

CİLT
VOL 18

SAYI ÖZEL Ekim
NO SAYI October 2003

ISSN 1019-1011

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

Buharlaştırılmalı Soğutmanın Konfor Klimasına Uygulanması <i>Tuncay YILMAZ, Orhan BÜYÜKALACA, Ertaç HÜRDOĞAN</i>	1
Döner Rejeneratörler İle Atık Isı Geri Kazanımı <i>Tuncay YILMAZ, Orhan BÜYÜKALACA, R.Tuğrul OĞULATA, Arif ÖZBEK</i>	9
Doğu Akdeniz Bölgesinin Rüzgar Hızı ve Enerji Potansiyeli <i>Beşir ŞAHİN, Mehmet BİLGİLİ, Hüseyin AKILLI</i>	17
Güneş Enerjisinden Maksimum Düzeyde Yararlanmak Amacıyla Güneş Takip Sisteminin Tasarımı ve İmalatı <i>A.KOÇ, H.DUMAN, A.GÖKÇEN</i>	25
Betonarme ve Öngerilmeli Beton Yapı Elemanlarının Optimum Boyutlandırılması <i>İsmail H. ÇAĞATAY</i>	33
Doğu Akdeniz (Adana-Hatay) Bölgesi'nde Üretilen Briket Kömürlerin TSE Standartlarına Uygunluğu ve Çevresel Etkileri <i>Mesut ANIL, Özen KILIÇ</i>	39
3000 Bar Çalışma Basıncı Çift Etkili Basınç Yükseltici Tasarımı ve İmalatı <i>Necdet GEREN, Melih BAYRAMOĞLU, Alaattin AYSEVEN, Mehmet İlteriş SARIGEÇİLİ</i>	49
İki Fazlı Katı-Gaz Akışı <i>Hüseyin AKILLI, Beşir ŞAHİN</i>	55
Üniversal Çekme Makinaları İçin Bilgisayar Kontrollü Yük ve Uzama Ünitelerinin Tasarım ve İmalatı <i>Veysel ÇELİK, Cengiz DOĞAN</i>	63
TEMSA A.Ş. Otobüs Üretim Hattında Süreç İyileştirme Çalışması <i>Rızzvan EROL, Hakkı EGE</i>	71
Nefes Yoğulturucu <i>Oğuz BOZKIR</i>	77
Kavşak Trafik Işık Kontrolü <i>Metin SEVİNÇLİ</i>	83
Çok Amaçlı Isı Pompası <i>Orhan BÜYÜKALACA, Tuncay YILMAZ</i>	87
Buz Depolamalı İklimlendirme Sistemi <i>Orhan BÜYÜKALACA, Tuncay YILMAZ, Ahmet FERTELLİ</i>	95
Akışkanlar Mekaniği Uygulamalarında Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçme Tekniği (PIV) <i>Beşir ŞAHİN, Hüseyin AKILLI ve diğerleri</i>	103
Elyaf Analiz, Şerit Hazırlık ve OE-Rotor İplik Eğirme Sistemi <i>Osman BABARSLAN, Pınar N.DURU, Yılmaz ERBİL</i>	113

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ**

Çukurova University, Journal of Faculty of Engineering and Architecture

Sahibi

Tuncay YILMAZ
Çukurova Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanı

Editörler

Mesut ANIL, R. Tuğrul OĞULATA

YAYIN KURULU

Mesut ANIL Beşir ŞAHİN
Recep YURTAL Hasan ÇETİN
Osman BABAARSLAN

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

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

(Bu Sayıda Görüşlerinden Yararlanılan Diğer Hakemler (Ç.Ü.))

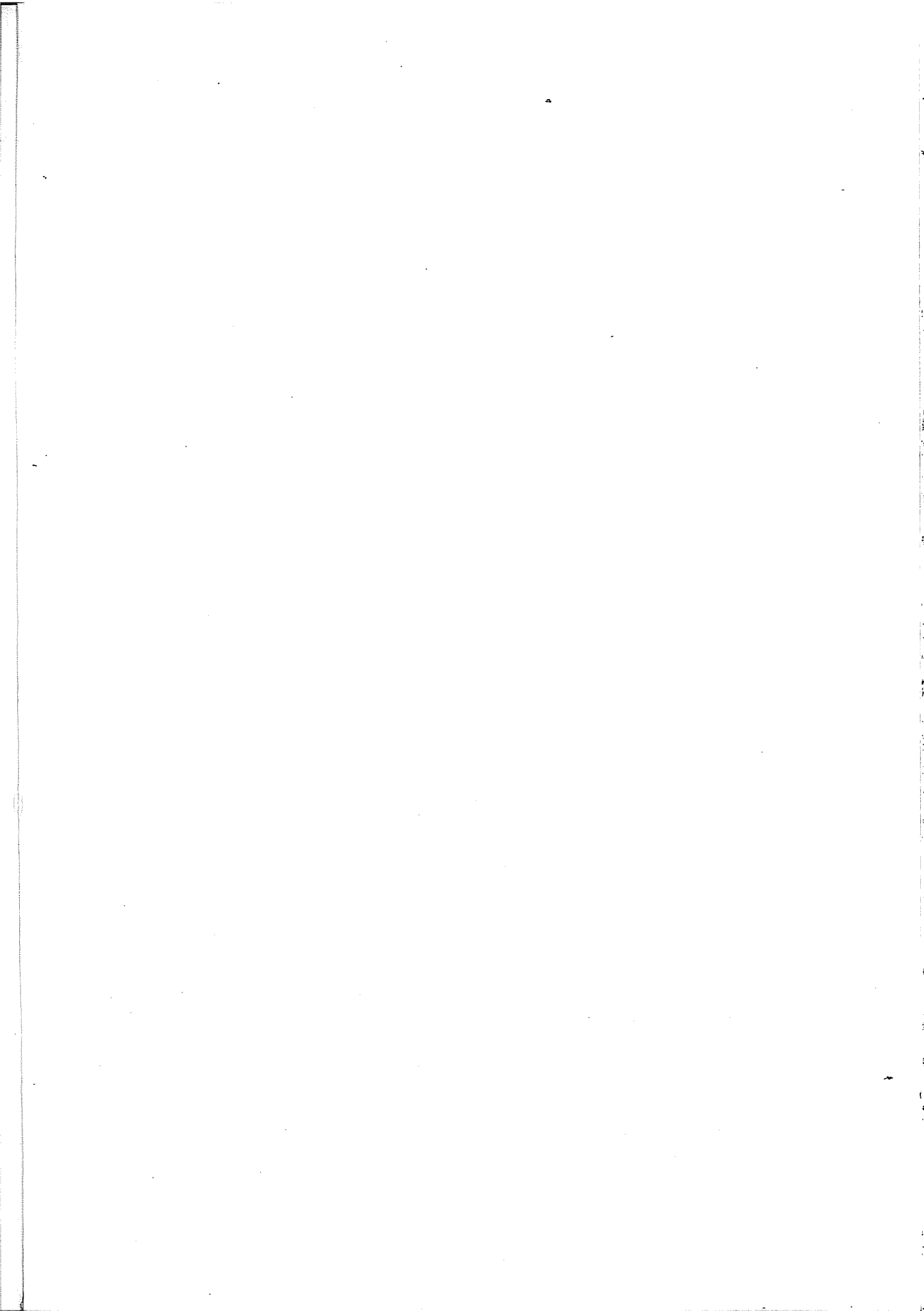
S. Seren AKAVCI	Hüseyin AKILLI	Murat AKSOY
Niyazi AVŞAR	Kadir AYDIN	Belgin BAYAT
Oktay BAYAT	Melih BAYRAMOĞLU	Fuat BUDAK
İsmail H. ÇAĞATAY	Nihat ÇELİK	Serpil ÇERÇİ
M. Oya ÇETİK	Ulus ÇEVİK	Abdulkadir EKŞİ
Rızvan EROL	Adem ERSOY	Erkin ERTEN
Necdet GEREN	Hakan GÜNEYLİ	Fikret İŞLER
Ali KOKANGÜL	Mustafa MAMAK	R. Tuğrul OĞULATA
Ş. Noyan OĞULATA	M. Ermin ÖCAL	Ahmet PINARBAŞI
Ümit ŞAFAK	Kamil TANRIKULU	Mehmet TUMAY
Mustafa YEGİN	Mehmet YILDIRIM	Vebil YILDIRIM

YAZIŞMA 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 Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Güçlendirme Derneği tarafından yayınlanmıştır).



AR-GE proje pazarında sunulan-sergilenen ve bu dergide yayınlanan projelerdeki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan ve basım hatalarından dolayı Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanlığı ve Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Güçlendirme Derneği hiçbir sorumluluk kabul etmez.

Prof.Dr. Tuncay YILMAZ
Müh.Mim.Fakültesi Dekanı

Prof.Dr. Mesut ANIL
Ç.Ü.Müh.Mim.Fakültesi
Güçlendirme Derneği Başkanı

ÖNSÖZ

Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi 21-23 Ekim 2003 tarihlerinde 25. Kuruluş Yılı kutlayacaktır. Kutlama etkinlikleri esnasında bir de "Doğu Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi Makine-Cihaz ve Sistem Tasarımı ve Üretimi AR-GE Proje Pazarı" düzenlenmiştir. Bu proje pazarı özellikle Doğu Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerimizde geliştirilen veya bu bölgelerde gerçekleştirilmesi istenen projelerin tanıtılması ve böylece bu projelerin hayata geçirilmesine olanak sağlanması amacını gütmektedir. Ancak diğer bölgelerden gelen ve Doğu Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu Bölgelerimizde uygulanabilecek projelere de yer verilmiştir.

Makine imalatı, iletişim teknolojisi, tıbbi cihazlar, elektronik, bina teknolojileri, otomotiv, ev aletleri, tekstil makineleri, üretim yönetimi, optimizasyon gibi konularda AR-GE Proje Pazarı projeleri sunulmaktadır.

AR-GE çalışmaları yapılmış olan ve çalışması teknolojik ve ekonomik açıdan uygun görülen makine-cihaz ve tesisinin tanıtılması, tanıtım sonunda kullanıcıların görüşlerinin alınması, kurum ve kuruluşların ihtiyaç duydukları ancak gerek teknolojik gerekse ekonomik açıdan uygun bir çözüm bulamadıkları projelerin tanıtılması ve sonunda AR-GE kuruluşlarının bu proje hakkında görüşlerinin alınması da tasarlanmıştır.

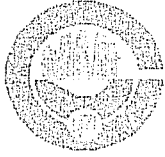
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi özel sayı olarak 21-23 Ekim 2003 tarihlerinde düzenlenen AR-GE proje pazarında sunulan bildirileri kapsamak üzere bu özel sayıyı çıkarmıştır.

Bu proje pazarı Doğu Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde düzenlenen ilk örnek olması bakımından önemlidir. Bundan sonra çok daha kapsamlı proje pazarlarının hazırlanması için de bir ilk adım mahiyetindedir.

Bu proje pazarı TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. TÜBİTAK'a bu ilk denememizde bize destek olduğu için teşekkür ederim. Başta Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü olmak üzere destek olan diğer kuruluşlara da şükranlarımı sunarım.

Bölgemiz ve diğer bölgelerdeki özel ve resmi kuruluşların Üniversitemiz ile birlikte bilgi alışverişinin yapılacağı bu proje pazarının çok faydalı olacağına inanıyorum.

Prof.Dr. Tuncay YILMAZ
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dekanı



ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
DERGİSİ ÖZEL SAYI



DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

CİLT
VOL 18

SAYI ÖZEL Ekim 2003
NO SAYI October

ISSN 1019-1011

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

Buharlaştırılmalı Soğutmanın Konfor Klimasına Uygulanması <i>Tuncay YILMAZ, Orhan BÜYÜKALACA, Ertaç HÜRDOĞAN</i>	1
Döner Rejeneratörler İle Atık Isı Geri Kazanımı <i>Tuncay YILMAZ, Orhan BÜYÜKALACA, R.Tuğrul OĞULATA, Arif ÖZBEK</i>	9
Doğu Akdeniz Bölgesinin Rüzgar Hızı ve Enerji Potansiyeli <i>Beşir ŞAHİN, Mehmet BİLGİLİ, Hüseyin AKILLI</i>	17
Güneş Enerjisinden Maksimum Düzeyde Yararlanmak Amacıyla Güneş Takip Sisteminin Tasarımı ve İmalatı <i>A.KOÇ, H.DUMAN, A.GÖKÇEN</i>	25
Betonarme ve Öngerilmeli Beton Yapı Elemanlarının Optimum Boyutlandırılması <i>İsmail H. ÇAĞATAY</i>	33
Doğu Akdeniz (Adana-Hatay) Bölgesi'nde Üretilen Briket Kömürlerin TSE Standartlarına Uygunluğu ve Çevresel Etkileri <i>Mesut ANIL, Özen KILIÇ</i>	39
3000 Bar Çalışma Basıncılı Çift Etkili Basınç Yükseltici Tasarımı ve İmalatı <i>Necdet GEREN, Melih BAYRAMOĞLU, Alaattin AYSEVEN, Mehmet İleriş SARIGEÇİLİ</i>	49
İki Fazlı Katı-Gaz Akışı <i>Hüseyin AKILLI, Beşir ŞAHİN</i>	55
Üniversal Çekme Makinaları İçin Bilgisayar Kontrollü Yük ve Uzama Ünitelerinin Tasarım ve İmalatı <i>Veysel ÇELİK, Cengiz DOĞAN</i>	63
TEMSA A.Ş. Otobüs Üretim Hattında Süreç İyileştirme Çalışması <i>Rızzan EROL, Hakkı EGE</i>	71
Nefes Yoğuşturucu <i>Oğuz BOZKIR</i>	77
Kavşak Trafik Işık Kontrolü <i>Metin SEVİNÇLİ</i>	83
Çok Amaçlı Isı Pompası <i>Orhan BÜYÜKALACA, Tuncay YILMAZ</i>	87
Buz Depolamalı İklimlendirme Sistemi <i>Orhan BÜYÜKALACA, Tuncay YILMAZ, Ahmet FERTELLİ</i>	95
Akışkanlar Mekaniği Uygulamalarında Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçme Tekniği (PIV) <i>Beşir ŞAHİN, Hüseyin AKILLI ve diğerleri</i>	103
Elyaf Analiz, Şerit Hazırlık ve OE-Rotor İplik Eğirme Sistemi <i>Osman BABAARSLAN, Pınar N.DURU, Yılmaz ERBİL</i>	113

Tek Etkili H ₂ O-LiBr Akışkan Çiftli Absorpsiyonlu Soğutma Makinası <i>Yaşar KURDOĞLU</i>	121
Anaerobik Biyoteknolojik Arıtmanın Kağıt Endüstrisi Atıksularına Uygulanması <i>Ahmet YÜCEER, Mesul BAŞIBÜYÜK, Turan YILMAZ</i>	129
Salamuralık Yeşil Zeytin Sınıflandırma ve Kırma Makinası <i>Selçuk MİSTİKOĞLU, Ümit GÜNAY</i>	137
Doğu Anadolu Fayı Palu-Hazar Gölü Segmentinin Depremselliği <i>Hasan ÇETİN, Hakan GÜNEYLİ</i>	145
Akiferde Termal Enerji Depolama Tekniğinin Uygulama Çalışmaları <i>Şaziye BOZDAĞ, Halime PAKSOY, Bekir TURGUT</i>	155
Göksun-Afşin (Kahramanmaraş) Arasında Yüzeyleyen Yüksekova Oliyolitinin Jeokimyası ve Jeokronolojisi <i>Osman PARLAK</i>	161
Gümüş Cevheri Üretim Tesisi Atık Sularından AVR Yöntemi İle Siyanürün Geri Kazanımı <i>Oktay BAYAT, Hüseyin VAPUR</i>	169
Yüksek Basınçlı Enjeksiyon (Jet-Grout) Yöntemi İle Zeminlerin İslahı <i>Mehmet SÖYLEMEZ, Osman GÜNAYDIN, Mustafa FENER</i>	177
Jeostatistiksel Analiz Üzerine Bir Bilgisayar Programı <i>Ahmet DAĞ, Bayram Ali AİERT</i>	181
Kalite Yaklaşımlarında Proses Kontrol Tekniği ve Tekstil Sanayinde Uygulanabilirliği <i>Emel Ceyhan SABİR</i>	187
Kriz Yönetimi Yaklaşımının Türk İnşaat Sektöründe Algılanma ve Uygulanma Düzeyi <i>M.Emin ÖCAL, Ercan ERDİŞ</i>	195
Eş Zamanlı Mühendislik Kavramının Proje Yönetimindeki Yeri ve Önemi <i>M.Emin ÖCAL, Nuran KAYA DANIŞMAN</i>	203
Afşin-Elbistan Uçuşu Külünün Çimento Tabanlı Malzemeler İçinde Kullanılabilirliğinin Rötire ve Dayanım Ölçümleriyle Araştırılması <i>Cengiz Duran ATIŞ</i>	211
Çalışanların İş Tatmini ve Motivasyonunun Ölçülmesine Yönelik İstatistiksel Bir Yaklaşım <i>Rızzan EROL</i>	219
Elektrokardiyogram ve Arterial Kan Basıncı Analizi ve Baroreflex Duyarlılığının Ölçümü <i>Fırat İNCE, Sami ARICA, Ahmet BİRAND</i>	225
Tank Havalandırma Başlığı Dizayını <i>Selma ERGİN</i>	233
Malzeme Koruyucuların Performansının Ölçülmesi İçin Geliştirilen Test Cihazı <i>Sibel Onat HATTAP</i>	241
Adana Koruma Amaçlı İmar Planı <i>Duygu SABAN</i>	249
Şekerpınar-Akköprü Rölövesi ve Rekonstrüksiyon Projesi <i>Erkin ERTEN, Mustafa YEGİN, Semiha AKÇAÖZOĞLU</i>	255
Misis Köprüsü Rölövesi ve Restorasyon Projesi <i>Erkin ERTEN, Mustafa YEGİN, Semiha AKÇAÖZOĞLU</i>	261
Adana Çevik Kuvvet Binası Rölövesi <i>Erkin ERTEN, Mustafa YEGİN, Semiha AKÇAÖZOĞLU</i>	267

**DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003**

**BUHARLAŞTIRMALI SOĞUTMANIN KONFOR KLİMASINA
UYGULANMASI**

Tuncay YILMAZ, Orhan BÜYÜKALACA ve Ertaç HÜRDOĞAN

Ç.Ü., Makine Mühendisliği Bölümü, Adana-Türkiye

tunyil@cukurova.edu.tr orhanl@cukurova.edu.tr ertach@cukurova.edu.tr

ÖZET : *Bu çalışmada bilinen en eski iklimlendirme sistemlerinden birisi olan ancak günümüzde yaygın olarak kullanılmayan buharlaştırmalı soğutmanın Adana koşullarında uygulanabilirliği, Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Laboratuvarlarında kurulan bir sistem ile araştırılmıştır. Özellikle dolaylı soğutmanın Adana koşullarında konfor kliması için kullanılabilir olduğu görülmüştür.*

1. GİRİŞ

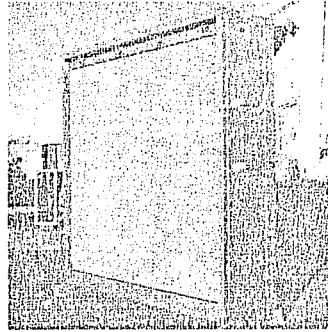
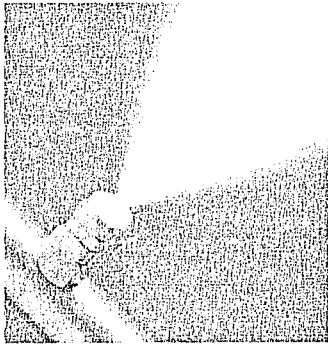
İnsanlar, içerisinde yaşadıkları binaların kendilerine en iyi ısıl konforu sağlamasını isterler. Bu ısıl konfor da iklimlendirme ve ısıtma-soğutma sistemleri yardımıyla sağlanır. Fakat enerji gereksiniminin artması, bazı ekonomik problemler ve konvansiyonel iklimlendirme sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanların çevreye verdikleri zararlı etkiler sonucunda, son yıllarda alternatif iklimlendirme sistemlerine yönelişi ortaya çıkarmıştır.

İklimlendirme endüstrisinin, güneşten dünyamıza gelen zararlı ışınları engelleyen ozon tabakasının incelmeye sebep olan kloroflorokarbonların (CFC) üretiminin önemli bir kısmını kullandığı bilinmektedir. Uluslararası topluluklar, ozon tabakasındaki bu incelmeyi önlemek amacıyla, 10 Mayıs 1990 tarihinde CFC'lerin belirli bir takvime göre üretilmesini ve kullanılmasını yasaklayan Montreal protokolünü imzalamışlardır. Böylece, araştırmacılar konvansiyonel soğutma sistemleri için alternatif soğutucu akışkan arayışı içine girerken aynı zamanda uzun yıllardan beri kullanılmakta olan bazı iklimlendirme sistemlerine de yönelmişlerdir [1]. Bu iklimlendirme sistemlerinden bir tanesi de buharlaştırmalı soğutma sistemidir.

2. BUHARLAŞTIRMALI SOĞUTMA

Buharlaştırmalı soğutma, insan tarafından bilinen en eski soğutma yöntemi olmasına rağmen, buhar-sıkıştırma soğutma yöntemlerinin gelişmesi nedeniyle kullanımı oldukça sınırlı kalmıştır. Fakat son yıllarda enerji masraflarındaki artış, iç hava kalitesini iyileştirme istekleri ve çevre bilincinin artması buharlaştırmalı soğutma sistemlerini güncel hale getirmiştir. Buharlaştırmalı soğutma sisteminin ekonomikliği yanında, çevreye dost bir soğutma sistemi olduğu bilinmektedir [2].

Buharlaştırmalı soğutma, hava içerisine verilen suyun buharlaşması için gerekli olan buharlaşma gizli ısını havanın duyulur ısısından alması ve böylece havanın kuru termometre sıcaklığının düşürülmesiyle gerçekleşir [3]. Buharlaştırmalı soğutma sistemlerinde hava, genelde iki yöntem kullanılarak soğutulmaktadır. Birinci yöntemde su, özel olarak üretilmiş fiskiyelerden (Şekil 1-a) sis şeklinde hava içerisine püskürtülmekte ve havanın soğuması sağlanmaktadır. Bu yöntem su püskürtme yöntemi olarak adlandırılmaktadır.

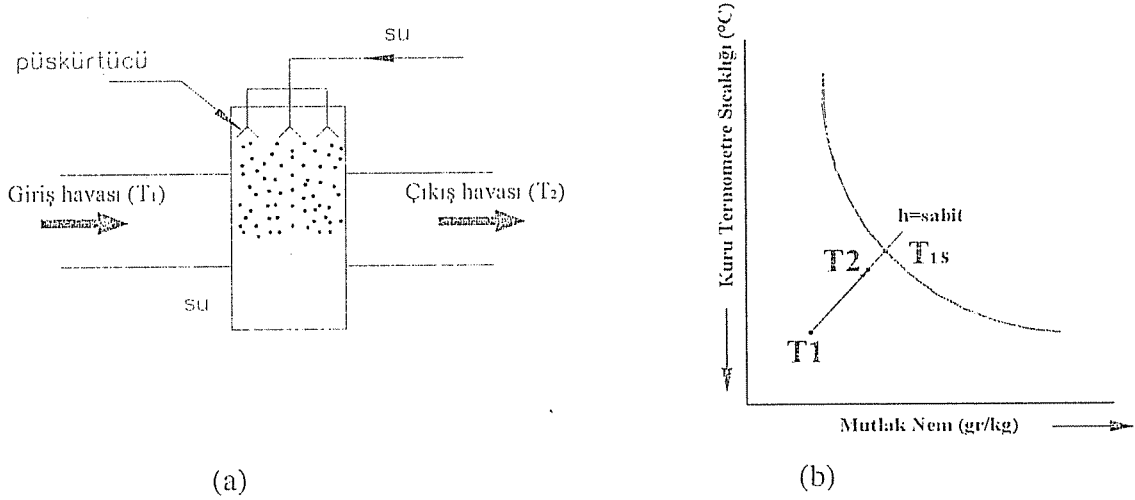


Şekil 1. Nemlendirici lüle (a) ve ped (b)

Diğer yöntem ise havayı ıslatılmış katı parçacıkların (ped) içinden geçirme yöntemidir. Bu yöntemde hava; çoğunlukla ağaç yongaları, cam, plastik, metal veya porselenden yapılmış ıslatılmış cisimlerin içinden geçirilerek soğutulmaktadır (Şekil 1-b).

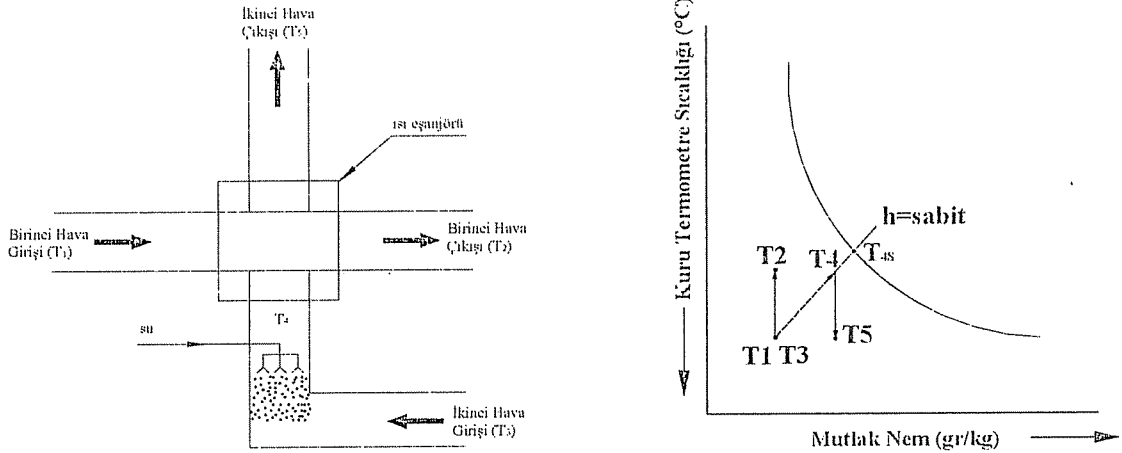
Buharlaştırmalı soğutma sistemlerini doğrudan, dolaylı ve birleşik olmak üzere üç gruba ayırmak mümkündür. Doğrudan buharlaştırmalı soğutma sisteminde mahal

içerisine verilecek hava buharlaştırmalı soğutma yöntemlerinden birisi kullanılarak doğrudan soğutulmaktadır. Doğrudan buharlaştırmalı soğutmanın ana prensibi Şekil 2’de şematik olarak gösterilmiştir. Şekil 2-a’da görüldüğü gibi, bir kanaldan akan nemi düşük dış havanın, nemlendirici lülelerden sis şeklinde çıkan suyla teması sağlanmaktadır. Bu temas esnasında su zerreciklerinin buharlaşması, havanın nemini artırırken kuru termometre sıcaklığını düşürmektedir. Soğutulan havanın gizli ısısı, su buharının eklenmesiyle artacaktır. Doğrudan buharlaştırmalı soğutma prosesi, Şekil 1-b’deki psikrometrik diyagramda gösterildiği gibi, yaklaşık olarak sabit entalpi ve yaş termometre sıcaklığı çizgisi boyunca olmaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi, doğrudan buharlaştırmalı soğutma sisteminde çıkış havasının en düşük kuru termometre sıcaklığı ancak giriş havasının yaş termometre sıcaklığına eşit olabilir. Bu tür bir soğutmada maksimum performans alınabilmesi için, giriş havasının kuru termometre sıcaklığının düşük olmasının yanında rölatif neminin de düşük olması gerekmektedir.



Şekil 2. Doğrudan buharlaştırmalı soğutma sistemi

Buharlaştırmalı soğutma sistemlerinden ikincisi olan dolaylı buharlaştırma Şekil 3’de şematik olarak ve psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmiştir. Şekil 3-a’da gösterildiği gibi, böyle bir soğutma sisteminde iki farklı hava akımı bulunmaktadır. Birinci hava, ikinci hava yardımıyla soğutulmuş, soğutulmak istenilen mahale verilir. Birinci hava ısı eşanjörünün bir tarafından geçerken, doğrudan buharlaştırmalı soğutma prensibiyle soğutulan ikinci hava eşanjörün diğer tarafından geçmektedir. Bu proses Şekil 3-b’de psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmiştir. Dolaylı buharlaştırma sisteminin en büyük özelliği, soğutma işlemi esnasında mahale verilen havanın mutlak neminin sabit kalmasıdır.



Şekil 3. Dolaylı buharlaştırıcı soğutma sistemi

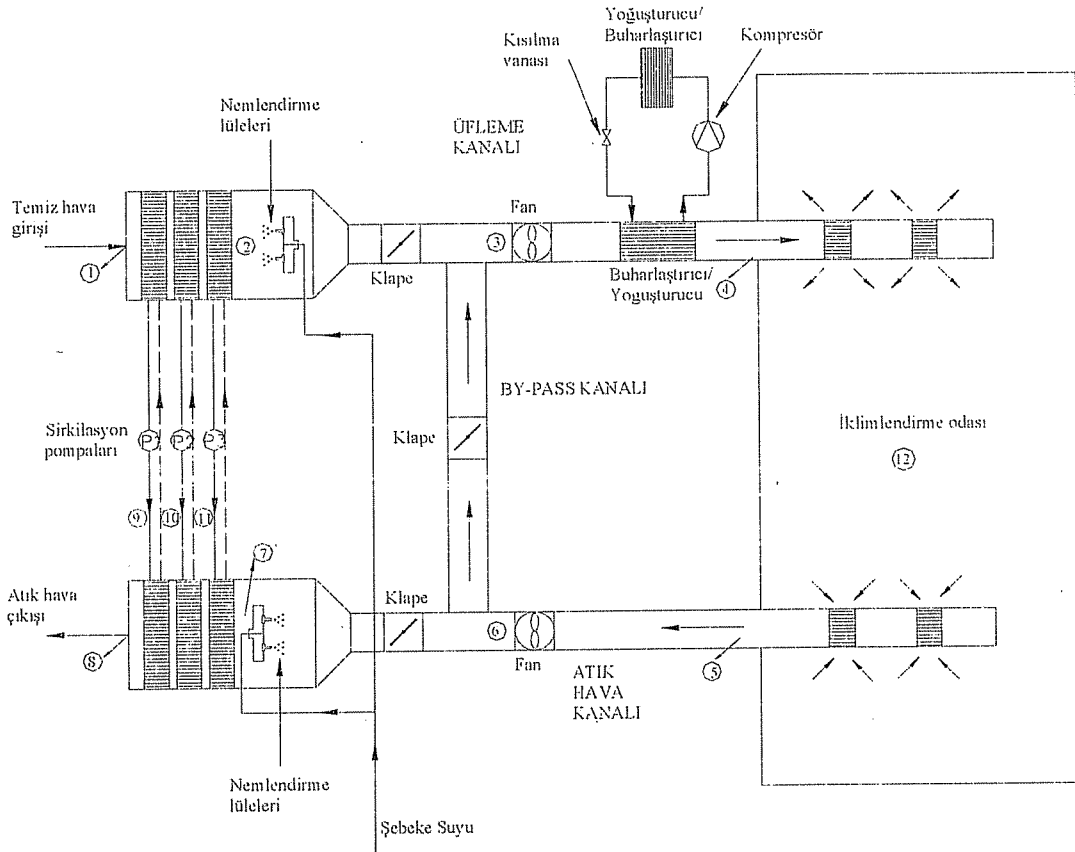
Birleşik buharlaştırıcı soğutma sistemi ise doğrudan ve dolaylı buharlaştırıcı sistemlerinin birlikte kullanılması esasına göre çalışmaktadır.

Buharlaştırıcı soğutma sistemleri özellikle sıcak ve nemi düşük iklim şartları için uygundur. Buharlaştırıcı soğutmadaki en büyük sınırlama, sistemin yüksek yaş termometre sıcaklığında verimli olmayışıdır. Fakat bu sistemlerin zaman içerisinde geliştirilmesi, yüksek yaş termometre sıcaklığındaki bölgelerde de verimli bir şekilde kullanılmasını mümkün kılmıştır. Bu durumdaki bölgeler için “ikili nemlendirme”, “dolaylı nemlendirme”, “hibrid nemlendirme” gibi değişik adlarla anılan sistemler geliştirilmiştir.

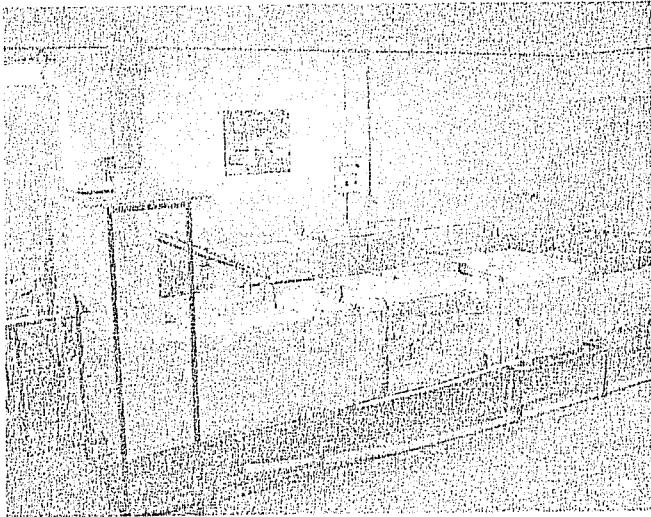
3. YAPILAN ÇALIŞMA

Bu çalışmada yaz aylarında sıcak ve nemli bir iklime sahip olan Adana ve sıcak ve kuru bir iklime sahip olan Güneydoğu Anadolu şartlarında kullanılabilecek bir buharlaştırıcı soğutma sistemi deneysel olarak araştırılmıştır. Bilindiği gibi Adana’da yaz aylarında ağırlıklı olarak hem kuru termometre sıcaklığı hem de yaş termometre sıcaklığı yüksek olmakla birlikte, Ağustos ayında belirli bir dönem süresince, poyraz esmesiyle kuru termometre sıcaklığı yüksek kalırken yaş termometre sıcaklığı belirli oranda düşmektedir. Bu durum Adana’da kurulan sistemin her iki iklim şartlarına da uygulanabilirliğinin gözlemlenmesi açısından avantaj sağlamaktadır.

Sistem, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarındaki bir mahalın olası maksimum ısı kazancı yükünü karşılayabilecek şekilde tasarlanmıştır [4]. Sistemin genel görünüşü Şekil 4 ve 5’de gösterilmiştir. Sistemde iki ana hava kanalı bulunmaktadır. Birinci kanal temiz havayı dışardan alıp, iklimlendirilen odaya üfleme için kullanılır. İkinci kanal ise atık hava kanalıdır.



Şekil 4. Sistemin şematik resmi



Şekil 5. Sistemin genel görünüşü

Temiz hava kanalına alınan dış hava, ısı geri kazanımı sağlayan ardışık üç ısı eşanjöründen geçirilerek ön soğutmaya tabii tutulmaktadır. Isı eşanjörlerinden sonra, temiz havayı nemlendiren nozullar yerleştirilmiştir. Nemlendirici kısmını, taze hava akış oranını kontrol etmek için kullanılan bir klape takip etmektedir. Dışarıdaki temiz havayı emmek için sisteme fan, fandan sonra ise nemlendirmeli soğutma ile

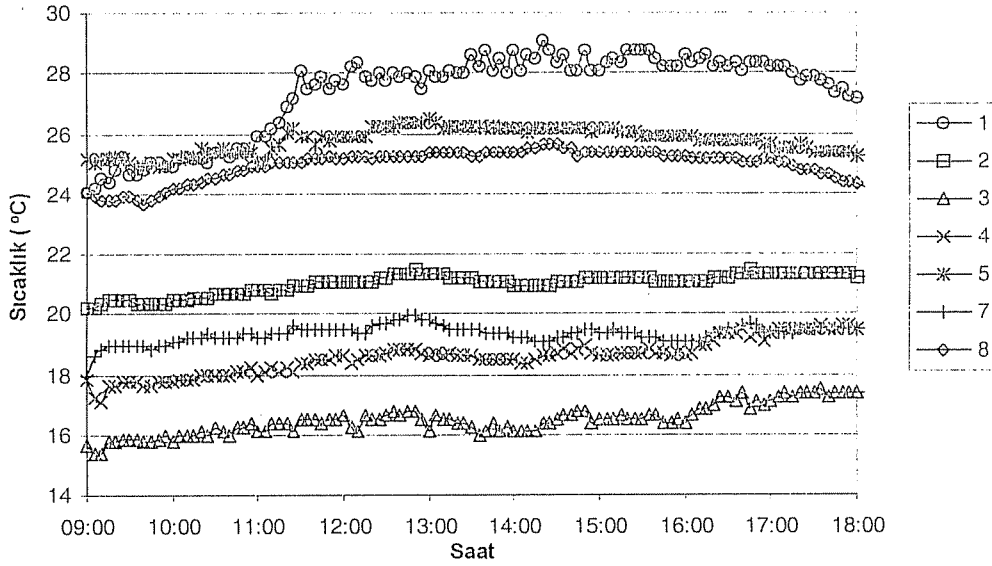
yeterli soğutmanın sağlanamadığı durumda devreye giren bir ısı pompasının buharlaştırıcısı yerleştirilmiştir.

Atık hava kanalında da ortamdaki havayı emmek için yine bir fan kullanılmıştır.

Fandan sonra geçen hava debisini kontrol eden klape, sonra da nozulların kullanıldığı nemlendirme bölümü bulunmaktadır. Bu bölümden sonra yine ısı geri kazanımı sağlayan ardışık üç ısı eşanjörü yerleştirilmiştir [5].

4. SONUÇLAR

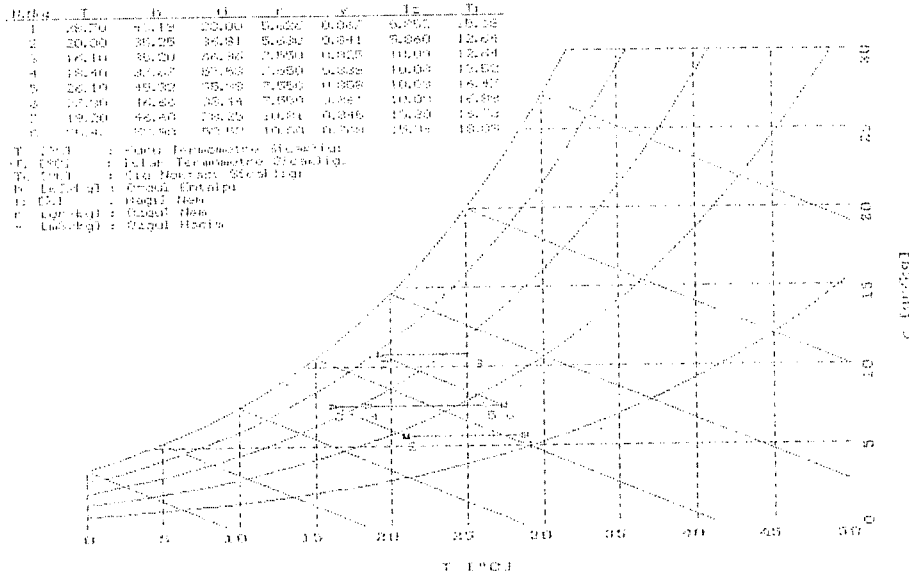
Bu çalışmada sistem performansını belirlemek için üç farklı grup deney yapılmıştır. Birinci grup deneylerde hem taze hem de atık hava nemlendirilerek soğutma yapılmaktadır. Bu gruba ait deneyler, dış hava kuru termometre sıcaklığının yüksek, yaş termometre sıcaklığının düşük olduğu günlerde yapılmıştır. Şekil 6' da, 19 Eylül 2002 tarihinde yapılan deneyde alınan sıcaklık değerlerinin gün boyunca değişimi gösterilmiştir. Elde edilen değerlerden de görüldüğü gibi dış hava ile üfleme noktası arasında 10-12 °C'lik bir sıcaklık farkı elde edilmiştir. Şekil 7' de ise saat 14⁰⁰ için, elde edilen sonuçlar psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 6. 19 Eylül 2002 gününde ölçülen sıcaklıklar

İkinci grup deneyler, dış hava neminin yüksek olduğu durumlarda, sadece atık hava nemlendirilerek soğutma yapılmıştır. Bu durumda, nemlendirilen atık havanın soğusundan yararlanılarak ısı değiştiricileri vasıtasıyla sisteme alınan taze hava bir miktar soğutularak ortama verilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda dış hava ile üfleme noktası arasında 5-7°C'lik sıcaklık farkı elde edildiği görülmüştür.

Üçüncü grup deneyler dış hava neminin ve sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda, atık havanın nemlendirilmesini ve konvensiyonel soğutma sistemiyle desteklenmesini içermektedir. Bu durumda ise, ön soğutmaya tabi tutulan giriş havası, konvensiyonel soğutma sisteminin buharlaştırıcısından da geçirilerek, iklimlendirilecek mahale verilmiştir.



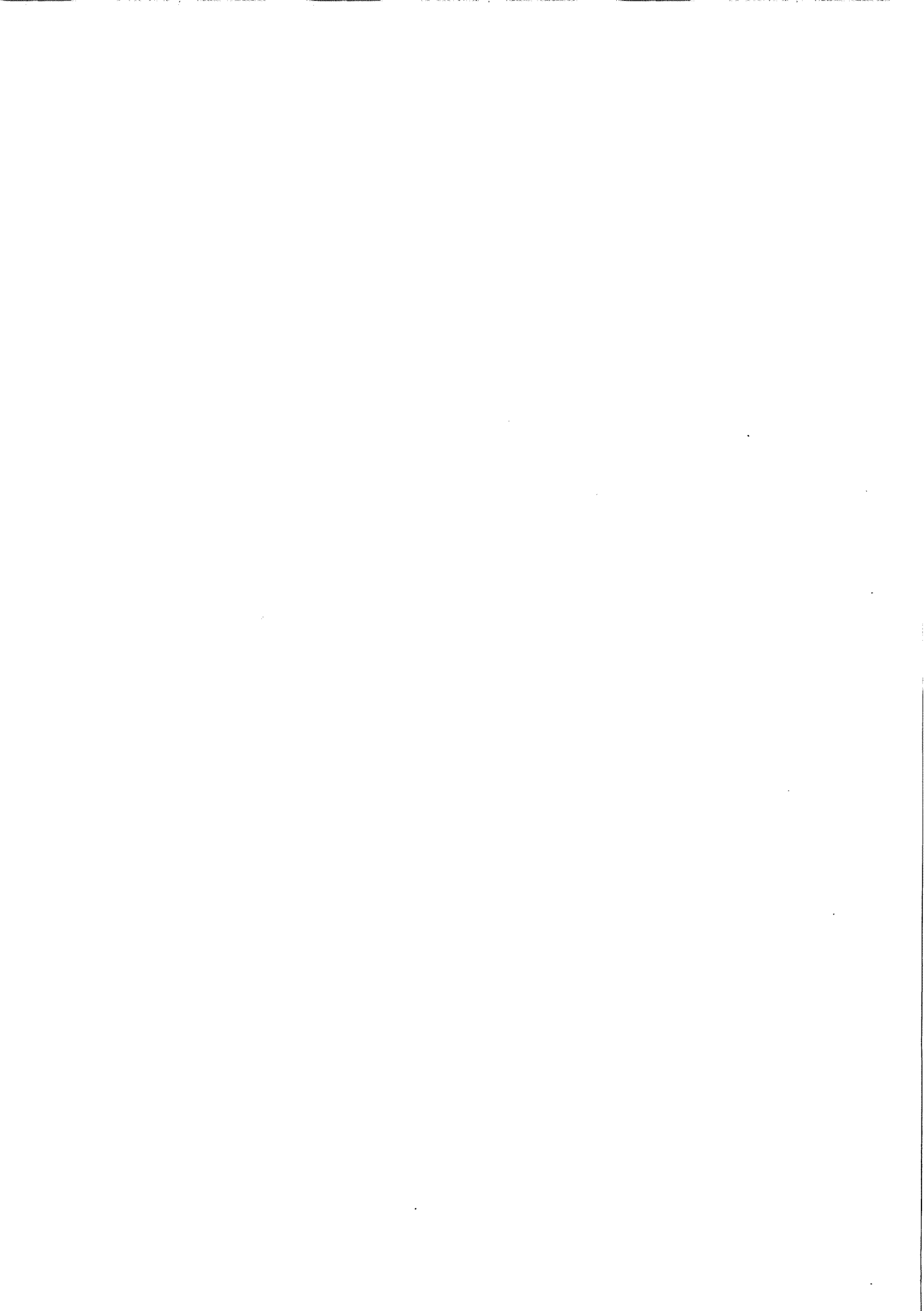
Şekil 7. 19 Eylül 2002 günü, saat 14⁰⁰'deki sonuçların psikrometrik diyagramı

Yapılan deneyler neticesinde, dış ve iç ortam (mahal) sıcaklıkları arasındaki farkın düşük olduğu durumlarda, yalnızca mahalden atılan havanın nemlendirilmesiyle yeterli konforun sağlanabileceği görülmüştür. Sıcaklık farkının büyük olduğu durumlarda, mahale verilecek havanın istenilen şartlara getirilebilmesi için bir konvansiyonel soğutma sisteminin desteğine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak dış havanın nemi düşük ise hem taze hem de atık hava nemlendirilerek, istenilen konfor şartlarının konvansiyonel soğutma sistemine ihtiyaç duyulmaksızın rahatlıkla sağlanabildiği tespit edilmiştir.

Buharlaştırma soğutma sistemi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi gibi, yazları yaş termometre sıcaklığının düşük kuru termometre sıcaklığının yüksek olduğu bölgeler için konfor şartlarının sağlanması ve enerji ekonomisi açısından son derece uygun alternatif bir soğutma sistemidir. Bu sistemlerin ve bilhassa dolaylı buharlaştırma soğutmanın, konvansiyonel soğutma sistemleri ile desteklenerek, Adana gibi yüksek yaş ve kuru termometre sıcaklığına sahip bölgelerde de ekonomik bir şekilde kullanılabilmesi görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

1. Mathews, E.H., Kleingeld, M. and Grobler, L.J., "Integrated simulation buildings and evaporative cooling systems", *Building and Environment*, 29/2, (1994), 197-206.
2. Brown, W.K., "Evaporative cooling for a laboratory facility", *ASHRAE Journal*, 26-30, September, (1992).
3. Genceli, O.F., "Buharlaştırma serinletme özellikleri ve uygulaması", 1. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 15-17 Nisan, 1993.
4. Topçuoğlu, M.A., "Enerji ekonomisi sağlayan taze ve atık hava buharlaştırma iklimlendirme sistemi", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 1998.
5. Yılmaz, T., Büyükalaca, O., Tapan, İ. ve Topçuoğlu, M.A., "Taze ve atık hava buharlaştırma ısı geri kazanımlı iklimlendirme sistemi", 12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Sakarya, Eylül, 1999.



DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

DÖNER REJENERATÖRLER İLE ATIK ISI GERİ KAZANIMI

Tuncay YILMAZ ve Orhan BÜYÜKALACA
Ç.Ü., Makine Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
Tuğrul OĞULATA
Ç.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
Arif ÖZBEK
Ç.Ü., Makine Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

tunyal@cukurova.edu.tr orhan1@cukurova.edu.tr ogulata@cukurova.edu.tr
arozbek@cukurova.edu.tr

ÖZET : *Bu çalışmada sanayide ve iklimlendirmede etkin bir atık ısı-soğuk geri kazanım aracı olan döner rejeneratörlerin ülkemiz koşullarında yapılabilirliği ve dönme hızının rejeneratör verimi üzerine etkisi sayısal, analitik ve deneysel yöntemler kullanılarak araştırılmıştır.*

1. GİRİŞ

Gelişmekte olan bir ülke konumunda bulunan Türkiye'nin enerji tüketimi hızla artmaktadır. Toplam enerji tüketimi, 1996 yılında 69×10^6 Ton Eşdeğer Petrol (TEP) iken, bu rakam 1999 yılında 77×10^6 TEP olmuştur. Bu değişim %10.4'lük bir artışa karşılık gelmektedir. 1999 yılında tüketilen toplam enerjinin yaklaşık %24'ü konutlarda, %27'lik bir bölümü ise sanayide tüketilmiştir. Doğal enerji kaynakları sınırlı bir ülke olan Türkiye bu enerjinin büyük bir oranını ithal yoluyla dışarıdan temin etmektedir.

Türkiye'de yaşanmakta olan ve şiddetini arttıracığı tahmin edilen elektrik darboğazı ve elektrik tüketim profilleri birlikte ele alındığında, meskenlerde, resmi dairelerde, ticarethanelerde ve sanayide genel olarak enerjinin ve özellikle de enerjinin en pahalı formlarından birisi olan elektriğin tasarruf edilmesi gerektiği açıktır. Özellikle meskenlerde ve resmi dairelerde ve kısmen de ticarethanelerde ve sanayide kullanılan elektriğin önemli bir bölümü ısıtma, soğutma veya daha genel anlamda iklimlendirme için kullanılmaktadır.

İklimlendirmede enerji tasarrufu sağlayan en önemli uygulamalardan birisi atık ısı-soğu geri kazanımıdır. Atık ısı-soğu geri kazanımı, kullanıcıların bütçesine katkı sağlamanın yanında, genel olarak Türkiye'nin elektrik enerjisi politikalarına ve yatırımlarına da büyük katkıları olacaktır. Ayrıca, atık ısı-soğu geri kazanımı ile daha az elektrik tüketildiğinden, elektrik üretimi sürecinde ortaya çıkan çevreyi kirletici ve atmosfere zarar veren etmenlerin de azalmasını sağlayacaktır.

2. İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİNDE KULLANILAN ISI GERİ KAZANIM SİSTEMLERİ

İklimlendirmenin en önemli unsurlarından birisi de iklimlendirilen ortamdaki havanın kalitesidir. Ortam içerisindeki hava kalitesini istenilen standartta sürdürebilmek için, ortamdaki belirli bir miktar havanın alınıp dışarıya atılması (atık hava) ve atılan miktara yakın miktarda taze ve şartlandırılmış havanın da ortama gönderilmesi gerekmektedir. Bu işlem esnasında dışarıya atılan havanın enerjisinden (ısı veya soğu) faydalanılarak, iç ortama gönderilen taze havanın ön ısıtma veya soğutmaya tabii tutmasına ısı-soğu geri kazanımı denilmektedir [1].

Atık ısı-soğu geri kazanımı için ısı değiştiricileri (eşanjörleri) kullanılmaktadır. İklimlendirmede kullanılan ısı değiştiricilerini genel olarak iki ana başlık altında gruplandırmak mümkündür. Bunlar *reküperatif* ve *rejeneratif* tip ısı değiştiricileridir [2]. Reküperatif tip ısı değiştiricilerinde, sıcak akışkandan soğuk akışkana ısı transferi dolaylı olarak gerçekleşir. Sıcak akışkan, içerisinde akmakta olduğu kanalın duvarlarına taşınma ile ısı enerjisinin bir bölümünü bırakır. İletim yoluyla duvarın bir yüzeyinden diğer yüzeyine aktarılan ısı, tekrar taşınım yoluyla, komşu kanalda akmakta olan soğuk akışkana geçer.

Bu çalışmada, rejeneratif tip ısı değiştiricilerinden birisi olan döner ısı değiştiricileri (ısı tekerleri) ele alınmıştır.

3. DÖNER ISI DEĞİŞTİRİCİLERİ

Rejeneratif tip ısı değiştiricilerinde (rejeneratörlerde) sıcak akışkandan soğuk akışkana periyodik bir ısı transferi söz konusudur. Isı değiştiricisinin kanallarından geçen sıcak akışkan, matris olarak adlandırılan kanal duvarlarının ısınmasını sağlar.

Daha sonra aynı kanaldan soğuk akışkan geçirilir ve soğuk akışkan ısınmış duvarlarda depolanmış ısı enerjisinin bir bölümünü alarak ısınır.

Döner rejeneratörlerde matris bir eksen üzerinde döner ve sırasıyla ayrı ayrı kanallarda akmakta olan sıcak ve soğuk akışkana temas eder. Isı depolama işlevini yerine getiren matris değişik kesit alanı geometrilerine sahip kanallardan oluşur [3,4].

Döner ısı değiştiricilerinin diğer ısı değiştiricilerine göre bazı avantajları vardır :

- Yüksek etkinlik. Döner tip ısı eşanjörlerinin etkinliği uygulamada %60 ile %80 arasında değişir.
- Düşük basınç kaybı.
- Geniş bir sıcaklık aralığında çalışabilmeleri.
- Kompakt olmaları. Birim hacimdeki ısı transfer eden yüzey alan $4000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ değerine kadar çıkabilmektedir.
- Isı transfer yüzeyinin göreceli olarak ucuz oluşu

Döner ısı değiştiricilerinin yukarıda verilen avantajlarının yanında bazı dezavantajları da vardır :

- Hareketli parça içermeleri.
- Sıcak akışkan ile soğuk akışkanın birbirine karışma problemi.
- Sıcak ve soğuk akışkanın basınçları arasındaki farkın büyük olması durumunda çalışamamaları.
- Ancak devir sayılarının düşük olması, bir temizleme bölümünün devreye sokulabilmesi ve özellikle İklimlendirmede basınçların aynı düzeyde olması bu dezavantajı pratikte önemsiz kılmaktadır.

4. DÖNER REJENERATÖRLERİN ÜLKEMİZDEKİ DURUMU

Döner rejeneratörler 1930'lu yıllardan beri bir çok alanda kullanılmaktadırlar. Bu tür ısı değiştiricileri ilk olarak kazanların ve fırınların baca gazlarından ısı geri kazanımı amacıyla kullanılmışlardır. Ancak ülkemizde döner rejeneratörlerin kullanımı fazla yaygın değildir. Son yıllarda, modern iş merkezleri, alış-veriş merkezleri, lüks oteller ve eğlence merkezlerinin yapılmasıyla, bu binaların iklimlendirme sistemlerinde ısı-soğu geri kazanımı amacıyla kullanılmaya başlanmışlardır.

Ülkemizde döner rejeneratörler imal edilmemektedir. Sadece Çukurova Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü'nde araştırma amaçlı bir döner ısı değiştiricisi imal edilmiş ve denenmiştir. Bu çalışmalar hakkında ayrıntılı bilgileri [5-7] nolu yayınlarda verilmiştir.

5. DÖNER REJENERATÖRLERİN ETKİNLİĞİ

Döner rejeneratörlerin verimi (ϵ), sıcak akışkandan soğuk akışkana gerçekte transfer edilen ısının (\dot{Q}), ideal bir ısı değiştiricisinde transfer edilebilecek ısıya (\dot{Q}_{\max}) oranı şeklinde tanımlanır [9-12]:

$$\epsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{\max}} \quad (1)$$

Döner bir rejeneratörün etkinliği sabit karşıt-akışlı bir rejeneratörün etkinliği (ϵ_0) ve

dönme hızının etkisini dikkate alan bir düzeltme faktörü (φ_r) ile ifade edilebilir.

$$\varepsilon = \varepsilon_o \varphi_r \quad (2)$$

Yukarıda verilen bağıntıların incelenmesinden de görülebileceği gibi, döner ısı değiştiricilerinin etkinliği doğrudan dönme hızına bağlıdır. Dönme hızı değiştirilerek rejeneratörün etkinliği, dolayısıyla da sıcak akışkandan soğuk akışkana aktarılan ısı miktarı kontrol edilebilir.

Literatürde dönme hızının etkinlik üzerindeki etkisini hesaplayabilmek için Kays and London [13] tarafından aşağıdaki eşitlik önerilmiştir :

$$\varphi_r = 1 - \frac{1}{9 C_r^{*1.93}} \quad (3)$$

Aynı amaçla Worsoe-Schmidt [14] aşağıdaki eşitliği vermiştir :

$$\varphi_r = 1 - \frac{0.114 [1 - e^{(-NTU)}]}{C^{*0.44} C_r^{*1.93}} \quad (4)$$

Bu eşitliklerde yer alan C^* ve C_r^* sırasıyla akışkan ve matris malzemesi için ısı kapasite oranını göstermektedir [8].

6. YAPILAN ÇALIŞMA

Dönme hızının etkinlik üzerine etkisi için literatürde önerilen eşitlikler (3 ve 4) düşük dönme hızlarında doğru sonuçlar vermemektedir. Bu nedenle, Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümünde döner rejeneratörlerin ülkemiz koşullarında yapılabilirliğini ortaya koymak ve dönme hızının etkinlik üzerindeki etkisini araştırmak üzere sayısal, analitik ve deneysel bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar TÜBİTAK tarafından ülkemiz için önemli bulunmuş ve proje kapsamında desteklenmiştir.

6.1. Sayısal Çalışma

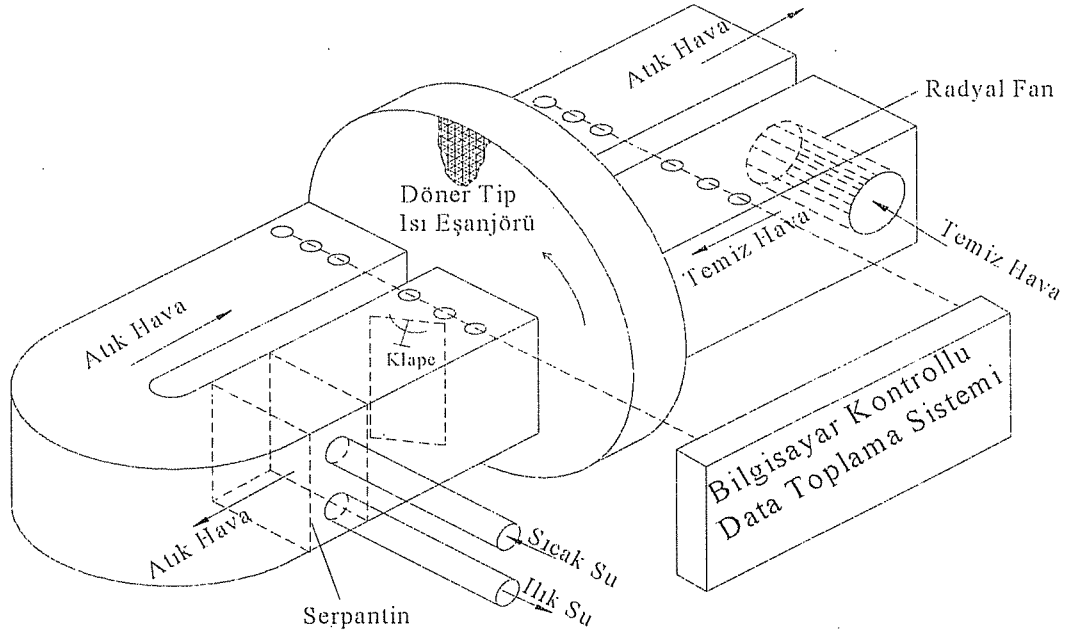
Döner rejeneratör içerisinde akan akışkan ve rejeneratörü oluşturan matris duvarı içerisindeki taşınım prosesleri için bir model geliştirilmiş, bu model için bazı kabullerle diferansiyel denklemler yazılmıştır. Bu denklemler bazı sayısal yöntemler kullanılarak çözülmüştür.

6.2. Analitik Çalışma

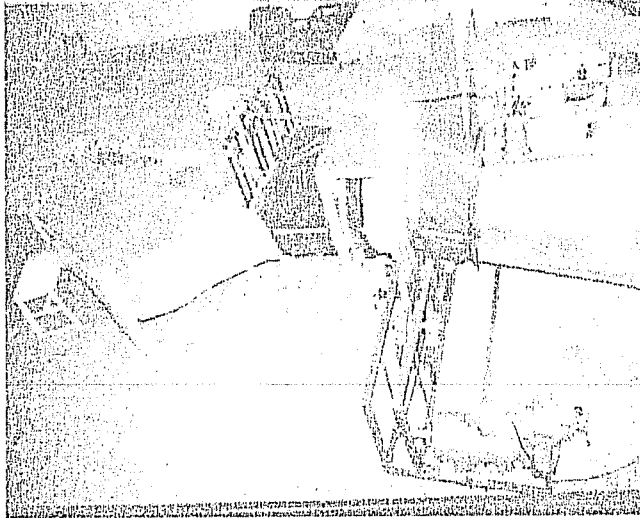
Sayısal çalışma sırasında geliştirilen model için yazılan diferansiyel denklemler bazı sınır durumları için çözülmüştür.

6.3. Deneysel Çalışma

İklimlendirme sistemlerinde kullanılan döner rejeneratörlerin imalatını, işletilmesini ve dönme hızının verim üzerindeki etkisini araştırabilmek amacıyla Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği laboratuvarlarında bir döner rejeneratör imal edilmiş ve denenmiştir. Deney düzeneğinin çalışma prensibi şematik olarak Şekil 1'de, resmi ise Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik resmi

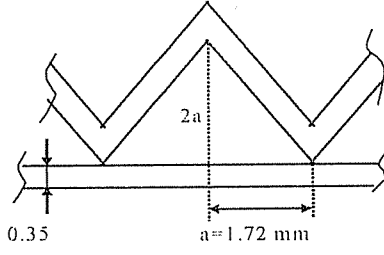


Şekil 2. Deney Düzeneğinin resmi

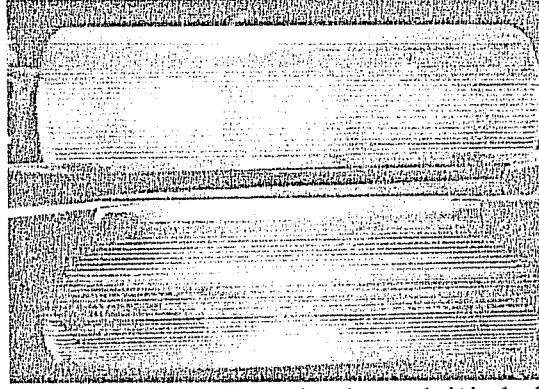
Deney düzeneğinde, temiz hava radyal bir fan ile sisteme alınmaktadır. Rejeneratörden geçen temiz hava, gözenekli matrisin ısı enerjisinin bir bölümünü almaktadır. Bir kat kaloriferi tarafından ısıtılan serpantinden geçirilerek sıcaklığı arttırılan aynı hava, atık ısı olarak döner rejeneratörün diğer kısmına gelmektedir. Isıl enerjisinin bir kısmını gözenekli matrise veren atık hava, döner rejeneratörden geçerek sistemi terk etmektedir.

Deneyler sırasında rejeneratör giriş ve çıkışında debiler ölçülmüştür. Deneylerde rejeneratörün taze ve atık hava kısımlarındaki giriş ve çıkış sıcaklıkları ısıtılma eleman çiftleri kullanılarak bilgisayar kontrollü data toplama sistemi ile kaydedilmiştir.

İmal edilen döner tip ısı eşanjörünün matrisi Şekil 3'te verilmiştir. Rejeneratör malzemesi olarak alüminyum kullanılmış olup, levha kalınlığı 0.35 mm'dir. Kanallar eşkenar üçgen olup, bir kenar uzunluğu 3.44 mm'dir. Rejeneratör, Makine Mühendisliği laboratuvarında kurulan özel bir düzenek vasıtasıyla imal edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 3. Döner tip ısı eşanjöründe kanal geometrisi ve resmi



Şekil 4. Döner rejeneratör kanallarını imal etmek için kullanılan düzenek

Bu deney düzeneği ile değişik deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler 0.5 ile 1 m³/s arasında değişen 3 farklı hava debisinde ve 0.05 ile 7 devir/dakika arasında değişen 27 farklı dönme hızında yapılmıştır.

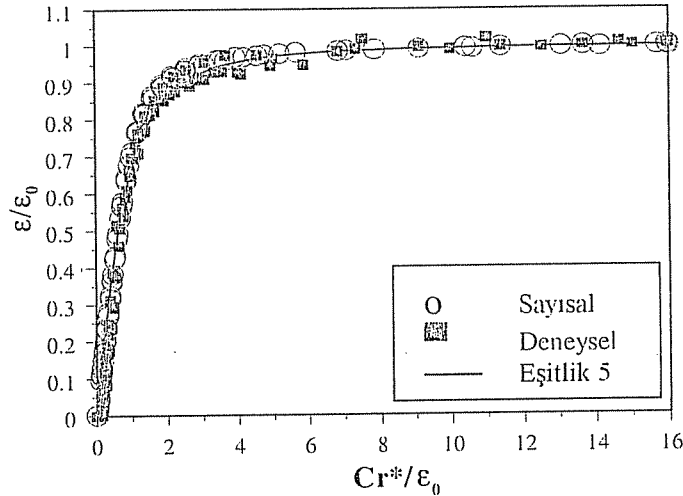
7. SONUÇ

Yapılan sayısal, analitik ve deneysel çalışmalar sonucunda dönme hızının rejeneratörlerin etkinliği üzerine etkisi açıkça ortaya konmuştur. Bu amaçla çok düşük devirlerde de kullanılabilecek olan aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir [8]:

$$\varepsilon = \frac{C_r^*}{\left[1 + 3(C_r^*/\varepsilon_0)^2 + (C_r^*/\varepsilon_0)^4\right]^{1/4}} \quad (5)$$

Bu eşitlikte yer alan C_r^* dönme hızının fonksiyonudur. Yapılan sayısal çalışmadan ve deneylerden elde edilen sonuçlar Eşitlik 5 ile birlikte Şekil 5'de verilmiştir.

Buradaki sonuçlar döner rejeneratörlerin çok etkin bir ısı geri kazanım aracı olduğunu ve ülkemiz imkanlarıyla imalatının hiçbir problem teşkil etmeyeceğini göstermektedir.



Şekil 5. Boyutsuz rejeneratör veriminin boyutsuz dönme hızı ile değişimi

8. REFERANSLAR

1. Yılmaz,T., "Isı Geri Kazanım Sistemleri", III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 109-133, 20-23 Kasım 1997.
2. Yılmaz,T., "Yapılarda ısıtma soğutma uygulamalarında enerji geri kazanma sistemleri ve enerji ekonomisi", II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiri Kitabı, İzmir, 607-622, 1995.
3. Yılmaz,T. ve Cihan,E., "Enerji geri kazanımında etkin bir araç: Döner tip rejeneratörler", Tesisat Mühendisliği, 1/10, 29-33, (1993).
4. Yılmaz,T. ve Varol,Y., "Döner rejeneratörlerle havalandırma tesislerinde enerji tasarrufu", Yalıtım '97 Bildiri-Kitabı, 155-161, 1997.
5. Büyükalaca,O., Yılmaz,T. and Atalay,B., "Effect of Matrix Speed on Effectiveness of Rotary Type Heat Exchanger", Int. Conference on Energy Research & Development, Kuwait, 1063-1072, 9-11 November 1998.
6. Büyükalaca,O., Atalay,B., Yılmaz,T., "Döner Tip Isı Eşanjöründe Etkinlik", 5.Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi, 335-343, Adana, 2-3 Nisan 1998.
7. Büyükalaca,O., Doğruyol,E., "Döner Rejeneratörlerde Dönme Hızının Performansa Etkisi", Tr. Journal of Eng. and Environmental Sci., 22/4, 315-322, (1998).
8. Büyükalaca,O. and Yılmaz,T., "Influence of rotational speed on effectiveness of rotary-type heat exchanger", Heat and Mass Transfer, 38, 441-447, (2002).
9. Yılmaz,T. and Büyükalaca,O., "Design of regenerative heat exchangers", Heat Transfer Engineering, 24/4, 32-38, (2003).
10. Yılmaz,T., Büyükalaca,O. and Candar,L., "Calculation of Rotary Heat Exchangers with Various Matrix Geometries," Proceedings of the TIEES-96, First Trabzon Int. Energy and Environment Symposium, Vol.1, Trabzon, Turkey, pp 507-514, July 29-31, 1996.
11. Ünal,Ş., ve Yılmaz,T., "Döner tip rejeneratör etkinliğinin transfer birimi ve ısı kapasite oranı ile değişimi", Ç. Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 11/1, 167-180, (1996).

12. Yılmaz, T., Ünal, Ş. ve Cihan, E., "Döner tip ısı eşanjörlerinde etkinliğin nümerik olarak hesaplanması", 3. Balıkesir Mühendislik Sempozyumu, 107-116, 10-11 Nisan 1995.
13. Kays, W.M. and London, A.L., "Compact Heat Exchangers", McGraw-Hill, New York, 1984.
14. Worsøe-Schmidt, P., "Effect of Fresh Air Purging on the Efficiency of Energy Recovery From Exhaust Air in Rotary Regenerators", Rev. Int. Froid, 14, 233-239, (1991).

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

DOĞU AKDENİZ BÖLGESİNİN RÜZGAR HIZI VE ENERJİ POTANSİYELİ

Beşir ŞAHİN, Mehmet BİLGİLİ ve Hüseyin AKILLI

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

bsahin@cu.edu.tr m_bilgili@yahoo.com hakilli@cu.edu.tr

ÖZET : Bu çalışmada, Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesinin rüzgar hızı ve rüzgar enerji potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Hesaplamalarda Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün Antakya, Iskenderun, Dört Yol, Yumurtalık ve Karataş Meteoroloji İstasyonlarındaki 1992-2001 yılları arasındaki saatlik rüzgar hızı ve yön bilgileri kullanılarak rüzgar hızlarının gün, ay ve yıllara göre değişimleri, hakim rüzgar yönleri ortaya çıkarılmış ve istatistik çalışmaları yapılarak bölgedeki rüzgar hızının ve potansiyelinin değişimi ortaya konmuştur. Ayrıca, 1/100.000 ve 1/250.000 ölçekli topografya haritaları ve şehir imar planıyla birlikte meteoroloji istasyonu yerinde incelenmek suretiyle bölgenin topografya, pürüzlülük ve yakın çevre engel bilgileri elde edilmiştir. Rüzgar Atlası Analiz ve Uygulama Programı (WASP) ile bu bilgiler değerlendirilerek bölgenin rüzgar haritası çıkarılmıştır. Bu bölgede kurulabilecek rüzgar enerji santrallerine danışmanlık hizmeti verebilecek düzeyde altyapı Makine Mühendisliği bölümünde mevcut hale gelmiştir.

1. GİRİŞ

Fosil kökenli yakıtların kısıtlı olması ve bunların neden olduğu hava kirliliği, asit yağmuru ve sera etkileri gibi negatif çevresel etkilerinden dolayı yenilenebilir enerji kaynakları günümüzde büyük önem kazanmaktadır. Alternatif kaynaklar olarak da adlandırılan bu enerji kaynakları içerisinde güneş enerjisiyle birlikte diğer önemli bir kaynak rüzgar enerjisidir. Türkiye açısından kıyı şeritleri, dağ-vadi yapıları gibi coğrafi özellikler göz önünde tutulacak olursa, rüzgar enerjisinin göz ardı edilmeyecek bir kaynak olduğu yapılan araştırma sonuçlarından anlaşılmaktadır. Türkiye'nin rüzgar alan bölgelerinde rüzgar santralleri kurulmaya başlanmıştır. Bozcada ve Çanakkale'de şu anda rüzgar enerjisi ile elektrik üretilmektedir [1]. Ülkemizin çeşitli yörelerinde rüzgar santralleri kurulması için çalışmalar yapılmakta ve projeler Enerji Bakanlığına sunulmaktadır [2]. Rüzgar türbinlerindeki teknolojik gelişmeler bu türbinlerin kapasitesini ve verimini arttırmıştır. Tamamen doğal olan ve tükenme ihtimali olmayan rüzgar enerjisinden yararlanma hızla artmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi'ndeki rüzgar enerji kaynaklarının değerlendirilmesi için meteorolojik verileri kullanarak rüzgar enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi için uygun bilgileri sağlamaktır. Mevcut yöntemle ülkemizin diğer bölgelerinde de benzer çalışmalar yapılabilecek altyapı ve danışmanlık birikimi sağlanmıştır.

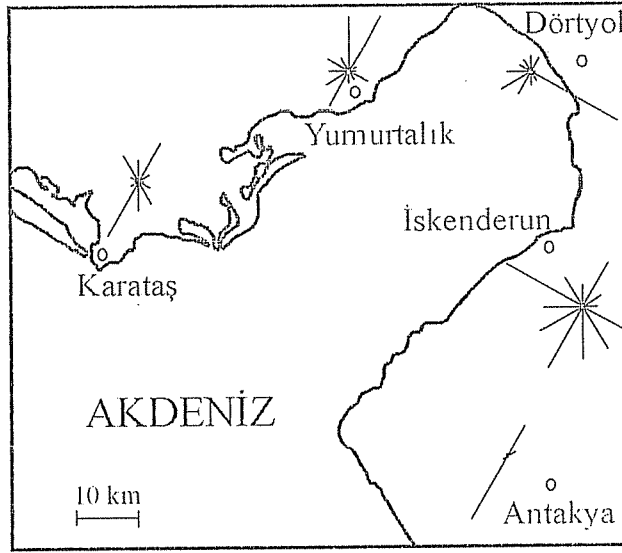
2. RÜZGAR VERİLERİ

Bu çalışmada kullanılan rüzgar verileri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün Antakya, İskenderun, Dört Yol, Yumurtalık ve Karataş Meteoroloji İstasyonlarındaki 1992-2001 yılları arasında ölçülen saatlik rüzgar hızı ve yön bilgileridir. Bu istasyonların koordinatları Çizelge 1'de verilmiştir. Ayrıca bölge haritası, istasyonların konumları ve her bir istasyonun hakim rüzgar yönü Şekil 1'de gösterilmiştir. Çizelge 2'de ise Meteoroloji İstasyonlarındaki rüzgar hızlarının yönlere göre frekansı yüzde (%) olarak verilmiştir. Buna göre Antakya ve Karataş Meteoroloji İstasyonları için hakim rüzgar yönü 210, İskenderun için 300, Yumurtalık için 30 ve Dört Yol için 120 derecedir. Hakim rüzgar yönleri, rüzgar türbini kurulması istenilen bir bölgede türbinin en uygun pozisyonunu belirlemede önemli bir rol oynamaktadır [3].

Çizelge 1. Meteoroloji İstasyonlarının koordinatları

İstasyon	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)	Ölçüm yüksekliği (m)
Antakya	36°.12'	36°.10'	100	10
İskenderun	36°.35'	36°.10'	4	17
Karataş	36°.34'	35°.23'	22	10
Yumurtalık	36°.46'	35°.47'	27	10
Dört Yol	36°.51'	36°.13'	28	10

İstasyonlarda ölçülen saatlik rüzgar hızlarının Weibull parametreleri, ortalama rüzgar hızı ve potansiyel değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Ortalama rüzgar hızlarının değerleri 0,9 ile 2,8 m/s arasında değişmektedir. Ortalama rüzgar hızlarının bir tam güne göre değişimi Şekil 2'de görülmektedir. Buna göre tüm istasyonlar için günün en düşük



Şekil 1. Doğu Akdeniz Bölgesi ve hakim rüzgar yönleri

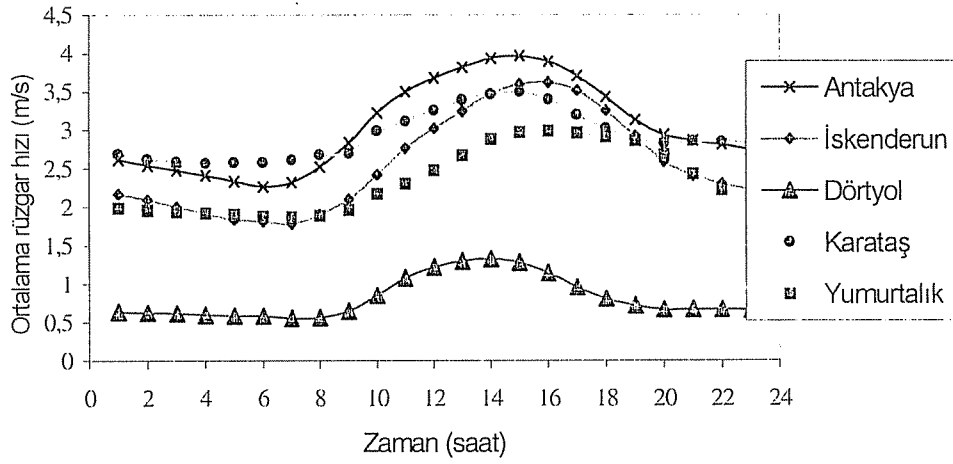
rüzgar hızları genellikle sabah saatlerinde, 7:00'de olmaktadır. Yüksek rüzgar hızlarına ise 12:00 ile 19:00 saatleri arasında rastlanmaktadır. Yıllık ortalama rüzgar hızlarının değişimi Şekil 3'de görülmektedir. Genel olarak yıllık ortalama rüzgar hızlarında bir azalma olduğu görülmektedir. Rüzgar hızı üzerindeki bu azalışın en önemli nedeni, zamanla istasyon çevresinin bir yapılanma sonucu etrafının kapanması ve böylece gerçek rüzgar değerlerinin ölçülememesidir. İstasyon çevresindeki rüzgara etki eden yakın çevre engelleri ölçüm değerlerine önemli bir biçimde etki yapmakta ve rüzgar hızını azaltmaktadır. Bu tip problemler bir bölge için rüzgar enerji potansiyelinin belirlenmesinde büyük sorunlar yaratmaktadır. Ortalama rüzgar hızlarının aylara göre değişimi Şekil 4.a,b,c,d ve e'de görülmektedir.

Çizelge 2. Meteoroloji İstasyonlarındaki rüzgar hızlarının yönlere göre dağılımı

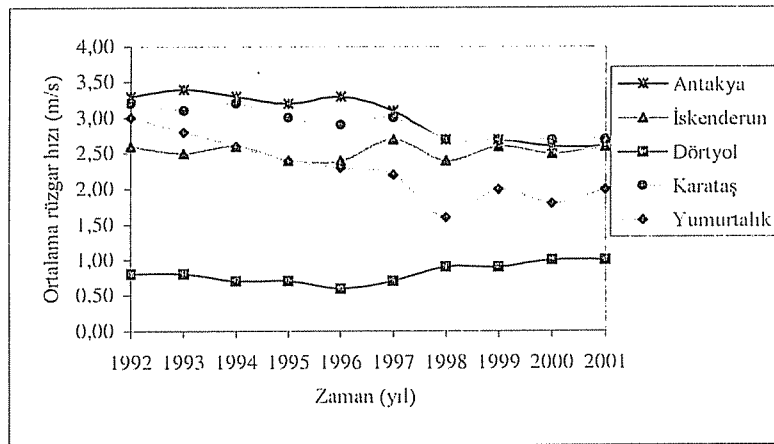
Yön	Frekans (%)				
	Antakya	İskenderun	Karataş	Yumurtalık	Dört Yol
N (0°)	2.0	4.2	8.1	18.6	5.7
NE (30°)	27.6	9.5	16.8	21.0	5.8
EN (60°)	7.3	4.0	4.6	2.7	0.9
E (90°)	0.5	2.7	1.8	1.9	1.4
ES (120°)	0.4	8.5	5.0	6.9	36.6
SE (150°)	0.2	9.1	9.6	3.2	4.0
S (180°)	0.7	9.9	10.8	4.0	4.8
SW (210°)	55.1	13.2	24.0	13.3	9.5
WS (240°)	3.4	9.1	3.2	8.6	12.8
W (270°)	0.8	7.2	1.3	6.6	8.7
WN (300°)	0.6	16.4	3.3	8.1	4.6
NW (330°)	1.3	6.3	11.6	5.0	5.0

Çizelge 3. Weibull parametreleri ile ortalama rüzgar hızı ve enerji değerleri

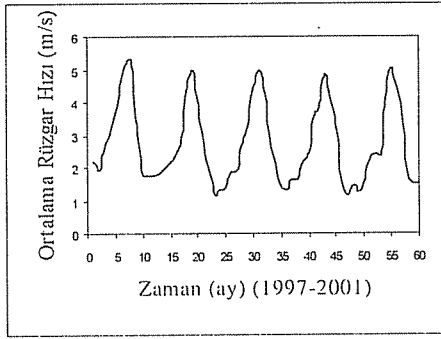
İstasyon	Weibull parametresi (A) (m/s)	Weibull parametresi (k)	Ortalama rüzgar hızı (m/s)	Ortalama enerji yoğunluğu (W/m ²)
Antakya	3.1	1.70	2.8	29
İskenderun	2.7	1.21	2.6	37
Karataş	3.1	1.94	2.7	25
Yumurtalık	2.1	1.27	1.9	15
Dört Yol	1.1	1.34	0.9	2



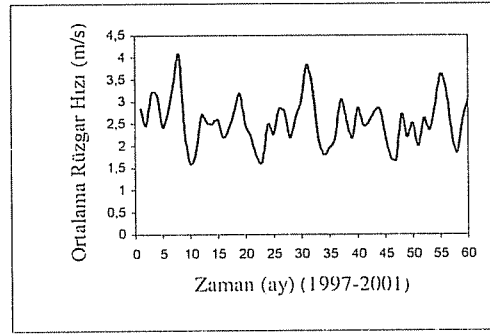
Şekil 2. Ortalama rüzgar hızlarının bir tam güne göre değişimi



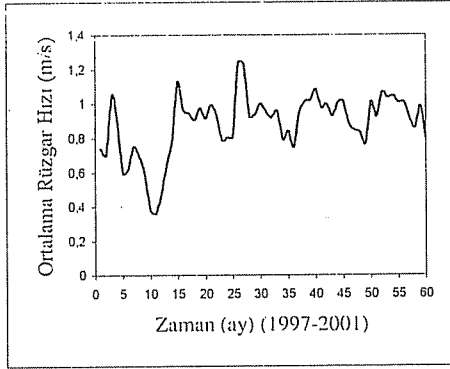
Şekil 3. Yıllık ortalama rüzgar hızlarının değişimi



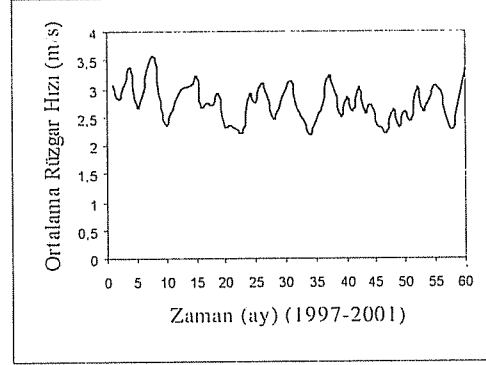
(a) Antakya



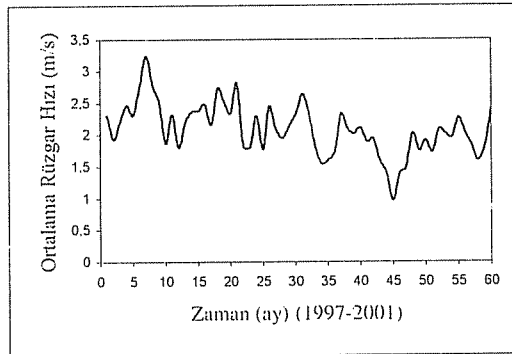
(b) İskenderun



(c) Dörtöyl



(d) Karataş



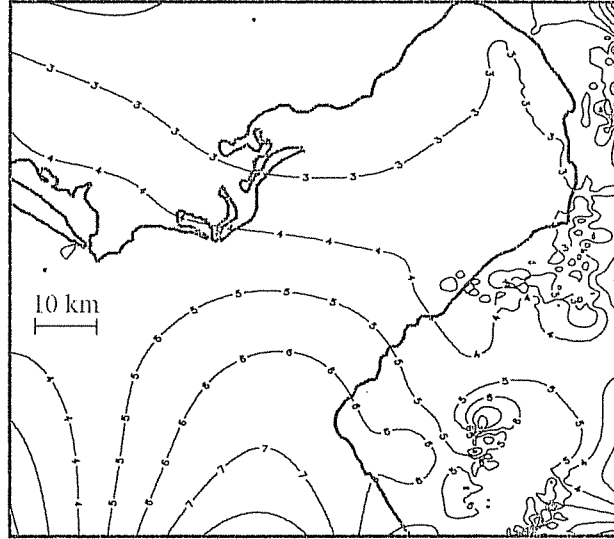
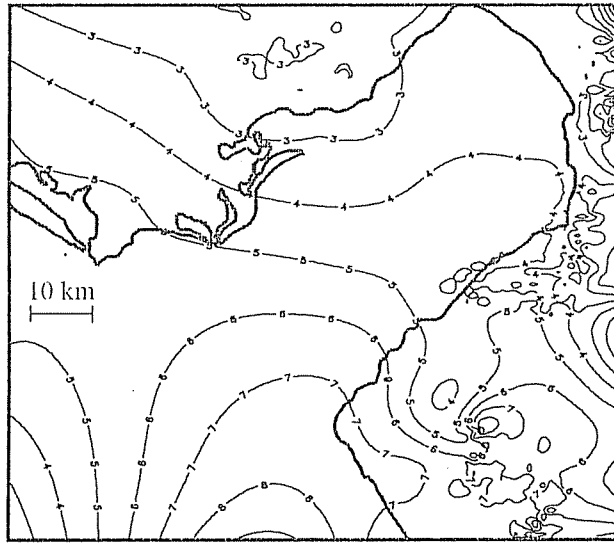
(e) Yumurtalık

Şekil 4. Ortalama rüzgar hızlarının aylara göre değişimi

3. DOĞU AKDENİZ BÖLGESİ İÇİN YAPILAN DÜZELTİLMİŞ ANALİZ SONUÇLARI

Ölçüm yapılan istasyon etrafındaki pürüzlülük, topografya ve özellikle yakın çevre engellerinin rüzgar hızına etkisi çok fazladır. Bölge rüzgar potansiyelinin daha objektif bir şekilde değerlendirilebilmesi için bu faktörlerin rüzgar hızı üzerindeki etkileri belirlenmelidir. Bu etkiler altında ölçülen rüzgar hızı değerleri kullanılarak düzeltilmiş yani mevcut çevre engellerinden arındırılmış rüzgar hızı değerleri yeniden hesaplanması gerekmektedir [4,5]. Düzeltilmiş analiz sonuçlarında rüzgara etki eden yakın çevre engelleri, pürüzlülük ve topografya verilerinin tamamı dikkate alınmıştır. Bu parametrelerin hava akışına olan etkileri dikkate alınıp rüzgar hızları WASP paket

programı ile yeniden hesaplanarak ortalama rüzgar hız değerleri bulunmuştur. Oluşturulan kaynak dosyalar kullanılarak 10 ve 25 m yükseklikler için ortalama rüzgar hızlarının bölge haritası oluşturulmuştur. Şekil 5a ve b'de görüldüğü gibi herhangi bir nokta üzerindeki rüzgar hızı değerleri bu haritalardan doğrudan görülebilmektedir.

(a) $h=10$ m(b) $h=25$ m

Şekil 5. Doğu Akdeniz bölgesi için ortalama rüzgar hızlarının dağılımı

4. SONUÇ

İncelenen bu beş istasyonun genelinde 1992-2001 yılları arasındaki ölçülen ortalama rüzgar hızı değerlerinde, istasyon çevresinin bir yapılanma sonucu etrafının kapanması nedeniyle zamana bağlı olarak yıllara göre bir azalma gözlenmiştir. Bu da gerçek rüzgar hızı değerlerinin ölçülememesine neden olmuştur. Yapılan düzeltilmiş analiz sonuçları neticesinde, elde edilen bölgesel rüzgar haritalarında, özellikle Antakya ve İskenderun bölgesinde yer düzeyinden 10 m yükseklikte rüzgar hızı değeri 5-6 m/s ve daha fazla

olan bazı yerlerin mevcut olduğu görülmüştür. Yer düzeyinden 25 m yükseklikte ise bu değerler 6-7m/s'dir. Bu değerler bölgenin rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından çok uygun bir bölge olduğunu göstermektedir. Mevcut çalışma çerçevesinde, bölgeye rüzgar enerjisi santralleri kurulması konusunda yeterli düzeyde danışmanlık hizmeti verme deneyimi kazanılmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Ünlü,H., "Rüzgar artık enerjiye esiyor", *Enerji, Termodinamik*, s.77-79, 2002.
2. Tezcan,E., "Rüzgar enerji sistemleri ve ülkemizde esen rüzgarlar", *Mühendis ve Makine*, cilt 41, sayı 490, sayfa 38-40, 2001.
3. Pashardes,S. and Christofides,C., "Statistical analysis of wind speed and direction in Cyprus", *Vol 55, No 5, pp.405-414, 1995.*
4. DüNDAR,C., "Bandırma, Bodrum, Bozcaada ve Çeşme Bölgeleri için rüzgar enerjisi potansiyellerinin belirlenmesi", *Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 1997.*
5. Mortensen,N.G., Landberg,L., Troen,I. and Petersen,E.L., "Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP)", *Vol.1, Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1993.*

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003GÜNEŞ ENERJİSİNDEN MAKSİMUM DÜZEYDE YARARLANMAK
AMACIYLA GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNİN TASARIMI VE İMALATI

A.KOÇ, H.DUMAN ve A.GÖKÇEN

M.K.Ü., Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Serinyol, Antakya/Hatay/Türkiye
hduman@mku.edu.tr ahmetgken@hotmail.com akoc@mku.edu.tr

ÖZET : Günümüzde fosil enerji kaynaklarının giderek azalması ve enerji maliyetlerinin artması, giderek yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma ve kurulan sistemlerin verimliliklerindeki artış için yapılan çalışmalar gittikçe önem kazanmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden olan güneş enerjisi sistemlerinde, yer yüzeyine gelen güneş enerjisinin modül düzlemine dik olması istenmektedir. Çünkü ancak bu durumda iken ışık en az yansımaya hücre içerisine girmekte ve en yüksek düzeyde verim elde edilmektedir. Ancak güneş ışığı gün boyunca değişik açılarla geldiği için sabit olarak montaj edilen modüllerde bu durum sağlanamamaktadır. Çift eksenli izleyicilerde ise hem yatay hem de düşey olarak güneş izlenmektedir. Bu tür sistemlerin avantajı, güneş pillerinin normal sistemlere göre elektrik üretimine sabah yaklaşık 2 saat önce başlaması ve akşam 2 saat daha fazla elektrik üretimi yapabilmesidir. Sistem maliyeti yani yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen üretilen elektrik enerji miktarındaki artış düşünüldüğünde kısa sürede kendini amorti edeceği tahmin edilmektedir. Bu tür sistemlerin yurt dışı satış fiyatları yüksek olmasına mukabil kendi yapmış olduğumuz sistem maliyeti hazır sistemleri dörtte bir fiyatının altına inmektedir.

Bu çalışmada amaç, birim alan maliyetini düşürmek ve verimini artırmaktır. Yani; kullanılan güneş pillerinin sayısını düşürerek maksimum düzeyde elektrik enerjisi elde etmek asıl amaçtır.

1. GİRİŞ

Dış yüzeyi 6000 K. olarak kabul edilen ve bilinen en büyük siyah cisim olan güneşin yaydığı ışınımın yeryüzüne ulaşabilen miktarı %70 kadardır. Pratik olarak, yeryüzüne ulaşan güneş ışınımı 1000 W/m^2 kabul edilmektedir. Dünya genelinde güneş enerjisinin brüt potansiyeli 178000 TW'dır. Teorik olarak alınabilir potansiyel 50-100 TW arasında bulunmaktadır. Güneş enerjisi uygulamaları elektrik üretimi ve ısı uygulamalar biçiminde iki ana grupta toplanmaktadır. Dünya güneş enerjisi kurulu gücü henüz 58000 MW düzeyindedir. Bunun 18000 MW'lık kısmı fotovoltaik, kalanı termiktir. Güneş enerjisinin kurulu kolektörlerle ısı kullanımını 10 Mtep/yıl düzeyinde bulunmaktadır. Fotovoltaik santraller henüz küçük güçlerdedir ve yeni geliştirmeler ile maliyet düşürülmeye çalışılmaktadır. Türkiye'de güneş elektrik santralleri üzerinde durulmamakla birlikte, yaklaşık 500 MW ısı kurulu güçle yılda 100 Btep'i aşkın güneş enerjisi su ısıtıcı kolektörlerden kullanılmaktadır. Bu değer dünyadaki kullanımın % 1'i kadardır.

Güneş enerjisi Türkiye'nin en görkemli doğal kaynağıdır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ısı uygulamalarla güneş enerjisinden yapılacak üretimi, 2000 yılı için 121 Btep, 2020 yılı için de 745 Btep gibi azımsanacak düzeyde öngörmektedir. Oysa, ekonomiklik sınırlarındaki teknolojik uygulamalarla, güneş enerjisinden yapılabilecek üretimin 2000 yılında 287 Btep, 2010 yılında 1458 Btep, 2020 yılında 3882 Btep ve 2023 yılında da 4854 Btep düzeyine çıkarılması olanaklıdır.[1]

Türkiye coğrafi konumu açısından 36-42 N enlemleri arasında yer almakta ve güneş kuşağı içerisinde bulunmaktadır. Yıllık ortalama güneşlenme süresi 2609 saat olup, yılın % 29.8'ini oluşturmaktadır. Güneşlenme süresi yönünden en zengin bölgeyi 3016 saat ile Güneydoğu Anadolu kapsamakta, bunu sırasıyla Akdeniz (2923 saat), Ege (2726 saat), İç Anadolu (2712 saat), Doğu Anadolu (2 693 saat), Marmara (2 528 saat) bölgeleri izlemekte, en düşük değer 1966 saat ile Karadeniz bölgesinde görülmektedir. Güneşlenme süresinin aylık dağılımında Türkiye ortalaması maksimum değer 362 saat ile Temmuz, minimum değer 98 saat ile Aralık ayına aittir. Türkiye'de güneş radyasyon şiddetinin yıllık ortalaması yatay düzlem üzerinde 3.7 kWsaat/m^2 .gün olup, aylara göre 5.9 kWsaat/m^2 .gün ile 1.5 kWsaat/m^2 .gün arasında değişmektedir.

Yıllık ortalama güneş radyasyon şiddetinin coğrafi bölge değerleri; Güneydoğu Anadolu'da 3.97 kWsaat/m^2 .gün, Akdeniz'de 3.86 Wsaat/m^2 .gün, İç Anadolu'da 3.81 kWsaat/m^2 .gün, Ege'de 3.78 kWsaat/m^2 .gün, Marmara'da 3.03 kWsaat/m^2 .gün ve Karadeniz'de 2.86 kWsaat/m^2 .gün olmaktadır.

Türkiye için yaz ve kış sezonu ortalaması güneşlenme süresi 3,5 saat olarak çıkartılmıştır. Güneşlenme süresi, bir tam gün içinde 1000 W/m^2 değerini alabileceğimiz toplam saat miktarını vermektedir. Dolayısıyla, bir günde tüm meteorolojik veriler doğrultusunda, senelik gün ortalaması bir metrekaire için 3.500 W/m^2 /gün olabilmektedir. Bu değer kışın 2.000 W/m^2 /gün bile altına inebileceği gibi, yaz mevsimlerinde bölgeye bağlı olarak 5.500 W/m^2 /gün, hatta üstü olabilmektedir. Burada güneş pillerinin, güneşe belirli bir açıyla yönlendirilmesi gereği unutulmamalıdır. Güneş pillerinin verimi % 15 olduğundan, Türkiye ortalaması 3.500 W/m^2 /gün faydalanabilir elektrik enerjisi üretimi günde 525 W/m^2 olacaktır.

Çok kaba bir hesapla günde 5.000 Wh tüketimi olan ortalama bir evin ihtiyacı, $5.000/525 =$ yaklaşık 10 m^2 ile karşılanabilecektir. Ancak burada unutulmaması gereken

nokta, kışın güneş radyasyon değerinin $2.000 \text{ W/m}^2/\text{gün}$ değerine düşebildiği, yazın 5.500 W/m^2 değerine yükselebildiğidir. Dolayısıyla, aynı mantıkla kışın $2.000 \text{ W/m}^2 \times \% 15 = 300 \text{ W/m}^2/\text{gün}$ veya $5.000 \text{ W/m}^2 / 300 \text{ W/m}^2 =$ yaklaşık 17 m^2 güneş pili gerekirken, aynı enerji için yazın 6 m^2 yeterli olabilmektedir. Aradaki bu fark yaz ve kış aylarında, güneş pillerinin güneşe bakış açılarının değiştirilmesi ya da güneşi takip eden tracker sistemlerle azaltılabilir.

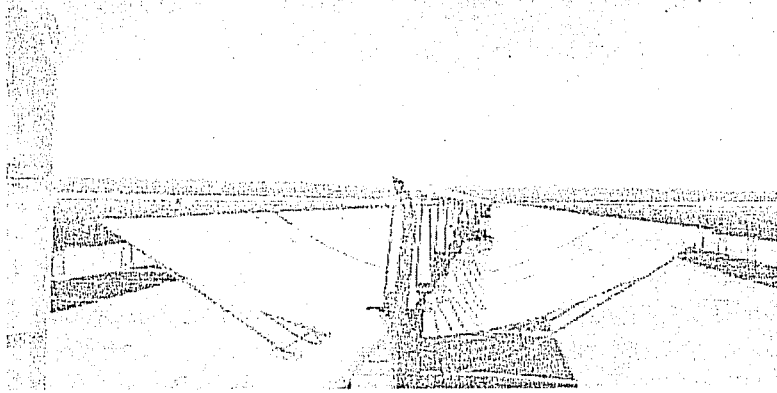
2. YOĞUNLAŞTIRICI SİSTEMLER

Güneş enerjisi uygulamalarında düzlemsel güneş kolektör sistemlerinin yanı sıra daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak için yoğunlaştırıcı kolektör sistemleri kullanılmaktadır. Düzlemsel güneş kolektörleri için kullanılan kavram ve tarifler, yoğunlaştırıcı kolektörler için de geçerlidir. Bununla birlikte yoğunlaştırıcı kolektör teknolojisinin daha karmaşık olması nedeniyle, yeni tariflerin yapılması gereklidir. Kolektörlerde güneş enerjisinin düştüğü net alana "açıklık alanı" ve güneş enerjisinin yutulduğu ısı enerjisine dönüştürüldüğü yüzeye "alıcı yüzey" tabiri kullanılmaktadır.

