belirtmişlerdir.
4. Sektörde yer alan şirketlerin %68'i pazarlama faaliyetlerini (tasarım, ihale, reklam vb.) şirketlerinde uyguladığını belirtmişlerdir.
5. Şirketler genelde çıktı performanslarını değerlendirerek (%54), işin tamamı hakkında sorgulama yaptıklarını (%76) ve geri bildirimle dönük faaliyetlere bünyelerinde yer verdiklerini (%50) belirtmişlerdir.

Yukarıda verilen sonuçlara göre şirketlerin organizasyonel yapılarının ve yönetim anlayışının buna müsait olmadığı halde pazarlamaya dönük planlarının olduğunu belirtmeleri, yazılı bir pazarlama planlarının olmadığını ve esas olarak pazarda tutunmaya dönük çalışmaları daha çok benimsediklerini ifade etmeleri pazarlama sistematiğine bütünsel bir yaklaşım sergileyemediklerini ortaya koymaktadır.

Anketi yanıtlayanlar yazılı bir pazarlama planının olmayışının sebebi olarak; değişen hızlı bir pazarlama çevresinin olmasının, planı düzenlemenin zaman ve mali taahhütleri gerektirmesinin ve savurganlık olarak görülmesinin ilave olarak yazılı pazarlama planın, pratik olmadığı hissiyatının etkili olduğunu belirtmişlerdir. Buna rağmen, firmaların, yazılı bir planları olmamasına rağmen gayri resmi pazarlama planlarının olduğu, bunların genellikle, ortaklar veya yöneticiler tarafından hazırlandığı ve düzenli toplantılarla ilerlemenin izlenmesi için özel veya haftalık tutanaklar tutulduğu cevaplayıcılar tarafından belirtilmiştir. Firmaların, şu an için müşterilerinin olması ve mevcut yaklaşımlarının iyi olduğuna olan inançları pazarlama planlarını geliştirmesi için hiçbir gelecek planlarının olmamasına yol açan en önemli unsurdur.

Şirketler genelde çıktı performanslarını değerlendirerek, işin tamamı hakkında sorgulama yaptıklarını ve geri bildirimle dönük faaliyetlere bünyelerinde yer verdiklerini belirtmişlerdir. Ancak yapılan çalışmaların hangi boyutta ve ne ölçüde yapıldığı ankete verilen cevaplarda belirtilmemiştir.

4.7. Fiyatlandırma Sürecinde Yapılan Çalışmalar

Şirketlerin %79' unun girilecek ihaleye uygun fiyatlandırma yöntemini belirledikten sonra ihalede verecekleri teklif fiyatı belirlerken gerçekleştirilecek olan işe dönük tahmini talep düzeyini araştırarak, teklif fiyatın düşük veya yüksek olarak hesaplamının kendisi ve rakipler üzerindeki olası etkisini göz önünde tuttuklarını ve buna göre işin maliyetini belirlediklerini belirtmişlerdir.

4.8. Tutundurma Sürecinde Yapılan Çalışmalar

Şirketlerin tutundurma sürecindeki çalışmalarının genelde müşteri istek ve ihtiyaçlarına ve verilecek mesaja uygun reklam ve sunumlar şeklinde yapıldığı (%55) görülmektedir. Şirketlerin %58' i ise katalog, broşür, kokteyl hazırlama gibi farklı çalışmalarında tutundurma sürecinde gerektiğinde yapılan diğer çalışmalar olduklarını belirtmişlerdir. Bazı firmalar yapılan birebir görüşmelerde, tutundurma sürecinde müşterilerin genelde bildiği birisiyle çalışmayı tercih edeceğinden hareketle kurulan yakın ilişki ve ahbab-dost ilişkilerinin de iş almada ve tutundurma sürecinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

4.9. İhale Öncesi Teklif Hazırlarken Toplanan Veriler

İhale öncesi teklif hazırlarken piyasa fiyatları, birim fiyatlar, metraj malzeme fiyat farkları ve tedarikçilerden alınan fiyatlar teklif fiyatı oluşturan en önemli kalemler olarak görülmektedir ($X_{a0}=4.54$, $X_{a0}=4.36$ ve $X_{a0}=4.34$, $X_{a0}=4.28$ ve $X_{a0}=4.10$). Sözleşme şekli ve türü ile enflasyon rakamları ise şirketlerin teklif fiyat hazırlarken önemseydiği diğer hususlar olduğu ankete verilen cevaplardan anlaşılmaktadır.

Politik dengeler teklif fiyatın hazırlanmasında önemli bir faktör olmamasına rağmen bu faktör için hesaplanan değişim katsayısının önemli bulunan faktörlerin değişim katsayılarına göre daha büyük olması firmaların bu konularda daha az fikir birliğinde olduklarını göstermektedir ($V=0.50$).

Şirketlerin %62' sinin yalnızca teklif hazırlamakla görevli elemanlarının olduğunu ankete verilen cevaplardan anlaşılmaktadır.

4.10. Pazarlama Faaliyetleri İle İlgili Olarak İhaleye Girip Girmeme Kararını Etkileyen Faktörler

Şirketlerin %32' si konut, %27' si kamu binası ihaleleri ve %25' i altyapı ihalelerine giren ve %67' si ise genelde kapalı teklif usulü ihalelere giren firmalardan oluşmaktadır. Şirketler ihaleye girip girmeme kararını verirken ihaleye konu iş türünün, şirket kapasitesinin ihale büyüklüğüne uygun olup/olmamasının, ihalenin türü/şeklinin ve o andaki iş yükünün kendilerini etkileyen en önemli faktörler olduğunu belirtmişlerdir ($X_{a0}=4.32$, $X_{a0}=4.22$ ve $X_{a0}=4.06$). Yöneticiler rakiplerin durumu ile ilgili bilgileri toplamanın ise şirketlerin ihaleye girip girmeme kararında etkili olmadığını vurgulamışlardır. Şirketlerin %76' sı ihaleye girip girmeme kararını vermek için rakiplerle ilgili bilgi topladıklarını ve genelde insanlarla birebir kurulan iletişim ile ve duyum yolu ile (%49.28 ve %43.48) bu kararı aldıklarını belirtmişlerdir.

Bu kapsamda teklif masraflarının büyüklüğü önemli bir faktör olmamasına rağmen bu faktör için hesaplanan değişim katsayısının önemli bulunan faktörlerin değişim

katsayılarına göre daha büyük olması firmaların bu konularda daha az fikir birliğinde olduklarını göstermektedir ($V=0.59$).

4.11. Teklif Hazırlama Masrafını Etkileyen Faktörler

Çizelge 13. Teklif hazırlama masrafını etkileyen faktörler

Teklif hazırlama masrafını etkileyen faktörler	Frekansı	Yüzdesi
Keşif bedeli	26	27.37
İşi yürütmek için gerekli olan teknoloji	18	18.95
İlk defa yapılan iş olup olmadığına göre	18	18.95
Teklif hazırlamak için kullanılan teknoloji	17	17.89
Diğerleri	16	16.84
Toplam	95	100.00

Şirketlerin %94' ü her ihale için teklif hazırlama masraflarının aynı olmadığını belirtmişlerdir. Teklif hazırlama masrafını etkileyen en önemli faktörün işin keşif bedelinin olduğunu belirten şirket yöneticileri işi yürütmek için kullanılan teknolojinin, ilk defa o işle ilgili teklif yapılmasının ve teklif hazırlamada kullanılan teknolojinin teklif masraflarını artıran/azaltan faktörler olduğunu belirtmişlerdir.

4.12. İşin Yürütülmesi Sırasında İhale Öncesi Tahmin Edilen Maliyetten Sapmalar

Şirketler malzeme fiyat farklarının, tedarikçilerin teslimatı geç yapmasının, taşeronların işi düzgün yapmamasının, iklim koşullarının ve projedeki değişikliklerin ihale öncesi tahmin edilen maliyetten sapmalara neden olduğunu ve işin yürütülmesi sırasında maliyeti artırdığını belirtmişlerdir ($X_{40}=4.32$, $X_{40}=4.22$ ve $X_{40}=4.06$).

Bu kapsamda metraj bilgilerinin yetersizliğinin önemli bir faktör olmamasına rağmen bu faktör için hesaplanan değişim katsayısının önemli bulunan faktörlerin değişim katsayılarına göre daha büyük olması firmaların bu konularda daha az fikir birliğinde olduklarını göstermektedir ($V=0.51$).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Rekabetin sürekli artması, müşteri isteklerinin değişmesi ve yeni pazarların açılması şirketleri, pazarlama ve reklam çalışmalarına ağırlık vermeye, zamanla daha sistematik, belirli hedef ve stratejiler doğrultusunda planlı rekabet etmeye zorlamaktadır. Özellikle büyük ve orta ölçekli şirketler, süre, maliyet ve kalite kriterlerinin zorlayıcı bir baskı unsuru haline gelmesiyle beraber, bu konularda kendilerini geliştirme ve şirket içi organizasyonel ve de fonksiyonel yapılanmalarında çeşitli yenilikler yapma arayışlarına yönelmişlerdir. Büyük şirketlerde organizasyon yapısı içinde pazarlama bölümünün olması artık rekabetin getirdiği bir gereklilik olmuştur.

Bu çalışmadan çıkan genel sonuç inşaat şirketlerinin pazarlama sürecine sistematik bir yaklaşımının olmadığı, esas olarak pazarda tutunmaya ve elde edilen bilgi ve tecrübelerle teklif fiyat belirlemeye dönük çalışmaları daha çok benimsedikleri yönündedir. Çalışma da pazarlama sürecine sistemli yaklaşım tarzının sektörde uygulamasının nasıl olması gerektiği ele alınmıştır. Bu olgudan yola çıkarak ileriki

çalışmalarda, firmaların sistematik pazarlama anlayışını benimsemelerine yardımcı olacak bir model önerilmesi ve bu modelin inşaat sektöründeki uygulamaları incelenebilir.

6. KAYNAKLAR

1. Pheng, L.S. and Ming, K.H., "Formulating a Strategic Marketing Mix for Quantity Surveyors", *Marketing Intelligence & Planning*, 15/6, 273-280 pp., 1997.
2. Stuart, S. and Slatter, P., "Strategic Marketing Variables Under Conditions of Competitive Bidding", London Business School, London, U.K., 1991.
3. Bently, J.I.W., "Construction Tendering and Estimating", E&F.N. Spon, 113-115, London, 1987.
4. Crespın-Mazet, F. and Ghamri, P., "Co-development As A Marketing Strategy in The Construction Industry", *Industrial Marketing Management*, 36, 158-172 pp., 2007.
5. Dikmen, İ., Birgönül, M.T. ve Özçenk, İ., "Marketing Orientation in Construction Firms: Evidence from Turkish Contractors", *Building and Environment*, 40, 257-265 pp., 2005.
6. Skaates, M.A., Tikkanen, H. and Alajoutsijarvi, K., "Social and Cultural Capital in Project Marketing Service Firms: Danish Architectural Firms on German Market", *Scand. J. Mgmt.*, 18, 589-609 pp., 2002.
7. Yisa, S.B., Ndekugri, I. and Ambrose, B., "A Review of changes in The UK Construction Industry: Their Implications for The Marketing of Construction Services", *European Journal of Marketing*, 30/3, 47-64 pp., 1996.
8. Morgan, I.E., Foreman, S.K. and Poh, T.C.C., "Assessing The Status of Marketing in Architectural Service Firms", *Management Decision*, 32/1, 36-42 pp., 1994.
9. Cova, B. and Salle, R., "Six Key Points to Merge Project Marketing into Project Management", *International Journal of Project Management*, 2005.
10. Cicmil, S. and Nicholson, A., "The Role of The Marketing Function in Operations of a Construction Enterprise: Misconceptions and Paradigms", *Management Decision*, 36/2, 96-101 pp., 1998.
11. Hardy, L.W. and Davies, E., "The Marketing of Services in The UK Construction Industry", *European Journal of Marketing*, 17/4, 5-17 pp., 1983.
12. Demirci, M., Oral (Laptalı), E., Erdiş, E., "İnşaat Firmalarında Çağdaş Pazarlama ve Teklif Fiyatı Belirleme Stratejileri", *Ç.Ü Müh.Mim.Fak.Der.* 18,1, 49-64, (2003).
13. <http://web.deu.edu.tr/baybars/kopyaa/kose.htm>
14. <http://zeynepozata.wordpress.com/tag/degisen-pazarlama/>
15. Yükselen, C., "Pazarlama Araştırmaları", Detay Yayıncılık, 1. Baskı, 256s, Ankara, 1994.

GERİLİM KARARLILIĞI İYİLEŞTİRİCİLERİNİN FARKLI SALINIM BARASI SEÇİMİNDE KRİTİK YÜKLENME SINIRLARINA ETKİLERİ

Kadir ABACI

S.Ü., Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya/Türkiye

Murat AKSOY

Ç.Ü., Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : Güç akışı, güç sistem analiz ve tasarımında temel görev üstlenir. Güç akışı çalışmaları yapılırken sistem baraları genellikle yük, üretim ve salınım barası olarak üç grupta sınıflandırılabilir. Kararlılık sınırlarının belirlenmesinde sürekli güç akışı tekniği oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Gerilim kararlılığını iyileştirmek amacıyla geçmişte seri ve şönt kompanzator ve kademe değiştirici transformatör (KDT) gibi mekanik anahtarlamalı cihazların yerini günümüzde facts cihazları adı verilen tristör tetiklemeli cihazlar almıştır. Facts cihazlarından birisi olan (SVC) paralel olarak devreye bağlanarak reaktif güç desteği sağlamaktadır. Bu çalışmada Stag-El Abiad'ın 5 baralı bir güç sisteminde farklı salınım barası seçilmesi durumlarında SVC ve KDT'nin gerilim kararlılığını iyileştirici etkileri karşılaştırılmalı olarak gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kademe değiştirici transformatörler (KDT), statik var kompanzator (SVC), Sürekli güç akışı, gerilim kararlılığı, farklı salınım baraları

CRITICAL LOADED RESTRICTION EFFECTS OF VOLTAGE STABILITY REFINEMENTS FOR CHOOSING DIFFERENT OSCILLATION BUS

ABSTRACT : Power transfer is basically responsible for power system analysis and design. System buses are classified in three groups; load bus, production bus and oscillation bus, respectively in studying power transfer. Continuous power transfer technique is commonly used for determination of stability restriction. Facts devices using thyristor triggered element are used today for refining stability of voltage, instead of serial, shunt compensator and KDT used in the past. SVC that is a facts device provides reactive power support. In this study, the refining effects of SVC and KDT voltage stability are compared for 5 buses system of Stag-El Abiad, while choosing the different oscillation bus.

Keywords: Load tap changer transformer, static var compensator (SVC), continuous power transfer, voltage stability, different oscillation buses

1. GİRİŞ

Sürekli yük artımı ile birlikte ekonomik ve çevresel baskılar güç sistemlerini kararlılık limitine yakın noktalarda çalışmaya zorladığından kararlılık sınırları azalmaya ve gerilim kararlılığı kritik bir konu olmaya başlamıştır. Güç sistemlerinde gerilim kararlılığı için statik analizler kritik baralarda gerilim-güç ilişkisini gösteren (PV, QV ve SV) eğrileriyle değerlendirilebilir. Bu gerilim profilleri farklı yüklenme seviyeleri için sistemin çalışma noktasını tayin ederek gerilim kararlılığı sınırlarının değerlendirilmesi ve olabilecek bir gerilim çökmesi hakkında bilgi verir [1].

Günümüzün hızlı teknolojik gelişmelerine paralel olarak elektrik enerjisine olan talep de aynı ölçüde artmaktadır. Sürekli artan bu ihtiyaca cevap verebilmek için yeni üretim tesisleri kurmak kaçınılmazdır. Bu tür tesislerden, elektriksel yüklerin dinamik davranışlarına ve meydana gelebilecek bozucu etkilere (paralel iletim hatlarından birisinin devre dışı kalması, kısa devreler veya büyük miktarlarda yük almalar gibi) hızla cevap verebilmeleri istenmektedir [2].

Mekanik anahtarlama şönt ve seri elemanlar güç sistemlerinde meydana gelen değişimlere hızlı ve etkili bir biçimde cevap verememektedirler. Yük barasına yeterli reaktif gücün verilemeyişi gerilim çökmesinin birincil nedeni olduğundan hızlı ve tam olarak yapılacak bir reaktif güç kompanzasyonu sistemi gerilim çökmesinden uzaklaştıracaktır [3].

Güç sistemlerinde reaktif güç ve gerilimin kontrolü gerilim kararlılığı çalışmalarında çok önemli bir konudur. Gerilim kontrolünün hedefi iletim hatlarında meydana gelen çeşitli yük değişimlerini kompanze etmek için tüketici barasındaki gerilimin belirli sınırlar içerisinde muhafaza edilmesidir. Gerilim kararlılığını iyileştirmek amacıyla sisteme paralel olarak bağlanan SVC'ler reaktif güç desteği sağlamaktadırlar. Bunun yanı sıra gerilim düzenleyici transformatörler kullanılarak aktif ve reaktif güç akışı kontrolü sağlanmaktadır.

Gerilim düzenleyici transformatörler içerisinde kademe ayarını değiştirerek bara gerilimini istenilen değerde tutup reaktif güç akışını düzenlemek için KDT'ler kullanılmaktadır. KDT'ler önemli bir gerilim düzenleyici araçlardır ve otomatik olarak dönüştürme oranları vasıtasıyla yük barasındaki gerilimi istenilen değerlerde tutmaya yararlar [4]. [5] ve [6] numaralı kaynaklarda statik analiz kullanılarak KDT'lerin maksimum güç transferini artırmada ve kararlılığı iyileştirmede etkileri olduğu gösterilmiştir.

Statik analizlerde, modal analiz [7], sürekli güç akışı [8], tekil değer ayrıştırması [9] gibi geliştirilen metotlarla sistemin maksimum yüklenme noktası, kararlılık sınırları ve kararsızlık mekanizmasının meydana gelişi hakkında bilgi edinilir.

Güç akışı çalışmaları, yaygın bir şekilde yük akışı olarak bilinmekte ve güç sistem analizinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Güç sistem baraları genellikle üç tipte sınıflandırılabilir. Salınım barası olarak bilinen baralarda, faz açısı ve gerilimin büyüklüğü belirlidir. Salınım barası olarak üretim baralarından birinin seçilmesi mecburi olmamakla beraber çözüm için kolaylık sağlar [10]. Farklı salınım baraları seçilmesi durumunda kritik noktalarda değişimlerin olduğu bilinmektedir [11].

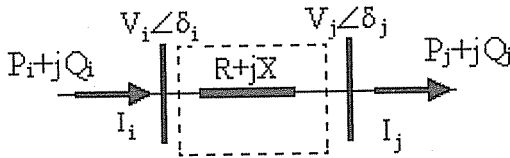
Bu çalışmada, Stag-El Abiad'ın 5 baralı güç sisteminde gerilim kararlılığını iyileştirmek amacıyla SVC ve KDT uygulamaları yapılarak farklı salınım barası seçimlerinde sistemin kararlılık sınırlarındaki değişimler karşılaştırılmıştır. Kararlılık

sınırlarının belirlenmesinde sürekli güç akışı tekniği kullanılarak, MATLAB dilinde yazılan program sayesinde sisteme ait sonuçlar ilgili şekil ve tablolar halinde verilmiştir.

2. GÜÇ SİSTEMİNİN MODELLENMESİ

Şebeke eşitlikleri sistematik bir şekilde çeşitli formlarda yazılabilir. Güç sistemi yük akışı analizlerinde en yaygın olarak kullanılan form düğüm gerilimleri metodudur. Düğüm akımları belirlendiğinde düğüm gerilimleri için lineer eşitlik denklem takımları çözülebilir. Bir güç sisteminde akımlardan daha çok güçlerle ilgilenilir. Böylece güç akışı eşitlikleri olarak bilinen lineer olmayan denklem takımları elde edilir ve iteratif tekniklerle çözümlenir.

2.1. Güç Akışı Denklemleri



Şekil 1. İki baralı radyal bir iletim sistemi

Şekil 1.'de verilen sistem için i, baraya giren akım aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} \dot{V}_j \quad (1)$$

Burada $\dot{Y}_{ij} = |Y_{ij}| \angle \theta_{ij}$ ve $\dot{V}_j = |V_j| \angle \delta_j$ olup sırasıyla hattın admitansını ve j barasının gerilimini göstermektedir. Bu eşitliğin içerisine bara admitans matrisi konularak yeniden yazılırsa i.bara için aktif ve reaktif güç akışı eşitlikleri aşağıdaki gibi elde edilebilir.