Güneş enerjisini yoğunlaştıran kolektörlerde en önemli kavramlardan biri "yoğunlaştırma oranı" dır. Yoğunlaştırma oranı, açıklık alanının alıcı yüzey alanına oranı olarak tanımlanmaktadır. Yoğunlaştırma oranı, iki boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik oluk) 300, üç boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik çanak) 40000 mertebesindedir. Bu tür kolektörlerde güneş enerjisi, yansıtıcı veya ışın kırıcı yüzeyler yardımı ile doğrusal ya da noktasal olarak yoğunlaştırılabilmektedir.

2.1. Doğrusal Yoğunlaştırıcılar

Parabolik oluk kolektörler, doğrusal yoğunlaştırma yapan ve kesiti parabolik olan dizilerden oluşmaktadır. Oluğun iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini parabolün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya yansıtır. Orta derecede sıcaklık isteyen uygulamalarda kullanılan bu sistemlerde, güneş enerjisi bir doğru üzerinde yoğunlaştırılacağından tek boyutlu hareket ile güneşi izlemek yeterlidir.



Şekil 1. Doğrusal Yoğunlaştırıcı Kolektör[2]

2.2. Noktasal Yoğunlaştırıcılar

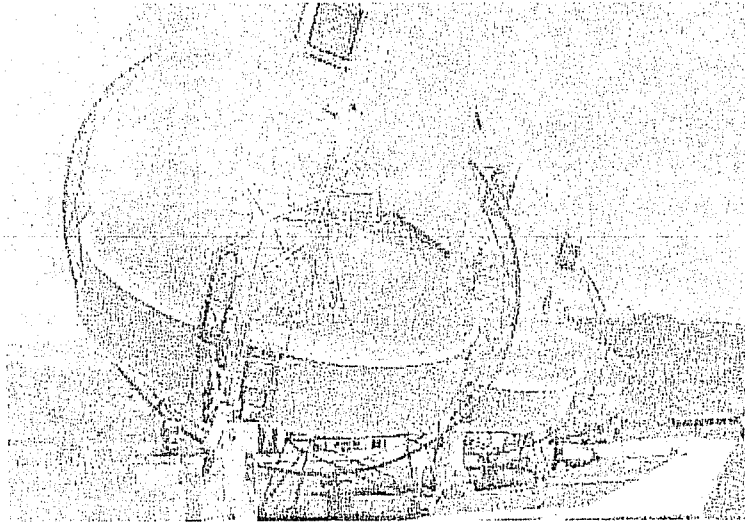
İki boyutta güneşi izleyip noktasal yoğunlaştırma yapan ve daha yüksek sıcaklıklara ulaşan bu tür sistemler, parabolik çanak ve merkezi alıcı olmak üzere iki gruba

ayrılmaktadır. Parabolik çanak kolektörler, iki eksenle güneşi takip ederek sürekli olarak güneşi odak noktasına yoğunlaştırmaktadırlar.

2.2.1. Parabolik Çanak Kolektörler

Parabolik çanak kolektörler, yüzeylerine gelen güneş radyasyonunu noktasal olarak odaklarında yoğunlaştırmaktadırlar. Bu kolektörlerin yüzeyleri de parabolik oluk kolektörlerin yüzeyleri gibi yansıtıcı aynalarla kaplıdır. Gelen güneş enerjisi, bu aynalar vasıtasıyla odakta Stirling motoru üzerine yoğunlaştırılmaktadır. Stirling motoru ısı enerjisini elektrik jeneratörü için gerekli olan mekanik enerjiye dönüştürmektedir. Elektrik üretiminden başka, bu kolektörler buhar ya da sıcak hava üretimi için de kullanılmaktadır. Parabolik çanak kolektörler ile elde edilen elektrik, diğer yöntemlerle elektrik üreten santrallere destek amacıyla ve maden ocakları, radar istasyonları ya da uzak köylerin elektrik ihtiyacının karşılanmasında kullanılmaktadır. Ayrıca, endüstride buhar üretimi, yer altı enjeksiyonu, petrol çıkartılması gibi işlemler içinde kullanılmaktadır.

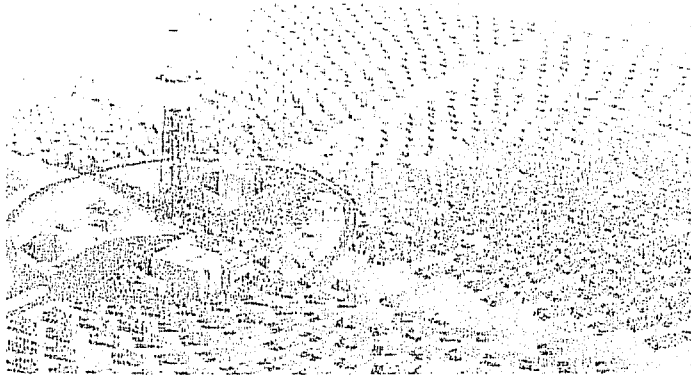
Bu santraller, küçük modüllerden oluştuğu için enerji ihtiyacı duyulan yerlerin yakınında ve ihtiyaç duyulan kapasitede tesis edilebilirler. Günümüzde uygulamaları aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Parabolik Çanak Kolektörler [2]

2.2.2. Merkezi Alıcı Güç Santralleri

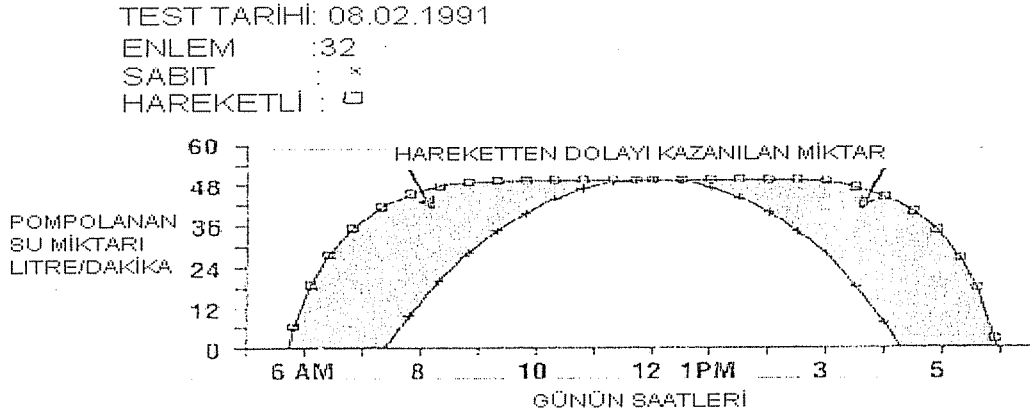
Güneş enerjisini yoğunlaştırarak elektrik üreten diğer bir uygulama da merkezi alıcı güç santralleridir. Bu santrallerde güneş enerjisi, heliostat denen aynalar yardımıyla bir kule üzerine yerleştirilmiş olan alıcıya yansıtılır. Bu yolla 1000 °C'nin üzerinde sıcaklık elde edilmektedir. Heliostatlar, merkezi bir bilgisayar yardımıyla güneşi takip ederek güneş enerjisini kule üzerindeki alıcıya yansıtmaktadırlar. Alıcıda ısıtılan akışkan, buhar jeneratörüne gönderilerek buhar üretilmekte ve bu buhar, buhar türbininden geçirilerek elektrik üretilmektedir. [2]



Şekil 3. Merkezi Alıcı Güç Santralleri[2]

3. GÜNEŞ İZLEYİCİLERİ

Gelen güneş enerjisinin modül düzlemine dik olması istenmektedir. Çünkü ancak bu durumda iken ışık en az yansımayla hücre içerisine girer ve en yüksek verim elde edilmektedir. Ancak, güneş ışığı gün boyunca değişik açılarla geldiği için sabit olarak montaj edilen modüllerde bu yüksek verim sağlanamamaktadır. Güneşi izlemek için tek veya iki eksende güneşi izleyen düzenekler kullanılmaktadır. Tek eksenli güneş izleyicileri, sadece yatay eksenle, yani doğudan batıya doğru güneşi takip etmektedir. Çift eksenli izleyicilerde ise hem yatay hem de düşey olarak güneş izlenir. [3]



Şekil 4. Güneş izleyicilerinin Su Pompalama Sisteminde Yarattığı Artış Oranı(%60) [5]

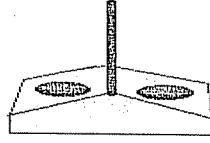
Yukarıdaki örnek daha önceden yapılmış bir deney sonucunu göstermektedir. Buna göre sabit güneş pilleri ile hareketli güneş pilleri arasında verimlilik açısından %60 'lık bir artış görülmektedir.

4. GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNİN ÇALIŞMASI

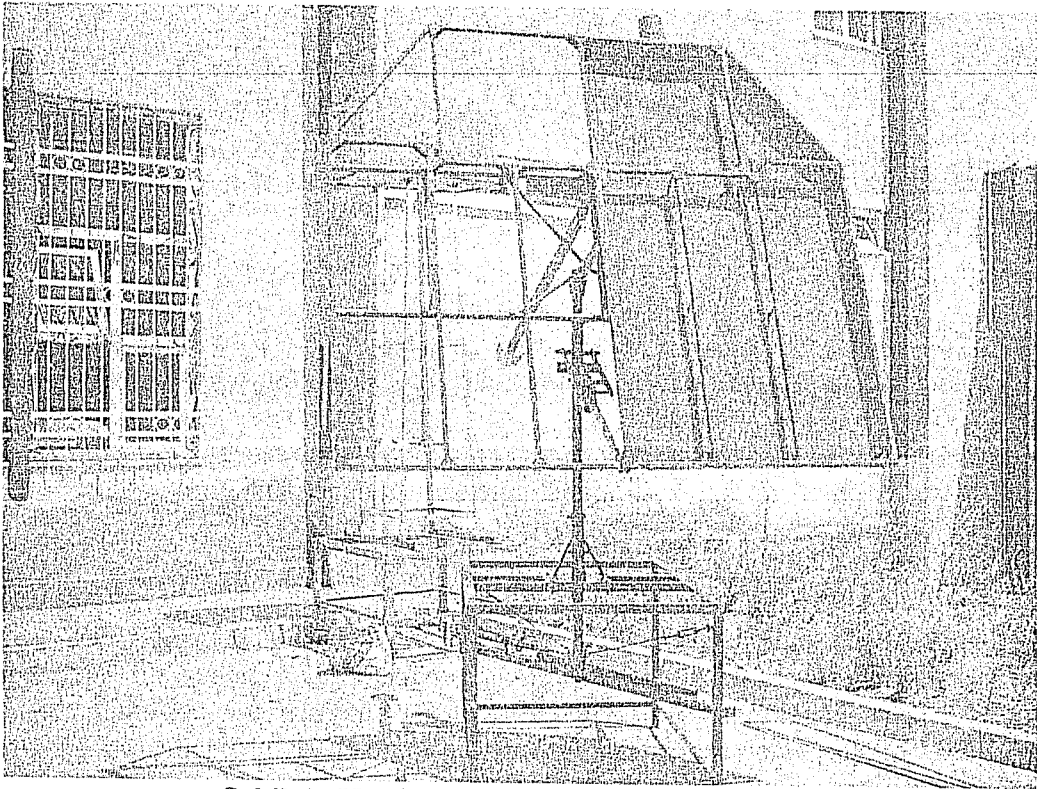
Sistemin çalışmasında LDR(Light depended resistor) kullanılmıştır. LDR, üzerine düşen ışık şiddeti ile ters orantılı olarak direnci değişen devre elemanıdır. Devremizde iki adet LDR bulunmaktadır. Bu LDR' ler aynı ışık aldıklarında besleme geriliminin yarısı LM324 entegremizin terslenmemiş(non-inverting) girişine, diğer yarısı entegrenin terslenmiş(inverting) girişine uygulanır. Güneşin konumu değiştiğinde LDR' ler farklı

ışık alırlar. LDR'lerin farklı ışık alması üzerlerinde oluşan dirençlerin değişmesine sebep olur. Bu dirençlerin değişmesi entegreye gelen giriş sinyallerinin farklılaşmasına sebep olur, bu da motorun hareket etmesini sağlar. Motorun yönünün değiştirilmesi transistör'ler tarafından oluşturulan köprü devresi sayesinde gerçekleştirilir. Kullanılan 2 adet potansiyometre motor yönü için kullanılır. Bunların ayarları motor hareketsizken yani LDR'ler eşit ışık aldıkları zaman da yapılmalıdır. Eğer LDR'lerden birine diğerinden daha az ışık gelirse entegreye gelen gerilimler kıyaslanacak ve motor harekete geçecektir. Motor LDR'ler eşit ışık alana kadar dönecektir ve sistemi hareket ettirecektir.[4] Sistemin hem yatay hemde düşey olarak güneşi takip etmesi için bu LDR çiftlerinden 2 set kullanılmıştır.

Hareket motoru olarak da uydu sistemlerinde kullanılan motorlar kullanılmıştır. Piston uçlarına mafsal ve dişliler eklenerek hareketin panele aktarılması sağlanmıştır. Motorlar hareket ettikçe bu dişliler sistemi güneş doğrultusunda hareket ettirmektedir. Sistem akşam olduğunda tekrardan başa dönmekte ve burada güneşin doğmasını beklemektedir. Motorların içinde bulunan limit algılayıcılar sayesinde motorlar istenilen yerde durdurulmaktadır.



Şekil 5. LDR'lerin Yerleştirilme Düzeni



Şekil 6. Yapılan Güneş Takip Sistemi

5. SONUÇ

Yapılan araştırmalar sonucu tasarlanmış olan bu sistem günümüzde pek rağbet görmemesine rağmen ileride fosil enerji kaynaklarının yok olması ve alternatif enerji kaynaklarının düşünülmesi aşamasında tercih edilir bir enerji kaynağı haline gelecektir. Güneş enerjisi hem çevre koşulları hem de ekonomik olarak göz önünde bulundurulması gereken bir enerji kaynağıdır.

6. KAYNAKLAR

1. (21. Yüzyıla Girerken Türkiye' nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi www.tusiad.org)
2. (<http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/yogunlastiricilar.html>)
3. (<http://bornova.ege.edu.tr/~boztepe/izleyici.htm>)
4. Bayram H.,Elektronik,Bursa, 1999, 108.
5. (<http://bwsolar.tripod.com/products/traker.html>)

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003BETONARME VE ÖNGERİLMELİ BETON YAPI ELEMANLARININ
OPTİMUM BOYUTLANDIRILMASI**İsmail H. ÇAĞATAY**Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
hcagatay@cukurova.edu.tr

ÖZET : *Yapı tasarımında genellikle, önce taşıyıcı sistem seçilir ve ön boyutlandırma yapılır. Ön boyutlandırma, standartların öngördüğü yük ve şartları sağlayacak şekilde yapılmaktadır. Daha sonra, öngörülen boyutların verilen yükleri güvenle taşıyıp taşımadığı kontrol edilir. Genellikle ilk boyutlandırmada kesit büyüktür ve kesit küçültülerek yeniden değerlendirme yapılır ve yapı sistemi tekrar çözüldükten sonra yapıyı oluşturan elemanların kesin tasarımı yapılarak tasarım işlemi tamamlanır. Ancak, işlemler uzun ve zahmetli olabilmekte ve elde edilen çözüm her zaman ekonomik olmayabilmektedir. Bu nedenle optimizasyon gereklidir. Bu çalışmada betonarme ve öngerilmeli beton elemanların optimum boyutlandırılması ve optimum çözümün faydaları ele alınmıştır. Öngerilmeli beton bir kirişin optimum çözümü örnek olarak verilmiştir.*

1. GİRİŞ

İnşaat mühendisliğinde çeşitli amaçlar için değişik yapılar yapılmaktadır. Bunlar, köprüler, binalar, yollar, havalimanları, prefabrik yapılar gibi değişik yapılardır. Yapılar yapılırken önce yapı yükleri belirlenir, daha sonra ise yapı ilgili standart ve yönetmeliklere göre çözülür. Genellikle yapıların hesapları yapılırken başlangıçta bir takım kabuller yapılır ve bina eleman boyutları seçilir. Eğer boyutlar yeterli ise genellikle çözüm tamamlanır. Gerekenden fazla boyut kullanılmışsa dahi çözüm tekrarlanmaz. Yani çözümün ekonomik olup olmaması pek aranmaz. Çünkü bunu sağlamak için bütün işlemlerin tekrarlanması gereklidir.

Optimizasyon en iyi çözümün bulunması işlemi olarak tanımlanabilir. Binaların kolon, kiriş, döşeme, temel gibi taşıyıcı elemanlarının yapımı veya köprü gibi değişik yapıların yapımı en uygun olacak şekilde optimum tasarımla yapılabilir. Örneğin bir köprü yapılacaksa verilen yüklere en uygun köprü kesitinin belirlenmesi ekonomik olmaktadır.

Pek çok çeşitli optimizasyon yöntemi vardır. Ancak problemin türüne göre en uygun yöntemin seçilmesi gerekmektedir. Örneğin, lineer veya lineer olmayan optimizasyon, kısıtlayıcı veya kısıtlayıcısız optimizasyon yöntemleri gibi [1-2].

Optimizasyon yöntemlerinin kullanılması ile yaklaşık çözümler yerine optimum çözümler bulunabilmektedir. Böylece, optimizasyon yöntemlerinin yapı problemlerine uygulanması ile maliyeti minimum yapan tasarım değişkenleri hesaplanabilmekte ve ekonomik bir tasarım yapılabilir.

İnsanların ekonomik çözüm için yaptıkları çalışmalar ilk zamanlarda daha çok önsezi ve deneyimlere dayalı olmuş, daha sonra bilimin ilerlemesi ve bilgisayarların gelişmesi ile analitik ve sayısal hesap yöntemleri geliştirilmiş, ekonomik çözümlerin elde edilmesi ve uygulamaya kolaylıkla aktarılabilmesi mümkün olabilmektedir [3].

Bu çalışmada örnek olarak önerilmeli beton bir kirişin optimum tasarımı incelenecektir.

2. ÖNGERİLMELİ BETON KİRİŞLERİN OPTİMUM TASARIMI

Öngerilmeli beton için optimizasyonun önemi aşağıdaki şekilde açıklanabilir. Aynı yük ve açıklık için, çözüm olabilecek kesit sayısı sonsuzdur. Aynı zamanda, seçilen bir kesit için o kesite uygulanabilecek öngerilme kuvveti ve eksantrisite değerleri de sonsuz sayıdadır. Dolayısıyla, en uygun tasarım değişkenlerinin hesaplanması ekonomik bir çözüm için gereklidir. Bu ise optimizasyon ile sağlanabilmektedir.

Öngerilmeli beton kirişlerin tasarımında genellikle iki tür problem vardır. Birinci tür problemde standart tipte kesitler kullanılmaktadır. Bu tür kesitlerin boyutları bellidir. Öngerilme kuvveti ve eksantrisite değerleri bilinmemektedir. Dolayısıyla, bu tür kesitlerin tasarımı sadece öngerilme kuvveti ve eksantrisite değerlerinin bulunmasıyla yapılabilir.

İkinci tür problemde ise kesit boyutları belli değildir. Bu tür problemlerde hem kesit boyutları, hem de öngerilme kuvveti ve eksantrisite değerleri belirlenmelidir. Özellikle, geniş açıklıklarda maliyeti küçültmek için bu tür kesitlerin kullanılması gerekmektedir.

Öngerilmeli beton kirişlerin tasarımı için dokuz adet değişken parametre kullanılmaktadır. Bunlar; sırasıyla beton dayanımı, öngerilme kuvveti, eksantrisite ve

kesit boyutlarıdır. Kesit boyutlarını içeren parametre sayısı da kesit tipine göre değişmektedir.

Öngerilmeli beton kirişlerin optimum çözümlerinin bulunması için minimum kuvvet tasarımı, minimum ağırlık tasarımı ve limit gerilme tasarımları yapılmaktadır. Bu tasarımlarda direkt olarak optimizasyon yöntemleri kullanılmamakta, sonuçlar daha çok iteratif yöntemlerle elde edilmektedir. Optimum çözümlerin bulunabilmesi için, tüm parametrelerin değişken olduğu birinci durumun gözönüne alınması ve matematiksel programlama tekniklerini içeren optimizasyon yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir.

Öngerilme kuvvetinin minimum olması ancak eksantrisitenin maksimum olması ile mümkün olmaktadır. Öngerilme kuvvetinin ve eksantrisite değerlerinin seçilmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntem Magnel'in grafik yöntemidir [4-7].

2.1. Kısıtlayıcılar

Kısıtlayıcılar tasarımın istenilen şartlara uygun olarak yapılması için tek veya daha fazla değişkeni etkileyen değerlerdir. Çözümün anlamlı olabilmesi ve uygulanabilmesi için, kısıtlayıcılar optimizasyon problemlerinde kullanılmaktadır. Kısıtlayıcılar gözönüne alınmadan yapılan tasarımda elde edilen optimum değerler pratikte uygulanabilir olmayabilir. Bu durumu önlemek için, uygun kısıtlayıcıların tasarımda kullanılması gerekmektedir.

Kısıtlayıcılar genel olarak aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir.

a. Gerilme kısıtlayıcıları

Yapının verilen yükü güvenle taşıyabilmesi için gerilmelerin yönetmelik değerlerini aşmaması gerekmektedir.

$$F \leq F_{em} \quad (1)$$

b. Boyutsal kısıtlayıcılar

Standartlar kesit boyutları için

$$D_{\min} \leq D \leq D_{\max} \quad (2)$$

şeklinde sınırlama getirmektedir. Burada, D boyutlarla ilgili parametreyi göstermektedir.

c. Kesit alanları ile ilgili kısıtlayıcılar

Eleman boyutları yönetmeliklerce verilen değerlerden küçük olmamalıdır.

$$A \geq A_{\min} \quad (3)$$

olmalıdır. Burada, A_{\min} minimum kesit alanını göstermektedir.

d. Boyut oranı

Eleman boyutlarının standartlarca verilen minimum ve maksimum değerler arasında olacak şekilde eni ve boyu arasındaki oranın çok büyük olmaması istenmektedir.

$$\frac{\text{Uzunluk}}{\text{Genişlik}} \leq r \tag{4}$$

Burada, r sabit bir sayıyı göstermektedir.

e. Taşıma gücü kısıtlayıcısı

Yapının taşıma gücü kapasitesinin verilen yükleri güvenle taşıyabilmesi gerekmektedir.

$$M_u \geq M_d \tag{5}$$

f. Sehim kısıtlayıcıları

Sehim değerleri standartların verdiği değerleri sağlamalıdır. Öngerilmeli betonda transfer ve servis durumlarında yapının kendi ağırlığı, dış yükler ve öngerilme kuvvetinden dolayı meydana gelen sehimlerin belirli değerlerden küçük olması gerekmektedir.

Bu kısıtlayıcılardan başka her problemin özelliğine göre farklı türde kısıtlayıcılar kullanılmaktadır. Önemli olan, optimizasyon sonucu tüm bu kısıtlayıcıları da sağlayacak şekilde amaç fonksiyonunu optimize etmektir.

3. ÖRNEK

Literatürde mevcut olan bir örnek incelenecektir. 16.46 m açıklığında öngerilmeli basit mesnetli bir kirişin optimum tasarımı hesaplanacaktır. Hareketli yük 23.34 kN/m dir [8]. Optimizasyon problemi aşağıdaki formül ile tanımlanmaktadır.

$$\text{Minimize} \quad f(X) = L A_c C_c + L W_p A_p C_p + A_f C_f \tag{6}$$

$$\text{Kısıtlayıcılar} \quad \begin{aligned} g_i(X) &\leq 0, \\ X &\geq 0 \end{aligned} \quad (i=1,2,\dots,k) \tag{7}$$

Burada, L kiriş açıklığını; A_c , A_p and A_f beton, öngerilme malzemesi ve kalıp alanlarını; C_c , C_p and C_f beton, öngerilme malzemesi ve kalıp birim maliyetlerini, W_p öngerilme birim ağırlığını, k ise kısıtlayıcı sayısını göstermektedir.

Çözüm için Çağatay [3] tarafından geliştirilen modifiye edilmiş ağ araştırma yöntemi kullanılmıştır.

I kesitli olarak çözüm bulunacaktır. Kirişin kesit yüksekliğinin 91.4 cm den küçük olması gerekmektedir. Maliyet gözönüne alınmadan elde edilen sonuçlar Tablo 1’ de verilmektedir.

Tablo 1. Sonuçlar

X1 (mm)	X2 (mm)	X3 (mm)	X4 (mm)	X5 (mm)	X6 (mm)	P (kN)	e (mm)	A (mm ²)
552.3	463.7	101.6	111.5	137.5	664.6	1447	406.7	192878

Sonuçlarda sadece minimum kesit alanı değil, öngerilme de minimum bulunmuştur.

4. SONUÇLAR

Her türlü yapı elemanının optimum tasarımı minimum maliyet ve minimum yapı ağırlığı için gereklidir. Yapı ağırlığının minimum olması özellikle deprem yüklerinin azalmasına neden olmak açısından olumlu bir özelliktir. Ülkemiz deprem kuşağında olduğundan gerek betonarme gerekse öngerilmeli beton yapılar optimum olarak yapılırsa ekonomik çözüm elde edilmiş demektir.

5. KAYNAKLAR

1. Walsh, G.R., "Methods of Optimization", John Wiley and Sons Ltd., 200 s., 1975.
2. Greig, D.M., "Optimization", Longman Group Ltd., London, 179 s., 1980.
3. Çağatay, İ.H., "Öngerilmeli Beton Kirişlerin Optimum Tasarımı", Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 216 s., 1996.
4. Taylor, M.A., "Direct Design of Nonprismatic Prestressed Beams: I", Journal of Structural Engineering, ASCE, 113/6, 1154-1166, (1987).
5. Somayaji, S., "Prestressed Concrete Flexural Member: Design", Journal of Structural Division, ASCE, 108/ST 8, 1781-1796, (1982).
6. Magnel, G., "Prestressed Concrete", Concrete Publications Ltd., London, U.K., 1948.
7. Taylor, M.A. and Amirebrahimi, A., "Direct Design of Nonprismatic Prestressed Beams: II", Journal of Structural Engineering, ASCE, 113/6, 1167-1184, (1987).
8. Çağatay İ.H., Dündar, C. Aksogan, O., "Optimum Design of Prestressed Concrete Beams by A Modified Grid Search Method", An International Journal, Structural Engineering and Mechanics, 15/1, 39-52, (2003).

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003DOĞU AKDENİZ (ADANA-HATAY) BÖLGESİ'NDE ÜRETİLEN BRİKET
KÖMÜRLERİN TS STANDARTLARINA UYGUNLUĞU VE ÇEVRESEL
ETKİLERİ*

Mesut ANIL ve Özen KILIÇ

Ç.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
manil@cu.edu.tr zenkilig@cu.edu.tr

ÖZET : Kömür birincil enerji kaynaklarının başında olup, pres kömür imalatı çok eski yıllardan beri uygulanan bir yöntemdir. Temiz ve kaliteli katı yakıtların gün geçtikçe azalması, nispeten daha düşük kaliteli yakıtların da kullanılmasını gerektirmektedir. Pres kömür bunlardan biridir. Üretim nakliyat ve depolanma sırasında toz haline gelen önemli miktarda toz kömür bulunmaktadır. Briketleme çok ince tanelerin pres yardımı ile büyük parçalar haline getirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu sebeple briketleme işlemi bir asilleştirme işlemidir. Bu işlem bağlayıcı ve bağlayıcı olmayan iki şekilde yapılmaktadır. Presleme işlemi sırasında kömürün düzensiz olan iç yapısı yapraklaşmaya kadar olan şekiller alabilmektedir. Günümüzde değişik prosesler kullanılarak yine çok çeşitli briket tozlarından briketleme yapıldığından tek bir proses kullanılmamaktadır. Briketlemeden beklenen en büyük yarar yeterli ısı değere sahip olduğu halde tozlaşan kömürün ekonomiye kazandırılması, orijinal halinde fazla rutubet içermesi sebebi ile yakılmasında güçlük çekilen kömürün kurutma yolu ile ısı değerinin artırılarak sağlam bir katı yakıt elde edilmesi gibi sonuçlardır.

Bu çalışmada Doğu Akdeniz Bölgesi'nde faaliyet gösteren pres kömür üreticilerinin piyasaya sundukları briket kömürlerin TS standartları ile çevresel etkilerini belirleyecek laboratuvar deney düzenekleri hazırlanmış ve gerekli ölçümler ve incelemeler gerçekleştirilerek bulunan sonuçlar irdelenmiştir.

*Bu çalışma Ç. Ü. Araştırma Fonu'nca MMF-2000-3 Nolu Proje çerçevesinde desteklenmiştir.

1. GİRİŞ

Temiz ve kaliteli katı yakıt rezervlerinin günden güne azalması, kalitesi daha düşük yakıtların da kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Üretim, nakliyat ve depolamalar sırasında ortaya çıkan önemli miktarlardaki toz kömürün ve düşük kaliteli kömürlerin kalitesi yüksek kömür tozları ile karıştırılarak briket üretimi sonucunda katı yakıt olarak kullanılabilmesi mümkün olmaktadır. Türkiye’de oldukça uzun zamandan beri briketleme işlemleri yapılmaktaysa da son 15 yıl içinde üretimde büyük artış olmuştur. Doğu Akdeniz Bölgesi’nde 10’un üzerinde pres kömür imalatçısı bulunmakta ve bu fabrikaların ülke genelindeki pazar payı %25’in üzerine çıkmaktadır. Bu projede üretilen bu pres kömürlerin TSE standartları ve çevresel etkilerinin belirlenmesi üzerinde durulmuştur.

2. BRİKETLEME

Briketleme, "çok ince tanelerin bir pres yardımıyla büyük parçalar haline dönüştürülmesi" olarak tanımlanmaktadır. Preslenen maddeler parça haline getirildikten sonra yol ve bina gibi yerlerde uzun süre kullanılacaksa; elde edilen ürün tuğla veya blok, eğer herhangi bir yerde yakılarak veya eritilerek kullanılacak ise briket olarak adlandırılmıştır. Briketleme aslında bir asileştirme işlemi olup, herhangi bir katı maddeyi bir kalıp içerisinde sıkıştırarak üniform ve sağlam bir madde haline getirmektedir [1].

Briketleme işlemleri sırasında kömür tozunun su içeriği optimuma düşürülmekte ve ısı değeri de oldukça artırılmaktadır. Briketlenecek kömür tozuna verilecek uygun plastik yapı sayesinde kömür taneleri presleme sırasında birbirine kenetlenmekte ve daha sağlam bir ürün elde edilmektedir. Briketleme bağlayıcı katkılı ve bağlayıcı katkısız olmak üzere iki şekilde yapılabilmektedir. İlk yapılan briketlerde yumuşak linyitler için katkı maddesi olarak su kullanılmıştır. Alman linyitlerinden yapılan briketlemelerde ise katkı maddesiz üretim tercih edilmiştir. Briket yapımında kullanılan presleme işlemi sırasında kömürün düzensiz olan iç yapısı folye yapısına kadar değişik şekillere ulaşmaktadır. Briketleme sırasında kurutma ve sıkıştırma işlemlerine tabi tutulan kömürün kalorifik değeri artmakta ve hacminde meydana gelen azalmadan dolayı nakliye masrafları düşmektedir.

2.1. Briketlemenin Yararları

Briketleme yöntemi ile yeterli ısı değere sahip tozlaşan kömürün değerlendirilmesi, ekonomiye kazandırılması ve fazla rutubet içeriği sebebiyle tüvenan olarak yakılması güç olan kömürün kurutma yoluyla ısı değerlerinin artırılarak sağlam bir katı yakıt elde edilmesi amaçlanmaktadır. Kurutma yolu ile düşük kaliteli bir yakıt, yüksek kaliteli bir yakıtla dönüştürülmektedir. Briketleme, metalurjik kok üretiminde kullanılan teknikler içinde önemli bir yere sahiptir. Japonya bu tekniği kullanarak ithal ettiği düşük kaliteli ve ucuz kömürleri briketledikten sonra iyi kaliteli kömürlerle karıştırarak kok üretiminde kullanarak önemli oranda döviz tasarrufu sağlamaktadır.

Kömür tozlarının briketlenerek pazarlanmasıyla elde edilen yararlar ise:

- Tozlanma ve toz kaybını önlemek
- Yakma sırasında küçük boyutlu kömür parçalarının ızgara altına düşmesini önlemek

- Tozların baca gazlarıyla atmosfere verilmesini minimuma indirerek hava kirliliğini azaltmak
- Kurutma işlemi ile kömürün ısı değerini artırmak
- Kömürün stokta kendi kendine tutuşma eğilimini azaltmak
- Kömürün hacmini azaltarak depolama ve nakliye masraflarını azaltmak
- Depolama sırasında oluşan yığılda belirli bir porozite ve geçirgenliğin sağlanması temin etmek
- Belirli özelliklerde malzeme akımını sağlamak
- Kullanım için gerekli tane iriliğini sağlamak
- Malzemenin kabına yapışmasını önlemek şeklinde belirtilmektedir. Klasik bir briketleme tesisi üretim akım şeması Şekil 1'de verilmiştir.

Ülkemizdeki linyitlerin büyük bir kısmının daha üretim aşamasında %50-60'ının 30 mm tane boyutunun altına indiği ve stoklandıktan sonra nemini de kaybederek bu oranın daha da arttığı gözlenmektedir. İşletmelerde biriken bu kömür tozları eğer yakında bir termik santral varsa orada veya şeker, çimento, tuğla-kiremit veya seramik fabrikalarında yakılarak kullanılmaktadır. Ancak bu sektörlerde son yıllarda ard arda çıkarılan HKKY (Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği)'lar ve maddi dar boğazlar nedeni ile yüksek kaliteli düşük fiyatlı, düşük kükürt içerikli ithal kömürler kullanıldığı için yerli toz kömür üretiminde rölatif bir artış olmuştur [1, 2].

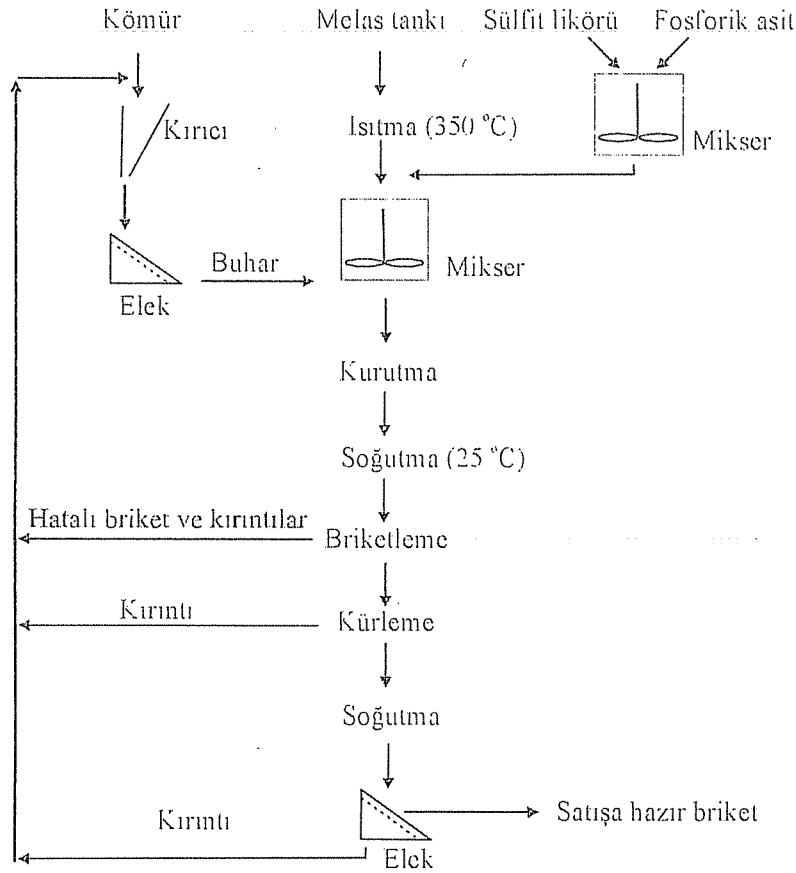
Ülkemizde üretilen linyitlerin nem, kül, kükürt içerikleri yüksek ve ısı değerleri düşüktür. Bu dezavantajlarından dolayı kullanım alanları fazla değildir. Bu koşullar altında en önemli kullanım alternatifleri, briketleme yöntemi ile değerlendirilmektedir. Son 15 yılda briketleme teknolojisinde meydana gelen gelişmeler sonucunda linyitlerin özellikle yüksek kükürt içeriği azaltılmakta ve hava kalitesinin korunmasına olumlu katkılar sağlanmaktadır. Briketleme esnasında karışım içerisine ilave edilen söndürülmüş kireç tozu yakma esnasında kömürden kaynaklanan SO_x çıkışlarını $CaSO_4$ şeklinde bağlayarak minimuma indirmekte ve atmosfere deşarj standart değerleri içinde olmasını sağlamaktadır. Kömüre homojen bir şekilde yapılan kireç ilavesi, briketleme işlemi sırasında mümkün olmaktadır. Halen ülkemizde en yaygın olarak uygulanan briketleme yöntemleri ile yeterli kalorifik değere sahip kömür tozu, %3-8 arasında kireç ve bağlayıcı olarak yine maksimum %10 melas katılarak üretilmektedir. Üretilen briket kömürlerinin yakılması sırasında nütürleştirici rol oynayan kireç tozunun kükürdün önemli bir kısmını kül içinde tuttuğu gözlenmektedir [3, 4].

2.2. Briketlemeye Etki Eden Faktörler

Karışımında kullanılan kömür tozlarının petrografik özellikleri, yapısal özellikleri, nem içeriği, tane boyutu, briketleme süresi, presleme sıcaklığı, katkı maddesinin özellikleri, briket şekli ve ağırlığı, briketlerin porozitesi, kömürün kurutulma şartları, termik işlemler ve kömüre uygulanan kimyasal işlemler briketlemeyi etkilemektedir.

Kömürün yapısal özellikleri, porozitesi, tane boyutu ve briketleme süresi briketin sağlamlığına etki eden en önemli faktörlerdir. Genellikle kömürün yoğunluğu arttıkça briketin sağlamlığı artmaktadır. Kullanılan kömür cinsine göre briket yoğunluğu 0.9-1.3 g/cm^3 arasında değişmektedir. Porozite genç kömürlerde yüksek olup kömürleşme derecesi arttıkça önce azalmakta, sonra bir miktar yükselmektedir. Yanma özellikleri

açısından önemli olan porozite özellikle fazla küllü kömürlerden yapılan briketlerde yanmayı kontrol etmektedir. Linyitlerde porozite %25-30 antrasitlerde ise %10-12 civarındadır. Kullanılan kömürün tane boyutu küçüldükçe yapılan briketlerin mukavemetleri artmaktadır. Briketleme tesislerinde tane boyutu genellikle 0-8 mm, briketleme süresi ise Ekster preslerde 10-20 saniye arasında seçilmektedir. Briketler değişik şekillerde hazırlanabilir. Kullanma amacına göre kalıp değiştirilerek istenilen şekil verebilir. Büyük kalıpların parçalanma olasılıkları daha fazladır. Briketlerin kenarları köşeli ise sürtünme ile parçalanır. Bu nedenle yumurta şeklindeki briketlerin demir cevherleri haricinde geniş bir kullanım alanı vardır. Ayrıca buhar atmosferinde daha yavaş ve homojen olarak kurutulan kömürler, sağlam briket vermektedir [3, 4].



Şekil 1. Klasik bir briketleme tesisi akım şeması

3. PRES KÖMÜR KALİTESİ VE TSE STANDARDLARI

Bilindiği gibi pres kömür kalitesine etki eden en önemli faktör kullanılan hammadde, yani toz kömürdür. Bu konuda gerek TS standartları ve gerekse Çevre Bakanlığı'nca yayınlanan yönetmelikleri baz alarak bazı limitler getiren Mahalli Çevre Kurulları'nın aldığı kararlar ithal ve yerli kömürden üretilen pres kömürlere ayrı ayrı limitler getirmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. İthal ve yerli kömürlerden üretilen briketlere ait limit değerler

Limit	İthal Kömürden	Yerli Kömürden
Ait Isıl Değer	6000 (-500) Kcal/kg	3000 Kcal/kg.min (Satışa Sunulan)
Toplam Kükürt	Orijinalde Max %1 (+%0.1)Kuru Bazda	Yanıcı Kükürt: %1.65 (Satışa Sunulan)
Uçucu Madde	-	-
Toplam Nem	%12-22 (+%1) %10 max	Nem %25 max (Satışa Sunulan)

Çizelge 1'den de açıkça görüldüğü gibi ithal kömürden üretilen briketlerde çok daha ağır şartlar öngörülmüştür. Yerli kömürler nisbeten korunmuş ve 3000 kcal/kg'ın üstündeki her 1000 kcal'lık bir artış toleransı getirilmiştir. Bu karar doğrudur ve Türkiye linyitlerinin genel özellikleri gözönüne alınınca daha da anlam kazanmaktadır.

Ev ve benzeri yerleri ısıtmada kullanılan kömür briketlerine ait standartlar TS 12055/Nisan 1996 tarihinde yayınlanmıştır. Türk Standartları Enstitüsü'nün Maden Hazırlık Grubu'na hazırlanarak ilgili kurumun yetkili organınca kabul edilen bu standardın hazırlanmasında, milli ihtiyaç ve imkanlar ön planda tutulmuş, öte yandan da uluslararası ilişkiler ve uyulması gereken hususlar gözönünde bulundurulmuştur. TS 12055/Nisan 1996 standardında kömür briketleri sınıf 1 ve sınıf 2 olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Bu sınıflarda aranan fiziksel ve kimyasal özellikler belirlenerek Çizelge 2'de verilmiştir [5]

Çizelge 2. 1. ve 2. sınıf kömür briketlerinde öngörülen fiziksel ve kimyasal özellikler

Özellik	Sınıf 1	Sınıf 2	
Alt Isı Değeri ¹⁾ (Kcal/kg) en az	5000	4000	
Baca Gazına Geçen Kükürt Oranı (%), m/m, en fazla	0.8	1.0	
Düşme Sağlamlığı (%) m/m, en az	90	80	
Aşınma Sağlamlığı (%) m/m, en az	75	65	
Kırılma Sağlamlığı	Yastık veya yumurta şeklindeki briketlerde (Kgf), en az	80	60
	Tabanı düzgün geometrik şekilli briketlerde (Kg/cm ²), en az	130	100
Suya Davanım ²⁾ (%), en az	70	70	
Isıl Verimi (%), en az	75	75	
Duman Emisyon Oranı (g/kg), en fazla	8	12	

1) Bu özellik orijinal (satışa sunulan) briket bazındadır.

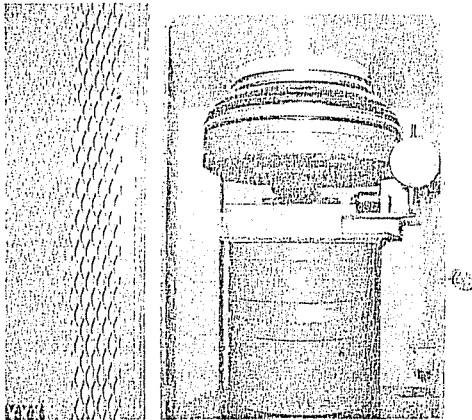
2) Su geçirmeyen torbalar içerisinde satılan briketlerde bu özellik aranmaz.

Çizelge 2.'den açıkça görüldüğü gibi üretilecek briketlerin standartlarını tutturabilmek için önemli çabalar sarfedilmesi gerekmektedir. Kullanılacak kömür, bağlayıcı, presleme şekli ve bu çalışmalar sırasında gösterilen titizlik ve teknikler önemlidir.

4. ÖLÇÜM VE DENEYLER

TSE standartları ve çevre koşullarını belirleyen bir dizi ölçümlerin ve deneylerin yapılması gerekmektedir. Briket kömürün taşınma ve depolamada yeterince direnç gösterebilmesi için TSE standartlarına göre minimum dayanım, rutubete karşı hassasiyet, aşınmaya ve düşmeye karşı dirençleri Şekil 2, 3 ve 4’de belirtilen deney düzenekleriyle belirlenmektedir. Bu projede, ölçümler için kullanılan deney düzenekleri yaptırılarak laboratuara kazandırılmıştır. Doğu Akdeniz Bölgesi’nde faaliyet gösteren ve piyasaya briket kömür satan çeşitli firmalara ait örnekler satıcı firmalardan alınarak numaralandırılmış ve herhangi bir spekülasyona izin verilmemiştir. Deneyler sonucunda bulunan değerler ise Çizelge 3’te verilmiştir. Çizelge 3’ten de görüleceği gibi üretilen pres kömürlerin pek çoğu aranan minimum değerden düşüktür. Bunun çeşitli sebepleri vardır. Aynı fabrikanın ürettiği pres kömürlerde bile zaman zaman farklılıklar görülmektedir. Presleme koşullarında önemli değişiklikler düşünülmeceğine göre kömür cinsi, bağlayıcı ve kömür karışım oranlarına gösterilen özen, en önemli rolü oynamaktadır. Ayrıca presleme sonunda sundurma altında bekletme süresi de dayanım güçlerine önemli ölçüde etki etmektedir.

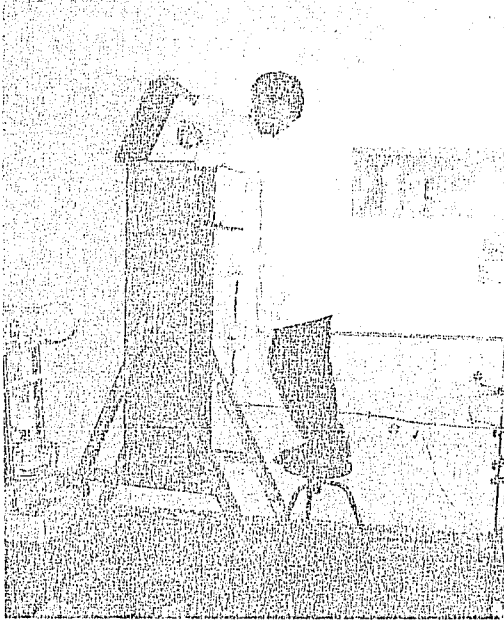
Briket kömürlerde aranan kalorifik değerler de önemli olup ayrıca HKKY (Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği)’de belirtilen limit değerlerin de aşılması istenmektedir. Yapılan analiz sonuçlarında bazan aranan limitlerin altında ve üstünde olumsuz sonuçlar çıkmıştır. Özellikle uçucu madde miktarlarında sürekli sıkıntı yaşanmaktadır. İthal kömürde uçucu madde oranı maksimum %22 aranmaktadır olduğundan pres kömürlerde de aynı oranın istenmesi sorunlar yaratmaktadır (Çizelge 4). Uçucusu yüksek olan bu kömürlere bağlayıcı olarak katılan melas da uçucu oranını bir miktar daha artırmaktadır. Kanaatimize göre pres kömürde uçucu oranına %26’ya kadar müsaade edilmelidir.



Şekil 2. Tek eksenli basma deney düzenegi



Şekil 3. Aşınma dayanımı test cihazı*



Sekil 4. Standart düşme test cihazı**

Proje kapsamında Maden Mühendisliği Laboratuvarları'nda eksik olan pres kömür incelemeleri için gerekli ekipmanlar yaptırılmıştır. Bu ekipmanlar:

* Aşınma dayanımı test cihazı: Bu cihaz, çap ortalamaları alınmış (10 örnek) 5000 kg briket örneğinin hızı 25 dev/dk'ya ayarlanmış tambur içinde 100 kez döndürülmesi esasına göre tasarlanmış bir cihazdır. İşlemler sonucunda çıkan briketler TS 12055'de belirtilen eleklerde elenmekte ve bulunan değerler hesaplama formüllerinde yerine konulmaktadır.

**Standart düşme test cihazı: Bu cihaz, çap ortalamaları alınmış (10 örnek) 5000 kg briket örneğinin üzerinde bulunan bıçağın çekilmesi ile 6 kez düşürülmesi esasına göre tasarlanmış bir cihazdır. İşlemler sonucunda çıkan briketler TS 12055'de belirtilen eleklerde elenmekte ve bulunan değerler hesaplama formüllerinde yerine konulmaktadır.

Çizelge 3. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde faaliyet gösteren kömür işletmelerinin piyasaya sürdükleri briketler üzerinde gerçekleştirilen deneylerden elde edilen sonuçlar

Örne k No	Kırılma sağlamlığı (Kgf)		Suya dayanım (%)		Aşınma sağlamlığı (%)		Düşme sağlamlığı (%)	
	1. Sınıf	2. Sınıf	1. Sınıf	2. Sınıf	1. Sınıf	2. Sınıf	1. Sınıf	2. Sınıf
1	75.6		53.2		91.8		98.4	
2	67.2		46		92.2		99.9	
3	51.8		47.6		93.8		98.4	
4	29.4	80	5.6	70	83.5	75	97.3	90
5	44.8		5.6		63.4		98.6	
6	15.4		5.6		99.8		91.3	
7	68.6		36		95.3		85.1	

Çizelge 4. Değişik firmalarca üretilen pres kömürlere ait analiz sonuçları

Aranan değerler	Briket örnekleri						
Yabancı değerler (%)	1	2	3	4	5	6	7
Kaba rutubet	4.2	3.4	2.8	3.5	2.9	2.35	3.20
Bünye rutubeti	1.8	2.2	3.4	2.6	2.5	3.40	3.50
Toplam rutubet	5.9	5.5	6.3	6.0	5.5	5.75	6.69
Kuru kömürde kül	17.4	17.6	17.9	17.85	16.81	18.10	17.30
Kuru kömürde uçucu madde	22.27	22.92	22.27	23.48	23.33	22.95	22.95
Kuru kömürde yanıcı kükürt	0.51	0.55	0.58	0.58	0.58	0.59	0.57
Kuru kömürde kül kükürdü	0.36	0.23	0.18	0.16	0.18	0.22	0.22
Kuru kömürde kükürt bütünü	0.88	0.79	0.75	0.74	0.76	0.81	0.79
Orijinal kömürde kül	13.7	12.9	16.8	14.8	13.8	18.00	16.50
Isıl değerleri (kcal/kg)							
Havada kuru kömürde üst kalori	6570	6545	6293	6266	6289	6250	6280
Kuru kömürde üst kalori	6689	6658	6410	6378	6388	6340	6360
Kuru kömürde alt kalori	6450	6348	6196	6171	6270	6150	6150
Orijinal kömürde üst kalori	6313	6332	6102	6033	6141	6050	6050
Orijinal kömürde alt kalori	6148	6049	5990	5881	6025	5890	5940

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Üretilen briketlerde orijinal bazda alt kalori değerinin 6000 kcal/kg (-500) olarak öngörülmesi iyi kaliteli linyit ithalini gerektirmektedir. Ancak Rus menşeli kaliteli linyitlerin fiyatının artması nisbeten daha az kaliteli dolayısıyla ucuz olan G. Afrika ve Romanya linyitlerinin ithalini artırmıştır. Hatta bazı ülkelerde birden çok kömürün tozunun oluşturduğu karışımları satması ve üreticilerin maliyetlerini düşürmek amacıyla bu tip kömürlere yönelmesi üretilen pres kömürlerde aranan ümitlerin yakalanmasını zorlaştırmaktadır.

İncelenen 7 fabrikanın analiz sonuçlarına bakıldığında hemen hepsinde en önemli sorunun uçucu madde yüksekliği olduğu görülecektir. Bunun sebebi bağlayıcı olarak kullanılan melastan kaynaklanmaktadır. Özellikle İngiltere ve Amerika ile diğer bazı Avrupa ülkelerinde kullanılan organik asit bağlayıcılarının teknolojik ve mali açıdan bazı sorunları gündemdedir. Melas ucuz olduğu ve kompleks bir prosese ihtiyaç göstermemesi sebebiyle halen en yaygın bağlayıcıdır. Çevre Bakanlığı pres kömürdeki %22±1 uçucu madde limitini %25'e kadar çıkarmalıdır. Bu bir yerde zorunludur. Çünkü %22 ithal kömürdeki limit değerdir. Uluslararası kömür piyasasında %22 uçucu içeren kömürler nisbeten ucuzdur. Üretiminde %85 toz kömür kullanılan pres kömür imalatında karışıma giren melasın uçucu madde oranını artıracığı açıktır. Pres kömür imalatının desteklenerek sürdürülmesi ve yerli katı yakıt olarak teşvik edilmesi ülke ekonomisine katkı koyacaktır. Bu hususta iki önemli limana sahip Doğu Akdeniz Bölgesi pres kömür imalatı için avantajlı bir bölgedir.

6. KAYNAKLAR

1. Beker, Ü., G., Kural, O. ve Dađalp, M., "Kömürün Briketlenmesi", Kömür (Ed. Orhan Kural), s 453-47, İstanbul, 1998.
2. Kömür Teknolojisi ve Kullanma Semineri, TKİ OAL Müessesesi. 1997.
3. Kömür Özellikleri Teknolojisi ve Çevre İlişkileri (Editör Orhan Kural), 1998.
4. Industrial Briquetting Fundamentals and Methods. Elsevier, 1993.
5. TS 12055, Kömür Briketi-Ev ve Benzeri Yerleri Isıtmada Kullanılan, 1996.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 20033000 BAR ÇALIŞMA BASINÇLI ÇİFT ETKİLİ BASINÇ YÜKSELTİCİ
TASARIMI VE İMALATINecdet GEREN, Melih BAYRAMOĞLU, Alaattin AYSEVEN ve
Mehmet İteriş SARIGEÇİLİ

Ç.Ü. Makine Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

gerendr@mail.cu.edu.tr bayramog@.cu.edu.tr aayseven@mail.cu.edu.tr
msarigecili@yahoo.com

1. GİRİŞ

Günümüzde yüksek basınç imalat sektörü, kimya sektörü, ilaç sanayi, v.b. gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Yüksek basınç alanındaki araştırmalar maliyetin düşürülebilmesi, çok yüksek basınçlarda sızdırmazlığın sağlanabilmesi, sökülebilirlik-takılabilirlik ve bakımın kolaylaştırılması konularında yoğunlaşmış ve devam etmektedir. Özellikle küçük ölçekli işletmeler için basınç yükselticilerden yararlanmak maliyetten dolayı imkansız görünmektedir.

Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde küçük ölçekli işletmelerin ucuzluk ve tasarımda basitlik gereksinimlerini karşılamak için 3000 bar çalışma basınçlı çift etkili bir basınç yükseltici tasarlanmış ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada öncelikle basınç yükselticiler kısaca tanıtılmakta, çift etkili basınç yükselticinin yapısı ve çalışma prensibi açıklanmaktadır. İzleyen bölümlerde basınç yükselticilerde karşılaşılan problemler sunulmakta ve problemlerin çözümü için gerçekleştirilen teorik ve pratik çalışmalar özetlenmektedir. Son olarak da uygulama alanları verilmektedir.

2. BASINÇ YÜKSELTİCİLER

Basınç yükselticiler, adından da anlaşılacağı gibi düşük basınçtaki bir akışkanın basıncını farklı tekniklerle yükseltmeye yararlar. Günümüze kadar geliştirilen başlıca basınç yükseltici tipleri şunlardır:

- Vereshchagin hidrolik kompresör [1],
- Sidorov pompa [1],
- Airhydropump basınç yükseltici [2],

- Belfast basınç yükseltici [2],
- Harwood basınç yükseltici [2],
- Çift etkili basınç yükseltici [3],
- Fazlı basınç yükseltici [4],

Vereshchagin hidrolik kompresör, Airhydropump, Belfast ve Harwood gibi basınç yükselticileri günümüzde ticari amaçlı kullanılmamaktadır. Bu basınç yükselticilerinin başlıca tercih edilmeme sebepleri, imalat maliyetlerinin yüksek oluşu, çalıştırma ve kontrollerinin güç oluşu, imalatlarındaki zorluklar, lüle çıkışındaki basınç dalgalanmalarının oldukça fazla olması ve sistem boyutlarının çok büyük olmasıdır. Günümüzde ticari amaçlı olarak kullanılan basınç yükseltme teknikleri fazlı ve çift etkili olarak adlandırılan tiplerdir [5].

Geleneksel basınç artırma yöntemlerinden oldukça farklı olan fazlı tip basınç yükselticiler, akümülatör kullanmadan lüle çıkışındaki basınç dalgalanmalarını yok etmek için yakın zamanda geliştirilmiştir. Fazlı tip basınç yükselticiler, hassas basınç ve debi kontrolü altında düzenli bir şekilde çalışan iki adet tek etkili basınç yükselticiden oluşur. Fazlı tip basınç yükselticileri mükemmel kesme kalitesi sağlarlar [4,5]. Fakat, küçük ölçekli işletmelerin gereksinimleri dikkate alındığında (maliyet, tasarımda basitlik, bakım vb.) fazlı tip basınç yükselticinin bu tip işletmelerin amacına uygun olmadığı belirlenmiştir. Halbuki çift etkili basınç yükselticiler istenilen gereksinimleri sağlayabilecek çalışma prensibine sahiptir. Bu seçim, özellikle karmaşık ve pahalı olan tamamen hidrolik kontrol tekniği yerine, kıyaslanabilir oranda düşük maliyetli elektrohidrolik tabanlı sistem kontrolüne izin vermektedir. Ayrıca, değişken debili aksel pistonlu pompa yerine sabit debili dişli pompa kullanılarak maliyet daha da düşürülmüştür. Sabit debili pompa kullanmak lüle çıkışında basınç dalgalanmalarını biraz artırmakla birlikte bu dalgalanmaların kesme kalitesine etkisi oldukça az olacaktır. Kesme kalitesindeki azalma özellikle orta ve yumuşak sertlikli deri, mermer gibi malzemeleri kesmeyi amaçlayan küçük ölçekli işletmelerin kesme kalitesindeki beklentilerini etkilemez.

Kısaca, Makine Mühendisliği Bölümü'ndeki çalışmalar düşük maliyetli, bakımı kolay ve ucuz çift etkili basınç yükseltici geliştirme konusunda yoğunlaşmıştır.

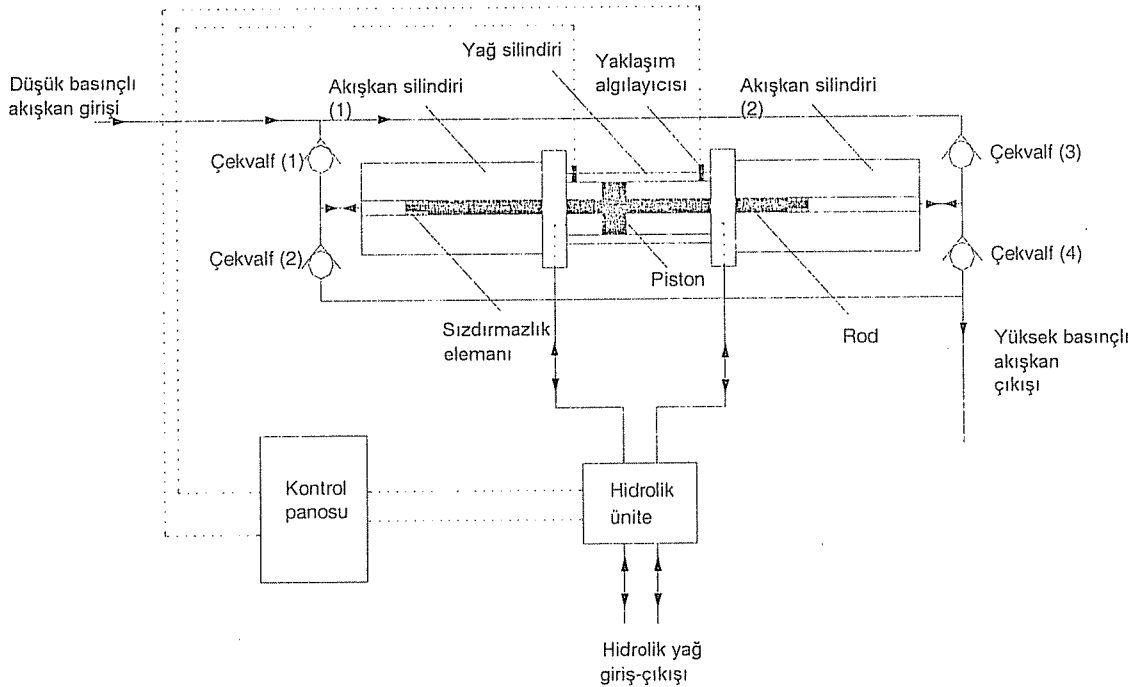
3. ÇİFT ETKİLİ BASINÇ YÜKSELTİCİ'NİN YAPISI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Yükselticinin çalışma prensibi emme-basma tulumu gibi olup basınç yükseltme prensibi hidroliğin basit temel prensibine dayanır. Küçük bir alana etkiyen akışkan basıncı büyük bir alana etkiyen yağ basıncına eşit olmalıdır (Pascal prensibi). Akışkan silindirlerinde basınç, Pascal prensibi gereği, yağ silindir alanı ile ters orantılı olacak şekilde artırılır. Alanlar oranı yaklaşık olarak 1:20 dir ve yükseltme oranı olarak bilinir. Çift etkili basınç yükselticinin yapısı Şekil 1 de verilmiştir. Bir hidrolik silindirin iki tarafına birer adet yüksek basınç silindiri yerleştirilmiştir. Her iki silindirin içinde hareket eden pistonlarda ortadaki hidrolik silindirin bağlı olduğu piston roduna tek parça halinde bağlanmıştır. Böylece hidrolik pistonun hareket yönüne bağlı olarak bir yöndeki silindir emme işlemini gerçekleştirirken diğer taraftaki silindir basma işlemini gerçekleştirir. Şekil 1 de gösterilen 1 ve 3 nolu çekvalfler sadece düşük basınçlı (4 - 5 bar) akışkana yol verirken, 2 ve 4 nolu çekvalfler yüksek basınca çıkarılan (3000-4000 bar) akışkana yol vermektedir [5].

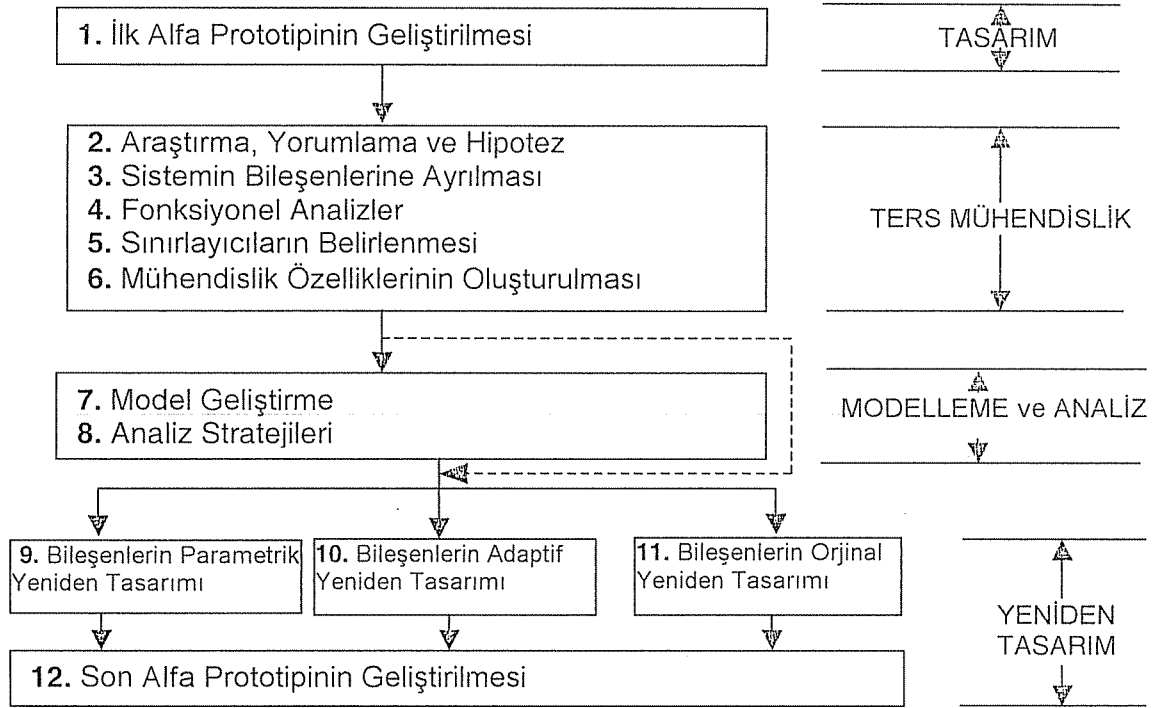
Çift etkili basınç yükselticiler akışkan silindirlerinde elde edilmek istenen basınca bağlı olarak tek katlı ve çok katlı olmak üzere tasarlanabilirler. Tek katlı basınç yükselticilerle ulaşılabilecek çalışma basıncı 1800-2000 bar değeri ile sınırlıdır. Bunun ana nedeni ise kullanılabilir bir iç çap için basınç yükseltici silindir cidar kalınlığının 70 mm den büyük olması silindirlerin yorulma dayanımını neredeyse hiç artırmamaktadır. Çalışma basıncı 2000 bardan yüksek uygulamalarda çok katlı basınç yükselticiler kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu uygulamada 3000 bar basınç elde etmek için çift katlı-çift etkili basınç yükselticisi tasarlanıp imal edilmiştir [6].

4. TEORİK VE PRATİK ÇALIŞMALAR

Çift etkili basınç yükseltici tasarımında montajı kolay ve düşük maliyetli tasarımın elde edilebilmesi için yeniden tasarım tekniğinin uygulanması gerekmektedir. Yeniden tasarım teknikleri üzerine yapılan literatür araştırmasında birçok teknikle karşılaşmıştır. Bu teknikler arasında Otto ve Wood [7] tarafından geliştirilen yeniden tasarım tekniği bu çalışmanın gereksinimlerini karşılayabilecek en uygun metod olarak seçilmekle birlikte, değişikliğe uğratarak kullanılmıştır. Değiştirilerek kullanılan yeniden tasarım tekniği daha kolay sökülebilir-takılabilir ve daha ucuz maliyetli bir tasarımın elde edilmesini mümkün kılmıştır. Sonuçta, su silindirleri, flanş bağlantıları, silindir kafaları ve çek-valfler, yağ pistonu ve piston rodunun montajı, piston başı ve sızdırmazlık elemanlarının tasarımında ilk alfa prototip esas alınarak köklü değişiklikler yapılmıştır [8]. Uygulanan tasarım tekniğinde izlenen adımlar Şekil 2 de verilmiştir.



Şekil 1. Çift Etkili Basınç Yükselticisi ve Temel Elemanları [5]



Şekil 2. Yeniden Tasarım Tekniğinin Basamakları

Akışkan silindirlerinin çift kat tasarımı sıkı geçme yöntemini gerektirir. Fakat, bu tasarım şekli kolayca uygulanabilir değildir. Literatürdeki formüller, sıkı geçmeden önceki boyutları vermemektedir. Aynı zamanda, sıkı geçmeden sonra elde edilen iç silindir çapı da içteki malzemenin daralması nedeniyle istenen değerlerden farklı olmaktadır.

Bu yüzden, sıkı geçmiş parçaları istenilen boyutlara getirmek için talaş kaldırma yöntemiyle yeniden işlemek gerekmektedir. Bu da toplam maliyetin artmasına neden olmaktadır.

Sıkı geçmeden sonra işlemeye gerek kalmadan istenilen yarıçapları elde etmek için Lamé'nin denklemlerinden yararlanılarak radyal yer değişim denklemleri geliştirilmiştir. Bu denklemlerle FORTRAN programlama dilinde bir program yazılmıştır [6]. Bu program sayesinde sıkı geçmeden sonraki (istenilen) boyutlar kullanılarak sıkı geçme öncesindeki boyutlar, ara yüzey basıncı, ve optimum et kalınlıkları v.b. gibi birçok parametre kolaylıkla belirlenmektedir.

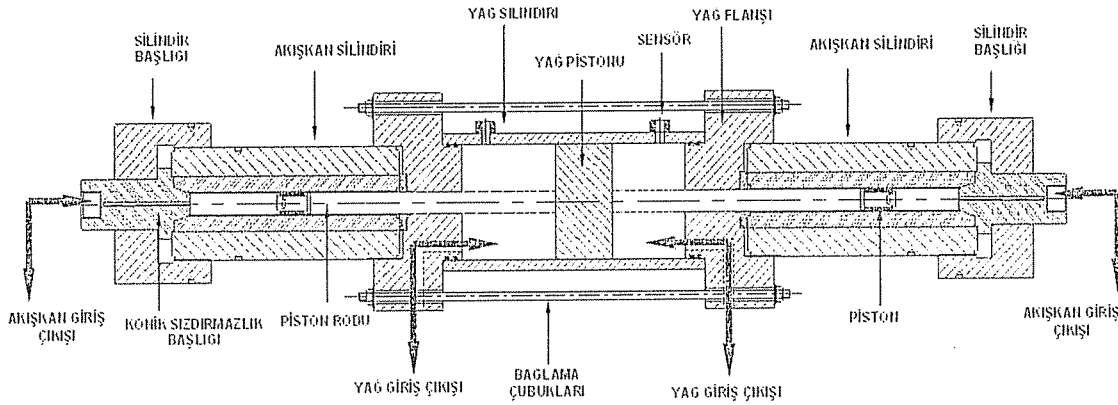
Geliştirilen program kullanılarak, su silindirleri, akışkan giriş ve çıkış bağlantı parçaları, çek valf bloğu gibi iki katlı sıkı geçme tasarım gerektiren parçaların hassas radyal boyutları ve sonsuz ömür için optimum et kalınlıkları elde edilmiştir.

Geliştirilen çek valf bloğunun en önemli özelliği sıkı geçme tekniği kullanılarak, düşük maliyetli standart hidrolik (700 bar patlama basıncılı) çek valflerin modifiye edildikten sonra 3000 bar çalışma basıncına uygun hale getirilmeleridir. Diğer bir özelliği de ilk alfa prototipte kullanılan tekniğe kıyasla bakım ve sökme-takma işlemlerinin kolaylaştırılmasıdır.

Bakım zamanı ve sistem maliyetini artırıcı unsurlardan biri de su pistonlarıdır. Su pistonlarında pahalı tungsten-karbit piston kafaları yerine yağlayıcı özelliği olan özel sızdırmazlık elemanı ve yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca, pistonun montaj edilebilirlik göz önünde bulundurularak çok parçalı olarak tasarlanmıştır.

Su silindirleri, silindir başlıkları, ara yüzey sızdırmazlık elemanlarının adaptif ve parametrik tasarımları yapılmıştır. Şekil 3'te gösterilen diğer parçaların ise adaptif tasarımları geliştirilmiştir.

Pistonun ileri-geri hareketinden dolayı çıkışta basınç dalgalanmaları ve dolayısıyla debi farklılıkları meydana gelmektedir. Basınç dalgalanmalarını ve debi değişimlerini ortadan kaldırmak için sisteme ek olarak, bir akümülatör tasarımı halen devam etmektedir.



Şekil 3. Çift Etkili Basınç Yükselticisi ve Elemanları [8].

5. KARŞILAŞILAN VE ÇÖZÜLEN PROBLEMLER

Yüksek basınca dayanabilecek sonsuz ömürlü tasarımları gerçekleştirmek için malzemeler detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda paslanmaz malzemelerin tasarımın gerektirdiği dayanım ve tokluğu karşılamadığı, dayanım ve tokluğu yüksek malzemelerin ise korozyona uğradığı tespit edilmiştir. Her iki seçenek de tasarım kriterlerini tam olarak karşılamamaktadır. Dayanımı ve tokluğu yüksek olan malzeme seçilerek ömür problemi, silindir içerisine paslanmaz malzemeden gömlek (liner) yerleştirilerek ise korozyon problemi ortadan kaldırılmıştır [6,8].

Yüksek basınçta karşılaşılan diğer bir problem de sızdırma olayıdır. Basınç yükselticilerde problem olan sızdırmazlık elemanları iki gruba ayrılabilir: statik ve dinamik sızdırmazlık elemanları. Dinamik sızdırmazlık elemanları da yüksek (3000 bar) basınç ve normal (300 bar'a kadar) basınç altında çalışan sızdırmazlık elemanları diye ikiye ayrılabilir. Normal basınçtaki yağın yağ silindirinden dışarı sızmaması için statik, pistonun hareketi sırasında bir tarafından diğer tarafa sızmasını önlemek için dinamik sızdırmazlık elemanları incelenmiş ve en uygunu seçilmiştir. Fakat yüksek basınç tarafında bu sızdırmazlık elemanlarını kullanmak imkansızdır. Çünkü bu sızdırmazlık elemanları yüksek basınç altında ekstürzyona uğrar. Bundan dolayı yüksek basınçtaki su ile normal basınçtaki yağın birbirine karışmaması için piston başlarında ve flanşlarda özel dinamik sızdırmazlık yöntemi uygulanarak problem çözülmüştür. Yüksek basınçtaki suyun silindir dışına sızmasını engellemek için ise silindir başı ile silindirler

arasında yumuşak metalik malzemeler kullanılarak metal-metal teması ile sızdırmazlık sağlanmıştır.

6. UYGULAMA ALANLARI

Günümüzde, basınç yükselticiler endüstride birçok alanda kullanılmaktadır. Bunlardan başlıcaları imalat sektörü, kimya sektörü, ilaç sanayidir. İmalat sektöründe basınç yükselticiler su jeti kesme sistemlerinin en önemli ve hayati kısmını oluşturur. Su jeti kesme sistemleri elektronik, uzay ve havacılık, tekstil ve giyim, gıda, cam, mermer, granit, ayakkabı sektörlerinde, metal, kağıt ve mukavva, plastik sanayilerinde kesme işleminin gerçekleştirilmesi için, ayrıca tıpta bazı ameliyatlarda kullanılır. Ayrıca, basınç yükselticiler pas, kireç ve boyaaların kazınarak temizlenmesi işlemlerinde de kullanılır. Basınç yükselticiler kimya sektöründe kimya proseslerinde, ilaç sanayinde proteinlerin katlanmasında ve etkileşiminde de kullanım alanı bulmaktadır [4,6,8].

7. SONUÇ

Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde geliştirilen çift etkili basınç yükseltici ile elde edilen ilk sonuçlar oldukça ümit vericidir. Geliştirilen prototip basınç yükseltici ile yapılan deneysel çalışmalarda 3000 bar çalışma basıncında yeterli sızdırmazlık ve dayanım elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar önerilen sistemin yüksek basınç gerektiren değişik alanlarda başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

8. KAYNAKLAR

1. Tsiklis,D.S., "Handbook of Techniques in High Pressure Research and Engineering", Plenum Press, 504 p., 1968.
2. Manning,W.R.D., Labrow,S., "High Pressure Engineering", Leonard Hill, 369, London, 1971.
3. Kırbaç,S., "Design and Manufacturing of a Double Acting High Pressure Intensifier", Master Thesis, Cukurova University, 101p., Adana, 1999.
4. Singh,P.J., Benson,D., "Development of Phased Intensifier for Waterjet Cutting", 305-315, 1989.
5. Geren,N., Tunç,T., "Yapısal Farklılıklar İçeren Su-Jeti Kesme Sistemlerinin En Uygununun Belirlenmesi", Mühendis ve Makine, Sayı: 500, 2001.
6. Tunç,T., "Multi-Layer Intensifier Design and Analysis of Design Parameters", Master Thesis, Cukurova University, 219p., Adana, 2000.
7. Wood,K.L., Otto,K.N., "Product Evolution: A Reverse Engineering and Redesign Methodology", Journal of Research in Engineering Design, vol.130, pp. 1-26, 1999.
8. Tural,M., "Redesign of High Pressure Water-Jet Cutting System", Master Thesis, Cukurova University, 113p., Adana, 2002.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

İKİ FAZLI KATI-GAZ AKIŞI

Hüseyin AKILLI ve Beşir ŞAHİNÇ.Ü., Makine Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
hakilli@cu.edu.tr bsahin@cu.edu.tr

ÖZET : Dikey-yatay ve yatay-dikey 90° dirseklerden sonraki iki fazlı katı-gaz akışının karakteristikleri deneysel olarak incelenmiştir. Katı faz olarak ortalama parçacık çapı 50 µm olan kömür parçacıkları kullanılmıştır. Gaz fazı olarak kullanılan havanın hızı $U_{gaz}=7$ ile 30 m/s arasında değiştirilmiştir. Deneyler hava-kömür kütleli debi oranının 1 ve 3 değerleri için yapılmıştır. Parçacık konsantrasyon ve hız ölçümleri yatay ve dikey borular boyunca değişik istasyonlarda fiber optik prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dirsek içerisinde merkezkaç kuvvetinden dolayı kömür parçacıklarının kömür topağı adı verilen kömür konsantrasyonun çok fazla olduğu bir yapının oluştuğunu ve bu yapının akış içerisinde sanki üçüncü bir fazmış gibi hareket ettiği gözlemlenmiştir. Dirsek çıkış ekseninden uzaklaştıkça bu yüksek konsantrasyonlu yapının akışın türbülanslılığının ve ikincil akışların etkisi ile parçalandığı görülmüştür. Deneyler aynı zamanda dirsek konfigürasyonunun akış üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

1. GİRİŞ

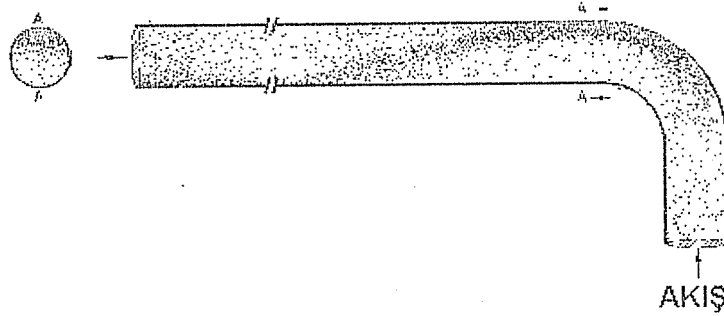
Boru içerisinde katı parçacıkların hava veya başka bir gaz akışı yardımıyla bir noktadan başka bir noktaya taşınması pnömatik taşıma olarak adlandırılmaktadır. Pnömatik taşıma uzun yıllardır endüstride geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Çeşitli endüstriyel işletmelerde, inşaatlarda, vagon ve gemilerin boşaltılmasında, kuru ve kolay akabilen çimento, kömür parçacıkları, kül, talaş, tahıl, alümina, döküm kumu v.s. gibi toz ve taneli malzemelerin taşınmasında kullanılan pnömatik taşıma sistemlerinin iletim kapasiteleri çok geniş sınırlar arasında değişmektedir [1]. Çapı 5-10 µm'dan 3-5 cm'ye kadar olan değişik yoğunluklara sahip parçacıklar pnömatik taşıma ile istenilen yere ulaştırılabilmektedir.

Pnömatik taşıma sistemleri ilk yatırım maliyetinin düşük olması, daha az kontrol ve tamirata ihtiyaç duyması, kapalı bir ortamda malzemeyi taşıdığı için malzemeyi çevre etkilerden koruması, temiz ve otomasyona elverişli olması açısından avantajlıdır. Ancak, mekanik taşımaya nazaran daha fazla enerji harcanmakta ve yüksek teknoloji gerektirmektedir. Diğer dezavantajlar ise parçacık-duvar çarpışmasından dolayı boru aşınmakta ve boru içerisinde parçacık-parçacık ve parçacık-duvar çarpışmaları sebebiyle taşınan parçacıklar aşınarak veya kırılarak küçülmekte ve bu da üretimde veya taşımada problemler oluşturmaktadır.

Pnömatik taşıma sistemlerindeki katı-gaz akışının yapısı birçok faktöre bağlıdır. Bunlardan bazıları; gaz hızı, katı-gaz kütleli debi oranı, boru sisteminin geometrisi (taşınanın yatay veya dikey yapılması, yön değiştirici dirseklerin bulunması v.s.) ve katı ve gazın fiziksel özellikleridir.

Yüksek enerji maliyetini ve boru ve parçacık tahribatını azaltmak için katı parçacıkların yatay boruda pnömatik olarak taşınması esnasında hava içerisinde boru kesitinde homojen olarak dağılımları ve borudan geçen hava hızının (taşıma hızı) mümkün olduğu kadar düşük olması gerekmektedir. Taşıma hızının yüksek olması, basınç düşümünü arttırdığı gibi taşıma işlemi esnasında daha fazla enerji harcanmasına ve parçacıkların yüksek hızda hareket etmeleri nedeniyle boru sisteminin ve parçacıkların aşınmasına da neden olmaktadır. Borudaki aşınmanın yaklaşık olarak hava hızının küpüyle orantılı olduğu bilinmektedir. Örneğin hava hızının %20 artırılması boru çeperlerindeki aşınmayı %50 arttırmaktadır. Ancak, hava hızının çok düşük olması, yatay boru içerisinde taşınan parçacıkların yer çekiminin etkisiyle boru tabanında toplanarak kalıcı bir tabaka oluşturmaya, yatay boruda veya kanalda tıkanmalara ve basınç düşümünün artmasına neden olmaktadır.

Pnömatik taşıma sistemlerinde boruların yön değiştirmesinin sağlanması suretiyle esneklik sağlayan dirsekler, gaz-katı akışını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Dirsekte yön değiştirmeden dolayı oluşan merkezkaç kuvveti dirsek içerisinde gaz ve katı parçacıkların ayrışmasına neden olmaktadır. Yoğunluğu gazın yoğunluğuna nazaran çok fazla olan katı parçacıklar merkezkaç kuvvetinin etkisiyle dirsekte dış duvara doğru yönelmekte ve dış duvarda parçacık topağı olarak adlandırılacak yüksek parçacık konsantrasyonuna sahip bir yapı oluşturmaktadır. Dirsek çıkışında parçacıkların çoğu dirseğin dış duvarına yakın bir bölgede hareketine devam etmektedir (şekil 1). Boru boyunca ilerledikçe türbülansın, akış enerjisinin ve ikincil akışın etkisiyle parçacık topağının konsantrasyonu düşmekte ve belirli bir mesafeden sonra boru boyunca boru kesitindeki parçacık konsantrasyon dağılımı değişmemektedir [2].



Şekil 1. Dikey-yatay dirsekte parçacık topağının oluşumu ve dağılımı

McCluskey ve ark. (3) yaptıkları deneysel çalışmada dikey-yatay dirsekte oluşan parçacık topağının yapısını incelemişlerdir. Dirseğin hemen çıkışında parçacık topağı içerisindeki parçacıkların hızının ortalama gaz hızının üçte biri mertebesinde olduğunu gözlemlemişlerdir. Çalışmalarında parçacık topağının dirseğin çıkışına yakın bir noktada oluştuğunu ve gaz hızının yeterince yüksek olmadığı akışlarda dirsek çıkışından sonra yatay boruda hareket eden parçacık topağının parçacık-parçacık, parçacık-duvar çarpışmaları ve sürüklenme kuvvetinin etkisiyle hızının düşmekte olduğunu ve belirli bir mesafe sonra parçacıkların durarak boru tabanında parçacık çökmesi oluşturduklarını gözlemlemişlerdir.

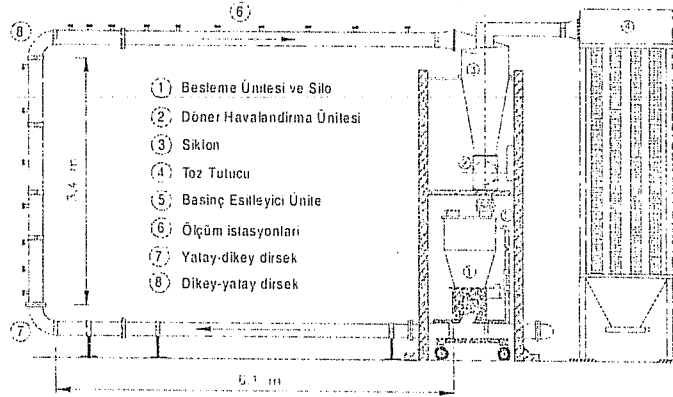
Tsuji ve ark. (4) LDV (Laser Doppler Velocimetry) kullanarak yatay ve dikey borularda tam gelişmiş akışta katı parçacıkların ve havanın akış karakteristiklerini incelemişlerdir. Deneyler esnasında hava hızını, parçacık çapını ve hava-katı kütleli debi oranını değiştirerek bu parametrelerin iki fazlı akış üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmaları sonucunda parçacık çapı küçük olan ($200 \mu\text{m}$) katı parçacıkların akışın türbülanslılığını öldürdüklerini, çapı büyük olan parçacıkların ise hava-katı oranına bağlı olarak türbülanslılığı arttırdığını gözlemişlerdir.

Bu çalışmada iki fazlı katı-gaz akışı için tasarlanan bir deney düzeneği yardımıyla 90° dikey-yatay ve yatay-dikey dirsek konfigürasyonlarının iki fazlı katı-gaz akışı üzerindeki etkileri iki değişik dirsek geometrisi (eğrilik yarıçapının boru çapına oranı $r/D=1.5$ ve 3 olan dirsekler) için araştırılmıştır. Gaz fazı olarak hava kullanılmış, katı fazı olarak ise ortalama çapı $50 \mu\text{m}$ olan kömür parçacıkları seçilmiştir. Dirseklerin çıkışlarından itibaren yatay ve dikey borular üzerindeki değişik istasyonlarda parçacık konsantrasyon ve hızları dizayn edilmiş olan fiber optik prob vasıtasıyla ölçülmüştür. Deneylerde hava hızı $U_{\text{gaz}}=7$ ile 30 m/s aralığında değiştirilerek hava hızının akışa ve parçacık çökmesine etkisi araştırılmıştır. Hava-kömür kütleli debi oranı ise $H/K=1$ ve 3 alınmıştır.

2. DENEY DÜZENEĞİ

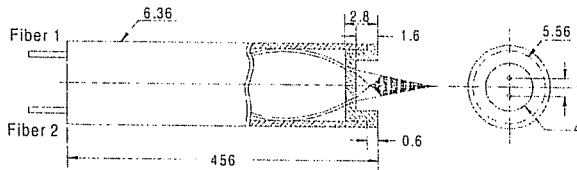
Deneyler, boru çapı 0.154 m olan kapalı çevrim bir deney düzeneği içerisinde gerçekleştirilmiştir (şekil 2). Deney düzeneği boyları 6.1 m olan iki yatay boru, 3.4 m olan bir adet dikey boru ve 2 adet 90° yatay-dikey ve dikey-yatay dirsekten oluşmaktadır. Deneyler esnasında katı faz olarak ortalama parçacık çapı $d_p=50 \mu\text{m}$ olan kömür parçacıkları kullanılmıştır. Gaz fazı olarak kullanılan hava iki kompresör vasıtasıyla sağlanmaktadır. Bu iki kompresörden sağlanan hava debisi ile sistemden

geçen havanın maksimum hızı 30 m/s olmaktadır. Kompresörlerden sağlanan havanın debisi Watson-McDaniel marka B tipi basınç regülatörü ile ayarlanarak kontrol edilmiş ve açıklık oranı 0.7 olan bir orifis ile kömür-hava karışımı henüz sağlanmadan ölçülmüştür. Kömür sisteme kalibrasyonu yapılmış bir vidalı besleme ünitesi tarafından sevk edilmektedir. Bu besleme ünitesinin devri ayarlanabilir olup deneylerin değişik hava-kömür oranlarında yapılmasına imkan sağlamaktadır. Çevrimi tamamlayan kömür-hava karışımı bir siklon vasıtasıyla birbirinden ayrılmaktadır. Siklon içerisinde toplanmayan ve hava ile birlikte hareket eden çok küçük çaptaki parçacıklar bir filtre yardımıyla toplanmakta ve çevreye zarar vermeleri engellenmektedir.



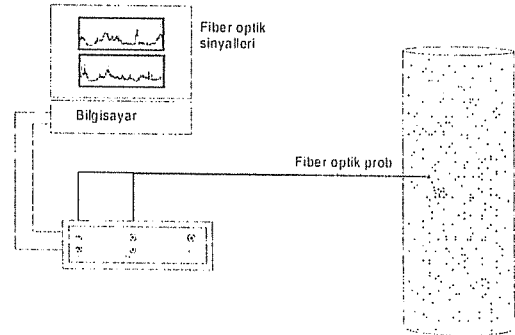
Şekil 2. Deney düzeni

Boru içerisinde hava ile birlikte akan kömür parçacıklarının konsantrasyonu ve hızı fiber optik prob sistemi ile ölçülmüştür (Yılmaz, 1997). Fiber optik prob sistemi iki probdan oluşmaktadır. Her bir probda iki adet fiber vardır (şekil 3). Bu fiberlerden birincisi (aydınlatici fiber) ışık yayıcı diod'dan (LED) aldığı ışığı kömürün aktığı ortama götürmekte diğer fiber (toplayıcı fiber) ise kömürlerden yansıyan ışığı ışık algılayıcısına getirmektedir. Yapılan ölçümlerde yerel kömür konsantrasyonunun geri dönen ışığın şiddeti ile orantılı olduğu gözlemlenmiş ve fiber optik probun dönen ışığın şiddetine göre kalibrasyonu yapılmıştır. Ölçüm sistemi genel olarak şekil 4'te gösterilmiştir. Fiber optik'ten alınan sinyaller elektronik kutu vasıtasıyla bilgisayara aktarılmakta ve burada elde edilen sinyaller yardımıyla ölçüm yapılan noktadaki parçacık konsantrasyonu bulunmaktadır.



Bütün boyutlar milimetre cinsindedir.

Şekil 3. Fiber optik probun kesiti ve boyutları

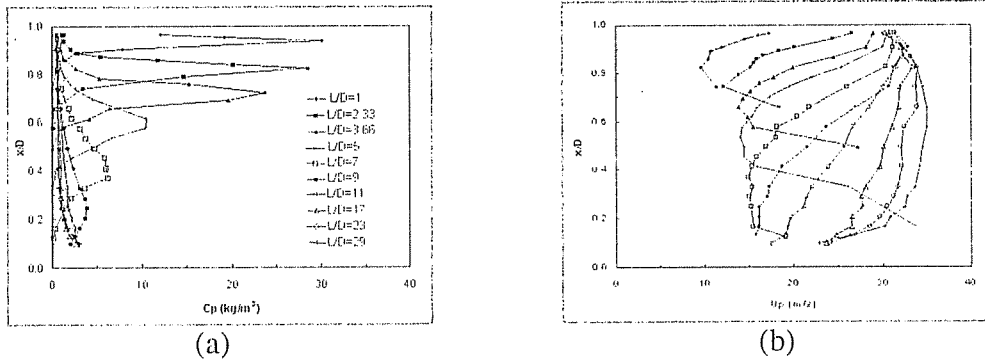


Şekil 4. Fiber optik prob konsantrasyon ve hız ölçüm sistemi

Her iki probdan elde edilen sinyallerin çapraz korelasyonu (cross-correlation) sonucu da prob ucundan geçen kömürün yerel hızı bulunmaktadır. Çapraz korelasyon sonucunda her iki probdan elde edilen sinyaller probun ucundan geçen katı parçacığın her iki prob arasındaki mesayı ne kadar sürede aldığı bulunmaktadır. Her iki prob arasındaki mesafe ve parçacığın bu mesafeyi ne kadar sürede aldığı bilindiğinden prob ucundan geçen parçacığın hızı bulunur. Parçacık hızının hesaplanması esnasında çapraz korelasyondan kaynaklanan hata oranı %2.5'ten azdır. Ayrıca aynı şartlarda tekrarlanan deneyler neticesinde prob tarafından ölçülen parçacık konsantrasyonu ölçümlerinin standart sapması %3 ve parçacık hızı ölçümlerinin standart sapmasının %1.5 mertebelerinde olduğu görülmüştür. Deneyler yatay boru boyunca 10 değişik istasyonda dikey boru boyunca ise 7 değişik istasyonda yapılmıştır. İstasyonlar radyal yönde döndürülerek kesit alanındaki değişik noktalarda konsantrasyon ve hız ölçümü yapılmıştır. Başlangıç deneylerinde ve bilgisayar simülasyonlarında kömür konsantrasyonunun simetrik bir yapıya sahip olduğu görülmüş ve grafiklerde kömür hızı ve konsantrasyonu akışa dik bir çizgi boyunca verilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

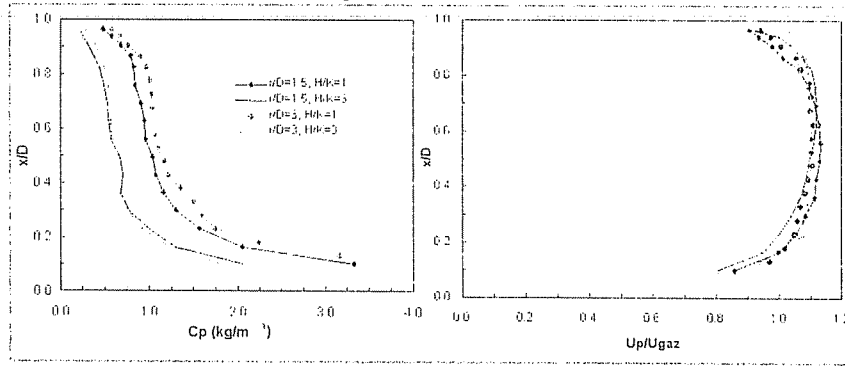
Şekil 5'te dikey-yatay dirsekten sonraki kömür parçacıklarının değişik kesitlerdeki konsantrasyonlarının (Şekil 5a) ve hızlarının (Şekil 5b) değişimi gösterilmektedir. Merkezkaç etkisi ile oluşan yüksek konsantrasyonlu akış topağı dirseği üst kısmında terketmektedir. Dirsek çıkışında maksimum yoğunluk yaklaşık olarak 30 kg/m^3 'dür. Dirsekten uzaklaştıkça akış hızının, akışın sahip olduğu türbülanslılığın, ikincil akışların ve sürtünmelerin etkisiyle parçacık konsantrasyonu azalmaktadır. Yerçekiminin de etkisiyle akış topağı konsantrasyon kaybederek borunun tabanına yönlenebilmektedir. Yaklaşık olarak dirsek çıkışından $20D$ mesafe sonra ise boru kesitindeki parçacık konsantrasyonu akış yönünde çok fazla değişmeyerek tam gelişmiş parçacık konsantrasyonu elde edilmektedir. Tam gelişmiş parçacık konsantrasyonu boru merkezine göre yerçekiminin etkisi ile simetrik olmayan bir yapıya sahiptir. Boru tabanında parçacık konsantrasyonu fazla iken borunun tavanında daha düşük konsantrasyon ölçülmüştür.



Şekil 5. Dikey-yatay dirsekten sonraki parçacık konsantrasyon ve hız profillerinin değişimi

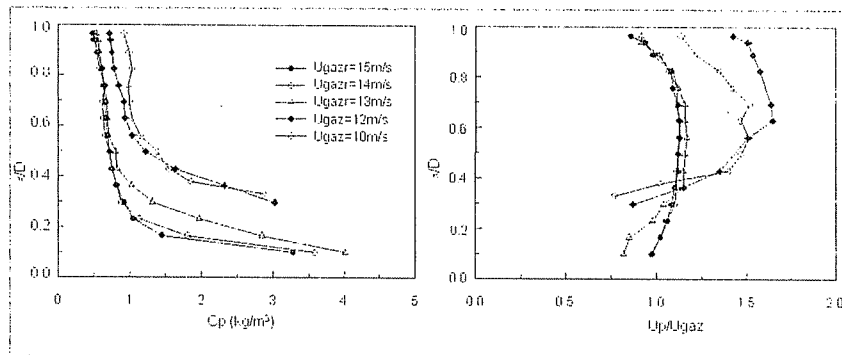
Dirsek çıkışından itibaren boru boyunca parçacıkların değişik kesitlerdeki hız dağılımları şekil 5b'de verilmiştir. Dirseğin hemen çıkışında akış topağı içerisindeki

hızların hava hızının %35'i mertebesine düştüğü görülmüştür. Bunun nedeni, parçacıkların dirsek içerisinde çok fazla miktarda birbirlerine (parçacık-parçacık teması) ve dirsek duvarlarına (parçacık-duvar teması) çarpmaları sonucu momentumlarındaki azalma ile açıklanabilir. Dirsekten uzaklaştıkça akış topağının dağılmasına paralel olarak parçacıkların hızı artmaktadır. Değişik kesitlerdeki hız dağılımlarına bakıldığında kesitteki minimum hızın akış topağının bulunduğu konuma tekabül ettiği görülmektedir. Şekil 6'da yatay borudaki en son ölçüm istasyonunda değişik akış şartları için elde edilen parçacık konsantrasyon ve hız dağılımları görülmektedir. Daha önce de bahsedildiği gibi dirsekten sonra yatay boru girişinden belirli bir mesafe sonra elde edilen tam gelişmiş konsantrasyon ve hız profilleri hava hızından, dirsek eğrilik yarıçapından ve hava-kömür oranından bağımsızdır.