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |Y_{ij}| |V_j| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2)$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |V_i| |Y_{ij}| |V_j| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$$

Yukarıdaki (2) eşitlikleri Taylor serisine açılır ve yüksek mertebeden terimler ihmal edilirse aşağıdaki lineer denklem takımı elde edilir.

$$\begin{bmatrix} \Delta P_i^{(k)} \\ \dots \\ \Delta Q_i^{(k)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\Delta P_i^{(k)}}{\Delta \delta_i^{(k)}} & \dots & \frac{\Delta P_i^{(k)}}{\Delta |V_i^{(k)}|} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\Delta Q_i^{(k)}}{\Delta \delta_i^{(k)}} & \dots & \frac{\Delta Q_i^{(k)}}{\Delta |V_i^{(k)}|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_i^{(k)} \\ \dots \\ \Delta |V_i^{(k)}| \end{bmatrix} \quad i=2, \dots, n \quad (3)$$

Jacobien matrisi aktif ve reaktif güçteki küçük değişimler ile gerilimin açısı ve büyüklüğü arasındaki değişimleri verir. Jacobien matrisinin elemanları aktif ve reaktif güçlerin $\Delta\delta_i^{(k)}$ ve $\Delta|V_i^{(k)}|$ 'deki değişimlerinin kısmi türevleridir.

$$\Delta P_i^{(k)} = P_i^{(\text{belirlenen})} - P_i^{(k)} \quad (4)$$

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i^{(\text{belirlenen})} - Q_i^{(k)} \quad (5)$$

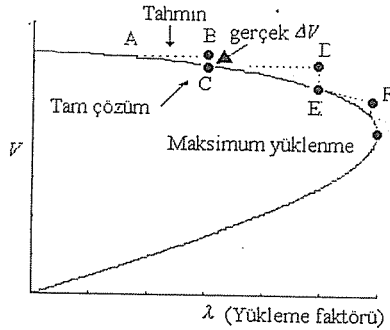
Baralardaki gerilimlerin yeni değerleri de aşağıdaki gibi olur.

$$\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k+1)} - \Delta\delta_i^{(k)} \quad (6)$$

$$|V_i^{(k+1)}| = |V_i^{(k)}| + \Delta|V_i^{(k)}| \quad (7)$$

2.2. Sürekli Güç Akışı

Geleneksel yük akışı ile yapılan çalışmalarda yüklenebilirlik sınırlarının bulunmasının bazı dezavantajları vardır. Bu nedenle çalışmada sürekli güç akışı metodu kullanılacaktır. Bu metot ile doğru sonuçların bulunmasının yanı sıra sistemin yük artımı esnasında önemli bilgilerin elde edilmesi gerçekleşir. Metot iki adım tekniğine (tahmin etme ve düzeltme) dayanır ve sistemin sınırları çok kolay bir şekilde elde edilir. Temel yaklaşım sistemi bir denge noktasından diğer bir noktaya taşıyan bir sistem parametresi (λ) seçilmesi ve daha sonra tahmini bir değer seçilerek bu değer için güç akışı eşitliklerinin çözümünün yapılmasıdır. Daha sonra bir tanjant vektörü yardımıyla gerçek çözüme ulaşılır. Buna göre önce çözüm tahmin edilmekte daha sonra da düzeltilerek gerçek çözüme ulaşılmaktadır. Şekil 2'de PV eğrisi üzerinde metodun adımları gösterilmiştir.



Şekil 2. Sürekli Güç Akışı tekniğinin gösterilmesi

Bu metot özellikle büyük güç sistemlerinde hesaplama zamanı açısından oldukça elverişli olup bir güç sisteminin bir denge noktasından adım adım bir çatallaşma noktasına doğru yönelmesini izler [12]. Sistemin maksimum yüklenebilirlik sınırından sonra Newton-Raphson metodu ile çözüm yapılamayacak ve bu anda Jacobien matrisi tekil olmaya başlayacaktır. Bu durumda güç akışı eşitlikleri içerisinde bilinmeyenler için ilave eşitlikler yazılıp Newton-Raphson metodunun modifiye edilmesi suretiyle P-V eğrisinin kararsız olduğu bölgelerdeki değerlere ulaşılabilir. Buna göre temel güç akışı eşitlikleri ve bilinmeyen λ değeri için ilave eşitlik aşağıdaki gibi verilebilir;

$$\lambda K - f(\delta, V) = 0 \quad (8)$$

veya

$$F(\delta, V, \lambda) = F(x, \lambda) = 0 \quad (9)$$

$$e_k \begin{bmatrix} d\delta \\ dV \\ d\lambda \end{bmatrix} = \mp 1 \quad (10)$$

Burada x durum değişkeni vektörü $x = [\delta, V]$, K ise P ile Q arasındaki yüklenme profili, e_k seçilen parametreye bağlı olarak ∓ 1 diğer elemanları sıfır olan bir satır vektörüdür. İşaret, parametrenin artması veya azalmasına bağlı olarak değişmektedir. İşaret, parametrenin artması veya azalmasına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin parametrenin (λ) işareti pozitif ise bu durumda yükün arttığı, eğer parametrenin (V) işareti negatifse bu kez gerilimin aşağıya doğru azalmakta olduğu anlaşılır. [9] eşitliği lineerleştirilirse

$$\frac{\partial F}{\partial \delta} d\delta + \frac{\partial F}{\partial V} dV + \frac{\partial F}{\partial \lambda} d\lambda = 0 \quad (11)$$

elde edilir. Bilinmeyen değerlerin tahmin edilmesi için aşağıdaki denklem yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} \delta \\ V \\ \lambda \end{bmatrix}^{\text{tahmin}} = \begin{bmatrix} \delta_0 \\ V_0 \\ \lambda_0 \end{bmatrix} + \sigma \begin{bmatrix} d\delta \\ dV \\ d\lambda \end{bmatrix} \quad (12)$$

Burada
$$\begin{bmatrix} d\delta \\ dV \\ \dots \\ d\lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} : \\ J : K \\ \dots \\ [e_k] \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ : \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$
 şeklindedir.

σ parametresi ise bir sonraki tahmin için adım uzunluğudur. Bu durumda x_k seçilen parametre olduğuna göre, $dx_k=1$ durumuna göre her adımda düzeltilmek suretiyle

$$x_k^{\text{tahmin}} = x_{k0} + \sigma \quad (13)$$

$$x_k - x_k^{\text{tahmin}} = 0 \quad (14)$$

yazılabilir. Son olarak (9) numaralı denklem takımı çözülerek düzeltme adımı gerçekleştirilir ve tam çözüme ulaşılır [13].

3. GERİLİM KARARLILIĞI İYİLEŞTİRİCİLERİ

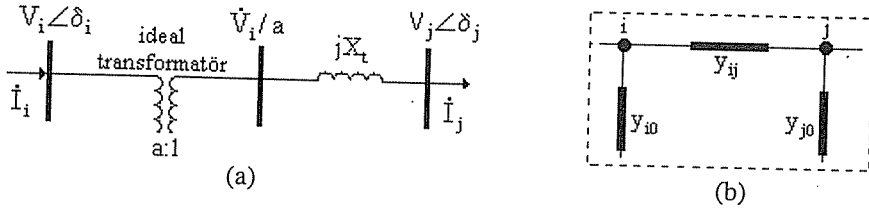
Güç sistemlerinde reaktif güç ve gerilimin kontrolü gerilim kararlılığı çalışmalarında çok önemli bir konudur. Gerilim kontrolünün hedefi iletim hatlarında meydana gelen çeşitli yük değişimlerini kompanze etmek için tüketici barasındaki gerilimin belirli sınırlar içerisinde muhafaza edilmesidir. Bunu sağlamak amacıyla gerilim düzenleyici transformatörler ile hatta paralel bağlı şönt kompanzatörler kullanılmaktadır.

3.1. Kademe Değiştirici Transformatörler

Kademe değiştirici transformatörler kademe ayarını değiştirerek bara gerilimini istenilen değerde tutup reaktif güç akışını düzenlemek için kullanılan gerilim kontrol cihazlarıdır. Burada KDT'nin güç akışı çalışmalarında elverişli olan bir modeli çikartılarak örnek test sisteminde uygulaması yapılacaktır

3.1.1. KDT Güç Akışı Modeli

Kademe değiştirici transformatörler Şekil 3a'da gösterildiği gibi i ve j.nci baralar arasına bağlı ideal bir transformatör ve sabit bir kaçak reaktansa (X_t) sahip bir devre elemanı olarak gösterilirler. Güç akışı çalışması yapılırken iki kapılı bir devre olarak modellenip akım ve gerilim bağıntılarını elde edilerek orijinal bara admitans matrisinin içerisine katılabilir.



Şekil 3. i ve j. baralar arasına bağlı KDT'nin (a) elektriksel eşdeğer devresi (b) π eşdeğer devresi [14]

Buna göre Şekil 3.a'da verilen sistem için Kirőoffun akımlar yasası uygulanarak giriş akımı;

$$\dot{I}_i = \frac{\dot{I}_j}{a} = \frac{\dot{V}_i - a\dot{V}_j}{a^2} Y_{KDT} \quad (15)$$

bulunur. Burada $Y_{KDT} = \frac{1}{X_t}$ olup KDT'nin kaçak admitans eğeridir. Şekil 3.b'de verilen iki kapılı sistemin Şönt admitans değerleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned} y_{ij} &= \frac{Y_{KDT}}{a} \\ y_{i0} &= Y_{KDT} \left(\frac{1-a}{a^2} \right) \\ y_{j0} &= Y_{KDT} \left(1 - \frac{1}{a} \right) \end{aligned} \quad (16)$$

Bu makalede güç akışı çalışması yapılırken baralar arasına yerleştirilen KDT'nin admitans değeri bara admitans matrisine katılarak her iterasyon sonunda kademe değiştirme oranının değişerek bara admitans matrisinin modifiye edilmesi suretiyle arzu edilen reaktif güç aktarımının sağlanması ve bu Şekilde bara geriliminin istenen değerde tutulması hedeflenmiştir. Bu durumda i ve j baralar arasına bağlı KDT'li sistemin modifiye edilmiş bara admitans matrisi aşağıdaki gibi olur.

$$\dot{Y}_{BARA_{mod}} = \begin{bmatrix} y_{ii} + y_{i0} + y_{ij} & -y_{ij} \\ -y_{ij} & y_{jj} + y_{j0} + y_{ij} \end{bmatrix} \quad (17)$$

burada y_{ii} ve y_{jj} i ve j dęümlerinin kendi admitans değeridir. KDT'nin kademe ayarı oranı sistemin ilave durum değişkeni bara geriliminin değeri de ilave kontrol değişkeni olarak Jacobian eşitliklerine katılırsa Jacobian matrisinin boyutları artarak aşağıdaki formda gösterilir.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \\ \Delta Q_{ij}^{avr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \delta} & \frac{\partial P}{\partial |V|} & \frac{\partial P}{\partial a} \\ \frac{\partial Q}{\partial \delta} & \frac{\partial Q}{\partial |V|} & \frac{\partial Q}{\partial a} \\ \frac{\partial Q_{ij}}{\partial \delta} & \frac{\partial Q_{ij}}{\partial |V|} & \frac{\partial Q_{ij}}{\partial a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \\ \Delta a \end{bmatrix} \quad (18)$$

burada Q_{ij}^{avr} ve k. iterasyon sonunda a,

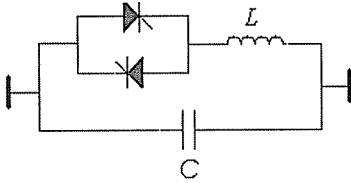
$$\Delta Q_{ij} = Q_{ij}^{avr} - Q_{ij}^{bel} \quad (19)$$

$$a^{k+1} = a^k + \Delta a^k \quad (20)$$

bağıntıları yardımıyla bulunur

3.2. Statik Var Kompanzator

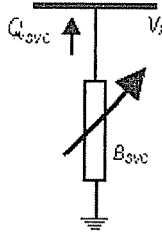
Bu şönt cihazların en popüler konfigürasyonu şekil 4'te gösterildiği gibi sabit bir kapasitör ile bir tristör kontrollü reaktör (FC-TCR) ve tristör anahtarlama kapasitör ile tristör kontrollü reaktör(TSC-TCR)'dür. Tristörler simetrik bir şekilde ateşlenirler, α açısı 90° - 180° arasında kontrol edilerek kapasitör gerilimi ayarlanır. SVC genellikle iletim hattına kademe düşürücü transformatör üzerinden bağlanır [15].



Şekil 4. Basit bir SVC modeli

3.2.1. Güç akışı çalışmaları için ateşleme açısı

Burada amaç güç akış denklemlerine SVC denklemlerinin etkisinin incelenmesidir. SVC'ye ait durum değişkenleri matrisi $r_{svc}=[Q_{svc} B_{svc} \alpha]^T$ olarak tayin edilir. Burada α tristörün tetikleme açısını göstermektedir. $F_{svc}(r_{svc}) = 0$ eşitliği ile kontrolörün jacobian matris formu oluşturulur. Alternatif bir SVC modeli olan bu modelde tristör kontrollü reaktörün ateşleme açısı α durum değişkeni olarak alınıp güç akışı denklemlerine katılır ve iteratif çözüm yapılır. Şekil 5'de k. baraya bağlı bir SVC'nin tek hat şeması gösterilmiştir. Burada V_k SVC bağlı baranın gerilimi Q_{svc} ise SVC tarafından baraya aktarılan reaktif güç değeridir.



Şekil 5. k. baraya bağlı SVC'nin gösterimi

SVC'nin pozitif eşdeğer suseptans değeri aşağıdaki gibidir.

$$B_{SVC} = \frac{1}{X_C X_L} \left\{ X_L - \frac{X_C}{\pi} [2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha] \right\}, \quad (21)$$

$$X_L = \omega L, \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

k. baraya SVC tarafından enjekte edilecek reaktif güç;

$$Q_{SVC} = Q_k = -V_k^2 B_{SVC} \quad (22)$$

(21) numaralı denklemde B_{SVC} değeri yerine konursa

$$Q_k = \frac{-V_k^2}{X_C X_L} \left\{ X_L - \frac{X_C}{\pi} [2(\pi - \alpha_{SVC}) + \sin 2\alpha_{SVC}] \right\} \quad (23)$$

(23) eşitliği lineerleştirilerek k. baraya bağlı bir SVC için ek Jacobien matrisi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\begin{bmatrix} \Delta P_k \\ \Delta Q_k \end{bmatrix}^{(i)} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \frac{2V_k^2}{\pi X_L} [\cos(2\alpha_{SVC}) - 1] \end{bmatrix}^{(i)} \begin{bmatrix} \Delta \delta_k \\ \Delta \alpha_{SVC} \end{bmatrix}^{(i)}$$

$$\Delta Q_{ij} = Q_{ij}^{ayr} - Q_{ij}^{hes} \quad (24)$$

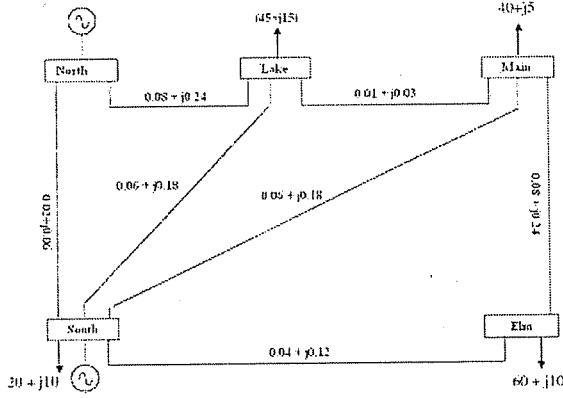
$$\alpha_{SVC}^{(i)} = \alpha_{SVC}^{(i-1)} + \Delta \alpha_{SVC}^{(i)} \quad (25)$$

(i). iterasyon sonunda ateşleme açısı (24) denkleminde güncellenir.

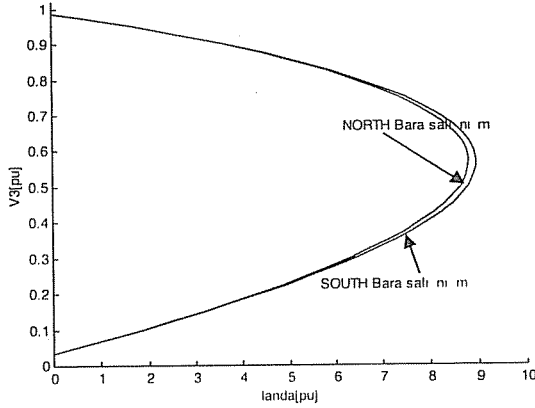
5. SİMULASYON ÇALIŞMALARI

Şekil 4'de görülen 5 baralı 2 makinalı sistem test edilmiştir. North barası salınım, South barası PV barası seçilerek generatorlerin gerilim değerleri sırasıyla 1.06 p.u. ve 1.0 p.u. değerine ayarlanarak güç akışı yapılmıştır. Ardından South barası salınım barası olarak seçilerek güç akışı yapılmış ve Şekil 5'de görülen P-V eğrileri çizdirilmiştir.

GERİLİM KARARLILIĞI İYİLEŞTİRİCİLERİNİN FARKLI SALINIM BARASI SEÇİMİNDE KRİTİK YÜKLENME SINIRLARINA ETKİLERİ



Şekil 6. 5 baralı güç sistemi (Baz güç: 100 MVA) [16].

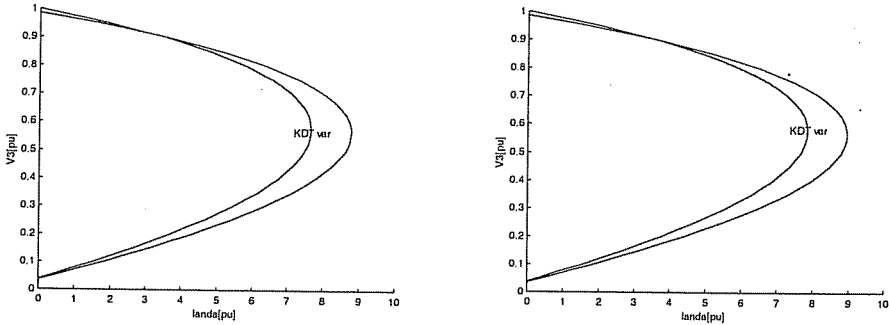


Şekil 7. Farklı salınım barası seçilmesi durumlarında Lake barasına ait P-V eğrileri

$$(\lambda_{\text{North SNB}} = 8.7884, \lambda_{\text{South SNB}} = 8.9578)$$

4.1. KDT Uygulaması

Çalışmanın bu aşamasında Lake barasındaki gerilim değerini yükseltmek, Lake ve Main baraları arasında reaktif güç akışını düzenlemek amacıyla KDT tesis edilmiştir. Burada amaç Lake barası gerilimini 1.0 pu yapmak ayrıca Main barasına doğru reaktif güç akışını düzenlemektir. Aynı işlemler salınım barasının değiştirilmesi suretiyle yeniden tekrarlanmış P-V eğrileri çizdirilerek sonuçlar karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Lake barasına ait KDT'li ve KDT'siz durumlar için P-V eğrileri şekil 8a'da ardından farklı salınım barası seçilerek aynı baraya ait eğriler şekil 8b de görülebilir. Temel durum için kaçak reaktansı $X_1 = 0.1$ pu olan KDT'nin başlangıçta dönüştürme oranı 1.0 olarak alınmıştır. Lake ve Main barası arasına tesis edilen KDT $a = 1.04$ dönüştürme oranı değerinde Lake barası gerilimini 1.0 pu değerine getirmiştir. Bu durumda Main barasına doğru 10 MVAR'lık bir reaktif güç akışı söz konusudur.



Şekil 8. Lake barasına ait P-V eğrileri **a)** North barası salınım barası ($\lambda_{SNB}^{KDT} = 7.6735$)
b) South barası salınım barası ($\lambda_{SNB}^{KDT} = 7.8511$)

Şekil 8.a ve 8.b karşılaştırıldığında farklı salınım barası seçilmesi durumunda kritik güç değerlerinde bir miktar değişimler olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre North barasının salınım barası olması durumunda P_{max} 390.3 MVAR South barasının salınım barası olması durumunda P_{max} 398.2995 MVAR olarak bulunmuştur. Yük baralarına ait açı ve gerilim genlik değerleri farklı salınım barası seçilmesi durumları için tablo 1'de verilmiştir

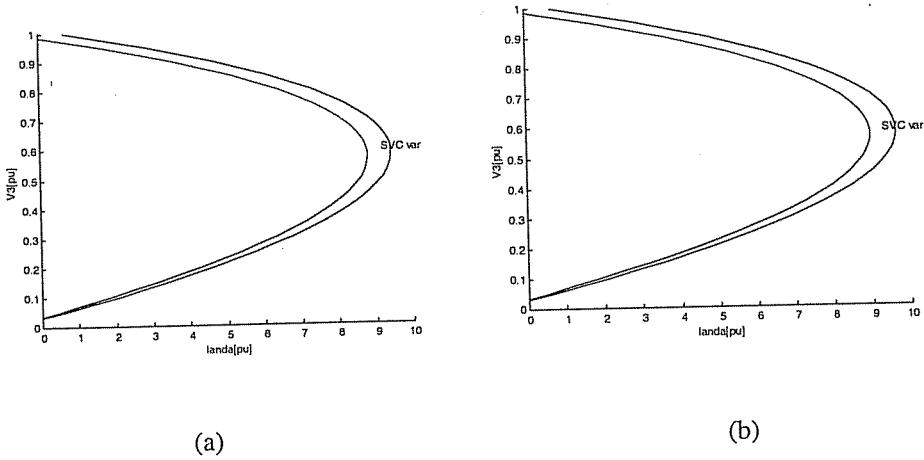
Tablo 1. KDT bağlanması durumunda yük barası gerilim ve açı değerleri

Yük barası	Lake	
	KDT yok	KDT var
North barası δ^0 salınım V	-4.63	-4.4051
	0.9872	1.0005
South barası δ^0 salınım V	-3.6388	-3.5172
	0.9875	1.0016

4.2. SVC uygulaması

Çalışmanın bu aşamasında Lake barasına reaktif güç desteği sağlamak ve bara gerilimini 1.0 pu değerine getirmek amacıyla 20.47 MVAR'lık bir SVC tesis edilmiştir. Sürekli güç akışı tekniği uygulanarak geliştirilen güç akışı programı sonucunda güç sistemine ait analiz sonuçları elde edilmiştir. Kullanılan güç akışı programında SVC'ye ait ateşleme açısı modeli kullanılmıştır. Lake barasına ait SVC'li ve SVC'siz durumlar için P-V eğrileri çizdirilmiş (Şekil 9.a) ardından farklı salınım barası seçilerek aynı baraya ait eğriler her iki durum için çizdirilmiştir (Şekil 9b). Yük baralarına ait açı ve gerilim genlik değerleri farklı salınım barası seçilmesi durumları için Tablo 2'de verilmiştir.

GERİLİM KARARLILIĞI İYİLEŞTİRİCİLERİNİN FARKLI SALINIM BARASI SEÇİMİNDE KRİTİK YÜKLENME SINIRLARINA ETKİLERİ



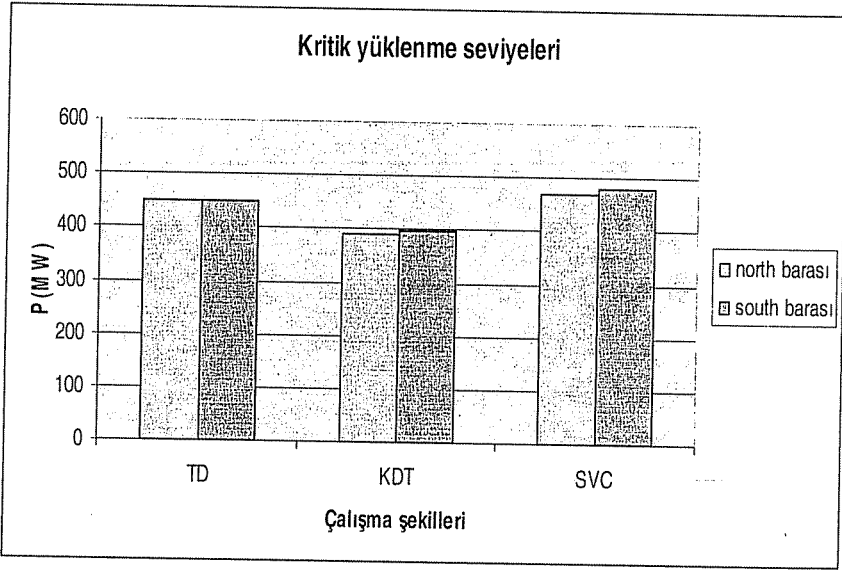
Şekil 9. SVC uygulaması durumunda Lake barasına ait P-V eğrileri (a) North barası salınım barası ($\lambda_{SNB}^{SVC} = 9.4328$) (b) South barası salınım barası ($\lambda_{SNB}^{SVC} = 9.6358$)

Tablo 2. SVC bağlanması durumunda yük barası gerilim ve açı değerleri

Yük barası	Lake	
	KDT yok	KDT var
North barası δ^0 salınım	-4.63	-4.837
	0.9872	1.0000
South barası δ^0 salınım	-3.6388	-3.845
	0.9875	1.0002

Lake barasına tesis edilen SVC'nin endüktif ve kapasitif reaktans değerleri sırasıyla 0.288 pu ve 1.07 pu değerindedir. Güç akışı sonunda ateşleme açısı değeri ($\alpha_{SVC} = 124^0$) olarak bulunmuştur. Lake barasına tesis edilen SVC bara gerilimini 1.0 pu değerine getirmiştir. Şekil 9a ve 9b karşılaştırıldığında farklı salınım barası seçilmesi durumunda kritik güç değerlerinde bir miktar değişimler olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre North barasının salınım barası olması durumunda maksimum güç (P_{max}) 469.476 MVAR South barasının salınım barası olması durumunda P_{max} 478.611 MVAR olarak bulunmuştur.

Bulunan sonuçlar değerlendirildiğinde gerilim kararlılığı açısından en iyi durumun SVC uygulamasında olduğu söylenebilir.



Şekil 10. Farklı salınım barası seçilmesi durumları için Lake barasına ait maksimum güç değerleri

Şekil 10'da test sisteminin farklı salınım barası seçilmesi durumları için Lake barasına ait maksimum yüklenebilirlik değerlerini gösteren bir çizelge verilmiştir. Bu çizelgede en iyi çalışma durumunun SVC uygulamasında olduğu söylenebilir. Orta süreli gerilim kararlılığında iyileştirici etkileri bulunan kademe değiştirici transformatörlerde temel duruma göre daha az güç transferinin olduğu görülebilir. Bunun temel sebebi kademe değiştirici transformatörün sahip olduğu ve güç akışı analizi boyunca 0.1 pu değerinde sabit olarak kabul edilen kaçak reaktansdır.

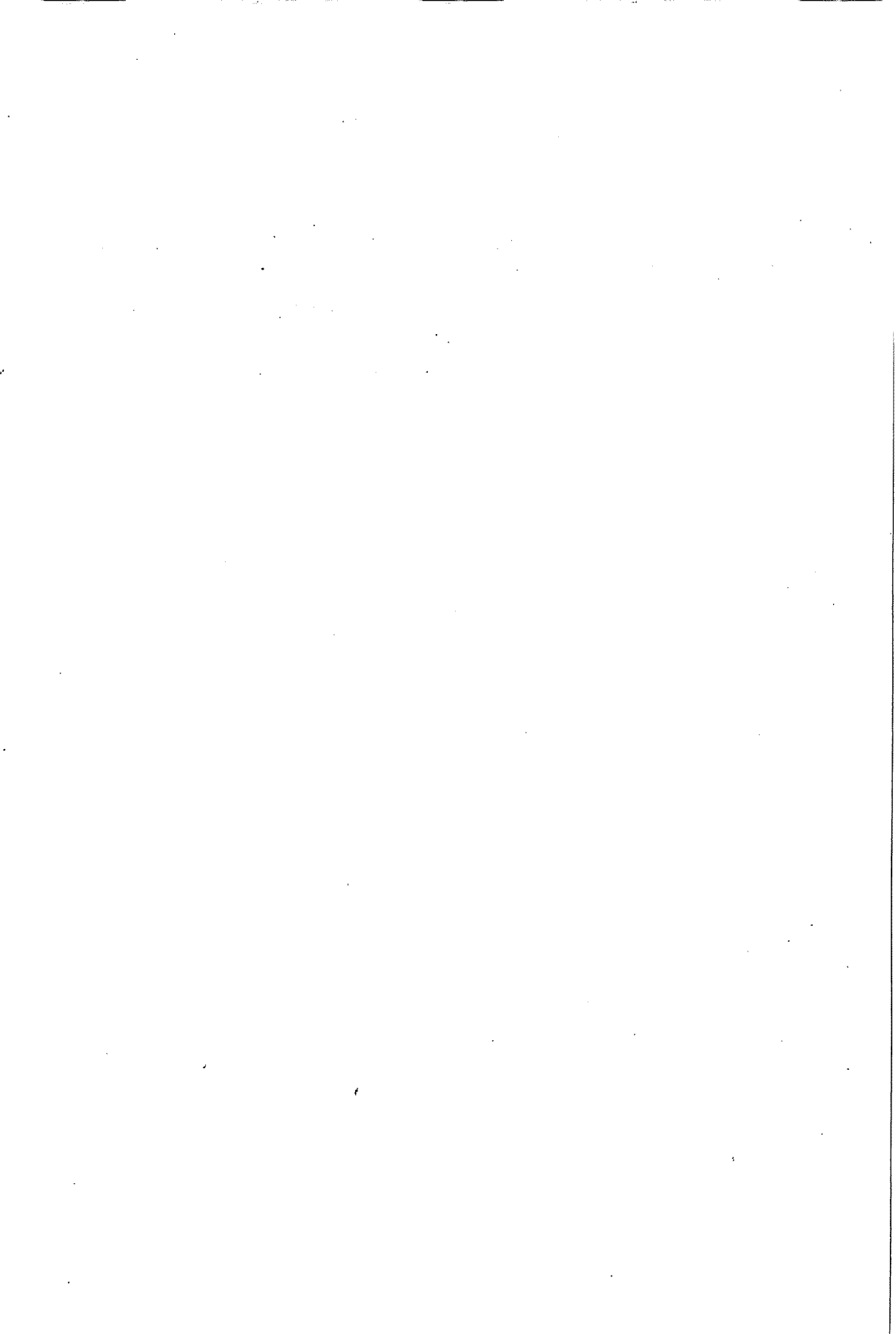
5. SONUÇLAR

Gerilim kararlılığı analizlerinde kritik noktaların tayini sistemin planlama ve kontrolü açısından son derece önemlidir. Bu makalede Stag El-Abiad'ın beş baralı iki makinalı güç sistemi [16] incelenmiştir. Sistemde bulunan North ve South üretim baralarının ayrı ayrı salınım barası seçilmesi durumları için Lake barasına ait P-V eğrileri sürekli güç akışı tekniği kullanılarak elde edilmiş ve kritik güç değerlerinde yük barasına daha uzak olan South barasının salınım barası olması durumunda bu değerlerin arttığı, benzer şekilde SVC ve KDT gibi gerilim kararlılığını iyileştirici cihazların kullanılması durumunda bu değişimlerin daha da arttığı gözlemlenmiştir. Her iki cihazın kararlılık açısından iyileştirici etkileri kıyaslanacak olursa en iyi durumun SVC uygulamalarında olduğu görülmüştür.

Bara açılı ve gerilim değerlerindeki değişimler incelenilecek olursa özellikle açılı kararlılığı alanındaki (P- δ) ilişkisinin ön plana çıktığı sistemlerde bu noktaya dikkat edilmesi, diğer yandan gerilim kararlılığı analizlerinde kritik noktaların tayininde, seçilecek salınım barası etkilerinin de dikkate alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. Reactive Power Reserve Work Group, Final Report, voltage stability criteria, undervoltage load shedding strategy, and reactive power reserve monitoring methodology, p.154, 1999.
2. Yalçın,M.A., "Enerji Sistemlerinde Gerilim Kararlılığının Yeni Bir Yaklaşımla İncelenmesi", Doktora Tezi, İTÜ, Elk-Elektronik Fakültesi, İstanbul, 1995.
3. Taranto,G.N. et all., "Representation of FACTS devices in Power System Economic Dispatch", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 7, No. 2, pp. 572-576, 1992.
4. Dong,F., Chowdhury.B.H., "Impact of Load Tap Changing Transformers on Power Transfer Capability", Electric Power Components and Systems, Vol.32, pp.1331-1346, 2004.
5. Zhu,T.X. et all., "An investigation into the OLTC effects on voltage collapse", IEEE Trans on Power Systems, vol.15, no.2, pp.515-521, 2000.
6. Vournas,C.D., "On the role of LTCs in emergency and preventive voltage stability control.", IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, New York, NY, 2002.
7. Gao,B., "Voltage stability analysis of large power systems", PhD thesis, University of Toronto.
8. Mansour,Y.et all., "Suggested techniques for voltage stability analysis," Tech. Rep. IEEE pub. 93TH0620-5-PWR, IEEE Power Engineering Society, 1993.
9. Lof,P.A., Smed,T., Hill,D.J., Andersson,G., "Fast calculation of a voltage stability index", IEEE Trans. on Power Systems, Vol.7, no.1, pp.54-64, 1992.
10. Çakır,H., "Elektrik Güç Sistemleri Analizi", Nesil Matbaacılık, İstanbul, 1986.
11. Abacı,K., Yalçın,M.A., Uyaroğlu,Y., "Güç sistemlerinde farklı salınım barası seçiminin gerilim kararlılığı açısından incelenmesi". ELECO'2004, Sayfa 79-83, Bursa.
12. Mithulanathan,N., "Hopf Bifurcation Control and Indices for Power System with Interacting Generator and FACTS Controllers". PhD Thesis, University of Waterloo, 2003.
13. Crow,M., "Computational methods for electric power systems", CRC Press LLC, USA, 2003.
14. Abacı,K., "Gerilim Kararlılığı İyileştiricilerinin Çatallaşma ve Kaotik Osilasyonları", Doktora tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2007.
15. R.P. Sadikovic, "Effect of FACTS: Devices on Steady State Voltage stability", University of Tuzla, Bosnia and Herzegovina. Ph.D. Thesis, 2002.
16. Glenn,W.Stagg, Ahmed,H.El-abiad, "Computer Methods in Power System Analysis", McGraw Hill, 1985.



KİREÇ KOAGÜLASYON YÖNTEMİ KULLANILARAK ELDE EDİLEN PROSES ÇAMURUNUN BAZI BOYAR MADDELERİN ADSORBSİYONUNDA KULLANILMASI

Yener BÜLBÜL, Mehmet Ekrem ÇAKMAK, Serpil SAVCI ve
Mesut BAŞIBÜYÜK

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

ÖZET : *Bu çalışmada meşrubat üretiminde kullanılmak üzere, kireç koagülasyon yöntemi kullanılarak su hazırlanması sırasında açığa çıkan demir sülfat çamurunun Basic Blue 41 ve Lanaset Yellow 4GN boyar maddelerini adsorblama özelliği incelenmiştir. Başlangıç adsorbsiyon testlerinden her iki boyar maddenin de çamur tarafından adsorblandığı görülmüştür. Elde edilen veriler Langmuir ve Freundlich modellerine uygulanmış ve Basic Blue 41 boyar maddesinin hem Langmuir ve hem de Freundlich modeline uyduğu ancak Lanaset Yellow 4GN boyar maddesinin ise yalnızca Freundlich modeline uyduğu görülmüş ve her iki boyar madde içinde ilgili modellere ait sabitler elde edilmiştir. Ayrıca, elde edilen veriler çeşitli kinetik modellere de uygulanmıştır. Buna göre her iki boyar madde için de adsorbsiyonun en iyi yalancı ikinci derece model tarafından temsil edildiği görülmüştür. Elde edilen verilerden Gibbs serbest enerjisi de hesaplanmış ve negatif değerler bulunmuştur.*
Anahtar Kelimeler: *Demir sülfat çamuru, Boyar madde, Adsorpsiyon, Kinetik.*

THE USE OF WATER TREATMENT LIME COAGULATION SLUDGE AS AN ADSORBENT FOR THE REMOVAL VARIOUS DYESTUFFS

ABSTRACT : *In this study, adsorption properties of the water treatment sludge generated from lime-coagulation process has been investigated as an adsorbent for the removal of Basic Blue 41 and Lanaset Yellow 4GN dyestuffs. Initial sorption tests showed that both dyes adsorbed by ferric sulfate sludge. Data from equilibrium studies were applied to both Langmuir and Freundlich models and related constants were determined for each dye. For the dye-sludge system, Basic blue 41 fit both models while Lanaset Yellow 4GN was only described by Freundlich model. Kinetic studies were also performed for various initial dye concentrations. The kinetics of sorption has also been analyzed by three kinetic models. It was found that overall process was best described by the pseudo second order model. Gibbs free energies for both dyes were also calculated and negative values were found.*

Keywords: *Ferric sulfate sludge, Dyestuff, Adsorption, Kinetics.*

1. GİRİŞ

Boyar maddeler, endüstrilerden, tekstil başta olmak üzere, çeşitli endüstrilerden kaynaklanan, atık su içerisinde arıtımı çok güç olan kalıcı KOİ'nin (kimyasal oksijen ihtiyacı) ana kaynağını teşkil ederek ileri arıtım ihtiyacını doğurur. Endüstrilerin talepleri doğrultusunda, üretilen ürünün kullanım sahasına bağlı olarak, ürün yapısının dış etkilere karşı dirençli olması sağlanır. Boyar maddelerin yapıları değişik çevre koşullarına karşı (nem, bakteriyolojik etki, güneş ışığı gibi) dayanacak şekilde dizayn edilmektedir. Bu özelliklerinden dolayı boyar maddeler atıksuya karışıtlarında biyolojik arıtıma karşı da dayanıklılık göstermektedirler. Elde edilen atıksu karakteri sert ve kalıcı KOİ teşkil etmektedir (1). Endüstri kaynaklı atıksuların arıtımında renk giderimi söz konusu olduğunda genelde standart prosedürlü arıtım sistemleri (biyolojik arıtım gibi) etkisiz veya yetersiz kalır. Bu nedenle endüstrilerden kaynaklanan atıksuda renk giderimini sağlamak için farklı yöntemlere başvurulmaktadır. Bunlar arasında ozon, ultrafiltrasyon, anaerobik biyoteknoloji, kimyasal indirgeme, doğal adsorbanlar gibi yöntemler yer almaktadır.

Bu yöntemler arasında en fazla rağbet edileni adsorbsiyon yöntemidir. Bu uygulama için ise kullanılan başlıca malzeme toz veya granül aktif karbondur. Bazı endüstriler yüksek su gereksinimi nedeniyle çok fazla atıksu üretir. Bunun neticesinde adsorban madde kullanımındaki artış, arıtım maliyetlerini olumsuz etkiler. Olumsuz etkiyi azaltmak için maliyeti az olan adsorban arayışına yönelik pek çok bilimsel çalışma vardır.

Meşrubat endüstrisinde, üretimde kullanılacak suyun eldesinde kullanılan yöntemlerden birisi kireç koagülasyon yöntemi olup, bu yöntemle sudaki sudaki çeşitli safsızlıklar giderilmeye çalışılır. Bu işlem sırasında demir sülfat kullanılarak askıdaki katı maddeler, kolloidler ve çözülmüş kontaminantlar, sudan koagülasyon yöntemi ile uzaklaştırılır. Suyun eldesi sırasında çöktürme yoluyla sudan uzaklaştırılan kimyasal maddeler ve diğer istenmeyen maddeler atık çamur olarak adlandırılır. Elde edilen atık çamurun büyük bir yüzdesi sudan oluşur ve bu nedenle kullanılan madde miktarı artı koagüle edilen madde miktarı göz önünde bulundurulduğunda çok fazla miktarda çamurun ortaya çıkacağı açıkça görülür. Elde edilen çamur kullanılan koagülant maddeye bağlı olarak isimlendirilir (alum çamuru, demir çamuru, polimerik çamur gibi)(2).

Koagülasyon ve su yumuşatma ünitelerinden çıkan çamurlar çok yüksek miktarda su içermektedir. Çamurun yaklaşık %98'i sudan oluşmakta ve 20 kilogram katı kimyasal çökeltiye 980 kg su eşlik etmektedir. En kötü yaklaşımla suyun ve çökeltinin yoğunluklarının eşdeğer olduğunu varsayalım, bu durumda suya eklenen her 20 kg kimyasal için yaklaşık olarak 1 m³ çamur üretilecektir. Bu rakam en küçük bir su arıtma tesisi (yaklaşık 0.05 m³/s) için bile yılda 800 m³ çamur üretimi anlamına gelmektedir. (3). Bu rakamların büyüklüğü söz konusu çamurun hammadde değeri göz önüne alındığında daha da büyük önem kazanmaktadır.

Meşrubat endüstrisi proses suyu eldesi için en yaygın kullanılan koagülant FeSO₄ 'tır. Meşrubat endüstrisinde su tasfiye tesisi atık çamurları tehlikeli olmayan atık kapsamındadır (4). Fakat bu çamurların koagülant veya adsorban olarak yeniden kullanılması mümkün olup, bu durumda bu atık çamurları atık olmaktan çıkıp hammadde olarak değerlendirilebilme potansiyeli ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı meşrubat endüstrisinde kullanılan suyun eldesinde, kullanılan koagülasyon/flokülasyon işlemi sonucunda oluşan çamurun, endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde oluşan boyar maddelerin gideriminde adsorban madde olarak kullanılabilirliğinin incelenmesidir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

2.1.1. Boyar Madde

Astrazon Blue FGGL (Basic Blue 41) Color Index No: 11105 ($\lambda=609$ nm) ve Lanaset Yellow 4GN ($\lambda=403$ nm) boyar maddeleri kullanılmıştır. Boyar madde çözeltileri saf su kullanılarak hazırlanan stok boyar madde çözeltisinin (1600 mg/l) seyreltilmesiyle hazırlanmıştır.

2.1.2. Adsorban Madde

Çalışmada kullanılan demir sülfat (FeSO_4) çamuru Adana Fruko Meşrubat Sanayi Su Tasfiye Sisteminden alınmıştır. Uygun seyreltik çözeltiyi elde etmek için saf su kullanılmıştır. Meşrubat endüstrisi su tasfiye sisteminde kendiliğinden çökelemeyen kolloidal maddelerin giderilmesi amacıyla demir sülfat kullanılmaktadır. Ham suya ilave edilen demir sülfat uygun pH'da (10-10,5) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ flokları haline gelir. Su içerisindeki kil veya diğer kolloidal formdaki maddeler demir hidroksit floklarıyla çöktürülerek sudan uzaklaştırılır.