Şekil 6. Tam gelişmiş parçacık konsantrasyon ve hız profilleri

Şekil 7'de yatay borudaki en son ölçüm istasyonunda ($L/D=29$) değişik hızlarda ölçülen parçacık konsantrasyonu ve hızları görülmektedir. Hava hızının 14 ve 15 m/s olduğu durumlardaki parçacık konsantrasyon ve hız grafikleri birbirine benzemekte iken hava hızının 13 m/s olduğu durumda boru tabanında parçacık çökmesi olmakta ve tabandaki konsantrasyon artmaktadır. Konsantrasyon artması sonucu da parçacık-parçacık çarpışmaları artmakta ve parçacıklar enerjilerini kaybederek daha düşük hızlarda akmaktadır. Hava hızı daha da düşürüldüğünde boru tabanında kalıcı parçacık birikmesi olmaktadır. Parçacık çökmesinin olduğu tabanda konsantrasyon ölçümü yapılamamaktadır. Kalıcı bir tabaka oluştuğu için de zaten parçacık hızları sifira yakındır. Çökme olduğu durumda boru kesiti daralmakta dolayısıyla da bu kesitten geçen havanın ve parçacıkların hızı artmaktadır.



Şekil 7. Hava hızının akış karakteristiklerine etkisi

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, iki fazlı katı-gaz pnömatik taşıma deney düzeneği kullanılarak taşıma sistemlerinin kaçınılmaz elemanlarından olan dirseklerden sonraki akışın yapısına etki eden faktörler araştırılmıştır. Dirseğin hemen çıkışında oluşan yüksek konsantrasyonlu katı parçacık topağı belirli bir mesafeden sonra dağılmaktadır. Bu dağılma mesafesi, gaz hızına, katı-gaz kütleli debi oranına ve dirsek konfigürasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Parçacık topağı dağıldıktan belirli bir mesafe sonra boru kesitindeki parçacık konsantrasyon ve hız profilleri boru boyunca aynı kalmaktadır. Hava hızının belirli bir hızın altına düşürülmesi durumunda parçacıklar boru tabanına toplanmakta ve orada kalmakta ki bu da sistemdeki basınç düşümünü arttırmakta ve boru sisteminin tıkanması suretiyle tahribatına sebep olabilmektedir.

5. REFERANSLAR

1. Tuç,B., Gemalmayan,N. ve Özdemir,K., "Pnömatik taşıma sistemlerinin dökme malzeme taşımadaki rolü", *Mühendis ve Makine*, Sayı.490, Sayfa. 41-47, Kasım 2000.
2. Akıllı,H., Levy,E.K. and Şahin,B., "Gas-solid flow behavior in a horizontal pipe after a 90° vertical-to-horizontal elbow", *Powder Technology*, Vol.116, pp.43-52, 2001.
3. McCluskey,D.R., Easson,W.J., Greated,G.A., and Glass,D.H., "The use of particle image velocimetry to study roping in pneumatic conveyance", *Particle and Particle Systems Characterization Journal*, Vol. 6, pp. 129-132, 1989.
4. Tsuji,Y., and Morikawa,Y., "LDV measurements of an air-solid two-phase flow in a horizontal pipe", *J. of Fluid Mechanics*, Vol.120, pp. 385-409, 1982.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

ÜNİVERSAL ÇEKME MAKİNALARI İÇİN
BİLGİSAYAR KONTROLLÜ YÜK VE UZAMA ÜNİTELERİNİN
TASARIM VE İMALATI

Veysel ÇELİK ve Cengiz DOĞAN

G.Ü., Makine Mühendisliği Bölümü, Gaziantep/Türkiye
vcelik@gantep.edu.tr dogan@gantep.edu.tr

ÖZET : Bu çalışmada el kumandalı olarak çalışan Monsanto marka mekanik çekme makinasının yük, uzama ve tahrik üniteleri bilgisayar kontrollü hale getirilmiştir. Bu amaçla mevcut çekme makinası üzerine kuvveti ölçmek için yük hücresi, uzamayı ölçmek için lazer problu derinlik ölçme üniteleri tasarlanarak imal edilmiştir. Delphi programlama dilinde yazılan görsel bir program vasıtasıyla istenilen hızda çekme deneyi yapılarak anında gerilme-birim uzama grafiği çizilmektedir. Bilgisayar ekranında malzemenin akma, maksimum, ve kopma gerilmeleri, kopma uzaması ve Elastiklik Modülü gösterilmektedir. Ayrıca çekmedeki bütün gerilme ve birim uzama değerleri bir dosyaya kayıt edilebilmektedir. Kayıt edilen veriler canlandırılarak deney tekrar bilgisayar ortamında görülebilmektedir.

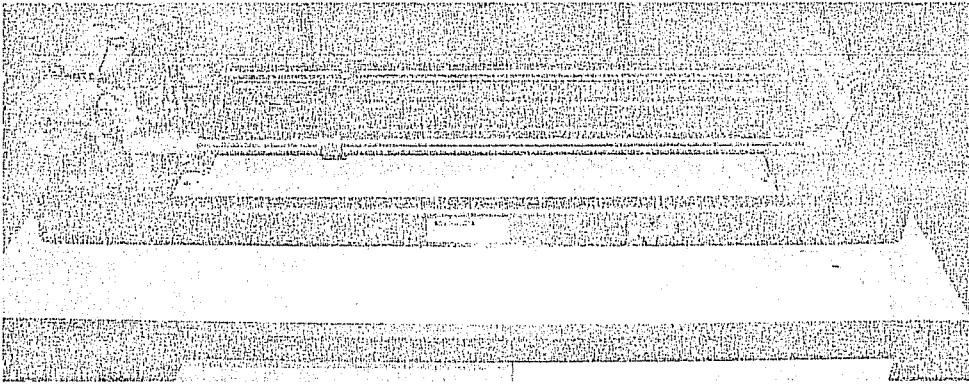
1. GİRİŞ

Günümüzde ürün kalitesinin yükselmesi ölçme ve kontrolün önemini daha da arttırmıştır. Bu durum mekanik olarak çalışan bir çok deney düzeneklerinin bilgisayar kontrollü hale getirilmesine yönelik çalışmaları yoğunlaştırmıştır. Bu sayede deneyler daha güvenilirli, daha hızlı ve basit hale getirilmiştir.

Bu çalışmada ele alınan vidalı tip mekanik bir çekme makinası (tensometre) bilgisayar kontrollü hale getirilerek; gerilme, birim uzama grafiği bilgisayar ortamında anında çizilmesi sağlanmıştır. Yapılan çalışma ile çekme deneyinde numunenin uzamasına etki eden faktörler ortadan kaldırılmıştır. Daha önce el kontrollü olarak yapılan ölçümler ve hesaplamalar ortadan kaldırılarak, deneydeki yük ölçüm hassasiyeti 0.01 Kğ, uzama ölçüm hassasiyeti ise 1 µm seviyesine indirilebilmektedir. Deney kısa sürede otomatik olarak yapılabilmektedir. Mekanik çekme deney makinasının önemli aksamları olan yük ünitesi, uzama ölçüm ünitesi ve tahrik ünitesi yeniden tasarlanarak imal edilmiştir.

2. MEKANİK TİP ÜNİVERSAL ÇEKME MAKİNASI

Laboratuvarımızda bulunan Montanso marka vidalı tip çekme makinası modernize edilmiştir. Mevcut makine şekil 1'de görüldüğü gibi masa tipi olup elle vida mekanizması vasıtasıyla numuneye yük uygulamaktadır. Uygulanan yük çelik yayı esnetmektedir. Bu esneme bir manivela yardımıyla büyütülerek civa haznesindeki pistonu iletilir. Bu sayede uygulanan yük ile civa seviyesinin orantılı olarak değişmesi sağlanmaktadır.



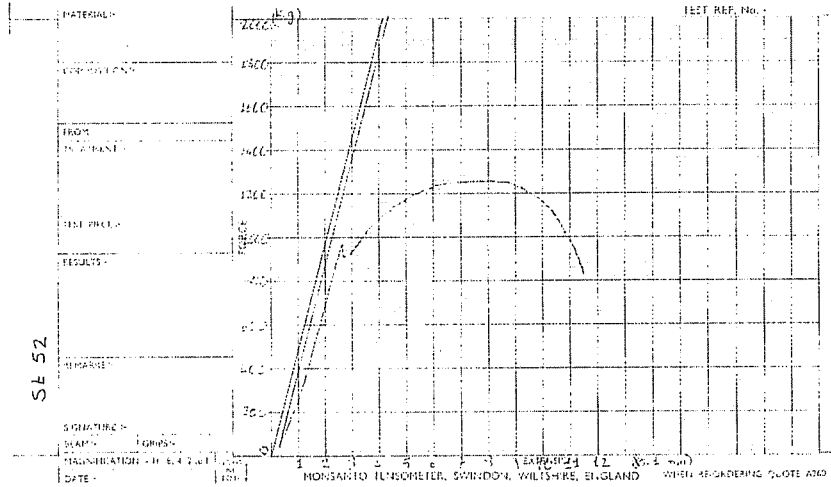
Şekil 1. Vidalı tip Montanso marka universal çekme makinası

Çekme makinasında numunenin yük altında uzaması doğrudan ölçme yerine yükleme kolunun dönme miktarına bağlı olarak tespit edilmektedir.

Operatör civa seviyesini gözle takip ederek uzama miktarına bağlı olarak dönen tambura sarılı olan grafik kağıdının üzerine çizici iğneyle el yordamıyla seri bir şekilde basılarak yük-uzama grafiğini noktalar halinde çizer. Bu şekilde çizilen yük-uzama grafiği tezgah kalibrasyon eğrisi göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarla gerilme-birim uzama grafiğine dönüştürülmektedir. Deneyde bir kişi yükleme yaparken bir kişide yük-uzama grafiğini çizmektedir. Şekil 2'de bu yöntemle çizilmiş yük-uzama grafiği verilmiştir.

ÜNİVERSAL ÇEKME MAKİNALARI İÇİN BİLGİSAYAR KONTROLLÜ YÜK VE UZAMA ÜNİTELERİNİN TASARIMI VE İMALATI

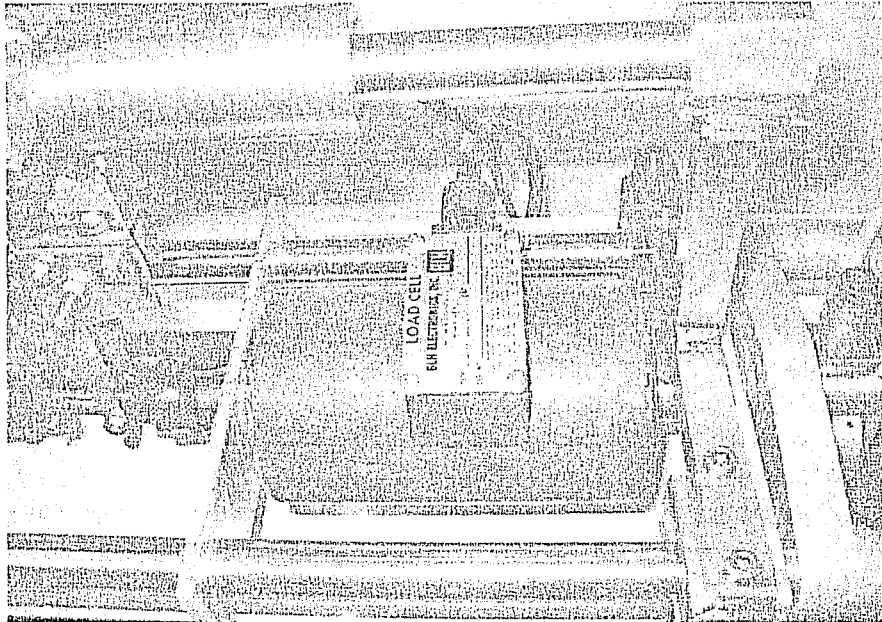
Çekme makinasındaki mevcut bu ünitelerin yerine kuvveti ölçmek için yük hücresi, uzamayı ölçmek için laser problu ölçme üniteleri tasarlanarak imal edilmiştir.



Şekil 2. El ile çizilmiş yük-uzama grafiği

3. YÜK ÖLÇME ÜNİTESİNİN TASARIMI VE İMALATI

Yükü ölçmek için mevcut tezgahın alt çenesiyle gövdesi arasına 2250 Kğ kapasiteli yük hücresi montajı yapılmıştır. Yük hücresi uygulanan yüke orantılı olarak ± 30 mV voltaj vermektedir. Bu voltaj yük hücresi göstergesi tarafından kalibre edilerek hem displayde gösterilmekte hem de dışarıya analog ve seri çıkış vermektedir. Şekil 3'de yük kutusu ve montaj resmi görülmektedir.

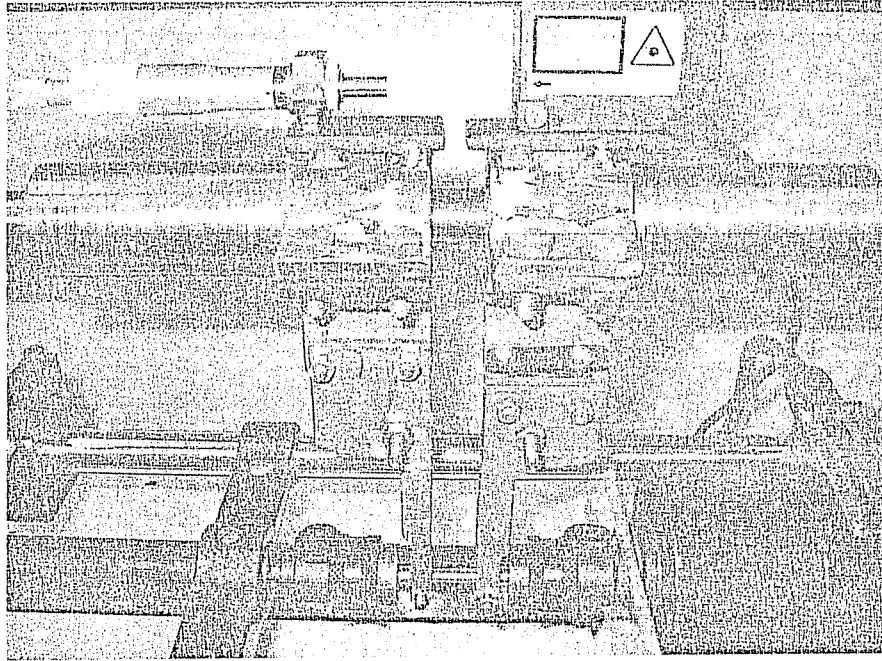


Şekil 3. Yük hücresi

4. UZAMA ÖLÇME ÜNİTESİNİN TASARIM VE İMALATI

Numunenin yük altında uzaması lazer problu derinlik ölçme cihazı kullanılarak tespit edildi. Bu prob göndermiş olduğu lazer ışını karşı cisme çarparak yansıyan ışından prob ile cisim arasındaki mesafeyi ölçmektedir. Lazer prob 20 mm mesafede 1 mikron hassasiyetle ölçme yapabilmektedir. Lazer prob 4-20 mA çıktı vermektedir. Bu çıkış analog / dijital çevirici ve RS485 seri portu vasıtasıyla bilgisayar ile haberleşmektedir.

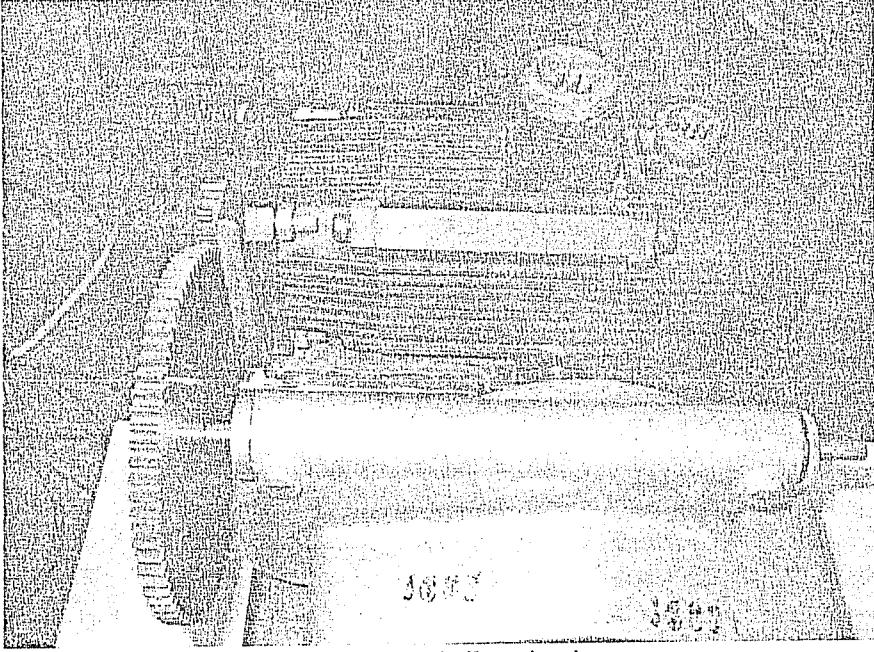
Çekme numunesindeki uzamayı ölçmek için çekme makinasının yük uygulama eksenine paralel olarak lineer rulmanlı iki kızaklı sistem montaj edilmiştir. Kızaklardan birinin üzerine lazer prob diğerine ise yansıtıcı olarak mikrometre yerleştirilmiştir. Kızaklar iki çene yardımıyla numuneye tutunmaktadır. Çenelerin arasında numunenin anma boyu kadar mesafe bırakılarak tutturulmaktadır. Bu sayede numunenin yük altında uzaması doğrudan lazer prob vasıtasıyla ölçülmektedir. Yansıtıcı olarak mekanik mikrometre kullanılmasıyla deney başlangıcında lazer prob kolaylıkla sıfırlanmaktadır. Şekil 4'de uzama ölçme ünitesi ve çekme makinasına montajlı durumu görülmektedir. Geliştirilen uzama ölçüm ünitesi sayesinde uzaması doğrudan numune üzerinden alındığı için çekme makinasındaki tutucu çenelerin, vida mekanizmasının, yük kutusunun, gövdedeki boşluk ve esnemelerin etkisi ortadan kaldırılmıştır.



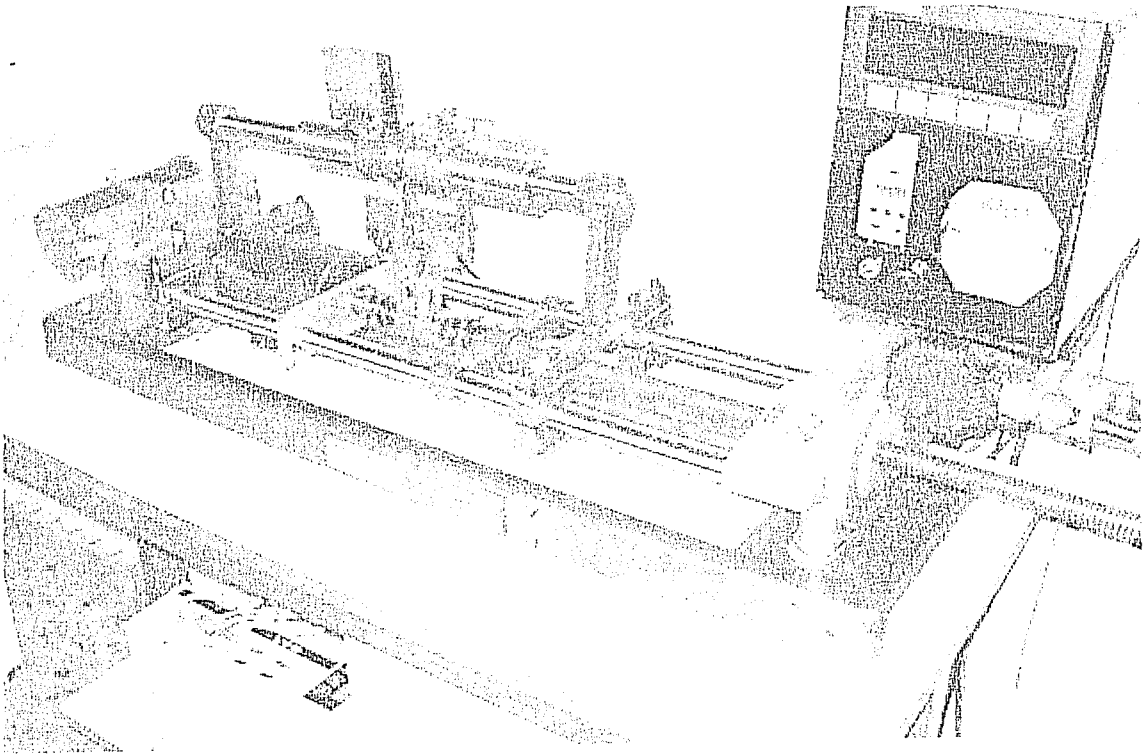
Şekil 4. Uzama ölçüm ünitesi

5. TAHRİK ÜNİTESİNİN TASARIM VE İMALATI

Daha önce yükleme kolunun el kumandalı olarak döndürülmesiyle çalışan çekme makinasının tahrik ünitesine servo motor montajıyla çekme hızı bilgisayar kontrollü olarak istenilen değerlerde ayarlanabilmektedir. Bunun için çekme makinasının dişli kutusu girişine bir çift düz dişli vasıtasıyla servo motor doğrudan montaj edilmiştir. Şekil 5'de servo motorun tahrik ünitesine montajı görülmektedir. Şekil 6'de makinanın geliştirilmiş hali görülmektedir.



Şekil 5. Tahrik ünitesi



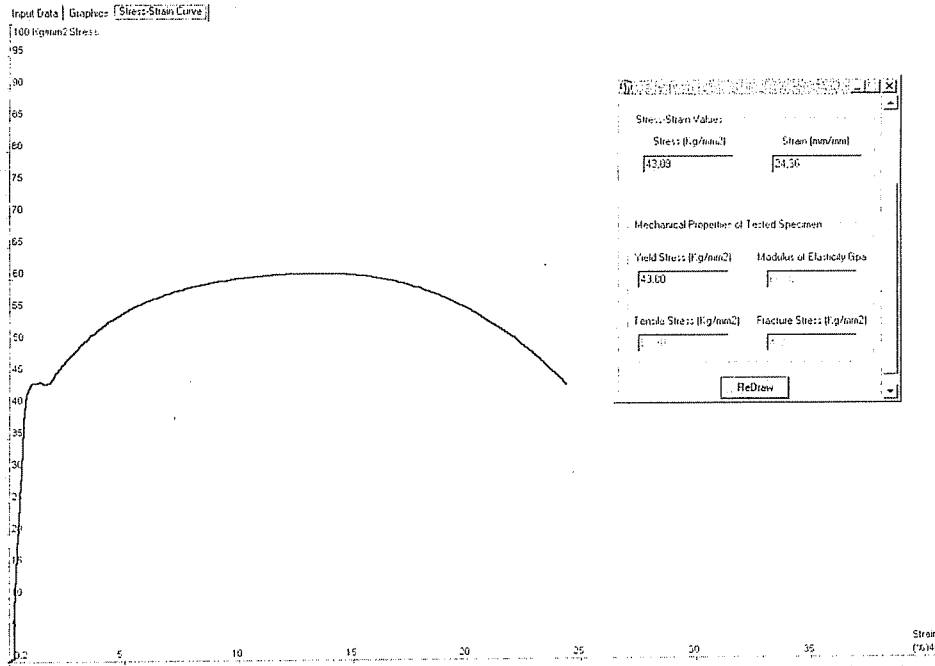
Şekil 6. Tasarlanarak imal edilen bilgisayar kontrollü çekme makinasının genel görünüşü

6. YAZILIM

Çekme makinasının endüstriyel ortamlarda çalışabileceği düşünüldüğünden paralel yerine seri haberleşme portu kullanılmıştır. Seri port sayesinde veri transferinde verilerin ortamda bulunan elektromanyetik kirlilikten etkilenmesi önlenmiştir. Sistemde kullanılan lazer prob, yük kutusu ve servo sürücüsü ile seri portlar aracılığı ile bilgisayar ile haberleşme sağlandığından ek olarak bir arayüz kartı kullanımına gerek duyulmamıştır.

Makinanın kullanımının basitleştirmek için görsel arayüz hazırlanmıştır. Hazırlanan arayüz, Delphi programı kullanılarak yazılmıştır. Program çalıştırılarak numune ölçüleri ve deney hızı klavyeden girilip start butonuna basılarak deney başlatılmaktadır. Deney sırasında gerilme ve birim uzama hesaplanarak grafik olarak ekrana çizdirilmektedir. Grafiğin ekranı tam kaplaması için deney anında değerler katsayılarla çarpılarak grafiğin ölçekli olarak büyütülmesi sağlanmıştır.

Yazılan programda bilgisayar ekranında malzemenin akma, maksimum, ve kopma gerilmeleri, kopma uzaması ve Elastiklik Modülü gösterilmektedir. Ayrıca çekmedeki bütün gerilme ve birim uzama değerleri bir dosyaya kayıt edilebilmektedir. Kayıt edilen veriler canlandırılarak deney tekrar bilgisayar ortamında görülebilmektedir. Şekil 7'de bilgisayar kontrollü çekme tezgahından alınmış örnek gerilme-birim uzama grafiği görülmektedir.



Şekil 7. St 52 çelik'in gerilme-birim uzama grafiği (Bilgisayar kontrollü sistem)

7. SONUÇ

Bu çalışma sonucunda el kumandalı olarak çalışan universal çekme makinası bilgisayar kontrollü hale getirilmiştir. Geliştirilen yük ve uzama ölçme üniteleri modüler olarak düşünüldüğünden kolaylıkla mekanik veya hidrolik universal çekme makinalarına adapte edilebilmektedir. Çekme makinalarında yük uygulama ünitesi

*ÜNİVERSAL ÇEKME MAKİNALARI İÇİN BİLGİSAYAR KONTROLLÜ
YÜK VE UZAMA ÜNİTELERİNİN TASARIM VE İMALATI*

manuel olarak çalıştırıldığında hazırlanan bu üniteler ve yazılım diğer makinalara kolaylıkla uygulanabilmektedir.

Yapılan çalışma sonucunda numunedeki uzama laser derinlik probu vasıtası ile doğrudan okunmasıyla çekme makinasının çenesinde ve diğer aksamlarındaki boşlukların ve esnemelerin etkileri ortadan kaldırılmıştır. Ayrıca tezgahın yükleme ünitesine servo motor ve dişli gurubu vasıtasıyla istenilen çekme hızlarında otomatik olarak çalıştırılması sağlanmıştır.

Daha önce el kontrollü olarak yapılan ölçümler ve hesaplamalar ortadan kaldırılarak, deneydeki yük ölçüm hassasiyeti 0.01 Kğ, uzama ölçüm hassasiyeti ise 1 µm seviyesine indirilebilmektedir.

Yazılan görsel programla istenilen hızda çekme deneyi yapılarak anında gerilme-birim uzama grafiği çizilmektedir. Bilgisayar ekranında malzemenin akma, maksimum, ve kopma gerilmeleri, kopma uzaması ve Elastiklik Modülü gösterilmektedir. Ayrıca çekmedeki bütün gerilme ve birim uzama değerleri bir dosyaya kayıt edilebilmektedir. Kayıt edilen veriler canlandırılarak deney tekrar bilgisayar ortamında görülebilmektedir.

Bu çalışmayla ülkemizde kullanılan bir çekme makinasını 5000 \$'lık teçhizat harcanmasıyla bilgisayar kontrollü olarak yapılabileceği ortaya çıkmıştır.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003TEMSA A.Ş. OTOBÜS ÜRETİM HATTINDA SÜREÇ İYİLEŞTİRME
ÇALIŞMASI**Rızvan EROL***Ç.Ü., Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye*
rerol@cu.edu.tr**Hakkı EGE***Temsa A.Ş. Değişim Mühendisliği Proje Lideri*

ÖZET : Bu çalışma, Temsa A.Ş.'nin Adana fabrikasında Euro Safari otobüs modelinin tüm istasyonlarının verimlilik iyileştirme açısından değerlendirilmesi ve istasyon standart sürelerinin hesaplanması olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Çalışma, Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim elemanları, Temsa A.Ş. yetkilileri ve 10 endüstri mühendisinin takım çalışması ile yürütülmüştür. İstasyonların incelenmesi, gözlemlerin toplanması ve verilerin analizini yapmak üzere 2 endüstri mühendisi ve 1 grup liderinden oluşan 5 çalışma grubu kurulmuştur. Verimlilik iyileştirme çalışmalarında üretim hattının tüm istasyonları ergonomik faktörler (ışıklandırma, toz, gürültü, çalışma pozisyonları v.b.), işyeri düzeni, takım çalışmasında koordinasyon, gecikmeler (parça tahsisleri, parça beklemeleri, takım eksikliği v.b.), gereksiz taşımalar ve diğer verimlilik faktörleri açısından değerlendirilmiş ve çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Önerilerde kısa zamanda uygulanabilecek ve uygulama maliyeti düşük önerilere ağırlık verilmiştir. Sunulan öneri sayısı 173 adet olup, önerilerin önemli bir kısmı üretim hattında uygulanmış ve verimlilik ve kalitede iyileştirmeler sağlanmıştır. Proje sonuçları, yaklaşık 1000 sayfadan oluşan toplu bir raporda özetlenmiş ve CD ortamında yayımlanmıştır.

1. GİRİŞ

"Euro Safari Otobüs Üretim Hattında İş Etüdü" çalışması, Euro Safari modelinin tüm istasyonlarının verimlilik iyileştirme açısından değerlendirilmesi ve istasyon standart sürelerinin hesaplanması olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim elemanları, TEMSA A.Ş. yetkilileri ve Ç.Ü. Endüstri Mühendisliği Bölümü mezunları takım çalışması ilkesiyle bu projede görev almışlardır.

Projenin tamamlanması için 4 aylık bir süre öngörülmüş ve projenin tüm faaliyetleri bu süreye uyularak yürütülmüştür. İstasyonların incelenmesi, gözlemlerin toplanması ve verilerin analizini yapmak üzere 2 endüstri mühendisinden oluşan 5 etüd grubu oluşturulmuş ve bu grupların koordinasyonu ve yönetimi için dönüşümlü olarak 4 Bölüm öğretim elemanı görevlendirilmiştir. Yapılan faaliyetler bütün proje üyelerinin katıldığı haftalık değerlendirme toplantılarında gözden geçirilmiştir. Proje sonuçları Proje Genel Raporu (proje aşamaları, toplu standart süreler, önerilerin analizi, proje özeti v.b.) ve istasyonlar hakkında daha detaylı analiz ve sonuçların verildiği "İstasyon Rapörleri" formatında iki farklı dokümanda özetlenmiştir.

Verimlilik iyileştirme çalışmalarında üretim hattının tüm istasyonları ergonomik faktörler (ışıklandırma, toz, gürültü, çalışma pozisyonları v.b.), işyeri düzeni, takım çalışmasında koordinasyon, gecikmeler (parça tahsisleri, parça beklemeleri, takım eksikliği v.b.), gereksiz taşımalar ve diğer verimlilik faktörleri açısından değerlendirilmiş ve çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Önerilerde kısa zamanda uygulanabilecek ve uygulama maliyeti düşük önerilere ağırlık verilmiştir. Öneriler yazılı olarak açıklanarak ilgili bölümlerin incelenmesine sunulmuş ve uygun bulunanlar aşamalı olarak uygulamaya alınmıştır.

2. METOD GELİŞTİRME VE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

Verimlilik iyileştirme çalışmalarında üretim hattının tüm istasyonları aşağıdaki faktör açısından değerlendirilmiş ve iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur [1]:

- i. ergonomik faktörler (ışıklandırma, toz, gürültü, çalışma pozisyonları v.b.),
- ii. işyeri düzeni (takımların ve parça arabalarının çalışma yerine yakınlığı)
- iii. takım çalışmasında koordinasyon,
- iv. iş güvenliği,
- v. gecikmeler (parça tahsisleri, parça beklemeleri, takım eksikliği v.b.)
- vi. gereksiz taşımalar.

Önerilerde kısa zamanda uygulanabilecek ve uygulama maliyeti düşük önerilere ağırlık verilmiştir. Öneriler yazılı olarak açıklanarak ilgili bölümlerin incelenmesine sunulmuş ve uygun bulunanlar aşamalı olarak uygulamaya alınmıştır. Sunulan öneri sayısı 173 adet olup, Uygun bulunan 59 öneriden 42 adedi uygulamaya alınmış ve verimliliği artırıcı sonuçlar elde edilmiştir.

3. ZAMAN ETÜDÜ ÇALIŞMALARI

3.1. Kullanılan yöntem

Zaman etüdü çalışmaları 2 endüstri mühendisinden oluşan 5 etüd grubuyla yürütülmüştür. İlk olarak, gruplar kendilerine tahsis edilen iş istasyonlarını

- I. *İstasyon adımlarının belirlenmesi:* Her bir istasyonda yapılan işler en az 3-4 defa etüd grubu tarafından gözlemlenmiş ve yapılan iş mantıklı alt adımlara bölünmüştür. Belirlenen adımlar daha sonra Üretim Müdürlüğü'nce onaylanmıştır.
- II. *Kronometre ile adımın ölçülmesi:* Her bir iş adımı en az 10 defa tekrarlı olarak ölçülmüştür. Ölçümlerde ölçülen süreler işçi sayısı ile çarpılarak adam-dakika olarak ifade edilmiştir. Eğer aynı adım içerisinde işçi sayısı değişiyorsa, değişken durumlar için alt süre ölçümleri alınarak daha sağlıklı ölçümlerin alınması sağlanmıştır.
- III. *Tempo takdiri:* Gözlemler esnasında çalışanların çalışma hızları tempo takdiri ile değerlendirilmiştir. Bunun amacı, standart süreyi işçi ve/veya işçilerin tempolarından bağımsız kılmaktır. İşçilerin tempoları 5 kategoriye göre tespit edilmiş ve Çizelge 1'de gösterilen yüzdeler kullanılarak "normal süre" elde edilmiştir.

Çizelge 1. Tempo kategorileri ve normal tempoya göre karşı gelen yüzdeleri

Tempo	Çok yavaş	Yavaş	Normal	Hızlı	Çok Hızlı
% karşılığı	125	110	100	90	75

$$\text{Normal Süre} = \text{Ölçülen Süre} \times \text{Tempo} (\%)$$

- IV. *Ek sürelerin belirlenmesi:* Hesaplanan normal süreler ek süreler de eklenerek aşağıdaki formülle her bir iş adımın standart süresi elde edilmiştir. Ek sürelerin belirlenmesinde etüd grupları arasında görüş farklılığını önlemek ve objektiviteyi sağlamak amacıyla, Üretim Müdürlüğüyle beraber fabrikadaki işler arasından çok hafif, hafif, normal, ağır ve çok ağır kategorilerinde örnek iş adımları tespit edilmiş ve etüd gruplarına dağıtılmıştır.

$$\text{Standart Süre} = \text{Normal Süre} \times \frac{100}{100 - \text{ek süre}(\%)}$$

Ek süreler aşağıdaki üç grup altında ele alınmıştır [2]:

- a) **Kişisel ek süre:** Mesai saatleri içerisinde çalışanın kişisel ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli ek süredir. Fabrikadaki dinlenme saatleri de dikkate alınarak kişisel ek süre bütün istasyonlar için %2-4 aralığında alınmıştır.
- b) **Yorgunluk (veya dinlenme) ek süresi:** Ağır kassal çalışma veya zor çalışma koşullarına (aşırı nem, sıcaklık v.b) maruz iş ortamlarında çalışanlar için ek yorgunluk (veya dinlenme) süreleri verilmiştir. Yorgunluk ek süresinin belirlenmesinde Çizelge 2 rehber olarak kullanılmıştır.
- c) **Gecikme ek süreleri:** Gecikmeler önlenemez ve önlenemez olmak üzere iki grupta incelenebilir. Önlenemez gecikmeler makina, operatör veya başka bir dış etmen tarafından neden olunan gecikmelerdir (örn: makina, takım bozulması, istisnai uzun parça tahsisleri, parça beklemeleri v.b.) ve standart süre hesabına dahi edilmemiştir. Bu

gecikmeler istisnai gecikmeler adı altında ayrı tablolarda İstasyon Raporlarında özetlenmiştir. Diğer taraftan, periyodik makina ayarlamaları, kırılan veya aşınan takım ucunun değiştirilmesi ve diğer küçük gecikmeler standart süre hesabına dahil edilmiştir.

Çizelge 2. Ek süre faktörleri ve yüzdeleri

EK SÜRE FAKTÖRÜ	Ek Süre (%)
Kişisel İhtiyaçlar	2-5
YORULMA EK SÜRELERİ	
I. Bedensel çaba yoğunluğu ve beceri	
Çok hafif çalışma	2
Hafif ve ustalık isteyen çalışma	4
Orta ağırlıkta ve ustalık isteyen çalışma	8
Ağır çalışma	16
Çok ağır çalışma	24
II. Düşünsel çaba yoğunluğu	
%30-40 yoğunluk	1
%41-50 yoğunluk	2
%51-75 yoğunluk	4
%76 ve fazlası yoğunluk	8
III. Çalışma esnasındaki duruş pozisyonu	
Oturarak çalışma	1
Ayakta çalışma	2
Eğilerek ve uzanarak çalışma	4
Tempolu yürüme	10
IV. Gürültü	
Normal sesle konuşmak mümkün	0
Konuşmak için sesi yükseltmek gerekiyor	1
Bağırarak konuşmak mümkün	2
Gürültü konuşmayı engelliyor	4
Düzensiz, sürekli normal gürültü	1
V. Göz yorgunluğu	
Çıplak gözle çalışma	0
Gözlük v.b. alet kullanma	4
Mikroskop v.b. aletler kullanma	6
VI. Çevre şartları	
Büro v.b. yerlerde çalışma	0
Duman, yağ kokusuna v.b. maruz kalma	3
Aşırı rahatsızlık veren şartlara maruz kalma	6
Aşırı sıcak veya soğuğa maruz kalma	6
Zararlı kimyasalların bulunduğu yerde çalışma	6

3.2. İstisnai gecikmeler

Zaman etüdü ölçümleri esnasında karşılaşılan uzun süreli istisnai gecikmeler etüd grupları tarafından kaydedilmiş ve istasyon raporlarında ayrıca özetlenmiştir. Bu gecikmelerin aşağıdaki nedenlerden dolayı olduğu gözlemlenmiştir:

- i. Montaj parçalarının ve yardımcı malzemelerin zamanında temin edilememesi ve/veya istasyonlara dağıtılamaması nedeniyle istasyonlarda üretim gecikmeleri,
- ii. İşçilerin değişik istasyonlara ve/veya üretim hatlarına kaydırılmasından kaynaklanan öğrenme ve koordinasyon kayıpları (örn: line istasyonları çalışanların kaydırılması, Prestij ile Euro Safari hatları arasındaki geçişler),
- iii. Parça dağıtımındaki uygunsuzluklar ve parçaların raflara düzgün yerleştirilmemesinden kaynaklanan zaman kayıpları,
- iv. Yan sanayiden gelen kusurlu parçaların ek düzeltme ve onarım işlemleri,
- v. Sipariş önceliklerinin, spesifikasyonlarının ve opsiyonlarının değişmesi ve üretime zamanında iletilmemesinden kaynaklanan kayıplar,
- vi. İstasyonlardaki malzeme raflarının yerleşimindeki sorunlar nedeniyle taşıma uzaklıklarının artması sonucu oluşan zaman kayıpları,
- vii. Vinçlerin doluluğundan kaynaklanan taşıma gecikmeleri,
- viii. Malzeme taşımaları sırasında gerekli miktarlarda parça ve yardımcı malzemelerin getirilmemesinden kaynaklanan taşıma yinelemeleri nedeniyle oluşan zaman kayıpları.

3.3. Güçlükler ve sınırlamalar

Projenin yürütülmesi esnasında özellikle zaman etüdü aşamasında bazı güçlükler yaşanmıştır. Bu güçlüklerin çoğunlukla otobüs üretimin özelliğinden ve üretim planlarının değişken olmasından kaynaklandığı görülmüştür. Bu nedenle, proje sonuçlarının kullanılmasında aşağıdaki hususların da göz önünde tutulması gerekmektedir:

- i. İstasyonlarda aynı iş adımı için kullanılan yöntem ve/veya çalışan sayısı zaman zaman değişebilmektedir. Gözlem sayısı yüksek tutularak ortalama durum için standart süre hesabı yapılmaya çalışılmıştır.
- ii. Çalışanların istasyonlar arası ve üretim hatları arası kaydırılmalarında işe alışma ve öğrenme faktörlerinin ölçüm sonuçlarını etkilemesi söz konusu olmuştur. Bu etkilenmeler tempo takdiri vasıtasıyla mümkün olduğunca en aza indirgenmeye çalışılmıştır.
- iii. Gözlem yapılan istasyonların sayısının fazla ve ölçüm yapılan sahanın geniş olması nedeniyle etüd gruplarının istasyonlarda yapılan işleri daha yakından tanımaları için daha fazla zamana ihtiyaç duymuşlardır.
- iv. Euro Safari üretimine diğer otobüs modellerinin üretimi için aralıklı olarak ara verilmesi gözlemlerin kesilmesini gerektirmiştir. Bu durum, bazı gözlemlerin yarım kalmasını ve her iş adımı için aynı sayıda gözlemin alınamamasına neden olmuştur. Buna rağmen, her adım için (boyahane hariç) en az 10 gözlem hedefine ulaşılmıştır.

4. SONUÇ VE SONRAKİ ÇALIŞMALAR

4.1. Genel değerlendirme

Günümüzde rekabetin arttığı küreselleşen dünya pazarlarında ülkemiz sanayinin teknolojik rekabette üstünlük sağlayabilmesinde üniversite-sanayi işbirliğinin hayata geçirilmesinin önemi açıktır. Bu işbirliğinin iyi bir örneği olarak, özellikle Çukurova bölgesindeki sanayi kuruluşlarına hizmet vermek üzere kurulan TÜBİTAK Adana Üniversite-Sanayi Ortak Araştırma Merkezi (Adana-ÜSAM) bünyesinde “Euro Safari Otobüs Üretim Hattında İş Etüdü Çalışması” projesi Çukurova Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü ve TEMSA A.Ş. çalışanlarının ortak katkılarıyla tamamlanmıştır. Böylesine geniş katılımlı ve kapsamlı bir projenin yürütülmesi ve başarıyla sonuçlandırılmasında hem Üniversite hem de TEMSA önemli bir deneyim kazanmış ve gelecekteki projelerin yürütülmesine ışık tutacak örnek bir model geliştirmiştir. Projede, Euro Safari modelinin tüm istasyonlarının verimlilik iyileştirme açısından değerlendirilmesi ve üretim planlama, performans yönetimi, maliyet analizi çalışmalarında referans veri olan istasyon standart sürelerinin hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Proje öngörülen 4 aylık süre zarfında tamamlanmış ve elde edilen sonuçlar yazılı raporlar ve CD-ROM ortamında sunulmuştur.

4.2. Sonraki çalışmalar

Bu projenin devamı olarak aşağıdaki konuların incelenmesi faydalı olacaktır:

- i. Toplam montaj süresi içerisinde ağırlığı yüksek olan iş istasyonlarında ve iş adımlarında daha detaylı metod mühendisliği çalışması,
- ii. İstasyonların iş adımlarının “Değer Mühendisliği-Value Engineering” ilkelerine göre değerlendirilerek değer ekleyen ve değer eklemeyen faaliyetler olarak ayrılması, değer ekleyen faaliyetlerin yüzdesinin artırılması,
- iii. Çalışmada elde edilen standart süreler referans alınarak bir performans yönetimi sistemi kurulması,
- iv. Diğer otobüs modelleri için iş etüdü çalışmalarının yapılması.

5. KAYNAKLAR

1. Barnes, R.M., “*Motion and Time Study, Design and Measurement of Work*”, John Wiley & Sons Inc., 455s., New York, 1995.
2. Mundel, M. E., “*Motion and Time Study, Principles and Practices*”, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 513s., New Jersey, 1982.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

NEFES YOĞUŞTURUCU

Oğuz BOZKIR

İ.Ü., Malatya Meslek Yüksekokulu, Adana-Türkiye
obozkir@inonu.edu.tr

ÖZET : İnsan nefes alıp verirken ciğerlere giren temiz havanın nemi burada yükselir ve hava tekrar dışarı verildiğinde yüksek oranda nem ihtiva eder. Son yıllarda astım gibi hava yolu rahatsızlıklarıyla ilgili tıbbi araştırmalarda insan nefesindeki bu nemin yoğuşturulmasıyla elde edilen sıvının laboratuvar tetkiklerinin yapılması büyük bir önem arz etmektedir. İnsan nefesindeki nemi yoğuşturmak üzere bir soğutucu tasarlanarak, Malatya Meslek Yüksekokulu İklimlendirme Soğutma Programı atölyelerinde üretilmiş ve tıbbi araştırmalarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu soğutucu ile insan nefesindeki nem tamamen hijyenik ortamda yoğuşturularak yaklaşık 5-6 dakikalık bir sürede 3-4 ml sıvı elde edilmektedir.

1. GİRİŞ

İnsanın solunum periyodu sonunda dışarı verdiği nefesi, 35°C sıcaklığında olup, bağıl nemi %95, nem oranı ise 0,0346 kg/kg kuru havadır [1]. Son yıllarda yapılan tıbbi araştırmalarda, bu özelliklerdeki insan nefesindeki nemin yoğunlaştırılmasıyla elde edilen sıvı, laboratuvar ortamında incelenmektedir. Özellikle astım gibi hastalıkların teşhis ve takibinde bu sıvı içerisindeki bazı maddelerin düzeyleri önemli göstergeler olarak görülmekte ve araştırmacılara hastalıkla ilgili daha kesin bilgiler vermektedir. Astım hastalarının nefesinden elde edilen sıvı içerisinde hidrojen peroksit, nitrotirosin gibi maddelerin seviyelerinde artış olmaktadır [2].

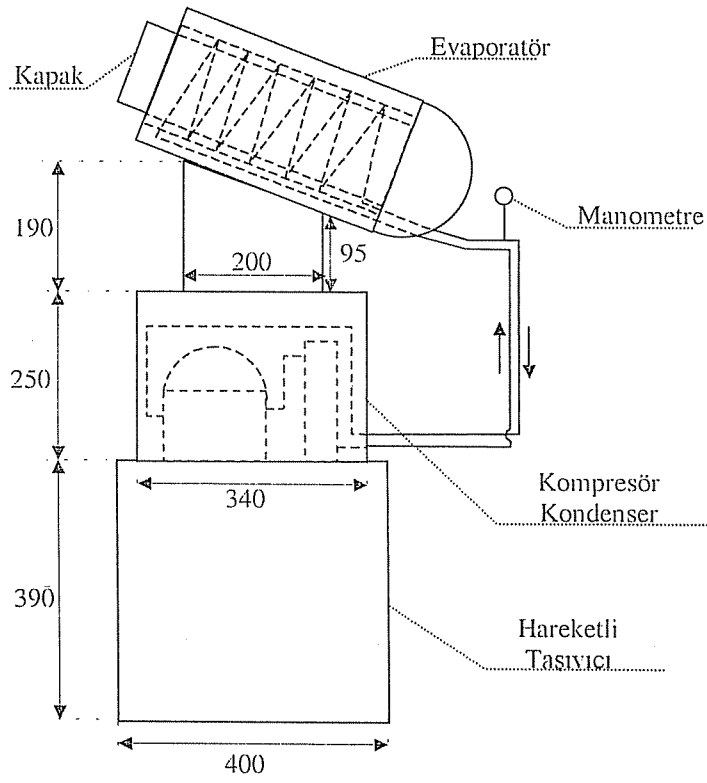
Ülkemizde yapılan tıbbi araştırmalarda insan nefesindeki nemi yoğunlaştırmak için uygulanmakta olan belirli bir metod bulunmamaktadır. Araştırmacılar oldukça basit metodlarla nemi yoğunlaştırmaya çalışmakta, çoğu zaman aynı işlemi defalarca tekrarlamak zorunda kalmaktadırlar. Buz kalıpları arasına yerleştirilen bir cam kap ve buna bağlı hortumlar vasıtasıyla nefes buraya üflenmekte, bu şekilde yoğunlaşma sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu yöntem her yeni işlem için uzun hazırlıklar gerektirmekte, uygulamadaki zorluğunun yanı sıra sürekliliği de bulunmamaktadır.

2. NEFES YOĞUŞTURUCU

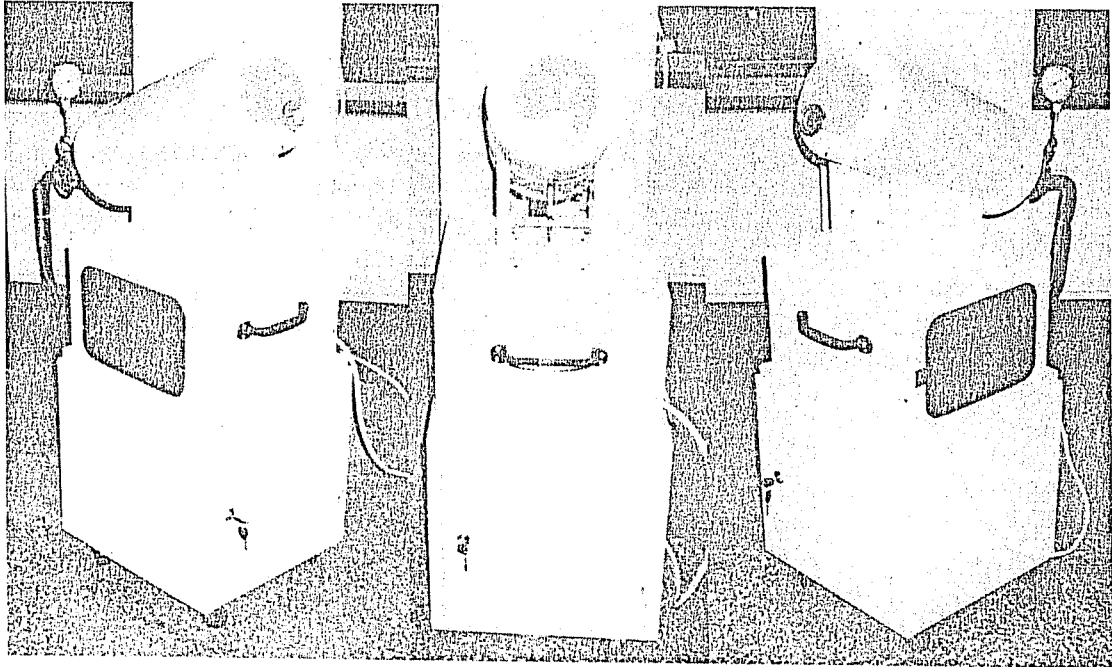
İnsan nefesindeki nemi yoğunlaştırmak için tasarlanan soğutucunun şematik görünümü Şekil.1'de, fotoğrafları ise Şekil.2'de görülmektedir. Sistem temel olarak iki ana elemandan oluşmaktadır. Bunlardan biri soğutma grubu, diğer ise üzerine soğutma grubunun yerleştirildiği hareketli taşıyıcı gövdedir. Gerekliğinde soğutma grubu taşıyıcı gövdeden ayrılabilen ve sehpa, masa gibi başka bir yere de konulabilmektedir. Bu özelliği sistemi kullanan araştırmacılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Sistem sabit olarak bir yerde kullanılabilirdiği gibi, olumsuz hava koşullarında çalışan kişiler üzerinde yapılacak araştırmalar için kolaylıkla taşınabilmektedir.

Soğutma sistemi 1/6 Hp gücünde hermetik bir kompresör-kondenser grubu ile silindirik olarak tasarlanan bir evaporatörden oluşmaktadır. Genleşme işlemi kılcal boru ile sağlanmakta, soğutucu akışkan olarak R-12 kullanılmaktadır. Silindirik evaporatör yatayla 24,5° açı yapacak biçimde yerleştirilmiştir. Bu sayede evaporatörün kapak kısmı sandalyede oturan normal ölçülerdeki bir insan yüzüyle aynı seviyede olmakta ve evaporatöre takılan özel nümune alma kapağındaki hortumlar ile nefes buraya üflenmektedir.

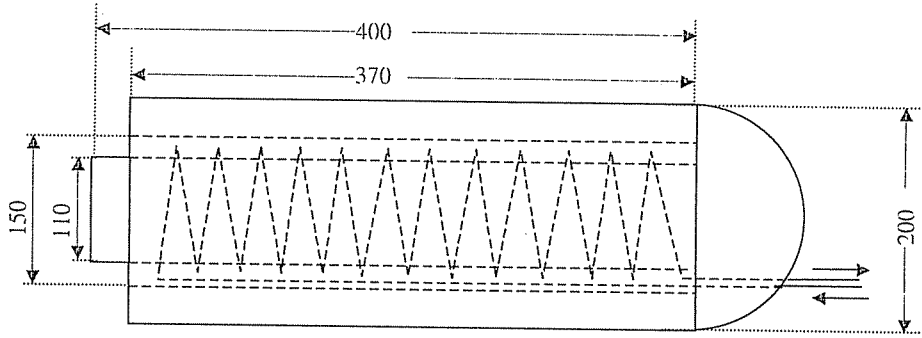
Detayları Şekil 3 de verilen evaporatör iç içe üç PVC borudan oluşmaktadır. En içte yer alan 110 mm çaplı borunun yanal yüzeyinde aralıklarla 20 mm mesafe bulunan 10 mm çaplı delikler bulunmaktadır. Bu borunun dışına evaporatörü oluşturan 3/8" çaplı bakır boru spiral olarak sarılmıştır. İzolasyon için kullanılan köpüğün bakır boru aralıklarını doldurmaması için spiral bakır borunun dışına 150 mm çaplı ikinci PVC boru yerleştirilmiştir. En dışta ise 200 mm çaplı PVC boru bulunmakta ve bu boru ile 150 mm çaplı boru arasındaki boşluk köpük ile doldurulmuş bulunmaktadır. Soğutma grubu çalıştığında yaklaşık 15 dakikalık sürede buharlaşma sıcaklığı -27° C'a, evaporatör içerisindeki sıcaklık ise -17°C'a ulaşmaktadır.



Şekil 1. Nefes Yoğuşturucunun şematik görünümü (ölçüler mm olarak verilmiştir)



Şekil 2. Nefes yoğuşturucunun fotografik görüntüleri



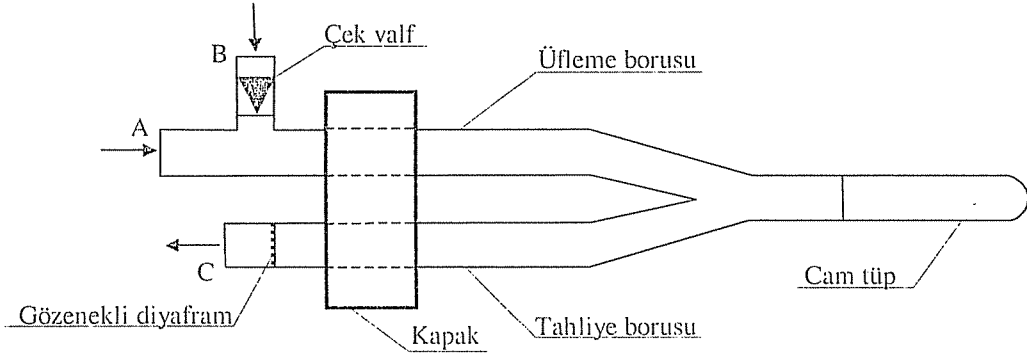
Şekil 3. Evaporatör detayları (ölçüler mm olarak verilmiştir)

2.1 Nümune Alma Kapağı

Nefes yoğuşturmak üzere tasarlanan soğutma grubu çalıştırılıp, sistem rejim haline ulaştıktan sonra evaporatör kapağı sökülerek, özel olarak tasarlanmış olan nümune alma kapağı takılmaktadır (Şekil 4). Kapağın iç tarafındaki üfleme ve tahliye boruları yoğuşan sıvının toplandığı cam tüpe birleşmektedir. Tamamen hijyenik malzemeden oluşan 20 mm çapındaki borular ve cam tüp kapaktan sökülebilmekte ve farklı kişilerden alınacak nünuneler için yenileri takılmaktadır. Nümune alınacak kişi ağzını üfleme borusunun A tarafına yerleştirerek ağız yoluyla B tarafından atmosferik havayı emmekte ve içeriye üfleemektedir. B tarafındaki çek valf üfleme sırasında nefesin atmosfere çıkışını engellemektedir. Tahliye borusunun C tarafında bulunan gözenekli diyafram içeriye üflenlen havanın birden bire dışarı çıkmasını engelleyerek daha uzun süre içeride kalmasını sağlamaktadır.

3. SONUÇLAR

Tasarımı ve yapımı Malatya Meslek Yüksekokulu İklimlendirme Soğutma Programı tarafından gerçekleştirilen Nefes Yoğuşturucu halen beklentileri karşılayacak ölçüde başarıyla kullanılmaktadır. Bölgesel tarım ürünü kayısının kükürtle muamelesi (islimleme) işiyle uğraşan kişilerde kükürtün etkilerini araştırmak üzere nefes yoğuşturucu iki hafta boyunca kayısı bahçelerine götürülerek değişik kişilerden nünuneler alınmış olup, bu nünuneler üzerindeki tıbbi incelemeler ilgililerce sürdürülmektedir. Diğer taraftan nümune kapağının alternatif tasarım biçimleri üzerinde de çalışmalara devam edilmektedir.



Şekil 4. Nümune alma kapağı

4. KAYNAKLAR

1. Rietschel, E. and Raiss, W., Çeviren: Köktürk, U., "Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği", Arı Kitabevi, cilt 2, 35s., İstanbul, 1974.
2. Kips, J.C, Kharitonov, S.A and Barnes, P.J., "Noninvasive Assessment of Airway Inflammation in Asthma," Asthma, European Respiratory Monograph, European Respiratory Society, Monograph 23, V 8, 164-179, January, 2003.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

KAVŞAK TRAFİK IŞIK KONTROLU

Metin SEVİNÇLİ

M.K.Ü., İskenderun Meslek Yüksekokulu, Antakya-Hatay/Türkiye
metinsevincli@mynet.com

1. GİRİŞ

Bir ambulansın trafikte kaybettiği süre, belkide içindeki hastanın ölümü ile yaşamı arasındaki o çizgide büyük rol oynar. Veya bir iş görüşmesi için bir yere giden biri trafikte kaybettiği süre yüzünden belkide teklif verip alacağı bir ihalenin başkasına kaptırılmasına sebep olur. Dolayısıyla burdanda görüldüğü gibi insanlar trafikte kaybettiği süre yüzünden bazen maddi ve manevi kayıplara uğramaktadır.

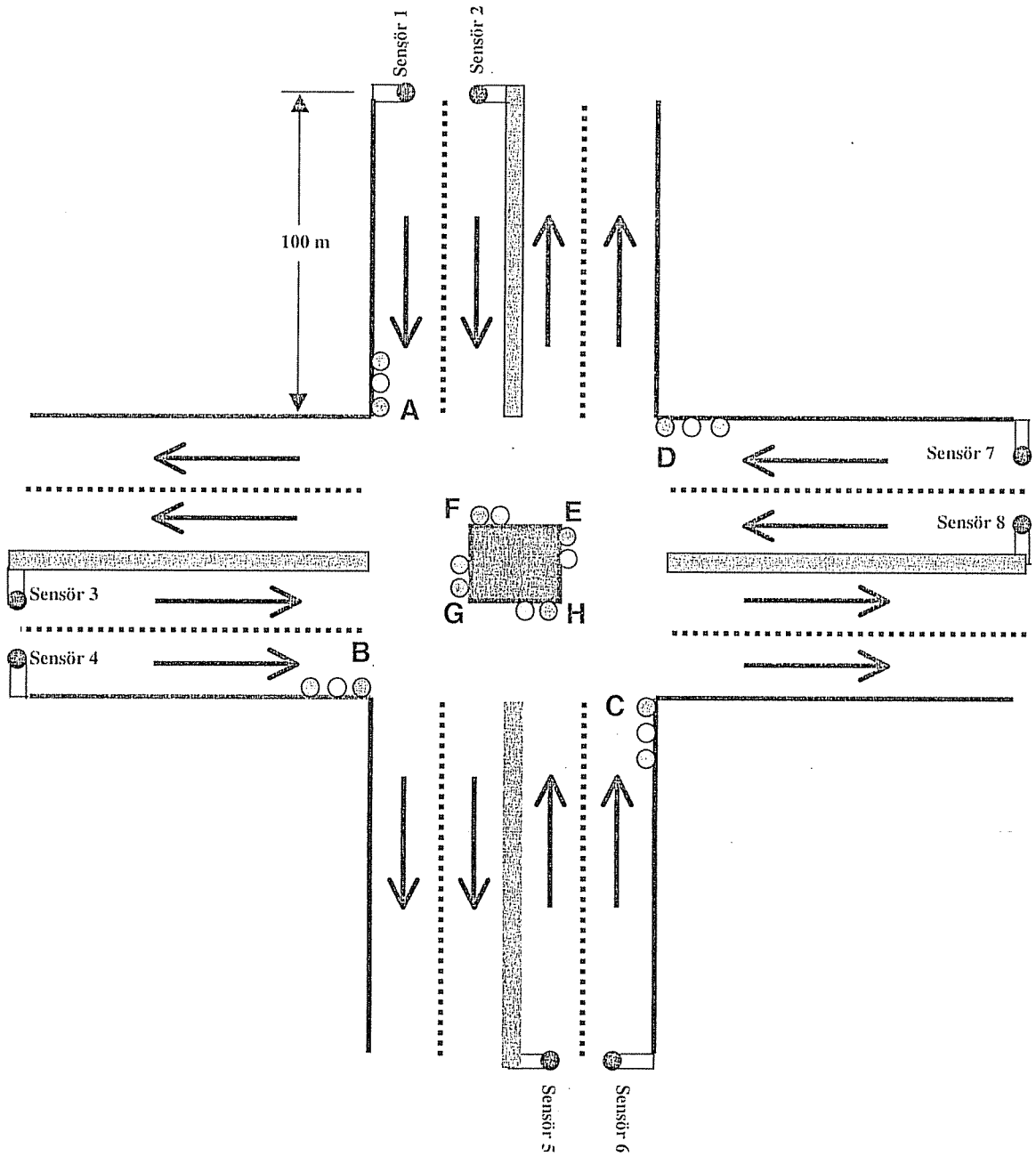
İnsanların trafikte kaybettikleri süreyi mümkün olduğu kadar minimuma indirmek, birçok insanın ilgisini çekmiş olup, bu konuyla ilgili olarak bir sürü çalışma yapmalarına sebep olmuştur. Hatta bunun sonucunda trafik mühendisliği diye bir bölümde ortaya çıkmıştır.

2. AMAÇ

Giriş kısmında belirtilen çerçeve kapsamında düşünülerek yapılan bu projede amaç, bir kavşak trafiğini kontrol etmek ve yoğunluk arttığında, yoğunluğu artan yolun yoğunluğunu eritecek şekilde bir düzenleme yapmaktır.

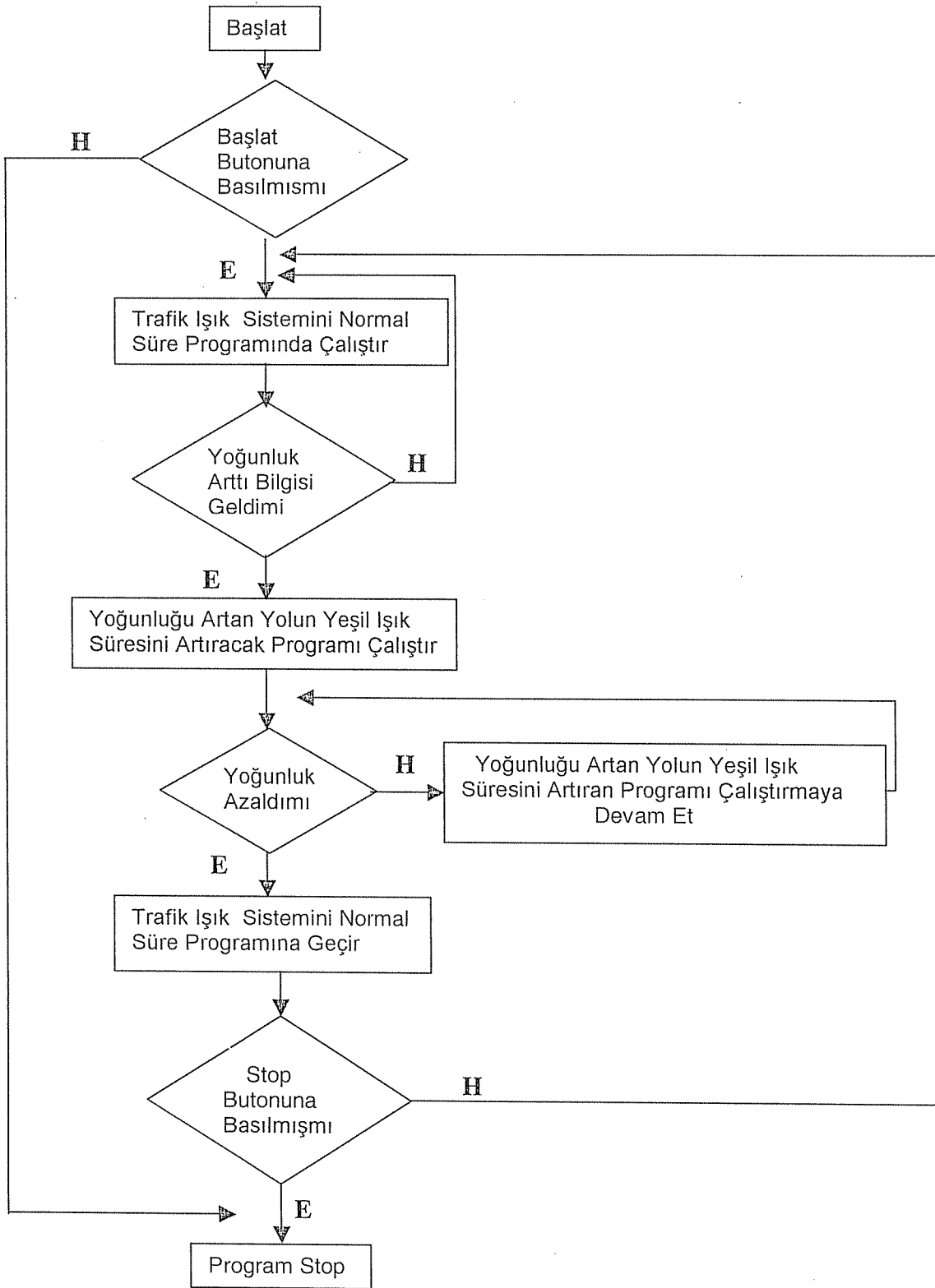
3. YÖNTEM

Şekil 1'de görülen kavşakta, yollara yerleştirilmiş sensörler (cisimden yansımali sensörler) ile trafiğin yoğunlaşp yoğunlaşmadığı belirlenmektedir. Çalışmada sensörden trafiğin yoğunluğunun artığına dair bir bilgi geldiğinde, PLC (Programlanabilir Lojik Kontrol)



Şekil 1. Dört Yollu Kavşağın ve Trafik Işık Sisteminin Şekli

bu sinyali almakta ve yoğunluğun arttığı yoldaki yeşil ışık süresini arttırmaktadır. Bu sırada diğer yolların ışık rengini ve süresini yeni duruma göre kendisi otomatik olarak ayarlamaktadır. Yoğunluğu artan yolun yoğunluğu azaldığında sistem tekrar eski durumuna geri dönüyor. Bu anlatılan yöntemin akış diyagramı şeklindeki çalışma mantığı Şekil 2’de verilmiştir. Bu çalışma hem [1] ‘den yararlanılarak Telemecanique PLC ile hemde [2] ‘den yararlanılarak Siemens PLC ile yapılmıştır.



Şekil 2. Programın Akış Diyagram Şekli

İkisi ile yapılan çalışmanın sonucunda Siemens'in program kapasitesinin diğerine göre bazı avantajlara sahip olduğu görülmüştür.

4. BULGULAR

Çalışmada yoldaki yoğunluğun arttığını, anlayabilmek için bazı etkenlere dikkat etmek ve programı ona göre düzenlemek gerekmektedir. Örneğin Şekil 1'de gösterilen kavşakta sensörler, kavşaktan 100'er metre geriye ve her yolda 2'şer tane olacak şekilde yerleştirildiğinde ve 4 yol olduğuna göre bu 8 sensör kullanılmasını gerektirir. Eğer yollardan herhangi birinde tek sıra halinde bir konvoy oluşmuş ise , bu durumu o yoldaki iki sensörden sadece biri algılayacağı için, PLC' ye yoğunluk arttı bilgisi gitmez. Bunun nedeni diğer şeritin boş konumda olmasıdır. Eğer iki şeritteki arabalar 100 metrelik mesafe boyunca birikirse, bu durumda o yolda bulunan iki sensörde algılama yapacağından PLC' ye yoğunluk arttı bilgisi gider. Yoğunluk arttı bilgisi geldiğinde program sarı ışığı devreden çıkararak sadece kırmızı ve yeşil ışıkları kullanır.

Dikkat edilmesi gereken diğer nokta aynı anda iki sensörün algılama yaptığı her durumda PLC' ye yoğunluk arttı bilgisinin gitmemesidir. Çünkü birbirini sollamakta olan iki araç, yanyana olduğu için iki sensör aynı anda algılama yapar. Bu yoğunluğun arttığı anlamına gelmez ve bu durumu ayırt edebilmek için bir zaman gecikmesi (ki bu programda bu süre 4 saniye olarak alınmıştır) yapmak gerekmektedir. Bu sürenin konmasındaki amaç eğer birbirini sollayan iki araba algılanmış ise sensörlerden PLC' ye giden sinyal 4 saniye dolmadan biter. Ancak süre dolduğu halde halen sensörlerden sinyal geliyorsa bu durumda algılanan araçlar, hareket eden değil durmuş araçlardır. Bu da yoğunluğun arttığı anlamına gelir. Ayrıca, eğer kavşağa çıkan yolların birkaçında yoğunluk arttıysa ilk yeşil ışık yanma sırası hangi yoldaysa o yolun diğer yollara önceliği olmaktadır. Öncelikli yol eritildikten sonra diğerleri eritilmektedir. Sisteme uzaktan kumanda takılarak (FM alıcı verici sayesinde) örneğin bir Başbakan konvoyu geçeceği zaman polis eskortu elindeki uzaktan kumanda ile, o yolun güzergahını yeşile döndürebilir. Diğer yollardaki trafik ışıkları bu duruma bağlı olarak otomatik ayarlanır.

5. SONUÇ

Bu sistem üstte 1 nolu şekilde görülen 4 yollu bütün kavşaklara uygulanabilir. Bu sistemin avantajı yollardaki birikimi engellemek ve trafiği rahatlatmaktır. Ayrıca ekonomik olarak ta getirisi vardır. Şöyleki ; her kırmızı ışıkta fazladan bekleyen 100 aracın yaktığı yakıt (bir tanesi 75000 TL den) 7500000 TL olur. Bunu birde gün içinde kırmızı ışık yanma sayısı ile çarparsak büyük rakamları bulmaktadır. Hele birde yıl bazında düşündüğümüzde ekonomiye kazanımları büyük olmaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. *Groupe Schneider (telemecanique) PL7- 07 Software Installation and programming.*
2. *Simatic S7-200 Programmable Controller System Manual.*

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

ÇOK AMAÇLI ISI POMPASI

Orhan BÜYÜKALACA, Tuncay YILMAZ*Ç.Ü., Makine Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye*
orhan1@cukurova.edu.tr tuncayil@cukurova.edu.tr

ÖZET : *Bu çalışmada son yıllarda iklimlendirme için yaygın olarak kullanılmaya başlanılan ısı pompaları ele alınmıştır. Mahal ısıtması-soğutması fonksiyonlarını yerine getirmenin yanında, isteğe göre yaz ve kış sezonlarında sıcak su da üretebilen çok amaçlı bir ısı pompası tasarlanmış, imal edilmiş ve başarıyla kullanılmıştır. Ayrıca Seyhan nehrini ısı enerjisi kaynağı ve kaynağı olarak kullanabilen ayrı bir ısı pompası sistemi de denenmiş ve Adana koşullarında nehir suyu kullanımının havaya göre avantajlı olabileceği görülmüştür.*

1. GİRİŞ

Enerji tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de gündemi belirleyen önemli faktörlerden birisidir. Ülkenin gelişimine paralel olarak, enerji tüketimi de sürekli olarak artmaktadır. Ancak, Türkiye enerji kaynakları açısından yeterli olmayıp, enerjisinin büyük bir bölümünü ithal yoluyla sağlamaktadır. Artan enerji talebini karşılamak için dışarıya ödenen para sürekli artmaktadır. Değişik enerji formları arasında en değerli enerji türe olarak adlandırılan elektriğin dikkate değer bir oranı binalarda konfor şartlarının sağlanmasında kullanılmaktadır. Konfor şartlarını sağlayan cihazlardan birisi de ısı pompalarıdır.

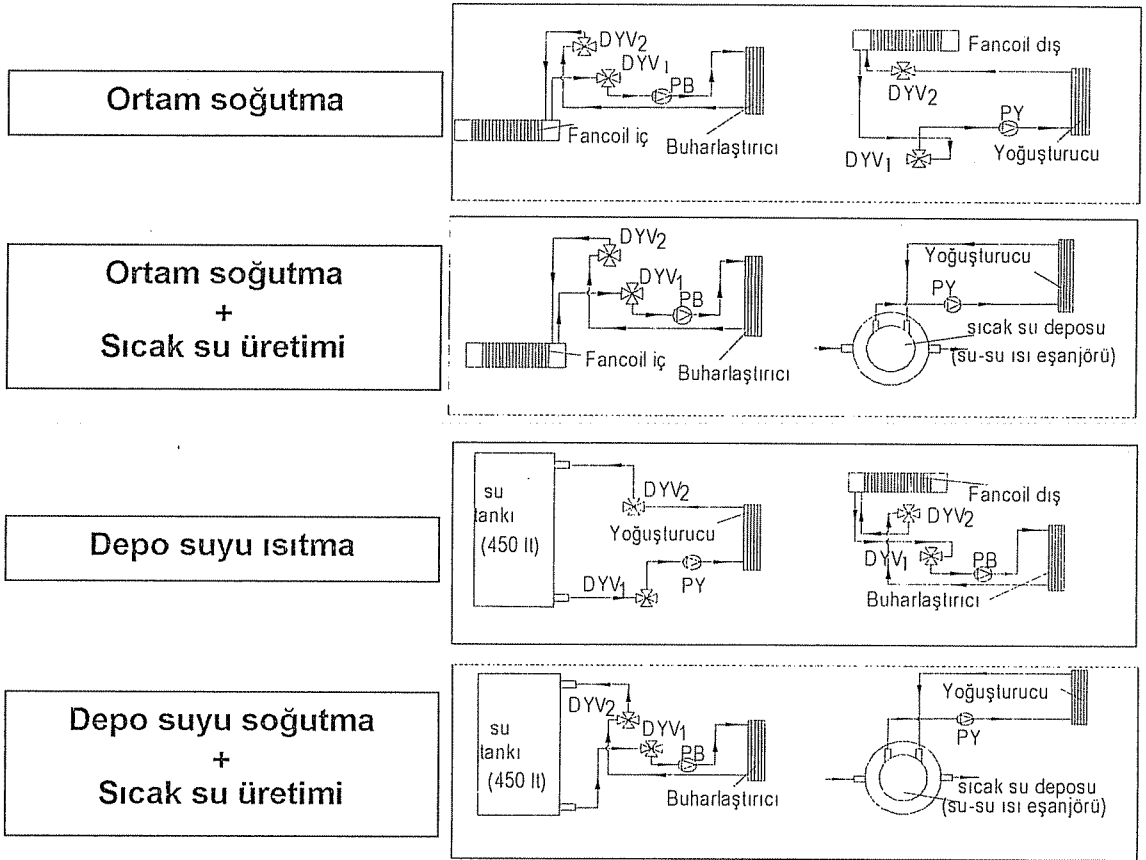
Bir ısı pompasının etkinliğini belirleyen en önemli faktörlerden birisi de ısıl enerji kaynağıdır. Hava, atık hava, yeraltı suyu, göl ve nehir suyu, deniz suyu, toprak ve atık su ısı pompalarında kullanılan ısıl enerji kaynaklarıdır. Günümüzde hava kaynaklı ısı pompaları en yaygın olarak kullanılan ısı pompalarıdır. Kış iklimlendirmesinde, düşük dış hava sıcaklığında ($<5^{\circ}\text{C}$) ve yüksek nemde ($>60\%$) buharlaştırıcı üzerinde meydana gelen buzlanma, hava kaynaklı ısı pompalarının en önemli dezavantajıdır. Bu durumda hava yerine daha yüksek sıcaklıktaki diğer bir ısıl enerji kaynağını kullanmak enerji tüketimi ve ısıl konfor açısından daha olumlu olacaktır. Örneğin ısıtma sezonu süresince yüksek, soğutma sezonu boyunca düşük sıcaklığa sahip ve sıcaklığı sabit olan bir su kaynağının ısı pompalarında kullanılması havaya göre daha verimli ve ekonomik olabilir. Su kaynağı olarak yer üstü (ırmak, göl, deniz v.b.) suları kullanılabileceği gibi, kuyu ve yer altı suları da bazı yörelerde avantajlı olabilir. Ülkemizde su kaynaklı ısı pompası uygulamaları oldukça sınırlıdır.

Hava ve suyun yanında cazip olan diğer bir ısıl enerji kaynağı ise topraktır. Yüzeyin belirli bir derinliğinde toprak sıcaklığı kış aylarında hava sıcaklığından daha yüksek, yaz aylarında ise daha düşük olabilir. Bu durumda ısıl enerji kaynağı-kuyusu olarak toprağın kullanılması da oldukça cazip olabilir. Özellikle ABD ve Kanada olmak üzere bir çok ülkede uygulanan toprak kaynaklı ısı pompaları ülkemizde de son yıllarda bazı villa türü binaların ısıtılması-soğutulması amacıyla kurulmaya başlanmıştır. Bu alanda faaliyet gösteren firmalar ortaya çıkmaya başlamıştır. Gerek su gerekse toprak kaynaklı ısı pompalarının yaygınlaşmasının önündeki en büyük engel ilk yatırım maliyetlerinin hava kaynaklı sistemlere göre daha yüksek olmasıdır.

2. ÇOK AMAÇLI ISI POMPASI ÇALIŞMASI

Bir ısı pompası basit olarak düşük sıcaklıktaki bir kaynaktan ısıyı alıp daha yüksek sıcaklıktaki bir kaynağa pompalayan bir cihazdır. Yaz uygulamasında, soğutulacak mahal içerisinde yer alan buharlaştırıcıdan çekilen ısı, yoğuşturucu vasıtasıyla daha yüksek sıcaklıkta olan ısı atılacak ortama (hava, su veya toprak) aktarılmaktadır. Yoğuşturucudan atılan ısıyı kullanarak, mahal soğutulurken aynı zamanda sıcak su üretmek de mümkündür. Böylece kompresörde harcanan enerjinin daha büyük bir bölümünün faydalı enerjiye dönüştürülmesi ve sistemin genel performansının artırılması mümkündür. Üretilen sıcak su banyo, duş, lavabo gibi değişik ihtiyaçlar için kullanılabilir.

Kış uygulamasında ise buharlaştırıcı düşük sıcaklıkta bulunan ortamdan (hava, su, toprak) ısı çekmekte ve bu ısıyı yoğuşturucu vasıtasıyla ısıtılacak mahale pompalamaktadır. Kış uygulamasında da yoğuşturucudan mahale aktarılan ısı



Şekil 2. Kurulan ısı pompası sisteminin değişik çalışma modları

Diğer taraftan yoğuşturucuda ısınan su ya doğrudan ısıtılacak ortamda yer alan fancoile gönderilmekte ya da U borulu ısı eşanjörüne gönderilerek sıcak su üretilmektedir. Sıcak su üretimi için U borulu ısı eşanjörünün diğer hattında kullanım amaçlı şebeke suyu dolaştırılmaktadır. Yoğuşturucudan temin edilen ısı ile 450 litrelik depo içerisindeki suyun ısıtılması da mümkündür. Şekil 2’de kurulan ısı pompası deney düzeneğinin bazı çalışma modları verilmiştir.

Yapılan değişik ısıtma ve soğutma deneyleri neticesinde kurulan sistemin kendisinden talep edilen fonksiyonları yerine getirdiği, otomatik kontrolün düzgün olarak çalıştığı gözlemlenmiştir. Sistemin daha küçük boyutlu ve kompakt olarak imal edilmesi ve ısıtma-soğutma etkinlik katsayılarının artırılması yönünde çalışmalara devam edilmektedir.

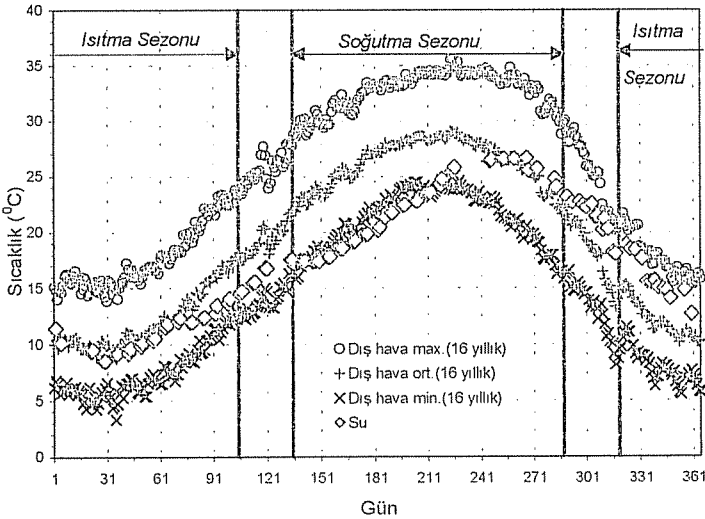
3. SU KAYNAKLI ISI POMPASI ÇALIŞMASI

Adana’da ve genel olarak Çukurova bölgesinde ısı pompalarına son yıllarda talep artmıştır. Satılan duvar ve split tipi ısı pompalarının tamamı hava kaynaklıdır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden alınan dış hava sıcaklık ve nem değerleri incelendiğinde, dış hava sıcaklığının kritik sıcaklık olan 5°C ’in altına düştüğü ve hatta

kasım ayından şubat ayına kadar bu durumun gözlenebilirliği görülmektedir. Ayrıca, ısıtma sezonu boyunca gün içerisinde sıcaklığının düşük olduğu saatlerde mutlak nem % 60'ın üstünde olmaktadır. Isıtma işleminde, yüksek nem ve düşük sıcaklık buharlaştırıcı üzerinde buzlanmaya neden olmaktadır. Buzlanmanın giderilebilmesi için yapılan defrost işleminde konfor şartlarının bir süre sağlanamadığı gibi ek bir enerjiye de ihtiyaç duyulmaktadır.

Yukarıda ele alınan çok amaçlı ısı pompasına ilave olarak, Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Laboratuvarlarında kurulan bir sistem ile, Adana şehrini iki parçaya ayıran Seyhan Nehri ve şehir merkezinin kuzeyinde yer alan Seyhan Baraj Gölü suyunun ısı pompalarında ısı enerji kaynağı-kuyusu olarak kullanılması da deneysel olarak araştırılmıştır [7-8].

Bir su kaynağının ısı pompalarında kullanılabilmesi için öncelikle kaynağın ısı özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Bu amaçla daha önce herhangi bir ölçümün yapılmadığı

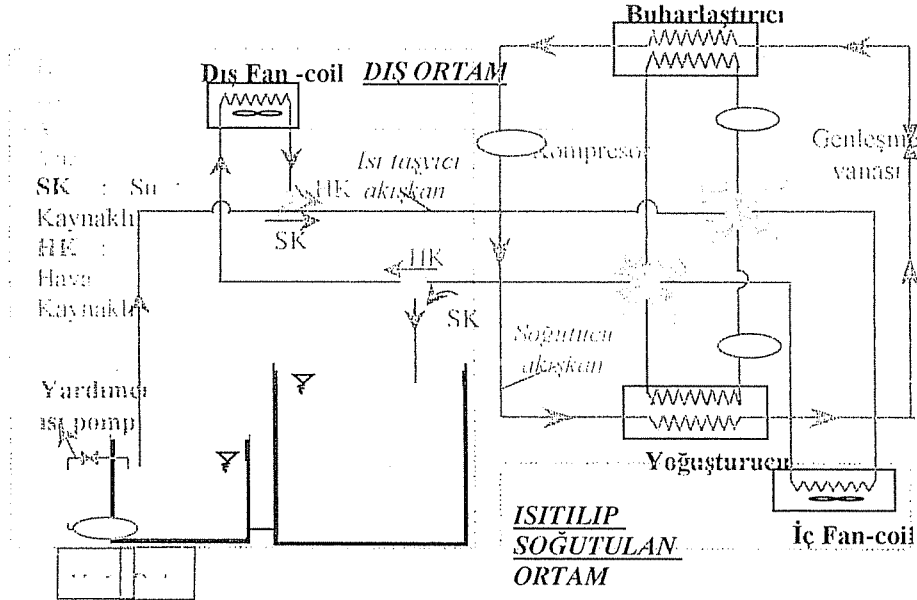


tespit edildiğinden, Seyhan Nehri su sıcaklığı bir yıl boyunca 3 farklı derinlikte (25 cm, 50 cm ve 100 cm) ölçülmüştür. Su sıcaklığı ölçüm sonuçları Şekil 3'de maksimum, minimum ve ortalama dış hava sıcaklıkları ile beraber verilmiştir.

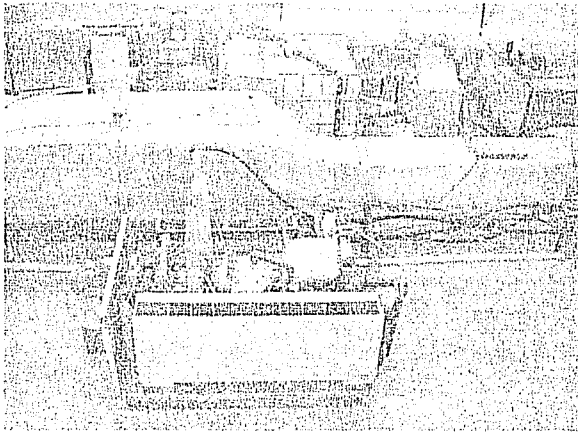
Şekil 3. Seyhan nehri su ve Adana dış hava sıcaklıkları

Şekil 3'den de görülebileceği gibi Seyhan nehri su sıcaklığı ısıtma sezonu boyunca minimum dış hava sıcaklığından daha yüksek olup ısıtma sezonu sonu hariç ortalama dış hava sıcaklığına eşittir. Hatta ısıtma sezonun başında maksimum dış hava sıcaklığına yaklaşmaktadır. Soğutma sezonun büyük bir bölümünde su sıcaklığı minimum hava sıcaklığından daha düşük olup, sezon sonunda ortalama hava sıcaklığına yakındır. Bu gözlemlerden hem ısıtmada hem de soğutmada ısı pompasında hava yerine suyun ısı enerji kaynağı-kuyusu olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Bunu deneysel olarak da doğrulayabilmek için Şekil 4'te gösterilen sistem kurulmuştur. Bu sistem yukarıda anlatılan çok amaçlı ısı pompası sistemine benzemektedir ancak sadece hava ısıtması veya soğutması yapabilmektedir. Seyhan nehri suyunu laboratuarlara getirmek mümkün olmadığından sisteme ilave edilen 1000 litre kapasiteli bir tank yardımıyla nehir suyu modellenmiştir. Tankta ilave edilen yardımcı ısıtıcı ve soğutucu ile tank içerisindeki suyun sabit ve nehir suyuna eşit olması sağlanmıştır.

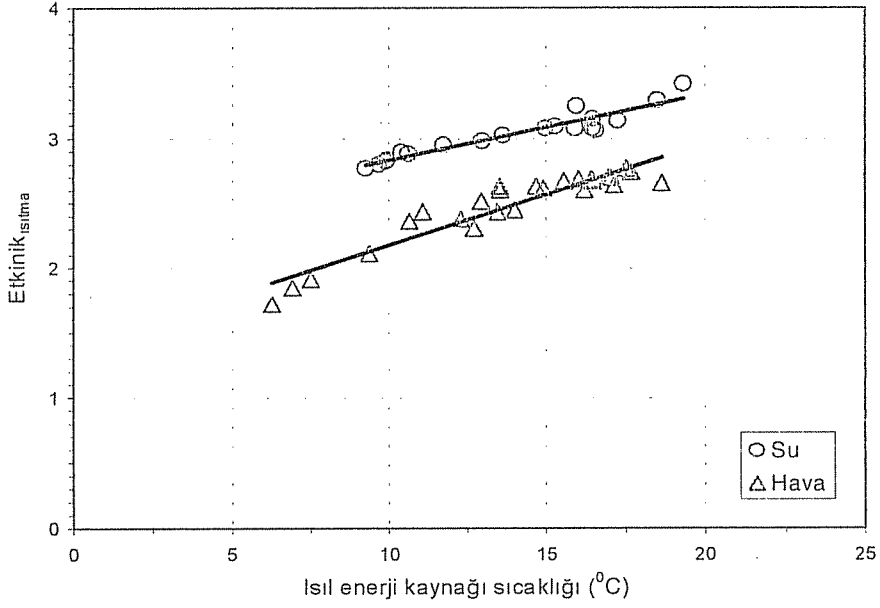


Şekil 4. Su kaynaklı ısı pompası

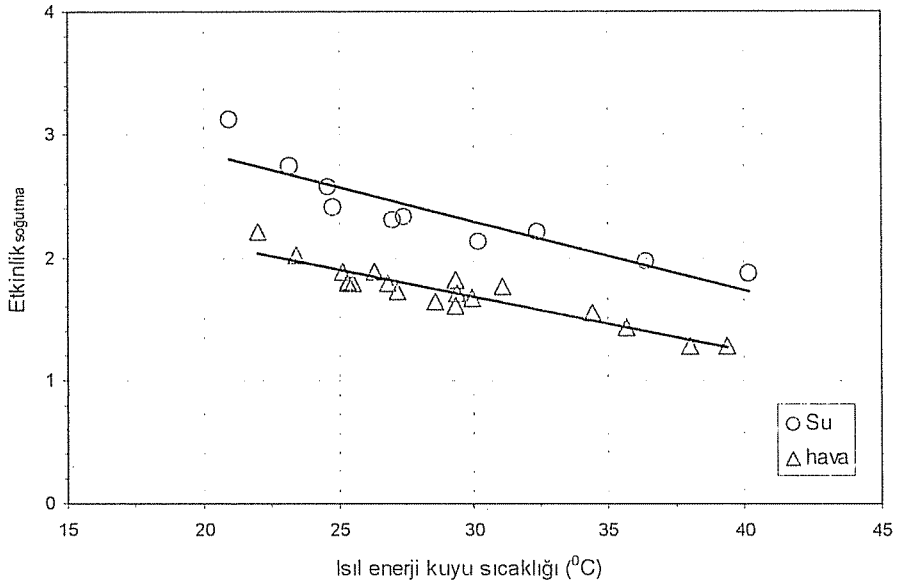


Şekil 5. Deney düzeneğinin bir resmi

Hem havayı hem de suyu ısıtma enerjisi kaynağı olarak kullanabilen bu ısı pompası ile Laboratuvarında bulunan bir odanın ısıtılması ve soğutulması gerçekleştirilerek deneyler yapılmıştır. Deneylerde ölçülen değerler kullanılarak sistemin ısıtma (Şekil 6) ve soğutma (Şekil 7) performans katsayıları belirlenmiştir. Şekillerden de görülebileceği gibi hem ısıtmada hem de soğutmada su kaynaklı ısı



Şekil 6. Hava ve su kaynaklı ısı pompasında ısıtma etkinlikleri



Şekil 7. Hava ve su kaynaklı ısı pompasında soğutma etkinlikleri

pompasının etkinliği hava kaynaklıya göre daha yüksektir.

İncelenen sıcaklık verileri ve deneylerden elde edilen etkinlik değerleri dikkate alınarak, bütün ısıtma ve soğutma sezonu boyunca dış hava yerine Seyhan Nehri suyunun ısı pompalarında ısıtma kaynağı olarak kullanılmasının daha avantajlı olabileceği sonucuna varılmıştır. Seyhan Nehri suyunun kullanımı özellikle ısıtma ve soğutma sezonlarının başlangıcında çok daha uygun olmaktadır. Türkiye'nin hızla artan enerji açığı dikkate alınarak, Adana'da Seyhan Nehri ve Baraj gölü

suyunun ısı pompalarında düşük ve yüksek ısı enerji kaynağı olarak kullanımı teşvik edilmelidir.

4. KAYNAKLAR

1. Yılmaz,T. ve Cihan,E., "Isı pompası ile ısıtma-soğutma ve sıcak-soğuk su hazırlama", Ç. Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 8/1, 165-181, (1993).
2. Yılmaz,T., Cihan,E. ve Şendağ,M.T., "Çok amaçlı ısı pompası uygulaması", 2. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Kongresi, 201-211, Adana, 1992.
3. Yılmaz,T., Cihan,E. ve Ünal,Ş., "Çok amaçlı ısı pompasında deneysel sonuçlar", 11. Enerji Tasarrufu Semineri, İstanbul, 215-223, Ocak 1993.
4. Yılmaz,T. ve Özgören,M., "Isıtma ve soğutma amaçlı ısı pompası sisteminin tasarımı ve tanıtılması", Ç.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 11/1, 155-166, (1996).
5. Yılmaz,T., Özgören,M. ve Bulut,H., "Sıcak su ihtiyacının ısı pompası ile karşılanması", 11. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 479-488, 17-19 Eylül 1997.
6. Yılmaz,T. ve Özgören,M., "Hava-hava ve hava-su ısı pompası uygulaması", İTÜ, 1. Makina Mühendisliği Kongresi, 86-93, 4-6 Haziran 1997.
7. Büyükalaca,O., Yılmaz,T. ve Ekinci,F., "Su ve hava kaynaklı bir ısı pompasının incelenmesi", SİMER'2000, 6. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi, 412-422, Adana, 13-14 Nisan 2000.
8. Büyükalaca,O., Ekinci,F. and Yılmaz,T., "Experimental investigation of Seyhan River and Dam Lake as heat source-sink for a heat pump", Energy, 28, 157-169, (2003).

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

BUZ DEPOLAMALI İKLİMLENDİRME SİSTEMİ

Orhan BÜYÜKALACA, Tuncay YILMAZ, Ahmet FERTELLİ

Ç.Ü., Makine Mühendisliği Bölümü, Adana-Türkiye

orhan1@cukurova.edu.tr tuncay@cukurova.edu.tr fertelli@cukurova.edu.tr

ÖZET : *Bu çalışmada, soğutma için gerekli elektrik enerjisi ihtiyacını, elektriğin ucuz olduğu gece saatlerine kaydırabilme özelliğine sahip soğuk depolama teknolojisinin Türkiye şartlarında uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bunun için tam depolamalı işletme stratejisine dayalı, buz depolamalı bir iklimlendirme sisteminin Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Laboratuvarlarındaki bir mahalın soğutulması için soğutma yükünü karşılayacak soğumun depolanabileceği bir buz tankı tasarımı yapılmış ve Çukurova Üniversitesi Makine Mühendisliği Laboratuvarlarında imal edilip, buz depolamalı iklimlendirme sistemi kurularak denenmiştir.*

1. GİRİŞ

Çağın getirdiği konfor ihtiyaçlarından birisi olan soğutma, büyük miktarlarda elektrik enerjisi tüketimini de beraberinde getirmiş olup, talep edilen elektrik enerjisinin yeterli miktarlarda üretilmemesi veya düzenli kullanılamaması büyük sorunlar ortaya çıkartmaktadır. Soğutma ihtiyacı genellikle insanların çalışma saatleri olan gündüz (havanın sıcak olduğu) saatlerinde ortaya çıkmakta, bu saatlerde elektrik tüketimi artmakta ve elektrik santrallerinde yığılma olmaktadır. Bu sorun, elektrik santrallerinin maksimum talebi karşılayacak kapasitede kurulmaları ya da elektrik tüketim profilinin düzenlenmesi ile çözülebilir.

Soğu depolama sistemlerinin amacı, elektriğin çok kullanıldığı gündüz saatlerindeki soğutma enerjisi ihtiyacını, elektriğin az kullanıldığı gece saatlerinde üreterek, elektrik kullanımını düzenlemektir. Bu da soğutma sisteminin gece saatlerinde çalıştırarak, soğunun bir depoda depolanması ve bu depolanan soğunun gündüz saatlerinde kullanılmasıyla gerçekleşir.

Soğu depolama; günümüzün soğutma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerini düşürmek için, bu sistemlerin gerekli bir parçası olarak görülmeye başlanmıştır. Konvansiyonel sistemler, günün yalnız bir kısmında gerçekleşen tepe soğutma ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanırlar. Geri kalan zamanda ise sistem genellikle kısmi yükte çalışır. Soğu depolamalı sistemler ise, bir sonraki günün soğutma çevriminde kullanılmak üzere soğuyu gece üretmeye olanak sağlar. Sistemin daha uzun süreler boyunca çalıştırılması ile, sistem ve de sistem ekipmanları belirli oranda küçültülebilir.