2.2. Metod

Kullanılan demir sülfat çamurunun askıda katı madde ölçümleri Standart Metotlara göre yapılmıştır (5). Boyar madde ölçümleri spektrofotometrik (Bausch and Lomb, Spectronic 21 model spektrofotometre) olarak daha önceden belirlenmiş olan maksimum absorbans veren dalga boyları olan Astrazon Blue için 609 nm'de, Lanaset Yellow için 403 nm de yapılmıştır.

2.3. Boyar Madde Analizleri

Adsorpsiyon deneyleri 20°C sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Yapılan adsorpsiyon testleri 1 litrelik beherler içerisinde karıştırılarak konulan 250'şer mililitrelik çamur ve boyar madde çözeltilerinin Jar testi cihazı ile sürekli karışım (50 rpm) sağlanması ile yapılmıştır. Hazırlanan her bir karışım 500 ml'den ibaret olup, kullanılan demir sülfat çamurunun katı madde konsantrasyonu 35000 mg/l olarak hazırlanmıştır.

250 ml çamur ve 25, 50, 100, 200, 400 mg/l boyar madde konsantrasyonları kullanılarak Langmuir ve Freundlich İzoterm sabitleri elde edilmiştir. Temas süresi 5 dakika ile 160 dakika arasındadır. Bu işlemten sonra 10 dakikalık beklenecek karışımın üzerinde kalan değişken bölgeden 10'ar ml alınmış ve 3000 rpm de 10 dakika süreyle santrifüj uygulanmasının ardından da duru fazın spektrofotometre ile ölçülmesiyle kalan boyar madde miktarı bulunmuştur.

Başlangıçta, mevcut boyar maddelerin, demir sülfat çamuru tarafından adsorbanabilirliğini belirlemek için hazırlık testleri yapılmıştır. Bu testlerde çamur çözeltisi ile 200 mg/l konsantrasyona sahip boyar madde çözeltileri 160 dakika süreyle çalkalanarak gerçekleştirilmiştir.

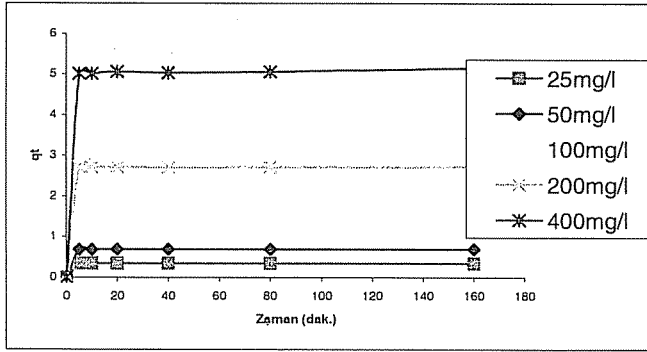
2.4. Uygunluk Analizleri

Adsorpsiyon çalışmalarında izotermlere, kinetik modellere ve diğer matematiksel modellere olan uygunluk analizleri en küçük kareler regresyon metodu (R^2) (lineer) uygulanmıştır.

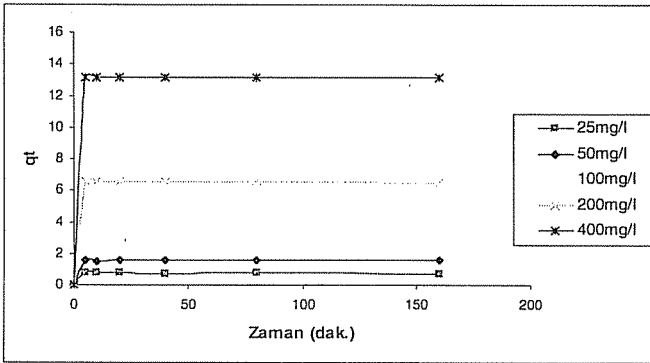
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMALAR

3.1. Başlangıç Adsorbsiyon Deneyleri

Başlangıç deneyleri, bu çalışmada kullanılan her iki boyar maddenin de demir sülfat çamuru tarafından adsorblandığını göstermiştir (Şekil 1 ve Şekil 2). Her iki boyar madde için de deneylerin 25, 50, 100, 200 ve 400mg/l adsorbat konsantrasyonu ile yapılan ölçümlerinde 20 dakikalık temas süresi içerisinde denge noktasına ulaşılmıştır. Adsorbat konsantrasyonu artırıldıkça, denge noktasına ulaşmak için geçen süre değişmemiştir. Aşağıda verilmiş olan Şekil 1 ve 2 her iki boyar madde için spesifik adsorbsiyon'un (q_t) zamana karşı değişimini göstermektedir.



Şekil 1. Basic Blue 41'in farklı başlangıç konsantrasyonları için elde edilmiş adsorpsiyon değerlerinin zamana karşı değişimi.



Şekil 2. Lanaset Yellow 4GN'nin farklı başlangıç konsantrasyonları için elde edilmiş adsorpsiyon değerlerinin zamana karşı değişimi.

3.2. Adsorpsiyon İzotermi

Temel adsorpsiyon çalışmalarından sonra her iki boyar madde için hazırlanan beş farklı başlangıç konsantrasyonuna sahip çözelti ile demir sülfat çamurunun 160 dakikalık toplam temas süresinin kullanıldığı denge deneyleri gerçekleştirilmiştir. Denge deneylerinden sonra elde edilen değerler Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon modellerinin lineerize edilmiş formlarına uygulanarak regresyon analizleri yapılmıştır. Langmuir modelinin lineerize edilmiş hali aşağıda verilmiştir.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L} + \left(\frac{a_L}{K_L}\right)C_e$$

Benzer şekilde Freundlich modelinin lineerize edilmiş hali ise aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$\log(q_e) = \log(K_f) + \frac{1}{n} \log(C_e)$$

Burada C_e (mg/l) dengeye ulaşıldığında çözelti ortamında kalan boyar madde konsantrasyonu, q_e (mg/g) dengeye ulaşıldığında birim gram adsorbanın adsorbladığı boyar madde miktarı, a_L ve K_L Langmuir sabitleri, ve K_f ve n de Freundlich sabitleridir. Buna göre Basic lue B41 ve demir sülfat çamurunun hem Langmuir modeline ($R^2=0.987$) ve hem de Freundlich modeline ($R^2=0.9614$) uyduğu elde edilen yüksek regresyon katsayılarından anlaşılmaktadır. Lanaset Yellow'un ise Langmuir modeline uymadığı ($R^2=0.1989$) ancak Freundlich modeline uyduğu görülmüştür ($R^2=0.868$). Yapılan regresyon analizleri sonucunda her iki boyar madde için Langmuir sabitleri Çizelge 1 ve Freundlich sabitleri de Çizelge 2'de gösterilmektedir. Çizelge 1 ve 2 de, ayrıca benzer çalışmalardan elde edilmiş sabitlerle karşılaştırılmalar da verilmiştir.

Çizelge 1. Langmuir İzotermi Katsayıları

Adsorban	Boyar Madde	Langmuir İzotermi			
		K_L (l/g)	a_L (l/mg)	Q_{max} (mg/g)	R^2
Demir Çamuru ³	Asit Blue 40	2.36	0.0028	833	0.9777
Demir Çamuru ³	Direct Blue 71	1.325	0.0019	666	0.9805
Bu çalışma	Basic Blue 41	0.4575	0.06324	7.2359	0.987
Bu çalışma	Lanaset Yellow 4GN	0.0599	-0.0133	-0.4508	0.199

Çizelge 2. Freundlich İzotermi Katsayıları

Adsorban	Boyar Madde	Freundlich İzotermi		
		K_f (mg/g)	n	R^2
Demir Çamuru ³	Asit Blue 40	2.582	0.075	0.9994
Demir Çamuru ³	Direct Blue 71	13.231	1.168	0.9928
Demir Çamuru ³	Basic Violet 16	7.374	1.098	0.9166
Bu çalışma	Basic Blue 41	0.4798	1.4380	0.9614
Bu çalışma	Lanaset Yellow 4GN	0.1698	0.7109	0.8680

3.3. Parçacık İçi Difüzyon

Parçacık içi difüzyon, özellikle geniş yüzeyli alanı, ve gözenekli iç yapısı olan adsorbanlarda parçacığın içinin özelliklerinden dolayı adsorpsiyon basamağında hızı belirleyici basamak olabilmektedir (6). Bu tip adsorpsiyon sistemleri için, yani parçacık içi difüzyonun hız belirleyici basamak olma ihtimalinin olduğu durumları incelemek için Weber ve Morris tarafından verilmiş olan aşağıdaki eşitlik kullanılabilir (7).

$$k_p = \frac{q}{t^{1/2}}$$

Burada q spesifik adsorpsiyon (mg/g) t zaman (dakika) ve k_p (mg/g dakika^{0.5}) ise parçacık içi difüzyonu hız sabitidir. Parçacık içi difüzyonun etkisinin incelenmesi için q_t değerinin zamanın kareköküne karşı değişiminin grafiği çizilmiştir. Grafiklerden ilk 10 dakikalık kısmında birinci lineer bölge bundan sonra ise ikinci lineer bölge olduğu yani iki farklı durumun olduğu ve grafiğin tamamen doğrusal olmadığı görülmüştür. Elde edilen grafiklerin, ilk 10 dakikalık lineer kısımları dışarıda tutulacak şekilde geriye kalan lineer kısımlarının regresyonu ve denklemin eğiminden parçacık içi difüzyonun etkisi ve hız katsayısı hesaplanmıştır. Bu lineer kısmın yardımı ile elde edilen parçacık içi difüzyonu hız sabitleri Çizelge 3'te karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çizelge 3 den görüldüğü üzere başlangıç boyar madde konsantrasyonu arttıkça parçacık içi difüzyon hız sabiti de artış göstermiştir. Benzer bir sonuç Waranusantigul ve diğerleri de (8) tarafından da rapor edilmiştir.

Çizelge 3. Parçacık İçi Difüzyon Hız Sabitleri; k_p (mg/g dakika^{0.5})

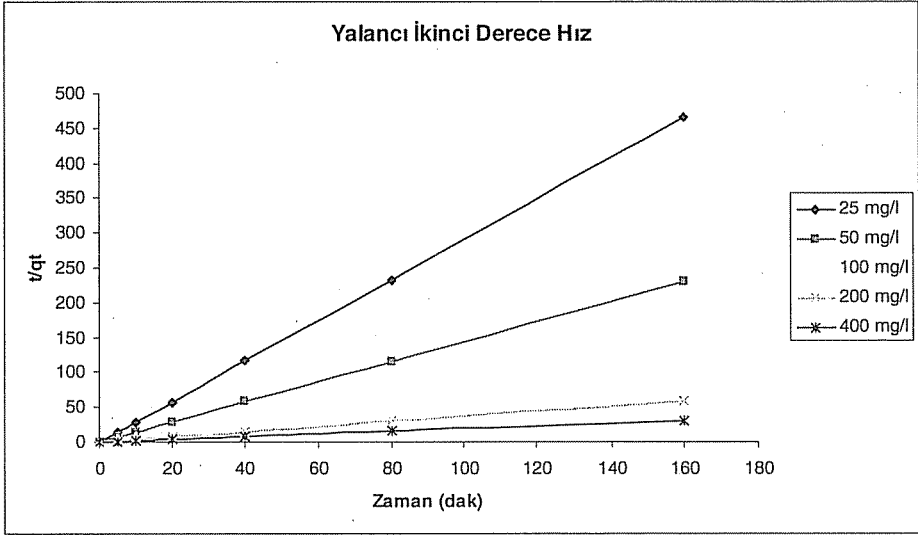
Başlangıç Boyar Madde Konsantrasyonu (mg/l)	Basic Blue 41	Lanaset Yellow 4GN
	k_p	k_p
25	0.0194	0.071
50	0.0198	0.0765
100	0.0477	0.2519
200	0.3669	0.7986
400	1.8952	2.6269

3.4. Genel Adsorpsiyon Kinetiği

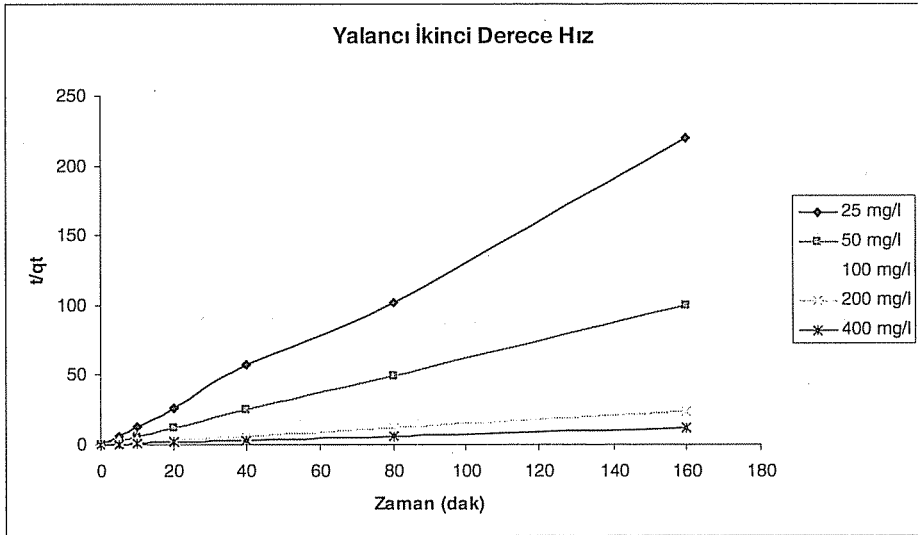
Bir adsorpsiyon sisteminin kinetiği incelenirken genel olarak birinci dereceden, yalancı ikinci dereceden ve ikinci dereceden hız kinetiği modellerine uygunluğuna bakılmaktadır (9-12). Bu amaçla her iki boyar maddenin de farklı başlangıç boyar madde konsantrasyonları her bir modele ayrı ayrı uygulanarak regresyon analizleri yapılmış ve boya-çamur sisteminin hangi modele uyduğu anlaşılmaya çalışılmıştır. Buna göre yalancı ikinci derece modelinin dışındaki modellerin bu çalışmadan elde edilen sonuçlara uymadığı görülmüştür. Yalancı ikinci derece modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir (13);

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{Kq_c^2} + \frac{1}{q_c} t$$

burada q_t herhangi bir t anındaki spesifik adsorpsiyon (mg/g) t zaman (dakika) ve K (g/mg.dakika) ise yalancı ikinci derece modelin hız sabitidir. Her bir boyar madde için farklı konsantrasyonlarda t ye karşı t/q_t nin grafikleri çizilerek regresyon analizleri yapılmıştır. Her bir boyar madde için çizilmiş grafikler Şekil 3 ve 4 de gösterilmektedir. Ayrıca regresyon analizinden hesaplanmış olan değerler de Çizelge 4 de verilmiştir. Çizelgede ki değerlerden her iki boyar maddenin de demir sülfat çamuru tarafından adsorbsiyon kinetiğın yalancı ikinci derece modele mükemmel uyduğu görülmüştür.



Şekil 3. Yalancı İkinci Dereceden Hız Grafiği (Basic Blue 41)



Şekil 4. Yalancı İkinci Dereceden Hız Grafiği (Lanaset Yellow 4GN)

Çizelge 4. Yalancı İkinci Dereceden Hız Katsayıları ($k_{2,ad}$) (g/mg.dakika)

Başlangıç Boyar Madde Konsantrasyonu (mg/l)	Basic Blue 41		Lanaset Yellow 4GN	
	$k_{2,ad}$	R^2	$k_{2,ad}$	R^2
25	2.9085	1	1.3639	0.9981
50	1.4401	1	0.6206	0.9999
100	0.7264	1	0.3054	1
200	0.3676	1	0.1535	1
400	0.1943	0.9999	0.076	1

4.6. Adsorbsiyon Termodinamiği

Termodinamik yönden adsorbsiyon işlemini incelemek işlemin uygulanabilirliği açısından önemlidir. Bu çalışma için çamurun her iki boyar madde üzerinde hesaplanan Gibbs serbest enerjisi negatif olarak bulunmuştur. İşlemin Gibbs serbest enerjisinin negatif çıkması adsorpsiyonun kendiliğinden meydana geldiğini göstermektedir. Her ikisi için de Gibbs enerjisi değeri negatif bulunmuş ancak Çizelge 5 de belirtildiği gibi Lanaset Yellow 4GN bu değer sifıra çok yakın olarak bulunmuştur. Çizelge 5’de de bu çalışmanın sonuçları ile diğer bazı çalışmaların sonuçlarının karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 5. Gibbs Serbest Enerjileri

Adsorban	Adsorbat	ΔG^0 (kJ/mol)	T (Sıcaklık °K)
Aktif karbon ¹⁴	Methyl violet	-3.2	289
Odunsu eğrelti otu ¹⁵	Basic Red 13	-11.1	303
Neem lif tozu ¹⁶	Brilliant green	-7.15	300
Fuller’s earth ¹⁷	Methylene blue	-27.34	298
Demir Sülfat Çamuru*	Basic Blue 41	-8,282	293
Demir Sülfat Çamuru*	Lanaset Yellow 4GN	-5,138	293

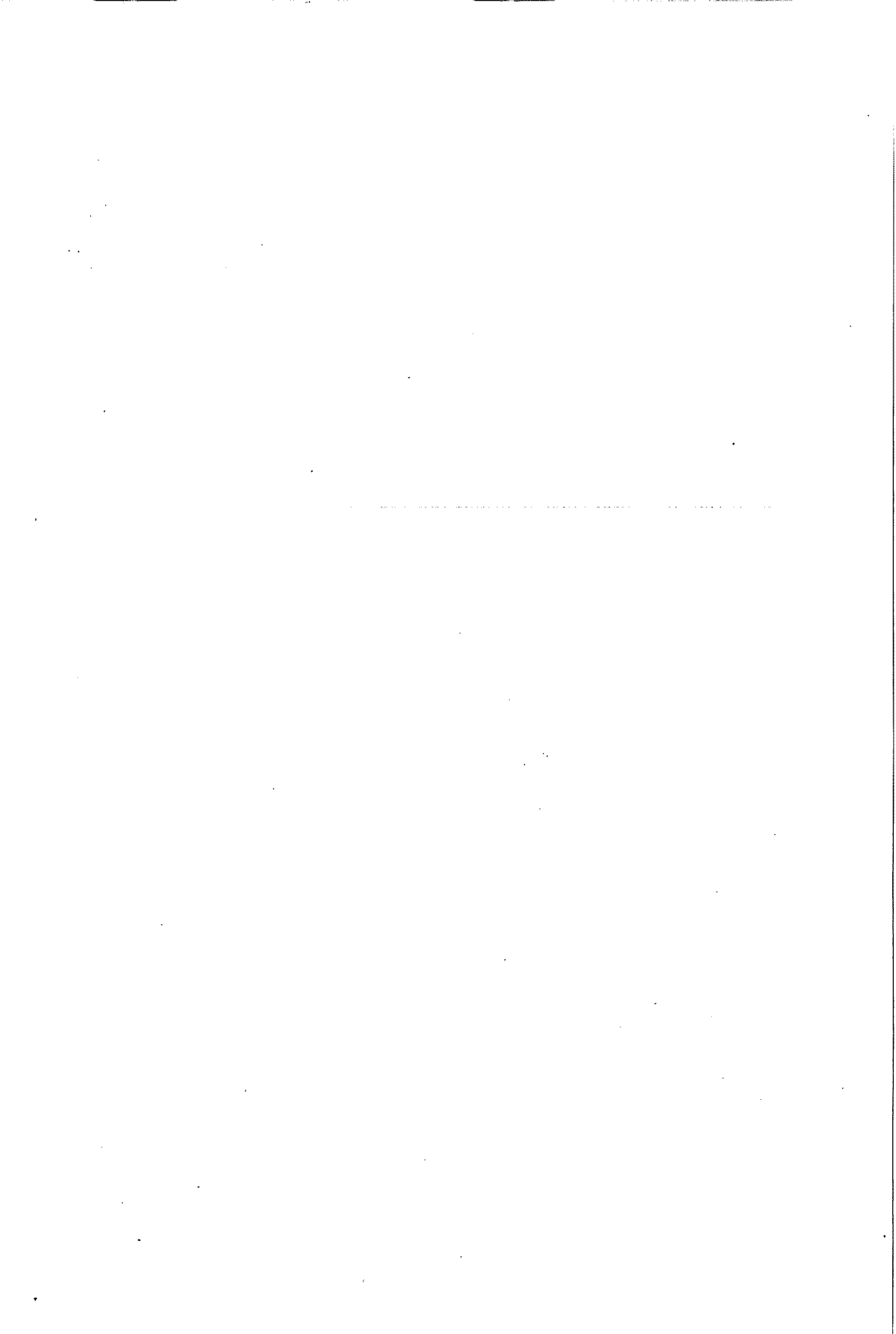
(* Bu çalışma)

4. SONUÇ

Bu çalışmada demir sülfat çamurunun Basic Blue 41 ve Lanaset Yellow 4GN boyar maddeleri üzerindeki adsorblama etkinliği incelenmiştir. Çamurun, Basic Blue 41 ve Lanaset Yellow 4GN boyar maddesini belli bir dereceye kadar adsorbladığı görülmüştür. BB41’in adsorpsiyonu Langmuir ve Freundlich izotermine uymaktadır. Lanaset Yellow 4GN’in adsorpsiyonu Freundlich izotermine daha iyi uymaktadır. Öte yandan parçacık içi difüzyonun adsorbsiyonda etkili olduğu gözlemlenmiştir. Basic Blue 41 ve Lanaset Yellow 4GN boyar maddesinin her ikisinin de demir sülfat çamuru tarafından adsorbsiyon hızları yalancı ikinci dereceden hız denkleminde uyduğu görülmüştür. Her iki işlem de termodinamik açıdan incelendiğinde elde edilen Gibbs serbest enerjilerinin negatif olduğu tespit edilmiştir. İşlemin Gibbs serbest enerjisinin negatif çıkması adsorpsiyonun kendiliğinden meydana geldiğini göstermektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Basibuyuk, M., Forster, C.F., "An examination of the adsorption characteristics of a basic dye (Maxilon Red BL-N) on to live activated sludge system". *Process Biochem.* 38/9, 1311-1316, 2003.
2. Davis, M.L. ve Cornwell, D.A., "Introduction to Environmental Engineering". McGraw-Hill International Editions, Chemical Engineering Series, pp167, 1991.
3. Basibuyuk, M., Yılmaz, T., Kayranlı, Yüceer, A. and Forster, C.F., "The use of waterworks sludge for the treatment of dye wastes", *Environmental Technology*, 23: 345-351, 2002.
4. Council of European Communities, Directive concerning urban waste water treatment (91/271/EEC) Offic. J.Eur.Comm. L135/40, 30 May 1991.
5. Standard Methods, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th ed.), American Public Health Association, Washington, DC, USA, 1998.
6. Al Duri, B., "Adsorption Modelling And Mass Transfer", G. McKay, editor, *Use of Adsorbans For The Removal Of Pollutants From Wastewaters*. CRC Press, s.133-173, 1996.
7. Weber, W.J., Morris, J.C., "Kinetics of adsorption on carbon from solutions", *J. Sanit. Engng. Div. Am. Soc. Civ. Eng.*, 89, 31-60, 1963.
8. Waranusantigul, P., Pokethitiyook, P., Kruatrachue, M., Upatham, E.S., "Kinetics of Basic Dye (Methylene Blue) Biosorption By Giant Duckweed (*Spirodela polyrrhiza*)". *Environmental Pollution*, 125:385-392, 2003.
9. Ho, Y.S., McKay, G., "Pseudo-Second Order Model For Sorption Processes, Process", *Biochem.*, 34:451-465, 1999.
10. Aksu, Z., "Biosorption of Reactive Dyes by Dried Activated Sludge: Equilibrium And Kinetic Modelling", *Biochemical Eng. J.*, 7:79-84, 2001.
11. Benguella, B. and Benaissa, H., "Cadmium Removal From Aqueous Solutions By Chitin: Kinetic And Equilibrium Studies", *Water Res.*, 36:2463-74, 2002.
12. Keskinan, O., Goksu, M.Z.L., Yuceer, A., Basibuyuk, M., Forster, C.F., Heavy metal adsorption characteristics of a submerged aquatic plant (*Myriophyllum spicatum*). *Process Biochem.* 39/2, 179-183, 2003.
13. Ho, Y.S., Wase, D.A.J., Forster, C.F., "Kinetic studies of competitive heavy metal adsorption by sphagnum moss peat", *Environmental Technology* 17, 71-77, 1996.
14. Dai, M., "Mechanism of adsorption for dyes on activated carbon", *J. Colloid Interf. Sci.* 198, 6-10, 1998.
15. Ho, Y.-S., Chiang, T.-H., Hsueh, Y.-M., "Removal of basic dye from aqueous solution using tree fern as a biosorbent", *Process Biochem*, 40, 119-124, 2005.
16. Bhattacharyya, K.G., Sarma, A., "Adsorption characteristics of the dye, brilliant green, on neem leaf powder", *Dyes and Pigments* 57, 211-222, 2003.
17. Atun, G., Hisarli, G., Sheldrick, W.S., Muhler, M., "Adsorptive removal of methylene blue from colored effluents on fuller's earth", *J. Colloid Interf. Sci.* 261, 32-39, 2003.



İSTATİSTİKSEL VERİ ANALİZİ İÇİN BİR UZMAN SİSTEM

Metin ÖZŞAHİN ve Oya H. YÜREGİR
Ç.Ü., Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET : *Günümüzde işletmeler ve karar vericiler bilgiyi güncel ve doğru elde etmenin yanısıra toplanan bilgi yükü ile de baş etmek zorundadır. Karar vericiler bilgiyi ihtiyaçlarına göre eleyerek ve doğru analiz yöntemini seçerek sorunları daha etkin çözebilmektedir. Doğru analiz yöntemlerinden birisi de istatistiksel veri analizidir. Bu çalışmada istatistiksel veri analizini kullanmak isteyen karar vericilere hangi yöntemin kullanılmasının daha etkin olacağını öneren bir uzman sistem yazılımı geliştirilmeye çalışılmıştır. Yazılım karar vericinin ihtiyaçlarının belirlenmesi ve sorun kapsamının tanımlanması aşamasında kullanıcıya sorular sormaktadır. Verilen yanıtların mantık zincirinde işlenmesi sonucunda veri analizinde hangi yöntemin daha kullanışlı olabileceğini önermektedir. Yazılım geliştirilirken istatistiksel yöntemler ve veri analizi literatürü incelenmiş, karar ağacı tekniği kullanılarak iş mantığı ortaya konmuştur. Veri tabanı tasarımında MySQL, çıkarım mekanizmasının programlanmasında ise Delphi 7.0 kullanılmıştır.*

AN EXPERT SYSTEM FOR STATISTICAL DATA ANALYSIS

ABSTRACT : *Nowadays, companies and decision makers should challenge with information overload while they have been trying to collect the right and up-to-date information. Decision makers can solve their problems more effective by eliminating excessive information and selecting the right method for data analysis. One of the right data analysis methods is statistical data analysis for them. In this study, it was tried to develop an expert system which can propose the right statistical data analysis method to the decision maker. The software asks questions to the user in order to define the problem domain and also his/her requirements. After reasoning process the software proposes the answer. Before developing the system, the literature review about statistical data analysis was carried out and then decision trees for mapping the logic were prepared. MySQL was used for database and knowledgebase design, and Delphi 7.0 was used for programming the inference engine.*

1. GİRİŞ

Veri analizi bugün önemini gitgide arttıran bir kavramdır. Yapılan çalışmalar veri analizi tekniğinin önemini bir kez daha vurgulamaktadır. İstatistik geniş alt dallara sahip bir bilimdir; hipotez testleri, olasılık, veri analizi, veri madenciliği, dağılımlar, talep tahminleri gibi birçok bölümden oluşmaktadır. İstatistiğin genişliği bu kadar fazla olunca her bir bölümüne ait bilgileri akılda tutmak çok zordur. Genelde bu bilgilere çok sık ihtiyacı olan kişiler vardır.

Veri analizi teknikleri bu kadar gerekli iken her bir veri analizi tekniğinin tam olarak bilinmesi oldukça zordur. Bu kadar bilgi içerisinde ihtiyaç olduğunda istenen yöntemin aranıp bulunmaya çalışılması çok uzun bir sürece neden olmaktadır. Özellikle derin istatistik bilgisi olmayan ve veri analizi yöntemlerini bir destek olarak kullanan meslek grupları doğru tekniği seçmede zorlanmaktadır. Bu nedenle çoğu zaman bu desteği kullanmaktan vazgeçmekte ve diğer basit yöntemlere yönelmektedir. Bazen de maliyetleri göze alıp bu işlemi bir uzmana yaptırmaktadır. Bu durumun bir sonucu olarak bu çalışmanın amacı;

- Doğru analiz tekniğinin kullanılmasını sağlayan,
- Zaman ve maliyet açısından fayda sağlayan,
- Bir istatistiksel veri analiz uzmanının uzbilgisini içerisinde barındıran,
- İstatistik programlarının bilgilerini içerisinde barındıran,
- Soru ve cevaplar ile kullanıcının ihtiyacını karşılayan bir uzman sistem tasarlamaktır.

Bilindiği gibi veri analizinde en temel kavram bilgidir. Sahip olunan bilgi ne kadar fazla ise geleceğe dair doğru tahminde bulunma olasılığı o derece fazladır. Bilginin elde edilmesini sağlayan çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlar gözlemler, anketler veya çeşitli raporlamalardır. Şüphesiz elde var olan bilgi seviyesinin çok fazla artması istenmez. Sonuçta bilginin de bir maliyeti vardır. Bilginin önemini ortaya çıkaran ise; elde bulunan ham bilginin doğru işlenmesidir. Bu bilgi işleme ve analiz yönteminin değişikliği aynı sektördeki veya farklı sektörlerde işlev gören firmalar bir yana, firmaların kendi içlerinde bile değişiklik göstermektedir. Yönetim kademelerine göre bilginin analiz yöntemi veya detaylandırılması değişmektedir. Örneğin üretim sektöründe işlev gören bir firmada alt düzey bir yönetici için gerçekleştirilen operasyonların kontrolünde her bir operasyon için derin olmayan bir analiz şarttır. Orta seviyedeki bir yönetim için ise daha derin bir analiz ile verimdeki artış, azalış, talepteki dalgalanma gibi özet veriler daha ön plandadır. Üst yönetim için çok daha farklı ve derin bir analiz, ek yatırıma ihtiyaç duyulup duyulmadığı, ileriye yönelik stratejik atılımların yapılıp yapılmaması gerekliliği gibi bir sonuca varılacak olan türde bir analiz olacaktır. Artan rekabet koşulları insanların geleceği tahmin etmede daha hızlı, etkin ve doğru bir analiz yapmaya itmektedir. Bu tür durumlarda bir uzmanın, artık günümüzde bilişim sistemlerinin de gelişmesiyle birden çok uzmanın ve çeşitli kaynakların bilgisini harmanlayan etkin bir uzman sistemin önemi ortaya çıkmaktadır.

2. LİTERATÜR

2.1 . İstatistiksel Veri Analizi Kavramı

İstatistiğin birinci anlamı, belli konularda toplanan sayısal değerler ile ileri sürülen bir takım şekillerdir. Örneğin, bir ülkenin toplam nüfusu, ilköğretim, ortaöğretim veya

yüksek öğretimdeki öğrenci ve öğretmen sayısı, üniversitelerde öğrenci başına düşen öğretim üyesi sayısı, okuma-yazma oranı, hizmet sektöründe çalışan nüfus oranı, dış alım ve dış satım ile ilgili değerler, şekiller ve grafikler istatistik olarak adlandırılmaktadır (1).

İkinci olarak, birçok farklı alanda ortaya çıkan soruları ve/veya sorunları yanıtlamak için yapılan araştırmalarda temel unsur olan verileri doğru bir şekilde toplayarak analiz ederek bazı anlamlı bilgilere ulaşma işlemini "istatistik yöntemler" veya kısaca "istatistik" olarak tanımlayabiliriz. Söz konusu amaca ulaşmak için, istatistikte:

- Deneme desenlerinin planlanması veya tasarım
- Verilerin toplanması
- Verilerin özetlenmesi ve analizi
- Sonuçların yorumlanması ve genelleştirilmesi ile ilgili yöntemler ve prensiplerden yararlanır.

Verilerin bir gözlem araştırması yöntemiyle elde edilen haline "ham veri" denmektedir. Verilerin toplanmasının asıl amacı veri analizinin ihtiyaç duyduğu ortamın hazırlanmasıdır. Çünkü elde yeterli veri olmadan yorum yapmak mümkün olamamaktadır. Toplanan veriler önce sınıflandırılmalı, bu sınıflandırma veri toplama amacına uygun yapılmalıdır.

Doğru bir istatistiksel veri analizi için şu adımların uygulanması gerekir:

- **Çalışmanın Planlanması ve Yürütülmesi:** Veri analizinin ilk aşamasında "çalışmanın nasıl ilerleyeceği", "nerede, nasıl ne zaman yapılacağı" gibi sorulara cevap aranır. Bu plana göre veri analizinin diğer aşamalarına geçilebilir.
- **Problemin Doğasını Anlama:** Etkili bir veri analizi araştırma probleminin anlaşılmasıyla başlar. Burada araştırmacının amacı ve cevaplanması gereken soruların belirlenmesi gerekir (2).
- **Neyin, Nasıl Ölçüleceğine Karar Verilmesi:** Sürecin bir sonraki aşaması ise hangi bilginin elde edilmek istendiğinin belirlenmesidir (2). Örnek olarak, öğrenme tarzıyla zeka arasındaki ilişki, numunelerin kabul veya reddi, üretim sürelerinin dağılımlarının bulunmak istenmesi gibi örnekler somut örnekler olarak verilebilir.
- **Veri Toplanması:** Veri analiz sürecinin bir sonraki aşaması olan veri toplama aşaması kritik aşamalardan biridir. Araştırmacı verileri toplayacağı kaynağı iyi belirlemelidir. Veri kaynağına ulaşmak veya bu veri kaynağından veri almak zor ise analiz süreci sonlanabilir.
- **Verilerin Özetlenmesi ve Birincil analiz:** Veriler toplandıktan sonra bir sonraki adımda verilerin birincil analizinin yapılması gerekir. Veriler özetlenerek veya grafiksel görünüşüne bakarak hangi metodun kullanılacağına karar verilmesi gerekmektedir.
- **Yapısal Veri Analizi:** Bu aşama uygun istatistiksel metot uygulamasının seçildiği aşamadır.
- **Sonuçların Hazırlanması:** Veri analiz sürecinde diğer bir kritik adımdır. Bu aşamanın ana amaçları aşağıdaki soruların cevaplandırılmasıyla ilgilidir:
 - Analizden hangi sonuçlar çıkarılacak?
 - Sonuçların analizi istenilen amaca yönelik bilgileri nasıl belirtecek?
 - Gelecek araştırmalara bu sonuçlar nasıl rehberlik edecek gibi sorulara cevap aranır.

- **Araştırma Çalışmasının Değerlendirilmesi:** Bu aşama veri analizinin en son aşamasıdır. Bu aşamada artık çalışmanın yorumu yapılır. Örneğin, “amaçlar veya sorular doğru belirlenmiş mi?”, “alınan gözlemler kesin değerler miydi?”, “seçilen analiz metodu doğru muydu?” gibi sorular sorularak çalışmanın etkinliği ölçülür.

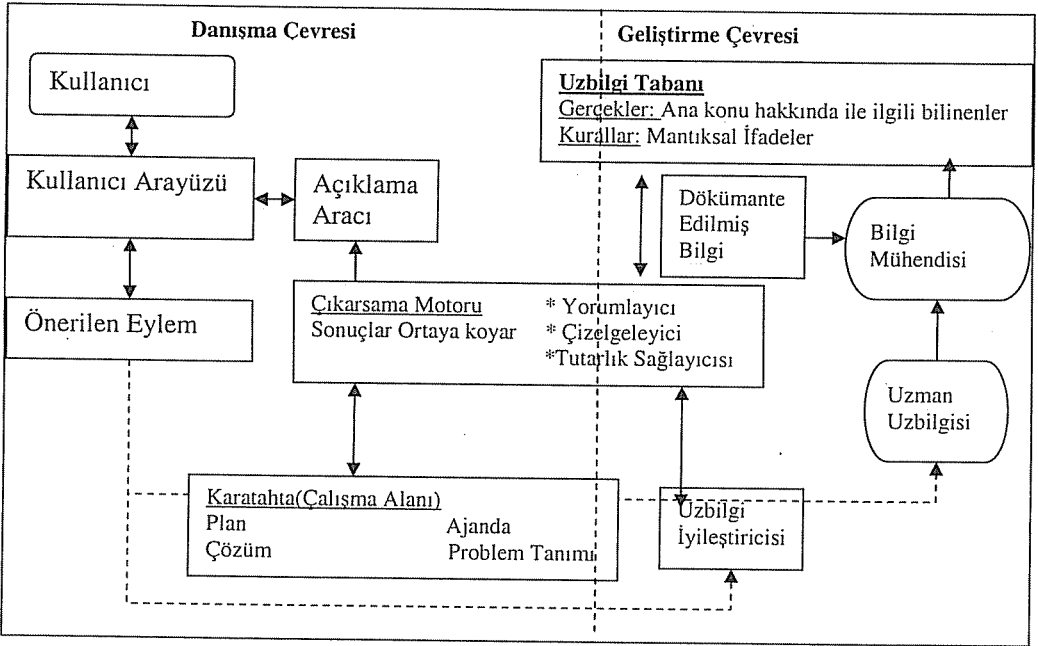
2.2. Uzman Sistem Kavramı

Uzman sistemler bir uzmanın bilgisini yüksek performansla karar vermek için kullanan bilgisayar tabanlı bilgi sistemleridir (3). Uzman sistemler insanın düşünce sistemini taklit etmeye çalışır, değerlendirme yapabilir, çıkarsamada ve yargıda bulunabilir (4).

Başka bir tanıma göre uzman sistem, sorunları çözmek için normal olarak insanın uzmanlığına ihtiyaç duyan, insanın sahip olduğu uzmanlık bilgisinin, bir bilgi tabanında saklayan bir bilgisayar programıdır (5).

Uzman sistemleri kullanma ihtiyacı sık sık, bir uzmanın emekliliğe ayrılması esnasında ve sahip olduğu uzbilginin korunmak istenmesi nedeni ile doğar. Bireylerin yeteneklerinin bir bilgisayara kopyalanması fikri ile amaçlanan, uzmanların emekliliğinden sonra bile, onun bilgisinin sürekli kullanılmasını sağlamaktır (5).

Yukarıda da değinildiği gibi, firmalar çoğu zaman uzmanlarını kaybetme korkusunda bulunurlar. Bu nedenle artık uzmanların bilgilerinin uzman sistemler yardımıyla bir bilgisayarda toplanması, firmaların organizasyon faaliyetlerinde daha rahat hareket etmesini sağlamaktadır. Bu durumun farkında olan firmalar bugün çeşitli uzman sistemler geliştirmeye ihtiyaç duymaktadırlar.



Şekil 1. Bir uzman Sistemin Yapısı (3)

Şekil 1’de bir uzman sistemin yapısında bulunması gereken elemanlar kavramsal model ile gösterilmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

Bu amaçlar doğrultusunda hazırlanan “İstatistiksel Veri Analizi Uzman Sistemi” aşağıdaki araçlara ihtiyaç duymuştur. Bu araçların tanımları ise şöyledir.

a) Karar Ağacı Tekniği: Bir karar probleminin var olabilmesi için, problemde bir veya daha fazla amacın olması, bu amaç ya da amaçlara ulaşabilmek için sonuçları farklı seçeneklerin bulunması gerekir. Tek bir seçeneğin varlığı halinde karar almadan söz edilememektedir. Çünkü böyle bir durumda çözüm tektir ve mutlaka uygulanmak zorunda olmaktadır. Bu amaçların ve koşulların dallanması karar ağacı tekniğinin kullanılmasına neden olmaktadır.

b) Mysql Veritabanı: Bilindiği gibi veritabanı çeşitli bilgilerin tutulduğu bir veya birden fazla veri tablosunun oluşturduğu, aralarında ilişkili ilişkisiz bir çok tablonun bulunduğu bir yapıdır. Tıpkı bir kitabın yazılması mantığına benzer yazılırlar. Bugün gelişmiş seviyelerde bir çok veritabanı uygulaması bulunmaktadır. Oracle, MsSQL gibi veritabanı yönetim araçları pahalı ve güçlü veritabanları iken, MsAccess, Dbase gibi yazılımlar ucuz ve daha yavaş işleyen veritabanlarıdır. Mysql çok güçlü, güçlü olduğu kadar hızlı ve güvenilir bir SQL programıdır (6).

c) Varlık İlişki Diyagramı : Veritabanları oluşturulurken bir çok tablo arasında çeşitli ilişkiler olabilir. Bu ilişkiler bilgi tutarlılığını sağlama ve bilgi tekrarını önleme gibi yetenekleri veritabanına kazandırmaktadır. Eğer iyi bir veritabanı oluşturmak isteniyorsa ilişkiler doğru kurulmalı ve doğru yansıtılmalıdır.

İyi tasarlanmış bir veritabanında kayıt ekleme, silme, sorgulama, güncelleme gibi işlemler daha etkin yapılabilir. Veritabanına yeni veri gruplarının eklenmesi daha kolay olur. Bu tasarım süreci tutulması istenen verilerin belirlenmesinden gruplandırılmasına ve veritabanları arasındaki ilişkilerin belirlenmesine kadar bir çok işlem adımını içerir (7).

d) Delphi 7.0: Her uzman sistem oluşturulması bir bilgisayar programına ihtiyaç duymaktadır. Bu uzman sistemin kullanıcı arayüzünün ve çıkarsama makinesinin oluşturulmasında Delphi 7.0 programından yararlanılmıştır. Delphi 7.0 programı Borland firmasının 2002 yılında üretmiş olduğu, programlama dili olarak Pascal’ın nesne yönelimli uzantısı olan Object Pascal dilini kullanan bir ortamdır. Object Pascal kolay anlaşılır bir dile, hızlı derleme gücüne ve modüler programlama için gerekli tüm komutlara sahiptir (8).