Gün içerisinde büyük değişkenlik arz eden elektrik tüketimi, ülkenin elektrik yatırımlarını maksimum talebe göre tasarlamayı gerektirdiğinden, ekonomi üzerine büyük bir yük getirmektedir. Özellikle yaz aylarında, elektrik talebinin maksimum olduğu saatlerde, soğutma ihtiyacı da maksimum olmaktadır. Bunun sonucu olarak da meydana gelen elektrik kesintileri bir çok sektör üzerinde çok büyük olumsuzluklar meydana getirmektedir. Elektrik talebinde gün içerisinde meydana gelen dalgalanmaları en aza indirebilmek için Türkiye’de son yıllarda elektrik fiyatlarında değişken tarifeye geçirilmiştir. Şimdilik kullanıcının isteğine bırakılan bu tarifede, elektrik fiyatı elektriğin en çok kullanıldığı saatlerde maksimum, en az kullanıldığı saatlerde de minimum yapılarak, kullanıcıların elektriği bu en ucuz zaman diliminde kullanmaları teşvik edilmiştir. Bu puant tarifesine göre, gün 17⁰⁰-22⁰⁰, 22⁰⁰-06⁰⁰ ve 06⁰⁰-17⁰⁰ şeklinde 3 zaman dilimine bölünmüş ve her bir dilim için ayrı elektrik fiyatı uygulanmaktadır. Elektrik talebinin fazla olduğu saatlerde elektrik fiyatları diğer dilimlere göre oldukça yüksektir [1]. Elektriğin en pahalı olduğu zaman dilimi 17⁰⁰-22⁰⁰ saatleri arası, en ucuz olduğu zaman dilimi ise 22⁰⁰-06⁰⁰ saatleri arasındadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tedaş Elektrik Enerjisi Satış Tarifeleri (1 Nisan 2003)

Abone Grupları		Sabit Tarife (TL/kWh)	Puant Tarifesi (TL/kWh)		
			17 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	22 ⁰⁰ -06 ⁰⁰	06 ⁰⁰ -17 ⁰⁰
Çift Terimli Tarife	Sanayi	108.050	171.900	59.350	102.650
	Mesken	126.100	213.400	61.300	119.800
Tek Terimli Tarife	Sanayi	127.800	201.350	61.300	115.000
	Mesken				

2. SOĞU DEPOLAMALI İKLİMLENDİRME

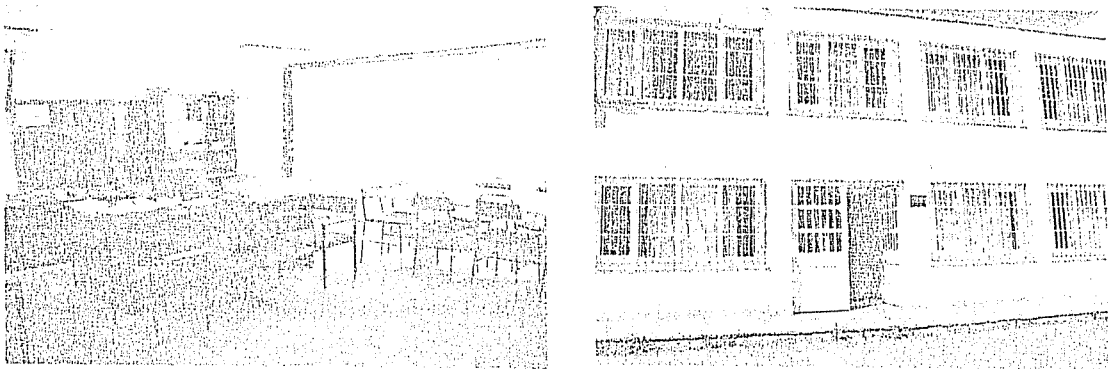
Soğu enerjisinin gece üretilmesi, elektrik tüketim profilini düzleştirmeye yardımcı olacağından ülke ekonomisine katkısının yanında, elektriğin ucuz olduğu saatlerde üretilmesinden dolayı da kullanıcıya büyük ekonomik yarar sağlayacaktır.

Soğu depolamalı sistemlerde soğu enerjisi su, buz yada faz değiştiren kimyasallar yardımıyla depolanabilir. Bu depolama maddeleri ile soğu depolayan değişik sistem tasarımları gerçekleştirilmiştir. Örneğin buz depolamalı sistemler için; boru sarmalı üzerinde dıştan eritmeli sistem, boru sarmalı üzerinde içten eritmeli sistem, kapsül içerisinde buz, dökümlü buz ve buzlu su (karsambaç) gibi tasarımlar mevcuttur. Depolama ortamları birim hacimde depolanan enerji miktarlarına ve depolama sıcaklıklarına göre değişiklik gösterir. Buz depolamalı sistemler, suyun gizli ısıdan faydalanırlar (335 kJ/kg) ve depolama hacmi yaklaşık olarak 0,02 ile 0,03 m³/kWh'dır [2]. Buz depolamalı sistemlerin su depolamalı sistemlere göre avantajları, aynı soğuyu depolamak için gerekli depo kapasitesinin yaklaşık 5-6 kat küçük olması, az yer kaplamaları, düşük sıcaklıklarda su elde edilebilmesi ve dağıtılmasıdır.

Sistemin işletim stratejisi açısından da tam depolamalı işletme ve kısmi depolamalı işletme olmak üzere iki ayrı yaklaşım mevcuttur.

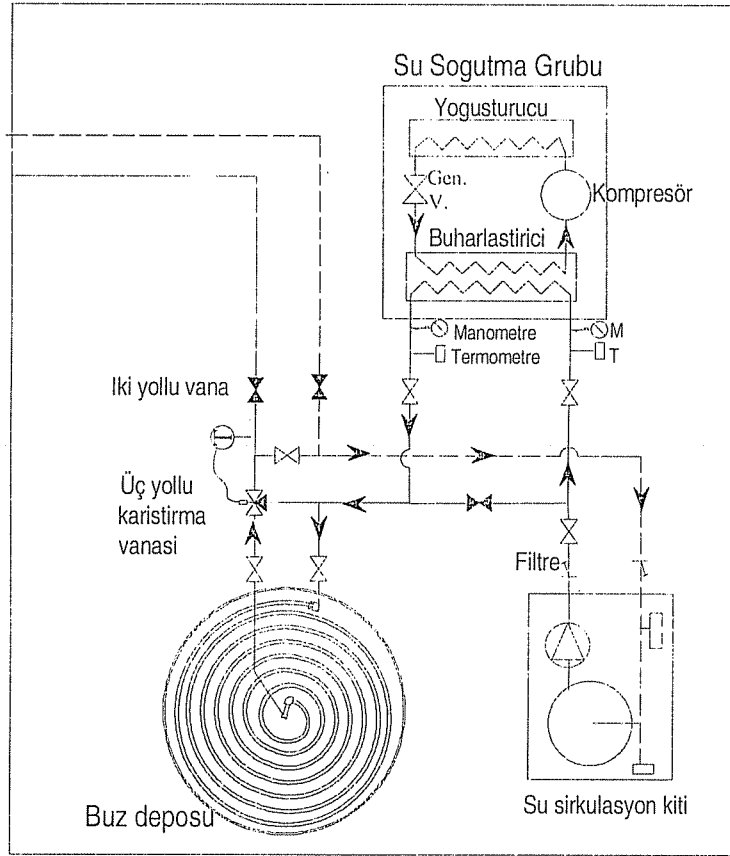
3. GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇALIŞMA

Bu proje ile soğutma için gerekli soğu enerjisinin elektrik talebinin en az olduğu gece saatlerinde üretilip, elektrik tüketiminin daha fazla olduğu gün içerisinde kullanılması amaçlanmıştır. Proje DPT tarafından Türkiye için önemli bulunarak, desteklenmiştir. Proje kapsamında, tam depolamalı işletme stratejisine dayalı, boru sarmalı üzerinde içten eritmeli buz depolamalı bir iklimlendirme sistemi Çukurova Üniversitesi Makina Mühendisliği Laboratuvarlarında kurulup, denenmiştir. Sistem Laboratuar içerisinde yer alan bir mahalın (Şekil 1) günlük maksimum soğutma yükünü karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Projede özellikle buz depolama tankı üzerinde durulmuş ve bir buz tankı tasarımı yapılarak, Türkiye'de ilk defa Çukurova Üniversitesi Makina Mühendisliği Laboratuvarlarında imal edilip, denenmiştir. Ülkemizde bu tür depolar imal edilmemekte olup, ithal yoluyla getirilen depoların fiyatı da sistemi cazip kılmaktan uzaklaştıracak derecede yüksektir.



Şekil 1. Proje kapsamında iklimlendirilen mahalın içten ve dıştan görünüşü

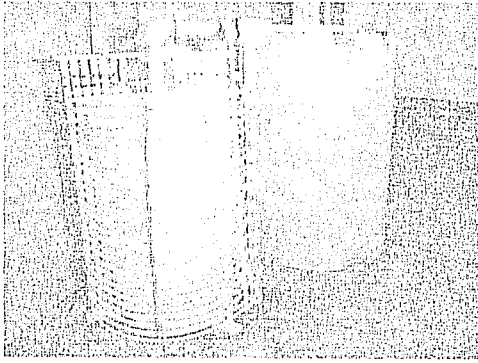
Kurulan sistemin tesisat şeması Şekil 2’de gösterilmiştir. Sistemde hava soğutmalı bir soğutma grubu, buz deposu, sirkülasyon pompası, büzüşme tankı, 2 ve 3 yollu vanalar, oda içerisinde fan-coiller ve ölçüm için bazı sensörler (sıcaklık, nem, basınç ve debi) yer almaktadır [3]. Tam depolamalı işletme stratejisinde, soğutma grubu, elektriğin ucuz olduğu süre içerisinde (20^{00} - 06^{00}) tam kapasite ile çalıştırılarak, depo içerisinde buz üretilir. Bu buz bir sonraki günün soğutma ihtiyacını karşılayacak miktardadır. Elektriğin nispeten daha pahalı olduğu periyotlarda ise (gündüz-akşam) soğutma grubu çalışmaz, gerekli soğu ihtiyacının tamamı depo içerisindeki buzdan karşılanır. İlk yatırımı yüksek bir işletim stratejisi olmasına karşın, işletme maliyetlerinin düşük olması ve geri ödeme sürelerinin kısa olması tam depolamalı sistemleri cazip hale getirmektedir. Buz oluşumu için, soğutma grubunda su-glikol karışımının -6 ile -4 °C’ye kadar soğutulurken, depo içerisindeki ısı değiştiricisine gönderilecektir.



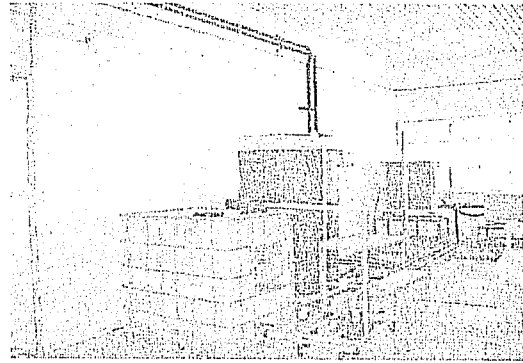
Şekil 2. Kurulan buz depolamalı soğutma sisteminin çalışma şeması

Bu çalışmada, soğu depolamalı sistemlerin ülkemiz koşullarında imal edilebilirliğinin ortaya konması ve özellikle toplam sistem maliyetinde belirli bir oranı teşkil eden buz deposunun imalatı amaçlanmıştır. Buz deposunun tasarımı amacıyla matematik bir model oluşturularak, depo içerisindeki ısı transferi denklemleri bazı kabuller ile çözülmüştür [4, 5]. Bu teorik çalışma neticesinde, bir tasarım oluşturulmuştur. Soğu deposu, su dolu bir plastik tank ve içerisine yerleştirilmiş bir

serpantinden oluşmaktadır. Deponun yapımında Türkiye’de ticari olarak satılan ürünlerden (boru, depo, fittings v.b.) faydalanılmıştır. Fiyat, kolay işçilik gibi faktörler göz önüne alınarak, depo içerisindeki ısı değiştiricinin $\phi 16 \times 2$ mm PE döşemeden ısıtma için kullanılan borulardan yapılmasına karar verilmiştir. Isı değiştiricisinden 8 saat süresince, soğutma grubunda soğutulan su-glikol karışımının geçirilmesi durumunda, boru yüzeyinde oluşacak buz kalınlığının zamanla değişimi teorik çalışma [5] ile hesaplanmıştır (Şekil 7). Bu değişim dikkate alınarak, seçilen mahalin günlük 42 kWh’lik soğutma ihtiyacını karşılamak için, ısı eşanjöründe kullanılması gereken boru uzunluğunun 340 m olduğu ve boru etrafında ortalama 15 mm kalınlığında buz oluşacağı belirlenmiştir. Tankın imalatı ve boruların yerleştiriliş biçimi Şekil 3’ de gösterilmiştir. İmal edilen depo, sistemin diğer bileşenleri ile birleştirilerek sistemin imalatı tamamlanmıştır (Şekil 4).

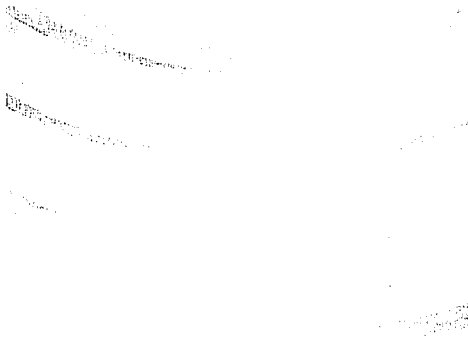


Şekil 3. Buz depolama tankının imalatı



Şekil 4. İmal edilen buz depolamalı iklimlendirme sistemi

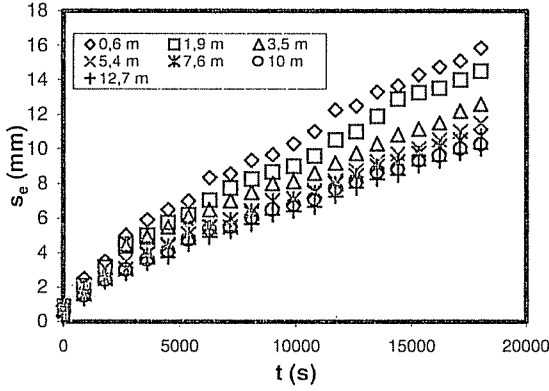
Kurulan sistem 2002 ve 2003 yılları soğutma sezonu boyunca denenmiştir. Boru etrafında oluşturulan buzun resmi Şekil 5’de gösterilmiştir.



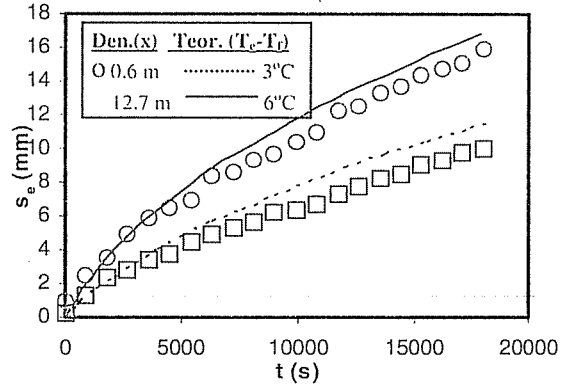
Şekil 5. Oluşan buzun resmi

Yapılan deneylerde ölçülen buz kalınlığının zamanla değişimi Şekil 6’da gösterilmiştir. Şekilden de görülebileceği gibi 8 saatlik şarz dönemi sonucunda boru etrafında ortalama 15 mm buz oluşmaktadır. Şekil 7’de ise deneylerden elde edilen buz

kalınlığı, teorik modelleme sonucu bulunan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Şekilden teorik ve deneysel sonuçlar arasında iyi bir uyum olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Ölçülen buz kalınlığı



Şekil 7. Teorik ve deneysel sonuçların karşılaştırılması

Çizelge 2'de imal edilen buz depolamalı sistem, aynı kapasitedeki konvansiyonel bir sistem ile ilk yatırım ve işletme maliyeti açısından karşılaştırılmıştır. Çizelgeden de görülebileceği gibi imal edilen tam depolamalı işletme stratejisine dayalı soğu depolama sisteminin ilk yatırım maliyeti, konvansiyonel sistemden daha fazla, ancak işletme maliyeti daha düşüktür. Buz depolamalı sistemde maliyet artışına sebep olan ana unsur depo maliyetidir. Buz depolamalı iklimlendirme sistemlerinde kullanılacak depolar ülkemizde imal edilmemektedir. Bu çalışmada kullanılan kapasitedeki bir deponun yurt dışından getirilmesi durumunda maliyeti yaklaşık 20 milyar T.L.'dir (~14000 USD). Bu çalışmada kullanılan depo, Çukurova Üniversitesi, Makina Mühendisliği Laboratuvarlarında imal edilmiş olup, maliyeti yaklaşık 1,2 milyar T.L. (~800 USD) civarındadır. Buradan, buz depolarının ülkemizde oldukça düşük bir maliyetle imal edilebileceği ve soğu depolamalı sistemlerin yaygınlaşmasına katkıda bulunabileceği görülmüştür.

Çizelge 2. Buz depolamalı ve konvansiyonel sistemin maliyet açısından karşılaştırılması

	Konvans. (TL)	Depolamalı (TL)
Toplam ilk yatırım maliyeti	10 550 000 000	11 810 000 000
Maliyet artışı (İlk yatırım)	-	1 260 000 000
Yıllık toplam elektrik (işletme) maliyeti	550 000 000	320 000 000
Yıllık tasarruf (işletme)	-	230 000 000

Deponun kendisini geri ödeme süresi yaklaşık 2.5 yıl olup, bundan sonraki çalışma zamanlarında buz depolamalı sistem, konvansiyonel sisteme göre işletme maliyetinde % 42'lik bir tasarruf sağlayacaktır. Deponun yurt dışından getirilmesi durumunda, geri ödeme süresinin çok daha uzun zaman alacağı aşıkardır. Bu durumda yapılması gereken

buz depolamalı sistemlerin yaygınlaştırılması ve buna olanak sağlamak için de depoların ülkemizde üretiminin teşvik edilmesidir.

4. KAYNAKLAR

1. TEDAŞ Genel Müdürlüğü, "01 Ocak 2002 için yeni tarifeye göre elektrik kWh birim fiyatları", 2003.
2. ASHRAE, *Design Guide for Cool Thermal Storage*, 1993.
3. Güler,R., "Air-Conditioning System with Ice Storage, Operating Under Partial Storage Strategy", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2000.
4. Serin,H., "Design of an Air-Conditioning System with Ice Storage", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2000.
5. Serin,H., Büyükalaca,O. and Yılmaz,T., "Design of a small-capacity ice thermal energy storage system", *Proceedings of the First International Exergy, Energy and Environment Symposium*, Izmir, Turkey, July 2003.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003AKIŞKANLAR MEKANIĞI UYGULAMALARINDA PARÇACIK
GÖRÜNTÜLEMELİ HIZ ÖLÇME TEKNİĞİ (PIV)

Beşir ŞAHİN, Hüseyin AKILLI, N. Adil ÖZTÜRK, Cuma KARAKUŞ,
Ali KAHRAMAN, Atakan AKAR, Bülent YANIKTEPE,
Coşkun ÖZALP ve Cahit GÜRLEK
Ç.Ü., Makine Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
bsahin@cu.edu.tr

ÖZET : Bu çalışmada, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Akışkanlar Mekaniği Laboratuvarında geniş ölçekli hidrolik test düzeneği tasarlanmış ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu laboratuvarında Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçme Cihazı (PIV) cihazı kullanılmaktadır. Akış içerisinde akışkanla birlikte hareket eden metal kaplı katı parçacıkların lazer ışını ile aydınlatılması neticesinde katı parçacıkların hızları dijital kamera ile belirlenmektedir. Aynı anda bir yüzey üzerinde binlerce noktada PIV ölçme yöntemi sayesinde anlık hızların ölçülmesiyle akış yapısı hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Ayrıca anlık hızlar kullanılarak belirli bir zaman aralığındaki, ortalama akış bilgilerini hesaplamak mümkündür. PIV ölçme yöntemi bir çok akışkanlar mekaniği probleminin çözümünde önemli bir yere sahiptir. Bilgisayar ve elektronik teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak PIV tekniğinin kullanım kapasitesi de artmaktadır. Makine Mühendisliği Bölümünde oluşturulan akışkanlar mekaniği laboratuvarında; otomotiv sektöründe, akışkan makinelerinde, ısı eşanjörlerinde ve aerodinamikte karşılaşılan her türlü akışkanlar mekaniği problemlerini incelemek ve araştırmak mümkündür.

1. GİRİŞ

Daimi olmayan akışkanlar mekaniği uygulamalarında belirli bir akış alanı içerisinde anlık ölçme yaparak akışın yapısını anlamak büyük önem arz etmektedir. Kızgın tel veya lazer doppler anemometresi gibi hız ölçerler akış bölgesinde aynı anda ancak bir tek noktada hız ölçümü yapabilmektedir. Bu tip hız ölçerlerle ancak değişik noktalarda farklı zamanlarda yapılan ölçümler sonucunda ortalama akış karakteristiklerini belirlenmesi mümkündür. Ancak herhangi bir zamandaki anlık akış karakteristikleri belirlenememektedir. Özellikle, karmaşık yapıya sahip iki boyutlu veya üç boyutlu akışlarda sadece bir noktada ölçüm yapmak suretiyle elde edilen veriler akışın yapısını yorumlamada yeterli olamamaktadır. Son zamanlarda akış ölçme tekniklerinde gözle görülür bir ilerleme kaydedilmiştir. Yeni teknikler kullanılarak tüm akış alanındaki hız akış karakteristikleri ölçülebilmektedir. Karmaşık geometriye sahip akışlar için aynı anda bir düzlemsel bölgede anlık hızları ölçen Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçüm cihazı (PIV) kullanarak akış karakteristikleri belirlenebilmektedir. Parçacık görüntülemeli hız ölçüm tekniği aerodinamik ve hidrodinamik araştırmalarda büyük bir öneme sahiptir. Parçacık görüntülemeli hız ölçüm tekniği, genellikle uzay-havacılık alanında, içten yanmalı motorlarda, nükleer santrallerde, pompa ve türbinlerde uygulanmaktadır.

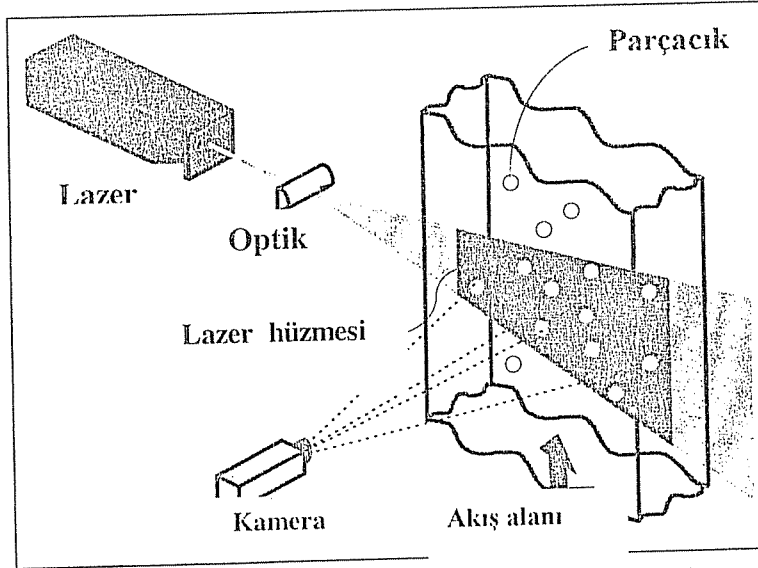
Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçüm Cihazı, Laser Doppler Anemometrisinde (LDA) olduğu gibi akış içerisinde akışkanla aynı hızda hareket eden mikron düzeyinde küçük parçacıkların hızlarını ölçmek suretiyle akış yapısı hakkında bilgi vermektedir. LDA'da lazer ışınları tek bir noktaya yoğunlaşarak sadece bir noktadaki hızı ölçerken PIV ölçüm tekniği ile belirli bir düzlemsel alan lazer ışınlarıyla aydınlatılarak aynı anda birçok noktada hız ölçümleri yapılabilmektedir.

Akışkanlar mekaniğinde son zamanlarda kullanılmaya başlanan PIV ölçme tekniği bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte daimi olmayan akışın yapısı hakkında çok detaylı bilgiler vermeye başlamıştır. Örneğin, bir otomobilin etrafında oluşan ayrılmış akış bölgesinin yapısını belirlemek için aynı anda birçok noktada anlık hızları PIV ölçme tekniği ile rahatlıkla ölçülebilmektedir.

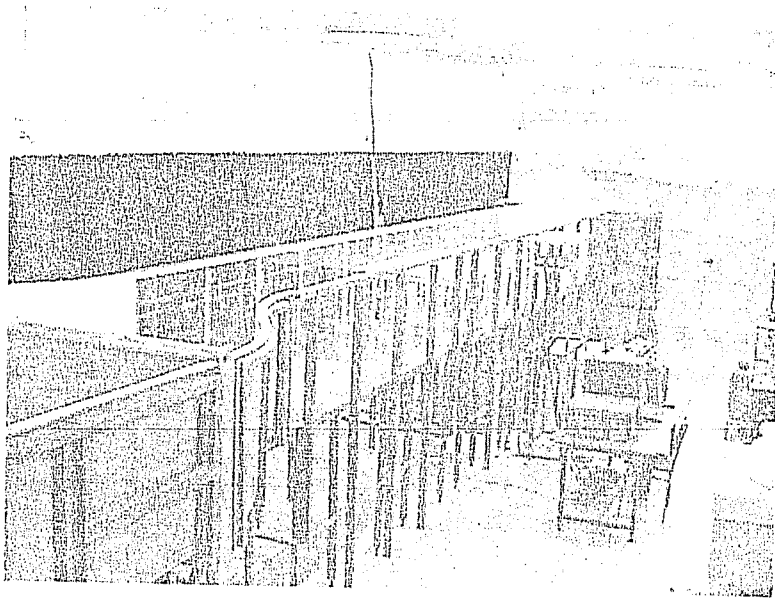
Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçme Tekniğinde hız ölçümü yapabilmek için akış (su) içerisine 10-20 mikrometre çapında, yoğunluğu akışkanın yoğunluğuna yakın parlak gümüş kaplı metal veya plastik parçacıklar serpiştirilmektedir. Çift darbeli 120 mJ gücündeki lazer ünitesi (Nd:YAG Lazer) tarafından üretilen lazer ışını optik aletler desteğiyle 1-2 mm kalınlığında lazer hüzmesi haline getirilmektedir. Lazer hüzmesiyle aydınlatılan bu bölgede hareket eden parçacıkların iki adet fotoğrafı arka arkaya milisaniye mertebesindeki zaman aralığında (Δt) 1kx1kbyte çözünürlüğe sahip dijital kamera ile çekilmekte ve bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. İki fotoğraf arasındaki süre tamamıyla akışın yapısına bağlıdır. Lazer kaynağı darbeli tip olduğu için lazer ile kameranın eş zamanlı olarak çalışması gerekmektedir. Yani, lazer kaynağından çıkan lazer hüzmesi ölçüm yapılan bölgeyi aydınlattığı anda dijital kamera aydınlatılmış olan bu bölgenin fotoğrafını çekmelidir (Şekil 1). Lazer kaynağı ile dijital kamera arasındaki zamanlamayı ayarlayan alete 'senkronizer' denmekte ve bu alet bilgisayar tarafından kontrol edilmektedir. Bilgisayara aktarılan bu resimler genellikle 32x32 pixel ebatlarındaki (gerektiğinde bu ebatlar artırılabilir veya azaltılabilir) ağ olarak adlandırılan küçük bölgelere ayrılmaktadır ve her bir bölge içerisinde yaklaşık olarak

10-15 gümüş kaplı parçacık bulunmaktadır. 'Fast Fourier' dönüşümü kullanılarak her bir ağ bölgesindeki parçacıkların çekilen iki resim arasındaki yer değiştirmeleri bulunmaktadır. Her iki resim arasındaki Δt zaman aralığı ve parçacıkların aldıkları mesafe bilindiğinden göz önüne alınan ağ bölgelerindeki hız vektörleri hesaplanmaktadır. Bu yöntem ile akış alanında 15 Hz frekansa kadar ölçüm yapabilmek mümkündür. Akış alanındaki hız vektörlerinin belirlenmesi ile girdap, akım çizgisi ve sirkülasyon gibi akışın yapısı hakkında bilgi veren diğer parametreler de bulunabilmektedir. Bu akış ölçme tekniği, türbülanslı akış yapılarının fiziksel olarak anlaşılmasına son yıllarda büyük faydalar sağlamıştır.

Parçacık görüntülemeli hız ölçme tekniği uygulamalarında akışkan olarak genellikle su kullanılmakta ve deneyler kapalı çevrim çalışan bir su kanalında yapılmaktadır. Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Akışkanlar Mekaniği Laboratuvarında bu amaçla inşa edilen su kanalı şekil 2'de gösterilmiştir. Bu su kanalında deney çemberi olarak adlandırılan saydam "plexiglass" kısmın yükseklik, en ve boyu sırasıyla 750, 1000 ve 8000 mm'dir. Test bölgesinde değişik hızlarda deneyler yapabilmek için motorun devri ABB marka hız kontrol ünitesi yardımıyla değiştirilebilmektedir. Pompa, suyu girişteki su tankına basmakta ve çıkıştaki su tankından emmektedir. Giriş tankının çıkışında itibaren test bölgesinin sonuna kadar akışın üniform olmasını sağlamak amacıyla akışı düzeltten petek sistemi kullanılmıştır.



Şekil 1. Parçacık görüntülemeli hız ölçme cihazının şematik gösterimi



Şekil 2. Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçme Tekniğinin Kullanıldığı Su Kanalı

2. PARÇACIK GÖRÜNTÜLEMELİ HIZ ÖLÇME TEKNİĞİNİN UYGULAMA ALANLARI

Parçacık görüntülemeli hız ölçme yönteminin uygulama alanları başlıklar halinde aşağıda verilmiştir:

- 1) İçten yanmalı motorların yanma işlemlerinde
- 2) Uçak ve otomotiv AR-GE çalışmalarında
- 3) Daimi olmayan aerodinamik ve türbülanslı akış uygulamalarında
- 4) Kompleks geometriler içeren akışkanlar mekaniği uygulamalarında
- 5) Jet akışlarda (Lüle veya yayıcılarda)
- 6) Sınır tabaka problemlerinde
- 7) Ayrılmış akışlarda
- 8) İki fazlı akışlarda
- 9) Bio-mühendislikte
- 10) Uçak mühendisliğinde
- 11) Sığ su akışlarında
- 12) Akışkan makinelerinin tasarımı gibi konularda kullanılmaktadır.

Burada özetlenen kullanım alanlarından anlaşıldığı üzere, Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçme Tekniği (PIV) birçok akışkanlar mekaniği uygulamalarında sıkça kullanılan bir ölçüm tekniğidir. Ayrıca, bilgisayar ve elektronik sanayindeki gelişmeye paralel olarak PIV sisteminin kapasitesi ve performansı da geliştirilmektedir.

Bilindiği gibi kompleks geometrilerde, daimi olmayan ayrılmış akış ortamında girdaplar oluşmaktadır. Kompresörlerde, türbinlerde, pompalarda, otomotiv teknolojisinde, ısı eşanjörlerinde, uçak gövdesinin muhtelif bölgelerinde girdap oluşmakta ve oluşan bu girdaplar sistemin performansını etkilemektedir. Örneğin, kompresörlerin kanatlarının arasında oluşan girdap, kanadın değişik noktalarına eşit olmayan kuvvetler uygulayarak sistemin performansını düşürmekte ve sistemde titreşim

ve gürültü oluşturarak arızalara neden olmaktadır. Benzer şekilde, uçakların gövdelerinin muhtelif bölgelerinde oluşan girdap, uçakların manevra gücünü azaltmaktadır. Pilotsuz uçak kullanımı söz konusu olduğunda günümüzde bu tür uçakların manevra kabiliyetini arttırabilmek için uçak gövdesinin oluşturduğu spiral girdapların ve girdap çökmelerinin kontrolü gerekmektedir. Bu tür girdapların çökmelerinin fiziğini ve anlık davranışlarını en iyi şekilde PIV ölçme tekniği ile anlamak mümkündür.

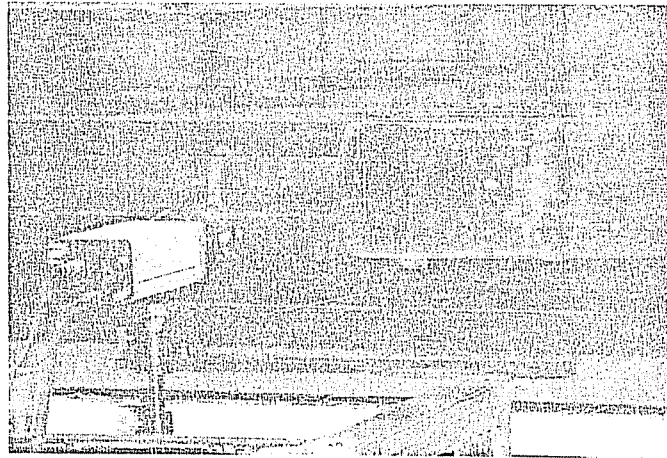
İçten yanmalı motorlarda yanmanın daha sağlıklı gerçekleşmesi ve verimin artırılması için yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bu tür sistemlerin verimini arttırabilmek için çeşitli geometrik tasarımlara sahip yanma odalarında oluşan girdaplı akışın yapısı, PIV ölçme yöntemiyle belirlenen yanma verimini arttıracak en uygun geometrilerin veya parametrelerin araştırılması gerekmektedir.

Ayrıca, bio-mühendislik alanında damarlardaki veya kalpteki akışın yapısı PIV ölçme yöntemi kullanılarak belirlenebilmektedir. Isı transferi ve hidrolik ile ilgili PIV uygulamalarına da literatürde sıkça rastlanmaktadır.

3. PARÇACIK GÖRÜNTÜLEMELİ HIZ ÖLÇME YÖNTEMİ UYGULAMALARINA ÖRNEKLER

1) Silindir İçi Akışlarda Yanma

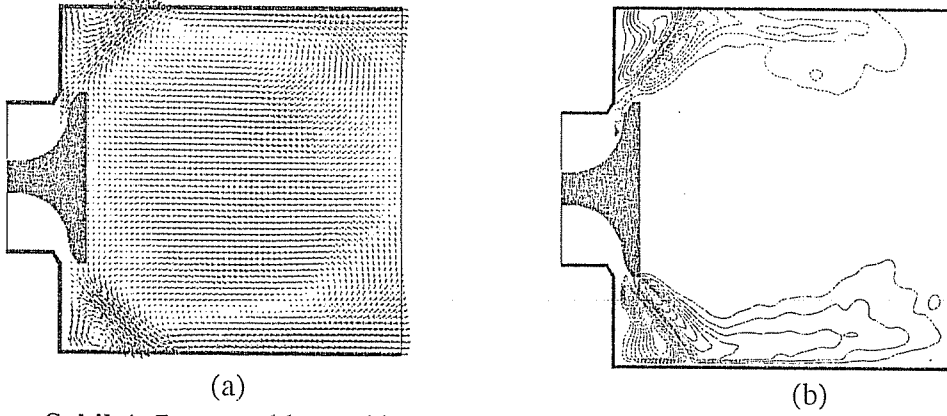
Şekil 3'te görüldüğü gibi içten yanmalı motorlarda silindir boşluğunun giriş ağzına supap yerleştirilerek silindir içi akışın yapısı PIV ölçme tekniği ile incelemektir. Anlık hız vektörleri supap aralığının 7 mm açıklık durumu için ortalama hız vektörlerinin dağılımı şekil 4a'da görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi hız vektörleri dik yüzeye belirli bir açıyla supabı terk etmektedir. Üst ve alt duvarlara çarpan akış daha sonra hız kaybederek ve yön değiştirerek duvarlara paralel olarak akmaktadır.



Şekil 3. Silindir içi akışlar için deney düzeneği

Anlık hız vektörlerinin incelenmesinden, duvar jetinin etkisini yitirdiği kısımlardan sonra akışın döndüğü, ters akış bölgelerinin oluştuğu dolayısıyla bu bölgelerde seçilebilen bir çift girdabın oluştuğu ve daha sonra bu girdapların birbiri içerisinde karışarak düzenli olmayan girdaplar halini aldığı görülmektedir. Ayrıca supabın arka

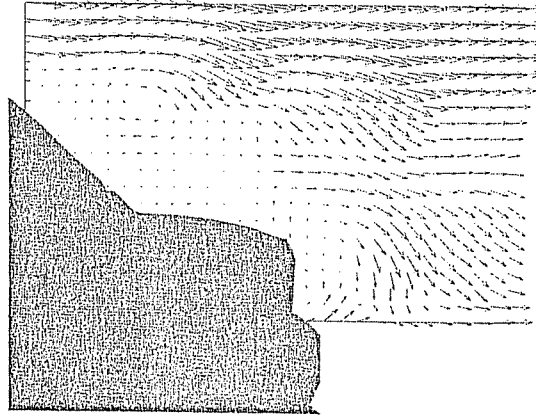
kısımlarında oluşan ve jet etkisinin olmadığı ayrılmış akış bölgesinde Şekil 4a'dan da görüldüğü gibi hızlar aksel akış yönünün tersi istikamette gerçekleşmektedir [1].



Şekil 4. 7 mm açıklığa sahip supap geometrisi için PIV sonuçları

2) Otomotiv Sektöründeki Uygulamaları

Şekil 5'de su kanalına yerleştirilen bir otomobil modelinin arka bölgesinde (arka pencereden tampona kadar olan bölgede) oluşan anlık hız vektörlerinin dağılımı gösterilmektedir. Görüldüğü gibi arka tarafta bir ayrılmış akış bölgesi oluşmakta ve bu ayrılmış akış bölgesi içerisinde akış dönmeleri meydana gelmektedir. Buradaki akış yapısından yararlanılarak otomobilin geometrisinde istenilen değişikliği yapmak mümkündür.

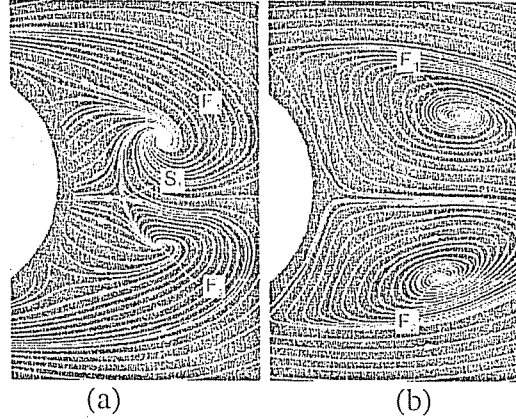


Şekil 5. Otomobilin arka bölgesinde oluşan akış

3) Sığ Suda Silindir Etrafındaki Akış

Mühendislikte sığ su uygulamalarına sıkça rastlanılmaktadır. Köprü ayaklarındaki akış, adalar etrafındaki akış, dere ve nehirlerin birleşim yerlerindeki akış, derinliği fazla olmayan sulardaki gemiler etrafındaki akış sığ su uygulamalarına örnek teşkil etmektedir. Sığ sularda değişik geometriler arkasında oluşan ayrılmış akış bölgesindeki akış karakteristiklerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu tip akışlarda serbest su yüzeyi ile tabanın (cidarın) akışa etkisi çok fazladır. Şekil 6'da çapı su yüksekliğinin iki katı olan bir silindir etrafındaki ortalama akış karakteristikleri gösterilmektedir. Şekil

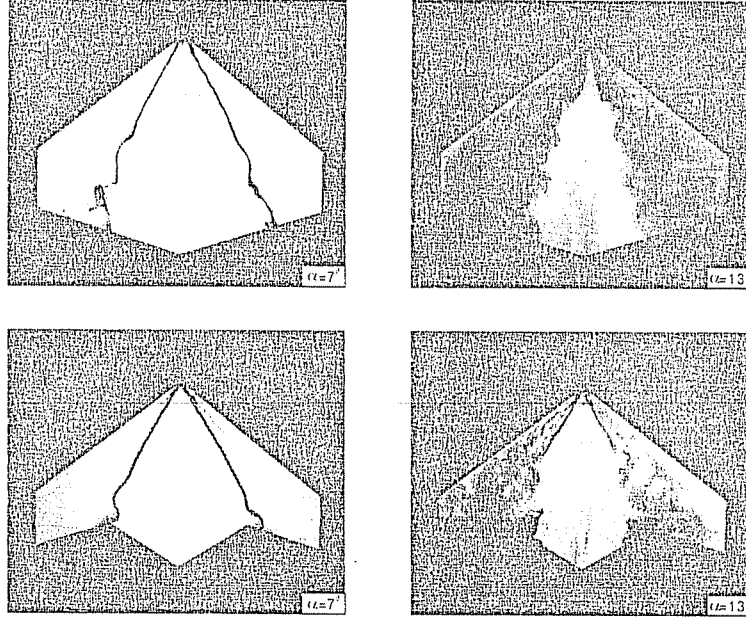
6a'da tabana çok yakın bir bölgede yapılan PIV ölçümleri sonucunda elde edilen akım çizgileri gösterilmektedir. Şekil'de S_1 ile gösterilen kısım akışın durma noktasını, F_1 ve F_2 ile gösterilen kısımlar ise odak noktalarını göstermektedir. Şekil 6b ise yine aynı bölgedeki girdap dağılımını göstermektedir. Girdap konturları ayrılmış akış bölgesinin genişliği ile F_1 ve F_2 odak noktaları etrafında ayrılmış akış bölgesi içerisindeki akışın dönmelerini göstermektedir [2].



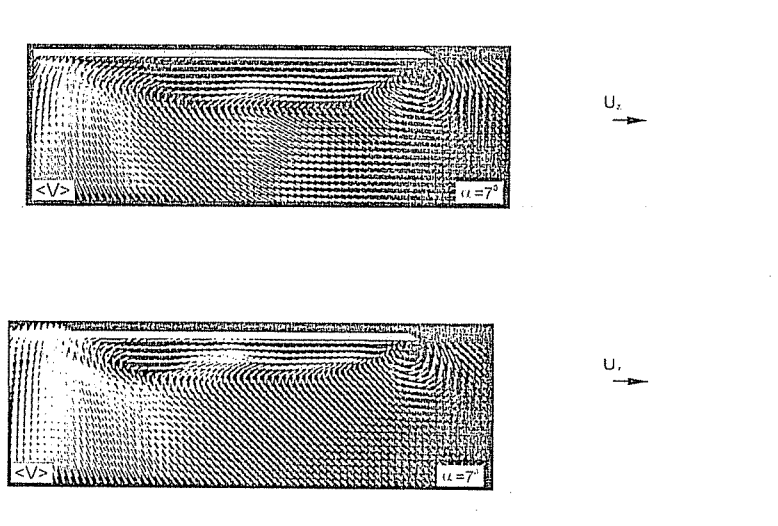
Şekil 6. Sıg suda silindir arkasındaki ayrılmış akış bölgesinin incelenmesi

4) Aerodinamik Uygulamaları

Manevra kabiliyeti yüksek uçakların uçuşu esnasında uçak gövdesinin muhtelif yerlerinde oluşan girdap çökmesi ve akış ayrılması sonucu oluşan girdaplar tarafından aerodinamik yüzeylere daimi olmayan yük uygulamaktadır. Şekil 7'de görüldüğü gibi PIV ölçme tekniği ile değişik geometrilere sahip uçak modellerine değişik hücum açıları verilerek akış karakteristiğini incelemek mümkündür. Akış karakteristiklerinin incelenmesinde son zamanlarda kullanılan ileri teknoloji ürünü olan Parçacık Görüntüleme Hız Ölçüm cihazı kullanılarak çekilen anlık resimlerden faydalanılmıştır. Bu ölçme tekniği, uçak yüzeyindeki girdap çökmelerinin optimizasyonunda ve yük etkilerinin daha anlaşılır olmasına imkan sağlamaktadır. Şekil 7'de uçak arkasında iki farklı insansız uçak geometrisi için değişik hücum açılarında oluşan girdap çökmeleri boya deneyleri ile gösterilmektedir. Şekil 8'de ise bu deneylere ait PIV sonuçları görülmektedir. Geometrilerin arkasındaki kesik çizgilerle gösterilen kesitte yapılan deneyler sonucu elde edilen anlık hız profilleri sunulmuştur. Akış dönmelerinin fazla olduğu bölgeler girdap çökmesinin yerini göstermektedir [3].



Şekil 7. Değişik geometriye sahip iki insansız uçak geometrisinde değişik hücum açılarında oluşan girdap çökmelerinin boya deneyleri



Şekil 8. İnsansız uçak geometrileri arkasında yapılan PIV deney sonuçları

4. SONUÇLAR

Verilen örneklerden de anlaşılacağı üzere Akışkanlar mekaniğinde ve diğer mühendislik dallarında Parçacık Görüntülemeli Hız Ölçüm Cihazı (PIV) uygulamalarına sıkça rastlanmaktadır. PIV ölçüm tekniği ile herhangi bir akış yapısı hakkında anlık ve ortalama bilgilere (hız dağılımı, girdap konturları, akım çizgileri, sirkülasyon v.b) sahip olunabilmektedir. Bunun yanı sıra türbülanslı akışta türbülansa ait istatistikler de elde edilebilmektedir. Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Akışkanlar Mekaniği Laboratuvarında kurulu bu sistemi bir çok akışkanlar mekaniği problemine çözüm bulmak için kullanmak mümkün olabilecektir. İstenildiği

taktirde yüksek teknolojiye sahip olan bu laboratuvar, uzmanlarımızın danışmanlığında diğer araştırma merkezlerine de kurmak mümkündür. Gerekli olan eğitim çalışmaları da bölümümüz akışkanlar mekaniği laboratuvarında yürütülebilecektir.

5. KAYNAKLAR

1. Yaşar, A. "İçten Yanmalı Motorlarda Silindir İçi Akış Karakteristiklerinin Belirlenmesi", Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
2. Kahraman, A. "Investigation of Flow Structure from a Vertical and Horizontal Cylinders in Shallow Water", Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
3. Yanıktepe, B. "Origin and Control of Vortex Breakdown of Unmanned Combat Air Vehicle" Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Devam ediyor.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003ELYAF ANALİZ, ŞERİT HAZIRLIK VE OE-ROTOR
İPLİK EĞİRME SİSTEMİ

Osman BABAARSLAN, Pınar N. DURU ve Yılmaz ERBİL

Ç.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
teksob@cu.edu.tr pduru@cu.edu.tr erbily@cu.edu.tr

ÖZET : Özellikle 1998'de yaşanan global kriz nedeniyle oluşan iç ve dış piyasalardaki talep daralması ve 1991'lı yılların ortalarında tekstile (özellikle ipliğe) yapılan büyük yatırımlar sonucu rekabetin arttığı iç piyasada ve Türkiye'ye göre enerji ve hammaddenin daha ucuz olduğu dış piyasalarda rekabet için yapılması gereken, üretim sürecindeki hataları en aza indirerek en düşük maliyetle istenen kaliteyi elde etmektir. Bunu gerçekleştirmenin yolu da kullanılan hammaddeye göre uygun proses şartlarının belirlenmesi, üretimi etkileyen parametrelerin optimize edilerek hataların en aza indirilmesi ve bu şartların devamlılığının sağlanmasından geçmektedir.

İşte bu maksatla, 1998-2000 ve 2002-2003 dönemleri arasında Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü bünyesinde yürütülen Ç.Ü. ve DPT destekli İleri Araştırma Projeleri kapsamında kurulan "Elyaf Analiz, Şerit Hazırlık ve OE Rotor İplik Üretim Sistemi" kullanılan hammaddeye göre üretim parametrelerinin optimizasyonunu sağlayacak durumdadır. Bu çalışmada adı geçen sistemin tanıtımı ve özellikleri anlatılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elyaf Görüntü Analizi, OE-Rotor İplik Eğirme İplik Özellikleri

1. GİRİŞ

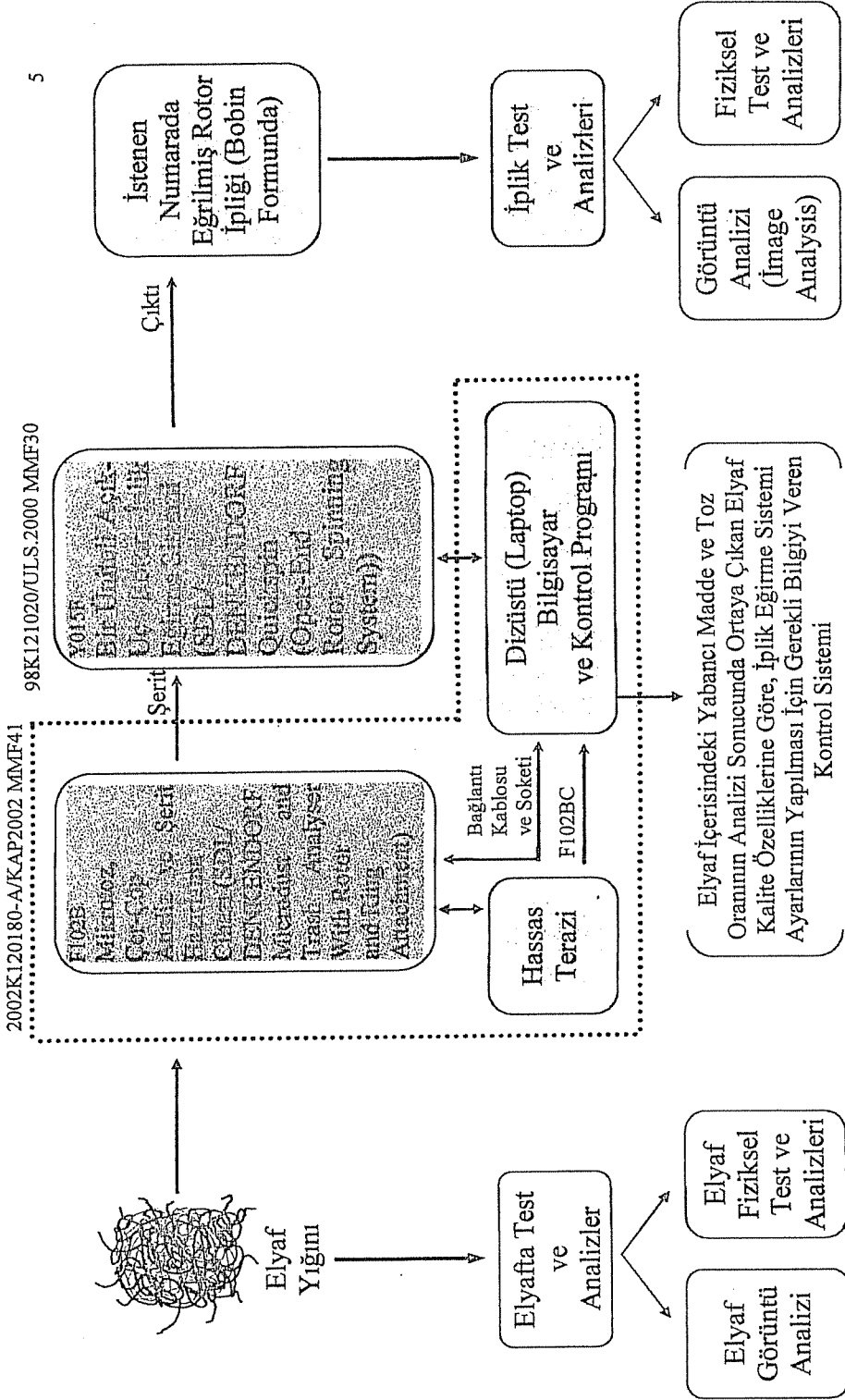
Günümüzde kişi başına elyaf tüketiminin 8,5-9 kg'a ulaştığı dikkate alınırsa tekstilde üretim ve kalite kontrolünün üretimde süreklilik açısından ne denli önemli olduğu daha da iyi anlaşılır. Çünkü diğer endüstri kollarına rağmen tekstil ürünlerinin hammaddesi olan lifler özellikleri bakımından çok geniş sınırlar içinde değişim göstermektedir. Ayrıca tekstilde üretimin çok sayıda ayrı işlemlerin takibi sonucu oluşması ve üretimde insan faktörünün, son yıllarda azaltılma çabalarına rağmen, çok fazla etkili oluşu nedeniyle istenilen performans ve kaliteye ulaşmak ancak üretimin her kademesini etkileyen parametrelerin kontrol edilmesi ile sağlanabilmektedir. Özellikle 1990'lı yıllardan sonra bu durum daha da belirgin bir hale gelmiştir. Çünkü tekstil işletmeleri çok değişik **zorlayıcı** ve **sınırlayıcı** faktörlerle karşı karşıya kalmışlardır.

Bu zorlayıcı ve sınırlayıcı faktörlerden bir tanesi "elyaf özelliklerinde kötüleşme ve varyasyon" olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle pamuklu çalışmalarda hammadde ile ilgili bazı özellikler iplikçilik işlemleri açısından kötüleşmiştir. Bu nedenle pamukta yabancı madde miktarının tayini ve iplik kalitesine olan etkisinin belirlenmesi önemli bir konu haline gelmiştir.

Yapılacak pamuklu iplik üretimlerinde çalışılan hammaddeye göre iplik özelliklerinin tayin edilmesi ve iplik üretim parametrelerinin buna göre belirlenmesi büyük avantaj sağlayacaktır. Bu maksatla, Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü bünyesinde kurulu bulunan "Elyaf Analiz, Şerit Hazırlık ve OE-Rotor İplik Eğirme" üniteleri bölgemizde bu alandaki eksiklikleri giderecek durumdadır (Şekil-1). Bölgemiz ve Ülkemiz sanayicilerinden gelecek talepler doğrultusunda pamuk ve pamuk karışımı tekstil maddelerinin analiz çalışmaları yapılarak, bu hammaddelerden Open-end rotor iplikleri üretilen ve bu ipliklerin özellikleri öngörülebilecektir. Böylece analizi yapılan hammadde için optimum üretim parametreleri laboratuvar ortamında belirlenebilecektir. Sanayicilerle işbirliği yapılarak yürütülecek AR-GE çalışmaları hem gereksiz hammadde ve zaman kayıplarının önüne geçecek hem de üreticiye büyük esneklik kazandıracaktır.

2. SİSTEMİN TANITIMI

Ç.Ü. MMF Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde kurulu bulunan "Elyaf Analiz, Şerit Hazırlık ve Open-End Rotor İplik Eğirme Sistemleri" nin kullanımında iş akışına göre kombine edilmiş yapısı Şekil-1'de şematik olarak gösterilmiştir. Sisteme beslenen elyaf, özellikleri ve yabancı madde miktarı tespit edilerek şerit haline getirilmektedir. Elde edilen şerit daha sonra Open-End Rotor İplik Eğirme Ünitesi'ne beslenmektedir. İplik üretim parametrelerinin seçiminde önceki aşamada belirlenen elyaf özellikleri etkili olmaktadır. Bu bölümde, istenilen numarada rotor ipliği eğilerek bobinlenmektedir. Üretilen ipliğin analizleri yapılarak isteğe uygun özelliklerde olup olmadığına karar verilmektedir. İplik özellikleri istenen seviyede değilse tekrar rotor iplik eğirme ünitesine dönülerek (feedback) üretim parametreleri (rotor devri, açıcı devri, çıkış hızı, eğirme elemanları v.b.) değiştirilmekte ve böylece optimizasyon yapılabilmektedir. Aşağıda bu sistem içerisinde yer alan tüm birimlerin ayrı ayrı kısa tanıtımları verilmiştir.



Şekil-1: Elyaf Analiz, Şerit Hazırlık ve Open-End Rotor İplik Eğirme Sistemi

2.1. Elyaf Görüntü Analiz Sistemi

Tekstilde kalite kontrol ve hataların tespiti gibi çalışmalarda önemli bir yere sahip olan görüntü analizini sağlayan sistem; üzerinde 10x, 20x, 40x ve 100x objektifler bulunan Trinoküler bir mikroskop ve elde edilen görüntüleri bilgisayar ortamına aktaran bir digital video ataçmanından oluşmaktadır. Sistem, bilgisayara alınan görüntüler üzerinde çalışabilme olanağı sağlayan ve bu görüntüler üzerinde istenilen noktalar arasında uzunluk ölçümü yaparak sonucu mikron birimiyle sunan yazılımlarla da desteklenmektedir.

Sistem üzerinden;

- Doğal ve yapay her türlü elyafın kesit ve yüzey görüntüleri 125, 250, 500 ve 1250 kat büyütmeyle elde edilebilir,
- Elde edilen doğal elyaf yüzey görüntüleri elyafın olgunluk derecesiyle ilgili yorum yapılabilmesini sağlar,
- Elyaf çapı yada elyaf üzerinde herhangi bir bölgede olgun olmayan bölge büyüklüğünün tespiti,
- Elyaf kesit görüntüleri üzerinde elyaf yapısal katmanlarının büyüklük ölçümüyle elyaf olgunluk derecesinin tayini,
- Deneysel ve/veya araştırma amaçlı elyafa uygulanan kimyasal işlemler sonrası elyafın uğradığı hasarın görsel olarak tespiti

gibi bilgiler elde edilebilmektedir.

Şekil-2'de Elyaf Görüntü Analiz Sistemi komple olarak ve sistemden elde edilen bazı elyaf yüzey ve kesit görüntüleri ile birlikte görülmektedir.

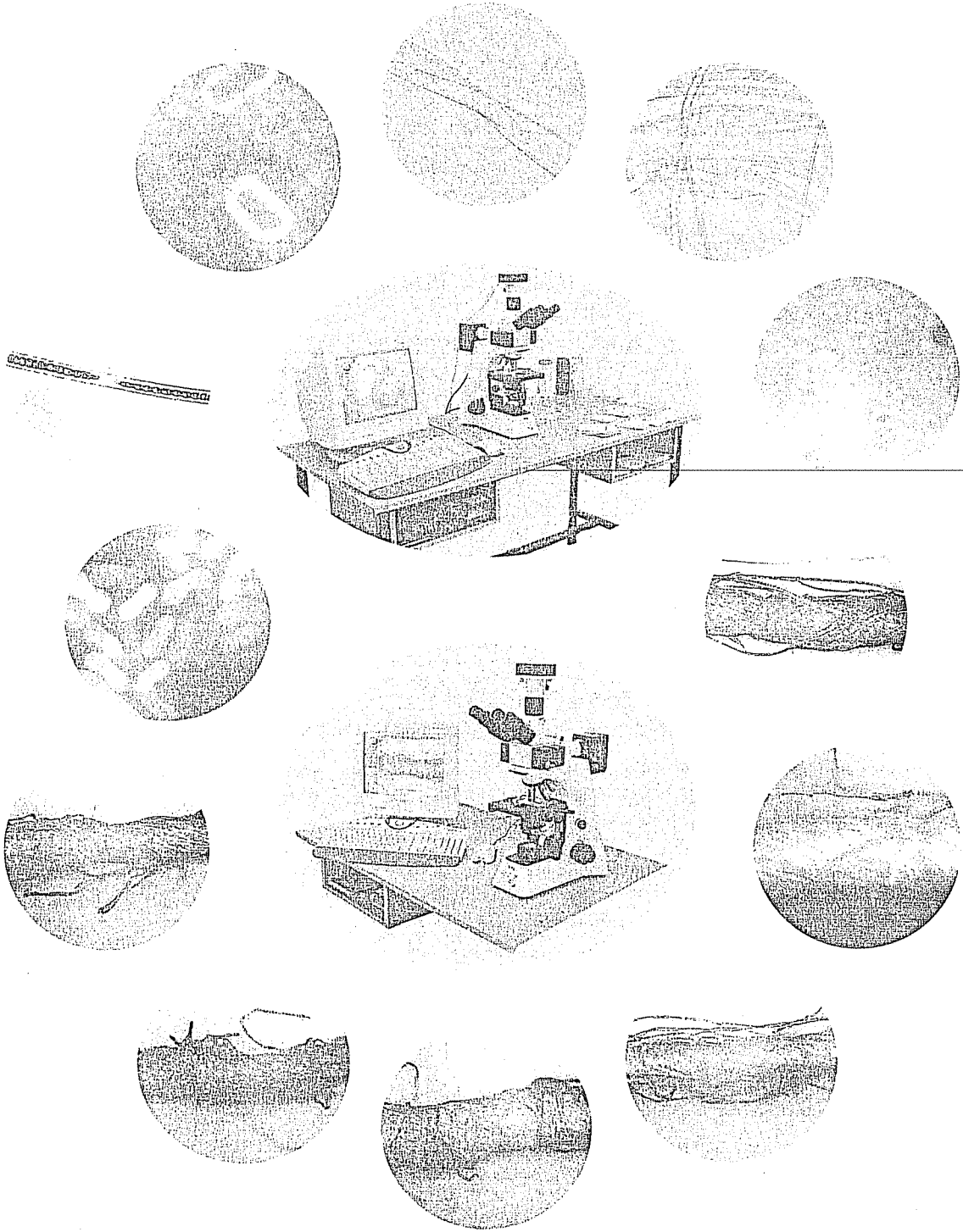
2.2. Elyafta Safsızlıkların Analizi ve Şerit Hazırlama Ünitesi (Microdust and Trash Analyser)

Bu sistemde, açık elyaf formunda beslenen liflere açma ve temizleme işlemleri uygulanarak 1m uzunluğunda şerit elde edilmektedir. İstenilen harmanlarda 2~10 ktex lineer yoğunluklarında şeritler elde edilebilmektedir. Cihaz üzerinde bulunan üç ayrı atık toplama bölümünden elyaftan temizlenen safsızlıklar alınarak ağırlık ölçüm metodu ve Shirley Prensibi ile Safsızlıkların analizi yapılabilmektedir. Ayrıca elde edilen şerit Open-End Rotor İplik Eğirme Ünitesi'ne beslenerek üzerinde çalışılan elyaf kütlesi istenilen numarada iplik haline getirilebilmektedir. Şekil-3'te cihazın önden çekilmiş bir resmi görülmektedir.

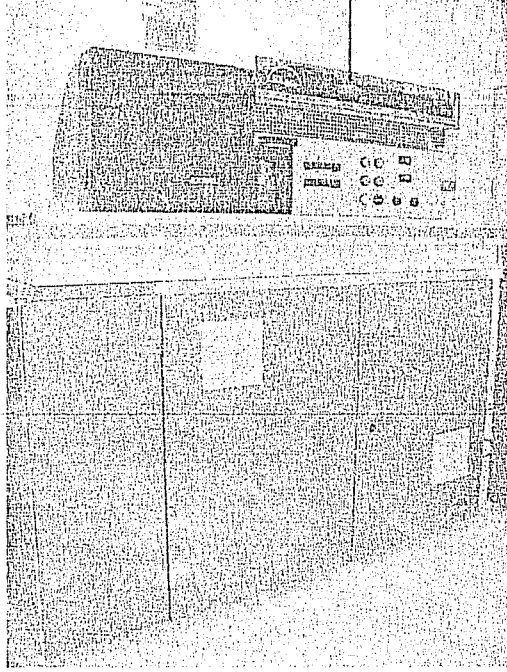
Cihaz ile;

- Doğal liflerde kirlilik oranı tespiti,
- Doğal ve/veya Yapay liflerle karışım çalışmaları,
- Elyaf boyalı üretilecek iplikler için değişik renkteki liflerle renk harmanı çalışması,
- Üretilmesi planlanan iplikten beklenen özelliklerin elde edilip edilemeyeceğine dair yapılacak iplik deneme çalışmaları için harman ve şerit hazırlama çalışmaları

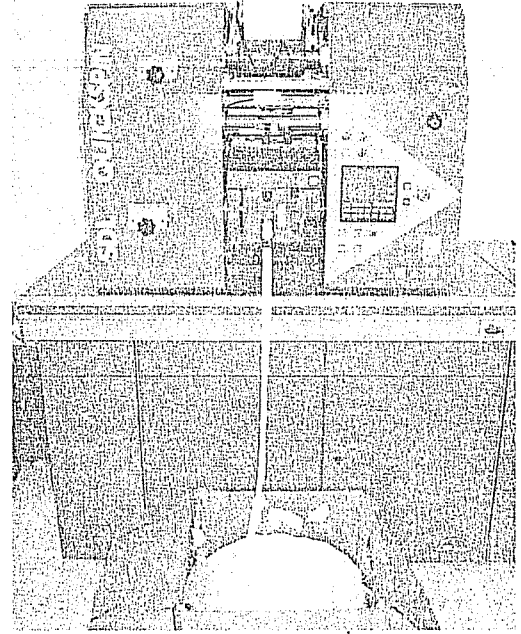
yapılabilmektedir.



Şekil-2. Elyaf ve İplik Görüntü Analiz Sistemi ve Sistemden Elde Edilen Bazı Elyaf ve İplik Yüzey ve Kesit Görüntüleri



Şekil-3. Elyafta Safsızlıkların Analizi ve Şerit Hazırlama Ünitesi (Microdust and Trash Analyser)



Şekil-4. Open-End Rotor İplik Eğirme Ünitesinin Önden Görünümü

2.3. Open-End Rotor İplik Eğirme Ünitesi

Üzerinde sanayi tipi R20 rotor kutusu bulunan sistem, OE rotor ipliği üretim çalışmalarında kullanılmaktadır. Sistem elde edilen iplik özellikleri bakımından sanayi tipi makinelerle tam bir benzerlik göstermektedir. Şerit formunda beslenen elyaf istenilen numarada iplik haline getirilebilmektedir.

Sistem ;

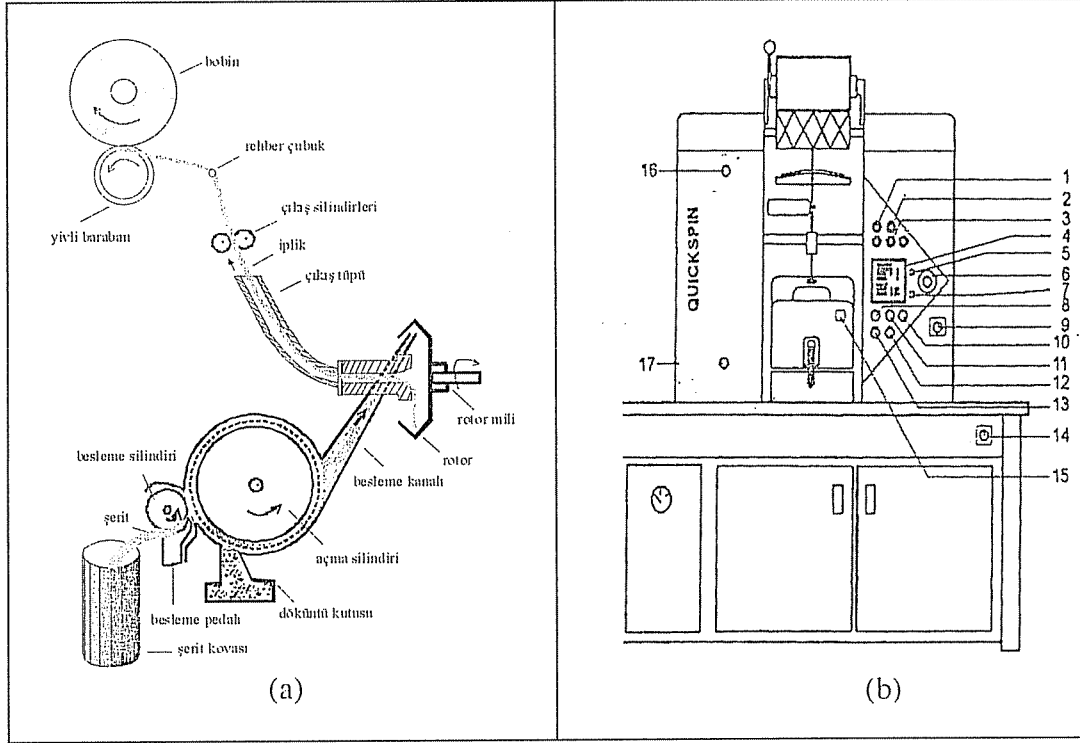
- Değişik rotor çaplarında (30, 32, 40mm gibi) ve değişik rotor tiplerinde (T, G, U, S, K, V gibi) çalışabilme,
- Değişik düze tiplerinde (KN, KN4, KN8, KS, CK4 gibi) çalışabilme,
- 30.000~130.000 d/dk hızlarında çalışabilme,
- Doğal, yapay ve karışımlarıyla çalışabilme,
- Hammadde ve makine parametreleri bakımından optimizasyon çalışmalarının yürütülebilmesi

olanaklarına sahiptir.

Sistemin önden görünümü Şekil-4'te verilmektedir. Bu sistemde iplik üretim prensibi ise Şekil-5'te verilmektedir.

Şekil-5'ten görüleceği üzere, daha önceden temizlenmiş, açılmış, taranarak paralel hale getirilmiş ve istenen numaraya getirilmiş şerit halindeki materyal makineye besleme silindriyle yardımıyla verilmektedir. Bunu müteakip üzeri iğneli veya metalik tarak garnitürlü açma silindiri, gelen liflerin uçlarını lifler serbest kalıncaya kadar çekerek tarar. Bu şekilde lifler tek tek ayrıldıktan sonra lif besleme kanalı aracılığı ile rotor içerisine taşınmaktadır. Rotor içerisine dökülen lifler, rotorun yüksek hızlarda (30 000-130 000 d/dk) dönüşüyle oluşan merkezkaç kuvvetinin etkisiyle rotor (yivine)

itilerek, yivde daha önceden toplanmış olan diğer lif grubuna katılarak ring şeklinde bir yapı oluşturmaktadır.



Şekil-5. Bir Üniteli OE-Rotor İplik Eğirme Ünitesi

(a) : Bir Üniteli OE-Rotor İplik Eğirme Sisteminde İplik Yolu

(b) : Bir Üniteli OE-Rotor İplik Eğirme Sisteminin Önden Görünüşü

Sistemde iplik oluşumunu başlatmak için elde mevcut bir iplik (kılavuz iplik) iplik çıkış tüpünden rotor içerisine verilmektedir. Rotorun dönüşüyle rotor içerisindeki havanın da dönmesiyle rotora verilen iplik ucunun dönmesi temin edilmekte ve merkezkaç kuvvetin etkisiyle dönen kılavuz iplik ucu, rotor yivinde daha önceden toplanmış olan lif kümesine temas etmektedir. Bu olay gerçekleştiği anda iplik çekilerek üretim başlatılmış olmaktadır. Rotorun kendi eksenini etrafında dönmesinin etkisiyle iplik koluna verilen her bir turluk dönüş, çıkış düzesinde ipliğe bir tam büküm kazandırmaktadır. Bu şekilde yeni oluşmuş ipliğe verilen bükümün bir kısmı geriye, iplik koluna akarak rotor yivine kadar ulaşacak ve burada bulunan liflere tutunarak bunların rotor yivinden ayrılmasını temin ederek üretime süreklilik kazandıracaktır. Yukarıda basitçe prensibi verilen şekilde elde edilen OE-Rotor ipliği çıkış silindirleri vasıtasıyla çekilerek bobin halinde sarılmaktadır.

2.4. İplik Görüntü Analiz Sistemi

Her türlü iplik kesit ve yüzey görüntüleri üzerinde analiz yapılabilmesini sağlayan sistemde iplik kesitinde lif yerleşim analizi, karışım düzgünsüzlüğü analizleri yapılabilmektedir. İplik boyuna yüzey görüntüsü üzerinde ise iplik hataları, kıvrım ve büküm durumu, sargı lifleri ve iplik yapısında lif yerleşim karakteri gibi analizler yapılabilmektedir. Şekil-2’de İplik Görüntü Analiz Sistemi ve bu sistemle elde edilen bazı iplik yüzey görüntüleri görülmektedir.

3. SONUÇ

Elyaf Analiz, Şerit Hazırlık ve OE-Rotor İplik Eğirme Sistemi’nden elde edilen veriler, iplik işletmelerinde aşağıda sıralanan faydaları sağlayacaktır.

- İplik üretiminde kullanılacak elyafın yapısal görüntü analizlerinin yapılması
- Hammaddedeki yabancı madde ve toz miktarının belirlenmesi,
- Hammaddedeki yabancı madde miktarı gözönüne alınarak, iplik işletmesindeki açma, temizleme ve karıştırma makinelerinde optimum ayarların yapılması,
- Şerit hazırlama ünitesi sayesinde hammaddenin işlemler sırasında temizlenebilme özelliğinin tahmin edilebilmesi,
- Farklı tiplerden istenen oranlarda harmanların yapılabilmesi,
- Yapılan harmanlar için, OE-Rotor İplik Eğirme Ünitesi ile iplik üretim şartlarının simülasyonu sayesinde maliyet ve iplik kalite özellikleri açısından optimum üretim şartlarının belirlenmesi,
- Değişik renkteki liflerle renk harmanı çalışmalarının yapılabilmesi,
- Eğirme elemanlarının hız ve özellikleri değiştirilerek iplik kalitesi üzerindeki etkilerinin incelenebilmesi,
- Çalışılacak olan hammaddeden istenen numaradaki rotor ipliğinin laboratuvar şartlarında üretilerek henüz işletmede üretime geçmeden önce iplik kalite özelliklerinin tahmin edilebilmesi.
- Eğrilen ipliklerin yapısal görüntü analizlerinin yapılması

4. TEŞEKKÜR

Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği bölümü’nde kurulu bulunan bu sistem DPT ve Ç.Ü. Rektörlüğü’nün mali desteğiyle hayata geçirilmiştir. Yapılan bu mali destek ve teşvikten dolayı DPT ve Ç.Ü. Rektörlüğü’ne sonsuz teşekkür ederiz.

5. KAYNAKLAR

1. *SDL Quickspin, Operating Instructions, 2000.*
2. *SDL MDTA 3 & Rotor Attachment, Operating Instructions, 2002.*
3. *Endüstriyel ve Laboratuvar Cihazları Dökümanı, Atlan San. ve Tic. A.Ş., İstanbul, 2003.*

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003TEK ETKİLİ, H₂O-LiBr AKIŞKAN ÇİFTLİ ABSORPSİYONLU SOĞUTMA
MAKİNASI

Yaşar KURDOĞLU

M.K.Ü. İskenderun Meslek Yüksekokulu, İskenderun/Türkiye
ykurd@mku.edu.tr

ÖZET : Bu çalışmada; tasarımı, imalatı ve performans araştırması yapılan, tek kademeli H₂O-LiBr akışkan çiftli, 4 ton soğutma kapasitesindeki bir absorpsiyonlu soğutma makinasının detayı sunulmaktadır. Tahrik enerjisi olarak elektrik ve kısmen de güneş enerjileri kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, sistem elemanlarına ait sıcaklık, basınç, konsantrasyon ve entalpi değerleri ölçülmüştür. Sistemin performans katsayısı hesaplanmıştır. Elde edilen performans değerleri, daha önceki çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

1. ABSORPSİYON TEKNOLOJİSİ

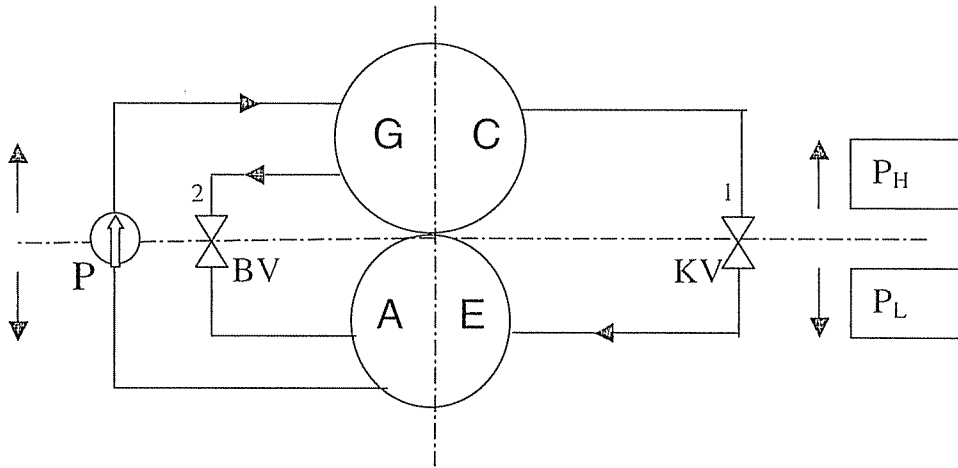
1.1. Giriş

Absorpsiyon çevrim esaslı makinalar diğer soğutma ve ısı pompası çevrimleriyle aynı gelişim trendine sahip olmakla beraber, daha uzun bir geçmişe sahiptirler. Absorpsiyonlu soğutmanın temelleri 1770'li yıllar'da atılmıştır. Absorpsiyonlu soğutma makinaları, açık veya kapalı, fasıllı veya sürekli, tek kademeli veya çok kademeli çevrimler olarak sınıflandırılırlar. Absorpsiyon sistemlerinin çalışma sıvısı olarak genellikle $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ veya $\text{H}_2\text{O} - \text{LiBr}$ akışkan ikilisi kullanılmaktadır.

$\text{H}_2\text{O} - \text{LiBr}$ 'lü makinalar 100 ila 1600 ton arasında imal edilmektedir.

1.2. Absorpsiyonlu Çevrimin Basınç Bölgeleri

Bir absorpsiyonlu çevrimde; a) İki farklı basınç bölgesi (P_H , P_L) ve b) İki ayrı akışkan devresi mevcuttur.



Şekil-1. Absorpsiyonlu makinede basınç bölgeleri

Burada ; P: Pompa, BV: Basınç dengeleme valfi, G: Jeneratör, C: Kondenser, A: Absorber, E: Evaporatör, KV: Kısılma aygıtı, P_H : Yüksek basınç bölgesi, P_L : Alçak basınç bölgesini ifade etmektedir.

Gerçekten, bir buhar sıkıştırırmalı çevrimde tek bir akışkan devresinden (R12, R717, vb) söz ederken absorpsiyonlu bir çevrimde soğutucu akışkan devresinin yanında bir de çözelti (seyreltik, derişik) devresinin olduğu bilinmektedir. Soğutucu akışkan, absorpsiyonlu çevrimin bütün durum noktalarında dolaşırken; absorpsiyonla zayıflayan, desorpsiyonla kuvvetlenen sıvı çözeltinin ($\text{H}_2\text{O} - \text{LiBr}$ için), soğutucu akışkanla birlikte sirküle edildiği termik kompresör devresidir. Şekil-1'de absorpsiyonlu soğutma çevriminin basınç bölgeleri ve temel komponentleri görülmektedir.

1.3. Soğutucu Akışkan R 718

Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde, soğutucu akışkan olarak kullanılan en önemli akışkanlardan biri sudur. Bu akışkanın buharlaşma ısısı 600 kCal/kg civarında olup, ucuz ve tehlikesiz oluşu nedeniyle absorpsiyon teknolojisi için gayet uygundur.

2. SİSTEMİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

Bu sistemde (E 02) soğutucu akışkan olarak su (R718), absorbent maddesi olarak sulu LiBr çözeltisi kullanılmıştır^[1]. Soğutucu akışkan olarak kullanılan su, sistemin iki ayrı basınç bölgesinde; iki defa buhar iki defa da sıvı haldedir. Su, çevrimi baştan başa dolaşırken bu dinamiğini, sırasıyla; pompa, jeneratöre ve absorbere borçludur. Çevrimin sadece termik kompresör bölgesinde dolaştırılan sulu LiBr çözeltisi dinamiğini yalnızca pompaya borçludur. LiBr çözeltisi, jeneratör ve absorber arasında kapalı bir dolaşım yapar. Sistemin soğutucu akışkanı su (R718) olduğu için, sistem vakumda (subatmosfer) çalışmak zorundadır. H₂O-LiBr 'li absorpsiyonlu soğutma çevrimi 65-100 °C gibi düşük sıcaklıklarda çalışabilir^[2]. Bu nedenle, güneş enerjisi uygulamaları için elverişli olmaktadır. Performansı NH₃-H₂O akışkanlı sistemin performansından daha yüksektir. İdeal olarak; jeneratör ve evaporatör sıcaklıklarının artması COP 'yi yükseltir. Kondenser sıcaklığının artması ise COP'yi azaltır^[3].

2.1. Sistem Analizi ve Termodinamik Parametreler

Absorpsiyonlu soğutma sistemi; jeneratör (konsantratör), kondenser (yoğuşturucu), kısılma aygıtı, evaporatör (buharlaştırıcı), soğutucu akışkan transfer pompası, absorber (soğurucu), çözelti pompası, çözelti ısı değiştiricisi gibi temel ve yardımcı komponentlerden oluşmaktadır. Tank tipi elemanlar austenitik 316 çeliğinden, sistem pompaları 304 çeliğinden imal edilmiştir. Çözelti pompası ve soğutucu akışkan pompası debileri 35-40 litre/saat mertebesindedir. Çalışma basınç aralığı azami 1 bar'dır.

Jeneratör : Soğutucu akışkanın LiBr çözeltisinden ayrıştırılarak çözeltinin % ağırlık LiBr 'ce zenginleştirilmesi gerçekleştiği için bu komponente üretici manasına gelen jeneratör ifadesi kullanılmaktadır. Ayrıca bu kap çözeltiyi koyulaştırdığı - konsantre ettiği için konsantratör olarak da ifade edilmektedir. Üretilen sıcak suyun azami mertebesi 95°C'dir.

Absorber : Evaporatörde hasil olan soğutucu akışkan buharı; absorberdeki daha düşük basınçtan dolayı absorbere akar. Absorberdeki bu düşük basınç; konsantre absorbent çözeltisinin (kuvvetli çözelti) soğutucu akışkan buharının molekülleri üzerine çok güçlü bir çekim kuvveti göstermesi ile meydana gelmiştir.

Soğutucu akışkan buhar moleküllerine büyük bir çözelti yüzeyi kazandırmak, dolayısıyla hızlı bir yoğunlaşma prosesi oluşturmak için absorbent çözeltisi, absorbere püskürtülür. Absorberde üç çeşit ısı tahliye edilmektedir :

1. Absorbentin içindeki, buhar yoğunlaşmasından kaynaklanan yoğunlaşma ısısı,
2. Su buharının absorbentle birlikte çözeltiye katılması sırasındaki seyreltme ısısı,
3. Duyulur ısı.

Bu ısıları absorberden uzaklaştırılmak ve absorber içinde sabit bir sıcaklık sağlamak için, absorbent çözeltisi absorbere püskürtüldükten sonra bir soğutma serpantininin üzerinden akıtılır. Serpantin içerisinde absorberde oluşan ısıları tahliye edecek soğutma suyu dolandırılmaktadır.



Şekil -2. Tek etkili, H₂O-LiBr akışkan çiftli absorpsiyonlu soğutma makinası

Evaporatör : Klimatize edilen ortandan dönen 13 °C sıcaklıktaki soğutulmuş su, evaporatörde 8 °C civarında soğutulur ve tekrar klimatize edilecek ortama gönderilir. Evaporatör tabanındaki sıvı soğutucu akışkan; bir transfer pompasıyla emilerek, evaporatör üzerindeki bir fıskiyeğe gönderilir. Transfer pompası – fıskiye ikilisi, evaporatör içerisinde akışkanlar arasında daha yüksek bir ısı transferi tesis eder. Mekanik sıkıştırımlı soğutma çevrimindeki gibi; absorpsiyonlu makinenin de soğutma kapasitesi, evaporatördeki basınca bağlı olup, bu basınç evaporatör sıcaklığını belirler.

Çözelti ısı değiştiricisi : Fiziki olarak birbirinden ayrılmış fakir ve zengin çözeltiler arasında ısı transferi sağlar. Jeneratörün ısı verimini yükseltir.

Kondenser : Sistemin yüksek basınç bölgesinin ikinci temel elemanıdır. İçerisinde buhar halindeki soğutucu akışkanın (R718) ısısının suya verilmesiyle sıvılaştığı yerdir.

3. SİSTEMİN ÇALIŞMASI

Şekil -1 'de akış şeması ve Şekil -2 'de kurulu düzeni görülen sistemin çalışma prensibi şöyledir : absorberden çıkıp bir pompa vasıtasıyla ısı değiştiricisinden geçerek ısınan LiBr

bakımından fakir çözelti, jeneratöre gelir. Burada dışarıdan verilen tahrik ısıyla soğutucu akışkan büyük oranda buharlaşarak çözülden ayrılır. Ayrılan soğutucu akışkan buharı, kondensere girer. Kondensere giren soğutucu akışkan buharı burada yoğunlaşarak sıvı hale gelir. Bu esnada dışarıya ısı atılır. Yoğuşma basıncı, bağıl olarak buharlaşma basıncından büyüktür. Her iki basınç değeri atmosfer basıncının altındadır. Kondenserden tamamen yoğuşmuş olarak çıkan soğutucu akışkan basıncı, bir kısılma aygıtı marifetiyle düşürülerek evaporatöre girer. Evaporatörde genişerek ortamdan ısı alır. Evaporatörden doymuş buhar halinde çıkan soğutucu akışkan absorbere girer. Jeneratörde çözelti içindeki soğutucu akışkan buharının ayrılmasıyla LiBr bakımından zenginleşen çözelti ısı değiştiricisinden geçip fakir çözüteye ısı verdikten sonra absorbere girer. Çözeltinin basıncı bir valf marifetiyle absorber basıncına düzeylenir. LiBr ' ce zengin çözelti evaporatörden gelen soğutucu akışkan buharını absorbe eder.

3.1. Sistemin Performans Parametrelerinin Hesaplanması

İsi tahrikli absorpsiyonlu çevrim, temel olarak evaporatör, kondenser, jeneratör ve bir absorberden meydana gelir. Bu komponentlere ait temel işletme sıcaklıkları t_B , t_A , t_C ve t_G ' dir. Sistemin durumunu tayin etmek için çalışılacak bağımsız değişken sayısı Gibbs ' in fazlar prensibi ile belirlenir.

$$F = n - f + 2 \quad (1)$$

Burada; F, bağımsız değişkenlerin sayısı, n, karışımdaki bileşen sayısı ve f ise faz sayısıdır. Bu bağıntıyla; iki bileşenli ve iki fazlı bir absorpsiyonlu sistem için serbestlik derecesi, $F = 2$ olduğu anlaşılmaktadır.

Eğer, işletme değişkenlerinden iki tanesi serbest değişken olarak seçilirse, akışkan çifti (H₂O – LiBr) için diğer şartlar, termodinamik denge verileri marifetiyle tespit edilir. Örneğin; absorpsiyonlu sistemin durumunu tayin için; P, t ve C bağımsız değişkenlerinden herhangi ikisi seçilebilir: $P = f(t, C)$ ve $t = f(P, C)$ gibi^[4].

Sistemin termodinamik analizinde sistemin şu performans parametreleri hesaplanacaktır:

- Akış oranı (FR)
- Çevrimin soğutma tesir katsayısı (COP_C)
- Çevrimin ısıtma tesir katsayısı (COP_H)

Sistemin akış oranı (FR); çok önemli bir tasarım parametresi olup boyutsuz bir değere sahiptir. Absorberdeki kütleli debinin, soğutucucu akışkanın kütleli debisine oranıdır :

$$FR = m_A / m_{718} \quad (2)$$

4. VAKUMLAMANIN YAPILMASI

E 02 'nin vakumlanması için kullanılan makine ve aparatlar şunlardır:

Vakum pompası ve manifold set.

Makinanın içi vakum pompasıyla 800 mbar 'a kadar emdirilir.

4.1. Sızdırmazlık

Vakumlamadan sonra istenmeyen maddelerin sistemin içerisine tekrar sızmaları, iyi yapılmayan bağlantı yerlerinden (vidalı, kaynaklı bağlantılar) gerçekleşir. Bunun

önlenmesi; iyi yapılmayan bağlantıların somut biçimde tespit edilmesiyle olur. Bu da sızdırmazlık testi ile gerçekleşir. Sızdırmazlık testi için, sistemin içerisine uygun bir gaz akışkanla basınçlama yapılır. H₂O – LiBr ‘li makinelerde basınçlama için R12 + N₂ gaz bileşimi tavsiye edilmektedir¹⁵¹. E 02 ‘nin içerisine R12 gazı verilerek basınçlama yapıldı. Basınç değeri 600 mbar ‘dır. Bağlantı yerleri manometre yardımıyla ve sabun köpüğü kullanılarak test edildi.

5. ÇALIŞTIRMA ÖNCESİ ÖNLEMLER

H₂O – LiBr absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde ; çevrimin sıhhatli çalışması bakımından alınması gereken başlıca önlemler şunlardır :

1. Sistem içerisindeki atmosferaltı basınç durumu muhakkak korunmalıdır. Bu önlemin faydası :
 - a) Evaporatördeki buharlaşmanın mümkün ve sürekli kılınması,
 - b) Soğutma devresi içerisinde muhtemel yoğuşamayan gazların uzaklaştırılması.

Kuvvetli - derişik çözelti ; absorpsiyon kabiliyeti kuvvetli anlamındadır. Zayıf veya sulandırılmış – seyreltik çözelti absorpsiyon kabiliyeti zayıf anlamındadır. Literatürde kuvvetli (konsantrasyonu fazla) anlamında telaffuz edilen sulu çözelti içerisindeki LiBr % ağırlık oranı maksimum bir değeri (%65) aştığı taktirde çözelti içerisindeki LiBr kristalleşmeye (katılaşmaya) başlar ve akışkan trafiğini felce uğratar, sistemin bir manada çökmesine neden olur.

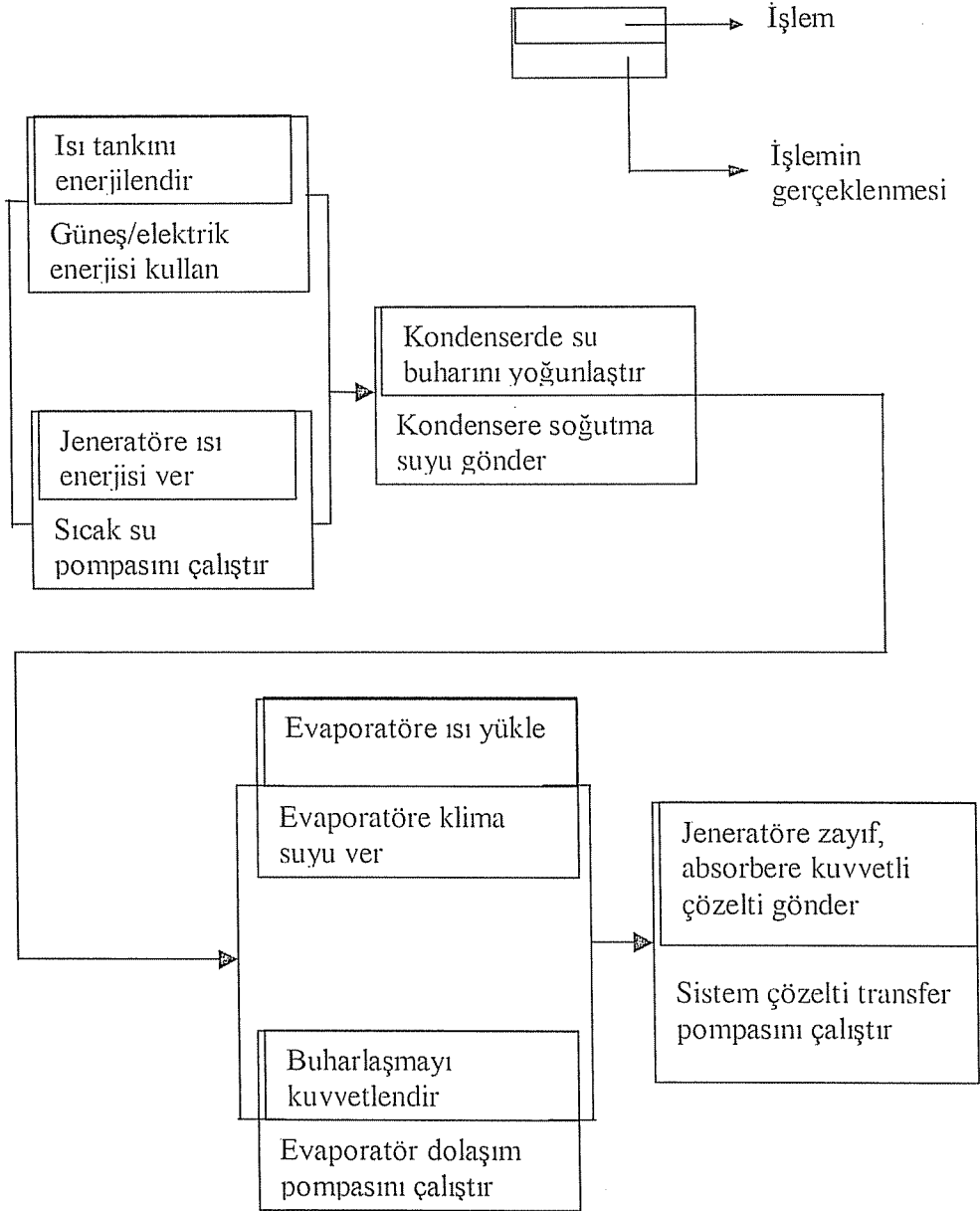
Sızdırmazlığı sağlanmış,ısı tahrik testi yapılmış, çözelti ve soğutucu akışkanla doldurulmuş sistemi çalıştırmak için, aşağıda Şekil -3 ‘te görülen akış diyagramındaki işlem adımları uygulanmıştır. Çizelge -1 ‘de ise sistem dolun oranları ifade edilmiştir.

Çizelge –1 Sistem eleman hacimleri ve öngörülen akışkan miktarları

	Yaklaşık hacmi (litre)	Öngörülen sıvı hacmi (litre)	Oran %
Evaporatör	12	3,6	30
Kondenser	12	3,6	30
Absorber	12	3	25
Isı değiştiricisi	1,3	1	77
Jeneratör	12	12	30
Toplam	49,3	14,8	30

E 02 için dolun miktarı : 11 litre (10580 cm³) LiBr sıvı çözeltisi 4 litre (4000 cm³) R718 (saf su) öngörüldü. Dört litre suyun sadece bir litresinin buharlaştırabileceği öngörülürse çevreden yaklaşık olarak saatte 10520 kcal=3,5 tonluk bir ısının absorplanabileceği hatırd tutulmalıdır H₂O – LiBr akışkan çiftli, tek etkili absorpsiyonlu makinesinin 2001 sonu itibariyle tasarımı ve yapımı sürdürülerek bitirilmiştir. Makine ile ilgili konstrüktif hesaplar (jeneratör, evaporatör, vb) absorpsiyon teknolojisinde ilk olma özelliğini taşımakta olup, keza E02 bu sahada bir ilktir. Konstrüktif çizimler hazırlanarak boyutlandırıldı. Lüzumlu testlerden sonra (hidro test, vakum ve sızdırmazlık testi,

izalasyon) ısı tahrik testine geçildi. Yapılan çalışmalar sonunda maksimum 95 °C mertebesinde bir ısı enerjisinin sisteme verilebileceği anlaşıldı. Deneysel çalışmaların kış sonunda ve bahar aylarında yapılmasından dolayı güneş enerjisinden sınırlı oranda yararlanıldı. Güneş enerjisinin ısı tahrik miktarı yaklaşık % 34 civarında kalmıştır. Sistemin soğutma tesir katsayısı (COP)_c 0,7 civarında elde edilmiştir.



Şekil-3. Sistemin çalıştırılması

6. SONUÇ

Çizelge –2 Sistem performansının benzer çalışmalarla karşılaştırılması

	Grossman	ASHRE, 1983	Ziegler, 1990	Bu çalışma
t_G °C	82	95	90	90
t_E °C	7.2	6.7	5.0	10
t_C °C	30	30	28	30
$(COP)_C$	0.71	0.65-0.70	0.72	0.68

$H_2O-LiBr$ akışkan çiftli, tek etkili $E02$ absorpsiyonlu makineden 0.68 olarak elde edilen soğutma tesir katsayısı $(COP)_C$ daha önceki sonuçlara yakın bir değer olarak görülmektedir. Tek etkili, küçük kapasiteli absorpsiyonlu çevrimlerin soğutma performans katsayılarının 0.5 civarında olduğu ve çift etkili sistemlerin COP_C lerin 0.6-1.1 arasında kaydedildiği düşünülürse; bu sonuç başarı kabul edilir. Çizelge-2 de bu çalışmadan elde edilen performans değerinin, daha önceki ve aynı ölçekteki çalışmalarla olan mukayesesi verilmektedir. Burada; t_G , t_E ve t_C , sırasıyla jeneratör, evaporatör ve kondenser durum sıcaklıklarıdır.

7. KAYNAKLAR

1. Kurdoğlu, Y., "Güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu soğutma çevriminin tasarımı, işletilmesi ve performansının araştırılması", 119s, 2002.
2. Thioye, M., "Performance study of cooling systems using Low - grade heat energy for refrigeration", *Int. Journal of Refrigeration*, 20/4, 283-294, 1997.
3. Stoecker, W.F. and Jones, J.W., "Refrigeration and Air Conditioning", McGraw - Hill Book Company, New York, 1982.
4. Eiasa, M.A.R., Devotta, S. and Holland, F.A., "Thermodynamic design data for absorption heat pump system operating on $H_2O-LiBr$ ", *Applied Energy*, Vol. 24-25, Part 1-2-3, 1986.
5. Koonce, J.H., PataLita, L.L. and Scicchitano, M.A., "Air-Conditioning Equipment, Maintenance of Service Equipment", Carrier Air Conditioning Company, Syracuse, N.Y. 8/35, 1989.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003ANAEROBİK BİYOTEKNOLOJİK ARITMANIN KAĞIT ENDÜSTRİSİ
ATIKSULARINA UYGULANMASI

Ahmet YÜCEER, Mesut BAŞIBÜYÜK ve Turan YILMAZ
Ç.Ü., Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
ayuceer@mail.cu.edu.tr

ÖZET : Bu çalışmada endüstriyel atıksuların anaerobik olarak arıtılmasında hurda kağıttan kağıt üreten bir fabrikanın atıksuları kullanılarak bir örnek çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada anaerobik reaktörlerin gerçek şartlar altında ki davranışlarının izlenebilmesi amacıyla özellikle gerçek kağıt endüstrisi atıksuları kullanılmıştır. Bu amaçla biri mezofilik (35 °C de) ve diğeri termofilik (55 °C de) olmak üzere iki adet anaerobik reaktör dizayn edilmiştir. Reaktörler tamamıyla aynı boyutta (1.11 L) dizayn edilmiş ve çalışma şartlarının tamamıyla birbirinin aynısı olması sağlanmıştır. Buna göre KOİ, AKM, NH₄⁺, pH, alkalinite ve biyogaz (CH₄ ve CO₂) verimi gibi bazı temel parametreler takip edilerek reaktörlerin performansları karşılaştırılmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hem mezofilik reaktör ve hem de termofilik reaktör kağıt endüstrisi atıksularının arıtımında başarıyla kullanılmıştır. Ancak yüksek organik yükleme oranlarında termofilik reaktörün performansının daha iyi olduğu gözlenmiştir. Reaktörlerin KOİ giderme verimi %70-85 arasında değişmiş ve artan organik yükte azalmıştır.