4. UYGULAMA

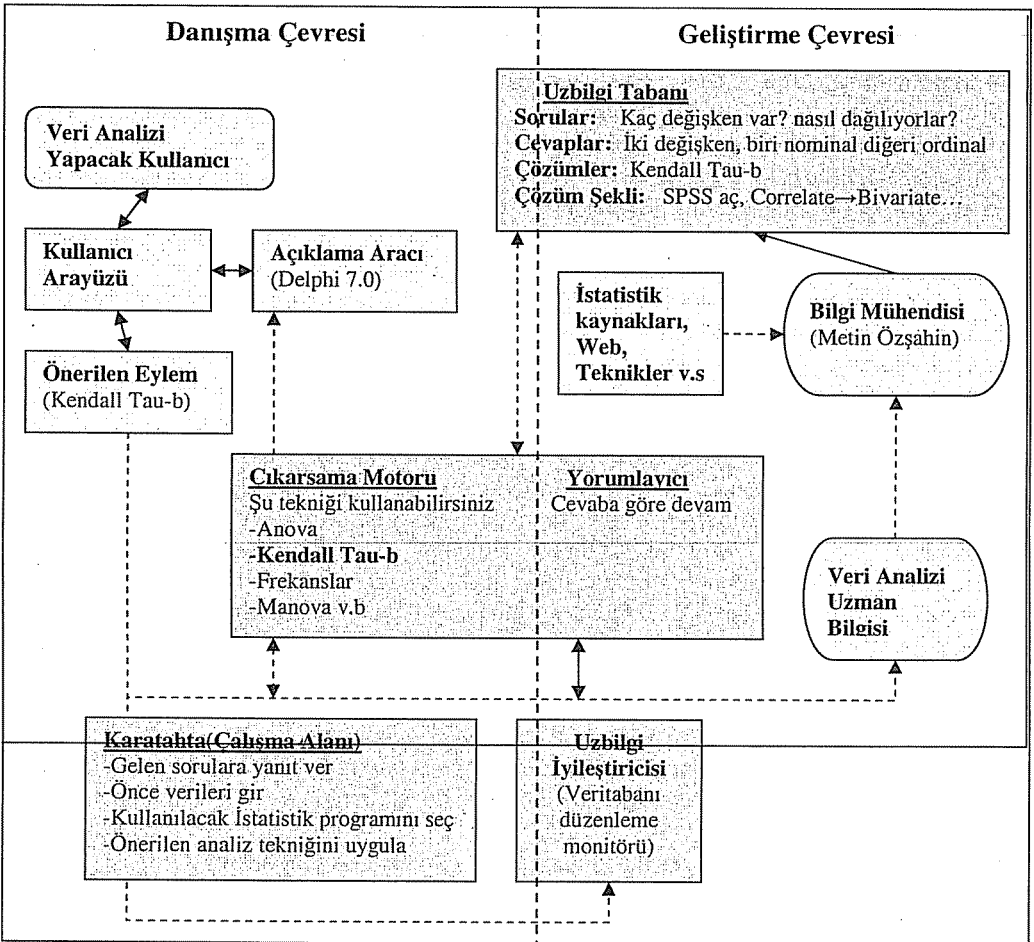
Bu çalışmada öncelikle geliştirilmek istenen uzman sistem yazılımının kavramsal modeli ortaya konmuştur. Şekil 2’de bu kavramsal modeldeki hangi yapının hangi materyal ve metodu kullanacağı belirtilmiştir. Bu kullanılan araçlar ve yapılan tasarım sonucunda;

- Uç kullanıcıya çeşitli sorular sorarak doğru analiz tekniğini öneren,
- Uç kullanıcıdan cevapları alıp işleyen ve karşılığında bir çözüm üreten,
- Çıkan sonuçların uç kullanıcının kullandığı programa göre nasıl yapılacağını belirten,

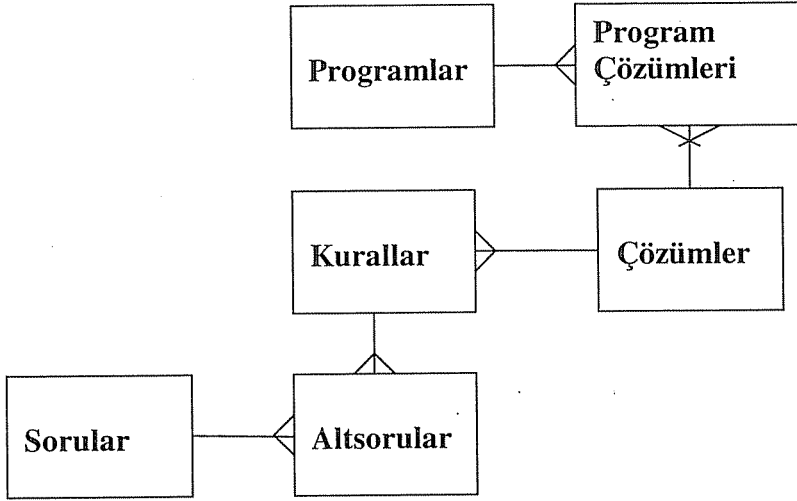
- Veritabanı esnek ve geliştirilmesi son derece kolay olan bir uzman sistemi tasarımı yapılmıştır.

Şekil 2'de görüldüğü gibi uzman sistemin danışma çevresi ve geliştirme çevresi olmak üzere iki ana yapısı bulunmaktadır. Veri analizini yapmak isteyen kullanıcı Delphi 7.0 kullanılarak hazırlanan Datexpert yazılımının kullanıcı arayüzü aracılığı ile sorulan soruları yanıtlar. Sorular ve cevaplar bilgi mühendisi uzmanlarına danışılarak uzman bilgisine daha önceden yazılım yardımı ile aktarılmıştır. Çıkarılma makinası ise verilen cevapların karar ağacında izlediği mantık yolu sonucunda çözüme ulaşmak için gerekli sorgulamayı yapar.

Şekil 3.'de geliştirilen uzman sistemde kullanılan veri depoları ve ilişkileri Varlık-İlişki Diyagramı notasyonunda gösterilmektedir. Görüldüğü üzere bir soru birden fazla alt sorudan oluşmaktadır. Her bir kural bir den çok alt soru ile ilişkilendirilirken her çözüm de birden çok kural ile ilişkilendirilmiştir.

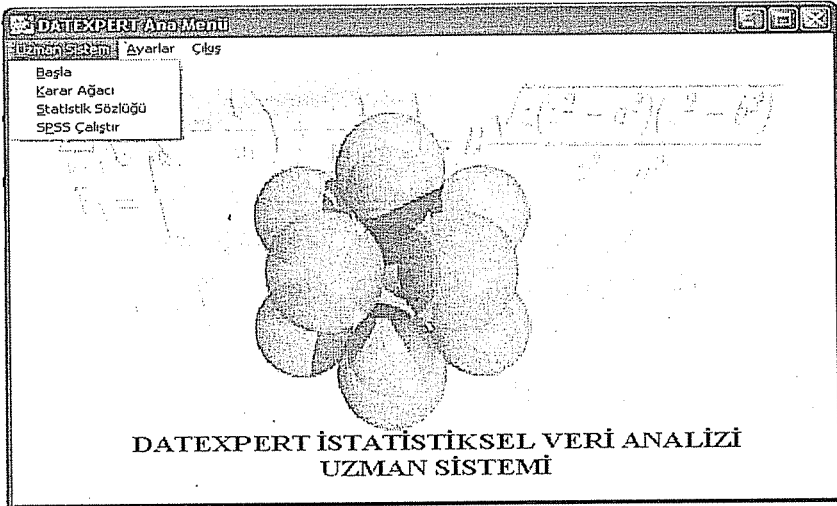


Şekil 2. İstatistiksel veri analizi uzman sistemi yapısı



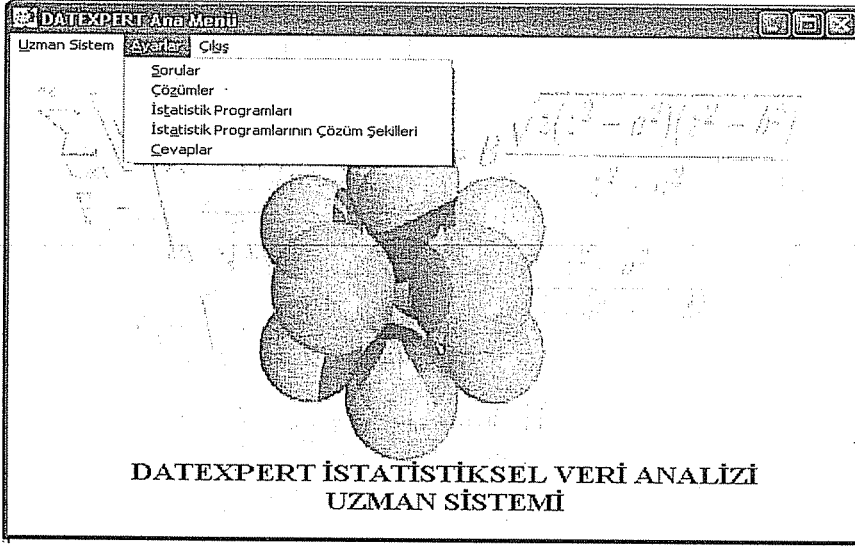
Şekil 3. İstatistiksel veri analizi uzman sistemi varlık ilişki diyagramı

Sistem işlerken veritabanında bulunan soruları belirli koşullara göre sırayla sorar en sonunda yapılması gerekeni yani teşhisi ortaya koyar. Bunu ortaya koyarken kullandığı istatistik programını sorar veritabanında mevcutsa, önce o programı çalıştırır. Daha sonrasında ise izleyeceği yolu gösterir.



Şekil 4. Datexpert Yazılımı Görünümü

Şekil 4'deki ana menüden tüm gerekli ayarlamalar yapılabilmektedir. Başla denilmeden önce veritabanı tamamlanmalıdır. Ana menüde iki tane alt menü bulunmaktadır. "Başla" komutu uzman sistemin soracağı soruları başlatır. "Karar Ağacı" sistemin karar ağacını göstermektedir. "İstatistik sözlüğü" istatistik ile ilgili temel kavramların ne olduğunu ve yöntemler hakkında bilgileri veren bir forma açılır.



Şekil 5. Datexpert Yazılımı Ayarlar Menüsü

Şekil 5'de görüldüğü gibi ayarlar menüsüne giriş yapılabilmektedir. Uzman sistemin uzman bilgisi tabanı bu menüden hazırlanabilmektedir. Burada "Sorular" tıkladığında sorular ekranı, "Çözümler" tıkladığında çözümler ekranı, "İstatistik Programları" tıkladığında sistem kayıtlı olan istatistik programlarını görülebilir, eklenebilir ve değiştirilebilir, "İstatistik Programlarının Çözüm Şekilleri"nden program çözümleri v.s kayıt edilebilir.

Şekil 6'da görülen ekran yardımı ile uzman sistem geliştirilirken uç kullanıcıya sorulacak olan sorular veritabanına kaydedilir. '+' işareti ile yeni kayıt eklenmekte, oval ok ile ise kaydetme işlemi yapılır. "Excele aktar" tuşu ile ise herhangi bir Excel dosyasına soruların gönderilmesi işlemi yapılır.

Şekil 7'de ise cevapların kayıt işlemleri yapılır. Cevaplar uç kullanıcının gelen soruya ilişkin cevap seçenekleridir. Bunlardan birincisi az önce de değinildiği gibi cevap sorularına ilişkin cevap seçenekleri, ikincisi ise cevaplara bağlı olan sorulardır. Yani verilen cevaba göre soru sorulacaksa buraya soru kısmı yazılır. Yoksa boş bırakılır.

Soru No	Soru
1	Verilerinizde Kaç Farklı Değişken Bulunmaktadır
2	Verileriniz Nasıl Bir Dağılışa Sahip?
3	Verilerinizin Dağılımı İle İlgili Ne Bilmek İstiyorsunuz
4	Ordinal Verileriniz İçin Ne Görmek İstiyorsunuz
5	İnterval Değişkenleriniz İçin Ne Bilmek İstiyorsunuz
6	Ortalamadan sapan ve Ortalamayı Çok Etkileyen
7	Dağılımın Durumu Nedir?
8	İki değişkeninizin dağılış şekilleri nasıl olmaktadır
9	Ayrımı yapılan fark biri bağımlı diğeri bağımsız de
10	Doğrusal ilişkiye benzer bir ilişki mi görmek istiy
11	İki Değişkenin Ortamalarının birbirine eşit mi old
12	Doğrusal Bir ilişkiyi mi teşhis etmek istiyorsunuz'

Excele Aktar

Şekil 6. Datexpert Soru Kayıt İşlemleri Görünümü

Cevap No	Cevap Tanımı	Cevabın bağlı olduğu Soru
1	Bir Değişken Mevcut	1
2	İki Değişken Mevcut	1
3	İki Değişkenden Fazla Değişken Mevcut	1
4	Nominal	2
5	Ordinal	2
6	İnterval	2
7	Merkezi Eğilim	3
8	Dağılım	3
9	Frekanslar	3
10	Merkezi Eğilim(Or)	4
11	Dağılım(Or)	4
12	Frekanslar(Or)	4

Şekil 7. Datexpert Cevap Kayıt İşlemleri Görünümü

Çözüm	Çözüm	Cevap No
1	Mod Değerine Bakılır	7
2	Göreceli Frekanslar(Relative Frequencies)	8
3	Frekanslar(Frequencies)	9
4	Medyan(Median) Değerine Bakılır	10
5	Çeyreklikler Arası Sapma(Inter-quartile Deviation) Değerine Bakılır	11
6	Ordinal Veriler için Frekanslara(Frequencies) Bakılır	12
7	Kayıklık(Skewness) Değerine Bakılır	13
8	Bu Uzman Sistemin Bildiği Bir Çözüm Yok	19
9	İnterval değişken için Ortalama Değerine Bakılır	21
10	Ortalama ve Medyan Birlikte Hesaplanmalıdır	22
11	Kurtosis Değeri Hesaplanmalıdır	16
12	İnterval değerler için Frekanslar Hesaplanmalıdır	17
13	Kolmogorov-Smirnov Testi, Ki-kare Uyum iyiliği testi(Goodness of f	18

Şekil 8. Datexpert Çözüm Kayıt İşlemleri Görünümü

Şekil 8'de ise çözüm önerileri bulunmaktadır. Bu formda çözüm önerilerinin kayıt işlemleri yapılabilmektedir. Burada önemli olan noktalardan biri "Cevap No" alanıdır. Burada biraz önce "Cevaplar" formunda değindiğimiz gibi cevaplara ya sorular bağlanır ya da çözüm önerileri bağlanır. Bu yüzden "Cevap no" alanına düğümün bittiği cevapların numaraları yazılır.

Program No	Program Adı	Program Versionu
1	Spss for Windows	13.0
2	Statistica Software	
3	Minitab	
4	Microsiris	

Şekil 9. Datexpert Program Kayıt İşlemleri Görünümü

Şekil 9'da ise sisteme kullanılan her türlü istatistik programı kabul edilebilmektedir. Bu formda istatistik programlarına ilişkin kayıt işlemleri gerçekleştirilebilir.

Program Çözüm No	Çözüm No	Program No	Çözüm Şekli
1	1	1	1 Analyze menüsünden -> Descri
2	2	1	1 Analyze menüsünden -> Descri
3	3	1	1 Analyze menüsünden -> Descri
4	4	1	1 Analyze menüsünden -> Descri
5	6	1	1 Analyze menüsünden -> Descri
6	7	1	1 Analyze menüsünden -> Descri
7	9	1	1 Analyze menüsünden -> Descri
8	10	1	1 Analyze menüsünden -> Descri
9	11	1	1 Analyze menüsünden -> Descri
10	12	1	1 Analyze menüsünden -> Descri
11	13	1	1 Analyze menüsünden -> Nonpa
12	14	1	1 'Analyze' menüsünden-> Regre

Excel'e Aktar

Şekil 10. Datexpert Program Çözümleri Kayıt İşlemleri Görünümü

Şekil 10'da ise sistemin son basamağı olan programların çözümleri nasıl gerçekleştirdikleri ile ilgili kayıt işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Burada "Çözüm No" çözümler formundan, "Program no" istatistik programları formundaki anahtar alanlardır.

İSTATİSTİKSEL VERİ ANALİZİ UZMAN SİSTEMİ

Verilerinizde Kaç Farklı Değişken Bulunmaktadır.

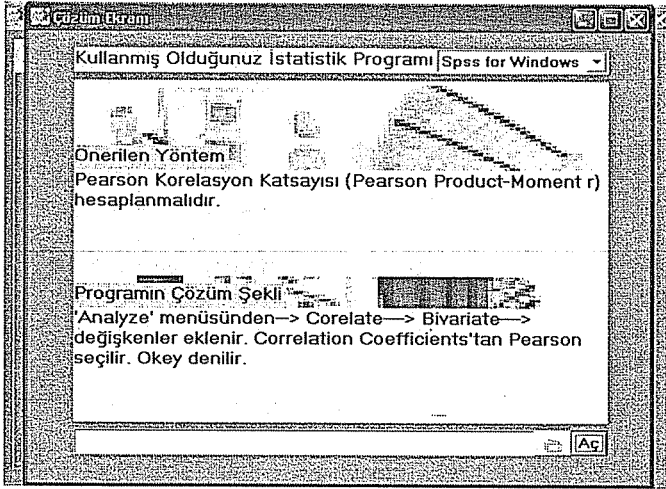
Bir Değişken Mevcut
İki Değişken Mevcut
İki Değişkenden Fazla Değişken Mevcut

Kapat Geri Devam Et

Şekil 11. Datexpert Başlangıç Sorusu

Uzman sistemin ana menüsünde veri analizine başlamak mümkündür. Şekil 4'de "Başla" adlı yazıya tıklanılarak veri analizi başlatılır. Başla tuşuna basıldığında Şekil 11'deki gibi uzman sistemin ilk sorusu, yani "Verilerinizde kaç farklı değişken bulunmaktadır?" sorusu gelmektedir.

Gelen onlarca soruya çözümlenmek istenen sorunun amacına göre cevap verildiğinde Şekil 12'deki gibi bir çözüm ekranı gelir.



Şekil 12. Datexpert Çözüm Ekranı Görünümü

5. BULGULAR

Eğitim, finans ve imalat gibi değişik sektörlerde çalışan ve veri analizini kullanan beş uç kullanıcıdan oluşturulan uzman sistemin değerlendirilmesi istenmiştir. Bu değerlendirme sonucunda ilgili uzman sistemin şu zayıf ve güçlü yanları ortaya çıkmıştır.

Zayıf yanlar: Anlaşılmayan sorular için örnekli açıklamalar getirilmesi, çıkarsama motorunda soruların artırılması, uzman tabanında çözüm kümesinin artırılması, seçilen çözüm için ilgili yazılımın SPSS, Minitab gibi otomatik çalıştırılarak seçilen çözüm fonksiyonunun Pearson korelasyonu gibi ekrana getirilmesi

Güçlü yanlar: Yazılımın esnek olması (kendi kendine besleme ve geliştirme olanağının bulunması), menülerin ve ekranların kolay anlaşılır olması, kısa zamanda yazılımın çözüm önerisi sunması.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli uzmanlar vasıtasıyla toplanmış, istatistik programları incelenmiş ve hazırlanan uzman sistemin yapısı Delphi 7.0 programı vasıtasıyla bilgisayar üzerinde çalışır hale gelmiştir. Bu çalışmanın tamamlanabilmesi için;

- 104 tane soru tanımlanmıştır,
- Bu 104 tane soruya ait 225 ayrı cevap için 114 ayrı kural oluşturulmuştur.

- Bu 114 kural için gerekli veritabanı tasarımı MySQL'de yapılmıştır.
- Sistemin programlanması Delphi 7.0 programı yardımıyla yapılmıştır.
- Uzman sistem geliştirilirken karar ağacı tekniğinden ve ileri zincirleme tekniğinden yararlanılmıştır. Sonuçta Datexpert uzman sistemi oluşturulmuştur.
- Çalışma içerisinde bir SPSS uygulaması yapılarak yazılımın nasıl işlediği gösterilmeye çalışılmıştır.

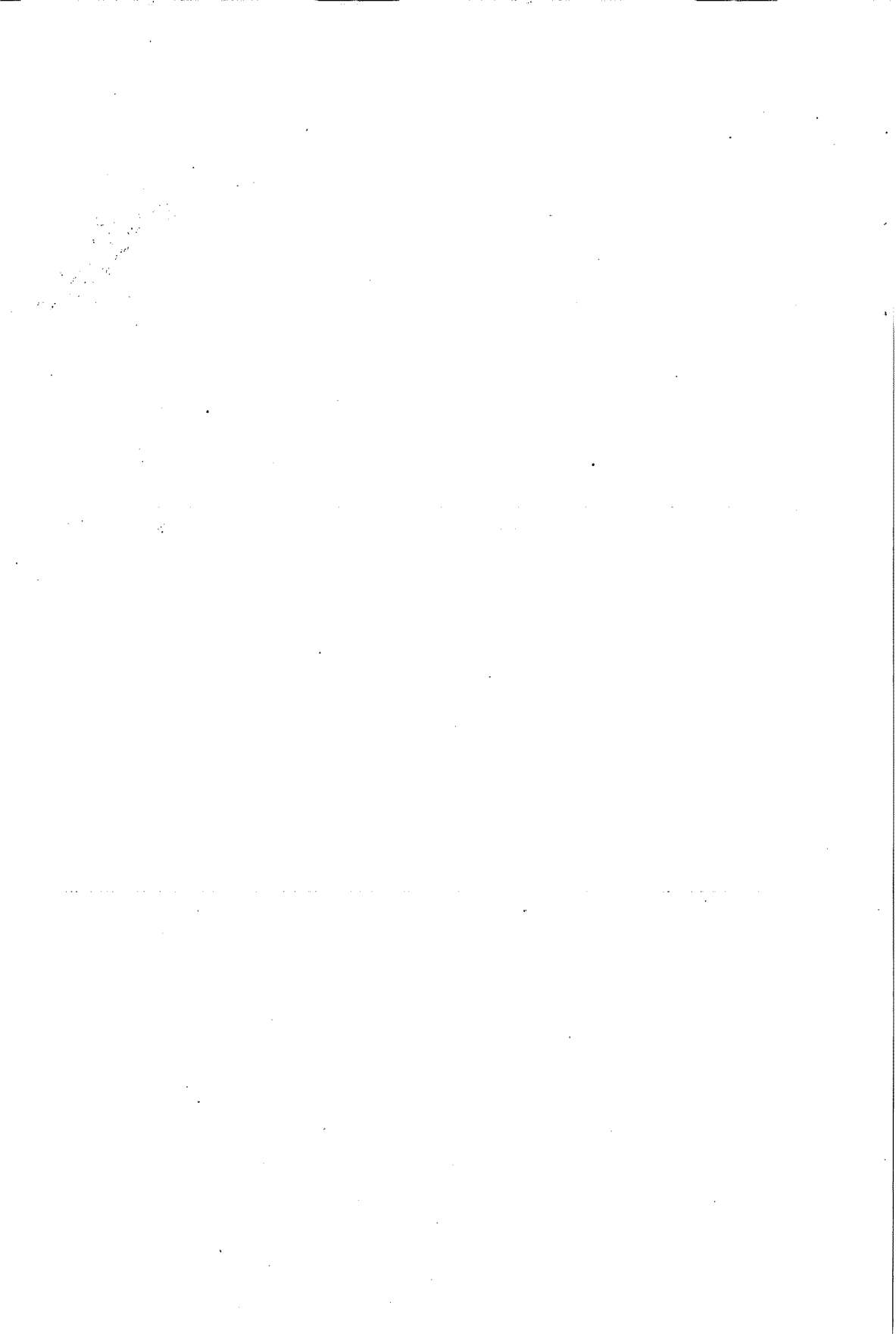
Öneriler:

- Program kodları daha da geliştirilerek internet üzerinden çalıştırılabilir bir duruma getirilmelidir.
- Bu sistem için hazırlanan web sayfasına anketler v.s sorular konarak sistemin daha fazla testinin yapılabilmesi sağlanmalıdır. Böylelikle sistemin gelişmesi daha iyi bir şekilde olacak ve sağlam bir tabana kavuşacaktır.
- Uzman tabanının daha da geliştirilebilmesi için daha uzun bir çalışma ve derin bir analiz yapılması gerekir. Bu derin analizde daha çok uzmandan yararlanılmalıdır.
- Bunun dışında uç kullanıcıların mesleklerine ve bilgi seviyelerine yönelik sorular da daha hızlı ve etkin bir çözüm oluşturulmasını sağlayacaktır.

Yapılan bu çalışma istatistiksel veri analizi konusunda bir uzman sistemin tasarımının yapılabileceğini ortaya koymuştur. Bu tür uzman sistemlere her zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Şüphesiz istatistik gibi diğer alanlarda da bir uzman sistem tasarım fikri ileride mutlak gereksinim olarak ortaya çıkacaktır. Çünkü çağımız bilgi çağında karar verme ve sorun çözmede bilgiye ne kadar az maliyetle ve ne kadar çabuk sahip olunursa işletmeler ve araştırmacılar o kadar çok rekabetçi avantaj elde edeceklerdir.

7. KAYNAKÇA

1. Otrar, M., http://www.mustafaotrar.com/teknikler/001_ist_tarihi.htm, 2007
2. Peck, R., Olsen, C., Devore, J., "Statistics and Data Analysis", p.125, Duxbury, America, 2001.
3. Turban, E., Aronson, J.E., Liang, T., "Decision Support Systems and Intelligent Systems", Pearson Prentice Hall Publishing, Australia, p.544-555, 2005.
4. Yüregir, O., "Bilişimde Sistem Analizi ve Tasarımı", Nobel kitabevi, s.35, Adana, 2001.
5. Partridge, D. and Hussain, K.M., "Knowledge Based Information Systems", McGraw Hill, 1. Title, p.53-54, England, 1995.
6. Şamlı, M., "MySQL ve PostgreSQL", Pusula Yayıncılık, 1.Baskı, Kasım, s.10, İstanbul, 2003.
7. Gündüz, D., "Veritabanlarına Giriş Seminer Notları", IV.Akademik Bilişim Konferansı, Konya, 2002.
8. İnan, M., Demirli, N., Delphi 7, Prestij Yayınları, s.5, Ankara, 2003.



BİR TALAŞLI ÜRETİM İŞLETMESİNDE PROSES YETERLİLİK ANALİZİ**Serap AKCAN***Ç.Ü., Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye***Funda KAHRAMAN***ME.Ü., Makine Eğitimi Bölümü, Tarsus/Türkiye*

ÖZET : Üretim proseslerinde ürünlerin spesifikasyon limitleri içerisinde üretilmesi istenmektedir. Bu hedef proses yeterliliği ile başarılabilir. Proses yeterliliğini belirlemede C_p ve C_{pk} indeksleri kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, silindirik gömleği üreten orta ölçekli bir işletmenin talaşlı üretim hattında proses yeterlilik analizi yapılmış ve yeterlilik indeksleri (C_p ve C_{pk}) hesaplanmıştır.

Yapılan analiz sonucunda işletmenin proses yeterliliğinin "yeterli olmadığı" görülmüştür. İşletmenin proses yeterliliğini sağlayabilmesi için proses değişkenliğini azaltıcı önlemler alması gerekmektedir.

PROCESS CAPABILITY ANALYSIS IN A MACHINING COMPANY

ABSTRACT : In manufacturing process, the products are wanted to be produced within specification limits. This goal can be achieved by process capability. C_p and C_{pk} indices are used for determining the process capability.

In this study, process capability analysis have been done in machining line of a medium sized company which produces cylinder liner, and process capability indices (C_p and C_{pk}) have been calculated.

As a result of analysis, it has been seen that the process is not adequate. In order to satisfy the process capability, company must take actions to reduce the process variability.

1. GİRİŞ

İstatistikî Proses Kontrol (İPK) bir prosesi sürekli denetlemede ve prosesdeki değişkenliği kontrol altına almada kullanılan bir kalite kontrol metodudur [1].

Bir prosesdeki değişkenlik, ortaya çıkma sebebine göre genel ve özel faktörler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Değişkenliğin genel faktörleri olay üzerinde etkileri bir kurala bağlanamayan ve her proseste rassal olarak ortaya çıkan faktörlerdir. Değişkenliğin özel faktörleri ise belirsiz bir kaynaktan oluşurlar, önceden tahmin edilemez ve düzenli değildirler. Önlem alınmadıkça tekrar ederler [1-2].

İPK'nın amacı değişkenliğe sebep olan özel faktörleri ortadan kaldırarak prosesi kontrol altında tutmaktır. Kontrol altındaki bir proseste spesifikasyon limitleri içinde parçalar üretilebilmektedir. Üretimin her safhasının kontrol altında tutulması için çeşitli kalite kontrol teknikleri geliştirilmiştir. Bunlardan en önemlileri:

- Histogram
- Kontrol şemaları
- Pareto analizi
- Sebep-sonuç diyagramı
- Dağılım diyagramı
- Proses yeterlilik analizi'dir [3].

Bu çalışmada, silindir gömleği üreten orta ölçekli bir işletmenin talaşlı üretim hattında proses yeterlilik analizleri yapılmış ve proses yeterlilik indeksleri (C_p ve C_{pk}) hesaplanmıştır. Proses yeterlilik analizinde normal dağılım eğrisi ve histogram tekniklerinden yararlanılmıştır.

2. PROSES YETERLİLİK ANALİZİ

Proses Yeterlilik Analizi, prosesdeki doğal değişkenliğin ölçümünü içermektedir. Proses yeterlilik prosesdeki değişimin bir fonksiyonudur ve prosesdeki altı standart sapma yayılımı olarak tanımlanmaktadır. Üretim proseslerinde ürünlerin spesifikasyon limitleri içerisinde üretilmesi istenmektedir. Proses yeterliliği bu hedefe ulaşma kabiliyetinin bir ölçüsüdür [1-4].

Bir prosesin üretim yeteneğini tanımlama yollarından biri proses yeterlilik analizidir. Proses yeteneği "bir prosesin sağlayabildiği en az kalite değişkenliği" olarak tanımlanmaktadır. Proses yeteneği insan, makine, materyal, metot ve çevre faktörlerine bağlı olup, bu faktörlerin değişiminden etkilenmektedir [5-6-7].

Proses yeterliliğini ölçmede ilk adım prosesi, ikinci adım ise spesifikasyon limitlerini tanımlamaktır. Proses yeterlilik analizinde prosesin yeterli olup olmadığını anlamak için prosesden toplanan veriler ile spesifikasyon limitleri karşılaştırılır.

Normal dağılıma uyan veriler için proses yeterliliğinin belirlenmesinde C_p ve C_{pk} olarak isimlendirilen proses yeterlilik indeksleri kullanılır. Bunlardan C_p indeksi prosesin sadece yayılımını kontrol ederken, C_{pk} indeksi ise prosesin hem yayılımını hem de proses ortalamasının hedef değerden sapmasını kontrol etmektedir.

C_p indeksi (1) no'lu, C_{pk} indeksi (2), (3) ve (4) no'lu eşitliklerden faydalanılarak hesaplanır [2] :

$$C_p = \frac{\bar{ÜSL} - ASL}{6s} \quad (1)$$

$$C_{pü} = \frac{\bar{ÜSL} - \bar{x}}{3s} \quad (2)$$

$$C_{pa} = \frac{\bar{x} - ASL}{3s} \quad (3)$$

$$C_{pk} = \min \{C_{pü}, C_{pa}\} \quad (4)$$

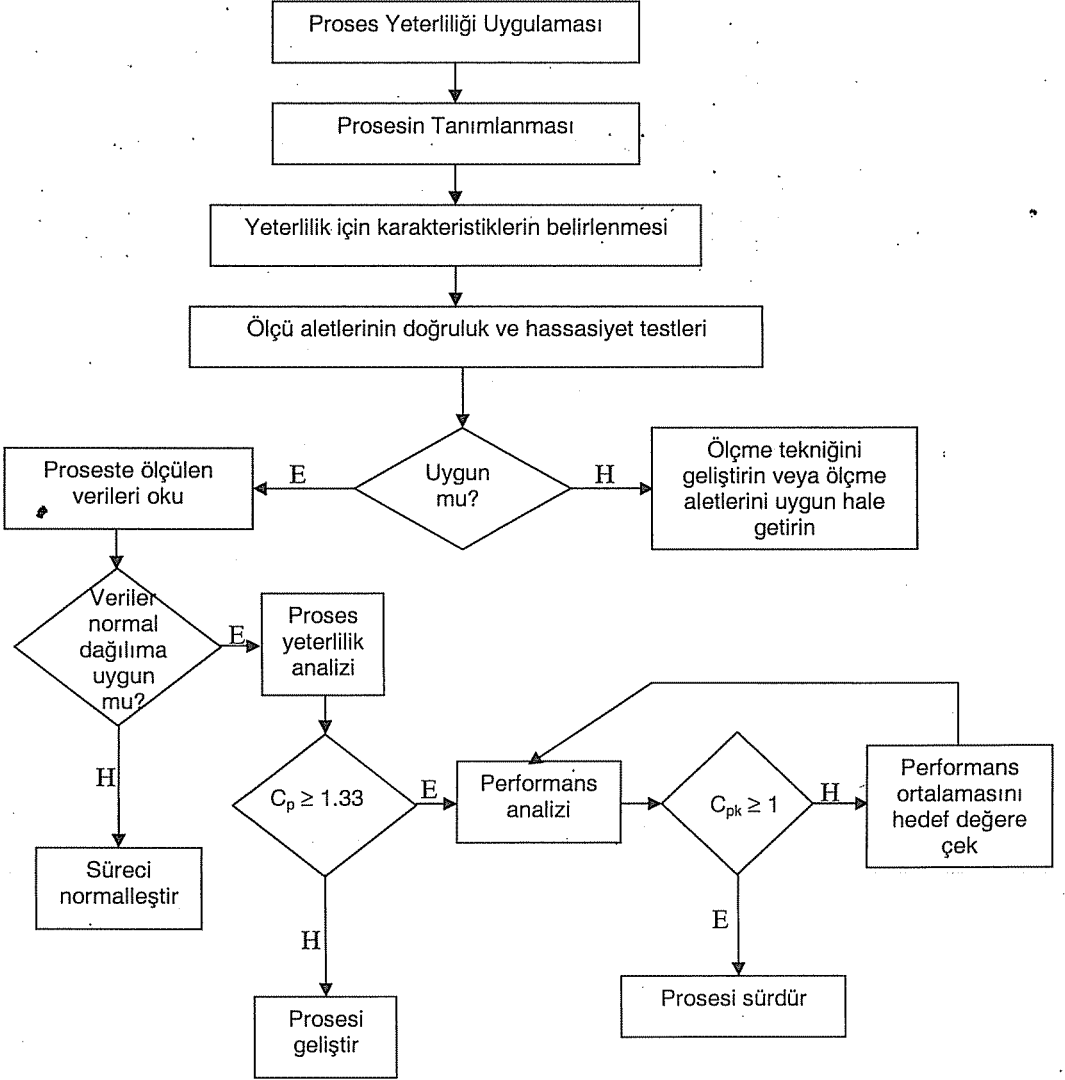
Burada “ÜSL” üst spesifikasyon limitini, “ASL” alt spesifikasyon limitini, “s” standart sapmayı ve “ \bar{x} ” proses ortalamasını ifade etmektedir.

C_p ve C_{pk} değerlerine göre prosesin yeterliliği hakkında karar vermek için Tablo 1 kullanılmaktadır [2].

Tablo 1. C_p C_{pk} İndekslerinin Karar Noktaları [2]

$C_p > 1,33$	Proses yeterliliği yeterli.
$1 < C_p < 1,33$	Proses marjinal olarak yeterli, daha yakından izlenmeli.
$C_p < 1$	Proses yeterliliği yetersiz, proses değişkenliğinin azalması gerekli.
$C_{pk} > 1,33$	Proses şartname limitlerini karşılıyor.
$1 < C_{pk} < 1,33$	Proses marjinal olarak şartname limitlerini karşılıyor, proses ortalaması hedeften uzaklaştıkça prosesin hata yüzdesi artabilir.
$C_{pk} < 1$	Proses şartname limitlerini karşılamıyor. Proses ortalaması hedef değerden uzakta.

3. ORTA ÖLÇEKLİ BİR İŞLETMEDE PROSES YETERLİLİK ANALİZİ

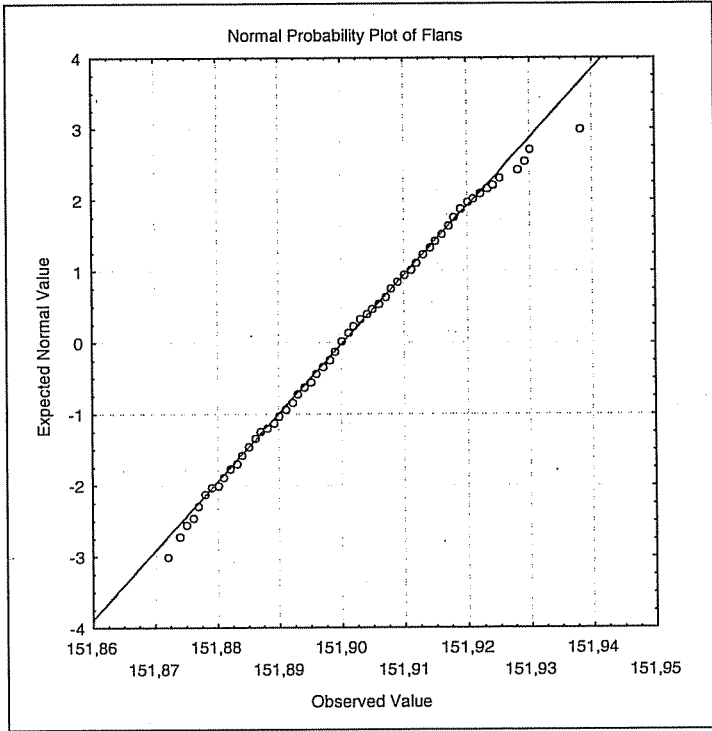


Şekil 1. Proses Yeterliliği Akış Diyagramı

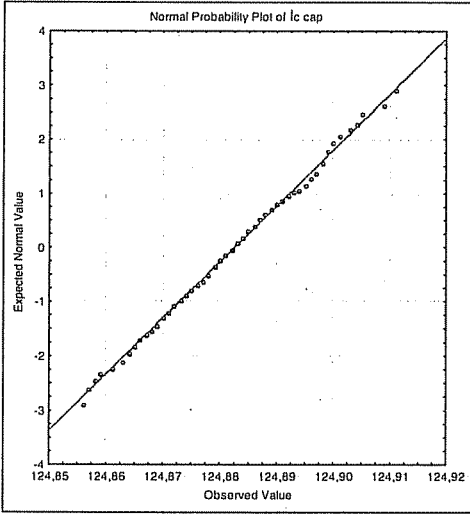
Bu çalışmada, lamel grafitli dökme demirden silindir gömleği üreten orta ölçekli bir işletmenin talaşlı üretim hattında proses yeterlilik analizleri yapılmıştır. Proses yeterlilik analizi için akış diyagramı Şekil 1'de görülmektedir.

Silindir gömleği için; işletmedeki uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda, flanş çapı ($\phi 152_{-0.143}^{-0.043}$), iç çap ($\phi 125_{-0.13}^{-0.10}$) ve flanş yüksekliği ($10.07_{-0.02}^0$) kalite karakteristiği olarak esas alınmıştır. Parçalar CNC tezgah kullanılarak işlenmiştir.

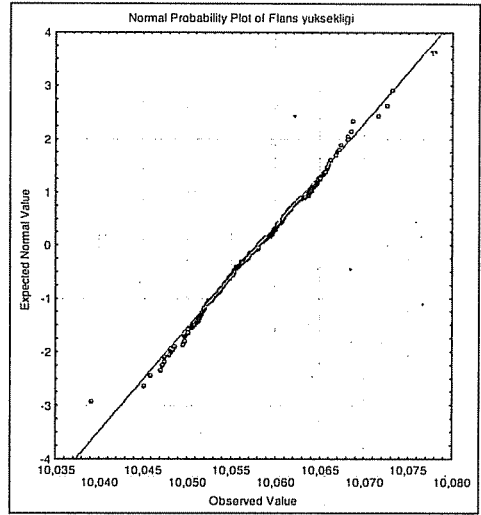
01.09.2007 ile 01.12.2007 tarihleri arasında üretilen parçalardan 500 adeti rassal olarak seçilmiştir. Seçilen örneklerden toplanan verilerin normal olasılık grafikleri Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de gösterilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunluk testleri ki-kare uyum iyiliği testi kullanılarak yapılmıştır. "p değeri" ki-kare testi kullanılarak, flanş için 0.303, iç çap için 0.358 ve flanş yüksekliği için 0.095 olarak hesaplanmıştır. % 95 güvenilirlik düzeyinde kalite karakteristiklerine ait p değerlerinin 0.05'den büyük çıkması, verilerin normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. Flanş için normal olasılık dağılımı grafiği

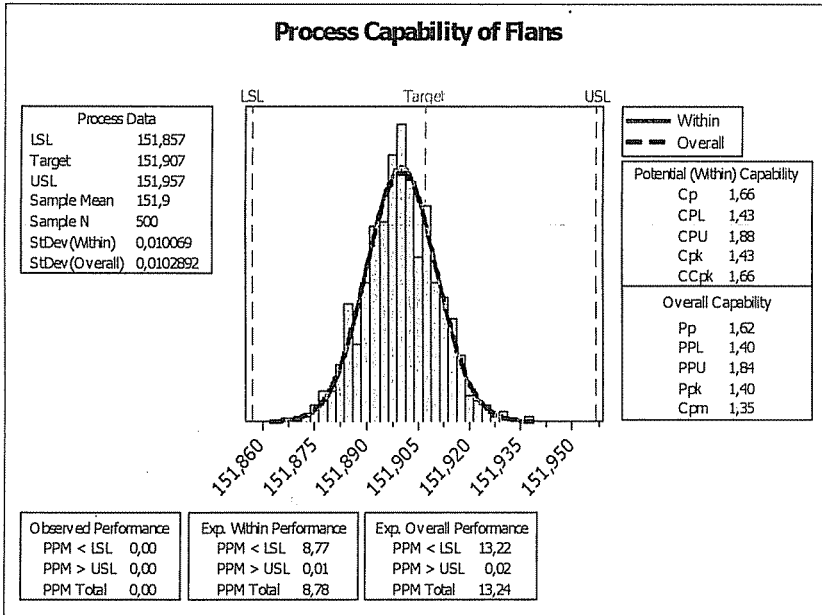


Şekil 3. İç çap için normal olasılık dağılımı grafiği



Şekil 4. Flanş yüksekliği için normal olasılık dağılımı grafiği

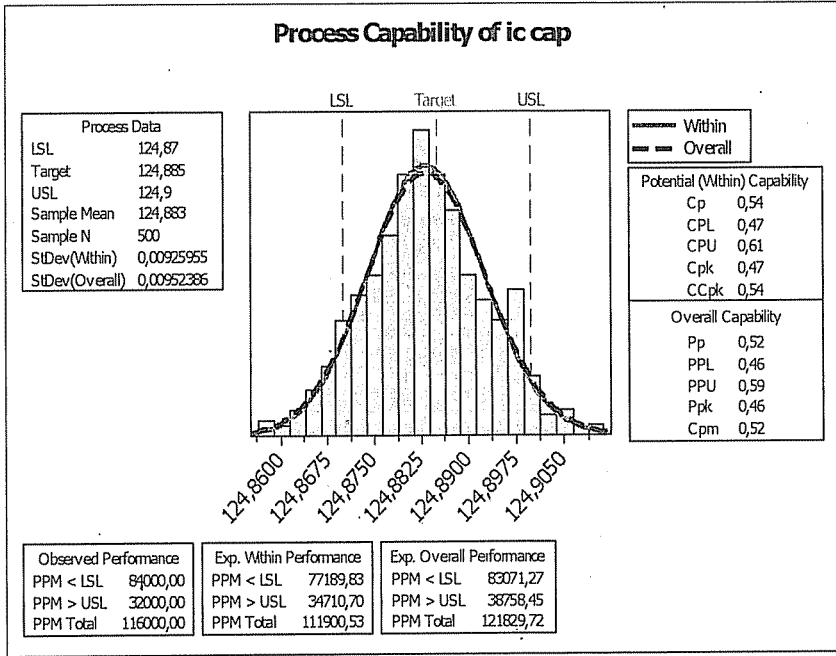
MINITAB istatistik paket programı kullanılarak ölçümlerin mevcut spesifikasyon limitleri içinde nasıl dağıldığı histogram çizilerek gözlemlenmiş, C_p ve C_{pk} değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 5. Flanş için proses yeterlilik analizi

Flanş çapı için hesaplanan C_p değeri (1,66) 1,33 değerinden büyük olduğu için proses yeterliğinin yeterli olduğunu söyleyebiliriz. C_p (1,66) ve C_{pk} (1,43) değerlerinin birbirinden farklı olması ise proses ortalamasının merkezi olmadığı anlamına gelmektedir. Proses ortalaması alt spesifikasyon limitine daha yakındır.