1. GİRİŞ

Endüstriyel atıksuların arıtımı genel olarak zor olup, çoğu zaman özel arıtma yaklaşımları gerektirmektedir. Endüstriyel atıksuların içerdikleri kompleks kimyasal maddeler ve bunların kendi aralarında gerçekleştirdikleri çeşitli kimyasal reaksiyonlar arıtımı daha da güç bir hale getirmektedirler. Ülkemizde endüstriyel atıksuların arıtımında çoğu zaman aktif çamur arıtma yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemle yapılan arıtmada atıksu yeterince arıtılamamakta ve arıtma işleminden sonra atıksuda biyolojik parçalanmaya karşı dayanıklı olan çeşitli organik maddeler arıtma tesisine girdiği gibi çıkmakta ve bu da atıksuda karşımıza yüksek Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) olarak çıkmaktadır. Bununla ilgili olarak yapılabilecek en iyi karşılaştırma KOİ/BOİ (biyokimyasal oksijen ihtiyacı) oranıdır. Örneğin aktif çamur arıtma yöntemi ile kolayca parçalanmayan evsel atıksularda KOİ/BOİ oranı 2 civarında iken tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksularda bu oran 4-5 civarındadır [1]. Bu da bize bu tür endüstriyel atıksuların biyolojik olarak parçalanmaya karşı dayanıklı olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde kağıt endüstrisi atıksuları da diğer bazı endüstrilerde olduğu gibi biyolojik parçalanmaya karşı oldukça dayanıklı bir takım kimyasal maddeleri içermektedir. Bu durumda, bu sektöre de aktif çamur yöntemi uygulandığında sonuç yine yüksek KOİ/BOİ oranı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Avrupa Birliğine bağlı ülkelerde bu tür endüstriler için oldukça katı deşarj standartları uygulanmaktadır. Özellikle kağıt ve tekstil endüstrilerinden kaynaklanan ve biyolojik olarak parçalanmaya karşı dayanıklı maddelerin başında çeşitli boyar maddeler gelmektedir. Ülkemizde batı ülkeleri standartları ile kıyaslandığında hali hazırda uygulanan deşarj standartları daha esnek durumdadır. Ancak Avrupa Birliğine giriş sürecinde ve özellikle Avrupa ile ilgili ticari ilişkilerde batı normlarında uygulanan standartların yakın gelecekte ülkemizde de uygulanmasının kaçınılmaz olacağı görülmektedir. Bu da bu tür atıksuların arıtılmasında özel yaklaşımların aranmasına neden olacaktır.

Bu amaçla endüstriyel atıksuların arıtımında anaerobik biyoteknoloji uygun bir arıtma yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun çeşitli nedenleri vardır. Bunlar; zor parçalanmayan organik maddelerin bu yöntemle daha kolay parçalanması, daha ekonomik olması, daha kısa sürede daha fazla miktarda organik maddeyi parçalaması gibi bir takım avantajlar olarak sayılmaktadır. Bu amaçla genelde 35 °C de çalışan mezofilik anaerobik reaktörler kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar 55 °C de çalışan termofilik reaktörlerin performansının daha da iyi olduğunu göstermiştir [2]. Ancak bu amaçla yapılan çalışmaların pek çoğu sentetik atıksular kullanılarak gerçekleştirilmiştir [3]. Bu nedenle gerçek endüstriyel atıksularla yapılan çalışmalar çok daha önemli ve doğrudan uygulamaya dönük sonuçlar vermektedir.

Bu çalışmada hammadde olarak hurda kağıdın kullanıldığı bir kağıt fabrikasından elde edilen atıksularla gerçekleştirilmiş bir arıtma, endüstriyel atıksuların arıtımına anaerobik biyoteknolojinin uygulanmasına bir örnek olarak verilmiştir. Çalışmada bir adet mezofilik ve bir adet termofilik anaerobik olmak üzere iki adet reaktör kullanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Atıksu Özellikleri

Bu çalışmada kullanılan atıksu Adana Organize Sanayi Bölgesinde atık kağıttan kağıt üretimi yapan bir fabrikanın atıksuyu kullanılmıştır. Atıksu düzenli olarak alınmış ve her seferinde karakterizasyon çalışması yapılmıştır. Çizelge 1 tipik atıksu değerlerini göstermektedir.

Çizelge 1. Atıksu Karakterizasyonu

Parametre	Konsantrasyon
pH	7
Sıcaklık (⁰ C)	23
Toplam KOİ (mg/L)	1972
Çözünmüş KOİ (mg/L)	1824
AKM (mg/L)	3100
Çökelme Sonrası AKM (mg/L)	205
Alkalinite (mg/L CaCO ₃)	350
Toplam Sertlik (mg/L CaCO ₃)	500
Ca ⁺² (mg/L)	150
Mg ⁺² (mg/L)	30,45

Elde edilen karakterizasyon sonuçlarına göre atıksuya temel ve eser halindeki besin maddeleri ilavesi yapılmıştır.

2.2. Anaerobik Filtreler

Çalışmada birbirinin aynısı iki adet yukarı akışlı anaerobik filtre kullanılmıştır. Anaerobik filtrelerin iç çapı 7,2 cm, yüksekliği 45 cm olan cam kolondan yapılmıştır. Reaktörlerin dışına ısıtmayı sağlamak için cam su ceketini yerleştirilmiştir. Reaktörlerin tabanından 5 cm yüksekliğe homojen su dağıtımını sağlamak için 0,5 cm çapında delikleri olan bir plaka yerleştirilmiştir. Reaktörlerin çalışma hacmi (toplam sıvı hacmi) 1,11 L ve paket malzemesi (1,2*1,2 cm) seramik halkalardan oluşmuştur.

Reaktörlerin aşılmasında Efes Pilsen Güney Biracılık ve Malt Sanayi AŞ.'ye ait anaerobik arıtma tesisinden alınan anaerobik çamur kullanılmış olup kimyasal bileşimi Çizelge.1.'de verilen sentetik atıksuyla %30V/V oranında karıştırılarak reaktöre verilmiştir. Bu şekilde 2 gün aynı su devir daim yapıldıktan sonra taze hazırlanmış sentetik atıksu ile 10 gün süreyle 24 saat bekletme süresinde reaktörün adaptasyonu sağlanmıştır. Reaktörlerden birinin şekli Şekil 1'de verilmiştir.

2.3. Deneysel Çalışma

Çalışma süresince atıksu haftalık olarak fabrikadan alınmıştır. Atıksu analizleri yapıldıktan sonra KOİ konsantrasyonuna göre hidrolik bekleme süresi (HRT) ayarlanarak istenen organik yükleme hızı sağlanmıştır. Reaktörlere ortalama 1, 2, 2.6, 5.7 ve 8.3 olmak üzere 5 adet organik yük uygulanmıştır. Her bir organik yüklemeye 2 hafta süreyle devam edilmiştir. Bu süre içerisinde giriş ve çıkış KOİ'leri ve çıkış suyundaki pH, alkalinite, askıda katı madde (AKM), NH₄-N analizleri günlük olarak yapılmıştır. Ayrıca reaktörlerin ürettiği biyogaz günlük olarak toplanmış ve biyogaz

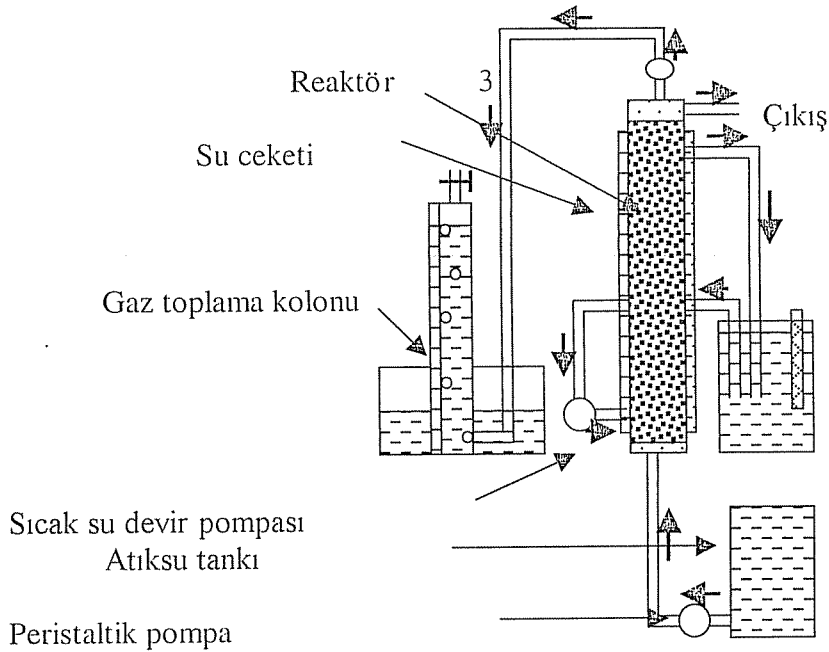
bileşeni (CH_4 ve CO_2) ölçülmüştür. Biyogaz konsantrasyonu Perkin Elmer Auto System XL Model gaz kromatografisiyle ölçülmüştür. Debideki salınımları izlemek için günlük olarak debi ölçülerek HRT kontrol altında tutulmuştur.

2.4. Atıksu Analizleri

Çalışmada gerçekleştirilen bütün deneyler Standart Metotlara göre gerçekleştirilmiştir [4]. Tüm deneyler hata payını en aza indirmek için iki defa tekrarlanmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır.

3. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma 6 aşamadan oluşmuştur. Her bir aşamada farklı organik yükleme (OLR) reaktörlere uygulanmıştır. Organik yükleme oranı biyolojik reaktörlere birim zamanda yüklenen organik madde miktarını ifade etmektedir. Bu nedenle reaktörlerin performansının değerlendirilmesinde önemli bir parametredir. Söz konusu çalışmada her iki reaktörün de artan organik yüklemelerde nasıl davrandıkları izlenmiş ve bu amaçla organik yükler her bir aşamada artırılmıştır.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan reaktörlerden biri ve reaktör elemanları

Uygulanan organik yüklemeler ve hidrolik bekletme süreleri Çizelge 2 de verilmiştir.

Anaerobik reaktörlerin çalışmalarının izlenmesinde kullanılan bir diğer önemli parametre de alkalinite'dir. Alkalinite, proteinlerin ve sülfatlı bileşiklerin anaerobik parçalanması sırasında oluşur. Üretilen bu alkalinite reaktörde zaman zaman hızlı bir şekilde metabolize edilemeyen yağ asitlerini nötralize etmek için yeterlidir. Ancak

yüksek organik yüklemelerde asit oluşumunun metan oluşumundan 5 kat hızlı olmasından dolayı asit birikmesi olur ve pH'nın düşmesi metanojenik aktiviteyi inhibe eder. Bu yüzden ek bir alkalinite beslemesi gerekebilir. Bu çalışmada kullanılan atıksu alkalinite üretecek özellikte olmamasından dolayı çalışma boyunca bütün organik yüklemelerde her 1 mg/L KOİ başına yaklaşık 2 mg/L NaHCO₃ alkalinitesi yüklemesi yapılmıştır.

Çizelge 2. Reaktörlerin hidrolik bekleme süreleri ve organik yükleme oranları

Aşamalar	Mezofilik reaktör		Termofilik reaktör	
	HRT (gün)	OLR (kg KOİ/m ³ gün)	HRT (gün)	OLR (kg KOİ/m ³ gün)
I	1.00	1.08 ± 0.05	1.01	1.07 ± 0.05
II	0.71	1.72 ± 0.07	0.73	1.87 ± 0.07
III	0.64	2.40 ± 0.17	0.64	2.62 ± 0.18
IV	0.44	5.31 ± 0.42	0.45	5.59 ± 0.38
V	0.32	7.93 ± 1.40	0.33	8.41 ± 0.48
VI	0.25	11.38 ± 0.32	0.25	12.25 ± 0.33

Çıkış suyunda ölçülen alkalinite konsantrasyonları bir anaerobik arıtma çıkışı için normal değerdedir. Ancak giriş suyundaki yüksek kalsiyum konsantrasyonu (150 mg/L) anaerobik filtrelerin genel problemlerinden biri olan CaCO₃ çökmesinden dolayı taşlaşmaya neden olacaktır. Bu çalışmada herhangi bir taşlaşma problemine rastlanmamıştır ancak uzun süreli işletimlerde bu sorun ortaya çıkabilir. Böyle durumlarda kalsiyumun çöktürülmesi gerekebilir. Çıkış suyunu, giriş suyuna karıştırarak, çıkış suyunun içerdiği alkaliniteyle CaCO₃ çökmesi sağlanabilir [5, 6].

Atıksuyun yüksek konsantrasyonlarda NH₄ veya protein içermesi durumunda, NH₃ toksisitesi problemi meydana gelebilir. Özellikle yüksek pH'larda NH₄⁺'ün iyonlaşmamış amonyaka (NH₃) dönüşmesinden dolayı sistem inhibe olur. Optimum deney şartlarında anaerobik bir reaktör, 850 mg/L NH₄-N'i (nötr pH'da 84 mg/L NH₃-N) proses performansında herhangi bir düşme olmaksızın tolere edebilir [7]. Yapılan deneylerde NH₄⁺ konsantrasyonunun bu derece yüksek konsantrasyonlara ulaşmadığı gözlenmiştir.

Askıda katı madde (AKM) anaerobik filtrede tıkanmalara neden olacağından, AKM'nin çöktürülmesi gereklidir. Bu çalışmada atıksuyun AKM'si çöktürüldükten sonra reaktöre beslenmiştir. AKM yarım saatlik bir çöktürme süresinde 3000 mg/L gibi değerlerden 200 mg/L gibi değerlere düşmektedir. Bu konsantrasyondaki AKM'de çalışma boyunca herhangi bir tıkanmaya yol açmamıştır.

Çalışma boyunca giriş ve çıkış suyunda filtre KOİ ölçülerek KOİ giderim verimleri yüzdelik değerler olarak hesaplanmıştır. Reaktörlerin KOİ giderme verimlerinin %70-85 arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 3). Beşinci yükleme hariç KOİ giderme verimlerinin artan organik yükleme oranı ile azda olsa azaldığı görülmektedir. Literatür bilgilerine göre de artan organik yükleme oranına göre KOİ giderme verimlerinin azalması beklenmektedir [3, 4, 8, 9]. Ancak KOİ giderme verimlerinde bu şekilde düzenli bir azalma gerçekleşmemiştir.

Çizelge 3. Reaktörlerin KOİ giderim verimleri ve ortalama biyogaz üretimleri

Aşamalar	Mezofilik reaktör		Termofilik reaktör	
	KOİ Giderimi (%)	Ortalama metan Üretimi (%)	KOİ Giderimi (%)	Ortalama metan üretimi (%)
I	82	56	78	63
II	84	64	84	68
II	78	67	75	67
IV	76	67	78	66
V	83	66	82	67
VI	77	65	80	66

İkinci organik yükleme oranında, birinci organik yükleme oranından az da olsa daha yüksek giderim verimleri elde edilmiştir. Üçüncü ve dördüncü organik yükleme oranlarında giderme verimlerinde bir azalma gerçekleşmiş fakat beşinci ve altıncı organik yükleme oranında tekrar bir artış olmuştur. Bunun nedeni atıksuyun parçalanabilme özelliklerindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği öngörülmektedir. Reaktörlerin metan verimleri de takip edilmiş ve her iki reaktörün de yüksek metan verimi sağladığı görülmüştür (Çizelge 3).

4. SONUÇLAR

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre her iki anaerobik reaktörün de yüksek KOİ giderim verimleri sağladığı görülmüştür. Ayrıca deneysel çalışmalar süresince yapılan gözlemler gerçekleştirilen ölçümlere göre özellikle termofilik reaktörün daha iyi verim sağladığı ve yüksek organik yüklemeleri daha iyi tolere ettiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre kağıt endüstrisi atıksuları için anaerobik biyoteknolojinin iyi bir alternatif olabileceği görülmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Başibüyük, M. and Forster, C.F., "The use of sequential anaerobic/aerobic processes for the biotreatment of a simulated dyeing Wastewater Environmental Technology 18, 843-848, (1997).
2. Ahn, J.H. and Forster, C.F., "A Comparison of Mesophilic and Thermophilic Anaerobic Upflow Filters Treating Paper-Pulp Liquors", Process Biochemistry. 38. 257-262, (2002).
3. Ahn, J.H. and Forster, C.F., 2000. "Kinetic Analyses of the Operation of Mesophilic and Thermophilic Anaerobic Filters Treating a Simulated Starch Wastewater", Process Biochemistry. 36, 19-23, (2000).
4. Clesceri, L.S., Greenberg, A.E. and Eaton, A.D. (Eds), "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 20th edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Federation, Washington, D.C. (1998).
5. Moosbrugger, R.E., Wentzel, M.C., Ekama, E.A., Marais, G.R., "Grape Wine Distillery Waste in UASB Systems-Feasibility Alkalinity Requirements and pH Control", Water S. A., Vol. 19, 53, (1993).

6. Ferguson, J.F., Eis, B.J., Benjamin, M.M., "Neutralization in Anaerobic Treatment of an Acidic Was. Wat. Sci. Tech.", 15, 339-354, (1983).
7. Henze, M. and Harremous, P., "Anaerobic Treatment of Wastewater in Fixed Film Reactors: a Literature Review", Water Science and Technology. 15, 1-101, (1983).
8. Kabdaşlı, N.I., Tünay, O. and Eldem, N., "Treatability of Wastepaper Pulping Process Wastewaters", Proceedings of 51st Industrial Waste Conference, Purdue University, May 1996, 645-650, West Lafayette, USA, May, 1996.
9. Tünay, O., "Endüstriyel Kirlenme Kontrolü", İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, Sayı 1578, İstanbul, (1996).
10. Speece, R.E., "Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewater", Vanderbilt University, USA, 1996.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

SALAMURALIK YEŞİL ZEYTİN SINIFLANDIRMA VE KIRMA MAKİNESİ

Selçuk MİSTİKOĞLU

M.K.Ü., Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Hatay/Türkiye

Ümit GÜNAY

M.K.Ü., İskenderun Meslek Yüksekokulu, İskenderun/Türkiye
smistik@mku.edu.tr umitgunay@postamatik.com.tr

ÖZET : *Bu çalışma ile bölgesel yeşil zeytin türlerini işlemeye uygun bir makine tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Zeytin işleme konusu, iki bağımsız tasarım konusu olarak ele alınmış olup, zeytin sınıflandırma ve kırma işlemi olarak bölünmüştür. Her bir işlem ayrı ayrı analiz edilmiş ve uygun bir mekanik sistem önerilmiştir. Daha sonra, önerilen sistemler tek bir makine tasarımında birleştirilmiş ve resmi olarak kayıtlı olan tüm zeytin türlerini sınıflandıran ve kırma işlemini yapan makine modeli elde edilmiştir.*

Mekanik sistemin tasarımı zeytinlerin fiziksel özelliklerinin modellenmesi ile başlamaktadır. Bu çalışmanın sonucunda zeytin tanelerinin geometrik ve matematiksel modelleri tasarımı yapılan sistemin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Elde edilen geometrik model zeytin tanelerinin boyutlarına göre gruplandırılmasında kullanılmış olup, bu sayede mekanik olarak işlenip kırılacak olan zeytinlerin gruplarındaki boyut değerlerinin dar sınırlar içinde kalması ihtiyacı karşılanmıştır. Zeytinlerin mekanik özellikleri ise kırma işlemi için araştırılmış olup, zeytinin etenesinin işlenmesi ancak çekirdeğinin kırılmaması durumunun sağlanması için kullanılmıştır. Kırma sistemi, bu işlemi zeytinler üzerine sınırlı bir kuvvet uygulayarak ve gerektiğinde merdaneler arası açıklığı otomatik olarak artırarak gerçekleştirmektedir.

Geliştirilen sistem üzerinde yapılan deneyler sistem veriminin %96 lar civarında olduğunu göstermektedir ki; bu durum geliştirilen ilk model için oldukça iyi sonuçlardır.

1. GİRİŞ

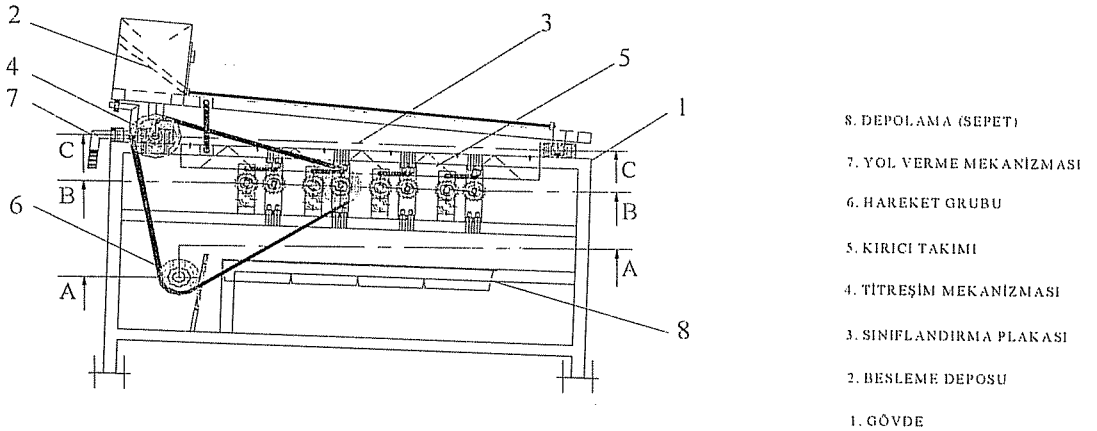
Bu çalışmada sofralık yeşil zeytinin Türk standardına göre sınıflandırmaya tabi tutan ve salamuralık yapılabilmesi için gereken kırma işlemini yapan bir makinenin tasarımı ve imali amaçlanmıştır.

Ülkemizde ve özellikle bölgemizde yoğun olarak yetiştirilen ve salamuralık yeşil zeytin olarak değerlendirmeye uygun olan çeşitlerin mekanizasyona tabi tutulması için gereken fiziksel özelliklerinin tespiti yapılmıştır [1]. Fiziksel özellikte kasıt, yeşil zeytin tanesinin geometrik boyutları, boy, en ve kütle boyutlarıdır [2]. Kütle-hacim ilişkisinden yararlanarak geometrik model oluşturulmuştur. Tespit edilen geometrik model boyutları ile TS 774/Şubat 1997’ de belirtilen standart sınıflandırma ilişkilendirilerek uygun bir sınıflandırma yapan mekanizma tasarlanmıştır. Sınıflandırma sonucu zeytin tanelerinin çekirdeğini kırmayan ve çekirdeği dinamik deformasyona uğratmadan salamuralık işlemine uygun hale getiren bir kırma ünitesi tasarlanmıştır. Tasarım mekanik bilimin ilkelerine uygun olarak prototip olarak imal edilmiştir.

2. SİSTEM TASARIMI

Sistem; sınıflandırma işlemini titreşim yapan mekanizma sayesinde, kırma işlemini ise dairesel hareket yapan profilli silindirik kırıcılar sayesinde gerçekleştirmektedir.

Sistem; Gövde (1), besleme deposu (2), sınıflandırma plakası (3), titreşim mekanizması (4), kırıcı takımı (5), hareket grubu (6), yol verme mekanizması (7) ve depolama (8) dan oluşmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Salamuralık Yeşil Zeytin Sınıflandırma ve Kırma Makinesinin komple ön görünüşü

2.1. Gövde Tasarım ve İmalatı

Gövdenin tasarımında, insanın beslenme deposuna rahatça ulaşabileceği yükseklik ön koşul olarak benimsenmiştir.

Gövde sabit ve hareketli olmak üzere iki parçadan oluşmaktadır. Sabit gövde üzerinde sınıflandırma plakasını, kırma ünitesini, depolama kaplarını ve elektrik makinesini taşımaktadır. Hareketli gövde ise besleme deposu ve sınıflandırma eleklerini

taşımaktadır. Hareketli gövde sabit gövdeye titreşim ünitesi aracılığı ile titreşim hareketi yapacak şekilde yataklanmıştır.

Genişlik ve boy seçiminde, tüm sistem elemanlarını içine alabilecek şekilde en küçük ölçüler kullanılmıştır. Gövde zeytin tanelerinin daha kolay hareketini temin etmek amacıyla zeminle 6,5 ° açı yapmaktadır.

Gövde imalinde ekonomik olması nedeniyle 30 x 30 x 12 mm boyutlarında profil malzeme kullanılmıştır. Profiller kaynakla birleştirilmiştir.

Sistemin titreşimle çalışması nedeniyle gövde beton zemine sağlam monte edilmiş ve zeminle ayaklar arasında gövdedeki titreşimi zemine aktarmasını önlemek amacı ile lastik pabuçlar yerleştirilmiştir.

2.2. Besleme Deposu Tasarımı

Besleme deposunun tasarımında, depoya dökülen zeytin kümesinin, besleme deposu haznesinde hiçbir yerde yığılma yapmadan ve sıralı bir şekilde sınıflandırma eleklerine hareketi amaçlanmıştır. Bunu sağlamak için besleme deposunun içerisindeki yönlendirici yüzeylere zeytin ve galvanizli sac arasındaki sürtünme açısını ve titreşim miktarını da dikkate alınarak açı verilmiştir.

Sınıflandırma eleklerine sıralı çıkışı sağlamak amacı ile depo çıkış kapağı 150 x 200 mm ölçülerinde yapılmıştır.

Besleme deposu sınıflandırma elekleri ile aynı düzlemde birlikte titreşim yapmaktadır. Besleme deposu tam dolu iken ortalama boyutlara göre 3,5 kg yeşil zeytini alma kapasitesine sahiptir. Deponun malzemesi 1 mm kalınlığından galvanizli sacdır.

2.3. Sınıflandırma Eleklerinin Tasarımı ve İmalı

Besleme deposu ile aynı düzlemde bulunan sınıflandırma eleklerinin tasarımında zeytin tanelerinin boyutlarına göre sınıflandırma amaçlanmıştır.

Sınıflandırma eleklerinin imalinde, 8 mm çapında soğuk hadde paslanmaz çelik çubuklar 8 mm aralıktan 24 mm aralığa gelecek şekilde sonlu uzunlukta açılı olarak dizilmektedirler. Çubuklar hareketli gövdeye iki lama aracılığıyla kaynaklı olarak bağlanmıştır. Zemine göre açılı olan çubuklar titreşim mekanizması aracılığıyla titreşim yapmaktadırlar. Yedi kanal olacak şekilde tasarlanan çubukların kanal sayısı artırılmak suretiyle sistemin kapasitesi de artırılabilir. Çubukların boyu artırılsa sınıflandırmanın seçiciliği de artmaktadır.

Besleme deposundan dökülen zeytin taneleri çubuklar üzerinde eğim ve titreşim sayesinde hareket ederler. Zeytin tanesi kendi eninin boyutuna uygun kanal aralığına düştüğünde sınıflandırma gerçekleşmiş olur. Düşen zeytin tanesi sınıflandırma plakaları aracılığı ile kırıcı takımına ulaşır.

TS 774 Sofralık Zeytin standardında; Salamuralık yeşil zeytin olarak kırma ve çizme tipinde işlenmiş olanlarda tane iriliğini aranmaz iken, zeytinlerin en küçük tanesi ile en büyük tanesinin yatay eksenleri arasında ki farkın en fazla 4 mm olmasını ön görülmüştür [3]. Bunun yanı sıra piyasada kırma veya çizme zeytinler kg' da ki zeytin adedine göre değerlendirilmektedir.

Tüm bu değerlendirmeler dikkate alınarak yapılan tasarımda;

8 – 10, 10 – 13, 13 – 16, 16 – 19, 19 – 22, 22 – 24 mm aralıkları olacak şekilde sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırmada 3 mm aralık değerleri esas alınmıştır.

8 – 10 ve 22 – 24 mm aralıklarında toplam kümede zeytin tanesi yoktur. Bu aralıklar salamuralık olarak işlemeye uygun olmayan boyutlar ve işlem dışı maddelerin (toz, taş, yaprak, vs. gibi) ayrılması amacı ile düşünülmüştür.

Sınıflandırma eleklerinin yan taraflarına bariyerler konulmak suretiyle zeytin tanesinin sınıflandırma eleklerinin dışına çıkması önlenmiştir. Bariyer malzemesi 1 mm galvanizli sac malzemedir olup profile sac vidası ile bağlanmıştır. Sac malzeme ile profil arasında silikon kullanılmak suretiyle titreşimden kaynaklanan gürültü azaltılmıştır.

2.4. Sınıflandırma Plakası Tasarımı ve İmali

Sınıflandırma işleminde sınıflandırma eleklerini geçen zeytin taneleri sınıflandırma plakası vasıtasıyla kırıcılara ulaşır. Yolluklar 1mm'lik galvanizli sacdan imal edilmiş ve gövdeye saç vidaları ile tespit edilmiştir. Ses yalıtımı amacıyla sac-profil arasında silikon yalıtıcı kullanılmıştır.

2.5. Titreşim Mekanizması Tasarımı ve İmali

Titreşim mekanizmasında titreşim; gövdeye yataklanmış ve elektrik makinesinden kayış-kasnak yardımıyla aldığı dönme hareketi ile dönen bir mil üzerine eksenini kaydırılmış bir disk bindirilmesi ile sağlanır. Diskin titreşim hareketini hareketli gövdeye tespit edilmiş sabit bilyalı yatak karşılamaktadır ve besleme deposu, sınıflandırma eleklerinin üzerinde bulunduğu düzleme titreşim hareketi yaptırmaktadır. Diskin verdiği itme hareketinin karşılığı iki tarafa yerleştirilmiş yaylar tarafından sağlanmaktadır. Bunun yanı sıra elektrik makinesinin ilk hareketini kolaylaştırmak için titreşim mili ve karşılık bilyasının irtibatını bir manivela kolu aracılığı ile kesmek için yol verme mekanizması tasarlanmıştır. Yaylar soğuk çekilmiş yay çeliğinden imal edilmiş ve ısıl işleme tabi tutulmuştur. Yataklar sabit bilyalı yatak (6202) olup, yatak gövdesi imalat çeliğinden imal edilmiştir.

2.6. Kırıcı Takımı Tasarımı ve İmali

Sınıflandırma işlemini geçen zeytin taneleri boyutlarına göre sınıflandırma plakası aracılığıyla kırıcı takımına gelir. Zeytin taneleri uygun profilli kırma merdanelerine girmek suretiyle kırma veya çizme işlemine tabi tutulurlar. Silindirik merdanelerin kırma kanalları profil freze çakısı ile çevrede yirmi kanal olacak şekilde imal edilmiştir. Zeytin yüzeyine aynı eksende basan girintili ve çıkıntılı profillerin baskısının rijitliği yay aracılığı ile sağlanır. Profilli kırma merdanelerinden biri sabit, diğeri ise hareketlidir. İki kırıcı dişli çark yardımıyla birbirine göre ters yönde dönmektedirler. Kırıcı merdanelerinden sabit olanı elektrik makinesinden kayış-kasnak aracılığıyla aldığı hareketle saat yönünün tersi yönde dönerken, diğeri dişli çark aracılığıyla saat yönünde dönerek zeytin tanelerini kavramaktadır. Kırıcı merdanelerin aralıkları zeytin çekirdeğinin boyutuna göre ayar civatası yardımıyla yapılır. Kırıcı merdanelerin baskı kuvveti zeytinin eti ile çekirdeğinin kırma baskı kuvvetine göre ayarlanmıştır. Yayın baskı kuvveti çekirdeğin kırıldığı baskı kuvvetinden küçük seçilmiştir. Zeytin

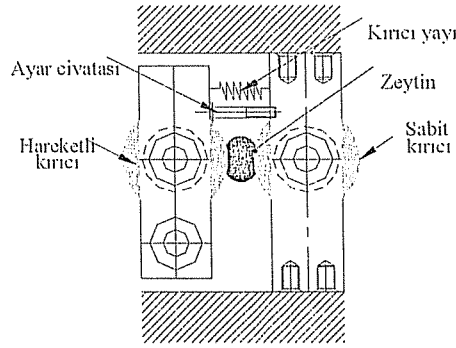
çekirdeklerinin kırma gerilmesi tek eksenli basınç deney cihazında yapılan deneylerle bulunmuştur.

Merdanelerin dönüş hızı denemelerle bulunmuştur. Merdaneleri taşıyan yatak gövdeleri imalat çeliğinden yapılmıştır. Yataklarda ekonomik olması nedeniyle 6202 sabit bilyalı yatak seçilmiştir.

2.6.1. Kırıcı Yayının Tasarımı

Kırma - çizme tipi yeşil zeytin işlemede kırıcıların aralıklarının uygun ayarlanmaması, kimi çeşitlerde zeytin tanesinin boyutu ile çekirdek boyutunun orantılı olmaması ve genel olarak zeytin tanesinin boyutsal düzensizliği nedeniyle kırma veya çizme işlemi zeytin çekirdeğini kırarak veya zedeleyecek şekilde yapılmaktadır [4]. Bu durum zeytin işlemede kusur oluşturmaktadır.

Bunu önlemek amacıyla tasarımda sabit kırıcılar yerine zeytin tanesinin boyutuna göre ayarlanmış ancak kırma işleminde zeytinin et kısmı yerine çekirdek ile temas ettiği bir yay yardımıyla açılabilen hareketli kırıcı sistemi öngörülmüştür (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Kırıcı takımı

2.7. Hareket Grubu Tasarımı ve İmali

Hareket aktarımı ucuz ve kolay bulunabilirlik faktörü düşünülerek 12,5 x 1625 mm boyutlarında V kayışı ile sağlanmaktadır. Kırıcılara giden hareket 90 mm çapında olan tek kanallı kasnak ile titreşim miline giden hareket ise çapı 125mm olan tek kanallı kasnak ile karşılanmaktadır. Elektrik makinesindeki hareket 90mm çapında olan kasnak tarafından dağıtılmaktadır. Kasnaklar millere 8mm çapında silindirik vidalı pimlerle bağlanmıştır.

2.8. Elektrik Makinesi

Elektrik makinesi iki kutuplu 2800 d / dak. hızla çalışan asenkron tipindedir. Bu tip makinelerin devirlerini ayarlamak için ya kutup sayılarının değiştirilmesi ya da elektrik makinesi hız kontrol cihazı kullanılması gerekmektedir. Kutup sayısını değiştirmek çeşitli hızlarda çalışmak için pratik değildir. Uygun çalışma devrini bulabilmek için devir sayısını değiştirmek gerektiğinden elektrik makinesi hız kontrol cihazı kullanılmıştır [5].

2.9. Yol Verme Mekanizması Tasarımı ve İmalı

Bu mekanizmanın görevi sabit gövde ile hareketli gövdeyi birbirinden uzaklaştırarak titreşim mili ile karşılık bilyasının temasının kesilmesi sonucu elektrik makinesinin ilk hareketini daha kolay yapmasını sağlamaktır.

Elektrik makinesi sadece kendi yükü ile gerekli dönme hızına ulaştığında yol verme mekanizmasının kolu yukarı kaldırılarak titreşim mili ile karşılık bilyasının teması gerçekleşir ve hareketli gövde titreşim yapmaya başlar.

Bu mekanizma elektrik makinesinin ilk hareketini kolaylaştırarak makineyi elektriki açıdan da korumaktadır. Kısa süreli iş bırakma durumları da bu mekanizma sayesinde elektrik makinesi kapatılmadan üretimi durdurmak mümkündür. Mekanizma; kumanda kolu, sabit gövdeye bağlı yatak, mafsalı mil, temas bilyası ve çekme yayından oluşmaktadır. Kumanda kolu, mafsalı mil kaynaklı birleştirme ile şekillendirilmiş imalat çeliğidir. Kumanda koluna tutmayı kolaylaştırmak amacı ile plastik tutamak takılmıştır. Temas bilyası ve sabit bilyalı yatak olarak 6202 Rulman kullanılmıştır. Yatak gövdesi imalat çeliğinden olup civata yardımıyla sabit gövdeye bağlanmıştır. Kolun hareketini kolaylaştırmak amacıyla çekme yayı kullanılmıştır.

2.10. Depolama

Polipropilen (PP) esaslı plastik maddeden imal edilmiş depolama kapları 2484 cm³ hacminde olup yığma yoğunluğuna göre minimum 1800 g zeytin depolamaktadır. Her kırıcı takımının altında bir kap bulunmaktadır.

3. SONUÇLAR

1. Tasarımlanan Salamuralık Yeşil Zeytin Sınıflandırma ve Kırma Makinesinin için en uygun sistematığın titreşim yapan bir mekanizma olduğu görülmüştür.

2. Tasarımlanan Salamuralık Yeşil Zeytin Sınıflandırma ve Kırma Makinesinin salamuralık yeşil zeytin tanesini irilik derecelerine göre altı kategoride sınıflandırmaktadır. Bu sınıflandırma 8-10, 10-13, 13-16, 16-19, 19-22, 22-24 mm en boyut ölçülerine yapılmaktadır. 8-10, 22-24 mm en boyut ölçülerindeki irilik derecesinde salamuralık yeşil zeytin tanesi bulunmadığından bu irilik dereceleri sınıflandırma dışı olarak kabul edilmiş ve diğer boyutlar irilik derecelerine göre küçükten büyüğe ikinci sınıf, birinci sınıf, ekstra ve lüks olarak adlandırılmıştır.

3. Tasarımlanan Salamuralık Yeşil Zeytin Sınıflandırma ve Kırma Makinesi için deney sonuçlarına göre en uygun elektrik makinesi devri 1044 devir / dakika dır.

4. Tasarımlanan Salamuralık Yeşil Zeytin Sınıflandırma ve Kırma Makinesinin yaklaşık % 96 verimle çalışmaktadır. Bu çalışmada hatalı sınıflandırma oranı (sh) % 2,26 dır.

5. Tasarımlanan Salamuralık Yeşil Zeytin Sınıflandırma ve Kırma Makinesinin 1 saatte 120 kilogram yeşil zeytin işleme kapasitesine sahiptir.

6. Tasarımlanan Salamuralık Yeşil Zeytin Sınıflandırma ve Kırma Makinesinin Sınıflandırmaya tabi olan tüm zeytin tanelerini fermantasyon için uygun miktarda kırıldığı gözlenmiştir.

4. ÖNERİLER

Salamuralık Yeşil Zeytin Sınıflandırma ve Kırma Makinesinin imali laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmiştir. Teknolojik imalat yöntemlerinin kullanılması verimin ve işleme kalitesinin daha yüksek seviyelere çıkmasını sağlayacaktır.

Bugünkü olanaklarla tasarımı iyileştirmek için önerilenler şu şekilde sıralanabilir.

1. Zeytin tanelerinin besleme deposuna daha düzenli akmalarını sağlayacak bir besleme bandının tasarımı ve imali önerilir.

2. Besleme deposunun malzemesinin hem sisteme ağırlık getirmemesi, hem de metalle zeytin tanesi arasında oluşabilecek kimyasal etkileşimlere karşı dayanımlı olması bakımından plastik esaslı bir malzemeden seçilmesi önerilir.

3. Besleme deposunun tek parça olarak imali veya zeytin tanesinin zedelenmesine neden olan birleşme yerlerinin daha özenli imali önerilir.

4. Sınıflandırma eleklerinin imalinde zeytinin asidik özelliğinden kaynaklanan malzeme etkileşimi dikkate alınmalı korozyona dayanımlı malzeme veya kaplama yöntemleri araştırılmalıdır.

5. Genel olarak sistemde; sistemin titreşim ile çalışması nedeniyle kaynaklı veya vidalı birleştirme ile yapılan imalat yöntemleri yerine tek parçadan oluşan imalat yöntemleri önerilir.

6. Genel olarak zeytin tanesinin temas ettiği kısımlarda metal ile olan etkileşimler dikkate alınmalı ve daha uygun malzeme olan plastik esaslı malzeme kullanılmalıdır.

7. Makinenin zemin ile teması titreşim nedeniyle daha titizlikle gerçekleştirilmelidir.

8. Hareketli kısımlar çalışma güvenliği bakımından koruyucu kaporta ile kapanmalıdır.

9. Dönen kısımların yataklamalarında sistemin rijitliğini artıracığından sabit bilyalı yatak yerine fiçi makaralı yatakların kullanılması önerilir.

10. Hareket ve kuvvet aktaran dişlilere uygun bir yağlama sisteminin geliştirilmesi önerilir.

11. Depolama kaplarının sabit olmasını yerine uygun taşıyıcı bantların tasarlanması salamuralık işleminin için sisteme süreklilik kazandıracığından önerilmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. ANONİM, "Standart Zeytin Çeşitleri Kataloğu", T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Yayınları, 107 s., Ankara, 1991.

2. Günay, Ü., "Salamuralık Yeşil Zeytin Sınıflandırma ve Kırma Makinesi", M.K.Ü. Fen Bil. Enst. Mak. Müh. Anabilim Dalı Y.Lisans Tezi, 139 s., Antakya, 2003.

3. ANONİM, "Sofralık Zeytin Standardı TS 774", T.S.E. Yayını, Ankara, 1997.

4. Özer, M., "Yeşil Zeytin Salamurası Yapılması", T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Yayınları, 28 s., Ankara, 1962.

5. Sarioğlu, K., "Asenkron Makineler" Cilt 3., 337 s., İstanbul, 1977.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003DOĞU ANADOLU FAYI PALU-HAZAR GÖLÜ SEGMENTİNİN
DEPREMSELLİĞİ

Hasan ÇETİN ve Hakan GÜNEYLİ

Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
cetinh@cukurova.edu.tr hguneyli@cukurova.edu.tr

ÖZET : Doğu Anadolu Fayı dünyanın en önemli kıta içi aktif transform faylarından biridir. Fayın Palu-Hazar Gölü segmenti üzerinde, geçmiş ve güncel aktivite incelenerek deprem potansiyeli ve benzer bölgelerdeki deformasyon hakkında bilgi edinmek amacı ile bir seri paleosismolojik kazı (trench) çalışması yapılmıştır. Mühendislik açısından bu tür bilgiler, fay yakınındaki yerleşim birimlerinde yaşayan yaklaşık 6 milyon insan ve bölgede inşaa edilmiş bir çok büyük baraj, hastane ve okulları içeren mühendislik yapıları için çok büyük önem taşımaktadır.

Çalışma sonuçları Palu-Hazar Gölü segmenti üzerinde yüzey kırığı oluşturan en son depremin $M_s=7.1 \pm 1874$ depremi olduğunu göstermektedir. 530 ve 1500-1550 yıl önce meydana gelen iki deprem segment üzerinde büyük ölçüde yüzey kırığı oluşturmuş ve bölgede büyük çapta hasara neden olmuştur. Segment için büyük depremler ($M \geq 7$) açısından minimum tekrarlama aralığı 100 \pm 35 yıl, maksimum tekrarlama aralığı ise 360 yıl olarak bulunmuştur. Yaşı 14.475-15.255 yıl olarak bulunan eski bir alüvyal yelpaze ve yine benzer yaşta olabilecek bir yelpaze üzerinde bulunan kuru bir dere yatağında sırasıyla 175 ve 160.5 m olarak ölçülen sol yönlü yanal atımlar kullanılarak segment üzerindeki kayma hızı ortalama 11 mm yıl^{-1} olarak bulunmuştur. Hazar Gölü yakınında düşey kayma hızı, Palu-Hazar Gölü segmenti için 5-6 mm yıl^{-1} olarak hesaplanmıştır. Bu değerler son zamanlarda yapılan GPS ölçümlerinden elde edilen değerlerin tamamı, jeolojik ve kinematik yöntemler ile elde edilen değerlerin ise bazıları ile uyusmaktadır.

Fayın oluşumundan bu yana kayma hızının sabit olduğu veya fazla değişmediği kabulüne dayanarak kayma hareketinin ne zaman başladığı saptanmaya çalışılmıştır. Buna göre segment için bulunan 11 mm yıl^{-1} 'lık kayma hızı ve segment üzerinde daha önceleri ölçülen 27 km'lik toplam sol yanal atım kullanılarak hareketin başlama yaşı 2.5 milyon yıl olarak bulunmuştur.

Çalışma sonuçlarına göre DAF üzerindeki hareketin büyük bir bölümü sismiktir. Fayın paleosismik ve tarihsel aktivitesi, şu andaki sessizliğin nedeninin, son dönemde meydana gelen bir kilitleme olabileceğini, bu süreçte elastik deformasyon enerjisi depolandığını ve yakın gelecekte tekrar hareket edebileceğini göstermektedir.

1. GİRİŞ

Türkiye'nin bugünkü jeolojik çatısı Orta-Geç Miyosen döneminde oluşan ve Neotektonik dönemin başlangıcına karşılık gelen kıta-kıta çarpışması ve bunun sonucu olarak Anadolu levhasının batıya kaçıışı ile şekillenmeye başlamıştır (1-6). Arabistan levhasının kuzeye doğru hareketi sonucu Avrasya ve Arabistan levhaları arasındaki okyanus tamamen yitilmiş ve iki levha Bitlis kenet kuşağı boyunca çarpışmaya başlamıştır (6,7). Orta Miyosen'den Erken Pliyosen'e kadar süren post-collisonal kıtasal yakınsama (8,9) ve bu rejimin oluşturduğu deformasyon Doğu Anadolu bölgesinde kabuk kalınlaşması, bölgesel diskordans, kıvrımlanmalar ve bindirme faylarının oluşmasını sağlamıştır (10).

Kuzey-güney yönlü kompresyonel deformasyonun Doğu Anadolu'da kısıp kalınlaşma ile karşılanamadığı bir aşamaya gelindiğinde sıkışma artık yanal hareketlerle karşılanmaya başlamıştır (7). Erken Pliyosen sonunda Anadolu'da tektonik kaçma (tectonic escape) olarak adlandırılan yeni bir rejim başlamış ve Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı ve Anadolu levhası bu süreçte oluşmuştur (11).

Türkiye'de neotektonik dönemin başlangıç yaşının Orta Miyosen olduğu yaygın bir görüştür (1,2,5,6,12,13,14). Bu görüşün dışında, neotektonik dönemin Geç Serravaliyen ile Erken-Geç Pliyosen'deki bir geçiş evresinden sonra Pliyo-Kuvaterner'de başladığı da ileri sürülmektedir (15).

Doğu Anadolu Fayı'nın oluşum yaşı konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Fayı ilk olarak adlandıran Arpat ve Şaroğlu (1972) oluşum yaşının Üst Miyosen'den sonra olması gerektiğini ileri sürmüşlerdir (16). Şengör (1979), Dewey ve Şengör, (1979) ve Şengör ve diğ. (1985)'nin de içinde bulunduğu bir grup araştırmacı ise fayın, Anadolu levhasının batıya doğru hareketinin başlama yaşı olan 12-13 milyon yıldan daha yaşlı olamayacağını iddia etmişlerdir (12; 5; 13). Herece ve Akay (1992) ve Şaroğlu ve diğ. (1992) ise Geç Pliyosen yaşını önermişlerdir (17,14). Bu görüşlerin dışında Yürür ve Chorowicz (1998), Westaway (1994) ve Muehlberger (1981) Doğu Anadolu Fayı için sırasıyla 1.9, 5 ve 4-5 milyon yıllık yaşlar önermişlerdir (18- 20).

Fay üzerinde yapılan araştırmalarda çeşitli araştırmacılar sol yönlü toplam atım için farklı değerler saptamışlardır. Fayın aynı ve farklı segmentlerinde ölçümler yapan bazı araştırmacılardan Arpat ve Şaroğlu (1972), Seymen ve Aydın (1972), Hempton (1983), Herece ve Akay (1992), Şaroğlu ve diğ. (1992) ve Turan (1993) sırasıyla 27 km, 15 km, 21 km, 13 km, 17 km ve 11 km toplam sol yanal atım ölçmüşlerdir (16,17, 21-24).

Doğu Anadolu Fayı üzerinde, jeolojik, kinematik, sismolojik ve GPS gibi yöntemler kullanılarak yapılan kayma hızı hesapları da farklılıklar göstermektedir. Bu konuda yoğunlaşan bazı araştırmacılardan Jackson ve McKenzie (1984), Dewey ve diğ. (1986), Yürür ve Chorowicz (1998), Lyberis ve diğ. (1992), Westaway (1994), Barka ve Kadinsky-Cade (1988), McClusky ve diğ. (2000) ve Taymaz ve diğ. (1991) sırasıyla 34 mmyıl^{-1} , 19.3 mmyıl^{-1} , $7.8-9 \text{ mmyıl}^{-1}$, 19 mmyıl^{-1} , 14 mmyıl^{-1} , 5 mmyıl^{-1} , $9+/-1 \text{ mmyıl}^{-1}$ ve 29 mmyıl^{-1} lik kayma hızları hesaplamışlardır (18,19, 25-30). Kayma hızı konusunda yapılan çalışmalar bunlarla da sınırlı olmayıp farklı hızlar bulan araştırmacılar vardır.

Büyük depremler için tekrarlanma aralığı saptamaya yönelik çalışmalar Doğu Anadolu Fayı üzerinde oldukça sınırlı sayıdadır. Şaroğlu ve diğ. (1987) Türkiye'nin Diri Fay haritasını hazırladıkları çalışmada $M=7$ depremleri için Türkiye'de tekrarlanma aralığının 300-400 yıl olduğunu belirtmişlerdir (31). Fay üzerinde Barka ve Kadinsky-

Cade (1988), $M \geq 7$ depremler için 1000 yıl, Westaway (1994) $M=7$ depremler için 800 yıl ve Ercan (1982) $M=7.5$ depremler için 133 yıllık tekrarlanma aralıkları önermişlerdir (19,28,32). Buradan anlaşılacağı gibi Doğu Anadolu Fayı'nın yıkıcı ($M \geq 7$) depremler açısından tekrarlanma aralığı için doyurucu bir bilgi yoktur.

Kuzey Anadolu Fayı ile birlikte Türkiye'nin tektonik gelişimini denetleyen en önemli yapısal unsurlardan olan Doğu Anadolu Fayı'nın depremselliği bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Türkiye sınırları içerisinde yaklaşık 600 km.lik bir uzanımına sahip olan Doğu Anadolu Fayı Karlıova (Erzincan)'da Kuzey Anadolu Fayı ile kesiştiği bölgeden itibaren güneybatıya doğru, Türkoğlu (K.Maraş) yakınlarına kadar N60E genel doğrultusunda 435 km.lik bir uzunluğa sahiptir. Türkoğlu'dan sonra ise yine güneybatıya doğru N25E genel doğrultusunda yaklaşık 165 km.lik bir uzanım gösterir (23).

Bu çalışma Doğu Anadolu Fayı üzerinde yapılan ilk paleosismolojik kazı (trench) çalışmasıdır. Çalışmada, Doğu Anadolu Fayının N60E genel doğrultusuna sahip, Karlıova-Türkoğlu arasında kalan kesiminde yer alan ve Palu-Hazar Gölü (Elazığ) arasındaki bir segmenti üzerinde yoğunlaşmıştır (Şekil-1). Esas olarak Doğu Anadolu Fayını oluşturan segmentlerden biri olan Palu-Hazar Gölü segmentinin, dolayısıyla Doğu Anadolu Fayı'nın bir bölümünün paleosismisitesi araştırılmıştır.

Tektonik aktivitenin oldukça yoğun yaşandığı bir coğrafyada yer alan ülkemizde bu aktivite denetiminde gelişen depremler tarihin ilk dönemlerinden beri önemli hasarlara neden olmuştur (33-36) Paleosismolojik çalışmalar geçmişte meydana gelen depremler hakkında bilgi vermesi açısından hayati önem taşımaktadır.

Bu çalışmadan elde edilecek sonuçlar, Doğu Anadolu Fayı'nın Palu-Hazar Gölü segmentinin, dolayısıyla Doğu Anadolu Fayı'nın paleosismisitesini aydınlatarak gelecekte bu segmentin yaratacağı depremler hakkında bilgi verecektir. Böylece yöre halkının olası bir deprem sonucu meydana gelecek, maddi ve manevi zararlara hazırlıklı olmasına ve bölgedeki her türlü yapılaşmada bu durumun göz önünde tutulmasına yardımcı olunacaktır. Bunun ulusal ekonomiye sağlayacağı yararlar açıktır.

2. AMAÇ

Esas olarak jeolojide faylar, üzerinde göreceli olarak hareket olmuş, yer kabuğu içerisindeki kırıklar olarak tanımlanabilir. Bir fay yakın zamanda hareket etmişse ve gelecekte hareket etme olasılığı varsa, aktif fay olarak tanımlanır. Son yıllarda ülkemizde meydana gelen büyük depremler, aktif fay çalışmalarının önemini bir kez daha hatırlatmıştır. Eski depremlerin araştırılması konusunu kapsayan paleosismoloji disiplini, aktif fay çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Paleosismolojik çalışmalarda genel yöntem fay üzerinde kazılar (trench) yaparak fayın geçmişte yarattığı büyük depremlerin izlerinin araştırılması ve bunların yaşlandırılmasıdır.

Dünyanın en önemli kıta içi aktif faylarından biri olan Doğu Anadolu Fayı (Şekil 1) ülkemiz sınırları içerisinde yer almaktadır. Fay bu yüzyılda suskun gözükmesine rağmen tarihsel dönemlerde büyük depremlere neden olmuştur. Fay üzerinde daha önceleri paleosismolojik kazı çalışması esasına dayalı bir araştırma yapılmamıştır.

Dünya üzerindeki diğer büyük fay sistemleri gibi Doğu Anadolu Fayı da "segment" adı verilen bir çok küçük fay parçasından meydana gelmektedir. TÜBİTAK tarafından desteklenen bu çalışma Doğu Anadolu Fayının Palu-Hazar Gölü segmentinin

paleosismolojisi araştırılmıştır. Burada amaç, fayın söz konusu segmenti üzerinde daha önceleri oluşmuş büyük depremlerin oluş zamanlarını saptayarak, kaç yılda bir büyük depremlerin tekrarlandığını ortaya koymaktır.

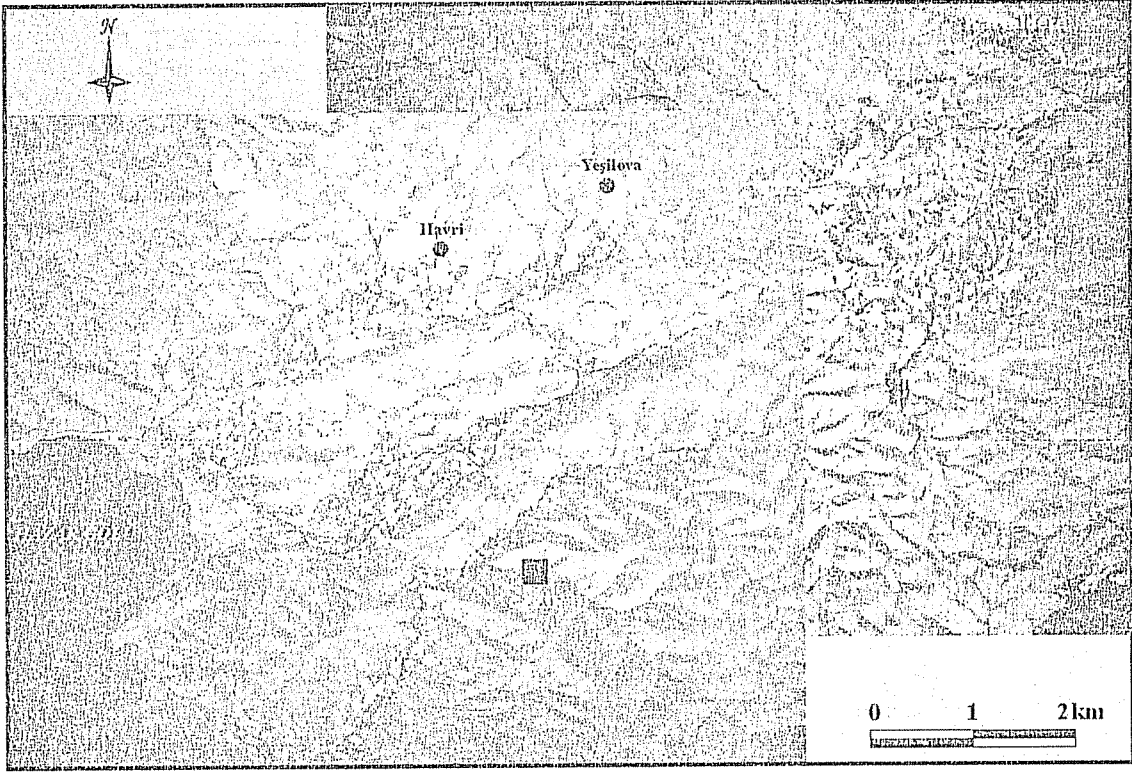
Doğu Anadolu Fay Sistemi üzerinde olabilecek büyük bir deprem öncelikle Türkiye'nin Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Akdeniz bölgelerini etkileyebilecektir. Çalışmanın konusunu oluşturan fayın Palu-Hazar Gölü segmenti üzerinde olabilecek büyük bir deprem, bölgedeki Elazığ, Malatya, Adıyaman illeri, bu illere bağlı kasaba ve köylerde yaşayan yaklaşık 6 milyon kişiyi etkileyecektir. Bölgede yapılmış veya yapılacak olan baraj, otoyol, viyadük, nükleer santral, hastane gibi önemli mühendislik projeleri için bu çalışma önemli sonuçlar içermektedir.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada genelden özele inen bir yaklaşım benimsenerek Doğu Anadolu Fay Sistemini oluşturan segmentlerden Palu-Hazar Gölü segmenti üzerinde, öncelikle saha öncesi ve saha çalışmaları aşamalarında genel incelemeler ve 1/25.000 ölçekli neotektonik haritaları yapılmıştır. Bu aşamada daha detay paleosismolojik kazıların (hendek-trenchlerin) yapılacağı yerler seçilerek eski-deprem verilerinin bulunabileceği ve güncel fay aktiviteleri hakkında bilgi veren alanlar belirlenmiştir.

Hendek (trench) çalışmalarındaki temel amaç hendeklerde ortaya çıkan, yüzey kırığı oluşturan depremler ($M \geq 7$) denetiminde oluşmuş çökel ve yapıların doğru bir şekilde tanımlanması ve yaşlandırmalarının yapılmasıdır. Bu çalışmada Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin söz konusu segmentinin paleosismitesinin incelenmesi amacıyla öncelikle hava (Şekil 1) ve Landsat uydu fotoğrafları üzerinde çalışılmış, daha sonra yapılan saha çalışmaları ile segmentler üzerinde paleosismolojik kazı çalışmalarının yapılacağı yerler saptanmıştır. Segmentler üzerinde, yüzey kırığı oluşturan ($M_s \geq 7$) depremleri temsil eden, radyometrik olarak yaşlandırılabilir çökel/yapı (simit)'lar en önemli bulguları oluşturmaktadır. Öncelikle güncel kırıkların belirgin şekilde izlenebildiği ve güncel birimlerin atıma uğradığı kesimler belirlenmiş ve kazı yerleri için bu tip noktalar ayrıntılı olarak incelenmiştir. Hendek yerlerinin saptanmasında aktif fayların güncel birimlerde deformasyon yarattığı, deformasyonun dar bir zon içerisinde izlenebildiği ve çökelimin doğrudan fay denetiminde geliştiği kesimler üzerinde durulmuştur. Özellikle yüzey kırığı meydana getiren depremler oluşturduğu fay sarplıkları bu özellikleri taşıdığından detay olarak araştırılmıştır.

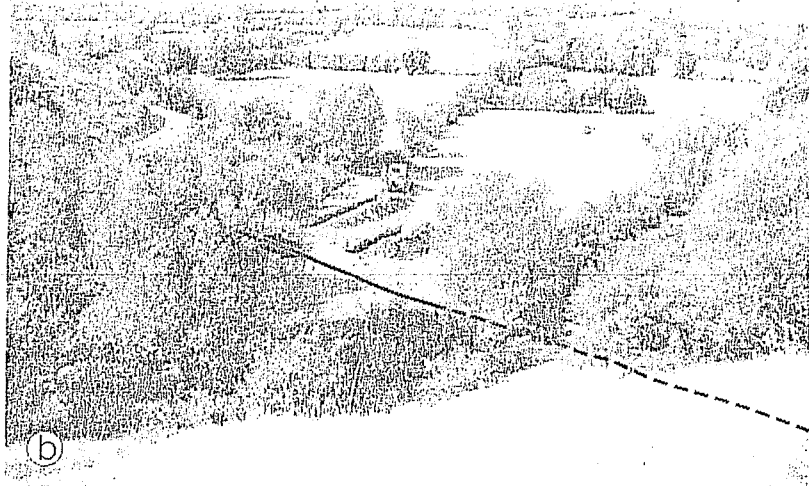
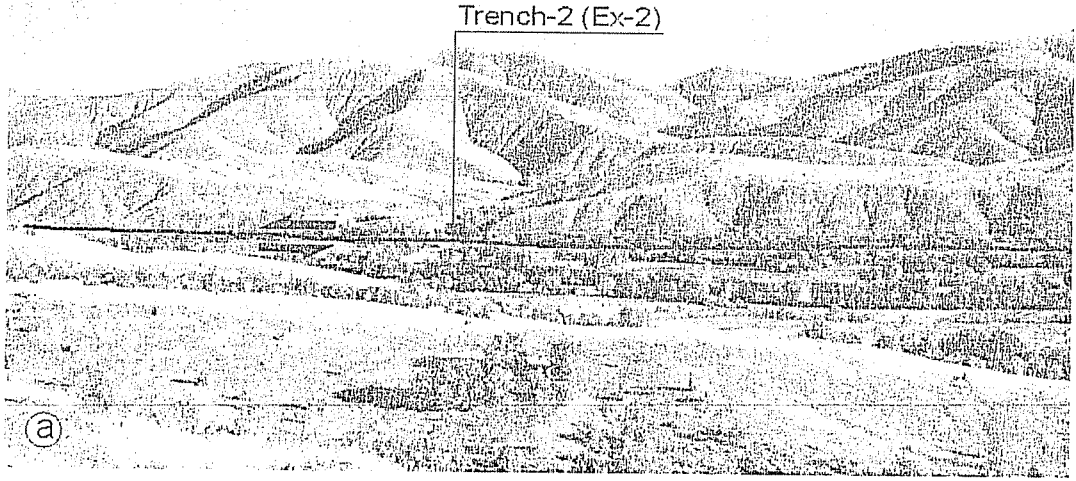
Fay sarplığı, deprem üreten fay düzleminin yüzeyde görülen kesimidir. Fay sarplığının karakteristik özellikleri, derinde etkinlik kazanan fay düzleminin ana parametrelerinin bir ifadesidir. Jeolojik, jeodetik ve sismolojik verilerin tamamının bulunduğu güncel depremler, kırık geometrisi, minimum bir uzunluk, minimum bir kayma ve kayma dağılımları sağlayan jeolojik gözlemler ile tam bir uyum içerisinde. Bu bağlamda fay sarplığı çalışmasına dayanarak, bu sarplığı meydana getiren depremin büyüklüğü hakkında tatminkar bilgiler sağlamak mümkündür. Bu yaklaşım, özellikle atetsel dönem (1900) öncesi depremlerin saptanmasında çok önemlidir.



Şekil 1. Doğu Anadolu Fay Sistemi, Palu-Hazar Gölü segmentinin hava fotoğrafı

Yukarıda sözü edilen kriterler göz önünde bulundurularak seçilen noktalarda kazıcılar (back-hoe) kullanılarak faya dik olacak şekilde yaklaşık 3-4 m derinliğinde, 1-1.5 m genişliğinde ve 30-40 m uzunluğunda hendekler kazılmıştır (Şekil 2a, 2b). Kazılan hendeklerin duvarlarında saptanan ve yüzey kırığı oluşturan depremler sırasında veya sonrasında oluşan çökeller ve yapılar temel malzemeyi oluşturmaktadır. Hendekler ayrıntılı biçimde haritalandıktan sonra söz konusu birimlerden alınan yaşlandırma (C-14), tanımlama ve sınıflama örnekleri amaca uygun şekilde laboratuvar ortamına taşınmak üzere izole edilip paketlenmiştir. Örnekler daha sonra laboratuvar ortamında gerekli işlemlere tabi tutulmuşlardır.

Hendeklerin dışında da bir takım paleosismolojik kazılar yapılmıştır. Aktif fayların oluşturduğu, hendek yerlerinin seçiminde göz önünde bulundurulmuş nitelikleri taşıyan, eski depremler hakkında bilgi veren unsurların yer aldığı kesimlerde hendek çalışması ilkeleri doğrultusunda yarma kazıları yapılmıştır. Yarma kazılarında yüzeyler sıyrılıp temizlenerek detay haritalar hazırlanmış, uygun birimlerden yaşlandırma, sınıflama ve tanımlama örnekleri alınmıştır.



Şekil 2.a. Palu-Hazar Gölü fay segmenti üzerinde oluşan fay sarplıkları ve hendek (trench) yeri, b. Hendek kazı çalışması

4. SONUÇLAR

1. Doğu Anadolu Fayı'nın Palu-Hazar Gölü segmenti üzerinde elde edilen bulgular, bu segment için yüzey kırığı oluşturabilecek depremler ($M \geq 7$) açısından tekrarlanma aralığının maksimum 360, minimum 100 ± 35 yıl olduğunu göstermektedir.
2. Palu-Hazar Gölü segmenti üzerinde yapılan çalışmada ortalama 11 mmyıl^{-1} yanal kayma hızı saptanmıştır. Segmentin düşey bileşenli hareketinin en fazla olduğu Hazar Gölü yakınlarında, minimum düşey kayma hızı ise $5-6 \text{ mmyıl}^{-1}$ 'dir.
3. Palu-Hazar Gölü segmenti için bulunan 11 mmyıl^{-1} 'lık kayma hızı ve segment üzerinde daha önceleri ölçülen 27 km 'lik toplam sol yanal atım kullanılarak hareketin başlama yaşı 2.5 milyon yıl bulunmuştur.

5. KAYNAKLAR

1. Ketin, İ., "Über die tektoniks-machanisen Folgerungen aus den grossen Anatolilischen Erdbeben des letzen Dezenniums", *Geol. Rdsch.*, 36, 77-83, (1948).
2. McKenzie, D., "Plate tectonics of the Mediterranean region", *Nature*, 226, 239-243, (1970).
3. McKenzie, D., "Active tectonics of the Mediterranean region", *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 30, 109-185, (1972).
4. McKenzie, D., "The East Anatolian Fault: A major structure in eastern Turkey", *Erath Planet. Sci. Lett.*, 29, 189-193, *Soc.*, 30, 109-185, (1976).
5. Dewey, J. ve Şengör, A.M.C., "Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continum tectonics in a convergent zone", *Geol. Soc. Am.*, 66, 843-868, (1979).
6. Şengör, A.M.C., ve Yılmaz, Y., "Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach", *Tectonophysics*, 75, 181-241, (1981).
7. Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y., "Türkiye'de Tetisin evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım", *TJK, Yerbilimleri Özel Dizisi No. 1*, (1983).
8. McKenzie, D., "Speculation on the consequence and causes of plate motions", *Geophysics, J. R. Astron. Soc.*, 18, 1-32, (1969).
9. Hempton, M.R., "Constraints on Arabian plate motion and extentional history of Red Sea", *Tectonics*, 6, 687-705, (1987).
10. Koçyiğit, A., Türkmenoğlu, A., Beyhan, A., Kaymakçı, N., Akyol, E., "Post-collisional tectonics of Eskişehir-Ankara-Çankırı segments of İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone (IAESZ): Ankara orogenic phase", *Turk. Assoc. Pet. Geol.*, 6, 69-86, (1995).
11. Koçyiğit, A., Beyhan, A., "A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey", *Tectonophysics* 289, 317-336, (1998).
12. Şengör, A.M.C., "The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance. *Journal of the Geological Society*", 136, 269-282, London, (1979).
13. Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F., "Strike-slip faulting and related basin formation in zone of tectonic escape: Turkey as a case study. In: "Strike-slip deformation, basin deformation and sedimentation". Edited by: K.T. Biddle & N. Christie-Blick. *Soc. Econ. Paleont. and Min. Spec. Publ.*, 37, 227-264, (1985).
14. Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y., "Doğu Anadolu'da Neotektonik dönemdeki Jeolojik evrim ve havza modellemeleri", *MTA dergisi*, 107, 73-94, (1986).
15. Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S. ve Kuloshvili, S., "Neotectonics of East anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting", *Geodinamica Acta*, 14, 177-195, (2001).
16. Arpat, E. ve Şaroğlu, F., "Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlem ve düşünceler", *MTA Bülteni*, 73, 1-9, (1972).
17. Herece, E. ve Akay, E., "The East Anatolian fault between Karlıova and Çelikhan", *Türkiye 9. Petrol Kongresi*, 361-372, Ankara, (1992).
18. Yürür, M.T. and Chorowicz, J., "Recent volcanism, tectonics and plate kinematics near the junction of the African, Arabian Anatolian plates in the eastern Mediterranean", *Journal of Volcanology and Geothermal research*, 85, 1-15, (1998).
19. Westaway, R., "Present-day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean", *Journal of Geophysical Research*, 99, B6, 12071-12090, (1994).

20. Muehlberger, W.R., "The splintering of the Dead Sea Fault zone in Turkey", *Yerbilimleri Dergisi*, 8, 123-130, (1981).
21. Seymen, İ. ve Aydın, A., "Bingöl Deprem fayı ve Bunun Kuzey Anadolu Fay Zonu İle İlişkisi", *MTA dergisi*, 79, 1-9, Ankara, (1972)
22. Hempton, M.R., "Results of detailed mapping near Lake Hazar (Eastern Taurus Mountains)", *Geology of Taurus belt: International symposium proceedings, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü*, 233-228, Ankara, Turkey, (1983).
23. Şaroğlu, F., Emre, Ö., ve Kuşçu, İ., "The East Anatolian fault zones of Turkey", *Annales Tectonicae*, 6:99-125, (1992).
24. Turan, M., "Some important tectonic structures in the surroundings of Elazığ and their meaning in the geological evolution of the region", *Proceedings of the A. Suat Erk Symposium*, 2-5 September, University of Ankara, 193-204, Ankara, (1993).
25. Jackson, J. and McKenzie, D., "Active tectonics of the Alpine-Himalaya Belt between western Turkey and Pakistan", *Geophysics J. R. Astron. Soc.*, 77, 185-264, (1984).
26. Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F., Şengör, A.M.C., "Shortening of continental lithosphere: the neo-tectonics of Eastern Anatolia—a young collision zone", In: Coward, M.P., Ries, A.C. (Eds.), *Collision Tectonics. Geological Society Special Publication*, 19, 3-36, (1986).
27. Lyberis, N., Yürür, T., Chorowicz, J., Kasapoğlu, E., Gündoğdu, N., "The East Anatolian fault: an oblique collisional belt", *Tectonophysics*, 204, 1-15, (1992).
28. Barka, A.A. and Kadinsky-Cade, K., "Strike-slip fault geometry and its influence on earthquake activity", *Tectonics*, 7, 3, 663-684, (1988).
29. McClusky, S., Balassanlan, S., Barka, A., Demir, C., Ergintay, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanlı, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N., Veis, "G., Global positioningsystem constrains on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus", *Journal of Geophysical Research*, 105, 5685-5719, (2000).
30. Taymaz, T., Eyidoğan, H. and Jackson, J., "Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault zone (Turkey)", *Geophys. J. Int.*, 106, 537-550, (1991).
31. Şaroğlu, F., Emre, Ö., Boray, A., "Türkiyenin diri fayları ve depremsellikleri (Active faults of Turkey and their seismicity)", *MTA Rapor no. 8174 (basılmamış)*, 394, Ankara, (1987).
32. Ercan, A., "A statistical analysis of the major and microearthquakes along the East Anatolian fault", In: Işıkara, A.M., Vogel, A. (Eds.), *Multidisciplinary Approach to Earthquake Prediction. Proceedings of the International Symposium on Earthquake Prediction in the North Anatolian Fault Zone held in Istanbul, March 31-April 5, 1980*, 2. Friedr. Vieweg and Sohn, Braunschweig, 239-257, İstanbul, (1982).
33. Pınar, N. ve Lahn, E., "Türkiye depremleri izahlı kataloğu", *Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar Reisliği Yayınları, Akın Matbaacılık, Ortaklığı, Seri 6, Sayı 36*, 153, Ankara, (1952).

34. Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z., "Türkiye ve civarının deprem katalogu (M.S. 11-1964)", İTÜ, Maden Fakültesi. Arz Fiziği Enst. Yayını, 24, 1-28, (1967).
35. Ambraseys, N.N., "Temporary seismic quiescence: SE Turkey", *Geophysical Journal*, 96:311-331, (1989).
36. Ambraseys, N.N. ve Finkel, C.F., "The seismicity of Turkey and adjacent areas, A Historical Review", 1500-1800. Academic Press, 240., İstanbul, (1985).

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003AKİFERDE TERMAL ENERJİ DEPOLAMA TEKNİĞİNİN
UYGULAMA ÇALIŞMALARI**Şaziye BOZDAĞ**

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

Halime PAKSOY

Ç.Ü., Kimya Bölümü, Adana/Türkiye

Bekir TURGUT

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

sabaci@cu.edu.tr hopaksoy@cu.edu.tr bturgut@cu.edu.tr

ÖZET : Enerji üretimi ve kullanımındaki yabancı kaynaklara bağımlılık, bunun yanı sıra çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeni ile, enerji verimliliği ve tasarrufu konuları ön plana çıkmıştır. Isıtma ve soğutmada enerji verimliliğinin artırılmasını, yerli ve yenilenebilir kaynaklardan yararlanarak sağlayan termal enerji depolama (TED) sistemleri yeni çözümler sunmaktadır. TED sistemleri doğadaki su, hava, güneş, toprak gibi yerel kaynakları değerlendirmektedir. Bu sistemler termal enerjinin bulunduğu zaman ile kullanılacağı zaman arasındaki farkı kapatmaktadır. Örneğin kış mevsiminde soğukluğu yer altında uzun süreli depolayarak yaz mevsiminde soğutmada kullanılabilen, güneşten elde edilen termal enerji ise kısa süreli veya mevsimlik depolanarak güneşin olmadığı zamanlarda değerlendirilebilmektedir. Yer kabuğunda belli bir derinlikten sonra atmosferdeki mevsimlik sıcaklık değişimlerin etkisi fazla olmadığından depolanan ısı sabit kalmaktadır. TED sistemleri ısıtma ve soğutmada ya doğrudan veya ısı pompası desteği ile kullanılabilirler. Mevsimlik TED sistemlerinin doğrudan kullanımında %80-90, ısı pompası kullanılanlarda %60'a varan enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

TED sistemlerinden Akiferde Termal Enerji Depolamasının (ATED) Türkiye'deki ilk uygulaması Mersin'de bir süpermarketin ısıtılması ve soğutulması için gerçekleştirilmiştir. Burada, Ağustos 2001'de işletmeye başlayan sistemle konvansiyonel soğutma sistemine göre % 40 civarında enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

1. GİRİŞ

Günümüz yaşam koşullarında artan enerji ihtiyacı, enerjinin verimli olarak kullanılması yönündeki çalışmaları daha da önemli hale getirmiştir. Bununla birlikte insanlar için artan yaşam standardı, iklimlendirme bakımından yaşanılabilecek ve çalışılabilecek sağlıklı ortamlar hazırlamak ihtiyacını gün geçtikçe büyötmektedir. Tüm bunların sonucu olarak iklimlendime konusunda çalışan araştırma kurumları için enerji verimliliği yüksek ve çevre ile dost ekonomik çözüm önerileri üretmek zorunluluğu doğmuştur. Son yıllarda termal enerji depolama (TED) teknikleri tüm dünyada, verimli, çevre ile dost ve ekonomik iklimlendirme uygulamaları olarak ön plana çıkmaktadır. TED teknikleri doğal enerji kaynaklarının (hava, su, toprak, v.s) daha çok kullanımına olanak tanımaktadır. Böylece fosil yakıt kullanımı sonucu atmosfere atılan CO₂, SO_x, NO_x gibi zararlı emisyonlarda da önemli bir azalma sağlanabilmektedir. Buna ek olarak konvansiyonel soğutma sistemlerinde kullanılan ozon delici gazlar (CFC, HCFC v.s) yine termal enerji depolama sistemi sayesinde azaltılabilmektedir. Isıtma-soğutma yöntemlerindeki verimlilik ve performans arttırma ihtiyacı, tasarımcıları termal enerji depolama sistemleri ile konvansiyonel iklimlendirme sistemlerini entegre etmeye yöneltmektedir.

TED sistemlerinden biri olan Akiferde Termal Enerji Depolama (ATES) sisteminin dünyada birçok başarılı uygulamaları bulunmaktadır [1-4]. Türkiye’de de ATES sistemi ile bir hastanenin ısıtılması-soğutulması fizibilite çalışması Adana’da yapılmıştır. Bu çalışma ile ATES tekniği ile soğutma işleminden kaynaklanan enerji tasarrufu 3259 MWh/yıl, ısıtma işlemi sonucu elde edilecek fosil yakıt tasarrufu 1000 m³/yıl, ayrıca bu tasarruflara paralel olarak CO₂ emisyonunda 2100 ton /yıl, SO_x emisyonunda 7 ton/yıl ve NO_x emisyonunda ise 8 ton/yıl azalma olacağı hesaplanmıştır [5].

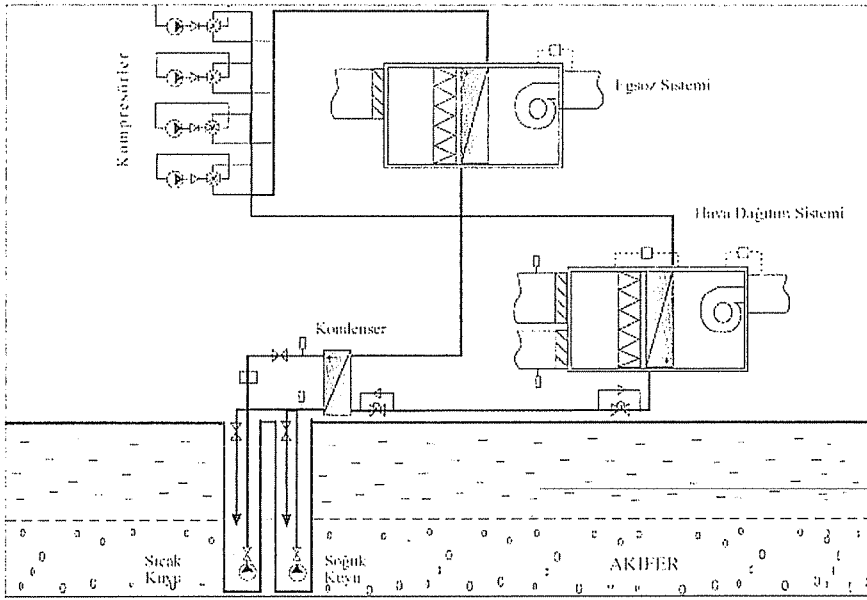
Bu çalışmada ise konvansiyonel ısıtma-soğutma sistemi ile ATES tekniğinin entegrasyonu yapılarak Mersin ili Mezitli ilçesinde bir süper marketin iklimlendirilmesi gerçekleştirilmiş ve her iki sistemin karşılaştırması yapılmıştır.

2. ATES SİSTEMİN TANITIMI

ATES uygulamalarında bir akiferde birbirinden belli uzaklıkta iki kuyu açılmakta ve kuyunun biri “soğuk”, diğeri ise “sıcak” kuyu olarak adlandırılmaktadır. Soğutma uygulamasında soğuk kuyudan çekilen yeraltı suyu HVAC sisteminin kondenserinin soğutulmasında kullanılmaktadır. Bu işlem sırasında sıcaklığı artan yeraltı suyu sıcak kuyu aracılığıyla akifere tekrar yollanmaktadır. Isıtma için ise yaz ayları boyunca akiferde depolanan ısı, yeraltı suyu çekilerek ısıtma işleminde kullanılmaktadır (Şekil 1). Isıtma işlemi süresince sıcaklığı düşen yer altı suyu ise soğuk kuyu aracılığı ile yine aynı akiferde depolanır.

3. ÇALIŞMA ALANININ TANITIMI

Çalışma alanı Mersin ili Mezitli ilçesi sınırları içerisinde yer alan bir süper market binasıdır. Binanın deniz seviyesinden yüksekliği 6 m. dir. Bölgede yaz ayları boyunca ısı yükü hesaplamasında iklim koşulları 35 °C kuru sıcaklık ve 29 °C ıslak sıcaklık olarak alınmıştır. Günlük ortalama sıcaklık değişimi 7.4 °C olup, kış ayları için tasarım koşulları 3 °C olarak kullanılmıştır.



Şekil 1. ATED Sistemi

4. BİNANIN ISITMA-SOĞUTMA İHTİYACI

Süper marketin tamamı 1800 m² olup mevcut alanın 1400 m²'si iklimlendirilmiştir. Binanın yıllık yaklaşık ısıtma yükü Carrier şirketince sağlanan E20-II V3.23 saatlik analiz programı (HAP) ile hesaplanmıştır. Binanın en yüksek soğutma yükü, Ağustos ayında saat 13:00'da 195 kW olarak bulunmuştur. En yüksek ısıtma yükü ise dış ortam sıcaklığı 3°C olarak düşünüldüğünde 74 kW olarak alınmıştır. Ayrıca, Çizelge. 1'de binanın ısıtma ve soğutma yük dağılımları verilmiştir.

Çizelge 1. Süpermarket'teki ısıtma ve soğutma yükleri dağılımı

Yükün cinsi	Soğutma yükü (W)	Isıtma yükü (W)
Bina	36,800	34,800
Işıklandırma	18,500	-
İnsan	13,800	-
Havalandırma	102,700	47,700
Diğer	23,200	-8,500

5. HİDROJEOLOJİK VE JEOLojİK KOŞULLAR

ATES sistemi iki farklı kuyu grubundan oluşmaktadır. Her iki kuyu grubu derinlikleri 100 m. ve çapları 150 mm. olan birer kuyudan meydana gelmektedir. Kuyular arasındaki uzaklık 75 m dir. Sıcak depolama amaçlı açılan kuyunun kesiti Şekil 2'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere kuyu açımı sırasında kesilen jeolojik birimler konglomera, killi konglomera, kil ve plaj kumudur. Yeraltı suyu taşıyan litolojik birimler (akifer) konglomera ve kumlu seviyelerdir.

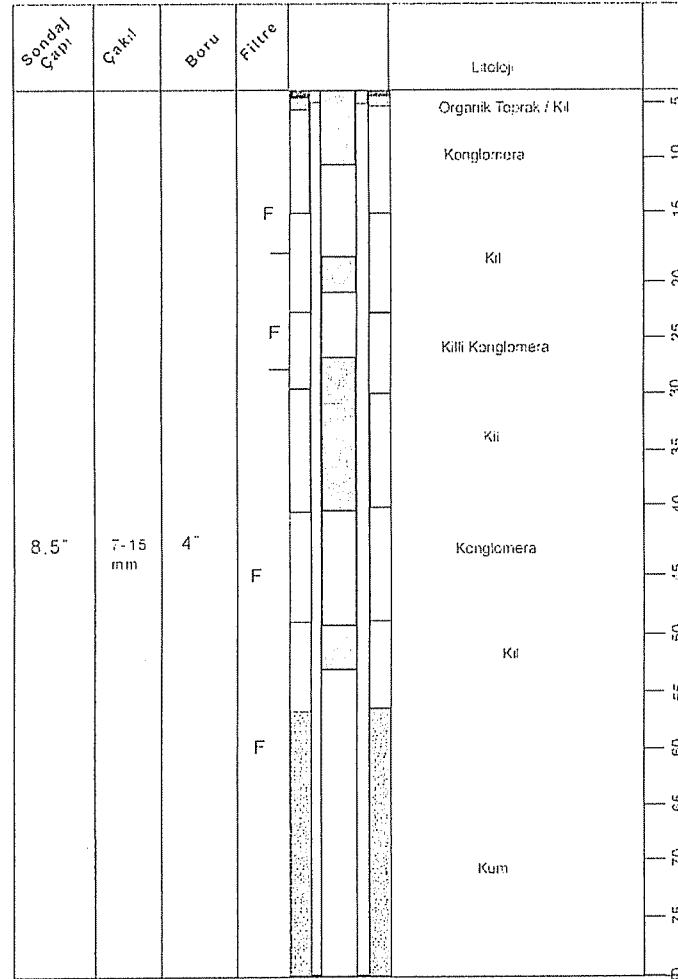
Hidrojeolojik özellikleri belirlemek amacıyla kuyularda yapılan kısa süreli pompaj testleri sonucunda yeraltı suyunun statik seviyesi 8 m, dinamik seviyesi 13,25 m olarak ölçülmüştür. Suyun debisi ise 4 l/sn olarak belirlenmiş ve ATES sistemi bu debi

değerine göre tasarlanmıştır. Ayrıca pompaj testi süresince kuyulardan alınan su örneklerinde pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik ve oksijen derişimi ölçümleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Yeraltısuyunun sıcaklığı 18-19°C, elektriksel iletkenliği 682-738 uohm ve pH değeri ise 7 civarındadır.

Yeraltı suyu kuyular içine yerleştirilen iki adet dalgıç pompa ile çekilmektedir. Dalgıç pompalar 40 m derinliğe yerleştirilmiş olup pompaların gücü 3 kW dır.

Çizelge 2. Pompaj testi sırasında alınan ölçüm sonuçları

Ölçüm	1. Saat	2. Saat	3.Saat
pH	7.15	7.65	7.66
Sıcaklık °C	19.6	18.5	18.3
Elektriksel iletkenlik	682	736	738
Oksijen	%12	%11.9	%12



Şekil 2. Sıcak depolama amaçlı açılan kuyu kesiti

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Akdeniz ikliminde ve Türkiye’de ilk ATES destekli HVAC sistemi Mersin-Mezitli’de gerçekleştirilmiş ve sistem Ağustos 2001’den bu yana çalışmaktadır.

ATES sistemi konvansiyonel sisteme çok yakın tasarlanmıştır. Bu sistemdeki temel farklılık kondenserin soğutulmasında dış ortam havası yerine yeraltı suyu kullanılmasıdır. Kondenserin soğutulmasında konvansiyonel sistemlerde olduğu gibi dış ortam sıcaklığı yerine yeraltı suyu kullanıldığında, ısı enerjisi transferi için gerekli olan elektrik enerjisinde tasarruf sağlanmaktadır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan buhar sıkıştırma çevrimlerinde, dış ortam sıcaklığına bağlı olarak enerji verimliliği değişebilmektedir. Mitsubishi DR101HEA paket tipi konvansiyonel bir iklimlendirme cihazı, dış ortam sıcaklığı 35°C iken 31.8 kW soğutma kapasitesi olan hava soğutmalı bir kondensere sahiptir. Ağustos ayında 2400 kWh/gün ile en yüksek soğutma yüküne karşılık gelen zaman dilimi içerisinde, hava soğutmalı kondenseri olan konvansiyonel sistem 898 kWh/gün enerji tüketmektedir. Bu sistemin ortalama verimi (COP) 2.67 civarındadır.

Mersin’ de yaz ayları boyunca dış ortam sıcaklığı ortalama 30~35°C iken yeraltı suyunun ortalama sıcaklığı 18°C’ civarındadır. Bu sıcaklıktaki yeraltı suyunun kullanılması verimi (COP) ortalama 4.18 seviyesine getirmiştir. Bu rakam konvansiyonel bir sisteme göre %60-%80 daha fazladır. Çizelge 3 de konvansiyonel sistem ile ATES tekniği enerji ihtiyacı ve verim yönünden karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3. Konvansiyonel sistem ile ATES tekniğinin karşılaştırılması

Saat	T (°C)	Soğutma Yükü (kW)	Enerji İhtiyacı (kW)		COP	
			Konv.	ATES	Konv.	ATES
09:00	29.7	164.5	59.41	40.15	2.77	4.10
10:00	30.8	184.7	66.57	44.16	2.77	4.18
11:00	32.1	187.0	68.78	44.62	2.72	4.19
12:00	33.3	193.4	72.26	45.91	2.68	4.21
13:00	34.2	194.7	73.85	46.17	2.64	4.22
14:00	34.8	188.9	72.75	45.00	2.60	4.20
15:00	35.0	192.4	74.16	45.71	2.59	4.21
16:00	34.8	190.7	73.34	45.36	2.60	4.20
17:00	34.3	188.8	72.07	44.98	2.62	4.20
18:00	33.4	186.1	70.07	44.44	2.66	4.19
19:00	32.5	181.7	67.61	43.56	2.69	4.17
20:00	31.5	176.1	64.75	42.44	2.72	4.15
21:00	30.7	172.5	62.80	41.73	2.75	4.13
		2401.5 kWh	898.4 kWh	574.2 kWh	2.67	4.18

Kuyularda depolama sırasında kondenserden atılan ve yaklaşık 35-40 °C sıcaklığa sahip olan su, sıcak kuyu aracılığı ile akifere geri beslendiğinde suyun bir kısmı akifer içine nüfuz edememiş ve kuyuda %25 civarında taşma meydana gelmiştir. Bu soruna

bağlı olarak sistemden beklenen %60-80 lik verim değeri düşerek %40 olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’de ilk uygulama olması bakımından önemli olan bu çalışmada kuyu tasarımının ATES sistemine tam uyumlu yapılamaması nedeniyle taşma sorunu yaşanmış ancak problem geçici bir by-pass sistemi ile çözülmüştür. Bu da gösteriyor ki daha sonra yapılacak ATES uygulamalarında depolama işleminin sağlıklı yapılabilmesi için daha uzun süreli pompaj ve enjeksiyon testleri yapılmalı ve kuyu tasarımı da bu değerlere göre uygulanmalıdır.

7. KAYNAKLAR

1. Andersson, O., Hellström, G. and Nordell, B. "Recent UTES Development in Sweden", TERRASTOCK Congress Proceedings, Stuttgart, 75-80, Germany, (2000).
2. Snijders, A.L., "Lessons from 100 ATES Projects – The Developments of Aquifer Storage in Netherlands", TERRASTOCK Congress Proceedings, 147-152, Stuttgart, Germany, (2000).
3. Wu, X., Ma, J., and Bink, B., "Chinese ATES Technology and Its Future Development", TERRASTOCK 2000 Congress Proceedings, 69-74, Stuttgart, Germany, August, (2000).
4. Kabus, F., Seibt, P. and Poppei, J., "Aquifer Thermal Energy Stores in Germany", TERRASTOCK Congress Proceedings, 129-134, Stuttgart, Germany, (2000).
5. Paksoy, H.O., Andersson, O., Abaci, S., Evliya, H., and Turgut, B., "Renewable Energy 19", 117-122, (2000).

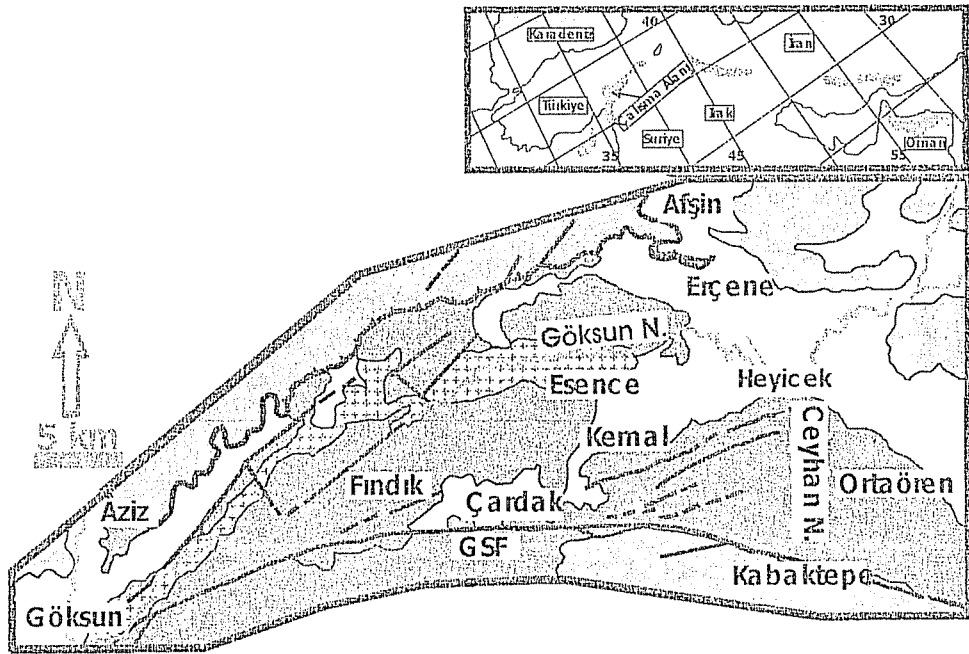
DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003GÖKSUN-AFŞİN (KAHRAMANMARAŞ) ARASINDA YÜZEYLEYEN
YÜKSEKOVA OFİYOLİTİNİN JEOKİMYASI VE JEOKRONOLOJİSİ**Osman PARLAK***Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana-Türkiye*
parlak@cukurova.edu.tr

ÖZET : Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağında Nap zonu içinde gözlenen ve kuzeyde Malatya metamorfikleri, güneyde ise Göksun-Sürgü fayı ile sınırlanan Üst Kretase yaşlı Yüksekova ofiyoliti Göksun-Afşin (Kahramanmaraş) arasında Yüzeylemektedir. Yüksekova ofiyoliti tabandan tavana doğru tam bir okyanusal kabuki kesiti sunmaktadır. Bölgede, ofiyolitik birimleri ve onları tektonik dokanakla üzerleyen Malatya metamorfiklerini kesen çarpışmayla eş yaşlı (88-85 My) Esence granotoyidi gözlenmektedir.

Yüksekova ofiyolitini oluşturan birimler subalkalen karakterde olup aynı tip magmadan türemişlerdir. Üst kabuğa ait kayalarda (izotrop gabro, levha daykları ve volkanikler) N-MORB'a göre yüksek iyon yarıçaplı elementlerce (Rb, Ba, K, Sr, Th) zenginleşme ve HFS elementlerce (Nb, Ta, Ti, Zr) fakirleşme en önemli ana özelliklerdir. Ofiyoliti oluşturan kayaların jeokimyasal özellikleri bu birimlerin okyanus içi dalma-batma zonu üzerinde oluştuklarını işaret etmektedir.

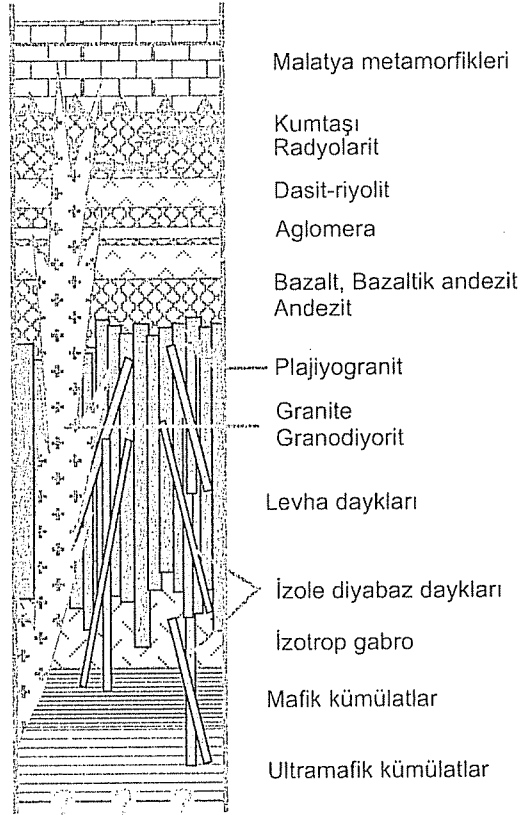
1. GİRİŞ

Türkiye'nin Tetis evrimi birbirleri ile zaman açısından devamlılık sunan Paleo ve Neotetis olmak üzere iki ana tektonik aktiviteyi içermektedir. Bunlardan Paleotetis dönemi esas olarak Permien-Lias zaman aralığında meydana gelmiş olup daha çok kuzey Anadolu'da etkisini göstermiştir. Diğer taraftan Neotetis dönemi ise Anadolu'nun tümünü Triyas'tan Miyosen'e kadar olan zaman aralığında etkisi altına almış ve günümüze kadar etkisini sürdürmektedir [1, 2]. Türkiye'nin Neotetis evrimi içerisinde önemli bir yere sahip olan ofiyolitler başlıca *Kuzey Anadolu Ofiyolit Kuşağı*, *Toros Ofiyolit Kuşağı* ve *Arap Kitabı Ölü Ofiyolit Kuşağı* olmak üzere üç bölgeye ayrılmıştır [3] (Şekil 1). Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağında yer alan Yüksekova ofiyoliti tabandan tavana doğru tam bir okyanusal kabuk kesiti sunmakta olup Arap kitabı ölü ofiyolitlerinin kuzeyinde yer almaktadır. Bu çalışmanın amacını Yüksekova ofiyolitini oluşturan kayaların jeokimyasal ve jeokronolojik özelliklerinin ortaya konması oluşturmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru ve basitleştirilmiş jeoloji haritası [4].