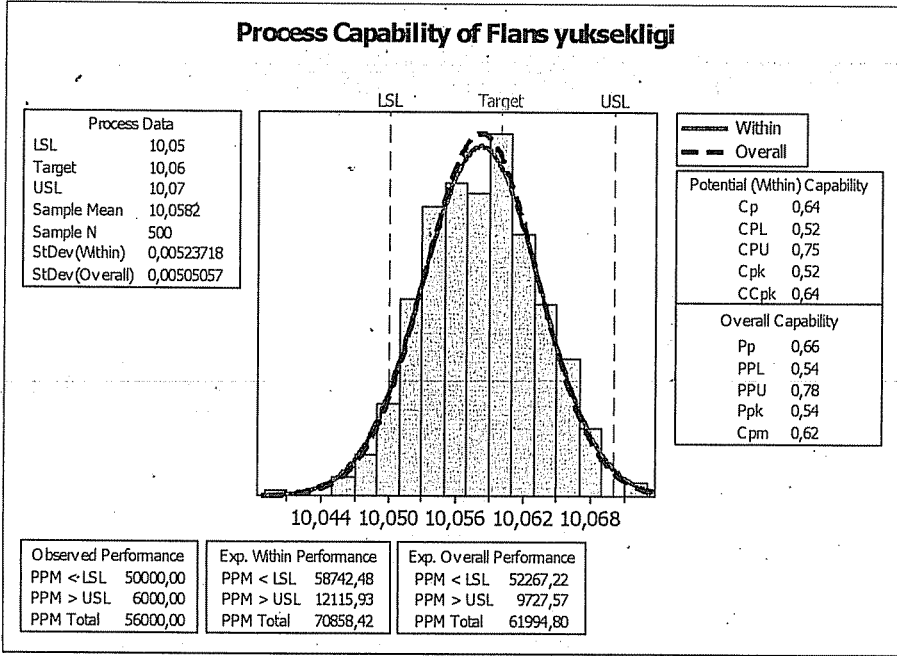
Mevcut durumda alt ve üst spesifikasyon limitlerinin dışında veri yoktur. Kısa dönemde alt spesifikasyon limitinin dışına çıkan veri sayısı milyon mertebesinde 8,77'dir. Uzun dönemde alt spesifikasyon limitinin dışına çıkan veri sayısı milyon mertebesinde 13,22'dir. Kısa ve uzun dönemlerde üst spesifikasyon limitini aşan verinin olmadığını söyleyebiliriz.



Şekil 6. İç çap için proses yeterlilik analizi

İç çap için hesaplanan C_p ve C_{pk} değerleri 1'den küçüktür. Bu durum, proses yeterliliğinin spesifikasyon limitlerine göre yetersiz olduğunu göstermektedir. C_p ve C_{pk} değerleri birbirine yakın olduğundan dolayı proses ortalamasının hedef değere yakın olduğunu söyleyebiliriz. Buna göre spesifikasyon limitleri tekrar düzenlenmeli ya da proses değişkenliği azaltılmalıdır. Mevcut durumda alt spesifikasyon limitini aşan değerler milyonda 84000 ve üst spesifikasyon limitini aşan değerler milyonda 32000 olarak gözlenmiştir. Kısa dönemde alt spesifikasyon limitini aşan değerler milyonda 77189,83'tür. Kısa dönemde üst spesifikasyon limitini aşan değerler ise milyonda 34710,70'dir. Uzun dönemde alt spesifikasyon limitini aşan değerler milyonda 83071,27 ve üst spesifikasyon limitini aşan değerler milyonda 38758,45 olarak

bulunmuştur. Bu durum, zamanla üst spesifikasyon limitinin üzerinde parça üretileceğini göstermektedir.



Şekil 7. Flans Yüksekliği için proses yeterlilik analizi

Flans yüksekliği için hesaplanan C_p ve C_{pk} değerleri 1'den küçük olduğundan dolayı prosesin yeterliliği spesifikasyon limitlerine göre yetersizdir. Proses ortalaması alt spesifikasyon limitine daha yakındır. Mevcut durumda alt spesifikasyon limitini aşan veri sayısı milyonda 50000 üst spesifikasyon limitini aşan veri sayısı ise milyonda 6000 olarak hesaplanmıştır. Kısa dönemde üst spesifikasyon limitini aşan değerler milyonda 12115,93 ve alt spesifikasyon limitini aşan değerler milyonda 58742,48 olarak bulunmuştur. Uzun dönemde ise üst spesifikasyon limitini aşan değerler milyonda 9727,57 ve alt spesifikasyon limitini aşan değerler milyonda 52267,22 olarak bulunmuştur. Kısa ve uzun dönemlerde, alt ve üst spesifikasyon limitlerini aşan veri sayıları artmıştır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, lamel grafitli dökme demirden silindir gömleği üreten orta ölçekli bir işletmenin talaşlı üretim hattında proses yeterlilik analizleri yapılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Flans çapı için yapılan proses yeterlilik analizi sonucunda prosesin yeterli olduğu görülmüştür. Mevcut durumda alt ve üst spesifikasyon limitlerinin dışında veri yoktur.

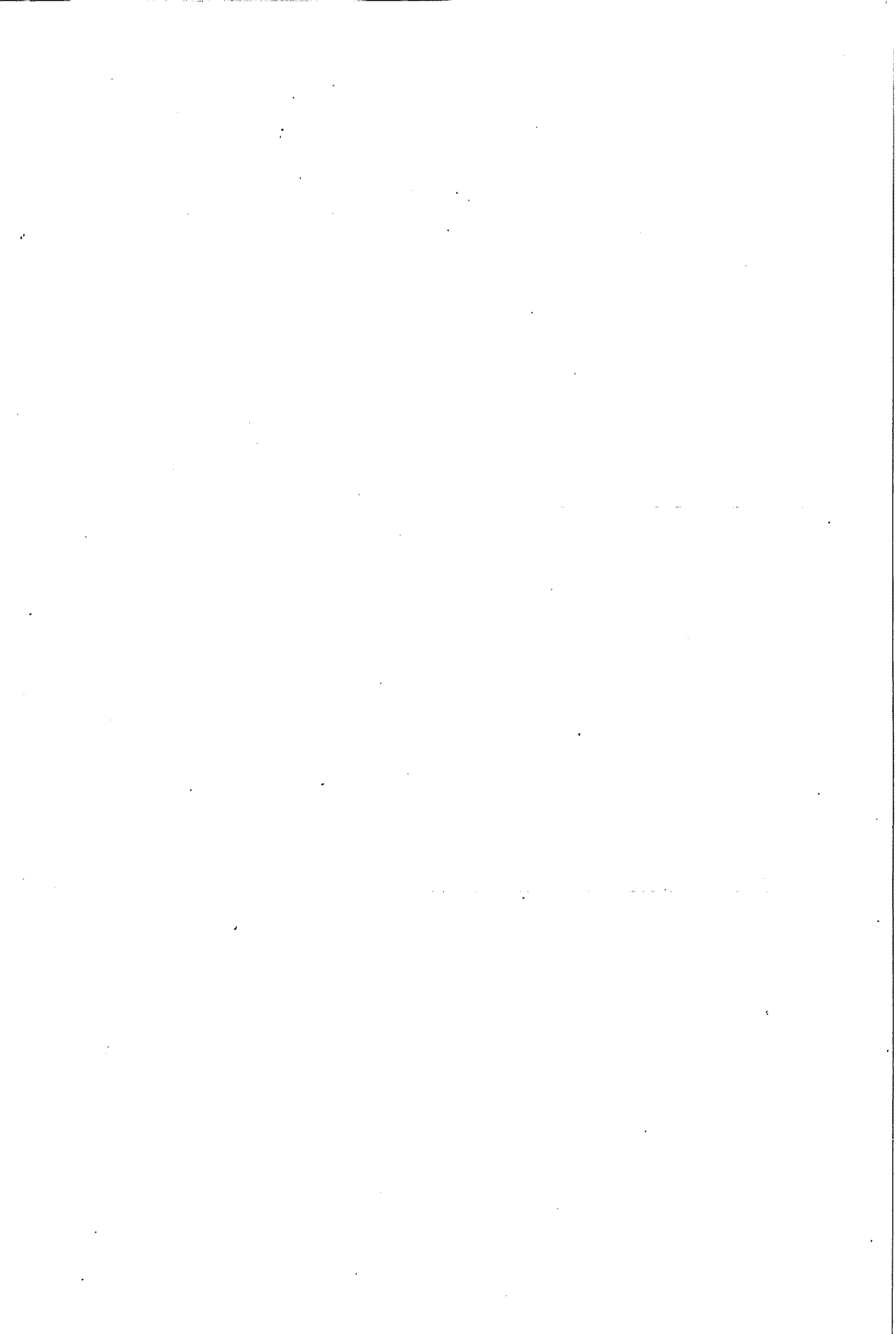
- İç çap için yapılan proses yeterlilik analizi sonucunda prosesin yeterli olmadığı görülmüştür. Mevcut durumda alt ve üst spesifikasyon limitlerinin dışına çıkan veri bulunmaktadır. Uzun vadede üst spesifikasyon limitinin üzerinde üretilen parça sayısında artış görüleceği sonucuna ulaşılmıştır.
- Flanş yüksekliği için yapılan proses yeterlilik analizi sonucunda prosesin yeterli olmadığı görülmüştür. Mevcut durumda alt ve üst spesifikasyon limitlerinin dışına çıkan veri bulunmaktadır. Kısa ve uzun dönemlerde, alt ve üst spesifikasyon limitlerini aşan parça sayısında artış görüleceği sonucuna ulaşılmıştır.

Silindir gömleği üretiminde flanş çapı, iç çap ve flanş yüksekliği kalite karakteristiklerinin tümünün istenilen ölçü değerlerini karşılaması beklenmektedir. Dolayısıyla, yapılan proses yeterlilik analizleri ile işletmenin müşteri beklentilerini karşılayamadığı, çünkü proses yeterlilik indekslerinin iç çap ve flanş yüksekliği kalite karakteristikleri için yetersiz olduğu görülmüştür. Bu nedenle, işletmenin proses yeterliliğini sağlayabilmesi için proses değişkenliğini azaltıcı önlemler alması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma sonucunda işletme, prosesteki yetersizliklerin nedenlerini araştırmış ve proses yetersizliğini ortadan kaldırmak için proseste iyileştirmeler yapmıştır. Böylece kalitesizlik maliyetleri azaltılmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Bircan,H. ve Özcan,S., “Excel Uygulamalı Kalite Kontrol”,Yargı Yayınevi, 375s, 2003.
2. Montgomery D.C., “Introduction to Statistical Quality Control”, John Wiley & Sons Inc., New York, pp.760, 2005.
3. Ramakrishnan,B. ve ark., “Process capability indices and product reliability”, *Microelectronics Reliability*, 41, pp.2067-2070, 2001.
4. Motorcu,A.R. ve Güllü,A., “Statistical process control in machining, a case study for machine tool capability and process capability”, *Materials & Design*, 2004.
5. Burlikowska,M., “Quality estimation of process with usage control charts type X-R and quality capability of process C_p , C_{pk} ”, *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 162–163, pp. 736–743, 2005.
6. Wright,P.A., “The cumulative distribution function of process capability index C_{pm} ”, *Statistics & Probability Letters*, vol. 47, pp. 249–251, 2000.
7. Deleryd,M., “A pragmatic view on process capability studies”, *Int. J. Production Economics*, vol. 58, pp. 319–330, 1999.



Zeminlerin Şişme Potansiyelinin Çok Değişkenli Lineer Regresyon Yaklaşımı ile Tahmin Edilmesi <i>Estimation of the Swelling Potential Using Multivariable Linear Regression</i> Cafer KAYADELEN, M.Arslan TEKİNSOY, Osman GÜNAYDIN, Mustafa FENER.....	245
Tek Serbestlik Dereceli Çelik Bir Yapının Sarsma Tablası Deneyleri <i>Shake Table Tests of Single Degree of Freedom-Steel Structure</i> Tarık BARAN, A.Kamil TANRIKULU.....	253
Yumurtalık Sugözü Uçucu Küllü İçeren Betonların Basınç ve Eğilme Dayanımlarının Araştırılması <i>Investigation of Compressive and Flexural Strength of Concrete Containing Fly Ash From Yumurtalık Sugözü</i> İsmail Hakkı ÇAĞATAY, İdris GÜNİNDİ.....	263
Doğru Eksenli Kompozit Çubukların Dinamik Analizi <i>Dynamic Analysis of Straight Composite Rods</i> Mehmet KIRAC, Faruk Fırat ÇALIM, Beytullah TEMEL.....	275
Atık Pet Agregalı ve Curufllu Hafif Harçların Dayanım Özellikleri <i>Strength Properties of the Mortars with Waste Pet Aggregates and Slag</i> Cengiz Duran ATİŞ, Semiha AKÇAÖZOĞLU.....	285
Atık Pet Agregalı ve Uçucu Küllü Hafif Harçların Basınç Dayanımı <i>The Compressive Strength of the Mortars with Waste Pet Aggregates and Fly Ash</i> Cengiz Duran ATİŞ, Semiha AKÇAÖZOĞLU.....	291
Eski Eserlerde Meydana Gelen Taş Bozulmalarının Adana'da Örneklenmesi <i>Illustrate of StoneDeterioration Occured in the Historical Buildings in Adana</i> Semiha AKÇAÖZOĞLU, Kubilay AKÇAÖZOĞLU, Fatih ÖZCAN.....	297
Türk İnşaat Firmalarının Sistematik Pazarlama Anlayışını Etkileyen Faktörler <i>Factors Affecting Systematic Marketing Approach of Turkish Construction Firms</i> Ercan ERDİŞ, Mustafa DEMİRCİ, Arzu KILIÇ, Murat ÖRNEK.....	305
Gerilim Kararlılığı İyileştiricilerinin Farklı Salınım Barası Seçiminde Kritik Yüklenme Sınırlarına Etkileri <i>Critical Loaded Restriction Effects of Voltage Stability Refinements for Choosing Different Oscillation Bus</i> Kadir ABACI, Murat AKSOY.....	321
Kireç Koagülasyon Yöntemi Kullanılarak Elde Edilen Proses Boyar Maddelerin Adsorbsiyonunda Kullanılması <i>The Use of Water Treatment Lime Coagulation Sludge As an Adsorbent For the Removal Various Dyestuffs</i> Yener BÜLBÜL, M.Ekrem ÇAKMAK, Serpil SAVCI, Mesut BAŞIBÜYÜK.....	335
İstatistiksel Veri Analizi İçin Bir Uzman Sistem <i>An Expert System For Statistical Data Analysis</i> Metin ÖZŞAHİN, Oya H. YÜREGİR.....	345
Bir Talaşlı İmalat İşletmesinde Proses Yeterlilik Analizi <i>Process Capability Analysis in a Machining Company</i> Serap AKCAN, Funda KAHRAMAN.....	359

Türkiye'de Temel Ekonomik Göstergeler ve Sanayi Sektörü-I: Genel Değerlendirme <i>Main Economic Indicators in Turkey and Industrial Sector-I: General Evaluation</i> Erdem KOÇ, Mustafa Fedai ÇAVUŞ.....	103
Türkiye'de Temel Ekonomik Göstergeler ve Sanayi Sektörü-II: Osmaniye Örneği <i>Main Economic Indicators in Turkey and Industrial Sector-II: Osmaniye Sample</i> Mustafa Fedai ÇAVUŞ, Erdem KOÇ.....	113
Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Parametreleri Analizi: Osmaniye İli Değerlendirmesi <i>An Analysis of Social-Economical Development Parameters: Evaluation for Osmaniye Province</i> Erdem KOÇ, Belkıs ZERVENT ÜNAL.....	127
Türkiye'de İnşaat Sektörünün Genel Değerlendirilmesi: Osmaniye Örneği <i>A General Evaluation for Structural Building Sector in Turkey: Osmaniye Example</i> Erdem KOÇ, Tuğrul TALASLIOĞLU.....	143
Dikdörtgen Bir Tank İçerisine Yerleştirilmiş Boru Etrafında Buz Oluşumunun Deneysel Olarak İncelenmesi <i>Experimental Investigation of Ice Formation Around a Tube in Rectangular Cavity</i> Ahmet FERTELLİ, Orhan BÜYÜKALACA.....	159
İçten Yanmalı Motorlarda Silindir-Supap Geometrisi Boyunca Oluşan Akış Yapısının Sayısal Olarak İncelenmesi <i>Numerical Investigation of Flow Structure Along the Cylinder-Valve Geometry in Internal Combustion Engines</i> Abdulkadir YAŞAR, Kadir AYDIN, Beşir ŞAHİN.....	169
Tekstil İşletmelerinde Gürültü ve Gürültünün Azaltılmasında Mühendislik Önlemler <i>The Methods of Noise Reduction in the Textile Mills</i> Aysun SAĞBAŞ, Funda KAHRAMAN, Uğur EŞME, Arif ÖZBEK.....	181
Tornalama İşleminde Takım Ömrüne Etki Eden Parametrelerin Deneysel Tasarım Yöntemi Kullanılarak Tahmin Edilmesi <i>Parameter Prediction of Tool Life Using Experimental Design Technique</i> Funda KAHRAMAN, Aysun SAĞBAŞ, Uğur EŞME, Arif ÖZBEK.....	189
Genetik Algoritmayla Vidalı Kriko Elemanlarının Optimizasyonu <i>Optimization of Screw Shaft Elements Using Genetic Algorithm</i> Faruk MENDİ, M.Kemal KÜLEKÇİ, Durmuş Ali BİRCAN, Tamer BAŞKAL.....	195
Genetik Algoritma (G.A.) Yardımıyla Helis Dişli Çarklarda Optimum Modül Seçimi <i>Selecting Optimum Modules for Helical Gears Using Genetic Algorithm</i> Faruk MENDİ, M.Kemal KÜLEKÇİ, Tamer BAŞKAL, Durmuş Ali BİRCAN.....	205
Uçucu Kül ve Bazaltik Pomzanın Tuğla Üretiminde Katkı Olarak Kullanılması <i>Use of Fly Ash and Basaltic Pumice as Additives in the Production of Clay Brick</i> Hanifi BİNİCİ, Ahmet ULUSOY, Hüseyin TEMİZ, Orhan AKSOĞAN.....	217
Çatlamalar ve İkinci Mertebe Etkiler Göz Önünde Bulundurularak Yapıların Üç Boyutlu Analizi <i>Three Dimensional Analysis of Reinforced Concrete Framesi Considering the Cracking and Second Degree Effects</i> Cengiz DÜNDAR, Fatma ÖZÇETE, İ.Fatih KARA.....	231