Yapılan arazi çalışmaları neticesinde Yüksekova ofiyolitinin yüzeylediği bölgenin 1/25.000 ölçekli jeolojik haritası hazırlanmıştır. Göksun-Afşin (Kahramanmaraş) arasında yüzeyleyen Yüksekova ofiyoliti altan üste doğru düzenli bir ofiyolit dizisi ile onu kesen granitik intrüzyondan meydana gelmektedir. Çalışma alanında Yüksekova ofiyolitinin tabanını ultramafik ve mafik kümülatlar oluşturmaktadır. Bunların üzerine izotropik gabrolar gelmekte ve bu birim ile ilksel ilişkili olan, kalınlıkları 10 cm ile 1 m arasında değişen levha dayk karmaşığı gözlenmektedir. Dayk karmaşığı içinde magmatik differansiyasyonun son ürünü olan plajiyogranitik intrüzyonlar da bulunmaktadır. Ofiyolitinin en üst kesimini volkanikler (bazalt, bazaltik andezit ve andezit), piroklastikler ve volkanojenik kumtaşları oluşturmaktadır. Bölgede temel kayaları ve ofiyolitik birimleri kesen Esence Granitoidi gözlenmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Yüksekova ofiyolitinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.

2. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

[5] ve [6] Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağında Toros platformu ve Arabistan kıtası arasında Arap okton platformu, yığışım zonu ve nap zonu olmak üzere 3 farklı tektonik dilim tanımlamıştır. Nap zonu Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağında topoğrafik olarak en yüksek seviyeleri oluşturmakta ve iki büyük tektonik birlikten meydana gelmektedir [2]. Tabanda genellikle ofiyolitik kayalarla temsil edilen alt nap (Yüksekova ofiyoliti), tavanda ise Güneydoğu Anadolu'daki metamorfik masiflerden (Malatya-Keban-Engizek) oluşan üst nap bulunmaktadır [6]. Güneydoğu Anadolu orojenik kuşağında Toros platformu üzerinde Baskil magmatik yayı bulunmaktadır [7, 8]. Baskil magmatik yayına ait kayalar genel olarak plütonik (gabro, diyorit, monzodiyorit, kuvarşlı diyorit, kuvarşlı monzodiyorit, kuvarşlı monzonit, granodiyorit, ve tonalit) ve Koniasiyen-Erken Kampaniyen yaşlı kalkalkalen karakterli volkanik kayalardan oluşmaktadır [8]. Jeolojik ve petrolojik çalışmalar Baskil magmatik yayının okyanusal litosferin Toros platformu altına kuzeye dalması sırasında And tipi aktif kıta kenarı olarak geliştiğini işaret etmektedir. Doğu Akdeniz kuşağındaki ofiyolitlerin hemen hepsinin Üst Kretase'de okyanus içi dalma batma zonu üzerinde (Suprasubduction zone) oluştuğu değişik yazarlar tarafından belirtilmektedir [9, 10, 11, 12, 13]. Okyanus içi dalma batma zonu üzerinde (Suprasubduction zone) oluşan ofiyolitlerin evriminin beş (5) aşamadan oluştuğu [14] tarafından belirtilmiştir. Bu aşamalar Doğum (birth), Gençlik (youth), Olgunluk (maturity), Ölüm (death) ve Kıta

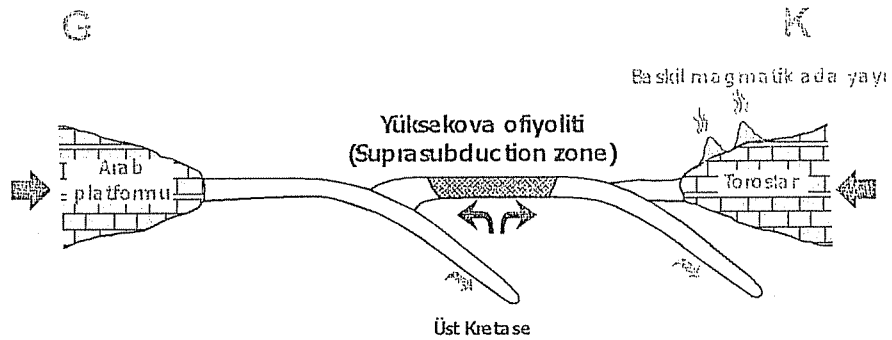
üzerine yerleşme (resurrection)'den meydana gelmektedir. Yüksekova ofiyolitini oluşturan birimlerin jeolojik ve petrolojik özellikleri incelendiğinde yukarıda bahsedilen evrim şemasında, Yüksekova ofiyolitinin oluşumunun okyanus içi dalma batma zonu (Suprasubduction zone) evriminin olgunluk safhasına denk geldiği görülmektedir.

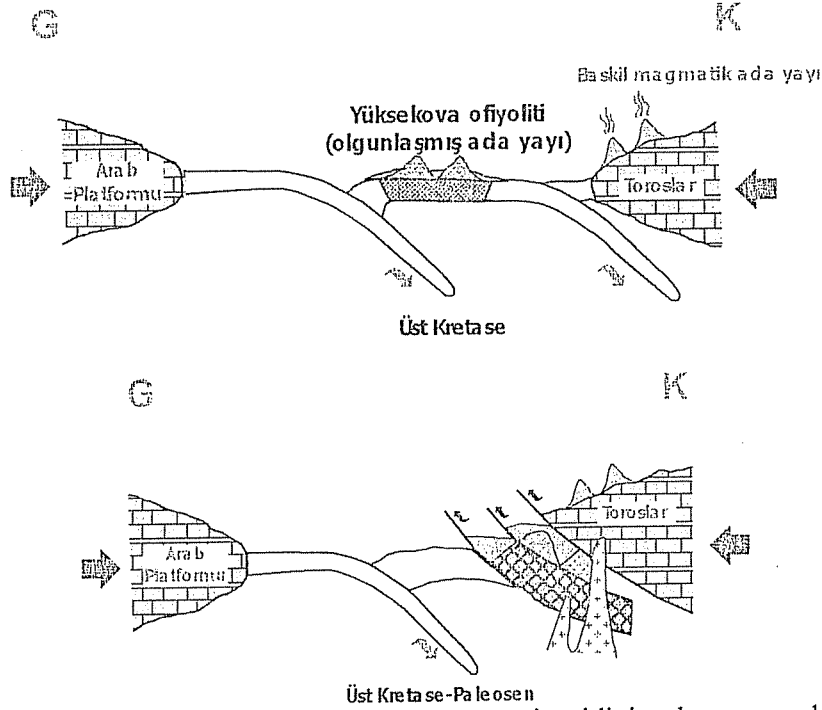
Yüksekova ofiyoliti ve Esence granitoyidi üzerine Göksun-Afşin (Kahramanmaraş) bölgesinde proje kapsamında yapılan çalışmalar ve bölgesel jeolojik veriler ışığı altında aşağıda kısaca özetlenecek bir evrim modeli verilecektir.

Güneydoğu Anadolu'da Neotetisin güney kolunun Üst Kretase'de kuzeye doğru dalarak kapanması sırasında ikili dalma-batma (double subduction) modeli hem Yüksekova ofiyoliti hem de Baskil magmatik yayının açıklanması açısından geçerli olabileceği düşünülmektedir. Bu model [15] tarafından daha önce desteklemiştir. Üst Kretase'de başlayan dalma-batma sırasında, levhalardan bir tanesi Toros platformunun altına dalarak daha kuzeyde Baskil magmatik yayını oluşturmaktadır (Şekil 3). Daha güneyde ikinci bir dalma-batma zonu üzerinde ise Yüksekova ofiyoliti oluşmaya başlamaktadır (Şekil 3). Okyanus içi dalma-batma zonu üzerinde oluşan okyanusal kabuğun olgunlaşmaya başlaması ve kalınlaşması söz konusudur (Şekil 3). Dalma-batmanın devam etmesine bağlı olarak kuzeydeki metamorfik masifler güneye doğru hareket etmektedir. Dalma-batmanın ileri aşamasında Yüksekova ofiyolitini oluşturan ensimatik ada yayı ile metamorfik masiflerin çarpışması söz konusudur (Şekil 3). Bu birbirini takip eden olaylar zinciri Koniasiyen-Santoniyen'de Esence granitoyidini oluşturmakta ve bu felsik intrüzif kayalar hem Yüksekova ofiyolitini hem de Malatya-Keban metamorfiklerini kesmektedirler (Şekil 3).

Yukarıda bahsedilen evrim modeli içerisinde oluşan Yüksekova ofiyoliti ve Esence granitoyidine ait sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmektedir.

- Bu çalışma ile ilk kez Türkiye'de olgunlaşmış ada yayı sistemine bağlı olarak oluşan bir ofiyolit detaylı jeokimyası ve jeokronolojisi ortaya konmuştur.
- Yüksekova ofiyoliti tabandan tavana doğru okyanusal kabuğun tüm birimlerini içermektedir. Bunlar sırasıyla; ultramafik-mafik kümülatlar, izotropik gabrolar, levha dayk kompleksi ve volkanik birimler.
- Çalışma alanında Yüksekova ofiyolitinin tabanını oluşturan ultramafik ve mafik kümülat kayalar verlit, lertzolit, olivin gabro ve normal gabrolardan oluşmaktadır. Bu kayalar Mezo ve orto kümülat dokusu sergilemekte ve jeokimyasal açıdan okyanus içi dalma-batma zonu üzerinde (suprasubduction zone) oluşan kümülat kayaların genel özelliklerini yansıtmaktadırlar.





Şekil 3. Yüksekova ofiyoliti ve Esence granitoidinin oluşum modeli.

d) Yüksekova ofiyolitindeki izotropik gabrolar çalışma alanında gabro, diyorit, kuvarslı diyorit ile temsil edilmektedirler. Tavan seviyelerinde levha dayk kompleksi ile olan dokanağı geçişlidir (interfingering) ve oldukça belirgindir. Granüller ve mikrografik doku sergileyen bu kayalar subalkalen karakterdedirler. Başlangıçta gabroyik kısımlar toleyitik özellik göstermekte ve ada yayının olgunlaşmasına bağlı olarak diyorit ve kuvarslı diyoritler ise kalkalkalen özellik gösterme eğilimindedirler. İzotropik gabroların ana ve iz element jeokimyası, bu kayaların okyanus içi dalma-batma zonu üzerinde (suprasubduction zone) oluştuğunu göstermektedir.

e) Levha dayk kompleksine ait kayalar entersertal doku gösteren diyabaz ve mikrogranüler doku gösteren mikrodiyoritlerden oluşmaktadır. Taban dokanağı izotrop gabrolarla geçişlidir. Levha daykları birbirine paralel olmakla beraber birbirini keser (dyke in dyke) ilişkilerde sunmaktadırlar. Levha dayklarının ana ve iz element jeokimyası bu kayaların okyanus içi dalma batma zonu üzerinde (suprasubduction zone) oluştuğunu işaret etmektedir.

f) Yüksekova ofiyolitini oluşturan volkanik birimler bazalt, bazaltik-andezit, andezit, dasit, riyolitlerden oluşmaktadır. Afanitik, mikrolitik, entersertal, amigdaloidal ve porfirik doku sunmaktadırlar. Jeokimyasal açıdan;

- Subalkalen karakterde; bazik kayalarda toleyitik özellik sunmakta, ortaç ve asidik kayalar ise kalkalkalen özellik sunma eğilimindedir.
- Volkanik kayaların kondrite göre normalize edilmiş yatay ve yataya yakın nadir toprak element (REE) şekilleri, N-MORB'a göre normalize edilmiş örümcek diyagramları, Th zenginleşmesi ve Ta (Nb) fakirleşmesi, bu kayaların

okyanus içi dalma-batma zonu üzerinde oluşan volkanik kayaların özelliklerini taşıdıklarını işaret etmektedir.

- Alterasyona karşı duraylı olan iz elementlere (Th, Nb, Zr) göre hazırlanmış tektonomagmatik diskriminasyon diyagramlarında, volkanik kayaların dalma-batma ile ilişkili tektonik ortamlara düştüğü görülmektedir.

g) Yüksekova ofiyolitinde levha daykları içinde değişik seviyelerde gözlenen plajiyogranitler genel olarak tonalit-trondjemitler, az miktarda da kuvarşça zengin granitoidler ile temsil edilmekte olup ince ve orta taneli doku göstermektedirler. Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramı (REE) ve okyanus ortası sırtı granite (ORG) göre normalize edilmiş örümcek diyagramları plajiyogranitlerin ofiyolit diğer birimleri gibi okyanus içi dalma-batma zonu üzerinde (suprasubduction zone) oluştuğunu işaret etmektedir.

h) Jeolojik ve jeokimyasal verilerin ışığı altında, Yüksekova ofiyolitini oluşturan tüm birimlerin aynı jeodinamik ortamda oluştuğu ve bu jeodinamik ortamında Üst Kretase'de Neotetisin güney kolunda okyanus içi dalma batma zonu üstü (suprasubduction zone) olduğu bu çalışmayla ortaya konmuş bulunmaktadır.

i) Yüksekova ofiyoliti ve onu tektonik dokanakla üzerleyen Malatya metamorfiklerine intrüzyon yapmış olan Esence granitoidi esas olarak taneli doku sergileyen granodiyorit, mikrogranüler porfirik-mikrografik doku sergileyen mikrogranit ve aplitik dayklardan ibarettir. Mineralojik ve jeokimyasal veriler Esence granitoidinin I-tipi kalkalkalen granitoidlerin özelliklerini taşıdığı görülmektedir. Bölgesel jeolojik veriler ışığı altında Esence granitoidinin ensimatik ada yayı ile metamorfik masiflerin (Malatya-Keban) çarpışması esnasında okyanus içi ortamda oluştuğu düşünülmektedir.

j) Esence granitoidine ait kayalar üzerinde yapılan K-Ar izotopik yaş tayinleri neticesinde birbirleri ile uyumluluk sundukları gözlenmektedir. Bu nedenle Esence granitoidini oluşturan kayaların aynı magmatik faz esnasında oluştuğu düşünülmektedir. K-Ar izotopik yaş tayini verilerine göre Yüksekova ofiyoliti ve Malatya metamorfiklerini kesen Esence granitoidinin intrüzyon yaşının 85-88 My olabileceği düşünülmektedir.

3. KAYNAKLAR

1. Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., "Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach", *Tectonophysics*, 75, 181-241, (1981).
2. Yılmaz, Y., "Allochthonous terranes in the Tethyan middle east Anatolia and the surrounding regions", In: *Allochthonous Terranes* (Edited by Dewey J.F., Gass, I.G., Curry, G.B., Harris, N.B.W., and Şengör, A.M.C.), Cambridge University Press, 155-168, (1991).
3. Juteau, T., *Ophiolites of Turkey. Ofioliti*, 2, 199-237, (1980).
4. Tarhan, N., "Göksun-Afşin-Elbistan dolayının jeolojisi", *Jeoloji Mühendisliği*, 19, 3-9, (1984).
5. Yılmaz, Y., "New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen", *Geol. Soc. Am. Bull.*, 105, 251-271, (1993).
6. Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E., and Genç, Ş.C., "Ophiolitic and metamorphic assemblages of southeast Anatolia and their significance in the geological evolution of the orogenic belt", *Tectonics*, 12, 1280-1297, 1993.

7. Aktaş, G., and Robertson, A.H.F., "The maden complex, S.E. Turkey: evolution of a Neo-Tethyan active margin", In: *The geological evolution of the eastern Mediterranean* (Edited by Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F.), Geol. Soc. London Spec. Publ., 17, 375-402, 1984.

8. Yazgan, E., Chessex, R., "Geology and tectonic evolution of the eastern Taurus region", In: *Geology of the Taurus Belt* (Edited by Tekeli, O., and Göncüoğlu, M.C.), 199-208, (1991).

9. Pearce, J.A., Lippard, S.J. and Roberts, S., "Characteristics and tectonic significance of suprasubduction zone ophiolites", In: *Marginal Basin Geology* (Edited by Kokelaar, B.P. & Howells, M.F.), Geol. Soc. London Spec. Publ., 16, 77-89, (1984).

10. Robertson, A.H.F., "Role of the tectonic facies concept in orogenic analysis and its application to Tethys in the eastern Mediterranean region", *Earth Science Review*, 37, 139-213, (1994).

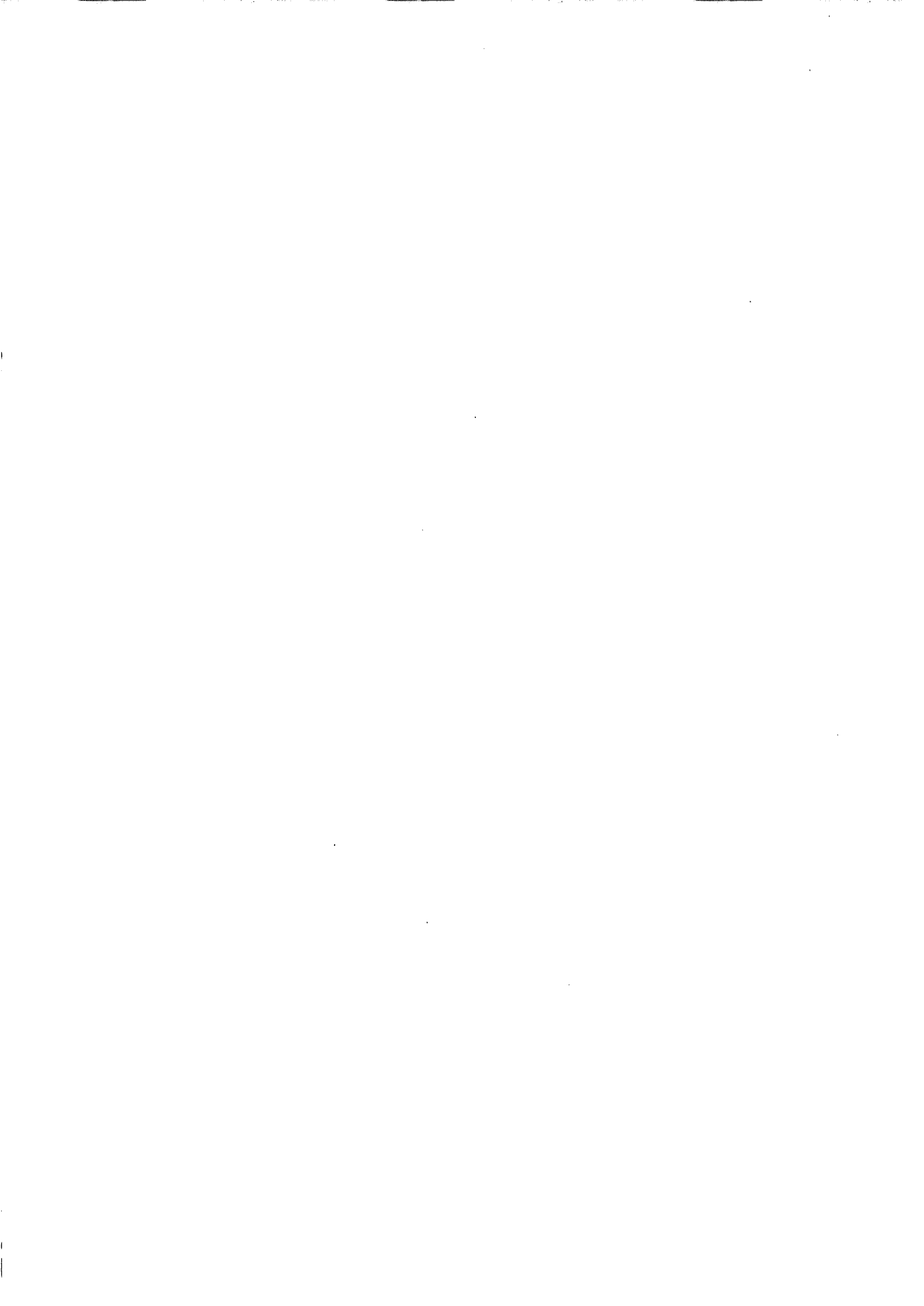
11. Yılmaz, M.K.Y., Floyd, P.A. and Göncüoğlu, M.C., "Supra-subduction zone ophiolites of Central Anatolia: geochemical evidence from the Sarikaraman ophiolite, Aksaray, Turkey", *Mineralogical Magazine*, 60, 697-710, (1996).

12. Parlak, O., "Geochemistry and geochronology of the Mersin ophiolite within the eastern Mediterranean tectonic frame (southern Turkey)", PhD Thesis, University of Geneva, *Terre & Environnement*, 6, 242 pp., (1996).

13. Parlak, O., Höck, V., and Delaloye, M., "Suprasubduction zone origin of the Pozantı-Karsantı ophiolite (southern Turkey) deduced from whole rock and mineral chemistry of the gabbroic cumulates", In: *Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area* (Edited by Bozkurt, E., Winchester, J.A., and Piper, J.D.), Geol. Soc. London Spec. Publ., 173, 219-234, (2000).

14. Shervais, J.W., "Birth, death and Resurrection: The life cycle of suprasubduction zone ophiolites", *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 2, 2000 Gc000080, (2001).

15. Robertson, A.H.F., "Mesozoic-Tertiary tectonic evolution of the easternmost Mediterranean area, integration of marine and land evidence", In: *Ocean Drilling Program Scientific Results* (Edited by Robertson, A.H.F., Emeis, K.C., Richter, K.C., and Camerlenghi, A.), 160, 723-782, (1998).



DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003GÜMÜŞ CEVHERİ ÜRETİM TESİSİ ATIK SULARINDAN AVR YÖNTEMİ
İLE SİYANÜRÜN GERİ KAZANIMI**Oktaç BAYAT ve Hüseyin VAPUR***Ç.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye*
obayat@cukurova.edu.tr hvapur@cukurova.edu.tr

ÖZET : *Bu çalışmanın amacı Eti Gümüş A.Ş. siyanür özütleme (liç) tesisi atıklarından siyanürün geri kazanımının araştırılmasıdır. Tesiste halen doğal parçalanma yöntemi kullanılarak atık barajındaki atık su içindeki siyanür konsantrasyonunu azaltılmaktadır. Dizayn edilen akım şemasına uygun olarak bir AVR pilot tesisi kurulmuş ve çalışma parametreleri denenerek pilot çalışma yapılmıştır. Optimum çalışma koşullarında yapılan denemelerde %98 verimle siyanür geri kazanılmış ve atık barajına deşarj edilen atık su NaCN konsantrasyonu 950 mg/L dan 19 mg/L değerine indirilmiştir.*

1. GİRİŞ

Altın ve gümüş gibi kıymetli metallerin özütleme (liç) işleminde siyanürün kullanılması basit, güvenilir ve ekonomik yöntemdir. Gümüş kazanım tesislerindeki siyanür tüketimi altın madenciliğine göre daha fazladır. Bu nedenle siyanürün geri kazanılması siyanür tüketimini azaltacağından tesis işletme maliyetini de düşürecektir. Asitlendirme (A), Gazlaştırma (V) ve yeniden absorblama (R) yöntemi olan AVR, Mills-Crowe yada CRP isimleri ile madencilik çalışmalarında kullanılmıştır. Yöntem ilk olarak Flin Flon madeninde (Manitoba/Kanada) uygulanmıştır. Daha sonra yöntem geliştirilerek Real Del Monte madeninde (Meksika), CANMET araştırma enstitüsünün katkılarıyla Golcondo madeninde (Avustralya) siyanürün geri kazanılması amacıyla uygulanmıştır. CRP yöntemine benzer şekilde CyanisorbTM yöntemi geliştirilerek Golden Cross madeninde (Yeni Zelanda) ve De Lamar madeninde (ABD) uygulanarak ekonomikliği gösterilmiştir. Son zamanlarda yöntemin geliştirilmesi için araştırmalar devam etmektedir. Özellikle 1985'ten sonra AVR yöntemini filtre edilmiş atık sular yerine doğrudan katı içeren atıklara (slurry) uygulamak için yoğun çalışmalar yapılmaktadır [1-5].

Ülkemizde halen gümüş üretimi yapan tek kuruluş Eti Gümüş A.Ş. dir. Tesiste yıllık yaklaşık 1200 ton NaCN tüketilmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

Yapılan pilot tesis ölçekli denemelerde ortalama 0.074 mm tane boyutunda ince öğütülmüş liç tesisi atığı kullanılmıştır. Denemeler AVR yöntemine göre dizayn edilmiş pilot tesiste yapılmıştır. Besleme malının ortalama katı oranı %30-40 katıdır. Kullanılan atık suyun kimyasal analizi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo1: Atık suyun kimyasal analizi

Element	mg/L
Ag	7.2
Pb	0.12
Fe	0.48
Cu	18.80
Cd	1.94
Zn	324
Ni	0.74
Mn	-
As	0.18
Sb	0.17
SO ₄	101
PO ₄	0.38
NaCN	950
Cl	251

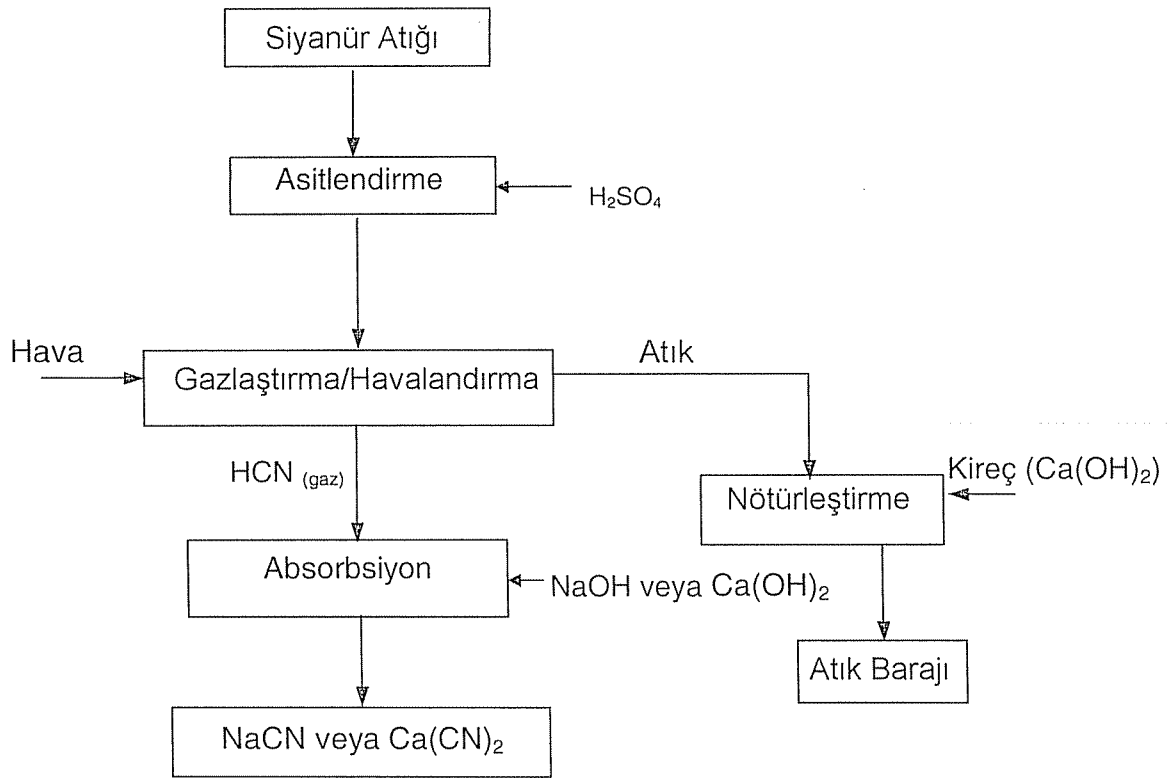
AVR prosesinin genel akım şeması Şekil 1’de verilmiştir. Sistem emniyetlidir ve tamamen kapalı devre çalışmaktadır. Siyanürlü atık önce ortalama %10’luk H₂SO₄ kullanılarak 20 dakika karıştırılmakta ve pH ~ 6.0 olacak şekilde asit eklenmektedir. Asitlendirme aşamasından sonra çözelti gazlaştırma/havalandırma kolonlarına gönderilerek serbest HCN gazı hava fanlarından sağlanan basınçla ters akımlı taşıma (counter current) prensibi ile taşınmaktadır. Daha sonra geri tutma (reabsorbsiyon) kolonlarına alt kısımlardan beslenen HCN gazı üzerine %10’luk NaOH yada kireç sütü (Ca(OH)₂) püskürtülerek NaCN yada Ca(CN)₂ olarak geri kazanılmaktadır. Sistemden çıkan atıksu ise pH > 9.5 olacak biçimde tekrar kireç ile nötralize edilerek bazik hale getirilmektedir. Nötürleştirme sırasında sıvı içerisindeki metallerin çökeldiği görülmüştür. Bu metalleri de filtre ederek uzaklaştırmak yada geri kazanmak mümkündür [5,6].

Siyanür geri kazanımı Şekil 2’de gösterilen pilot tesiste gerçekleştirilmiştir. AVR yöntemi ile siyanürün geri kazanılmasındaki temel kimyasal reaksiyonlar aşağıda verilmiştir [3,4,7].

- Asitlendirme işlemi:
$$2 \text{ KCN} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2 \text{ HCN}$$
$$\text{Ca}(\text{CN})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CaSO}_4 + 2 \text{ HCN}$$
$$2 \text{ NaCN} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{ HCN}$$
$$\text{M}^{++} (\text{CN})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{M}^{++} \text{SO}_4 + 2 \text{ HCN}$$
- Gazlaştırma (stripping) işlemi :
$$\text{HCN}_{(\text{H}_2\text{O})} \longrightarrow \text{HCN}_{(\text{gaz})}$$
- HCN gazı geri tutma işlemi (re-absorbition) :
$$\text{HCN}_{(\text{gaz})} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCN} + \text{H}_2\text{O}$$
$$2 \text{ HCN}_{(\text{gaz})} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{Ca}(\text{CN})_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$$
- 4. Nötralizasyon işlemi:
$$\text{M}^{++} + 2 \text{ OH}^- \longrightarrow \text{M}^{++} (\text{OH})_2$$
- 5. Demir siyanür bileşiklerin uzaklaştırma işlemi:
$$\text{Na}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + 2 \text{ CuSO}_4 \longrightarrow \text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6$$

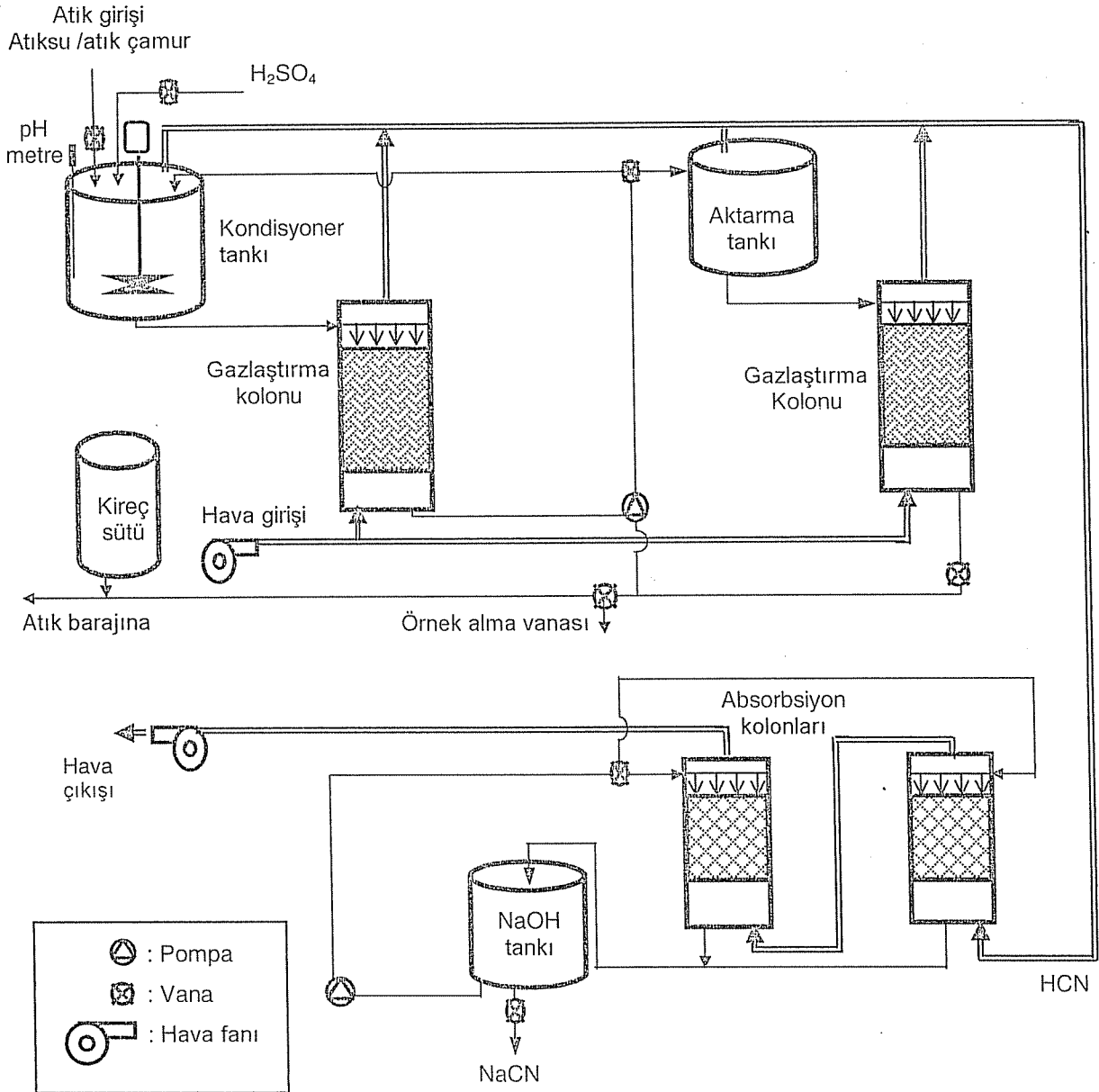
Pilot tesiste 2 adet gazlaştırma kolonu, 2 adet HCN geri tutma kolonu, 1 adet karıştırma tankı ve 1 adet NaOH tankı kullanılmıştır. Sistem giriş ve çıkışına bağlantılı 2 adet hava fanı (blower) kullanılmıştır. (Şekil 2). Kolonlar plastic malzemeden özel olarak yapılan 1.5 inch lik Pall halkaları ile doldurulmuştur. Sızdırmazlık sağlamak amacıyla boru bağlantıları ve kapaklar arasına plastik conta konulduktan sonra bağlantı yapılmıştır. Fan çıkışında belirli sürelerde HCN gazı Toxi Ultra ölçüm cihazı ile ölçülmüştür ve HCN gazı kaçağına rastlanmamıştır.

Hava hızı ölçümleri ise Extech, 451104 Thermo anemometer (ölçüm aralığı: 80-5900 ft/dk, 10- 50 °C) aleti kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca pH metre, viskozite ölçer, sıvı akış ölçer ve emniyet için iki adet gaz maskesi kullanılmıştır. Sistemin kapalı olması ve açık havada çalışması nedeniyle sistemin oldukça emniyetli olduğu görülmüştür.



Şekil 1. AVR yönteminin genel akım şeması [3,4]

Deney numuneleri Rhodanin indikatörü ve gümüş nitrat ile titrasyon edilerek ölçümler yapılmıştır.



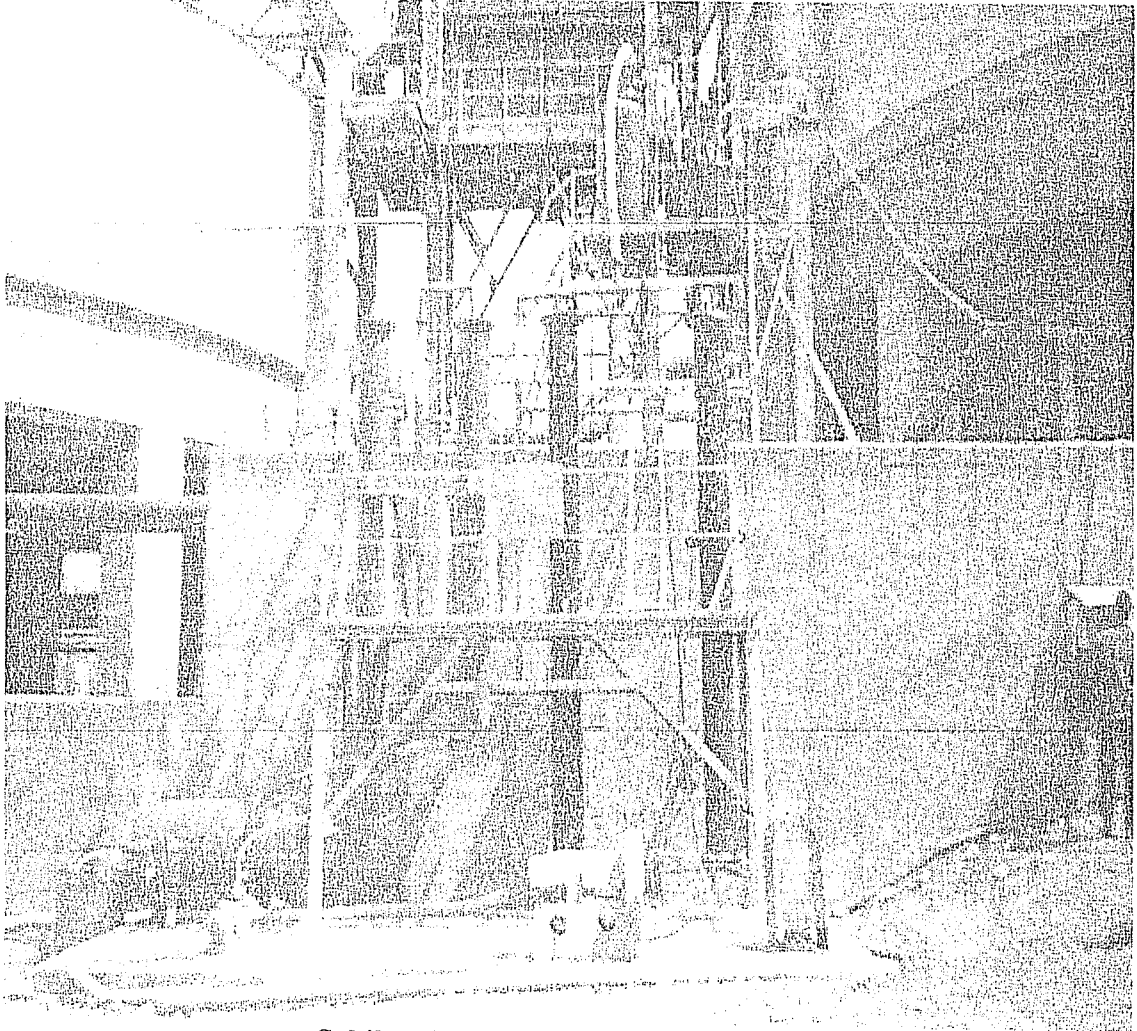
Şekil 2. Pilot tesis akım şeması

3. SONUÇLAR

AVR pilot tesisinde (Şekil 3) yapılan çalışma sonucu elde edilen optimum koşullar aşağıdadır. Bu koşullarda yapılan testler sonucu atık NaCN konsantrasyonu 19 mg/L seviyesine düşürülerek atık barajına deşarj edilmiştir. NaCN kazanma verimi % 98.3 tir.

Hava/sıvı oranı : 370 m³/ saat
pH : 6.00 (H₂SO₄)
Katı oranı : %30 katı

Absorbant : Ca (OH)₂ (kireç sütü)
Asit ile reaksiyon süresi : 30 dk
Havalandırma süresi : 240 dk
NaCN kazanma verimi : %98



Şekil 3. AVR pilot tesisi genel görünüşü

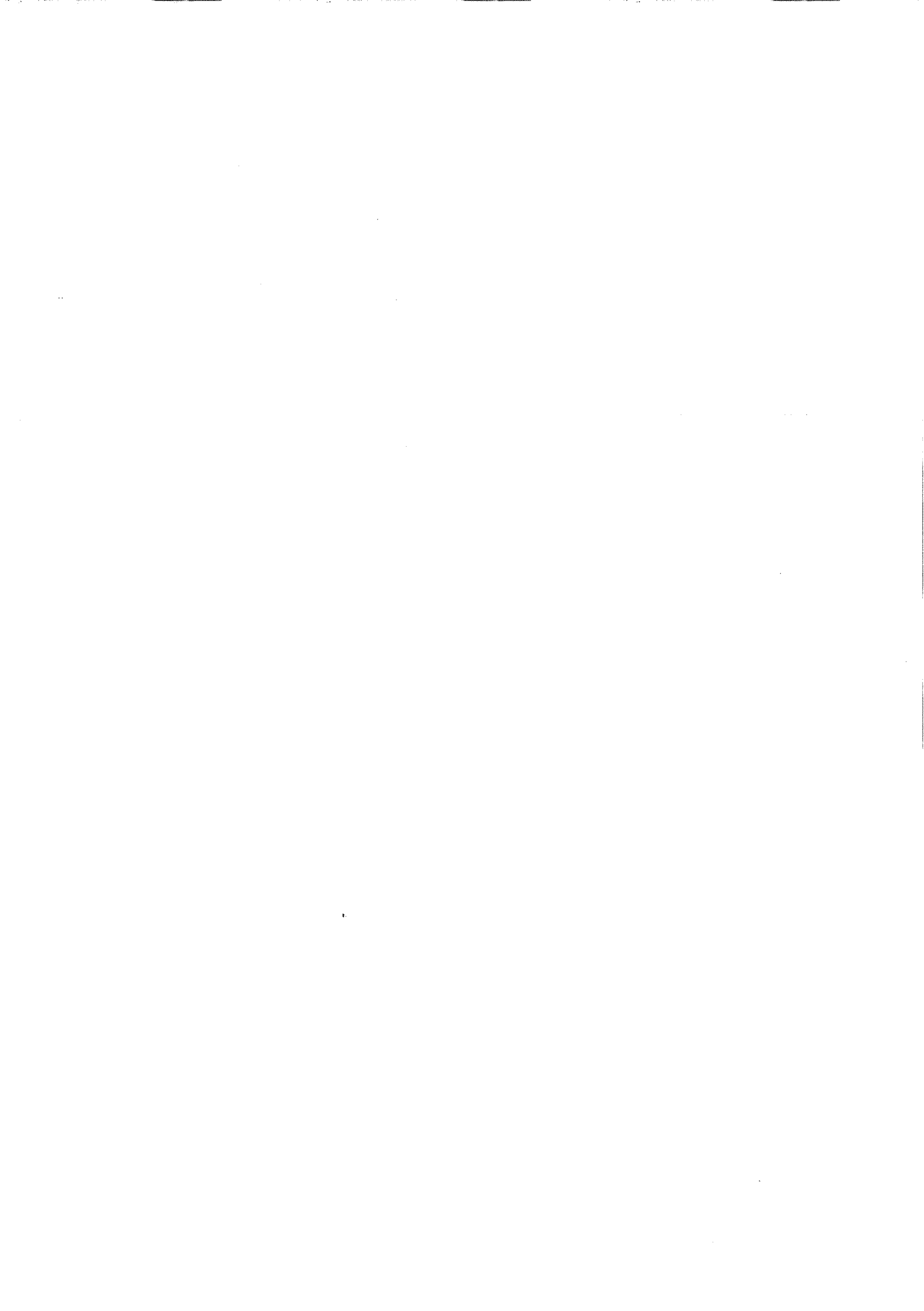
4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından YDABCAG 199Y102 nolu proje, Ç.Ü. BAP tarafından FBE 2002 D33 nolu proje, ve ayrıca Eti Gümüş A.Ş. tarafından desteklenmiştir.

5. KAYNAKLAR

1. Logsdon, J.M., Hagelstein, K., Mudder, T., "Cyanide process for gold production", *International Council on metal and the environment (ICME)*, pp. 30-35, 1999.

2. Mordoğan,H., "Madencilikte Siyaniir Kullanımı, Kimyası ve Arıtım Yöntemleri", 2. Uşsal Toksikoloji Kongresi Panel Notları, Türk Toksikoloji Derneği, 55-74, Antalya, 1997.
3. Goldstone,A., Mudder,T., "The recovery of cyanide from slurries", *Proceedings of the International Gold Expo Conference*, Page 1-30, 1989.
4. Mudder,T., Smith,A., "Chemistry and treatment of cyanide Wastes", *Mining Journal Books Ltd.*, pp 345-361, New York, 1992.
5. Botz,M.M., "Cyanide recovery for silver leaching operations application of CCD-AVR circuits", *Unifield Engineering, Inc.*, 1999.
6. Leao,V., Ciminelli,V., Costa,E., "Cyanide recycling using strong- base Ion-exchange resin", *The Minerals, Metals and Material Society (JOM)*. Volume 50, Issue 10, Page 71-74, 1998.
7. Young,C.A. & Jordan,T.S., "Cyanide Remediation: Current and Past Technologies., 10th Annual Conference on Hazardous Waste Research"., *Kansas State University*, Page 104-119, Manhattan, Kansas, 1995.



DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003YÜKSEK BASINÇLI ENJEKSİYON (JET-GROUT) YÖNTEMİ İLE
ZEMİNLERİN ISLAHI

Mehmet SÖYLEMEZ, Osman GÜNAYDIN ve Mustafa FENER

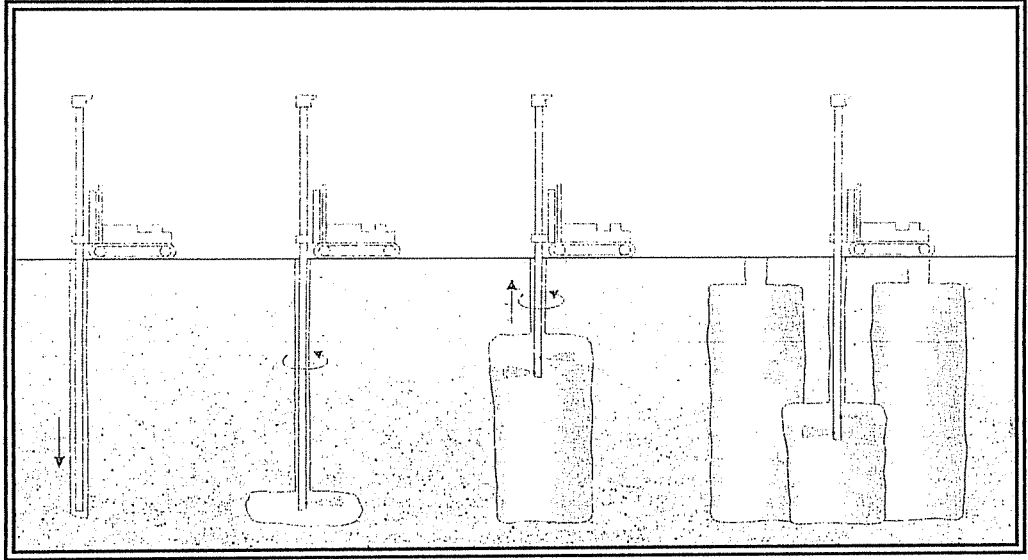
Ç.Ü., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana-Türkiye

msoylemez@cu.edu.tr ogunaydin@cu.edu.tr mfenner@cu.edu.tr

ÖZET : Doğal arazide zemin özelliklerinin proje kriterlerini sağlayamadığı hallerde zemin mühendisinin yapacağı ilk çalışma değişik yöntemler ile zemini ıslah ederek öngörülen kriterlere ulaşabilmektir. Yüzeyden derine kadar zeminin ıslah yöntemleri çok değişiktir. Temellerin oturacağı zeminin kayma mukavemetini arttırmak, yerli kayanın çatlaklarını doldurmak, zeminin geçirgenliğini (permeabilitesini) azaltmak için kullanılan enjeksiyon teknikleri zemin ıslah yöntemleri arasında yaygın olanlarıdır. Yakın zamana kadar alışılmış klasik metotlarla çakıl-kum zeminler çimento şerbeti ile orta ve ince taneli kumlu zeminler çeşitli kimyevi maddeler enjekte edilmek suretiyle ıslah edilmiş ve zemine bağlı uygulama sınırları tayin edilmiştir. Enjeksiyon yapılacak zemin içerisinde; silt ve kilin tabakalar halinde bulunması, silt oranının % 15-20' yi aşması, kil oranının yüksek olması gibi hallerde genel olarak klasik metotlardaki enjeksiyon teknikleri uygulanmaktadır. Bunun için bütün siltli zeminlerde hatta killi zeminlerde bile enjeksiyonu başarıyla uygulamak "Yüksek Basınçlı Enjeksiyon (Jet-Grout)" yöntemi ile mümkündür. Jet-Grout yöntemi, çakıldan kile kadar her türlü zeminin yüksek basınçlı enjeksiyon ile ıslahı mümkündür. Jet-Grout ilk olarak 1970'li yılların başlarında Japonya'da uygulanmaya başlanmış daha sonra Avrupa'ya yayılmış ve son yıllarda tüm dünyada giderek yaygınlaşan bir uygulama olmuştur. Bu yöntem 10-15 yıldır ülkemizde de uygulanmakta olup, dünyada ve Türkiye' de hızlı bir gelişme göstermektedir.

1. AMAÇ

Jet-Grout ile zemine doğrudan doğruya çok yüksek basınçla zemine enjekte edilen bir stabilize malzeme ile (genellikle su-çimento karışımı) karıştırılır. Bu yöntemde, enjeksiyon memelerinden yüksek hızla gelen enjeksiyon karışımı zeminin doğal yapısını bozmakta ve zemin ile stabilize malzemenin karışımından doğan yeni bir oluşum meydana getirmektedir. Böylece zeminin taşıma gücü ve elastisite modülü artarken permeabilitesi azalmaktadır. Homojen ve sürekli yapıda olan bu yeni malzemenin karakteristik özellikleri önceden belirlenebilmektedir. Jet-Grout yönteminin belirgin farkı diğer klasik yöntemlerle karşılaştırıldığında ortaya çıkmaktadır. Klasik enjeksiyon yöntemleri zemin özelliğini büyük çapta değiştirmemekte, buna karşılık Jet-Grout yöntemi zemini çimento şerbeti ile karıştırmak şeklinde uygulanmaktadır. Böylece zeminin bir kısmı çimento şerbeti ile yer değiştirmektedir (Şekil 1). Diğer enjeksiyon sistemlerine nazaran bu yöntem ile kil veya kum-çakıl gibi çeşitli karakter ve farklı türlerdeki zeminlerin ıslahı mümkün olabilmektedir.



Şekil 1. Jet-Grout yönteminin arazide uygulaması (1).

Yöntemde iki aşama uygulanmaktadır. Delme aşamasında genellikle 100-50 mm çaplı enjeksiyon forajının öngörülen derinliğe kadar açılması için rotary usulü ile çalışan delici bir makine ve delmede kolaylık için de sirkülasyon suyu kullanılmaktadır. Püskürtme aşamasında ise delme tijinin ucundaki püskürtme memelerinden 700 kg/cm^2 'ye kadar oluşan basınçla enjeksiyon malzemesi püskürtülür. Yüksek basınç altında kontrollü olarak verilen bu enjeksiyon malzemesi ince püskürtme memelerinden büyük bir enerji ile çıkar, karşılaştığı zemini keser, koparır ve karıştırır.

Delgi, klasik yöntemlerdeki gibi delinen zeminin özelliklerine bağlı olarak gerçekleştirilir. Dolayısıyla klasik sistemlerdeki tüm rotary delgi yöntemleri kullanılır. Delgi sırasında kullanılan akışkanlar su, hava, bentonit süspansiyonu veya çimento-su karışımlarıdır. Yüksek basınçlı enjeksiyon yapımında aynı delgi tijeri kullanılmaktadır. Bu delgi tijeri yüksek basınçlı enjeksiyon için özellikle basınca dayanıklı olarak imal

edilmiştir. Birleşim yerleri 500-600 kg/cm² basınca dayanabilmektedir.

Enjeksiyon, önceden planlanan derinliğe erişildikten sonra delgi tiji ucundaki delik, çelik küre veya otomatik valf ile kapatılır. Böylece enjeksiyonun monitör denilen özel parçaya yatay olarak tespit edilen enjeksiyon memelerinden çıkması sağlanır. Elde edilen yüksek kinetik enerji etrafındaki zemini parçalar, parçalanan zemin ve enjeksiyon karışarak zemin-çimento kolonları oluşturur. Böylece doğal zeminin mekanik özellikleri iyileştirilmiş olur. Elde edilen kolonların boyutları zeminin yapısı, tijin dönme hızı, yukarı çekilme hızı, enjeksiyon basıncı ve akışkanlığı, enjeksiyon memelerinin çap ve sayısı gibi çalışma parametrelerinin seçimine bağlıdır. Püskürtme aşaması sonucunda enjeksiyon malzemesinin zemine aktardığı tijin belirli devir ile döndürülmesinden kalınlıkları zemin cinsine bağlı olarak 2 cm ile 7 cm arasında değişen daire biçimli tabakalar, tijin yavaşça yukarı çekilmesiyle de enjeksiyon kolonları oluşturulur.

Enjeksiyon işlemi devam ederken kesilip karıştırılan zeminin bir kısmı oluşan basınç altında foraj deliğinden yüzeye transfer olur. Bir kısım zeminin enjeksiyon deliğinden dışarı çıkması enjeksiyonun zemine penetrasyonu için önemlidir. Ağızdan geri gelen madde hacmi zemin porozitesi ve cinsine bağlı olarak killerde daha fazla kum ve çakıllarda daha az olmak üzere ortalama olarak enjeksiyon hacminin %10'u mertebesindedir. Kalan zemin çimento şerbeti ile karıştırılır, özellikleri tamamen değişik yeni bir malzeme ortaya çıkar. Kısacası bu bölgede malzemenin karakteri değişmiş olur.

Enjeksiyon tijin sürekli döndürülmesi sonucu enjeksiyon kolonları, bu kolonların birbirine geçmeli/bindirmeli olarak dizilmesi ile de masif enjeksiyon duvarları, enjeksiyon tijin rotasyonsuz tutulması veya çok küçük bir açı ile döndürülmesi ile de enjeksiyon perdeleri oluşturmak mümkündür.

Bu tarzda imal edilmiş elemanların kullanılma alanları sıralanacak olursa; Yeni inşaatlarda normal temel kazıkları yerine enjeksiyon kolonları olarak mevcut inşaatlarda temel yüklerini olduğundan daha derin taşıyıcı zemine aktarmak amacıyla geniş temel alanlarında zemin iyileştirilmesi, mevcut yapılar altında zemin iyileştirmesi, temellerin takviyesi, otoyollarda köprü ve viyadük temelleri altında, geçirimsiz perdeler teşkilinde, tünel inşaatlarında zemin stabilitesini arttırmak için, dolguların temel takviyesi, şev stabilitesinin iyileştirme işlerinde ve daha bunun gibi birçok alanda Yüksek Basınçlı Enjeksiyon sistemi başarıyla uygulanmıştır.

2. SONUÇ

Jet-Grout kolonları genelde, zeminin iyileştirilmesi veya yapı yüklerinin derindeki tabakalara aktarılması amacıyla kullanılmaktadır. Bu kolonlar yüksek basınçla püskürtülen çimento harcı zemin ile karıştırılarak oluşturulur. Jet-Grout kolonlarının oluşturulmasında zemin cinsi ve özellikleri, püskürtme basıncı, püskürtücünün dönme ve yukarı çekilme hızı, püskürtme ağızlığının çapı rol oynar. İstenilen çapta bir kolon elde edilebilmesi için bu değişkenlerin uygun bir bileşimi araştırılır.

Günümüzde yapılan uygulamalarla, Jet-Grout yönteminin hemen her zeminde uygulanabilmesi iddiası açıkça doğrulanmış, ayrıca gereği gibi uygulanması ve elde edilecek kalitenin kontrol edilmesi halinde, zaman ve ekonomik yönden önemli ölçüde tasarruf sağlanacağı kanıtlanmıştır.

Ayrıca Jet-Grout ile kullanılacak stabilize malzeme miktarı, elde edilecek

mukavemet ve geçirgenlik gibi zemin parametreleri ile maliyet için başlangıcında tahmin edilebilmektedir.

3. KAYNAKLAR

1. Gökalp,A., Eriş,B., “*Project Completion Report on ground improvement by jet grouting technique for foundations of a natural gas combined cycle power plant in Izmir, Turkey*”, Kasktas A.S., *Internal Technical Report, Turkey, (2001)*.

2. Gökalp,A., Düzceer,R., “*Ground Improvement by jet grouting technique for foundations of a natural gas combined cycle power plant in Turkey*”, *Proc., 9th International Conference & Exhibition on Piling and Deep Foundations, DFI, Nice, France, (2002)*.

3. Sağlamer,A., , “*Bechtel-Enka Joint Venture Izmir Aliaga Combined Cycle Power Plant Geotechnical Report*”, *Dept. of Civ. Engrg., Istanbul Technical University, Istanbul, (2000)*.

**DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003**

JEOİSTATİSTİKSEL ANALİZ ÜZERİNE BİR BİLGİSAYAR PROGRAMI

Ahmet DAĞ ve Bayram Ali MERT

Ç.Ü., Maden Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
ahmdag@cukurova.edu.tr alimert@cukurova.edu.tr

ÖZET: *Bu çalışmada, doğadan alınmış örnekler arasındaki mesafeye bağlı ilişkilerin matematiksel fonksiyonlarını belirleyip, bu fonksiyonlar yardımıyla da örneklenmemiş noktalardaki bilinmeyen değerlerin tahminini yapan ve sonuçları grafikler yardımıyla kullanıcıya sunan bir bilgisayar programı visual basic programlama dilinde yazılmıştır.*

1. GİRİŞ

İncelenen bir doğa olayı veya doğadan alınmış bir örnek zamana ve mekana bağlı olarak bir değişim gösteriyorsa ve bu değişim belirli bir yapı içerisinde süreklilik arz ediyorsa, bu değişken bölgeselleşmiş değişken olarak nitelendirilir. Örneğin bir maden yatağındaki tenör ve kalınlık değeri, topraktaki kil, su, tuzluluk, porozite, yüzeysel akış, kırık, su ve topraktaki kirleticiler birer bölgeselleşmiş değişkendirler. Bu tür değişkenleri baz alarak hazırlanacak olan bir projede öncelikle bu değişkenlerin nitel ve nicel özelliklerinin saptanması gereklidir. Bu özellikler, çeşitli arazi çalışmalarıyla bölgeden alınan temsili örnekler üzerinde yapılan deneylerle ortaya konur. Alınan bu örneklerin sayısı arttıkça hazırlanacak olan projenin güvenilirliği de şüphesiz artacaktır. Fakat bir bölgenin her bir noktasından örnek almak büyük maliyetleri de beraberinde getirecektir. Bu bağlamda amaç, temsili alınan az sayıdaki örneklerle örneklenmemiş noktadaki değerlerin de bilinmesine yönelik olacak ve çeşitli istatistiksel yöntemlere başvurulacaktır. Bu amaca yönelik olarak matematikçiler, istatistikçiler ve jeologlar çok sayıda istatistiksel yöntemler geliştirmiş ve daha sonra örneklerin yerlerinin de göz önünde bulundurulması ve birbirlerine yakın olanların daha çok benzerlik göstereceği varsayılarak, iki örnek arasındaki ilişkiyi mesafeye bağlı bir fonksiyonla tanımlamış, değişken değerleri arasındaki farkların uzaklığa ve yönlere bağlı değişimlerini dikkate alan jeostatistiği ortaya koymuşlardır.[1,2]

Örneklenmemiş noktalardaki değer tahminlerinde bölgeselleşmiş değişken değerleri arasındaki farkların uzaklığa ve yöne bağlı oluşturulan bir modeline dayanarak ilgili çalışma alanının özelliklerini yansıtabilen jeostatistik, en geçerli yaklaşımdır.

2. JEOİSTATİSTİK YÖNTEM

Jeoistatistik yöntemlerle tahmin tekniği dört ana gruba ayrılır. Bu gruplar ise ;

- Variogram
- Blok Varyansı
- Tahmin Varyans
- Kriging

şeklinde adlandırılır. [3]

Bunlardan variogram, alınan örnekler arasındaki ilişkiyi ve dağılımlarını belirlemeye yarayan yapısal analiz için bir unsurdur. Jeostatistikte bölgesel değişkenin değerleri arasındaki farkın uzaklığa bağlı değişimleri variogram fonksiyonu ile ortaya konur. Variogram fonksiyonu birbirinden h uzaklığı ile ayrılmış iki rastlantı değişkeni (Z_x, Z_{x+h}) arasındaki farkın varyansı şeklinde ifade edilir. [4]

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Variogram fonksiyonu bilindiğinde değişkenin homojenlik ve izotropluk dereceleri, düzenliliği ve bir örneğin etkili olduğu uzaklık sayısal olarak belirlenebilir.

Blok varyansı ve Kriging işlemi, bilinmeyen noktalardaki değerleri bulmak için bilinen noktaların ağırlık katsayılarını hesaplamada kullanılır. Bölgeselleşmiş değişkenlerin örneklenmemiş noktalarının tahminlerinde en iyi ve yansız bir tahmin edici olarak kullanılan kriging, blok veya bir noktanın tahminini minimum varyansla tahmin eden en iyi yöntemdir. Tahmin varyansı ise, hesaplama sonucu elde edilen değerlerin hata oranını belirleyen bir işlemdir. [5]

Jeoistatistiksel bir çalışmada bu unsurların hepsinin sistematik olarak yapılması gerekir. Analizin ilk aşamasında gözlem verileri kullanılarak deneysel yarıvariogram analizleri yapılmakta ve bu analize göre teorik yarıvariogram modeli ve parametreleri belirlenmektedir. Belirlenen parametrelere bağlı olarak ileri bir enterpolasyon tekniği olan kriging yöntemi ile çalışma alanında oluşturulan sistematik grid noktaları için tahmin yapılmakta ve bu tahminlere ilişkin kriging standart sapma değerleri hesaplanmaktadır. İncelenen özelliğe ilişkin kriging kestirimleri ve kriging standart sapma değerleri optimal haritalama tekniği olarak da bilinen bu yöntemle haritalanmaktadır. [5,6,7]

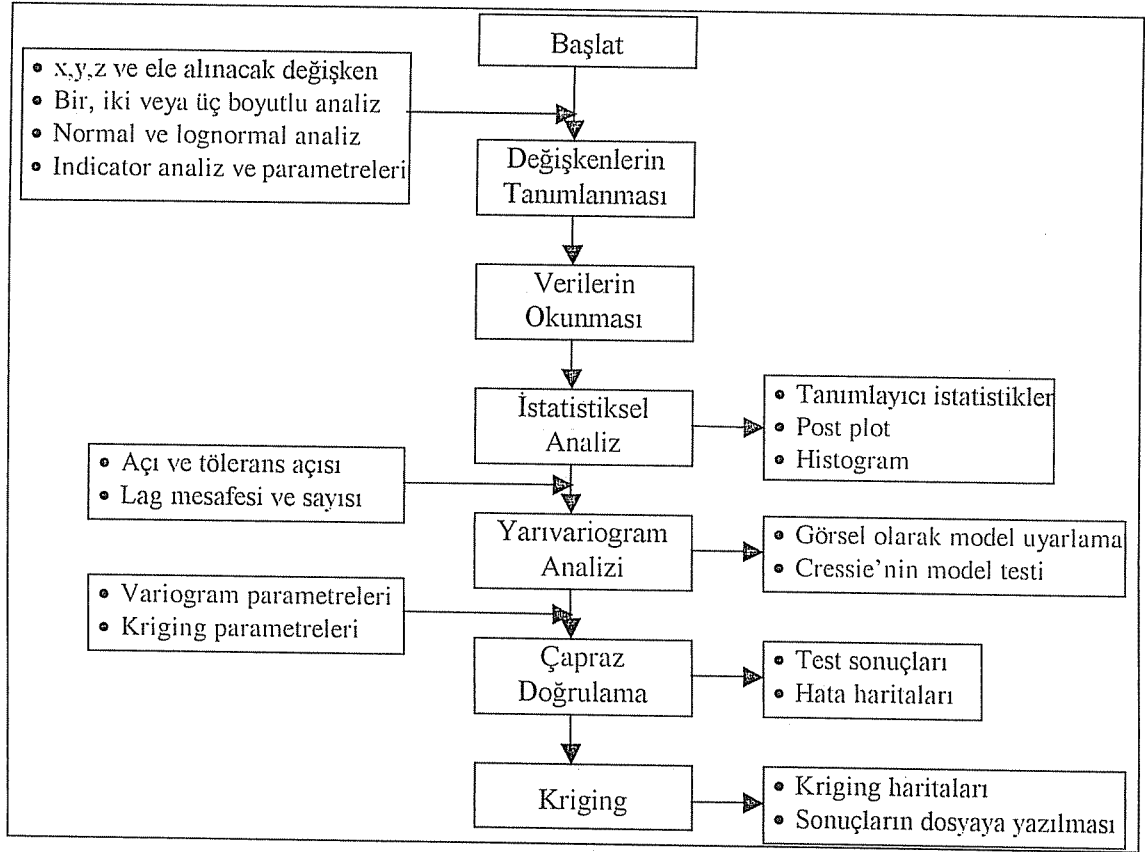
3. GELİŞTİRİLEN BİLGİSAYAR PROGRAMI

Jeoistatistik analiz aşamalarının her birinde sürekli tekrarlanması gereken nümerik analizlerin olması bize bütün bu işlemlerin elle yapılması imkanını vermemektedir ve aynı şekilde piyasada sadece yurtdışından temin edebileceğimiz programların çok pahalı olması, bir bilgisayar programı yazma ihtiyacını doğurmuştur. Bu sebeplerle bir algoritma geliştirilmiş ve Microsoft Visual Basic programlama dilinde ihtiyaca cevap verebilecek bir jeoistatistiksel analiz programı yazılmıştır. [8]

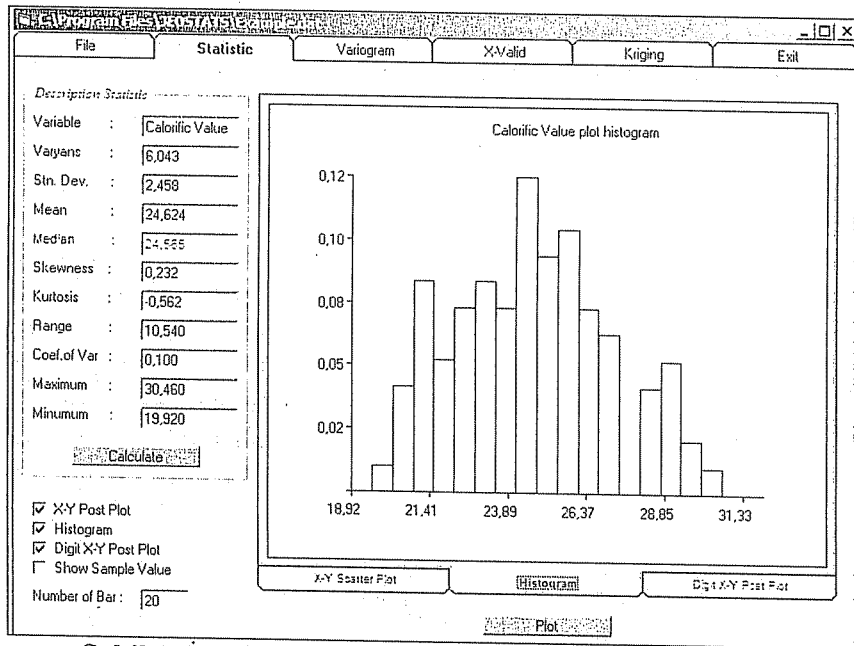
Program klasik istatistiksel analiz olarak, örnek değerlerimizin yazılmış olduğu bir dosyadan veri okunması, verilerin tanımlayıcı istatistiklerinin belirlenmesi ve histogram, x-y scatter grafikleriyle sonuçların şekillerle gösterimi imkanı sunmaktadır.

Jeoistatistiksel analiz olarak, bir-iki veya üç boyutlu, normal-lognormal veya indicator dönüşümlü jeoistatistik analizi yapabilen program en yaygın kullanılan yedi yarıvariogram modeli (spherical, gaussian, exponential, lineer, generalised lineer, hole effect ve paddington mix) içermektedir (Şekil 3). Yön ve mesafe sınıflandırmaları sonucu elde edilen deneysel yarıvariogram grafiklerinin sayısallaştırılması yoluyla, görsel olarak teorik yarıvariogram model uyarlamaya imkan sağlayan program, elde edilen modelin güvenilirliğini çapraz doğrulama (cross validation) tekniğini kullanarak ortaya koymaktadır. Seçilen model ve parametrelerine göre ordinary ve simple kriging yapabilen program nokta tahminlerini de yapabilmektedir. Blok tahminleri geliştirilme aşamasındadır (Şekil 1).

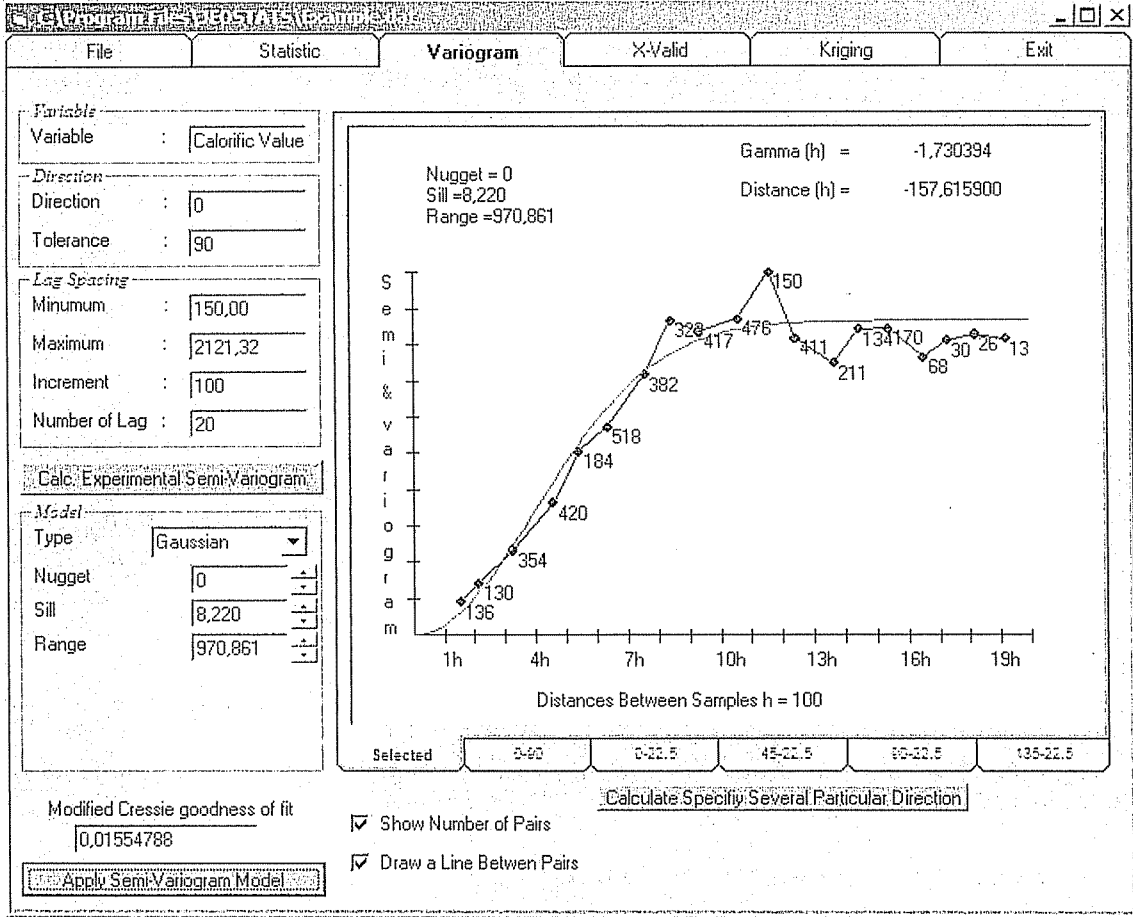
Sonuç olarak, yapılan tüm analiz sonuçlarını ve elde edilen histogram, yarıvariogram ve kriging gibi tüm grafikleri istenilen bir klasöre kaydetme imkanı vermektedir.



Şekil 1. Programın çalışma prensibinin ve içeriğinin genel görünüşü.



Şekil 2. İstatistiksel analiz aşamasından bir görünüm.



Şekil 3. Elde edilen deneysel yarıvariograma uyarlanmış küresel tip yarıvariogram modeli.

4. JEOİSTATİSTİK YÖNTEMLE YAPILABİLECEK ÇALIŞMALAR

Jeoistatistik bilim dalı içerisinde geliştirilen yarıvariogram analizleri ve kriging yöntemlerini, dolayısıyla geliştirilen bu programı doğadan aldığımız herhangi bir örnek değerinin bulunduğu pozisyondan ve komşularıyla olan ilişkisinden etkilendiği yerlerde, sürekli bir ölçüm yapmamız gerekiyorsa kullanabiliriz.[1,2]

Örnek verecek olursak;

- Maden ve jeoloji mühendisliği dallarında araziden alınan az sayıdaki sondaj değerlerinin jeoistatistik analizi neticesinde yeraltındaki bilinmeyen noktadaki değerlerin tahminleri yapılabilir. Bu durumda hazırlanan programın gerek maden yataklarının rezerv hesaplamalarında ve gerekse üretim planlamaları gibi v.b. yerbilimleri projelerine büyük fayda sağlayacağı şüphesizdir. [9]

- Çevre mühendisliği dalında su ve topraktan alınan herhangi bir kirletici üzerinde yapılacak jeoistatistik analiz neticesinde toprak ve sudaki kirleticilerin miktarlarının tahminleri yapılabilmektedir.

- Meteoroloji bilim dalında yağış gözlem istasyonlarından alınan yağış verilerinin jeoistatistik analizi neticesinde bölgesel yağış tahminleri yapılabilmektedir.

• Sulama ve toprak mühendisliğinin gerektirdiği toprak özelliklerinin belirlenmesinde, toprakların kabilyet sınıflarının oluşturulmasında kullanılan parametrelerin ortaya konulmasında tarım topraklarının verimlilik envanterlerinin çıkarılmasında, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve haritalanma olasılıklarının araştırılmasında kullanılabilir.

Genel olarak, geliştirilen bu bilgisayar programı ile gözlemi yapılamayan nokta değerleri, az sayıdaki gözlem sonuçları ile güven aralıkları dahilinde tahmin edilebilir.

5. KAYNAKLAR

1. Clark, I., and Harper, W.V., "Practical Geostatistics 2000", Geostokos (Ecosse) Limited, London, U.K., 2000.
2. Clark, I., "Practical Geostatistics", Department of Mineral Resources Engineering, Royal School of Mines, Imperial College of Science and Technology, London U.K., 1979.
3. David, M., "Geostatistical Ore Reserv Estimation, Ecole Polytechnique", Université De Montréal, Montréal, Québec, Canada, Elseiver Scientific Publishing Company Amsterdam Oxford New York, 1977.
4. Saraç, C., and Tercan, A.E., "Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler", Ankara, Turkey, 1998.
5. Deutsch, C.V., and Journel, A.G., "Geostatistical Software Library And User's Guide", Oxford University Press, Inc., New York, USA, 1992.
6. Çetin, M. "Jeostatistiksel Yöntem İle Nokta ve Alansal Yağışların Saptanması ve Stokastik Olarak Modellenmesi, Örnek Havza Uygulamaları", Çukurova Üniv., Fen Bil. Ens., Doktora Tezi, Adana, Turkey, 1996.
7. Pannatie, Y., Variowin Software For Spatial Data Analysis in 2d, 1998.
8. Microsoft, Visual Basic Basic 5.0 Programmer's Guide, Microsoft Press A Division of Microsoft Corporation One Microsoft Way Redmond, Washington, 1977.
9. Journel, A.G., and Huijbregts, C.H.J., "Mining Geostatistics", Bureau De Recherches Geologiques Et Minières, France, Academic Press Harcourt Brace & Company, Publishers, London, San Diego, New York Boston, Sydney, Tokyo, Toronto, 1978.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

KALİTE YAKLAŞIMLARINDA PROSES KONTROL TEKNİĞİ
VE TEKSTİL SANAYİNDE UYGULANABİLİRLİĞİ

Emel Ceyhun SABİR

Ç.Ü., Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
emelc@mail.cu.edu.tr

ÖZET : *Bu çalışmada, tekstil sektörünün iplik, dokuma ve boya-terbiye gibi temel üretim dallarında proses kontrol tekniğinin uygulanabilirliği üzerinde yapılan araştırma sonuçları sunulmuştur. Çalışmada, her temel üretim dalındaki ana prosesler, alt prosesler, proses ve mamul parametreleri, hataların sınıflandırılması ve giderilmesi için çözümler verilmiştir. Çalışmanın, tekstil sanayiinde faaliyet gösteren ve kalite kontrol faaliyetlerinde başarı sağlamak isteyen işletmelere proses kontrol uygulaması hakkında faydalı olacağı düşünülmektedir.*

1. GİRİŞ

Kalitenin gelişme ve iyileşme sağlanabilmesi için hatalar ortaya çıkmadan önlenmeye çalışılmalıdır. Bu sayede pazara girme süreci daha hızlı olabilmektedir. Proses kontrol, kalite yaklaşımlarında önleyici sistem ve düzeltici sistem yaklaşımlarında başvurulan bir tekniktir. Son yıllarda, işletmelerde ayrı bir birim olarak varlık göstermeye başlayan proses kontrol birimi, temel olarak hataları tespit etmek, hatayı ortadan kaldırmak, müşteri şikayetlerinin ortadan kaldırılması ve hataların yakalanması amacıyla oluşturulmuştur. Tekstil sektörü, iplik, dokuma, örme ve boya-terbiye ve ev tekstili gibi birçok temel üretim dallarından oluşan oldukça geniş bir sanayi alanıdır. Bu çalışmada tekstil sanayiinin sac ayağını oluşturan iplik, dokuma ve boya-terbiye işletmelerinde proses kontrol tekniğinin uygulanabilirliği araştırılmış ve elde edilen bulgular her ana üretim alanı için ayrı ayrı olmak üzere sunulmuştur.

2. MATERYAL ve METOD

Tekstil işletmelerinde proses kontrol tekniğinin uygulanabilirliğini araştırabilmek için Çukurova Bölgesindeki tekstil fabrikalarında incelemelerde bulunulmuştur. Seçilen her fabrikada ayrı bir üretim alanı etüd edilmiştir. Burada amaç, proses kontrolün uygulanabilirliğini ayrı ayrı fabrikalar için belirlemektir. Seçilen tekstil fabrikalarında iplik, dokuma ve boya-terbiye prosesleri incelenmiş ve her üretim alanında proses kontrol uygulamasının yapılabilmesi için gözleme dayalı inceleme yapılmıştır. Her prosesteki, takip edilen bir ürün için ana kontrol noktaları tespit edilmiş ve kontrol sıklığı belirlenebilmiştir. Proses kontrolde işlemleri (makinelerin devamlı olarak yaptığı kontroller) ve işlemdışı (kalite-kontroldeki test işlemleri) kontroller ayrı ayrı ortaya konulabilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

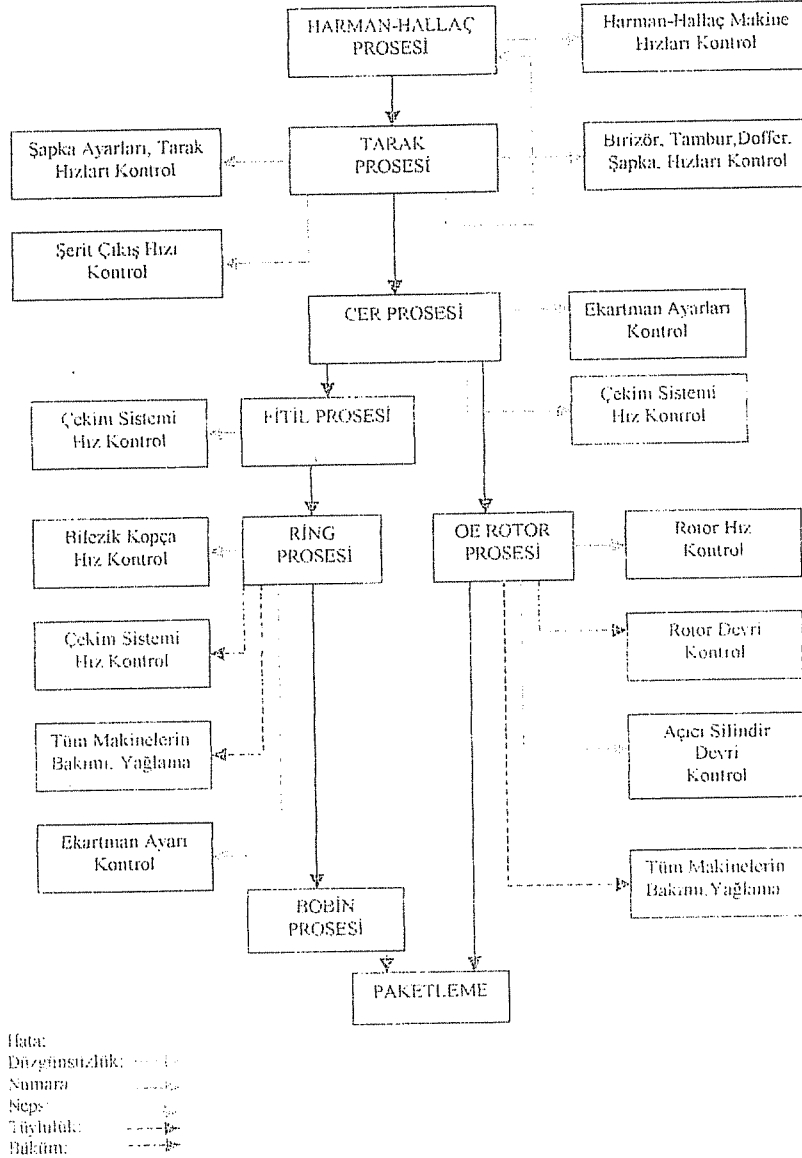
3.1. İplik İşletmesinde Proses Kontrol

İplik işletmesinde; işlemdışı (offline) kontroller: Düzgünsüzlük kontrolü, İncelik kontrolü, Neps kontrolü, Mukavemet ve % uzama, % Rutubet değeri, Büküm şeklindedir. İşlemleri kontroller ise; Malzeme çıkış hızının çok yüksek olduğu ve hataların erken belirlenmesi nedeniyle kayıpların çok azalacağı ve yeniden kullanım imkanlarının çok yüksek olduğu durumlar ile İşlemleri izlemenin hassas düzeltme aşamasından sonra malzemenin tabii tutulacağı işlemden önce erken işlem basamaklarında bulunması şeklindedir. Seçilen iplik işletmesinde ring ve open end iplik üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu üretim hatlarının birbirinden ayrılan tarafları bulunmaktadır. İplik üretiminde işlem basamaklarına göre kontrol akış şeması Şekil 1'de görülmektedir.

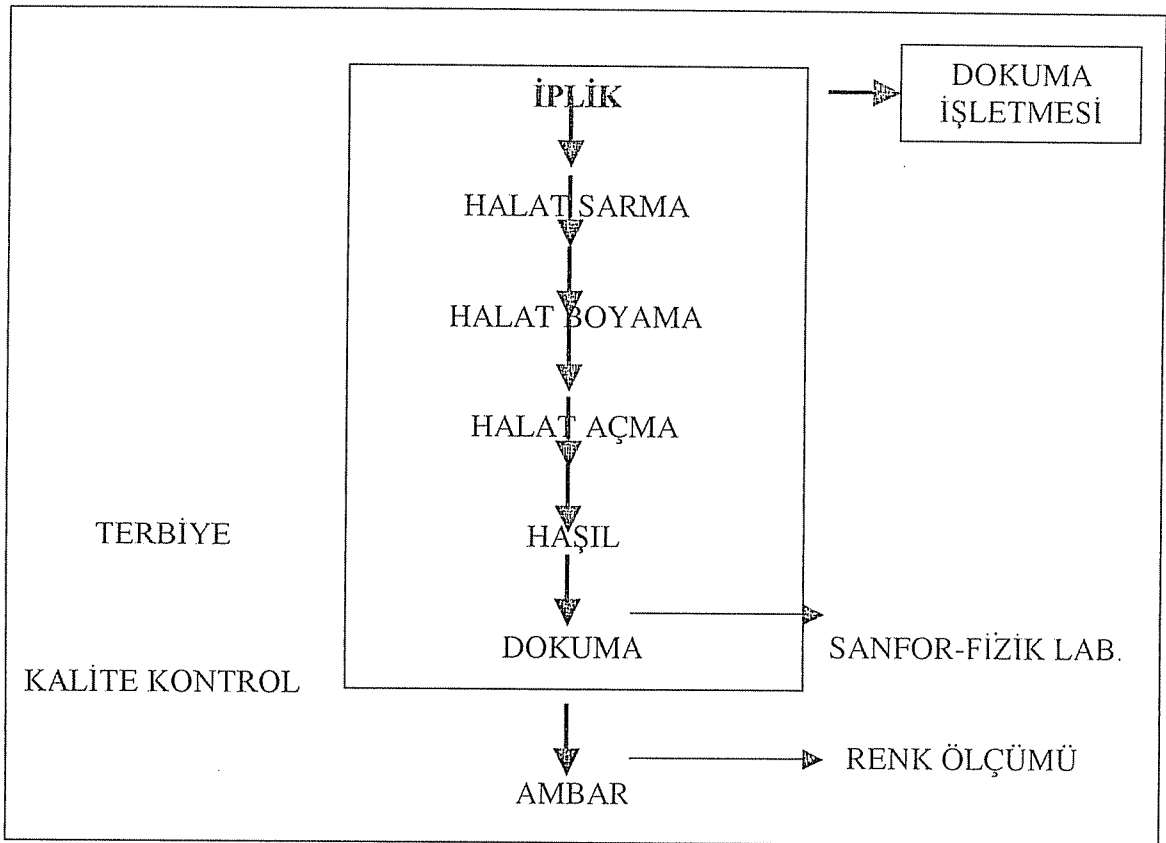
3.2. Dokuma İşletmesinde Proses Kontrol

Seçilen dokuma işletmesinde seçilen bir denim ürün üzerinde proses kontrol çalışması yapılmıştır. Dokuma işletmesinde takip edilen proses akış şeması Şekil 2'de görülmektedir. Proseslerde kontrol noktaları dağılımı Şekil 3'de, kontrollerin sıklığı ise Şekil 4 görülmektedir. Burada kontrol sıklığı bir çalışma periyodu (posta), haftalık kontroller ve aylık kontroller görülmektedir. Şekil 3'den halat boyamanın en fazla kontrol edilen birim olduğu dikkati çekmektedir. Bu alt proseste günde 3 posta kontrol

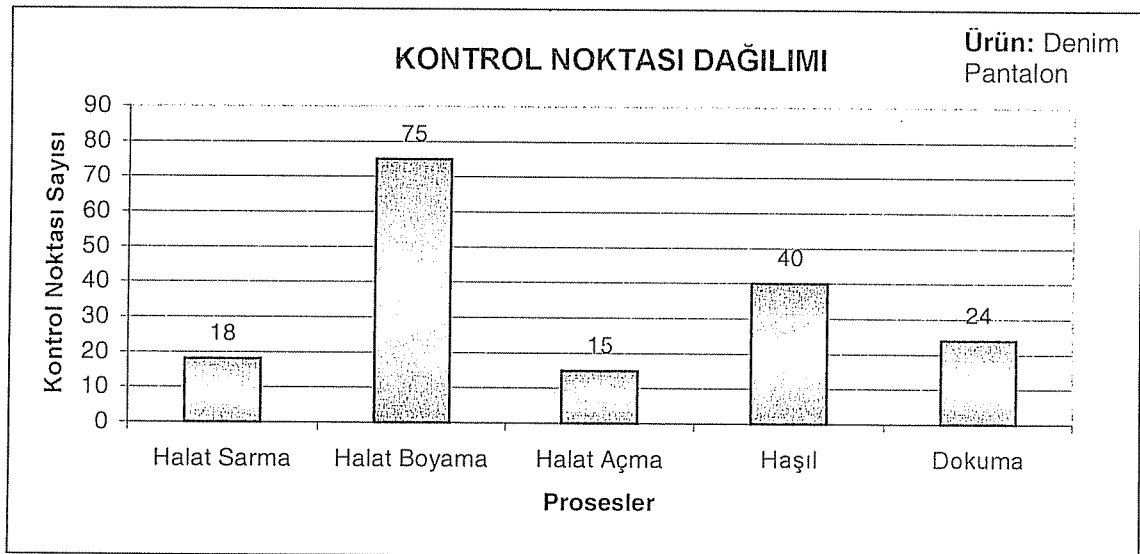
yapıldığı yine şekil 4'den gözlenmektedir. İşletmede bir postada ve bir günü kapsayan üç postada yağılan kontroller haftalık, aylık ve yıllık kontrollere göre daha fazla sayıdadır.



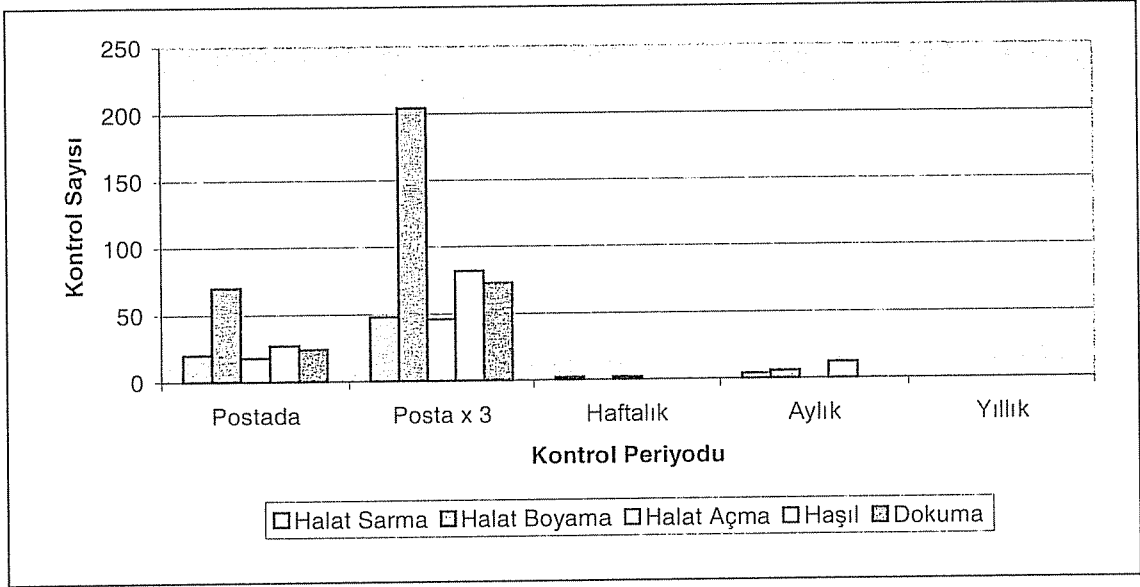
Şekil 1. İşlem Basamaklarına Göre Kontrol Akış Şeması



Şekil 2. Dokuma İşletmelerinde Takip Edilen Proses Akış Şeması



Şekil 3. Proseslerdeki Toplam Kontrol Noktası Sayısı



Şekil 4. Proses Kontrol Sıklığı

3.3. Boya-Terbiye İşletmesinde Proses Kontrol

Boya-terbiye işletmesinde proses kontrolü çalışması için Pes/Vis/Lyc karışımı kumaşların üretimi takip edilmiştir. Takip edilen prosesteki akış ve yapılan kontroller toplu halde Şekil 5’de görülmektedir. Prosesteki işlem basamaklarının fazlalığı dikkati çekmektedir. Boya-terbiye işletmesinde ürüne göre kesinleşen standartların bulunmaması bu üretim basamağının kontrolünü daha da gerekli hale getirmektedir. Her ürün için farklı uygulamalar yapılabilmektedir. Genellikle yapılan işlemler şekilde görüldüğü gibidir.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Çalışmada seçilen üç işletmede (iplik, dokuma, boya-terbiye) seçilmiş ürünler için yapılan proses kontrollerin oldukça etkili ve yeterli olduğu görülmüştür. İplik prosesi, dokuma ve boya-terbiyeden önce değerlendirilmelidir. Bu proseste işlem tamamlanmadan hataların giderilmesi ile diğer proseslerde ipliğe bağlı olarak ortaya çıkabilecek hatalar önlenmiş bulunmaktadır. Dokuma işletmesinde proses kontrol boya-terbiye işletmesine göre oldukça sade durumdadır. Boya-terbiye işletmesinde ürünün tipine göre proses ve proseslerdeki muameleler farklılık gösterebilmektedir. Ancak yine de boya-terbiye işletmesinde (yakma gibi) ortaya çıkabilecek hata tipleri kısmen de olsa belirlenebilmiştir.

Çalışmanın sonunda tekstil işletmelerinde işlemeçi ve işlemdışı kontrollerle hata yakalama, hataların ortadan kaldırma çalışmalarının mümkün olabildiği görülmüştür ve bu kontrollerin titizlikle yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

<p>1</p> <p>Ürün : Pes/Vis/Lyc Kumaş</p>	<p>2</p> <p>Yıkama</p> <p>Yıkama sıcaklığı Makine hızı Sıkma silindiri basıncı Flotte miktarı Kumaşta PVA kontrolü</p>	<p>3</p> <p>Kaynar Yıkama</p> <p>Yıkama sıcaklığı Makine hızı Sıkma silindiri basıncı Flotte miktarı Kumaşta PVA kontrolü</p>	<p>4</p> <p>Kurutma</p> <p>Makine hızı Kamara sıcaklıkları % Avans değeri % Nem değeri Buhar basıncı Silindir basıncı</p>	<p>5</p> <p>Fiske</p> <p>Makine hızı Kamara sıcaklıkları % Avans değeri % Nem değeri Buhar basıncı Silindir basıncı</p>	
<p>6</p> <p>Jet Boyama</p> <p>Flotte PH'i Makineye alınan su miktarı Makine kabini basıncı Boyama madde ve kimyevi miktarları Flotte oranı Renk kontrolü Boyama sıcaklığı</p>	<p>7</p> <p>Halat Açma</p> <p>Proses kontrolü yapılmamaktadır</p>	<p>8</p> <p>Kurutma</p> <p>Makine hızı Kamara sıcaklıkları % Avans değeri % Nem değeri Buhar basıncı Silindir basıncı</p>	<p>9</p> <p>Ara Kontrol</p> <p>Proses kontrolü yapılmamaktadır</p>	<p>10</p> <p>Apré</p> <p>Makine hızı Kamara sıcaklıkları % Avans değeri % Nem değeri Buhar basıncı Sıkma silindiri basıncı Yumusatıcı ve kimyevi miktarı Flotte miktarı Gramaj kontrolü Çözgü - Alkî boyu kontrolü Termal stabilite</p>	<p>11</p> <p>Kalite kontrol</p> <p>Proses kontrolü yapılmamaktadır</p>

Şekil 5. Boya-Terbiye İşletmesi Proses Kontrolü

5. TEŞEKKÜR

Çalışmanın yürütülmesinde katkıları bulunan Mensa Mensucat A.Ş., Bossa (Denim) A.Ş. ve Kıvanç Tekstil A.Ş. Fabrikalarına ve verilerin derlenip toparlanmasında yardımcı olan Tekstil Mühendisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003KRİZ YÖNETİMİ YAKLAŞIMININ TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE
ALGILANMA VE UYGULANMA DÜZEYİ

M.Emin ÖCAL ve Ercan ERDİŞ

Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
emocal@cu.edu.tr eerd@cu.edu.tr

ÖZET : Türkiye’de yaşanan deprem felaketleri ve ekonomik krizler, kamu ve özel sektörde yer alan işletmelerin kriz kavramı ve kriz yönetimi konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıklarını ortaya koymuştur. İşletme ve yönetim problemlerinin giderek artması da bu konularda gerçekleştirilen bilimsel çalışma ve araştırmaları hızlandırmıştır.

Kriz konusunda bugüne kadar yapılan çalışmalar krizlerin nedenleri ve kriz yönetimi konusunda genel bir çerçeve oluşturmamıza zemin hazırlamıştır. Yine de krizlerin bütün boyutlarını anlamak ve yönetmek için katedilecek bir hayli yolumuzun olduğu da ortadadır. Bu çalışma ile öncelikle kriz kavramı, özellikleri, krize neden olan faktörler, kriz öncesi, kriz anı ve kriz sonrası yönetim konuları tartışılarak, inşaat işletmelerinin kriz durumunu önceden tahmin etmesini ve cevap vermesini sağlayacak kriz yönetim modelinin teorik olarak oluşturulmasına çalışılmıştır.

1. GİRİŞ

Kriz bir bireyin, grubun veya organizasyonun ani değişikliklerin yarattığı sıkıntıyı, normal-sıradan-yöntemleri kullanarak üstesinden gelememesi ile karşılaşılan, organizasyonun hedeflerini, işleyiş mekanizmasını tehdit eden ve hayatını tehlikeye sokan, acil tepki verilmesi gereken gerilim durumudur [1]. Baskı, belirsizlik, endişe ve panik gibi pek çok faktörü bir arada barındıran krizler, aniden veya belirli bir süre geçtikten sonra ortaya çıkar ve müdahaleyi gerektirir. İşletme dışında üçüncü kişileride etkileyen krizlerin kesin bir çözümü yoktur ve tekrar ortaya çıkabilmektedir [2].

1.1. İnşaat İşletmelerinin Krize Eğilimli Olmasının Nedenleri

Bir inşaat projesinin yaşamı boyunca krizler için potansiyel teşkil ettiği kaçınılmazdır. Sektörde yer alan işletmelerin krize eğilimli olmasının nedenlerini;

- Kültürel problemler,
- Tasarım/dizayn problemleri,
- Pazar problemleri,
- İnsan kaynaklı problemler,
- Üretim problemleri şeklinde sınıflandırmak mümkündür [3].

İnşaat işletmeleri kültürel problemler sonucu ortaya çıkan bölünmelerden en fazla etkilenen birimlerdir. Sektörde yer alan meslek gruplarının farklı inançları, değerleri, davranışları, dilleri, alışkanlıkları, yönetme kuralları, beklentileri, norm ve uygulamaları projelerde bir takım bölünmelere ve problemlere neden olabilmektedir.

Tasarım esnasında çözülmemiş uyumsuzluklarda inşaat işletmelerinde bir takım olumsuzlukları beraberinde getirebilmektedir. Bea (94), en çok mühendisliğe dönük başarısızlıkların nedeni ile ilgili olarak, tasarım sırasında karşılaşılan problemlerin etkili olduğunu, fakat %98' inin yapım ve işletme aşamalarına kadar ortaya çıkarılmadığını vurgulamıştır [3].

İnşaat işletmelerinin içinde bulunduğu pazardaki büyüme istekleri, değişen hükümet politikaları ve sürekli değişiklik gösteren pazar payları da işletmelerin yönetilemeyen riskleri almalarını sağlamaktadır.

İnsan kaynaklı problemler ise inşaat organizasyonlarındaki kültürel ve ekonomik olumsuz şartlar sonucu ortaya çıkmaktadır. İnşaat projelerindeki yıkıcı uyumsuzluğun bir çoğu uygunsuz sözleşmelerden kaynaklanmaktadır. Sözleşmeler ve alt sözleşmelerin özenle hazırlanmaması, organizasyonlarda parçalanmışlığı, değişkenliği, kısa dönemliliği, yasal karmaşıklığı üretmekte, müşteri yönlendirmesini azaltmakta, haksız uygulamaları, iletişim, motivasyon ve kalite kontrol problemlerinde beraberinde getirmektedir.

İnşaat yapılarının faaliyet alanının sınırsız ve kompleks olması ve nispeten kontrol edilemeyen bir çevre içinde üretilmeside hem yapım metodlarını etkileyebilmekte hemde bir takım insanların tepkisine neden olabilmekte ve inşaat projelerinde problemler doğurabilmektedir.

Sektörün beceri ve ustalığa sahip küçük gruplardan oluşması, insan kaynaklı olması ve insanların kişisel özelliklerinin önceden bilinmemesi nedeniyle de yapımda yönetim sürecinin çok hassas olması gerekir. Eldukair ve Ayyub (91), yaptıkları çalışmada başarısızlığa genelde mühendis ve yüklenicilerin yetersiz bilgisinin, dikkatsizlik ve ihmalkarlığının neden olduğunu belirtmişlerdir. İlginç olanı hataların çoğu teknik

hatalardan kaynaklansa da, %40' ını işe ait sorumlulukların yerine getirilmemesi ve iletişim hataları şeklinde nitelendirilen yönetsel hatalar oluşturmaktadır [3].

1.2. Krizlerin Sınıflandırılması

İnşaat sektöründeki/işletmelerindeki krizleri sınıflandırma çalışmaları, kriz yönetiminin etkin bir biçimde yürütülebilmesi nedeniyle önemlidir. Yapılan çalışmalarda, krizlerin nedenleri ve sonuçlarına dayalı olarak 5 tip kriz kategorisi geliştirilmiştir [3]:

- İnsan kaynaklı olup, potansiyel olarak insan sağlığı ve çevre üzerinde önemli hasarlara neden olan teknik krizler,
- İnsan menşeli olup, insan yapımı olmayan doğal krizler,
- Politik sistemlerin, savaşların ve kamu reformlarının oluşturduğu politik krizler,
- Projeler üzerinde hasar ve gecikmelere neden olan sosyal krizler,
- Organizasyonun neden olduğu yüksek profilli kolektif, organizasyonel krizler.

Jarman ve Kauzmin (1990), krizleri zamanlama açısından ayırım yaparak; sessiz, periyodik ve ani krizler olarak sınıflandırmıştır. Denson (1998) ise, krizleri tetikleyici olaylar olarak nitelendirmiştir. Literatürde ayrıca algılanabilir ve tuhaf krizler şeklinde de bir sınıflandırma yapılmıştır [3].

1.3. Krizlerin Nedenleri

İnşaat işletmelerinin krizle yüzyüze gelmesinde rol oynayan faktörleri çevresel ve organizasyonel faktörler şeklinde sıralayabiliriz. İşletmelerde krizlere yol açan çevresel faktörleri; ekonomik faktörler, teknolojik gelişmeler, sosyo-kültürel faktörler, hukuki ve siyasi faktörler, uluslararası çevre ve güçlü rekabet ortamı ve doğal nedenlerden oluşan faktörler şeklinde sınıflandırabiliriz.

İnşaat işletmelerinde krizlerin ortaya çıkmasına yol açan faktörlerden bir diğeri de organizasyon içi yetersizlik ve problemlerdir. İnşaat projelerindeki bir çok başarısızlık bir çok inşaat projesinin büyük ve karmaşık olmasından dolayı organizasyonel yapının açıkça tanımlanmamasından, yetki ve sorumlulukların net olarak belirlenmemesinden kaynaklanmaktadır. Organizasyonel yapının çevresel değişikliklere karşı uyum gösteremeyecek ölçüde katı olması organizasyonun krizlerle karşılaşma olasılığını artırmakta, buna karşılık krizlerin üstesinden gelme olanağını giderek azaltmaktadır.

Proje katılımcıları arasında iletişimi ve koordinasyonu sağlayamayan yönetimin de krizlerin oluşmasında etkili olacağı bir gerçektir. Yönetimin; resmi ve resmi olmayan iletişim yapılarına gereken önemi vermemesi, çalışanlar arasında gruplar, ayrılıklar ve hiziplere dikkat etmemesi, sosyal ve yapısal eşitlik konularına ve merkezileşme düzeyine yeterince önem vermemesi bir takım istenmeyen durumları da beraberinde getirebilmektedir. Yine yönetimin olaylar karşısında tahmin etme ve sezgi gücünün zayıf olması, olaylara karşı pasif ve yavaş davranması, eski çözümleri uygulama isteği, bakış açıları ve kendilerini stratejist olarak görmeleri de organizasyonları krizlere sürükleyen diğer nedenlerdir [4].

Bunun yanında çalışanların yeterlilikleri (bilgisi, kişiliği, dürüstlüğü vb.) krizlerin önlenmesinde etkili olabileceği gibi tersi durum da krizlerin oluşumuna neden

olabilecektir. Proje ekibinde yer alacak çalışanların işe alınması sırasında kişilik ve yetenek boyutunun incelenmemesi, mesleki kuralların oturtulamamış olması bu tür sorunların sıklıkla oluşmasının nedeni olmaktadır. Bunun yanında, kriz anında çalışanlar arasında bir takım yanlış anlamalar ve uyuşmazlıklar olabilir. İnşaat işlerini yürütürken (tasarım, uygulama safhası vb.) yapılan hatalar, güvensizlik ve bilgi akışının olmaması, işin tekrar edilmesine neden olmakta, hatanın büyük olması ise işletmeleri krize sevk edebilmektedir.

Müşteriler de, inşaat organizasyonlarında kriz varlığının hem göstergesi hem de nedeni olabilmektedirler. Müşterinin inşaat süreci boyunca iş yükünde yapacağı değişiklikler, süreç boyunca beklentilerini tanımlayamaması ve zamanında ödeme yapmaması gibi hususlar bir takım problemler doğurabilir. Bunların giderek katlanması da organizasyonda krizlere neden olabilir.

İnşaat organizasyonlarında krize neden olabilecek faktörlerin bilinmesi, kriz sürecinin başarı ile atlatılmasında temel teşkil etmesine rağmen, organizasyonun tüm evrelerinde etkin bir kriz yönetim sürecinin uygulanmaması organizasyonu bir takım tehlikelerle karşı karşıya bırakabilir.

2. İNŞAAT ORGANİZASYONLARINDA KRİZ YÖNETİMİ VE YÖNETİM DİNAMİKLERİ

Literatürde kriz yönetim sistemi ve yönetimin dinamikleri konusunda çeşitli sınıflandırmalar mevcuttur. Bu tip sınıflandırmaları dikkate alarak çalışmanın bu safhasında inşaat organizasyonlarındaki kriz yönetim sistemi 3 aşamada ele alınmıştır [2, 3]:

2.1. Kriz Öncesi Yönetim Faaliyetleri

2.1.1. Krizin ortaya çıkarılması.

2.1.2. Krizin teşhis edilmesi.

2.1.3. Krizi başarı ile yönetecek yönetim yapısının kurulması.

2.2. Kriz Dönemi Yönetim Faaliyetleri

2.2.1. Krizi çözmeye dönük faaliyetler.

2.2.2. Krizden kurtulmaya dönük karar verme.

2.3. Kriz Sonrası Yönetim Faaliyetleri

2.3.1. Geri bildirim ve düzeltmeye dönük faaliyetler.

2.3.2. Krizden ders çıkarma-öğrenme faaliyetleri.

2.1. Kriz Öncesi Yönetim Faaliyetleri

İnşaat işletmelerinin işletme politikası açısından hareket alanlarının en geniş olduğu dönem kriz öncesi dönemlerdir ve işletmeler kriz şartlarına gelmeden önce, krizin gelmekte olduğunu hissedebilmeli ve krizden önce yürüteceği faaliyetlerini belirlemelidirler.

2.1.1. Krizin Ortaya Çıkarılması

Bu safhada genellikle gözlemlene eksikliği sonucu oluşan problemlerin ortaya çıkarılması ile oluşabilecek potansiyel riskler kontrol edilebilir. Bu problemler [3]:

1. İşletme içi ilgi odaklarının yetersizliğinden kaynaklanan problemler,

2. Risk yönetimi uygulamalarındaki bilgisizlik,
3. Proje hedefleri (fiyat, zaman, kalite, faaliyet alanı ve işlevsel bilgi) arasındaki rekabet,
4. Proje ekiplerinde yapılan değişiklikler,
5. Sözleşmelerde belirtilen sadakat eksikliği,
6. Maliyet ve süre baskıları,
7. Organizasyonun varlığını tehdit eden izlenimler ve baskılara karşı karar verme durumundaki kişilerin kayıtsızlığı,
8. Büyük ölçekli inşaat projelerinde organizasyon dışındaki kaynakların (yabancıların) neden olduğu problemler
9. İnsanların koşullar karşısında tüm duyularını kapatması,
10. Krizlerin özellikleri ve ortaya çıkış süreçleri,
11. İşletmelerin başarılı geçmişinin yenilmezlik hissine neden olması,
12. İş ilişkilerinde yaşanan güvensizlik, korku ve söylememe ortamı,
13. Erken uyarı işaretlerinin algılanamaması.

İnşaat organizasyonları için yukarıda belirtilen bu ve benzeri problemlerin ortaya çıkarılması, kriz yönetiminin başarısı için gereklidir ve ilk adımını oluşturmaktadır. Ortaya çıkarılan problemlerin teşhisi de önemlidir.

2.1.2. Krizin Teşhis Edilmesi (Tanı Koyma-Tahlil Etme)

Potansiyel problemler ortaya çıkarıldıktan sonraki ikinci aşama problemin teşhis edilmesidir. İnşaat sözleşmelerinin belirsiz bir taslağa sahip olması ve detaylı olmaması krizlere tanı koymayı zorlaştırmaktadır. Bu safhada organizasyonun iç ve dış öğelerinden meydana gelen çevredeki değişik tavır, davranış ve tutumların izlenmesi, analiz edilmesi ve probleme dönük hızlı ve uygun bir yanıt elde edilmesi için krizin doğru teşhis edilmiş olması gerekir [3].

2.1.3. Kriz Durumunu Başarı İle Yönetecek Yönetim Yapısının Kurulması

Bu aşamada inşaat organizasyonlarının kriz durumunu başarılı bir şekilde yönetebilmesi, organizasyonun sektörün kendine has özelliklerini de dikkate alacak şekilde kendini revize edebilmesine bağlıdır. Bu süreçte yapılması gereken çalışmalar;

1. Sürekli iç ve dış çevre analizinin yapılması ve erken uyarı sistemlerinin kurulmasına dönük faaliyetler,
2. Krize yönelik planlama çalışmalarının (Krizden kaçmaya dönük işletme amaçlarının tespit edilmesi, kriz senaryolarının oluşturulması, kriz rehberinin hazırlanması) ve organizasyonel değişime dönük faaliyetlerin (Yeniden yapılanma, değişim mühendisliğinden yararlanma, TKY vb.) gerçekleştirilmesi.

2.2. Kriz Dönemi Yönetim Faaliyetleri

Kriz anında yönetim; krizin boyutunun belirlendiği ve de değerlendirildiği, organizasyonun kriz durumunu en az kayıpla atlatabilmesi için gerekli önlemlerin alındığı ve uygulandığı bir süreçtir. Bu bağlamda kriz dönemlerinde aşağıdaki faaliyetlerin uygulanması gerekir [3]:

2.2.1. Krizi Çözmeye Dönük Faaliyetler

İnşaat proje organizasyonlarında krizi çözmeye dönük iletişim ağının kurulması ve bunun organizasyonel yapının başından sonuna kadar yayılması krizlerin çözümünde etkili olacaktır. Bu çerçevede kriz dönemlerinde inşaat işletmeleri ilk olarak krize neden olan faktörlerin neler olduğunun ve mevcut durumu etkileme düzeyini belirleyerek; krizin boyutunu, müdahale yöntem ve maliyetini belirlemelidirler. Oluşturulacak kriz yönetim planı ile uygulanacak faaliyetler organize edilmeli, verimliliği artıracak radikal düzenlemelere gidilmeli ve tüm sistemi optimize edecek çalışmalara yer verilmelidir. Kriz anında dış çevreyi oluşturan kişi ve kurumlarla karşı duyarlı olunmalı, sürekli olarak krizin çözümüne dönük bilgiler verilmeli ve krizle uğraşırken en uç koşullarda bile tümüyle sorumluluğun elden bırakılmaması gerekir.

2.2.2. Krizden Kurtulmaya Dönük Karar Verme

Krizlerin kompleks ve karmaşık oluşu ve proje amaçlarını kaçınılmaz olarak etkilediği göz önüne alınırsa karar vericilerde birbiri ile bağdaşmayan ve geniş bir dizi tavsiyelerden oluşan bir dizi sentez yapma ihtiyacını doğuracağı bir gerçektir. Süreç büyük miktarda deneyim, duyarlılık, politik anlayış ve müşterinin öncelikli amaçlarını anlamayı gerektirir. Karar verme sırasında yetki devrine dayalı bir yapının oluşturması da daha düşük düzeyde karar vermede yardımcı olacaktır.

Genellikle karar vericiler mevcut problemlere, geçmişte yaşanmış benzer problemler karşısında geliştirilmiş rutin cevaplar doğrultusunda otomatik bir şekilde cevap verirler. Ancak problemin alışılmamış oluşu ve davranışın önceden tahmin edilememesi karar vericileri analitik bir süreç içinde, maliyet ve faydaları değerlendirmelerine iter. Bu durumda karar vericiler genellikle sezgisel kararlar verirler. Bu safhada karar vericinin krizin stresi ve baskısı altında mantıklı bir yol izlemesi mümkün değildir. Süreç ancak kriz üreten rutin olmayan bilginin organizasyon üyelerince paylaşılması ve krizin boyutu ve maliyetinin saptanması sonucunda kararların alınması ile başarılabılır.

2.3. Kriz Sonrası Yönetim Faaliyetleri

Bu safhada krizin yinelenmesine fırsat vermeyecek ve kriz oluştuğunda ise acil uygulanması gereken faaliyetler belirlenmelidir. Bu faaliyetler; geri bildirim ve düzeltmeye dönük faaliyetler ve krizden ders çıkarma-öğrenme faaliyetleri olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir. Organizasyonun varlığını tehdit eden problemi çözdükten sonra elde edilen bilginin planlanmış ve gerçekçi performansı düzene sokması için geri bildirimini yapılması gerekir. Performans geri bildirimini sürekli proje hedefleri ile bağlantılı olarak değerlendirilir ve planlanmış performans-gerçek performansla aynı olana kadar ayarlamalar yapılır. Krizlerin gelecekteki krizlere uygulamak için önemli gelişmeleri açığa vurarak etkileyici öğrenme fırsatları sundukları ve bir organizasyon içindeki zayıflıkları da ortaya çıkardıkları düşünülürse bu sayede geçmiş hataların analizi ile öngörülen standartların düzenlenmesi ve iyileştirilmesi sağlanabilir [3].

3. SONUÇ

İnşaat işletmelerinin uzun vadeli başarıları için, işletme içi veya dışında gelişen ve kriz doğurabilecek nitelikteki olası sorun ve tehlike faktörlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, krizden çıkmak veya krizin etkisini azaltmak için inşaat sektöründe etkin kriz yönetimi faaliyetlerinin neler olabileceği incelenmiştir. Sonuç olarak, işletmelerde çağdaş bir yönetim anlayışının oluşturulması ve sürekliliğinin sağlanması, etkin bir kriz yönetiminin de temel koşulu olmaktadır.

4. KAYNAKLAR

1. Loosemore,M., "Organizational behaviour during a construction crisis",*Int. J. of Project Management*, 16/2, 115-121, (1998).
2. Tüz,M.V., "Kriz ve İşletme Yönetimi", Alfa Yayıncılık, 274 s., İstanbul, 2001.
3. Loosemore,M., "Crisis Management in Construction Projects", ASCE, 170p., USA, 2000.
4. Türkel,S., "Olağanüstü durumlarda İşletmelerde Yönetim Sorunları", İşveren Dergisi, Ankara, 2001.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003EŞ ZAMANLI MÜHENDİSLİK KAVRAMININ PROJE YÖNETİMİNDEKİ
YERİ VE ÖNEMİ

M.Emin ÖCAL ve Nuran KAYA DANIŞMAN
Ç.Ü., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
emocal@cu.edu.tr nuran_kaya@yahoo.com

ÖZET : *Günümüzde rekabetçi piyasa koşulları artık projelerin daha hızlı, daha ekonomik ve müşteri tatminini sağlayacak şekilde gerçekleştirilmesini gerektirmektedir. Proje yönetimi, projelerin öngörülen süre, maliyet ve kalite hedeflerine ulaşmasını sağlayacak çeşitli yöntemler ve teknikler içermektedir. Eş zamanlı mühendislik de, ürün maliyetinin düşürülmesi, ürün geliştirme sürecinin kısaltılması, müşteri tatminin sağlanması gibi hedefler taşıdığından proje yönetiminde uygulanması idealdir. Bu çalışmada eş zamanlı mühendisliğin dayandığı ilkeler, sağlayacağı yararlar, kullanım araçları, proje yönetimi için önemi ve uygulamaya aktarılabilmesi için organizasyonların ne tür koşullara sahip olması gerektiği tartışılmıştır.*

1. GİRİŞ

Eşzamanlı mühendislik; müşteri ihtiyaçlarının vurgulandığı, takım değerlerinin, işbirliği, güven ve paylaşım olduğu, karar verme sürecinin, ürün geliştirmenin ilk aşamalarında paralel çalışmalar şeklinde yürütüldüğü ve bilgi paylaşımıyla senkronize edildiği, ürün geliştirmede uyumayı hedefleyen sistematik bir yaklaşımdır [1, 2].

Eş zamanlı mühendisliğin her organizasyonda uygulanması başarı ile sonuçlanmayabilmektedir. Bu nedenle eşzamanlı mühendislik uygulamasına geçilmeden önce bazı analizlerin yapılması gerekmektedir. Ürünler ağırlıklı olarak bir organizasyonun ürün geliştirme çabaları sonucu ortaya çıkmaktadır. Oysa projeler birbirinden farklı yapıya sahip çeşitli organizasyonların çabalarıyla gerçekleştirilmektedir ve bu organizasyonlar sadece bu projeyi gerçekleştirmek üzere geçici bir süre için bir araya gelmektedirler.

Proje planlama ve uygulamalarında maliyet ve süre artışlarına, istenilen kalitenin yakalanmamasına neden olan faktörler [3]:

- Kaynak girdilerinde sonradan olan artışlar ve kapsamın genişlemesi,
- Mühendislik ve tasarım değişiklikleri,
- Yetersiz veya hatalı tahminlerde bulunmaktır.

Proje planlama ve uygulama süreçlerinde bu faktörlere bağlı sorunların çıkması ve proje maliyetinin %80 inin tasarım aşamasında verilen kararlara dayalı olması, eş zamanlı mühendisliğin proje yönetiminde uygulanmasını çekici hale getirmektedir.

Otomotive, elektronik, uzay ve demiryolu endüstrilerinde Ford, General Motors, NASA ve Amerikan Demiryolları gibi birçok kurum eşzamanlı mühendislik çalışmaları yapmaktadır. Eş zamanlı mühendisliğin yaygınlaştırılması ve geliştirilmesine yönelik olarak Concurrent Engineering Research Center (CERC), Society of Concurrent Product Development (SCPD), International Institute of Concurrent Engineering (CETEAM). gibi çeşitli organizasyonlar bulunmaktadır.

İnsan, süreç ve teknoloji üçlüsünü optimize etmeye çalışan eş zamanlı mühendislik, organizasyonlardaki geleneksel hiyerarşik yapıyı değiştirmeyi ve ekipler oluşturarak ürün tasarlamayı ve geliştirmeyi hedeflemektedir. Böylece ürün geliştirme sürecine, ürünle ilgili bütün uzmanlar katıldığı için, üründe yenilikler yapılması, süreçlerde önceden çıkabilecek hataların önlenmesi,, maliyetin düşürülmesi, müşteri tatminin sağlanması mümkün olmaktadır.

2. EŞ ZAMANLI MÜHENDİSLİĞİN DAYANDIĞI PRENSİPLER KULLANILAN ARAÇLAR VE SAĞLAYACAĞI YARARLAR

Eş zamanlı mühendislik uygulaması yapılmadan önce eş zamanlı mühendislikteki prensiplerin, kullanılan araçların ve uygulamanın getireceği yararların farkında olunması gerekmektedir. Eş zamanlı mühendisliğin temel prensipleri şu şekilde sıralanmaktadır [4]:

- Problemlerin erken keşfedilmesi,
- Erken karar verme,
- İşlerin yapılandırılması,
- Ekip çalışmasına yatkınlık,
- Bilgiye yatırım,
- Ortak anlayış,

- Sahiplik,
- Amaca bağlılık.

Eş zamanlı mühendislik ile insan kaynakları, süreçler ve teknolojiyi uyumlu hale getirerek çeşitli hedeflerin gerçekleşmesine çalışılmaktadır. Bütün bu kavramların içinde kullanılabilecek araç, teknik ve yöntemler çok çeşitli olabilmektedir. Bu araçlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır[5]:

- Uzmanlığa sahip kişiler,
- Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim yazılım ve donanımları (CAD, CAM, CAE, vb.).
- Bilgisayar ve bilişim teknolojileri, veri tabanı yönetim sistemleri,
- Yapay zeka metotları (Bilgi tabanlı sistemler, genetik algoritmalar, yapay sinir ağları vb.)
- Hypermedya, İnternet ve intranet.

Bütün bu araçların koordineli ve etkin kullanımının sağlanmasıyla, eş zamanlı mühendislik uygulaması sonrasında bir çok olumlu sonuç ortaya çıkmaktadır. Bir çok yazar tarafından, eş zamanlı mühendislik uygulamaları ile ürün maliyeti ve geliştirilme süresinde azalma olduğu belirtilmiştir [6, 7, 8]. Eş zamanlı mühendislik belirtilen olumlu etkisinin yanında aşağıdaki yararları da beraberinde getirmektedir [4].

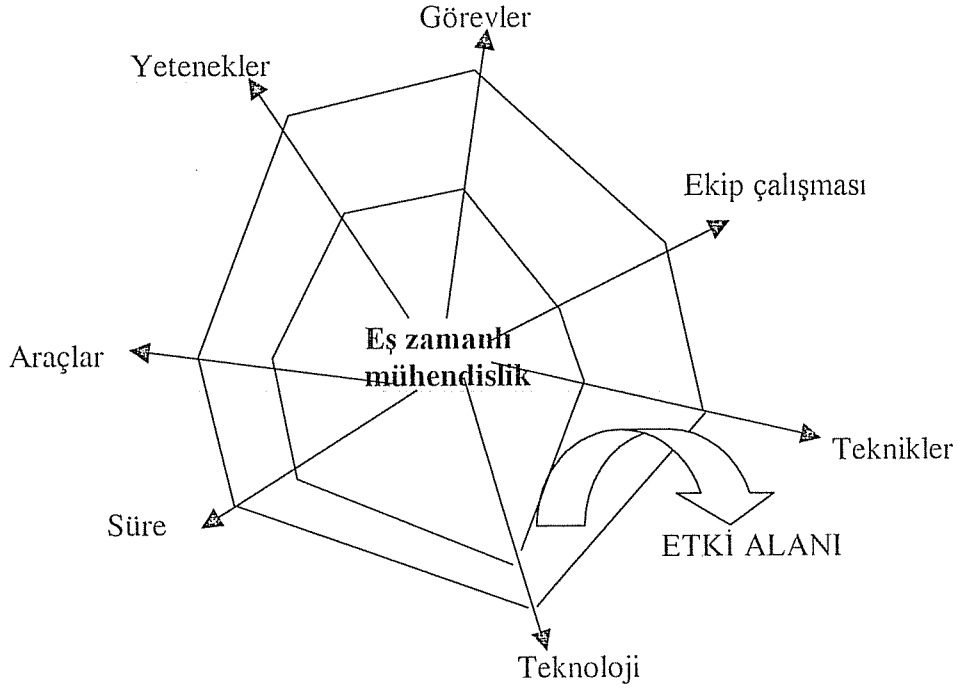
- Sistematikleşme,
- Paralel çalışma,
- İletişim kopukluklarından kaynaklanan süre kayıplarının azalması,
- Problemlerin erken tanınması ve hataların etkisizleştirilmesi,
- Değişikliklere karşı esnek olmak,
- Gerekli tüm girdilerin sağlanması,
- Yeniliklerde artış,
- Çapraz eğitim,
- Kıt teknik kaynakların daha iyi kullanımı,
- Teklif hazırlama süresinin kısalması, tasarım sürecinin kısalması ve proje geliştirme maliyetlerinin azalması, işlerin daha az tekrarlanması, kalitenin artması vb.

Eş zamanlı mühendislik, görevler, yetenekler, ekip çalışması, araçlar, teknikler, teknoloji, süre etmenlerinin etkisi altında olan bir kavramdır (Şekil 1). [4].

3. BİR PROJEDE EŞ ZAMANLI MÜHENDİSLİK UYGULAMALARINA GEÇİLMEYEN ÖNCE SORGULANMASI GEREKENLER

Eş zamanlı mühendislik teorisinde, ürün tasarlama ve geliştirme sürecinde, şimdiye kadar ardışık yapılan aktivitelerin paralel olarak yürütülmesi ve bütün girişimcilerin erken katılımı söz konusudur. Bu nedenle farklı iş kollarında farklı işlevlere sahip kişilerin işlevlerinin bütünleştirilmesi gerekmektedir. İşlevlerin bütünleştirilmesine organizasyon yapısının adapte edilebilmesi ve süreçlerin yaklaşımın yarattığı gereklere uygun hale getirilebilmesi çok kolay olmamaktadır. İşlevlerin gerçekleştirilmesi için ekiplerin oluşturulması ve organizasyonun yeniden yapılandırılması gerekmektedir [9].

Eş zamanlı mühendisliğin ortaya çıkarabileceği güçlükler şu şekilde sıralanmaktadır [10,11]:



Şekil 1. Eş zamanlı mühendisliği etkileyen yedi etmen

- Eş zamanlı mühendisliğin uygulanması yönetim için uğraştırıcı bir şeydir.
- Bir çok çapraz fonksiyonel değişiklik yüksek oranda uygulama hatasına sebep olabilir.
- Radikal kültürel değişiklikler oldukça kompleks olduğundan zorlamaya neden olabilmektedir.
- Firmalar yeni uygulamanın getirebileceği zorlukları tahmin edemebilmektedirler.
- Yönetimin desteğinin azlığı, muhafazakar fonksiyonel yöneticiler, yetersiz ödül sistemi, müşteri ve tedarikçi katılımının yetersizliği, yaratıcılığın kaybedilmesi endişesi gibi organizasyona ilişkin engellerle karşılaşabilmektedir.
- Uygun bilgisayar destekli tasarım, üretim ve iletişim araçlarının sağlanması ile ilgili teknik engellerle karşılaşabilmektedir.
- Eş zamanlı mühendislik uygulamaları aşağıdaki nedenlerden ötürü beklenenden daha az tatmin edici olabilmektedir:
 - Eş zamanlı geliştirme sürecinde yetersiz eğitim ve uzmanlık,
 - İşgücü fonksiyonları arasında sinerji sağlanmasındaki güçlükler,
 - Eş zamanlı geliştirme sürecinde, teknik süreci yönetme ve kontrol etmedeki güçlükler.

Eş zamanlı mühendislik uygulaması sırasında karşılaşılabilecek belirtilen güçlükler nedeniyle eş zamanlı mühendisliğe geçilmeden önce organizasyona ilişkin şu hususların göz önünde bulundurulması gerekmektedir:

- Organizasyonda eş zamanlı mühendislik uygulaması nasıl yararlı olabilir?
- Nasıl bir ekip oluşturulacaktır?

- Açık iletişimi nasıl sağlanacaktır?
- Süreçleri nasıl değiştirilecektir?
- Teknolojiyi nasıl uygulanacaktır?

Bütün bu soruların cevapları bulunduktan sonra aşağıdaki hususlar hakkında bilgi sahibi olunmalıdır.:

- Organizasyonda, değişime olan isteklilik düzeyi nedir?
- Üst yönetimin işbirliği derecesi ne olacaktır?
- Ekip çalışmasını cesaretlendirme yeteneği ne düzeydedir?

Yukarıdaki sorular eşzamanlı mühendisliğe geçilmeden önce sorgulanmalıdır. Literatürde organizasyonların eş zamanlı mühendisliğe hazır olma düzeylerinin tespitinde kullanılacak bir çok model geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları aşağıda incelenmiştir.

3.1. Eş Zamanlı Mühendisliğe Hazır Olma Analizleri

Başarılı bir eş zamanlı mühendislik uygulaması yapmak isteyen bir organizasyonun, öncelikle buna hazır olup olmadığını tespit etmesi, daha sonra da bu tespitin gerektirdikleri hayata geçirilmelidir.

Literatürde buna yönelik olarak geliştirilmiş modeller vardır. RACE, PMO PRODEVO, CMM, SPICE, SIMPLOFI bunlardan bazılarıdır. Bunlardan RACE ve PMO'ya ilişkin kısa bilgiler aşağıda özetlenmiştir [11]:

RACE: Bilgisayar mühendisliği, otomotiv ve elektronik endüstrilerinde eş zamanlı mühendislik uygulamasına geçilebilirliğin tespit edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İnşaat endüstrisinde ve diğer endüstrilerde kullanımı için modifiye edilebilmektedir. Ürün geliştirme için organizasyonel süreçler ve ürün geliştirme sürecini desteklemek için bilgi teknolojisi bileşenlerini içermektedir.

PMO: Bir organizasyonun süreçlerinin ve teknolojisinin analizi ve değerlendirilmesi için geliştirilmiştir. Model, organizasyonun amaçlarına ulaşmasını engelleyen etmenleri tespit etmek için kullanılmaktadır. Bu nedenle modelin ürün geliştirme sürecinde kullanışlı olmaktadır.

Eş zamanlı mühendisliğin başarıyla uygulanabilmesi için öncelikle pilot projeler üzerinde çalışılması yararlı olacaktır. Çünkü böylece organizasyonun göstereceği tepkiler, hedeflere ulaşma düzeyi ve değişikliğin organizasyon üzerindeki etkileri hakkında fikir sahibi olunmaktadır.

Eş zamanlı mühendislik metodolojisinin uygulanmasında; hazırlık, uygulama, inceleme ve değerlendirme, yansıtma ve öğrenme olmak üzere dört süreç yer almaktadır. Metodolojinin uygulanmasında [12]:

- Eş zamanlı mühendisliğin öneminin gösterilmesi,
- Değişikliği tanıtmak için pilot bir projenin seçilmesi,
- Kaynakların atanması,
- Kazanç ve gereksinimlerin gösterilmesi,
- Bilginin zenginleştirilmesi,
- Organizasyon kültürünün ve grup katılımının önemsenmesi,
- Sürekli gelişim,
- Çıktıların dokümanite edilmesi, önem taşımaktadır.

4. SONUÇLAR

Proje yönetiminin planlama ve uygulama süreçlerinde yaşanan çeşitli sorunların ortadan kaldırılabilmesi için, tasarım sürecine, müşteri ile tasarım, üretim, tedarik, pazarlama ve finansman konularında uzmanlaşmış kişilerin katılımıyla oluşturulan ekibin çalışmasını öngören eş zamanlı mühendislik yaklaşımı bir çözüm olabilmektedir. Ancak bunun için kavramın iyi tanınması ve özümsemesi gerekmektedir. Çünkü başarılı bir eş zamanlı mühendislik uygulamasının bağlı olduğu bir çok şart bulunmaktadır. Örneğin, eş zamanlı mühendislik çalışmalarına pilot projeler aracılığı ile geçilmemesi, oluşturulacak ekibin üyelerinin ve liderinin titizlikle seçilmemesi, eş zamanlı mühendisliğin bütün ekip üyeleri ve üst yönetimce benimsenmemesi, eş zamanlı mühendislik kullanımına uygun ve proje ekibinin adapte olacağı teknolojinin kullanılmaması halinde eş zamanlı mühendislik uygulamalarından sonuç almak mümkün değildir.

5. KAYNAKLAR

1. Ashley,S., *DARPA Initiative in Concurrent Engineering, Mechanical Engineering, Vol.114, No.4, pp. 54-57, 1992.*
2. Cleetus,K.J., “*Definition of Concurrent Engineering*”, *CERC Technical Report Series, Research Notes, 1992.*
3. Dey,P.K., “*Process re-engineering for effective implementation of projects*”, *International Journal of Project Management, Vol. 17, No. 3, pp. 147, 1999.*
4. Prasad,B., “*Fundamentals of Concurrent Engineering*”, *Prentice Hall, p.478, 1996.*
5. Göloğlu,C., “*Knowledge Based Process Planning Under the Concurrent Engineering Concept*”, *Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi, yıl 3, sayı 2, 2000.*
6. Evans,S., “*Implementation: common failure modes and suess factors*”, in Parsaei, H.R. and Sullivan, W. G. (eds) *Concurrent Engineering – Contemporary issues and modern design tools, Chapman & Hall, p.46, 1993.*
7. Payne,A.C., Chelson,J.V., Reavill,L.R.P., “*Management for Engineers*”, *Wiley & Sons, 592 p., 1993.*
8. Badham,R., Couchman,P., and Zanko,M., “*Implementing Concurrent Engineering*” *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing, Vol. 10 (3), p. 237–249, John Wiley & Sons, Inc., 2000.*
9. Haque,B., Pawar,K.S, Barson,R.J., “*The application of bussiness process modelling to organisational analysis of concurrent engineering*”, *Technovation, 23 p.147-162, 2003.*
10. Badham,R. and Buchanan,D., “*Power. The new princes of socio-technical change*”, *Occasional Paper 33, Leicester Business School, 1996.*
11. Maddux,G.A. and Souder,W.E, Parsaei,H.R. and Sullivan,W.G. (eds.) “*Concurrent Engineering -- Contemporary issues and modern design tools*”, *Chapman & Hall, pp.61-74, 1993.*
12. M.A.Khalfan, Anumba,C.J., PaCarrillo. *Development of a readiness assessment model for concurrent engineering in construction. Benchmarking: An International Journal, Vol. 8 No. 3, pp. 223-239, 2001.*

*13. Implementation Methodology for Concurrent Engineering Cranfield University
Project Resarch Report, EPSRC Grant No: GR/J/57735, 1997.*

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003AFŞİN-ELBİSTAN UÇUCU KÜLÜNÜN ÇİMENTO TABANLI
MALZEMELER İÇİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN RÖTRE VE
DAYANIM ÖLÇÜMLERİYLE ARAŞTIRILMASI**Cengiz Duran ATIŞ**Ç. Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
cengiz@cukurova.edu.tr

ÖZET : Bu çalışmada Afşin-Elbistan uçucu külü içeren harç numunelerin basınç ve eğilme çekme dayanımları ile kuruma rötre özelliğini değerlendirmek üzere bir laboratuvar çalışması yürütülmüştür. Sadece çimento kullanımıyla üretilen kontrol harç karışımı uçucu kül kullanımıyla değişime uğratarak uçucu kül içeren harç karışımları elde edilmiştir. Normal Portland çimentosunu ağırlık bazında ikame edecek şekilde kullanılan uçucu kül çimentoyu %10, %20 ve %30 oranında ikame etmiştir. Su-bağlayıcı oranı sabit 0.4 alınmıştır. Kontrol ve uçucu kül içeren harç karışımlarından 40x40x160mm prizma numuneler hazırlanıp, bir gün sonra kalıplardan alınarak %65 bağıl neme sahip olan, sıcaklığı 20±2 °C tutulan nem kabinesi içine konulmuştur. Boyutları 25.3x25.3x284.6mm olan prizma rötre numuneleri de hazırlanıp, bir sonraki gün kalıplarından alınmıştır. Rötre numunelerinin ilk boyları nem kabinesine konulmadan önce ölçülmüştür. Prizma numuneler yardımıyla önce dört nokta eğilme yüklemesi ile eğilme dayanımları tespit edilmiş olup, ikiye bölünen prizma parçaları üzerinde de basınç dayanımları tespit edilmiştir. Dayanım ölçümleri 1, 3, 7 ve 28 günlerde yapılmıştır. Rötre ölçümleri 1, 2, 3, 7, 14, 28 gün ile 3 ve 5 ay sonunda yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Basınç, Eğilme Çekme, Dayanım, Rötre, Uçucu Kül, Afşin-Elbistan

1. GİRİŞ

Uçucu kül olarak bilinen fly ash, elektrik üreten termik santrallerde toz haline getirilmiş taş kömürünün ya da linyitin yakıt olarak kullanılmasından sonra ikincil bir ürün olarak elde edilir. Uçucu külün puzolanik özelliğe de sahip olduğu bilinmektedir [1, 2, 3, 4]. Bu özellik nedeni ile son zamanlarda uçucu küller çimento içine katkı malzemesi olarak kullanılmakta ve beton üretiminde faydalanılmaktadır.

Uçucu küller kimyasal ve minerolojik kompozisyonları ve CaO içeriklerine göre düşük ve yüksek kireç içerikli olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. ASTM C-618 [5] ise taşkömüründen ya da linyitten elde edilen uçucu külleri sırasıyla F ve C sınıfı olarak sınıflandırmaktadır.

Son zamanlarda, silindire sıkıştırılmış beton uygulaması ile yapılan yol kaplaması ya da beton ağırlık barajı yapımında kullanılan beton karışımında uçucu kül kullanımı oldukça yaygın bir hale gelmiştir. Uçucu külün beton ya da çimento içinde mineral katkı olarak kullanılması hem ekonomik olmakta hem de betonun işlenebilirlik, dayanım, rötre, sıcaklık yükselmesi, aşınma v.s. gibi bazı özelliklerini değiştirmektedir [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 149]. Ayrıca, endüstriyel atık bir malzeme olan uçucu külün depolanma sorunu da böylelikle çözülmektedir [4, 15, 16].

Beton, yol kaplaması yapımında kullanıldığı zaman, rötreten dolayı oluşan hacim değişimleri oldukça önemli olmaktadır. Çünkü, pratikte taneli malzemeden oluşan ve yüksek sürtünme sağlayan alt-temel üzerine oturan, beton yol kaplaması bünyesinde rötre kısalmasından dolayı oluşacak hareket kısmen ya da tamamen tutulu olmaktan dolayıyla çekme gerilmesi oluşmasına sebep olmaktadır. Bununla birlikte gerekli önlemler de alınmamış, uygun aralıklarda derz bırakılmamış ya da beton çelik ile donatılmamış ise çekme gerilmelerine maruz kalan beton kaplama üzerinde yer yer rötre çatlakları oluşacaktır.

Ayrıca genellikle köprü kirişlerinin üretiminde kullanılan öngerilmeli betonda da rötre kısalmalarından dolayı öngerilme çeliklerinde bir gevşeme ve dolayısı ile öngerilme kayıpları oluşur [17]. Bir yol kaplamasının alt ve üst kısımlarında oluşabilecek farklı rötrelerden ise kıvrılmadan dolayı beton bünyesinde çekme gerilmesi oluşur (3).

Uçucu kül içeren betonun sünmesi ve rötresini inceleyen Ghosh ve Timusk [18] uçucu külün çimentoyu ikamesinin rötrede azalmaya sebep olduğunu bildirmiştir. Benzer sonuç Cripwell vd. [19] ve Nelson vd. [20] tarafından da rapor edilmiştir. İlave olarak, Teorenau ve Nicolescu [21] uçucu kül ikame oranının artmasıyla rötrenin azalma gösterdiğini rapor etmiştir.

Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı, uçucu kül kullanımı ile üretilen betonun rötre değerinin hangi mertebede olduğunun bilinmesinde pratik açıdan faydalar bulunmaktadır. Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında, Afşin-Elbistan uçucu külünün beton içerisinde kullanılabilirliği basınç ve çekme dayanımı açısından araştırılmış olup [22, 23], külün %10 ~%30 oranları arasında çimentoyu ilkame edebileceği kanaatine varılmış olduğundan dolayı, araştırmalara devam edilmiştir. Araştırmanın bir parçası olarakta sözü geçen külün kuruma rötresi üzerindeki etkisini araştırmak üzere harç numuneler üzerinde rötre deneyleri yürütülmüştür. Rötre ölçümlerinin yanısıra harç numunelerin 28 güne kadar olan basınç ve eğilme çekme dayanımları da tespit edilmiştir.

2. KULLANILAN MALZEME ÖZELLİKLERİ

2.1. Çimento

Bu çalışmada Adana Çimento Sanayi (AÇS) tarafından üretilen standart [24] PÇ 42.5 çimentosu kullanılmış olup, çimentonun taze olarak kullanılmasına özen gösterilmiştir. Çimentoya ait kimyasal kompozisyon Çizelge 1' de verilmektedir. Priz süresi ise ilk ve son priz için sırasıyla 3.5 ve 4.5 saat bulunmuştur. Çimento özgül ağırlığı 3.16 olup, Blaine özgül yüzeyi 0.31 m²/gr'dır.

2.2. Uçucu Kül

Kahramanmaraş ilinin Afşin ve Elbistan ilçeleri sınırları içerisinde 120 km²' lik bir alanda çıkartılan linyit kömürü yakılarak enerji elde edilmektedir. Linyit rezervi 1.7 milyar tondur. Uçucu kül döküm sahasına taşınıp üzeri toprakla kapatılmaktadır. Afşin-Elbistan uçucu külü yüksek kireçli (CaO>%10) sülfokalsik bir uçucu küldür [25]. Afşin-Elbistan Termik santralinden elde edilen uçucu küllerin kimyasal analizi Çizelge 1' de verilmiştir. ASTM C-618 [5] ve TS639 (26) standartlarına göre Afşin-Elbistan külü standart dışı bir kül olup, atıl bir durumdadır. Uçucu kül özgül ağırlıkları 2.7 olup, Blaine özgül yüzeyi ise 0.29 m²/gr'dır.

Çizelge 1. Çimento ve uçucu kül kimyasal kompozisyonu (%)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O+K ₂ O
PÇ 42.5	20.65	5.60	4.13	61.87	2.60	2.79	0.97
Uçucu Kül	18.95	7.53	3.82	51.29	1.58	12.06	1.83

2.3. Kum

Max tane çapı 4 mm olan, yıkanmış temiz haldeki doğal ince agregaya etüvde kurutulduktan sonra kullanılmıştır. İnce agregaya su emme kapasitesi ve kuru yüzey doygun özgül ağırlık değerleri TS 3526 [27]'ya göre bulunmuştur. İnce agregaya kuru yüzey doygun özgül ağırlığı ve su emme kapasitesi sırasıyla 2.67 ve %1.5 olarak bulunmuştur. İnce agregaya granulometrisi ASTM C-33 sınırları içinde kalmıştır.

3. KARIŞIM ORANLARI VE NUMUNE HAZIRLAMA

Yapılan bu çalışmada hazırlanan kontrol harç karışımı için çimento ve ince agregaya oranı ağırlıkça 1:2 olup, su-bağlayıcı oranı sabit 0.4 olarak alınmıştır. Uçucu kül içeren harç (UKH) karışımlarında ise uçucu kül çimentoyu %10, %20, %30 oranlarında ağırlıkça ikame ederek kullanılmıştır. Hazırlanan UKH karışımları için de su-bağlayıcı oranı sabit 0.4 olarak alınmıştır.

Çizelge 2 Birim metreküp hacim için gerekli malzeme miktarları

Karışım Adı	Çimento (kg)	Uçucu Kül (kg)	Su (Lt)	Kum (kg)
K0	700	-	280	1400
K1	630	70	280	1400
K2	560	140	280	1400
K3	490	210	280	1400

Kontrol ve UKH karışımlarından 40x40x160mm prizma numuneler hazırlanıp, bir gün sonra kalıplardan alınarak %65 bağıl neme sahip olan, sıcaklığı 20 ± 2 °C tutulan nem kabinesi içine konulmuştur. Boyutları 25.3x25.3x286.4mm olan prizma rötne numuneleri de hazırlanıp, bir sonraki gün kalıplarından alınmıştır. Rötne numunelerinin ilk boyları nem kabineye konulmadan önce ölçülmüştür. Rötne ölçümü ile ilgili detaylı bilgi başka bir kaynakta [28] verilmektedir. Prizma numuneler yardımıyla önce dört nokta eğilme yüklemesi ile eğilme dayanımları tespit edilmiş olup, ikiye bölünen prizma parçaları üzerinde de basınç dayanımları tespit edilmiştir. Dayanım ölçümleri 1, 3, 7 ve 28 günlerde yapılmıştır. Rötne ölçümleri 1, 2, 3, 7, 14, 28 gün ile 3 ve 5 ay sonunda yapılmıştır. Harç karışımlarında kullanılan yaklaşık malzeme miktarları Çizelge 2’de verilmektedir.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

4.1. Basınç ve Çekme Dayanımı

Laboratuvar çalışması sonucunda üretilen harç karışımlarından elde edilen basınç ve eğilme çekme dayanımları Çizelge 3’te verilmektedir. Parantez içinde verilen değerler eğilme çekme dayanımlarıdır. Çizelge 3 üretilen harç numunelerin tamamının bir gün sonunda oldukça tatminkar basınç ve çekme dayanımı geliştirdiğini göstermektedir. Yine Çizelge 3’ten UKH numunelerin basınç ve çekme dayanımlarının her yaşta uçucu kül içermeyen numunelerden az olduğu görülebilir. Ancak, %10 ve %20 uçucu kül içeren harç numunelerin dayanımları uçucu kül içermeyen kontrol harç karışımının dayanımı ile karşılaştırılabilir seviyededir.

Çizelge 3 Üretilen harç karışımlarının basınç ve eğilme çekme dayanımları

Karşım Adı	1-Gün	3-Gün	7-Gün	28-Gün
K0	14.0 (2.40)	36.9 (3.60)	44.9 (5.11)	48.0 (6.12)
K1	16.3 (2.90)	36.1 (3.16)	39.0 (4.58)	47.3 (5.10)
K2	15.2 (2.65)	28.6 (3.25)	32.8 (4.06)	44.0 (5.01)
K3	12.6 (2.20)	25.0 (2.92)	29.1 (3.83)	41.0 (4.48)

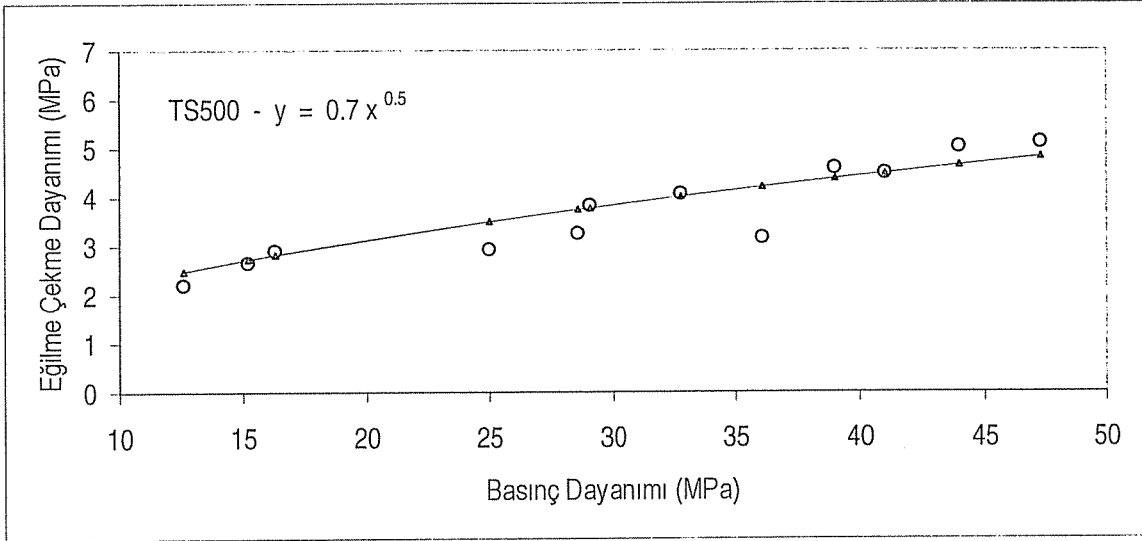
4.2. Basınç ve Çekme Dayanımı Arasındaki İlişki

Çizelge 3’te verilen sadece UKH numunelerin basınç ve eğilme çekme dayanımları arasındaki ilişkiyi incelemek üzere bu değerler grafik (Şekil 1) üzerinde gösterilmiş olup, TS500’de verilen [29] beton eğilme çekme dayanımı arasındaki ilişki ile grafik üzerinde kıyaslama yapılmıştır. Şekil 1, UKH numunelerin basınç ve çekme dayanımı arasındaki ilişkinin normal beton için geçerli olan ilişkiye paralel ve uyumlu olduğunu göstermektedir.

4.3. Kuruma Rötresi

Üretilen harç numunelere ait kuruma rötreleri Çizelge 4’te % kısalma olarak sunulmuş olup, bu değerlerin grafik gösterimi Şekil 2’de verilmiştir. Çizelge 4 kurumanın başlangıcından itibaren UKH numunelerin PÇ harç numunesinden daha düşük rötne yaptığını göstermekte olup, bu durumun 5 ay sonuna kadar devam ettiğini de göstermektedir. Beş aylık rötrelere göz önüne alındığında, uçucu kül içeren karışımların rötresi kontrol karışımına göre kıyasla önemli miktarda azalma göstermiş

olup, bu azalma uçucu külün ikame oranının artmasıyla da artmıştır. Beş ay sonunda %10, %20 ve %30 oranında uçucu kül içeren karışımların rötreleri kontrol karışımına göre sırasıyla %25, %37 ve %43 oranında azalmıştır.

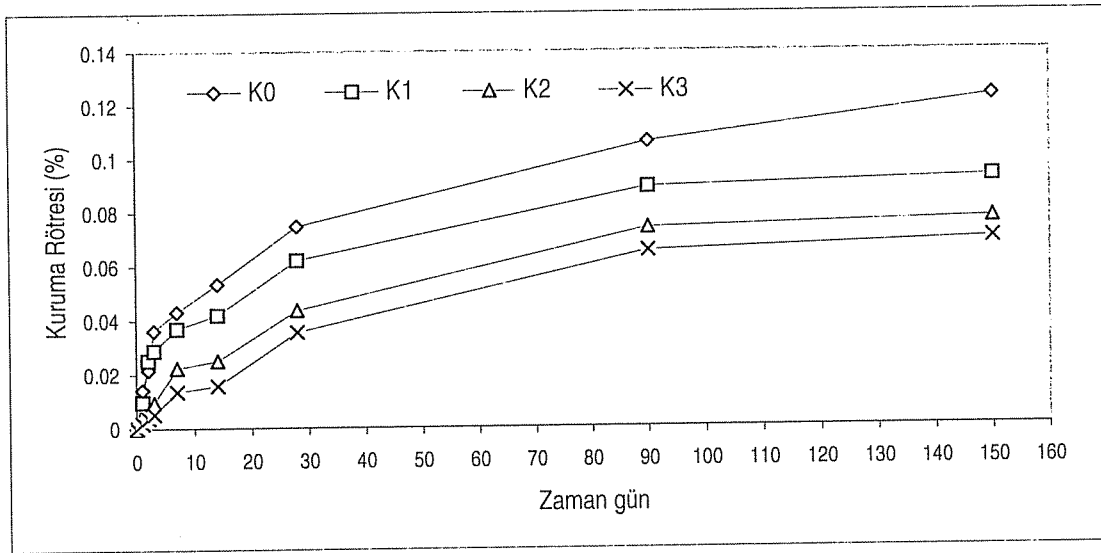


Şekil 1. Eğilme Çekme ve Basınç Dayanımı İlişkisi

Çizelge 4. Hazırlanan Harç Karışımlarının Kuruma Rötreleri (%)

Zaman (gün)	K0	K1	K2	K3
0	0.	0	0	0
1	0.0144	0.0098	0.0025	0.0018
2	0.0217	0.0252	0.0059	0.0039
3	0.0361	0.0288	0.0095	0.0053
7	0.0432	0.0368	0.0225	0.0136
14	0.0533	0.0418	0.0249	0.0157
28	0.0747	0.0621	0.0435	0.0354
90	0.1060	0.0891	0.0737	0.0653
150	0.1228	0.0926	0.0772	0.0695

Bütün Porland çimentolarının rötre yaptığı ve rötrenin çimento miktarının artmasıyla da arttığı bilindiğinden, uçucu kül ikamesi ile çimentonun seyreltiği dolayısıyla da rötrenin azaldığı düşünülmektedir. Ayrıca, Afşin-Elbistan külünün karışım suyu miktarını arttırmaya meyilli olduğu da bilinmektedir [22, 23]. Sabit su-bağlayıcı oranı ile üretilen karışımlarda kullanılan uçucu külün karışım suyunun bir kısmını kendine bağlayarak, karışımın su-bağlayıcı oranını düşürdüğü dolayısı ile de rötreyi azalttığı düşünülebilir. Standard dışı olması nedeniyle araştırmacılar üzerinde olumsuz intiba bırakmış olan Afşin-Elbistan uçucu külü, rötreyi azaltmaya yönelik özelliği nedeniyle rötreden sakınılması gereken beton yol kaplamasında ya da fabrika sahası betonunda veya park alanı betonu gibi uygulamalarda mineral bir katkı olarak değerlendirilebilir.



Şekil 2. Hazırlanan Harç Karışımlarının Kuruma Rötreleri

5. SONUÇLAR

Laboratuvar deneme sonuçları Afşin-Elbistan uçucu külü içeren numunelerin bir günde oldukça tatminkar basınç ve eğilme çekme dayanımı geliştirdiğini göstermiş olup, basınç dayanımları 28 gün sonunda sadece çimento içeren kontrol karışımlarının dayanımlarıyla kıyaslanabilecek duruma gelmiştir. Yanısıra kuruma rötreside %30 ~ 40 mertebesinde önemli ölçüde azalma göstermiştir. Sonuç olarak standard dışı olan Afşin-Elbistan uçucu külünün dayanım gelişimi açısından çimento-tabanlı malzemeler içine bir katkı olarak kullanılabilmesi kanaatine varılmış olup, özellikle rötreden sakınılması gereken yol kaplama betonu ya da fabrika sahası betonunda veya park alanı betonu içinde katkı olarak kullanılabilmesi izlenimi oluşmuştur. Ancak, kullanımdan önce durabilite ile ilgili gerekli deney ve araştırmaların yapılması gerekmektedir.

6. TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmaya finansal destek sağlayan Ç.Ü. Araştırma Fonuna teşekkürlerini sunar.

7. KAYNAKLAR

1. Postacıoğlu, B., "Beton", Cilt 1, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, 1986.
2. Mehta, P.K., "Concrete: Structure, Properties, and Materials", Prentice-Hall, Inc. Englewood, New Jersey, 1986.
3. Neville, A.M., "Properties of Concrete", 4th Ed., Longman Group UK Limited, 1995.
4. Erdoğan, T.Y., "Admixtures for Concrete", The Middle East Technical University Press, Ankara, 1997.
5. ASTM C-618., "Standard Specification for Fly Ash and Raw Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete", Annual Book of ASTM Standards, 1991.

6. Munn,R.L., "Fly Ash in Roller Compacted Concrete Pavement and Slipformed Applications", *Proc. of 2nd Int. Conf. on Ash Technology and Marketing*, 445-460, September, London, 1984.
7. Haque,M.N., Langan,B.W., Ward,M.A., "High Fly Ash Concrete", *ACI Materials Journal*, 81/1, 54-60, (1984).
8. Hansen,K.D., Reinhardt,W.G., "Roller-Compacted Concrete Dams", McGraw Hill Inc. Publication, Newyork, 1991.
9. Nanni,A., Ludwig,D., Shoenberger,J., "Roller Compacted Concrete for Highway Pavements", *Concrete International*, 33-38, 18/5 (1996).
10. Delagrave,A., Marchand,J., Pigeon,M., Boisvert,J., "Deicer Salt Scaling Resistance of Roller Compacted Concrete Pavements", *ACI Materials Journal*, 96/2, 164-169, (1997).
11. Pittman,D.W., Ragan,S.A., "rying Shrinkage of Roller-Compacted Concrete for Pavement Applications", *ACI Materials Journal*, 9-25, 95/1 (1998).
12. Atiş,C.D., "Heat Evolution of High Volume Fly Ash Concrete", *Cement and Concrete Research*, 32/5, 751-756, (2002).
13. Atiş,C.D., "High Volume Fly Ash Abrasion Resistant Concrete", *ASCE Journal of Materials in Civil Engineering*, 14/3, 274-277, (2002).
14. Atiş,C.D., Çelik,O.N., "Relation Between Abrasion Resistance and Flexural Strength of High Volume Fly Ash Concrete", *Materials and Structures-RILEM*, 35/148, 257-260, (2002).
15. Mehta,P.K., "Pozzolanic and Cementitious By-Products as Mineral Admixtures for Concrete – A Critical Review", *Proc. of 1st Int. Conf. on the use of Fly Ash, Silica Fume, Slag and other mineral by-products in Concrete*, Canada, Montebello, July 31-August 5, Editor. V. M. Malhotra; ACI SP-79, Detroit, 1-48, 1983.
16. Malhotra,V.M., "Fly Ash, Silica Fume and Rice-Husk Ash in Concrete : A Review", *Concrete International*, 15/4, 23-28, (1993).
17. Lay,M.G., "Handbook of Road Technology", Gordon and Breach Science Publishers, 1990.
18. Ghosh,R.S., Timusk,J., "Creep of Fly Ash Concrete", *ACI Materials Journal*, 78/5, 351-357, (1981).
19. Cripwell,J.B., Brooks,J.J., Wainwright,P.J., "Time Dependent Properties of Concrete Containing Pulverised Fuel Ash and A Superplasticizer", *Proc. of the 2nd Int. Conf. on Ash Technology and Marketing*, Barbican Centre, London, September 16-21, 115-120, 1984.
20. Nelson,P., Srivivatnanon,V., Khatri,R., "Development of High Volume Fly Ash Concrete for Pavements", *Proc. of the 16th of the ARRB Conference*, Perth, Aust, Nov, 9-12, 37-47, 1992.
21. Teorenau,I., Nicolescu,L.D., "The Properties of Power Station Fly-Ash Concrete", *Proc. of Int. Symposium on The Use of PFA in Concrete*, April 14-16, England, Leeds, 231-241, 1982.
22. Atiş,C.D., Bilim,C., Ozcan,F., Akcaozoglu,K., Sevim,U.K., "The Use of a Non-Standard High Calcium Fly Ash in Concrete and Its Response to Accelerated Curing", *Materiales de Construcción*, 52/267, 5-17, (2002).

23. Bilim,C., "Afsin-Elbistan Uçucu Külünün Beton İçinde Kullanılabilirliği ve Hızlandırılmış Kür Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, 2001.
24. Türk Standartları Enstitüsü, TS19., "Çimento-Portland Çimentoları", Ankara, 1992.
25. Tokyay,M., Erdoğan,K., "Türkiye Termik Santrallerinden Elde Edilen Uçucu Küllerin Karakterizasyonu", TÇMB Yayınları, TÇMB/AR-GE/Y-98.3, 1998.
26. Türk Standartları Enstitüsü, TS639., "Uçucu Küller", Ankara, 1975.
27. Türk Standartları Enstitüsü., "TS3526 - Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini", Ankara, 1980.
28. Atiş,C.D., Akçaözöğlü,K., "Yüksek Oranda Uçucu Kül İçeren Betomun Rötresi", Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2/1, 117-123, (2001).
29. Türk Standartları Enstitüsü, TS500., "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", Ankara, 2000.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

ÇALIŞANLARIN İŞ TATMİNİ VE MOTİVASYONUNUN ÖLÇÜLMESİNE
YÖNELİK İSTATİSTİKSEL BİR YAKLAŞIM

Rızvan EROL

Ç.Ü., Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
rerol@cu.edu.tr

ÖZET : *Günümüzde şirketler sürekli değişimin ve rekabetin yaşandığı bir ortamda faaliyetlerini sürdürmektedirler. Bu ortamda iyi bir performans elde edebilmenin koşulları olan esnekliği, hızlılığı ve rasyonel karar vermeyi sağlayabilmek için şirketler tüm kaynaklarını ve süreçlerini bu hedefler doğrultusunda yönlendirmelidirler. Şirketlerin en fazla değişkenliğe sahip ve en zor kontrol edilebilen parametresi insan faktörüdür. Başarıda büyük rolü olan insan faktörü hakkında bir şirketin değerlendirilmesi gereken temel konular ise, sadakat ve motivasyon ile esneklik, hız ve yaratıcılığı şirketin iş yapma tarzına dönüştürecek olan şirket kültürüdür. Bu çalışmada söz konusu kavramların ölçmeye dayalı olarak iyileştirilmesi ve yönetilmesi için istatistiksel bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu amaçla hazırlanmış anket formları Adana bölgesinde faaliyet gösteren iki büyük ölçekli firmada (Bossa A.Ş., Paksoy A.Ş.) farklı zaman dilimlerinde uygulanmış ve elde edilen veriler istatistiksel yöntemlerle analiz edilerek, insan kaynakları alanında firmalara özgü odak noktaları, olmazsa olmaz faktörler, etkisiz elemanlar ve saklı potansiyeller belirlenmiştir.*

1. GİRİŞ

Sadakatın ve iş tatminin ölçülmesi her şeyden önce şirket çalışanlarının görüş ve düşüncelerine dayandırılmalıdır. Bunun için en etkin yöntemin anket metodu olduğu düşünüldükçe, bu amaca yönelik soru ve bölümlerin olduğu bir anket formu hazırlanmıştır [2]. Öncelikli olarak sorgulanmak istenen sadakat, iş tatmini, motivasyon, şirket kültürü ve örgütsel problemler ile ilgili unsurlar belirlenmiş ve daha sonra da bu unsurların değişik yönleri ve biçimleri ile irdelendiği soru grupları oluşturulmuştur. Hazırlanan anket şirketlerdeki tüm mavi ve beyaz yakalı çalışanlar üzerinde ayrı ayrı farklı zaman dilimlerinde uygulanmıştır [4].

2. METOD

Sadakat(loyalty), çalışanın kuruluşa bağlanma derecesi olarak ifade edilebilir [1]. Bu bağlanmanın unsurları ise şunlardır:

- i. Çalışanın şirketin hedeflerini benimsemesi ve kendisiyle özdeşleştirmesi
- ii. Şirketin bir parçası olmayı önemli görmesi
- iii. Şirket misyonu adına çalışmayı görev bilmesi

İş tatmini ise, çalışanın bireysel istek ve ihtiyaçlarının işi tarafından karşılandığını düşünmesi durumudur. İş tatmini kavramında, beklenti ve algılamalardan kaynaklanan bireysel farklılıklar yer almaktadır [3].

İş tatmini ve motivasyonu indeksinin hesabında aşağıda belirtilen sorulara verilen cevapların basit aritmetik ortalaması alınmıştır:

S1 Şirketteki işimi yapmaktan memnunum.

S59 Bu Şirkette çalışmaktan gurur duyuyorum.

S62 İş arayan bir yakınım bu Şirketi tavsiye ederim.

S63 Çalıştığım yer iyi bir şirket olma durumunu devam ettirmektedir.

S65 Çalışmak için bu Şirketi seçtiğime memnunum.

İş tatmini ve motivasyonunu % puan olarak hesaplamak gerektiğinde aşağıdaki formül geçerlidir.

$$\text{İş tatmini ve motivasyonu indeksi [\%]} = \frac{S1 + S59 + S62 + S63 + S65}{7 \times 5} \times 100$$

İş tatmini ve motivasyon puanına göre ankete katılanlar aşağıda belirtilen kategorilere dağıtılmıştır.

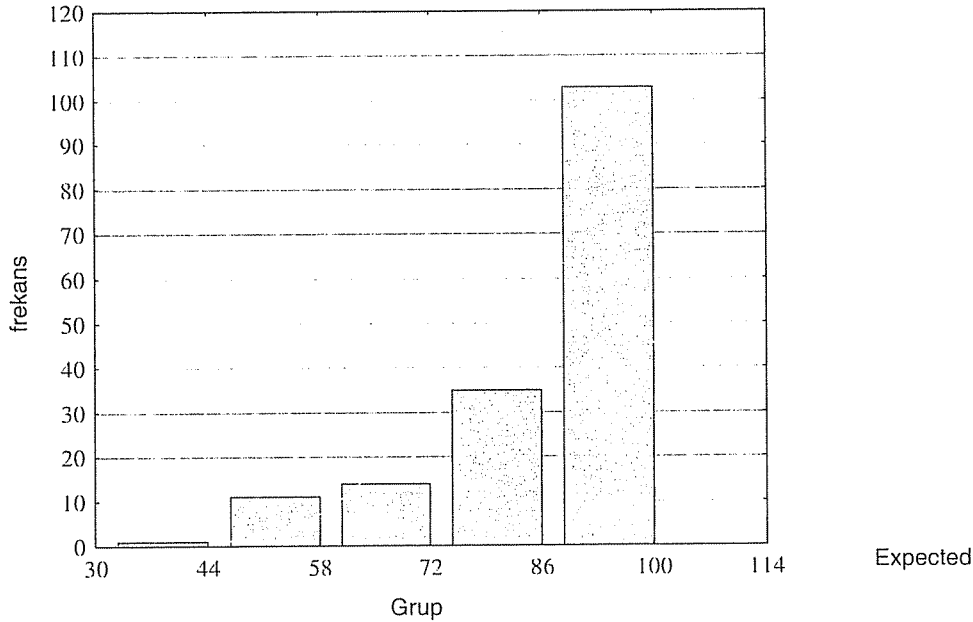
Çizelge 1. Puanlara göre motivasyon indeksinin gruplara dağılımı

Grup	Grup Tanımı	Puan Aralığı
1. Grup	Motivasyonu Yüksek Personel	100-80
2. Grup	Motivasyonlu Personel	79-60
3. Grup	Motivasyonu Sarsılmış Personel	59-40
4. Grup	Kaybedilebilir Personel	39-20
5. Grup	Kaybedilmiş Personel	19-0

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. İş tatmini ve motivasyon indeksi sonuçları

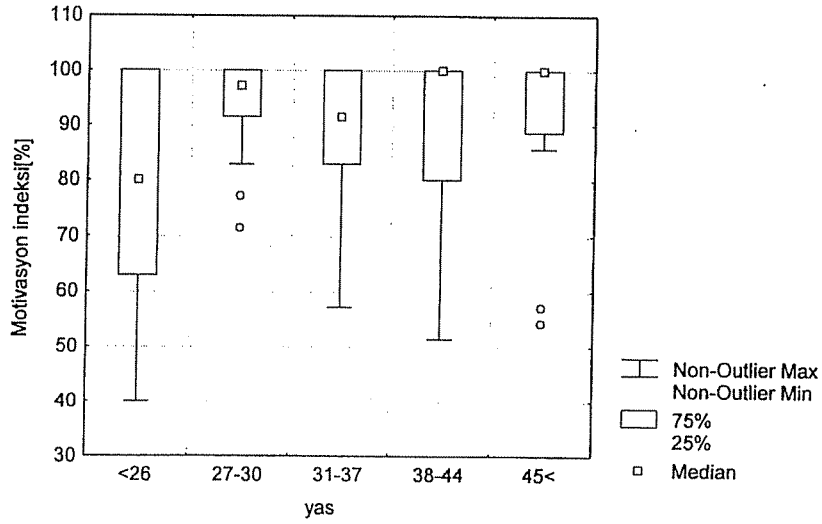
Hesaplanan iş tatmini ve motivasyon indekslerinin gruplara göre dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir. Motivasyon indeksinin demografik bilgilere incelenmesinde; gruplar bazında ortalama puanlar ve grup içi dağılımları Box-Plot grafikleri ile analiz edilmiştir (Bkz. şekil 2, 3 ve 4). Bu grafiklerin amacı, hem grupları birbiriyle karşılaştırmak hem de grup içersinde paunaların dağılımı hakkında fikir edinmektir. Eğer herhangi bir grup için grafiğin kutu kısmı geniş ise, puanların geniş bir aralıkta dağıldığını, başka bir deyişle motivasyon konusunda grup içerisinde belli bir yöne tam eğilim olmadığını söyleyebiliriz. Bu grafikten çıkarılabilecek başka bir yorum ise, grup içerisinde medyan puanın bulunduğu yerdir. Medyan puan, gözlemlerin %50 sine karşı gelen puandır ve genel eğilimin yönünü gösterir. Bu değer %100'e (maksimum değer) yakın olması, o gruptaki kişilerin motivasyon eğilimlerinin yüksek olduğunu gösterir.



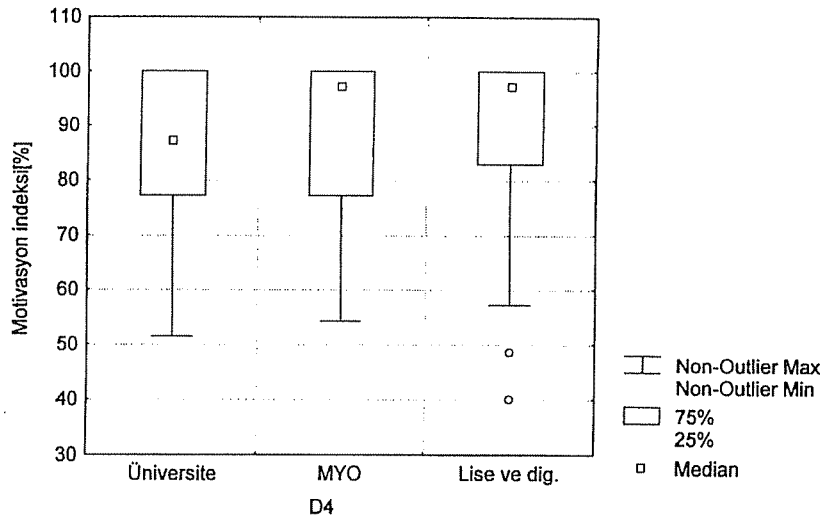
Şekil 1. İş tatmini ve motivasyonunu indeksi [%] gruplarının dağılımı

3.2. İş Tatmini ve Motivasyon Gridi Sonuçları

Sadakat ve motivasyon düzeylerinin analizinde sonra, çalışanların sadakatlerini hangi unsurların etkilediğinin ve bu etkilerin derecesinin belirlenmesi amacıyla "İş Tatmini ve Motivasyon Gridi" oluşturulmuştur (Şekil 4). Ankette sorgulanan unsurlara çalışanlar tarafından verilen puanlar bu konuda şirketin başarı düzeyini göstermektedir. Bu başarı düzeyi ile çalışanın sadakat düzeyi arasındaki ilişkinin derecesi (korelasyon katsayısı) ilgili unsurun çalışanın sadakatine olan etkisini belirlemektedir. Sadakat gridinde dört temel alan bulunmaktadır. Bu alanlar:



Şekil 2. Çalışanların yaşına göre motivasyon indeksinin dağılımı



Şekil 3. Çalışanların eğitim durumuna göre motivasyon indeksinin dağılımı

1. Alan : Odak Noktaları

Gridin sağ-üst bölgesi olan bu alanda unsurların hepsi hem iş tatminine ve motivasyona etkisi, hem de kişiler açısından verilen önem dereceleri yüksektir. Bu bölgedeki unsurlar çalışanların motivasyonlarını direk ve kesin bir şekilde etkilemektedirler. Bu unsurlarla ilgili olarak geliştirilecek olumlu politika ve uygulamalar motivasyonu olumlu yönde etkileyecektir.

2. Alan : Olmazsa Olmaz Faktörler

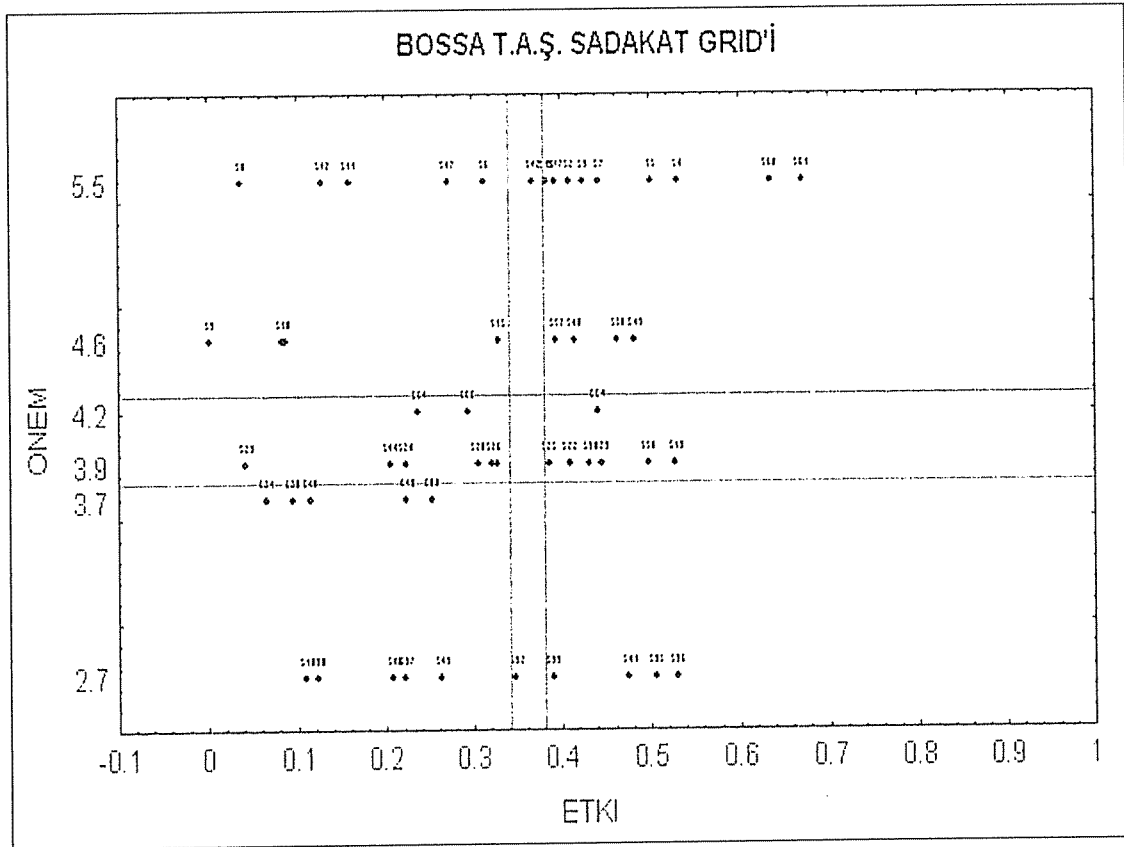
Gridin sol-üst bölgesine düşen unsurların çalışanlar açısından önemi yüksek olmakla beraber motivasyona etkileri düşüktür. Bu unsurlar, motivasyonla ilgili hijyen faktörler olarak yorumlanmalıdır. Yani motivasyon üzerindeki etkileri belli bir düzeye kadar olan ve bu düzeyden sonra etkisiz kalan hususlar olarak ele alınmalıdır.

3. Alan : Etkisiz Elemanlar

Gridin sol-alt bölgesi olan bu alandaki unsurların hem çalışanlar açısından önemleri hem de motivasyona etkileri düşüktür. Dolayısıyla şirkette motivasyonun geliştirilmesi üzerinde anlamlı etkileri yoktur.

4. Alan : Saklı Potansiyeller

Motivasyon gridinin çalışanların verdikleri önem bakımından düşük, ancak motivasyona etkisi yüksek olan bu sağ-alt bölgesinde yer alan unsurla “odak noktaları” gerçekleştirildikten sonra motivasyonun iyileştirilmesinde uzun vadede katkıda bulunabilecek hususları göstermektedir.



Şekil 4. İş tatmini ve motivasyon gridi

4. SONUÇ

Bu çalışmada sadakat, iş tatmini ve şirket kültürü kavramlarının sayısal olarak ifade edilip, ölçülebilir hale getirilmesine yönelik istatistiksel modeller geliştirilmiştir. Bu model sayesinde çalışmaya katılan şirketlerin gerek sadakat ve motivasyona dönük ve gerekse şirket performansını etkileyen alt unsurlarının teşhisi yapılmıştır. Elde edilen sadakat gridleri şirket imajı, kariyer imkanları, iş tasarımı, işin kişiye uygunluğu, insiyatif kullanabilme ve bilgi akışı konularını en önemli odak noktaları olarak ortaya çıkmiştir.

5. KAYNAKLAR

1. Deal,T. and Kennedy,A., *“Corporate cultures: the rites and rituals of corporate life reading”*, Addison Wesley Inc., s.18, 1982.
2. Gaucerand,E.F. and Jain,S., *“Improving Productivity by periodic performance evaluation: a Bayesian stochastic model”*, Management Science, Vol. 41, No.10, 1995.
3. Newstrom,J. & Davis,K., *“Organizational behavior at work”*, 9th edition, McGraw-Hill Inc., s.59, New York, 1993.
4. Tokalp,A., *“Sadakat ve iş memnuniyetinin ölçülmesine yönelik istatistiksel bir model”*, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 75s.

**DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003**

**ELEKTROKARDİYOGRAM VE ARTERİYAL KAN BASINCI ANALİZİ VE
BAROREFLEX DUYARLILIĞININ ÖLÇÜMÜ**

Fırat İNCE ve Sami ARICA

Ç.Ü., Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye
firat@eemb.cu.edu.tr arica@mail.cu.edu.tr

Ahmet BİRAND

Ç.Ü., Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilimdalı, Adana/Türkiye

ÖZET : *Çalışmada, kan basıncının (KB) ve elektrokardiyogramın (EKG) eş zamanlı ve sürekli kaydı, kan basıncında artış yaratan phenylephrine adlı vasoaktif ilacın enjeksiyonu sırasında yapılmış, yapılan kayıtlardan yararlanarak kalp atım hızı ve sistolik kan basıncı değişimi hesaplanmıştır. Bu değişimin eşzamanlı ve lineer olarak artış yada azalış gösterdiği bölgeler istatistiksel analizle incelenmiş, lineer regresyon uygulanarak baroreseptör duyarlılığı ölçülmüştür.*

1. GİRİŞ

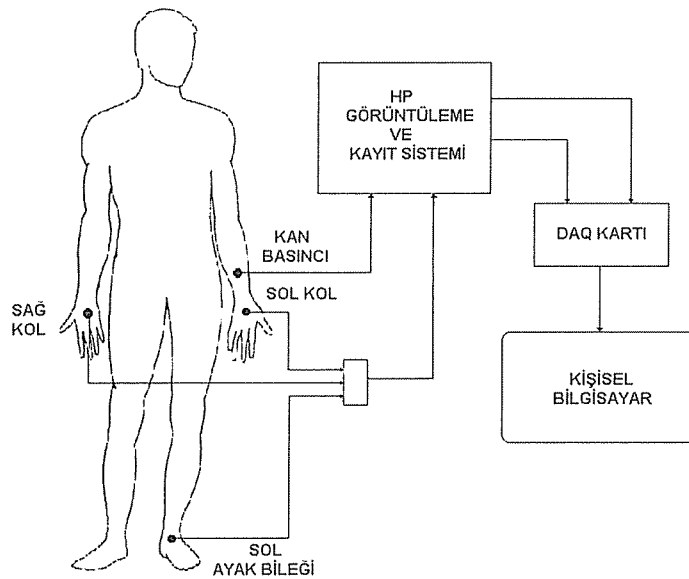
Olağan koşullarda insandaki kan basıncı yükselmeleri, kalp atım hızı (RR) yavaşlaması, kan basıncı düşüklüğü ise kalp atım hızındaki artış ile kompanse edilir. Bu işlem arteriyel kan basıncının kısa süreli dengelenmesinde görev alan *Baroreseptörler* tarafından gerçekleşir [1,2]. Uzun süreli dengelemeler başka mekanizmalar tarafından gerçekleşir. Baroreseptör duyarlılığı (BRS),

$$BRS = \frac{\Delta RR}{\Delta SB} \text{ (ms / mmHg)} \quad (1)$$

biçiminde tanımlanmıştır. Burada ΔRR iki ardışık atım süresi arasındaki fark ve ΔSB ise iki ardışık sistolik kan basıncı (SB) arasındaki farktır [2]. İlgili çekici bir durum, kalp hastalıkları ve diğer patolojik durumlarda BRS' nin bozulmasıdır. Bu nedenle BRS' nin ölçülmesi büyük önem taşır.

2. ELEKTROKARDİYOGRAM VE KAN BASINCI İŞARETLERİN TOPLANMASI

EKG ve KB işaretleri, analog formda Hewlett Packard (HP) biyogörüntüleme sisteminden alınmış ve endüstriyel veri toplama kartı ile 1 kHz de örneklenip 12 bit çözünürlükte sayısal biçime dönüştürülerek bilgisayara aktarılmıştır [4]. Veri kayıt süresi ise EKG ve KB işaretleri ölçümünde klinik standart olan 5 dakika olarak belirlenmiştir. Her iki işaretin toplanması ve işlenmesi için C++ dilinde bir program geliştirilmiştir. Veriler bir matris sınıfı ile toplanmış ve işlenmiştir [4]. EKG ve KB işaretleri veri toplama programı ile örneklenip sabit diskte saklanmakta ve daha sonra sinyal işleme programı tarafından bloklar halinde dinamik olarak hafızaya yüklenip işlenmektedir. Sinyal işleme programı 200 Hz ve 500 Hz te örneklenmiş veriler üzerinde de çalışabilmektedir. Tüm yazılım DOS işletim sisteminde çalışmaktadır. Şekil 1 geliştirilmiş olan sistemi göstermektedir.



Şekil 1. Veri Toplama ve İşleme Sisteminin Blok Diyagramı

3. EKG VE KB İŞARETLERİN İŞLENMESİ

İşaretlerin toplanması sırasında çeşitli gürültü faktörleri bozulmalara sebep olmaktadır. Şebeke hattı gürültüsü ve nefes ile EKG genliğinin modülasyonu en çok etkisi görülen gürültü kaynaklarıdır. Genelde bu gürültülerin yoğunlaştığı frekanslar nefes alım verimi kaynaklı gürültü için 0.15-0.3 Hz, şebeke hattı için 50Hz tir. EKG ve ardışık atımların tespit edilmesinde kullanılan QRS dalgasının enerjisi 12 Hz frekansında yoğunlaşmaktadır. Bu nedenle, aşağıdaki transfer fonksiyonuna sahip, bant genişliği 0-50Hz birinci dereceden alçak geçiren filtre, kullanılmıştır [5,6].

$$H(z) = \frac{1 - z^{-m}}{1 - z^{-1}}, \quad m = \frac{f_{\text{örnekleme}}}{f_{\text{kesim}}} = \frac{1000}{50} = 20 \quad (2)$$

Transfer fonksiyonun giriş çıkış denklemi aşağıdaki gibidir.

$$y(nT) = x(nT) - x(nT - 20T) + y(nT - T) \quad (3)$$

R noktası kalbin depolarizasyonu içerisinde (QRS) en yüksek değerdir ve kalp atım hızının hesaplanması için tespit edilmelidir. Bu noktanın tespiti için EKG işaretinin birinci ve ikinci türevi, eşik değerleri ve süzgeçleme yöntemleri kullanılmaktadır [3,4]. Geliştirilen algoritma da EKG işaretine ait birinci türev ile uyarlanır (adaptive) bir eşik seviyesi kullanılmıştır.

$x(n) = x(0), x(1), \dots, x(2047)$ EKG işaretinin örneklenmiş tek boyutlu vektörü olsun. Algoritma.

$$d[0] = x[n] - x[n-1], \quad d[1] = x[n-1] - x[n-2] \quad (4)$$

$$\text{eşik_seviyesi} = 0.5 \times \max(x[n]) \quad n=0,1,\dots,2047 \quad (5)$$

if $d[1] \geq 0$ and $d[0] < 0$ then

if $x[n-1] > \text{eşik_seviyesi}$ then

R=n-1

RR=(R-Son_R)xTs

Son_R=n-1

Eşik seviyesi P ve T dalgası [3] gibi gerçek olmayan R noktalarının elenmesinde büyük önem taşır. Ancak seyrekte olsa kimi EKG işaretlerinde, QRS dalgasını izleyen yüksek genlikli T dalgası, algoritmanın hatalı ölçüm yapmasına neden olmaktadır. BRS'nin ölçümünde RR aralıklarının ölçümü çok önemli olduğundan algoritmanın yüksek T dalgalarından etkilenmemesi gerekmektedir. Bu dalgaların elimine edilmesi için yine EKG işaretinin fizyolojik temellerine dayanan bir arama penceresi kullanılmıştır. Bir R noktasının 300 ms sağında ve solunda kendisinden büyük bir R noktası olmamalıdır. Buna göre, yeni algoritma

$$x(n-1) = ? \max(x(n-m)) \quad m = -\frac{300 \times 10^{-3}}{T_s}, \dots, \frac{300 \times 10^{-3}}{T_s} \quad (6)$$

If $d(0) < 0$ and $d(1) > 0$ then

If $x(n-1) > \text{eşik_seviyesi}$ then

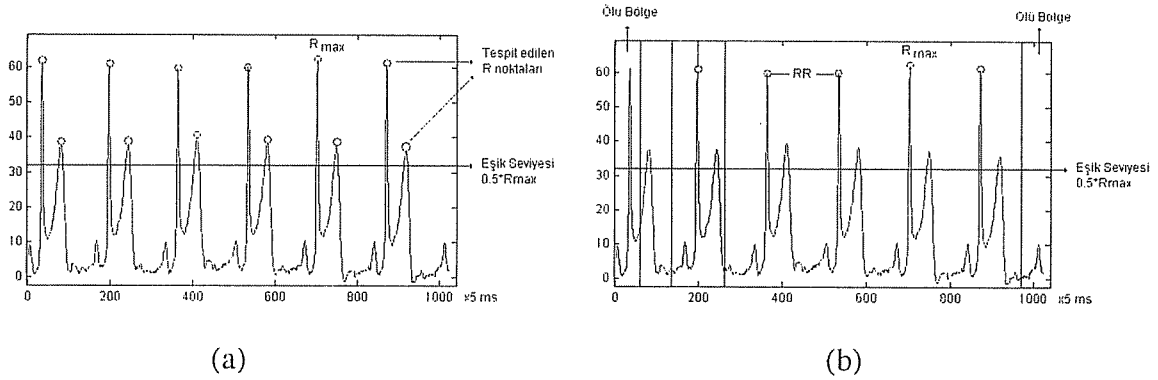
If GerçekBüyük($x(n-1)$) then

$R = n-1$

$RR = (R - \text{Son_R}) \times T_s$

$\text{Son_R} = n-1$

Şekiller eski ve yeni algoritmanın yüksek genlikli T dalgasına sahip 200 Hz ile örneklenmiş 1024 noktadan oluşan EKG işareti üzerinde bir uygulamasını göstermektedir.



Şekil 2. R tespit Algoritmaları (a) Yüksek genlikli T dalgaları R noktası olarak tespit ediliyor. (b) 300 ms arama penceresi ile bu dalgaların etkisi elimine ediliyor.

EKG işaretinin ilk olarak hafızaya yüklendiği anda vektörün birinci örneğinden önce herhangi bir değer bulunmadığı için bu bölge otomatik olarak ölü bölge olarak alınır ve analiz bu noktadan sonraki örnekle başlatılır. Eğer bu noktadan sonra herhangi bir R noktası özelliği taşıyan örnek bulunursa sağ ve sol tarafı 300 ms lik pencere dahilinde taranır. Son 300 ms' lik bölgenin de sağ tarafında örnek bulunmadığından bu bölge taranmaz ve içeriği yeni taranacak vektörün başlangıcına kopyalanır. Kopyalama işleminde değerlendirilmesi yapılacak örneğin sol tarafındaki 300 ms' lik bilgide transfer edilir. Böylece transfer edilecek bilgi 600ms kadardır.

R tespiti için kullanılan algoritma aynı zamanda KB işaretindeki sistolik noktaların tespitinde de kullanılmıştır. Sistolik noktalar kan basıncı işaretinin ardışık iki kalp atımı arasındaki maksimum değeridir.

$y(n) = y(0), y(1), \dots, y(2047)$ kan basıncının örneklenmiş tek boyutlu değerleri olsun.

$$d(0) = y(n) - y(n-1), \quad d(1) = x(n-1) - x(n-2) \quad (7)$$

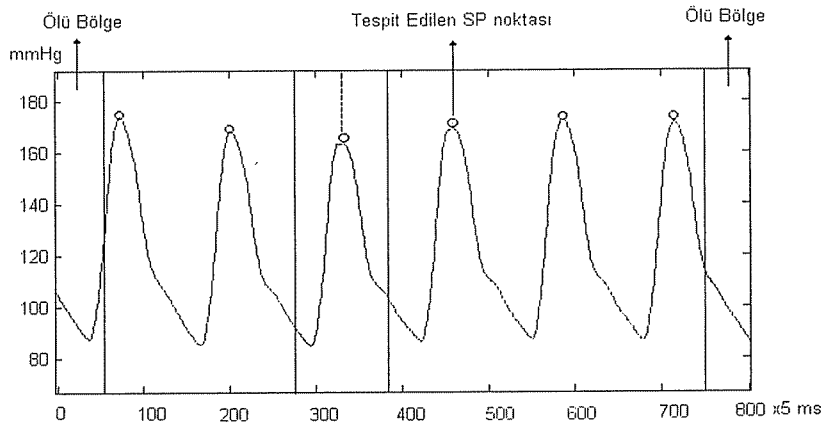
If $d(0) < 0$ and $d(1) > 0$ then
If GerçekBüyük($y(n-1)$) then
 $SP = y(n-1)$

4. BRS' NİN ÖLÇÜLMESİ

Kan Basıncı değişimi aşağıdaki şekilde ifade edilir [5].

$$\begin{aligned} \text{Kan Basıncı} &= \text{Toplam Periferel Direnç} \times \text{Kardiyak Çıkış} \\ \text{Kardiyak Çıkış} &= \text{Kalp Atım Hızı} \times \text{Atım Hacmi} \end{aligned} \quad (8)$$

Bu ifadeden yararlanarak phenylephrine adlı vasoaktif bir ilaç 1mg ile 4 mg arasında deneye enjekte edilerek damarlarda kasılma oluşturulmuş ve bu kasılma sayesinde toplam periferel direnç ve neticesinde kan basıncı artmıştır.



Şekil 3. SP tespit algoritmasının 200 Hz ile örneklenmiş 800 noktadan oluşan KB işaretinin üzerinde uygulaması

15 ile 40 mmHg arasında KB artışı olur ve bu artışı dengelemek için de kalp atım hızı yavaşlar. Metot tıbbi literatürde BRS'nin ölçümünde klinik standart olarak kullanılmaktadır.

Baroreseptörler kısa süreli arterial kan basıncı dengelenmesinden sorumlu oldukları için 5 dakikalık kayıtların sonunda eşzamanlı artış ve azalışın olduğu bölgeler bulunmalıdır. Bu da kısmi kovaryans (covariance) ile tespit edilmiştir.

$$cv(n) = \text{Covar}(RR_w, SP_w) \quad RR_w = RR \cdot W, \text{ ve } SP_w = SP \cdot W, \quad (9)$$

w 10 örneklilik kare penceredir.

Basıncıdaki değişimler kalp atım hızı ile kompanze edilirken bu cevap nöral sistemdeki gecikmeler nedeniyle birkaç atım sonra gerçekleşmektedir. Bunun için analiz yapılacak bölge belirlenmeden önce RR sinyali SP sinyalinin daha önceki değerlerine doğru en büyük korrelasyon elde edilene kadar atım atım kaydırılır.

$$n_{shift} \rightarrow \max \left(\frac{Covar(RR_{w+n}, SP_w)}{\sigma_{RR_{w+n}} \sigma_{SP_w}} \right), \quad (10)$$

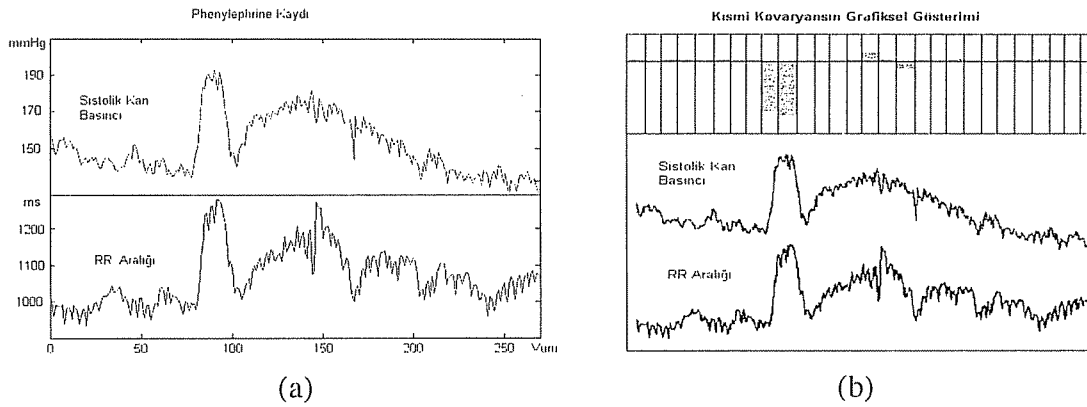
Kısmi korelasyonun 0.7 den büyük olduğu bölgeler BRS' nin tespitinde kullanılmıştır.

Denklem (1) den EKG ve KB işaretleri arasındaki ilişki

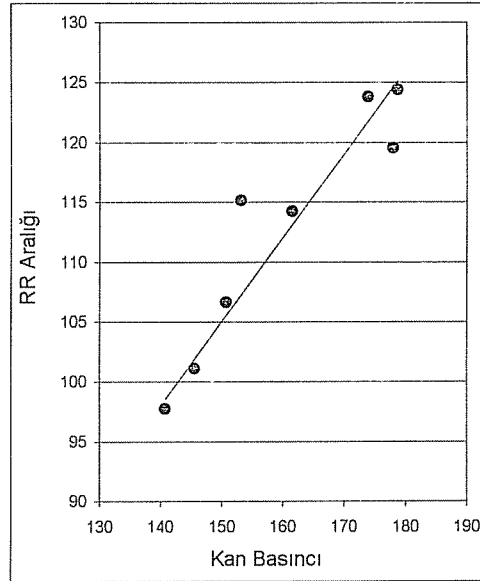
$$RR = BRS \times SP + C \quad (11)$$

şeklindedir. BRS ve C sabitleri lineer regresyon analizi yöntemi [6] kullanılarak bulunur.

$$BRS = \frac{Covar(RR, SP)}{Var(SP)} \quad C = \mu_{RR} - BRS \times \mu_{SP}, \quad (12)$$



Şekil 4. (a) Phenylephrine enjeksiyonu kaydı (b) Kaydın kısmi kovaryans analizi.



Şekil 5. 8 noktadan oluşan RR ve SP data grubunun regresyon analizini göstermektedir. Veri grubunun korelasyonu 0.950 olarak bulunmuştur.

5. SONUÇ

EKG ve KB işaretlerini analog formda HP biyogörüntüleme sisteminden alındığı için sistem analog çıktı veren başka cihazlarla da çalışabilmektedir. Verilerini RS 232 portundan dış dünyaya gönderen cihazlar ise programa bir seri iletişim modülü eklenmesiyle sisteme adapte edilebilir. Bunun dışında verilerini kendi veri saklama ortamlarında tutan cihazlardan alınan bilgiler sistem aracılığı ile incelenebilmektedir. Yapılan analizler sonucunda baroreseptör duyarlılıkları, literatürde tanımlanan fizyolojik değerler içerisinde ($14 \pm 9 \text{ ms/mmHg}$) bulunmuştur. Ağırlıkla kalp rahatsızlığı geçirmiş olan hastalar ölçümler için kullanılmıştır. Bu nedenle bulunan değerler tanımlanan aralığın alt sınırına yakındır. Verilerin korelasyonu analizi yapmaya yetecek büyüklükte bulunmuştur. Sistemin esnek yapısı BRS ölçmek için yeni yöntemlerin geliştirilmesi yada var olan farklı metotların tedaviye olan katkısını görmeye olanak sağlamaktadır. Ayrıca sistem RR ve SP sinyallerinin görüntülenip bu sinyallerin frekans bölgesinde analizleri yapmak için gerekli verilerin toplanmasında büyük fayda sağlamaktadır.

6. KAYNAKLAR

1. Takashi, N., "Noninvasive Assessment of the Cardiac Baroreflex: Response to Downward Tilting and Comparison with Phenylephrine Method", *Journal of the American College of Cardiology*, Vol.34 No.1, 211-215, 1999.
2. Pitzalis, M.V., "Comparison between Noninvasive Indices of Baroreceptor sensitivity and Phenylephrine Method in Post-Myocardial Infarctions Patients", *Circulation* 97:1362-1367, 1998.
3. Guyton, A.C., "Textbook of Medical Physiology", MD, W.B. Saunders Company, 1991.
4. Ince, F., "A PC Based DAQ System : Monitoring of Heart Rate and Blood Pressure", 9. National Congress of Electrical-Electronics-Computer Engineering, 2001.
5. Ahlstrom, M.L., "Digital Filters for Real Time ECG Signal Processing Using Microprocessors", *IEEE Transactions On Biomedical Engineering*, Vol.BME-32 No 9, September, 1985.
6. Pan, J., "A Real-Time QRS Detection Algorithm", *IEEE Transactions On Biomedical Engineering*, Vol.BME-32 No 3, March, 1985.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

TANK HAVALANDIRMA BAŞLIĞI DİZAYNI

Selma ERGİN*İ.T.Ü., Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, İstanbul/Türkiye*
ergin@itu.edu.tr

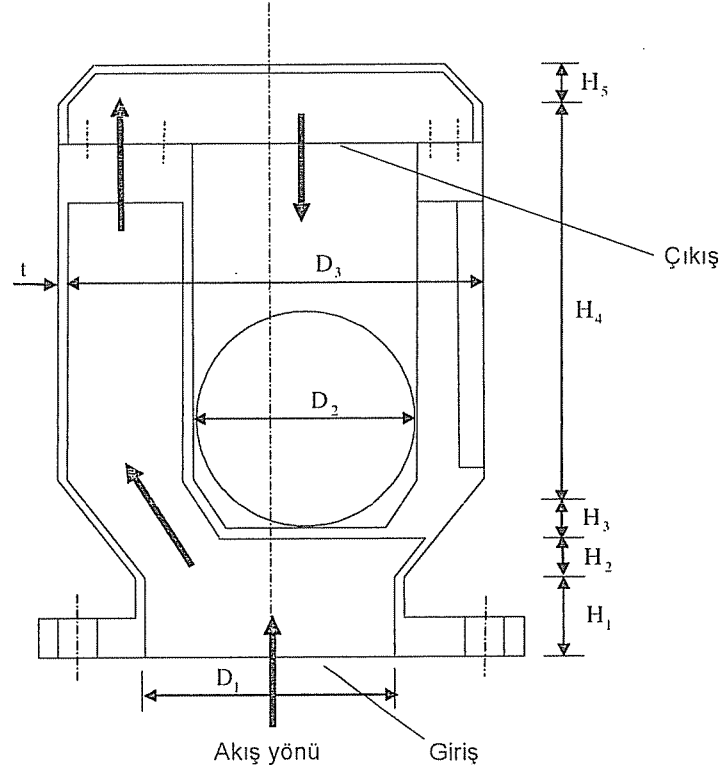
ÖZET : Yapılan çalışmada, gemilerdeki yakıt, yağlama yağı, temiz su ve balast tankları gibi servis tanklarının havalanmasını sağlayabilecek havalandırma başlığı dizayn edilmiş ve akış karakteristikleri teorik olarak belirlenmiştir. Havalandırma başlığı, deniz suyunun tanka girişini engelleyecek şekilde dizayn edilmiştir. Karmaşık bir geometriye sahip olan havalandırma başlığı içindeki üç boyutlu ve türbülanslı akış karakteristikleri sayısal olarak sonlu hacim metodu kullanılarak belirlenmiştir. Havalandırma başlığının geometrisi karmaşık olduğu için, hesaplama ağı ortogonal olmayan body-fitted koordinat sisteminde çoklu blok kullanılarak yaratılmıştır. Türbülans ise iki denklemlilik $k-\epsilon$ türbülans modeli kullanılarak modellenmiştir. Havalandırma başlığının akış karakteristikleri, altı değişik havalandırma başlığı ve değişik Reynolds sayıları için belirlenmiş ve sunulmuştur. Sonuçlar, dizayn edilen havalandırma başlıklarının uygun olduklarını göstermiştir.

1. GİRİŞ

Havalandırma başlıkları veya havalandırma valfleri gemilerde tankların doldurulması ve boşaltılması sırasında veya sıcaklıktaki değişimler nedeniyle tanktaki akışkanın hacminde oluşabilecek değişimler sırasında tankların havalandırılması amacıyla yaygın bir şekilde kullanılırlar. Havalandırma başlıkları, içinde yakıt, temiz su veya yağlama yağı gibi maddelerin bulunduğu servis tanklarına deniz suyunun karışmasını engellemelidir. Ayrıca, tankların en kısa sürede doldurulabilmesi ve boşaltılabilmesi için havalandırma başlıklarının uygun bir kütleli debiye sahip olmaları gereklidir. Akışkanın kütleli debisi havalandırma başlığının akış karakteristiklerine bağlıdır. Bu nedenle havalandırma başlıklarının akış karakteristiklerinin belirlenmesi önemlidir. Uygun bir tank havalandırma sistemi dizaynı için havalandırma başlığının ağırlık ve hacim gereksinimleri de göz önüne alınmalıdır. Literatürde gemilerdeki tank havalandırma sistemleri ile ilgili yayımlanmış çok az çalışma vardır. Bunlardan biri Morrow [1] tarafından yapılan sıvı yük tanklarının havalandırılmasının incelendiği deneysel çalışmadır. Diğer bir çalışmada, Appleman [2] gemilerdeki balast tanklarının havalandırılmasını incelemiştir. Salatino ve diğerleri [3] ise sayısal olarak sıvı depolama tanklarının dinamik davranışını incelemiştir. Ayrıca, Holtkotter ve diğerleri [4] ve Fullarton ve diğerleri [5] tankların havalandırma sistemlerini deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Bu çalışmaların tümü havalandırma başlıklarının tankların havalandırma sistemlerindeki en önemli eleman olduğunu göstermişlerdir.

Gemi inşa sektöründe tank havalandırması için değişik tiplerde havalandırma başlıkları kullanılmaktadır. Bunlardan biri de bu çalışmada dizayn edilen ve Şekil 1'de gösterilen küresel elemanlı havalandırma başlığıdır. Normal çalışma şartlarında küresel eleman başlığın alt kısmındaki yatağında durur. Eğer havalandırma başlığı suya batarsa küresel eleman yükselerek havalandırma başlığının çıkışını kapatır ve suyun tanka girmesini engeller. Havalandırma başlığının dizaynında göz önüne alınan faktörlerin başlıcaları; ağırlık, kapladığı hacim, malzeme, maliyet, üretim kolaylığı, akış karakteristikleri, deniz ortamına uyumu şeklindedir.

Havalandırma başlığının akış karakteristikleri deneysel veya sayısal olarak belirlenebilir. Bu çalışmada, dizayn edilen havalandırma başlığının sürekli durumdaki türbülanslı ve üç boyutlu akış karakteristikleri sayısal olarak sonlu hacim metodu kullanarak belirlenmiştir. Literatürde dizayn edilen havalandırma başlığına benzeyen valflerdeki akışla ilgili bir çok sayısal çalışma mevcuttur, örneğin bakınız [6-10]. Bu çalışmalarda değişik tipteki valfler içindeki türbülanslı ve sürekli veya zamanla değişen akış k-ε türbülans modeli kullanarak sayısal olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu çalışmada da türbülans iki denklemlili k-ε modeli kullanılarak modellenmiştir. Ayrıca cidarlara yakın bölgede logaritmik duvar fonksiyonları kullanılmıştır. Havalandırma başlığının geometrisi karmaşık olduğundan hesaplama ağı ortogonal olmayan body-fitted koordinat sisteminde çoklu blok kullanılarak yaratılmıştır. Hız alanları değişik Reynolds sayısı değerleri için hesaplanmıştır. Göz önüne alınan en büyük Reynolds sayısı ise 4.0×10^6 'dır. Havalandırma başlığındaki basınç farkı ve debi arasındaki değişim sayısal olarak altı değişik havalandırma başlığı için hesaplanmış ve sunulmuştur. Hesaplanan değerler literatürdeki deneysel sonuçlarla karşılaştırılmış ve aralarında iyi bir uyumun olduğu görülmüştür. Ayrıca sonuçlar, dizayn edilen havalandırma başlıklarının uygun olduklarını göstermiştir.



Şekil 1. Küresel elemanlı havalandırma başlığı.

2. HAVALANDIRMA BAŞLIĞININ GEOMETRİSİ

Dizayn edilen havalandırma başlığının geometrisi şematik olarak Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi havalandırma başlığı oldukça karmaşık bir geometriye sahiptir. Havalandırma başlığı orta eksenine göre simetriktir. Tablo 1'de ise dizayn edilen altı değişik havalandırma başlığının boyutları verilmiştir. En büyük başlık çapı 325 mm ve yüksekliği ise 437.5 mm'dir. En küçük başlık çapı ve yüksekliği ise sırasıyla 120.0 ve 173.22 mm'dir.

Tablo 1. Havalandırma başlığının boyutları (semboller için Şekil 1'e bakınız).

Çap (mm)			Yükseklik (mm)				
D ₁	D ₂	D ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅
200.0	242.0	325.0	50.0	27.5	35.0	255.0	70.0
150.0	170.0	250.0	42.0	15.0	35.0	195.0	40.0
125.0	145.0	220.0	42.0	32.5	15.0	155.0	35.0
100.0	140.0	180.0	40.0	15.0	25.0	145.0	25.0
80.0	100.0	140.0	40.0	15.0	15.0	100.0	15.0
65.0	85.0	120.0	36.0	12.5	14.72	100.0	10.0

3. MATEMATİK MODEL

Havalandırma başlığının akış karakteristikleri, kütle korunumu, momentum ve türbülans denklemlerinin sonlu hacim metoduyla sayısal olarak çözülmesiyle belirlenmiştir. Bu denklemler üç boyutlu akış için Kartezyen koordinat sisteminde, tensör notasyonu kullanılarak aşağıdaki gibi verilebilir.

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j \mu_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu_{eff} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial p}{\partial x_i} \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j k) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_{k,eff} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + P - \rho \varepsilon \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\Gamma_{\varepsilon,eff} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + C_1 P \frac{\varepsilon}{k} - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (4)$$

Yukarıda verilen denklemlerde $\mu_{eff} = \mu + \mu_t$ şeklindedir. Türbülans viskozitesi, μ_t aşağıda verilen denklemden hesaplanır.

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (5)$$

Bu denklemden C_μ bir sabittir. Denklem (3) ve denklem (4)'te, Γ difüzyon katsayısı olup, sırasıyla μ_{eff}/σ_k ve $\mu_{eff}/\sigma_\varepsilon$ şeklinde belirlenir. Yukarıda verilen denklemlerdeki sabitler ise $C_1=1.44$, $C_2=1.92$, $C_\mu=0.09$, $\sigma_k=1.0$ ve $\sigma_\varepsilon=1.3$ şeklindedir. Denklem (3) ve (4)'teki türbülans enerjisinin üretimi, P aşağıdaki denklemden hesaplanır.

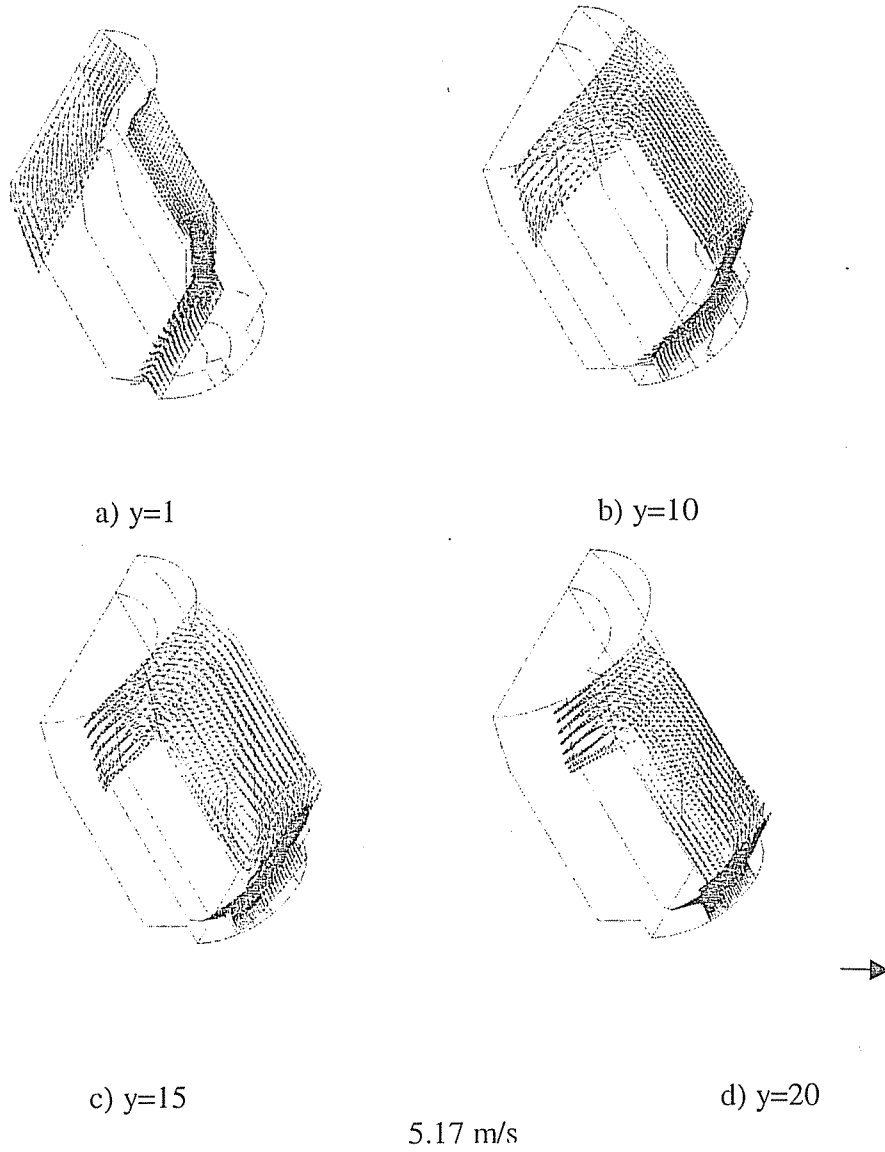
$$P = \mu_t \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (6)$$

Bu denklemlerin çözümü için sınır şartlarının belirlenmesi gerekir. Havalandırma başlığının cidarlarında, tüm hız bileşenleri (u,v,w) ve türbülans kinetik enerjisi (k) ve türbülans enerjisi yayılım oranının (ε) gradyanı sıfır olarak alınmıştır. Havalandırma başlığının girişinde gelişmiş akış profili verilmiştir. Bu sınırda k ve ε için sabit değerler alınmıştır. Havalandırma başlığı çıkışındaki basınç değeri verilmiştir. Ayrıca, çıkışta hız haricinde diğer tüm değişkenlerin çıkışa dik yöndeki gradyanları sıfır alınmıştır. Havalandırma başlığı orta eksenine göre simetrik olduğundan, hesaplamalar havalandırma başlığının yarısı için yapılmış ve bu düzlemde simetri sınır şartları kullanılmıştır.

Matematik modelleme ve çözüm metodu ile ilgili detaylar [11-16] nolu referanslarda bulunabilir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Havalandırma başlığı için hesaplanan tipik bir hız dağılımı, Şekil 2'de havalandırma başlığının dört değişik y-düzleminde $D_1=200$ mm ve $Re=4 \times 10^5$ için gösterilmiştir.

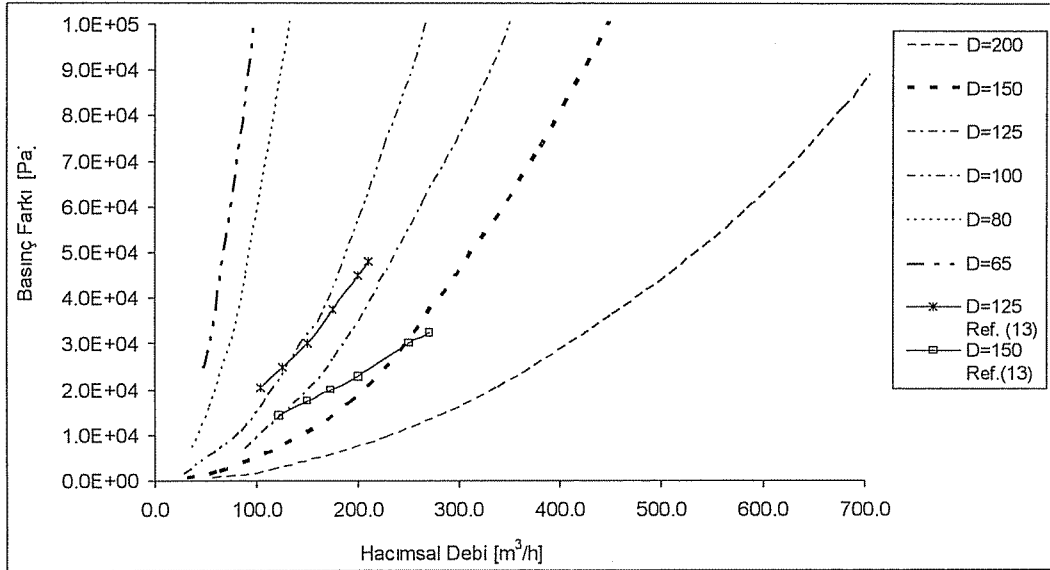


Şekil 2. Havalandırma başlığı, $D_1=200$ mm ve $Re=4.0 \times 10^5$ için hız vektörleri.

Değişik kesitlerdeki hız vektörleri incelendiğinde, havalandırma başlığının orta kısmında küresel elemanın bulunduğu bölgede akışta ayrılma olduğu görülmektedir. Çünkü bu bölgede akış kesitinde ani bir daralma oluşmaktadır. Maksimum hızlar da bu bölgede oluşmaktadır.

Şekil 3'te havalandırma başlığının giriş ve çıkışı arasındaki basınç farkının hacimsel debi ile değişimi altı değişik çaptaki havalandırma başlığı için sunulmuştur. Şekilden görüldüğü gibi havalandırma başlığının çapı arttıkça, aynı basınç farkında daha yüksek bir debi elde etmek mümkün olmaktadır. Şekil 3'te, dizayn edilen havalandırma başlığına benzer havalandırma başlıkları için literatürde verilen deneysel sonuçlar da

gösterilmiştir. Ayrıca bu şekilden, $D_1 = 125$ ve 150 mm için hesaplanan basınç farkı değerleri ile deneysel değerler karşılaştırıldığında bu çalışmada dizayn edilen havalandırma başlıklarının basınç farklarının gradyanlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Hesaplanan akış karakteristikleri dizayn edilen havalandırma başlıklarının uygun olduğunu göstermektedir.

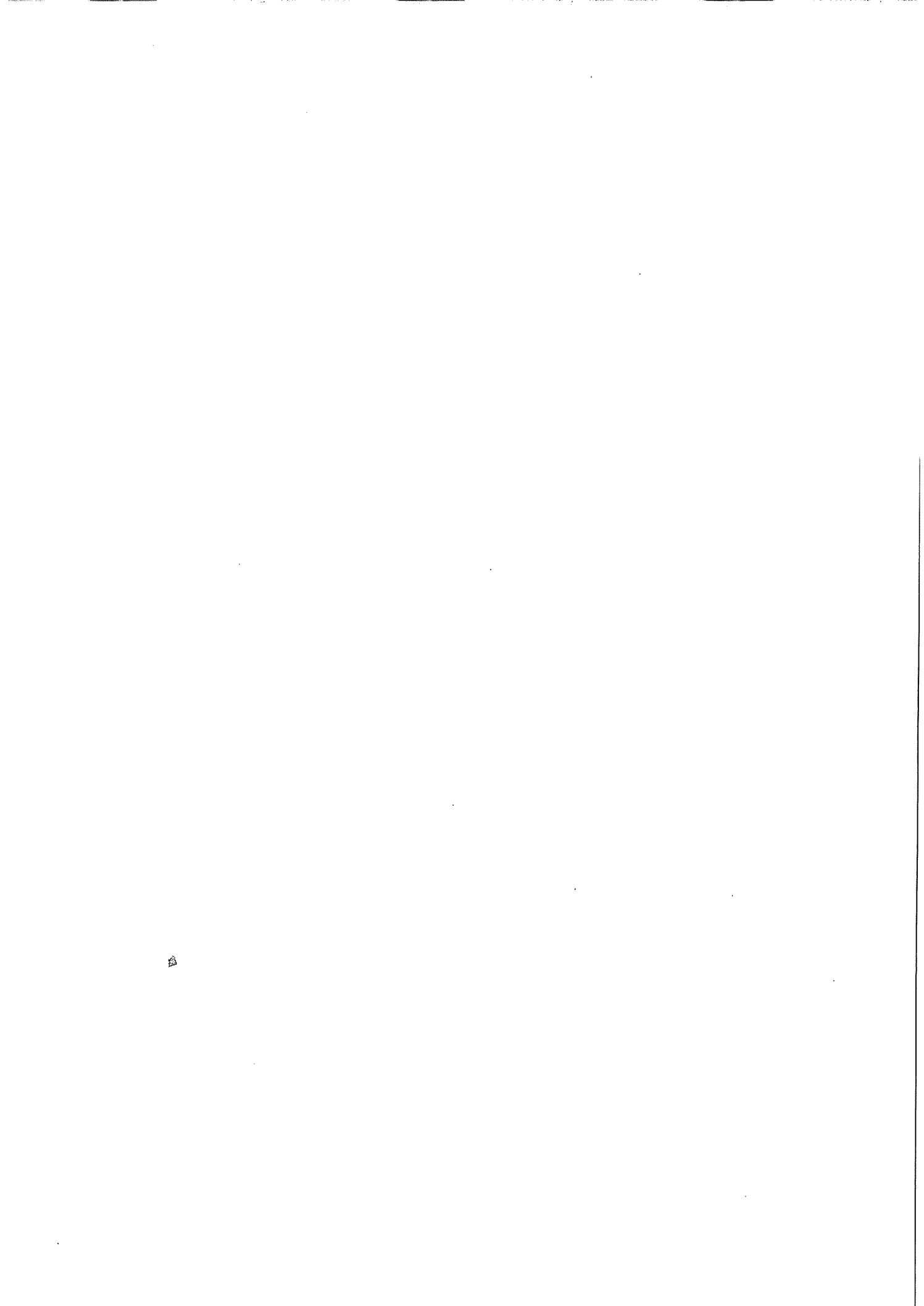


Şekil 3. Debi ile havalandırma başlığındaki basınç farkının değişimi.

5. KAYNAKLAR

1. Morrow, T.B., "Ventilation of bulk liquid cargo tanks", ASME Fluids Engineering Division FED, Industrial Applications of Fluid Mechanics, 100, 15-18, 1990.
2. Appleman, B.R., "Ventilation and dehumidification of ship ballast tanks for blasting and coating work", J. of Protective Coating and Linings, 17 (4), 43-52, 2000.
3. Salatino, P., Volpicelli, G. ve Volpe, P., "On the design of thermal breathing devices for liquid storage tanks", Process Safety and Environmental Protection, 77 (B6), 354-359, 1999.
4. Holtkotter, T., Shang, J.M. ve Schecker, H.G., "Tank ventilation - Experimental studies and development of a predictive model (in German)", Chemie Ingenieur Technik, 69 (3), 361-366, 1997.
5. Fullarton, D., Evripidis, J. ve Schlunder, E.U., "Influence of product vapour condensation on venting of storage tanks", Chemical Engineering and Processing, 22 (3), 137-144, 1987.
6. Vaughan, N.D., Johnson, D.N. ve Edge, K.A., "Numerical simulation of fluid flow in poppet valves", Proc. Inst. Mech. Eng., 206, 119-127, 1992.
7. Pountney, D.C., Weston, W. ve Banieghball, M.R., "A numerical study of turbulent flow characteristics of servo-valve orifices", Proc. Inst. Mech. Eng., 203, 139-147, 1989.

8. Botros, K.K. ve Roorda, O., "Effects of compressibility on flow characteristics and dynamics of swing check valves 2", *J. of Pressure Vessel Tech., Trans. of ASME*, 119 (2), 199-206, 1997.
9. Lee, T.S. ve Leow, L.C., "Numerical study on effects of check valve closure flow conditions on pressure surges in pumping station with air entrainment", *Int. J. for Numerical Methods in Fluids*, 35 (1), 117-124, 2001.
10. Ergin, S., "Three-dimensional flow characteristics of air-caps for tank venting", basılmak üzere *Journal of Applied Numerical Modelling* adlı dergiye basılmak üzere gönderilmiştir, 2003.
11. Ergin, S. ve Ota, M., "A Study of the Effect of Duct Width on Fully Developed Turbulent Flow", *Heat Transfer Engineering* adlı dergide basılmak üzere kabul edilmiştir, 2003.
12. Ergin, S., Ota, M., Yamaguchi, H., ve Sakamoto, M., "A Numerical Study of the Effect of Interwall Spacing on Turbulent Flow in a Corrugated Duct", *Proc. of the ASME Heat Transfer Division*, vol. 2 (333), pp. 47-54, 1996.
13. Winel, B.V., "Tank Venting Equipment Catalog", Assen, The Netherlands.
14. Ergin-Özkan, S., "Measurements and Numerical Modelling of Natural Convection in a Stairwell Model", Ph.D. Thesis, Brunel University, England, 1993.
15. Patankar, S.V., "Numerical Heat Transfer and Fluid Flow", McGraw-Hill, New York, 1980.
16. Ferziger, J.H. ve Perić, M., "Computational Methods for Fluid Dynamics", Springer, Berlin, Corrected 2nd printing, 1997.



DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003MALZEME KORUYUCULARIN PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ İÇİN
GELİŞTİRİLEN TEST CİHAZI**Sibel ONAT HATTAP***M.S.Ü., Meslek Yüksekokulu, Mimari Restorasyon Programı, İstanbul/Türkiye*
sibelhattap@yahoo.com

ÖZET : *Bu çalışmada, ülkemizdeki restorasyon ve konservasyon uygulamalarındaki koruyucu malzeme kullanımında çalışma sürelerini kısaltacak bir metot aramak amaçlanmıştır.*

Aşınmış doğal taşların korunması için, yeni polimer ürünlerin dayanıklılıklarını hızlandırılmış eskitme deneyleri ile kanıtlamaları gerekmektedir. Laboratuvarda deneysel çalışma yapılmadan, yapı yüzeyinde koruyucu malzeme uygulamak çoğu zaman geri dönüşümsüz hatalara yol açmaktadır. Özellikle bu uygulamaların daha çok tarihi eserler üzerinde yapıldığı göz önüne alındığında, ön deney ve laboratuvar çalışmalarının önemi ortaya çıkmaktadır.

Çalışmada doğal taş malzeme bozulma sebepleri belirlendikten sonra, bunlar laboratuvarda simüle edilmiştir. Her doğal taş malzemenin ve koruyucu malzemenin kendine has özellikleri olduğu dikkate alınarak koruyucu kullanımında hızlandırılmış deneysel metotların uygulanmasının gerekliliği, hızlandırılmış eskitme faktörlerinin ve iklimsel verilerin simülasyonunun önemi ortaya çıkmıştır.

Geliştirilen 'Koruyucu Performansı Test Cihazı', deneylere zaman ve uygulama açısından pratiklik kazandırmış ve örneklerinden farklı olarak doğal taş malzeme zemin-toprak etkisini simüle edebilmiştir.

1.1. Koruyucu Performansı Test Cihazı (KPTC) Geliştirilmesi ve Çalışma Prensipleri

Günümüzde, özellikle tarihi yapılarda dış etkilere maruz kalan kagir yapı malzemelerinin bu etkilerden en az düzeyde etkilenmelerine olanak sağlayacak çok sayıda yöntem üzerinde çalışılmaktadır.

Mevcut standartlara bakıldığında koruyucu malzemenin şeffaf olması, uygulandığı yüzeyin optik parlaklığını değiştirmemesi, su itici olması, bununla beraber malzemenin nefes alma özelliği ile içerden dışarıya su buharı geçişine engel olmaması, Ultraviyole ışınlarına dayanıklı olması, tesir derinliği (penetrasyon), kuruduktan sonra yapışkan olmaması, alkali dayanıklılığı, taşın bünyesindeki tuzlara etkisi gibi malzemede olması gereken temel özelliklerden bazıları olarak tanımlanabilir. Tüm bu özelliklerin test edilmesi için öncelikle laboratuvar çalışmaları yapılmakta tek ve çok parametrelili deney metodları ile koruyucu malzemelerin performansı ölçülmektedir. Bu çalışmalarda atmosferik şartlar simüle edilerek hızlandırılmakta, eskitme deneyleri sonucunda malzemenin veya koruyucunun performansı ölçülmektedir.

Koruyucu malzeme kullanım metodları temelde aynı olmakla birlikte, değişik koruyucu malzemeler değişik doğal taşlar üzerinde denendiğinde farklı sonuçlar elde edilmektedir. Ayrıca yapılan bazı uygulamalar, koruyucunun doğal taş malzeme üzerinde, kısa zamanda renk bozulması, bünyesel zayıflama gibi sonuçlar doğurduğunu göstermiştir ki, bu da özellikle tarihi yapılarda kullanılan doğal taş malzemelere yönelik uygulamalarda arzu edilmeyen bir sonuçtur. Bu nedenle koruyucu malzemelerin öncelikle laboratuvar ortamında denenmesi, uygulamada istenilen sonuca ulaşılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Konu üzerinde ülkemiz dışında yapılan çalışmalar incelendiğinde, uzun süre devam eden laboratuvar çalışmaları ve yerinde uygulamalar sonucunda, yapı malzemesi koruyucularına ilişkin birtakım uluslararası kriterlerin belirlendiği görülmektedir.

Ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalara bakıldığında ise, özellikle tarihi yapıların koruma ve onarımına yönelik uygulamalarda çoğunlukla koruyucu malzemelerin laboratuvar deneyleri yapılmaksızın kullanıldığı görülmektedir. Bunun sonucunda da bazen uygun olmayan bir koruyucu malzemenin performansına ilişkin sonuçlar ancak yapı üzerinde yapılan uygulamadan sonra anlaşılabilir. Yine yapılan araştırmalar bu konuya ilişkin ülke bazındaki standartlaşma çalışmalarında bazı eksik noktalar bulunduğunu göstermiştir.

Bu çalışma, koruyucu malzemelerin hızlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlayan metodlara duyulan ihtiyaç sonucu ortaya çıkmıştır. Çalışmanın kapsamında öncelikle İtalya, İngiltere, Almanya, Fransa, Macaristan gibi tarihi yapıların korunmasına ve onarımına ilişkin çalışmaların yoğun olarak gerçekleştirildiği ülkelerde yapılan uygulamalar ele alınmış ve deney yöntemleri incelenmiştir. Daha sonra konu üzerinde çalışan laboratuvarların deneyimleri ve koruyucuların değerlendirileceği parametreler dikkate alınarak, doğru ölçüm metodları, atmosfer şartlarının laboratuvar ortamında oluşturulması ile eskitme metodlarının kullanılması, malzeme boyutlarının belirlenmesi, koruyucunun malzeme ile uygunluğu gibi kriterler irdelenmiştir.

Bu araştırmaların sonucunda, önce tek parametrelili deneyler yapılmıştır. Daha sonra çok parametrelili deney metodlarına pratiklik kazandırmak ve zamandan tasarruf etmek amacıyla, bir test cihazı geliştirilmiştir. Bu cihaz geliştirilirken, koruyucu malzemelerin

performansının laboratuvar ortamında en doğru koşullarda ve en kısa zamanda ölçülmesi hedeflenmiştir.

Geliştirilen Koruyucu Performansı Test Cihazı'nda, yağmur etkisi, güneş etkisi (Ultraviyole-Enfraruj), zemin suyu-tuz etkisi aynı anda veya farklı zamanlarda programlanarak deney yapılabilen, ortam sıcaklığı ve bağıl nem ölçülebilmektedir. Yapıldığı dönemde ülkemizde bilinen ilk cihaz olan Koruyucu Performansı Test Cihazı'nın, diğer ülkelerdeki benzerlerinden farkı, yapı taşının doğrudan maruz kaldığı toprak-su-tuz etkilerini simüle edebilmesidir.

Yapılan deneylerde, yüzeyine koruyucu malzeme uygulanan ve uygulanmayan taşların davranış biçimleri karşılaştırılmıştır. Testlerde koruyucu malzeme olarak Silan ve Siloksan kullanılmıştır. Test edilecek doğal taş malzeme olarak ise, ülkemizdeki tarihi eserlerin çoğunda ana yapı malzemesi olarak karşımıza çıkması, özellikle anıtsal yapılarımızda en fazla kullanılan taş olması ve dış etkilere karşı dayanımının az olması nedeniyle "Küfeki Taşı" (Maktralı Kalker) tercih edilmiştir.

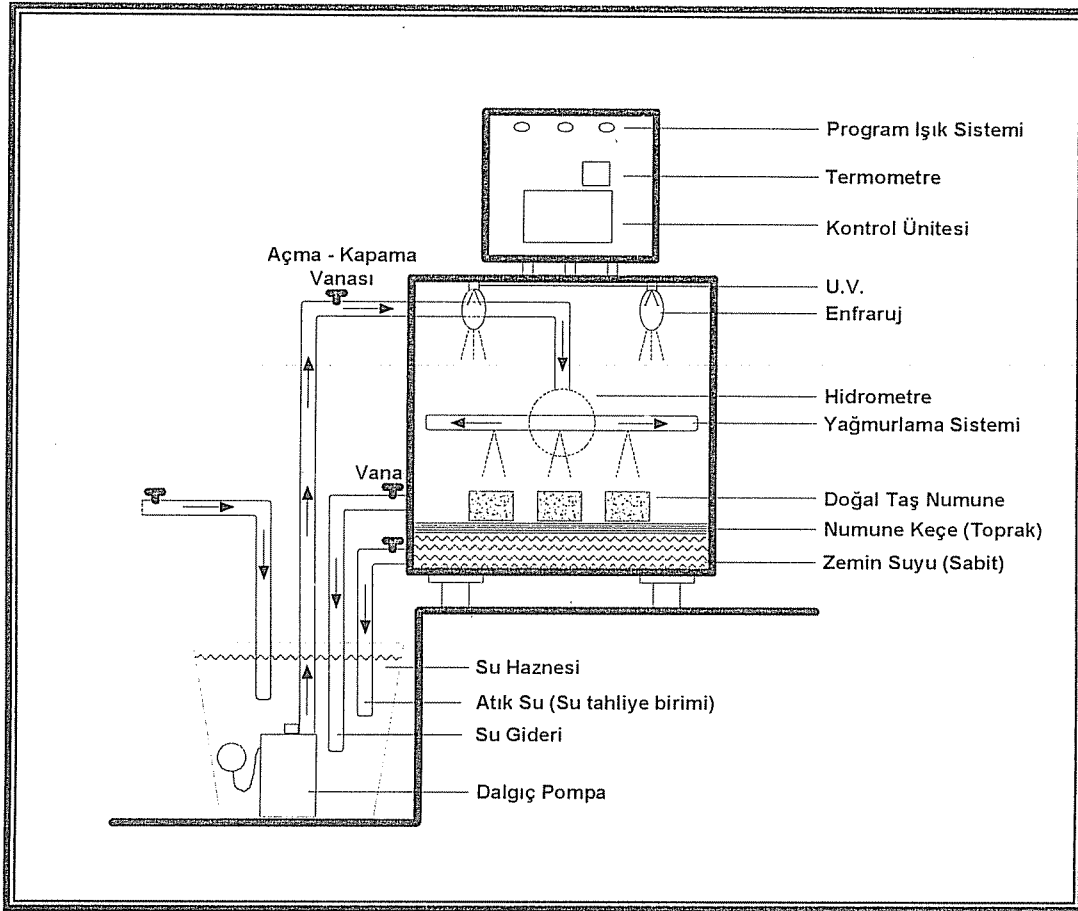
Tek ve ikili deney metodlarının koruyucu performansını tam olarak ölçebilmeleri mümkün olmamaktadır. Doğada yağmur, zemin suyu, UV ve Enfraruj Işınlamaları, toprak suyu ve tuzları aynı anda yapı malzemelerine etki edebilmektedir.

Koruyucu performansını doğru ölçülebilmek için doğal ortamı, laboratuvar ortamında simüle ederek hızlandırılmış eskitme deneyleri yapılmalıdır. Bu deneylerin yapılma gerekçelerinden bir diğeri ise değişik doğal taşların, değişik koruyucu malzemeler ile dayanıklılık farklılıkları göstermeleridir. Ayrıca doğal taşın bozulmasındaki mekanizmalar da oldukça değişkendir. Bütün bu sebeplerden yola çıkarak, belirtilen eksikliklere çözüm getirmesi amacıyla, laboratuvar ortamında doğal ortamı simüle etmesi hedeflenen bir "Koruyucu Performansı Test Cihazı" tasarlanmıştır. KPTC'da;

- Yağmur – su emme
 - Ultra-Viyole
 - Enfraruj
 - Zemin –
 - Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme + Tuz) etkileri verilmektedir.
- Güneş Işınlamaları

Gerçekleştirilen cihazda, simülasyonlar istenilen zamana, güne ayarlanabilmekte, malzemeyi bozan mekanizmalar tek tek veya bir arada numunelere etki ettirilebilmektedir (Şekil 1.1.). Ortam ısı ve nem oranı da cihazda ölçülebilmektedir. KPTC'ı 1999 yılı sonunda tamamlanmış, literatür çalışmalarında bulunan ve Venüs ve Koruyucu Malzeme Deney Aletleri gibi benzer cihazlarla karşılaştırıldığında, prensipte aynı temel fikirlerin yer aldığı anlaşılmıştır. Diğer cihazlarda ortama atmosfer simülasyonu olarak gaz verilmekte, iç ve dış ortam ayrılmaktadır. KPTC' da ise farklı olarak Zemin – Toprak Etkisi (Kapilarite ile Su Emme+Tuz) verilmektedir.

KORUYUCU PERFORMANSI TEST CİHAZI

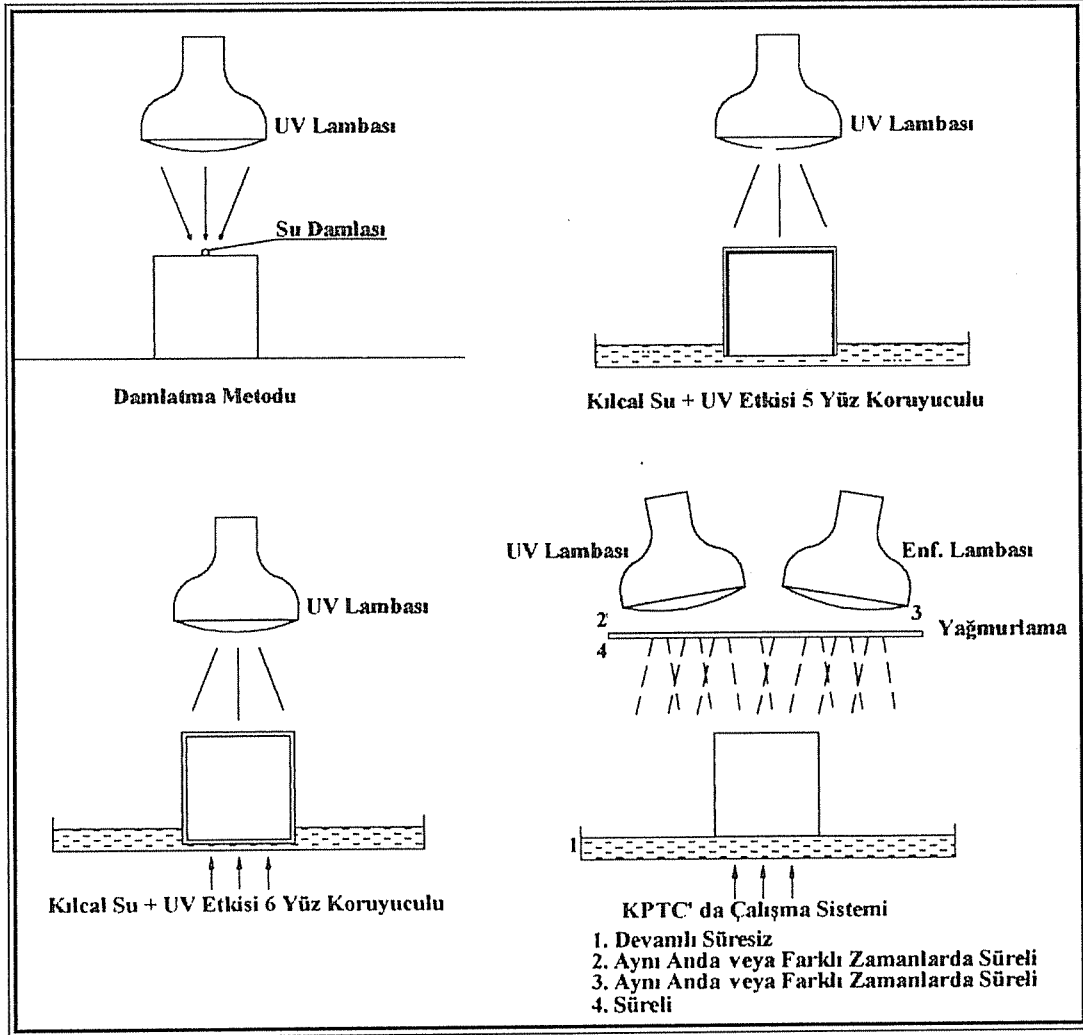


Şekil 1.1. Koruyucu Performansı Ölçüm Cihazı İşleyiş Şeması

Cihazda Kullanılan Malzemeler :

- Dalgiç Pompası (Nowax – Kika)
- Enfraruj 250 Xerotherm (Radium)
- Ultra-Vitalux 220-230 V-300 W (Osram – Sun Lamp)
- Kontrol Ünitesi (Nelson-Smart Zone Ez)
- Keçe (Toprak Simülasyonu)
- Termometre (LCS8 Point Temperature Controller °C)
- Hidrometre (Pakkens Hygrometer %)

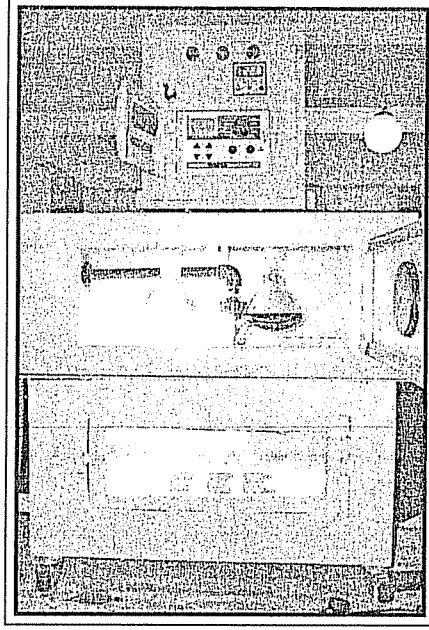
Kullanılan kontrol ünitesi sulama sistemi için üretilmiş, ancak KPTC’da bozulma mekanizmalarını dakika, saat, gün olarak programlayacak şekilde ayarlanmıştır. Simülasyon periyotları cihazda istenilen şekilde ve zamanda verilebilmektedir. Yağmur etkisi için, dalgiç pompa ile su basılmakta ve numuneler istenilen şekilde suya maruz bırakılabilmektedir. Tuz etkisi için, verilen suya % 10’luk Na_2SO_4 çözeltisi katılmıştır. Cihazdaki çift tahliye vanalarından birisi kapatılarak zeminde, toprak seviyesinde veya daha yüksek seviyede (daldırma yöntemi için) su sağlanabilmektedir. Üst taraftan ise Güneş etkisi, UV ve Enfraruj Lambaları ile simüle edilmiştir.



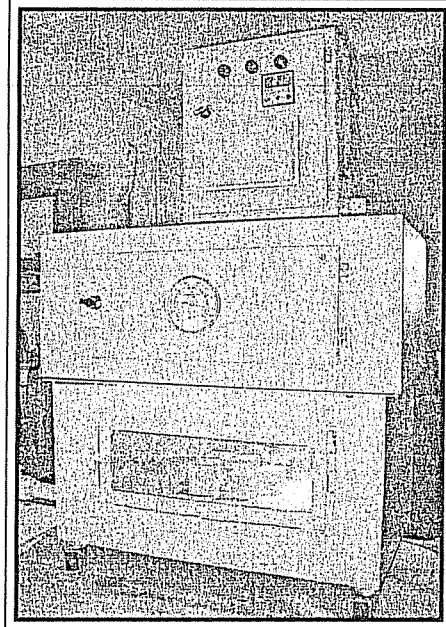
Şekil.1.2. Koruyucu Performansı Ölçme Metotları

Koruyucu Performansını sağlıklı ölçebilmek için birtakım deney metotları denenmiş ve numunenin 5 yüzüne ve 6 yüzüne koruyucu sürülerek, doğadaki ortam simülize edilmiştir.

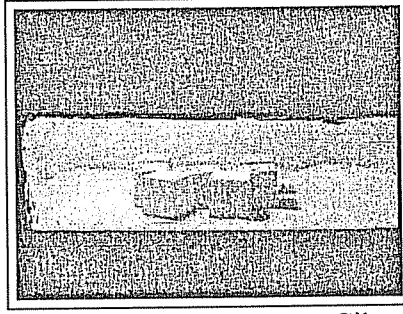
Burada önemli olan deney şartları ile meteorolojik verilerin örtüşmesidir. İstanbul İli baz alınarak yapılan deneylerde verilere dayanarak bir kuzey ülkesine göre donma-çözülme etkisi yok sayılacak kadar azdır. Buna karşın yağmur etkisi, ıslanma-kuruma daha etkindir. KPTC' da öncelik ıslanma-kuruma ve güneş ışınımları etkisine verilmiştir. Ortam sıcaklığı ortalama 23 °C ve nem oranı ortalama % 65-70 olarak belirlenmiştir.



Resim 1.1. Koruyucu Performansı Test Cihazında UV Etkisi



Resim 1.2. Koruyucu Performansı Test Cihazı Enfraruj Etkisi



Resim 1.3. Koruyucu Performansı Test Cihazı Yağmur Etkisi

2. KAYNAKLAR

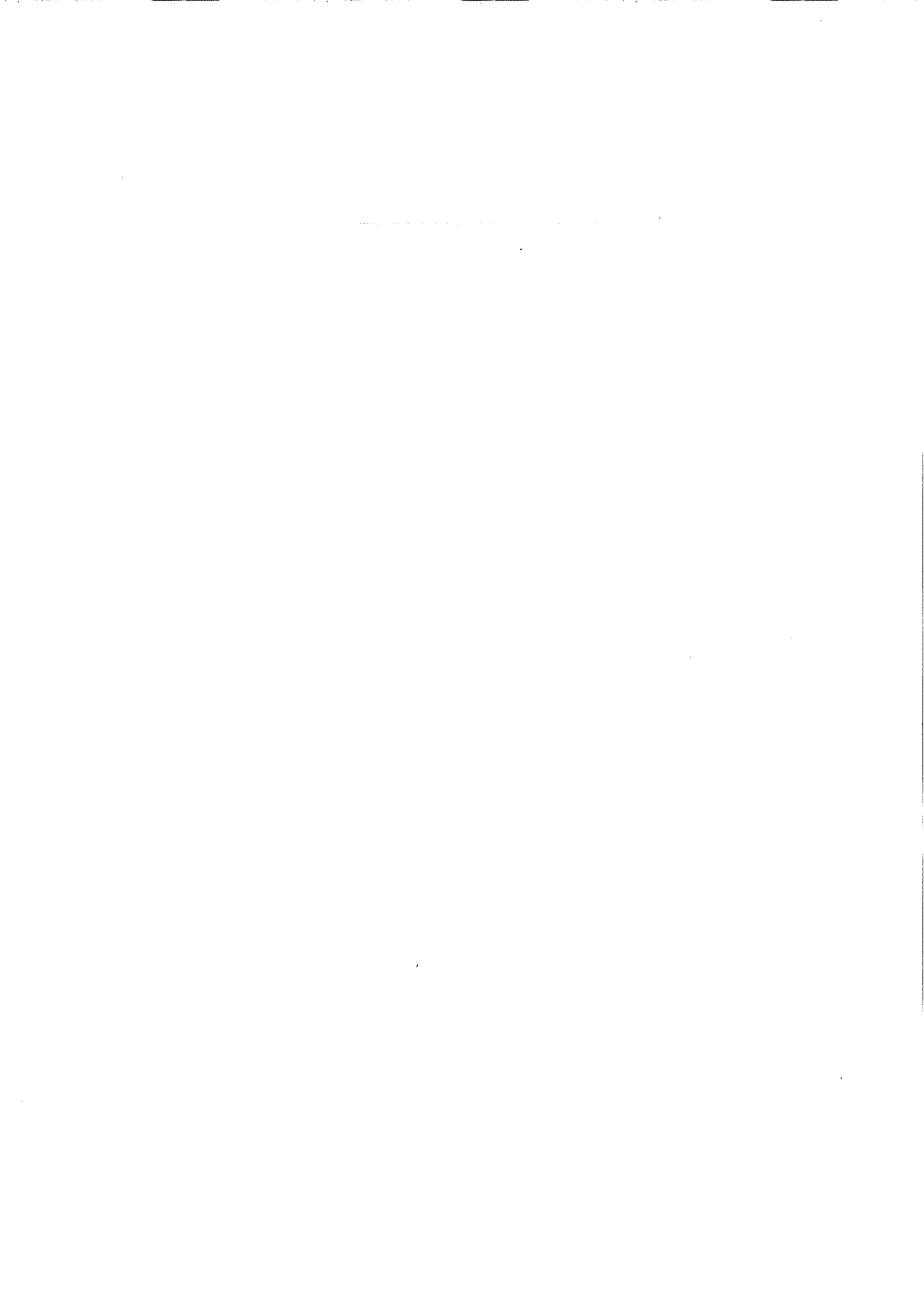
1. Ciabach, J. and Lukaszewicz, J.W., "Silicone Emulsion Concentrate VP 1311 As a Water Repellent for Natural Stone", *Conservation of Stone and Other Materials Volume 2*, London, 1993.

2. Commissione Normal Sottogruppo Sperimentazione Protettivi, *Metodologia Per La Valutazione Di Prodotti Impiegati Come Protettivi Per Materiale Lapideo, Parte 1, Test Trattamento Dei Campioni*, 1993.

3. Litmann, K. und Riecken, B. und Sasse, H.R., *Steinschutzstoffe nach dem Aachener Konzept, Denkmalpflege und Naturwissenschaft Natursteinkonservierung 1, Verbundforschungsprojekt Steinzeall und Steinkonservierung*, Stuttgart, 1998.

4. Horie, C.V., "Materials for Conservation Organic Consolidants", *Adhesives and Coatings*, Butterworth Heinemann, Cornwall, 1994.

5. Krumbein, W. and Braams, J. and Grote, G. and Gross, M. and Petersen, K. and Schostak, V. and Warscheid, T., "Microbial interactions with buildings stones, with special reference to various cleaning, conservation and restoration techniques", sy: 237-239, *Stone Cleaning and the Nature, Soiling and Decay Mechanisms of Stone, Proceeding of The International Conference held in Edinburg*, 1992.



DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

ADANA KORUMA AMAÇLI İMAR PLANI

Duygu SABAN*Ç.Ü., Mimarlık Bölümü, Adana/Türkiye*
fduygu@mail.cu.edu.tr

ÖZET : *Bu rapor, Adana Büyükşehir Belediyesi tarafından, Seyhan Belediyesi için, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümüne yaptırılan Adana Koruma Amaçlı İmar Planı çalışmasının aşamalarını, uygulama sorunlarını ve bugünkü durumunu açıklamak amacıyla taşımaktadır. Söz konusu plan, Adana kent merkezi içerisinde kalan ve Adana Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun 21.04.1994 tarih ve 1807 sayılı kararı ile tescil edilmiş 80 Hektarlık Kentsel Sit Alanını kapsamaktadır. Bu alanda, mevcut tarihi dokuyu koruyarak, bölgenin yapı stoku ve mevcut aktivitelerini güçlendirip yozlaşmış durumundan kurtarıp kentle daha iyi bütünleşmiş ve tarihi yapıları gelecek kuşaklara aktarmayı amaçlayan bir plan geliştirilmeye çalışılmıştır. Koruma Amaçlı İmar Planı çalışmaları sonucunda alınan kararların, özellikle hayata geçirilebilir nitelikte olmasına ve mevcut alandaki mülkiyet problemlerine çözüm önerileri getiren bir yaklaşıma sahip olmasına önem verilmiştir. Ancak, planın onaylanmasından sonra Adana kent merkezini etkileyen ve pek çok tarihi yapının yıkılmasına neden olan deprem, Koruma Amaçlı İmar Planı'nın uygulanabilirliği konusunda ciddi problemler oluşturmuştur. Bu problemlerin çözümü için yeni yaklaşımların geliştirilmesi gerekmektedir.*

1. GİRİŞ

Türkiye’de hemen her kent merkezinde Kentsel Sit Alanı olarak tescil edilmiş, geleneksel mimari ürünleri barındıran tarihi alanlar bulunmaktadır. Bu alanların gelecek kuşaklara aktarılabilmesi, yapıların ve mekanların yozlaşmasını önleyebilmek ve tarihi merkezle kentin tamamının bütünleştirilebilmesi için söz konusu alanlarda koruma amaçlı imar planlama çalışmaları yapılmaktadır. Türkiye’de uzun bir geçmişe sahip bulunmayan koruma amaçlı imar planlama çalışmalarında karşılaşılan temel sorun, kentin gelişme dinamiklerinin koruma amaçlı etkinliklerle çelişir bir durumda kalması olmuştur [1]. Bu nedenle, kentin gelişme dinamiklerinin analiz edilmesi ve koruma amaçlı imar planının, kentin gelişme eğilimlerini göz önünde bulundurarak bir ‘yöntem geliştirme’ olarak ele alınması yerinde olacaktır.

Adana Koruma Amaçlı İmar Planı kapsamında kalan alan uzun bir tarihsel süreç içinde ticari, dini, kültürel ve idari merkez olarak biçimlenmiştir. 1950li yıllarda kentin yaşadığı hızlı dönüşüm sürecinde ise tarihi dokudaki mahallelerin arasına artan sayıda ticari ve sınai işyerleri girmiştir. 1960lı yıllardan itibaren sınai işyerlerinin kentin dışına doğru kaydığı görülmektedir. Kent merkezinde kalan ticari işyerleri sayıca artarken yapı stokunun sınırlı sayıda olması nedeniyle konut olarak inşa edilmiş geleneksel mimari ürünlerin ticarethane olarak kullanılması yaygınlaşmıştır. Geleneksel yapıların hem malzeme hem de mekan anlayışı olarak ticari aktivitelere uygun olmaması, zaman içinde yapıların mekansal özelliklerini kaybetmelerine, yeni fonksiyonlara cevap verebilmek amacıyla ilave edilen değişikliklerin özensiz ve yapının orijinal malzemesine uygun olmaması nedeniyle de yozlaşmasına neden olmuştur. Koruma amaçlı imar planı tek yapı ölçeğinde bu binaları uygun fonksiyonlarla ve geleneksel özelliklerini bozmadan yeniden hayata kazandırmak amacını güderken, aynı zamanda da bu bölgenin kentle bütünleşebilmesi için çözüm önerileri araştırmıştır.

2. PLANLAMA ÇALIŞMASI KAPSAMINDAKİ ALANIN TANIMI VE TEMEL YAKLAŞIM

Planın konu aldığı alan Adana İli, Seyhan ve Yüreğir ilçe yerel yönetimlerinin sınırları içerisinde kalmakta ve Seyhan nehrinden batıya doğru Seyhan Kaymakamlığı binası, Büyük Saat, Ulu Camii külliyesi, Çarşı Hamamı, Ramazanoğlu Konağı ve çarşısı, Yağ Camii ve Irmak Hamamı gibi tescilli tarihi eserlerin köşelerini oluşturduğu bölgeyi içine almaktadır. Söz konusu alan Kültür Bakanlığı, Adana Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu Müdürlüğü’nün 21.04.1994-1807 tarih ve sayılı kararı ve ekinde belirtilen Adana Kentsel Sit Alanını kapsamaktadır. Çalışma alanı sosyal, ekonomik ve fiziksel açıdan üç ayrı bölgede incelenmiştir [2]:

1. Tepebağ Bölgesi (30 Ha): Yoğun olarak konut kullanımının hakim olduğu, dört bir yanı ticaret kullanımı ve ulaşım ağları ile çevrelenmiş ve içinde bulunan höyük nedeniyle 1. derece Arkeolojik Sit Alanı olarak belirlenmiş bölgedir.

2. Sarıyakup Bölgesi (30 Ha): Geleneksel ticari merkezin güneyinde bulunup konut kullanımını yoğun iken kısmen ticaret kısmen de küçük imalat-zanaat türü işyerlerine dönüşen, kent morfolojisi anlamında ‘geçiş bölgesi’ özelliği gösteren bölgedir.

3. Ara Bölge (20 Ha): Tepebağ ile Sarıyakup bölgeleri arasında kalan, tarihi ve ticari merkez özelliği gösteren, anıtsal ve sivil mimari örneklerinin yoğun bir biçimde yer aldığı bölgedir.

3. ÇALIŞMA ALANINDA TARİHİ, MİMARİ ÖZELLİKLER, İŞLEVLER VE ARAZİ KULLANIMI

Koruma Amaçlı İmar Planı çalışmalarına esas oluşturmak üzere kullanılan alan çalışmaları sonucunda aşağıdaki bulgular ortaya çıkmıştır [3]:

- Tepebağ ve Sarıyakup bölgelerindeki tarihi yapıların %40'ı boş olup kullanılmamaktadır, ara bölgede ise bu oran %59'a çıkmaktadır,
- Bu bölgelerdeki konutlarda yaşayanların üçte biri daha önce de merkezde yaşarken, üçte biri Adana köylerinden, geriye kalan oran ise diğer şehirlerden gelmiştir,
- Ev sahipliliği ise Tepebağ'da %46, Sarıyakup'ta %41 ve ara bölgede %11 oranlarındadır. Konut ağırlıklı alanlarda kiracılık oranı %50'den fazla iken, ticari fonksiyonların yoğun olduğu ara bölgede bu değer %90lara çıkmaktadır,
- Tepebağ bölgesindeki konutlar yapı yasağı olması ve kısıtlı trafik sayesinde kısmen kullanılabilir ve yenilenebilir durumdadır. Diğer iki bölgedeki konutlar çoğunlukla yeni ve uygun olmayan işlevler yüklenmekten dolayı tahrip olmuş durumdadır,
- Mahalle içlerinde yerleşen ticaret ve imalat işyerleri çoğunlukla geçimlik üretim içinde olduklarından dolayı buldukları mekanı terk etme eğiliminde değildir,
- Alanın tümü dikkate alındığında toplu üretim ilişkileri içinde bulunan iki mahalle görülmektedir. Bunlar ayakkabıcılık siteleri olarak mekansal organizasyon ve işbirliği içindedir. Ağırlıklı olarak kentin güney kesimlerindeki kırsal alanlara ve Karataş ilçesine hizmet vermektedir,
- Alan çok yönlü olmak üzere ağır bir kent içi trafik altındadır. Bu durum sürdürülen işlevler ve kentin merkezi olma nedeniyle zorunlu bağlantılar gereği gibi görünmektedir,
- Merkez alanın kuzey kesimlerinde dışarı kaçma eğilimi olan hizmet birimleri yerleşmiş bulunmaktadır. Bunlar özellikle son yıllarda yayılma eğilimi göstermişlerdir. Giderek artan yayılmaları nedeniyle daha geniş alana gereksinimleri olduğu düşünülebilir.

4. KORUMA İLKELERİ VE ÖNERİLER

Bulgular, yukarıda ana hatlarıyla konulan temel stratejiler ve Adana'nın gelişme dinamikleri doğrultusunda değerlendirildiğinde koruma amaçlı planın önerdiği sit alanı sınırı içerisinde aşağıdaki koruma ilkeleri benimsenmiştir;

1. alanın marjinal, aykırı ve yabancı işlevlerden arındırılması,
2. belli bölgelerin yenilenmesi ve yeni işlevlerle korunması,
3. alanın kentin tarihi ve kültürel merkezi haline dönüştürülmesi,
4. alanın kentin diğer alanlarıyla bütünselliğinin kurulabilmesi için, trafik bağlantıları yerine Seyhan nehrinin iki kıyısından kentin güneyine doğru akan yeşil kuşağın alanın içine yönlendirilmesi.

Koruma Amaçlı İmar Planı çalışmalarından çıkan kararlar şu şekilde özetlenebilir:

1. Protokol yolu oluşturulması: Çalışma alanını kentin bütününe bağlayabilmek amacıyla, kuzey-güney doğrultusunda, tüm alanı birbirine bağlayan ve kentsel tasarım ölçeğindeki uygulamaların ivedilikle başlatılabileceği bir ana aks olarak düşünülmüştür. Bu yol üzerinde özellikle alanın gezilmesi ve izlenmesine yönelik olarak hizmet verecek, tüm sit alanını algılatan bir vitrin niteliğinde kültürel yapıların odaklanacağı bir yoldur.

2. Anıtsal yapıların çevresiyle ilgili düzenlemeler: Planlama alanı, Adana'nın en önemli anıtsal nitelikli yapılarını kapsamaktadır. Bu yapıların içinde buldukları doku özellikleri de göz önünde tutularak, daha kolay algılanabilmelerinin sağlanması amacıyla çevrelerinde küçük 'açık kentsel alanlar' oluşturulması, bu kentsel alanların yeşil alanlarla desteklenmesi ve çevrelerindeki dokuyla daha iyi bütünleşmelerini sağlamak hedeflenmiştir.
3. Özel proje alanları: Özel proje alanları, koruma amaçlı planın hazırlandığı ölçeklerle çözümlenemeyen daha sonra geliştirilecek daha alt ölçekli tasarımlar gerektiren bölgelerdir. Bu alanlar için, planda uyulması gereken temel hükümler yer alacak, ayrıntılı kentsel tasarım projeleri daha sonra hazırlanacaktır.
4. Sit alanı içerisinde yeni yapılaşma nizamı:
 - a. Genel yaklaşım: Planda yeni yapılaşmanın biçimlenmesinde olabildiğince az sayıda temel kural konmuş, mimar/müellifin bu temel kurallar ışığında kendi etüdünü geliştirmesi istenmiştir. Böylece mimari yaratıcılığa şans tanınması hedeflenmiştir.
 - a. Kat nizamı: Planlama alanında, sokağa bakan yapılar, ana trafik aksları üzerindeki yapılar ve tescilli olmayan diğer yapılar için farklı kat nizamı öngörülmüştür.
5. Ruhsatsız yapılar: Alanda ruhsatsız yapı sayısı oldukça fazladır. Özellikle dokuya aykırı yapıların büyük bir bölümü ruhsatsızdır. Bu nedenle planlamada aşağıdaki seçenekler belirlenmiştir:
 - a. Ruhsatsız tüm yapılar yok sayılacak ve bu yapıların yer aldığı parseller üzerinde yeni plan kararları geçerli olacaktır.
 - b. Ruhsatsız yapıların bağlı olacakları yeni statüler belirlenecek ve bu statülerin gereklerini yerine getirmek koşuluyla bir defaya mahsus olmak üzere ruhsatlı hale getirileceklerdir.

5. KORUMA AMAÇLI İMAR PLANININ UYGULAMA SORUNLARI

Adana Koruma Amaçlı İmar Planı başlangıçta belirlenen hedefleri yerine getirerek, koruma amaçlı bir plan olmanın ötesine geçip bir 'koruma amaçlı yenileme planı' anlayışıyla gerçekleştirilmiştir [4]. Özellikle çalışma alanındaki üç mahallede yenileme çalışmaları koruma çalışmalarından daha fazla ön plana çıkmıştır, dolayısıyla plan kültür varlıklarının iyileştirilmesi ve sağlamlaştırılmasından başka, onları çevreleyen dokunun da beraber iyileştirilmesini öngörmüştür ki batı kökenli literatürde bu yaklaşım en doğru yaklaşım olarak kabul görmektedir [5].

Planda çözüm getirilmeye çalışılan önemli bir problem de bürokratik engellerdir. Bu problemi aşabilmek için Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun yetkileri azaltılmış, ilçe belediyelerine ve proje müelliflerine daha fazla yetkiler verilmiştir. Bunun yanında planda çözüm getirilemeyen bir tek konu vardır, o da mülkiyet sorunudur. Yüzlerce yıllık tarihi geçmişe sahip kültür varlıkları, ilk sahiplerini kaybettiklerinden onların kuşaklar boyunca gelen mirasçıları tarafından ortak mülkiyet altındadırlar. Bunun en çarpıcı örneği, Kayalıbağ Mahallesi 20. sokak üzerindeki Musabalı Konağı'nın 160 hisseli bir mülkiyet durumuna sahip olmasıdır [6]. Çok hisseli mülkiyetten dolayı kültür varlıklarının el değiştirmesi veya kamulaştırılması, tüm hisse sahiplerinin olurunun alınması gerektiği için çok zor olmaktadır.

Adana Koruma Amaçlı İmar Planı tamamlandıktan sonra gerçekleşen (27 Haziran 1998) 6,3 şiddetindeki deprem, mevcut problemlere ek problemler getirdiği gibi sit alanının iyileştirilmesi için yeni fırsatlar da ortaya çıkarmıştır. Koruma Kurulu tarafından tescil edilmiş 27 yapı deprem sonucu tamamen yıkılmış, 70 adedi ağır ve orta hasarlı duruma gelmiş, 80 kadarı da basit onarım gerektirir duruma düşmüştür [7]. Tamamı yığma olan bu yapıların yıkılma nedeni yanlış inşa edilmiş olmaları ya da malzemeden çalınmış olması değil, yapıların yıpranmışlığı, nesiller boyunca ihmal edilmiş olmalarıdır [8]. Deprem neticesinde kentsel sit alanında kültürel mirasın oranı azalmış ve dolayısıyla bölgenin çekici faktörlerinden bir tanesi zedelenmiştir.

Bununla beraber ayakta kalan yapıların restorasyonu depremden öncesine kıyasla daha zorunlu hale gelmiştir. Ayrıca koruma amaçlı planın yıkılmış tescilli yapılar için getirdiği kararlar doğrultusunda, belgelere dayanarak yeniden inşa edilmesi söz konusudur. Deprem dolayısıyla merkezi hükümet tarafından yapılan yardımın %10'unun kentsel sit alanındaki kültür varlıklarına aktarılmasıyla alanın canlanacağı ve yeni yatırımlara yol açacağı düşünülmüş [9], ancak birkaç binanın devlet ve özel teşebbüs girişimiyle restore edilmesinden başka tüm alanın ya da planda belirlenmiş özel proje alanlarının iyileştirilmesine dair bir çalışma yapılmamıştır. Bugün tamamen yıkılmış binaların arsaları otopark olarak kullanımdadır. Bu uygulama İlçe belediyesi tarafından ve otopark sahipleri açısından son derece karlı ve geçici ruhsatla izin verildiği için yasal bir uygulamadır. Ancak bölgedeki yoğun trafiği azaltmak yerine daha fazla trafik yüklediği ve geçici ruhsatla alınan iznin suistimal edilebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

6. KAYNAKLAR

1. Akçura, N., "Muğla'da Geleceğe Yönelik Çabalar, tarihi Çevre Koruması", Tarih İçinde Muğla, Der. İlhan Tekeli, ODTÜ Mimarlık Fakültesi yayını, Ankara, 1993.
2. Durukan, İ., "Kültürel Miras, Kullanıcı ve Deprem, Adana'da Deprem ve Kültürel Miras", Mimarlar Odası Adana Şubesi yayını, Adana, 1998, 48-50.
3. Adana Koruma Amaçlı İmar Planı Raporu, Kasım 1996, 88 s.
4. Ekinci, O., "Adana'da Deprem ve Kültürel Miras", Mimarlar Odası Adana Şubesi yayını, Adana, 1998, 2-6.
5. Tiesdell, S., Oc, T., Heath, T., "Revitalizing Historic Urban Quarters", Architectural Press, Oxford, 1996, 234 s.
6. Madran, E., "Adana Sit Alanı-Koruma Planı ve Deprem", Adana'da Deprem ve Kültürel Miras, Mimarlar Odası Adana Şubesi yayını, Adana, 1998, 40-47.
7. Madran, E., a.g.e.
8. Ekinci, O., a.g.e.
9. Gök, T., "Tepebağ ve Sarıyakup Mahallelerinde Koruma Kararları", Adana'da Deprem ve Kültürel Miras, Mimarlar Odası Adana Şubesi yayını, Adana, 1998, 34-40.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

ŞEKERPİRAR-AKKÖPRÜ RÖLÖVESİ VE REKONSTRÜKSİYON PROJESİ

Erkin ERTEN, Mustafa YEĞİN ve Semiha AKÇAÖZOĞLU

Ç.Ü., Mimarlık Bölümü, Adana/Türkiye

erteren@cu.edu.tr myegin@cu.edu.tr sozoglu@cu.edu.tr

ÖZET : Şekerpınar-Akköprü, eski Adana-Ankara karayolu üzerinde, Adana-Niğde il sınırı yakınında bulunmaktadır. Kaynaklarda IX. yy'da mevcut olduğu belirtilen köprüünün ne zaman yapıldığı hakkında bir bilgi bulunmamaktadır..

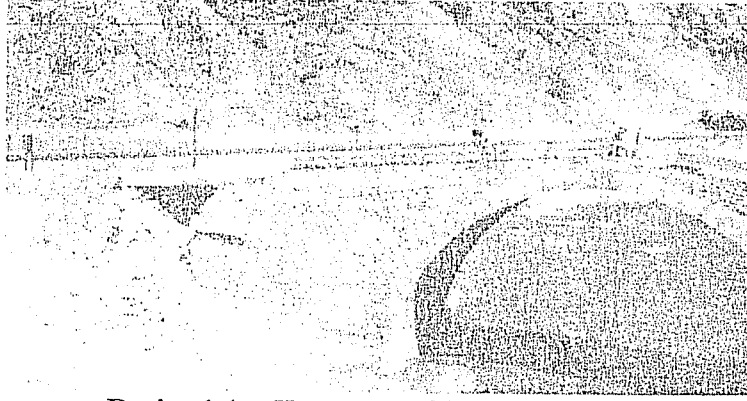
Ulukışla-Gülek Boğazı arasında bulunan "Akköprü" bir ortaçağ eseridir. XIV. Yy'da Karamanoğullarının bir gümrük noktası olarak kullanılmıştır.1838'de savaş başlangıcında Mısır kuvvetleri bu köprü civarında yerleşmiştir. Akköprüünün hemen yanında "Şekerpınar" adıyla anılan bir kaynak bulunmaktadır.

Köprü kagir ve tek gözlüdür. Boyu 83 m, genişliği 5.7 m, kemer açıklığı ise 10.35 m'dir Her iki kıyıdan orta kemere doğru yükselen meyilli bir şekli vardır. Köprü civarı oldukça sarpdır. Köprü üzerindeki çeşitli işçilikteki taşların incelenmesi sonucunda, köprüünün tarih içerisinde çeşitli onarımlar gördüğü anlaşılmaktadır. Akköprüü'yü ilk kez XIX. yy'da Mısır kuvvetleri komutanı İbrahim Paşa yenilemiştir. Köprüünün son şeklini 19. yy'da geçirdiği onarımlar sonunda aldığı anlaşılmaktadır.

1991 yılındaki selde yıkılan köprüye ait eski fotoğraflar incelendiğinde, kemere yakın kısımlarda iri taşlarla kaba örgünün kullanıldığı görülmektedir. Ancak 1985 yılındaki onarımda çok sayıda küçük moloz taş kullanılmasının, köprüünün yıkılmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

1. 21.06.1999 TARİHLİ ŞEKERPINAR-AKKÖPRÜ RÖLÖVE RAPORU

- Köprüdeki taş sıralarına bakıldığında, doğu tarafındaki kısmının (bugünkü Adana-Ankara yolu tarafı) aslında oldukça meyilli inşa edildiği anlaşılmaktadır. Köprünün üzerinde bulunduğu eski Adana ve Ankara yolu kullanılırken bu kısmın tadil edilerek doldurulduğu ve eğimin azaltılarak karayollarına uydurulduğu gözlenmiştir.
- Köprünün 1982'de hasar gördüğü, ancak bu hasarın özellikle doğu taraftaki tempan duvarlarında ortaya çıktığı, köprünün kemerinde herhangi bir hasar olmadığı, genel hatlarıyla hala eski şeklini muhafaza ettiği görülmektedir (Resim 1.1).

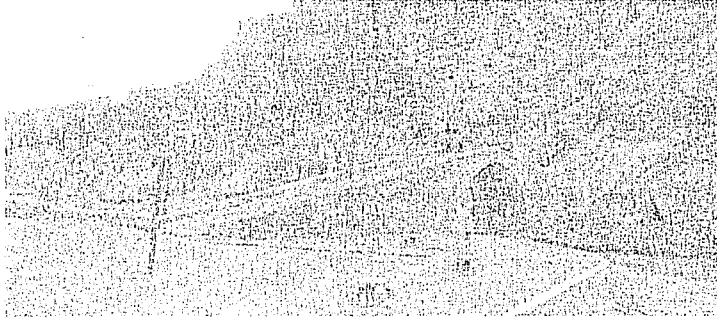


Resim 1.1. Köprünün 1983'teki Durumu

- 1984 yılında yapılan onarımda, Adana-Ankara yolu tarafında köprünün tempan duvarları yine yükseltilmiş ve korkuluk üzerine beyaz renkte tek parça taşlar konularak müdahalelerde bulunulduğu gözlenmiştir.
- 1985 yılındaki müdahale sonrası çekilen fotoğraflardan, önceki olumsuz müdahalelerin kaldırılarak köprüye yeniden 1900 yıllarındaki biçiminin verildiği ve taşıt trafiğine kapatılarak yaya amaçlı olarak kullanıldığı görülmektedir (Resim 1.2-3).



Resim 1.2. 1985 Yılındaki Onarımdan Sonra Köprünün Mansaptan Görünüşü



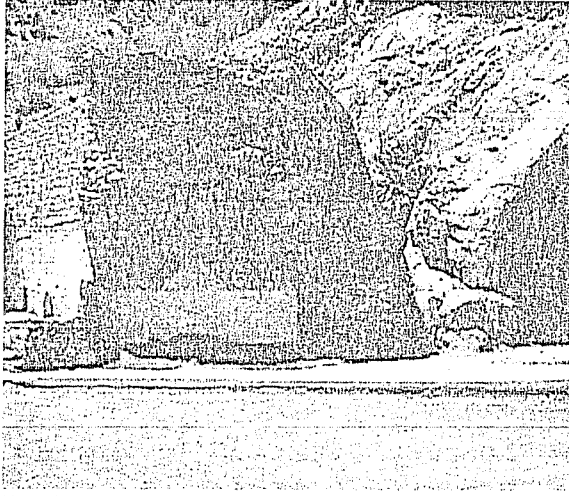
Resim 1.3. 1985 Yılındaki Onarımdan Sonra Köprünün Kuzeyindeki Yeni Karayolu Köprüsünden Görünüşü

- Bu son onarımlarda, köprü tempanları çeşitli cins ve büyüklükte taşlar kullanılarak moloz taş duvar tekniği ile örülmüştür.
- Ekim 1991 de su taşkını nedeniyle köprü yıkılmış ve köprüye ait parçalar dere içerisine düşmüştür (Resim 1.4). Bugün yıkılan köprü parçalarının hiçbirisi yerinde bulunmamaktadır.

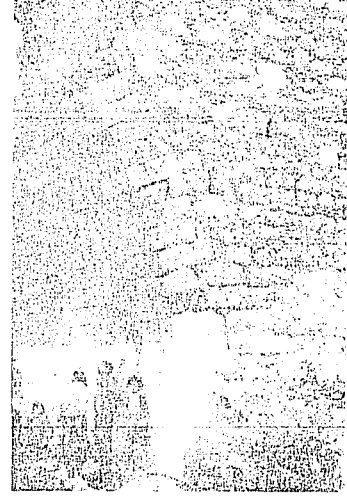


Resim 1.4. 1991 Yılındaki Taşkın Nedeniyle Yıkılan Köprünün Dere İçindeki Kalıntıları

- Günümüzde köprünün kemer kısmı neredeyse tümüyle yok olmuştur (Resim 1.5) Kemerden iz olarak sadece batı yakasındaki ayak üzerinde küçük bir kısım kalmıştır. Bu kalıntıdan, kemerin iki sırada bir sıra değişik renkte taş kullanılarak yapıldığı belirlenebilmektedir (Resim 1.6).

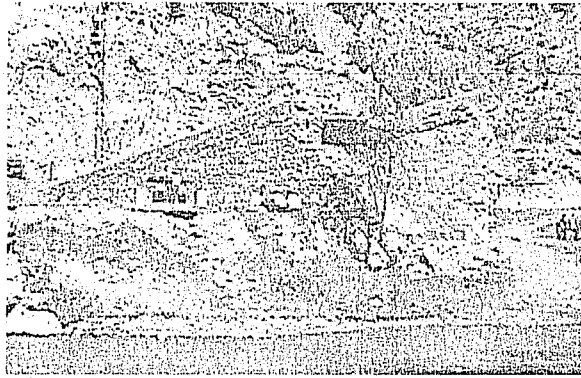


Resim 1.5. Kemerin 1999 Yılındaki Durumu



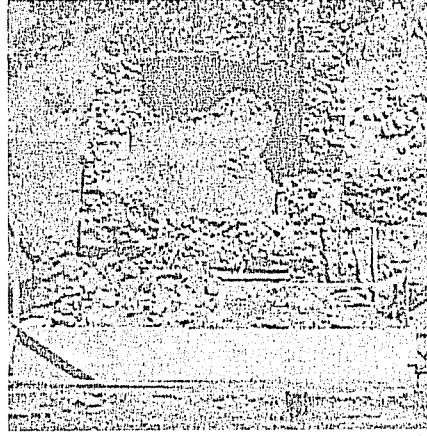
Resim 1.6. Kemerdeki Taşların Durumu

- Kemer kalıntısından ve mevcut tempan duvarlarının eğiminden kemer açıklığı ve köprünün şekli ortaya çıkarılabilmektedir.
- Doğu tarafında ise temel kısmı ile birlikte ayağın tamamı, tempan duvarlarının da büyük bir kısmı taşkında yok olmuştur. Günümüzde bu tempan duvarlarından sadece yola yakın tarafta yaklaşık 21 m'lik baş taraf ayakta kalabilmiştir (Resim 1.7)



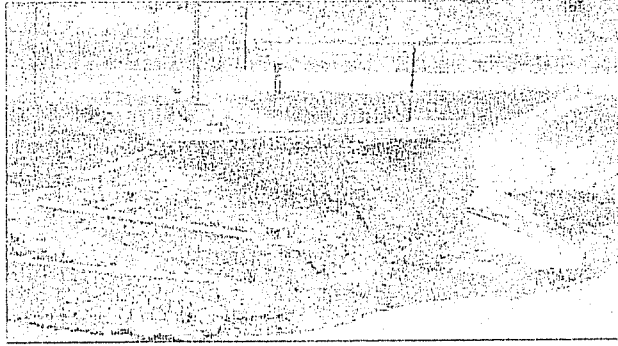
Resim 1.7. Doğu Yakasında Köprüden Kalan Kısım (1999)

- Kalıntılar incelendiğinde tempan duvarlarının moloz taş tekniği ile örüldüğü ve çeşitli renk, cins ve boyutta taşların kullanıldığı, bunlardan bir kısmının köprünün eski taşları olduğu anlaşılmaktadır. Duvarda çok sayıda küçük boyutlu taşların kullanıldığı göze çarpmaktadır.
- Tempan duvarları arasındaki dolguda harç uygulanmamış, gevşek malzeme kullanılmıştır (Resim 1.8)



Resim 1.8. Tempan Duvarları Arasındaki Dolgu

- Doğu yakasında, yolla köprü arasında (taştların geçmesini engellemek için yapılmış) beton bir merdiven bulunmaktadır. Yine bu tarafta köprünün iki yanında yıkılmış istinat duvarları, beton yaya yolları ve park donatıları yer almaktadır (Resim 1.9).



Resim 1.9. Köprünün Doğu Yakasının 1999 Yılındaki Görünümü

- Batı tarafta karayollarınca yapılan yüksek ve uzun istinat duvarı ve bunun uç kısmında köprü üstü ile bağlantıyı sağlamak amacıyla şekilsiz bir beton merdiven bulunmaktadır (Resim 1.10).



Resim 1.10. Batı Tarafındaki İstinat Duvarı ve Merdiven

- Batıdaki köprü ayağından kuzeye doğru, Şekerpınar'a kadar bant halinde devam eden beton bir kaplama göze çarpmaktadır. Bu kaplamanın altından su boruları geçmektedir.
- Köprü üst kaplamaları, her iki yakada kalan kısımlarda farklıdır. Yol tarafındaki kısımda doğal biçimli siyah renkte bazalt kaplama kullanılırken, batı taraftaki kısımda ise "belediye parkesi" adıyla anılan parke taşları kullanılmıştır.
- Köprü, en son onarımdan sonra taşıt trafiğine kapatılmış ve çevresi ile birlikte mesire yeri olarak kullanıma açılmıştır. Bugün de köprü ve çevresi aynı amaca hizmet etmektedir.

2. ŞEKERPINAR-AKKÖPRÜ REKONSTRÜKSİYON RAPORU

- Köprüden bugüne kalmış kısımların muhafaza edilmesi esas olarak kabul edilmiştir. Bu kabule uygun olarak batı taraftaki kemer kalıntısının sağlam olan ilk 5 taş sırasının korunması, çürük taşlardan oluşan üst kısmının sökülmesi uygun görülmektedir.
- Kemer yeniden inşa edilirken, kalıntıda ve fotoğraflarda görüldüğü gibi iki sırada bir sıra değişik taş kullanılmasına dikkat edilmeli, gerekli yerlerde yalancı derz uygulanmalıdır.
- Köprünün yol tarafında, güneye bakan tempan duvarında, zemindeki oturmadan kaynaklanan düşey çatlak ile nehir arasında kalan kısım yıkılmalıdır. Kalan diğer tempan duvarlarının ise örgüsünde eskiye ait taşları barındırması ve bir dönem müdahalesi olması sebebiyle korunmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Batı tarafta kayalık araziye bitişik olan bir kısım taş örgü de aynı nedenle korunmalıdır.
- Yeni örülecek tempan duvarlarında, yıkılacak olan duvarlara ait eski taşlardan uygun olanları kullanılması uygundur. Tempanların kaba yonu taşla örülmesinin, köprünün aslına daha uygun olacağı düşünülmektedir.
- Yeni yapılacak tempan duvarlarının üzerine harpuşta benzeri herhangi bir eleman getirilmemeli, kaba yonu taş örgüsü 1985 onarımına uygun olarak yuvarlatılarak bitirilmelidir.
- Tüm korunacak duvarlarda derzler açılıp mekanik temizleme yapıldıktan sonra uygun derzleme yapılmalıdır.
- Mevcut duvarlar üzerindeki badanalar taşlara zarar vermeden kaldırılmalıdır.
- Tüm açık yöresel alan doğal taşla kaplanmalıdır. Köprünün üzerinin kaplanması için ise, doğu taraftaki kalıntı üzerindeki doğal biçimli bazalt kaplama uygun görülmüştür.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

MİSİS KÖPRÜSÜ RÖLÖVESİ VE RESTORASYON PROJESİ

Erkin ERTEN, Mustafa YEĞİN ve Semiha AKÇAÖZOĞLU

Ç.Ü., Mimarlık Bölümü, Adana/Türkiye

certen@cu.edu.tr myegin@cu.edu.tr sozoglu@cu.edu.tr

ÖZET : *Misis Köprüsü, Yacapınar ilçesinde ve Ceyhan nehri üzerinde bulunmaktadır. Roma İmparatoru II. Flavius Julius Constantinus tarafından IV. yy'da yaptırılmış olan bu köprü Adana'daki Taşköprü'yle yaşıttır. 9 açıklıklı köprüünün yapımında ilk belirlemelere göre killi kireç taşı kullanılmıştır. Özellikle 1. açıklığı geçen kemere ve doğu cephesinde 1. ayak üzerindeki ve yakınındaki duvarlara bakıldığında, zaman içerisinde köprüye bazı müdahalelerde bulunulduğu görülmektedir. Kayıtlara göre köprü ilk kez VI. yy'ın ortalarında Bizans İmparatoru Justinianus tarafından onarılmıştır.*

1. MİSİS KÖPRÜSÜ RÖLÖVESİ

1.1. 1948 Yılında Köprüde Yapılan Tadilatlar

1948 yılında Karayolları Genel Müdürlüğüne yaptırılan tamirat projesinden, köprüye en son bu yıllarda müdahale yapıldığı anlaşılmaktadır. Bu projede uygulanan tadilatlar şu şekildedir:

- Satihtan sızan suyun kemer taşlarını bozmasını önlemek amacıyla köprü üzerine bir alt beton dökülüp bu betonun üzerine su yalıtımı uygulanmıştır. Su yalıtımının üzeri de betonla kaplanmıştır. Yalıtımı tutması amacıyla köprü kenarlarında 30x30 cm kesitinde beton bloklar yapılmış ve bu beton blokların yol tarafındaki köşelerinde 50x50 mm'lik korniyerler yer almıştır.
- Köprü daha sonra asfaltla kaplanmış ve bu asfalt üzerinde yer yer betonla müdahalelerde bulunulmuştur.
- Köprüde 6. açıklıkta çatlama belirtilmiş ve cephelerle kemerlerde yarık tamiratları yapılmıştır.
- Köprüde 6., 7., 8., ve 9. kemerlere alttan bakıldığında yer yer betonla müdahalelerin yapıldığı görülmektedir. Ayrıca 1. kemerde de büyük ölçüde sıvama şeklinde betonla müdahale yapılmıştır.

1.2. 20.07.1998 Tarihli Rölöve Raporu

Köprünün planda tümüyle düzgün bir hatta sahip olmaması ve harpuştalarda düşeyde ve yatayda deformasyonların bulunması, ölçümlerin oldukça hassas alınması zorunluluğunu getirmiştir. Bu sebeple rölövenin hazırlanmasında yatay ve düşey ölçümlerin tümü "Total Station" cihazı ile alınmıştır. Rölyepler ve cephe taşları yerinde alınan ölçüler, fotoğraflar ve slaytlar yardımıyla çizilmiştir.

27 Haziran 1998 Adana Depreminden sonra köprüde önemli derecede hasarların meydana geldiği görülmüştür. Gözlenen hasarlar şu şekilde sıralanabilir:

- Köprünün 8. ayağında bir çökme gözlenmiştir. Çökmenin ne zaman gerçekleştiği belirlenememiştir. Hem deprem etkisiyle, hem de köprüde meydana gelen oturma sebebiyle bu ayakla bağlantısı olan kemerlerde çatlama oluşmuştur.
- Depremden sonra 6., 7., ve 8. kemerlerde çatlama oluşmuş; 7. ve 8. kemerlerin doğu cephelerinde kemer kenarlarından içeriye doğru devam eden taş dökülmeleri meydana gelmiştir.
- Köprü sathında, 6. ayak dolaylarında başlayıp 6. kemer üzerinden devam ederek 7. ayaktan sonra sona eren çatlama da yine depremden sonra ortaya çıkmıştır.
- Köprünün kuzey yarısında herhangi bir hasar rastlanmamıştır.
- Kuzey yakada doğu taraftaki duvarların üzerine büyük bir tabliye betonu getirilmiştir. Bu tabliyenin ön kısmı nehir kıyısına oturtulurken, diğer tarafta tarihi duvarlara oturtulmuştur.
- Kuzeydeki duvarların büyük bir kısmı bitkilerle örtülüdür. Bu duvarda köprüye doğru 13 adet basamaktan oluşan bir merdiven yer almaktadır. Bu merdiven bitkilerle yoğun bir biçimde kaplanmış olup zor farkedilmektedir.
- Köprünün hem güney hem de kuzey yakasında istinat duvarları hala belirginliğini muhafaza etmektedir.

- Güney yakanın batı kısmında istinat duvarı belirgin biçimdedir ve az hasar görmüştür. Diğer taraftaki duvarda köprüye yakın olan kısımların oldukça iyi durumda olmalarına karşın, köprüden uzaklaştıkça duvarlar toprağa gömülmektedir. Bu duvar bitişiğinde halen bir briket imal yeri ve bir depo bulunmaktadır.
- Köprünün doğu cephesinde üçü 3., 4. ve 5. ayaklar üzerinde; beşi 2., 3., 4., 5. ve 6. kemerler üzerinde olan toplam sekiz adet rölyef bulunmaktadır. Batı cephesinde ise 2., 3., 5. ve 6., kemerler üzerinde dört adet rölyef bulunmaktadır. Rölyeflerin bazıları önemli ölçüde hasar görmüştür.
- Köprünün doğu cephesinde iki adet elektrik direği ve 10 cm çapında su borusu monte edilmiştir. Batı cephesinde de harpuşta altında duvara bağlanmış su borusu ve kablolar bulunmaktadır.

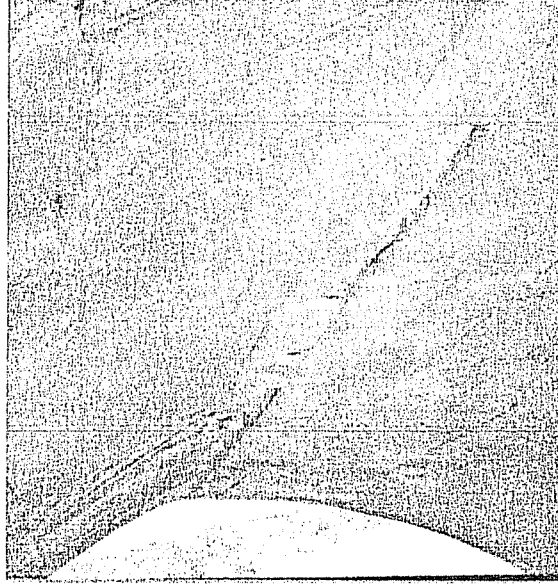
1.3. 23.10.1998 Tarihli Ek Rölöve Raporunda Belirtilen Hasarlar

27.06.1998 Adana Depreminden sonra bölgede hafif ve orta şiddette çok sayıda artçı depremler meydana gelmiştir. Bu artçı depremlerin etkisiyle 20.07.1998 tarihli rölöve raporunda belirtilen hasarlara ek olarak yeni hasarlar ortaya çıkmıştır. Bu hasarların oluşmasına depremlerin etkisine ek olarak, restorasyon çalışmalarına başlanamamasından dolayı tahkimat ve kalıba alma işlemlerinin yapılamaması ve taşıt trafiğine sınırlı da olsa izin verilmesinin de sebep olduğu anlaşılmıştır.

- 04.10.1998 tarihinde yerinde yapılan gözlemlerde 6., 7., 8., ve 9. kemerlerde önceki rölöve raporunda belirtilen çatlama ve ayrılmaların büyüdüğü; özellikle 6. ve 7. kemerlerde bunların ciddi boyutlara ulaştığı belirlenmiştir.
- Önceki rölöve raporunun hazırlanmasından sonra 1., 2., 3. ve 4. kemerlerde de yeni hasarların oluştuğu görülmüştür. Bu hasarlar; 1. ve 4. kemerlerde düz çatlamlar, 3. kemerde çapraz çatlamlar, 2. kemerde ise çatlamlar yanında kilit taşlarında meydana gelen deplasmanlar şeklindedir. (Resim 1.1-3)



Resim 1.1. Kemerde Çatlamlar



Resim 1.2. 2. Kemerde Kilit Taşlarında Deplasmanlar



Resim 1.3. 3. Kemerde Çapraz Çatlamlar

- Diğer kemerlerde olduğu gibi 1., 2., 3. ve 4. kemerlerdeki taşların büyük bir bölümünde süngerimsi bir görüntü hakimdir. Su yalıtımının işlevini kaybetmesinden dolayı, köprü sathından sızan suyun taşları etkilemesinden kaynaklanan bu hasar, taşların dayanıklılığını olumsuz yönde etkilemektedir.
- Önceki rölöve raporunda 8. ayakta gözlenen oturmanın dışında, 7. ayakta da oturma olduğu görülmüştür.
- Artçı depremlerin -şiddetleri azalarak da olsa- hala devam etmeleri nedeniyle köprüdeki çatlamlarda artma olacağı anlaşılmaktadır.

2. MİSİS KÖPRÜSÜ RESTORASYON PROJESİ

2.1. 20.07.1998 Tarihli Restorasyon Raporu

Halen taşıt trafiğine sınırlı izin verilen köprüde acil önlemler alınmazsa çökme olabileceği tahmin edilmektedir. Böyle bir çökmeden sonra köprü yeniden onarılsa bile, taşları dağılıp zarar göreceğinden dolayı köprünün orijinalliğinin önemli ölçüde bozulacağı düşünülmektedir.

- Acil önlem olarak 6., 7., 8. ve 9. kemerlerin kalıp ve iskeleye alınması, kemerler üzerindeki dolgunun boşaltılması işlemine derhal başlanması gerekli görülmektedir.
- Ek önlem olarak olası deformasyonlara karşı 5. kemerde tahkimat yapılmalıdır. Kemerlerin üzeri açıldıktan sonra sağlam taşlar mevcut yerlerinde kullanılmalı ve hasar gören taşların yerine aynı malzemedен, aynı ölçü ve biçimde yeniden yapılanları yerleştirilerek kemerler yerinde örülmelidir.
- Dökülen kemer taşları ise restorasyon projesine uygun boyut ve biçimde yeniden yapılarak yerine konmalıdır.
- Kenar duvarlarındaki taşlar onarım başlamadan önce numaralandırılmalı; böylece olası bir yıkılma sonunda, onarımda orijinal taşların olabildiğince kullanılması sağlanmalıdır.
- Rölöve raporunda belirtilen 8. ayağın stabilitesinin sağlanması ve daha fazla oturmanın önlenmesi için tabanda gerekli önlemlerin alınmalıdır.
- Güneydeki istinat duvarlarının üzerindeki harpuştaların büyük bir kısmı orijinalliğini muhafaza etmektedir. Bu harpuştalar aynı boyut ve biçimde tüm köprü duvarlarına uygulanmalıdır.
- Güney yakanın batı tarafındaki merdiven orijinal haliyle yeniden ortaya çıkarılmalı, gerekli onarımlar yapılmalıdır.
- Köprünün cephe duvarlarına ise müdahale edilmemesi daha uygun görülmektedir.
- Köprüde killi kireç taşının kullanıldığı bilinmekle birlikte, köprüde kullanılan taş ve harç Karayolları Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında analiz edilmeli ve onarımda aynı cins malzemelerin kullanılması sağlanmalıdır. Kemer dolgusu da yine aynı malzemedен yapılmalıdır. Dolgu üzerine 5 m anolu, 10 cm'lik beton dökülüp bunun üzerine su yalıtımının uygulanması, yalıtım beton dökülerek muhafazaya alındıktan sonra kum dolgu üzerine parke taş uygulamasının yapılması öngörülmüştür. Bu işlemin tüm köprü sathında uygulanması gerekli görülmüştür.
- Köprü ayakları civarında oluşan bitkiler uzaklaştırılmalıdır. Köprünün görünümünü bozan ve bağlantı noktalarında sakınca yaratan direklerin, boruların ve kabloların sökülmesi gerekmektedir. Sökümden sonra bağlantı için açılmış olan delikler, taşa uygun bir malzemeyle doldurulmalıdır. Köprünün her iki yakasında yer alan duvarlar tümüyle ortaya çıkarılmalı ve bu duvarlar bitkilerden ve döküntülerden arındırılmalıdır. Duvarların üzerlerine sonradan yapılan beton, sıva vb. müdahaleler ve duvar yakınındaki yapılar ortadan kaldırılmalıdır.

2.2. 23.10.1998 Tarihli Ek Restorasyon Raporu

- Önceki restorasyon raporunda kalıba alınmalarının gerekli olduğu belirtilen 6., 7., 8. ve 9. kemerlere ek olarak 1., 2., 3. ve 4. kemerlerin de ivedilikle kalıba alınmasının zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Böylece köprünün tümü onarım tamamlanıncaya kadar yeni sarsıntılara karşı emniyete alınmış olacaktır.
- Bunun yanında kalıba alma işlemleri tamamlandıktan sonra, 1., 2., 3. ve 4. kemerlerin üstlerinin çatlama ve ayrılmaların olduğu yere kadar açılarak onarılması gerekli görülmektedir.
- Üzerinde rozet bulunan işlemeli kemer kilit taşları özellikle korunmalı, mevcut yerlerinde kullanılmalıdır.
- Öncelikle 7. ve 8. ayaklar olmak üzere, tüm ayakların temellerinin gözden geçirilmesi; temel tabanında gerekli analizlerin yapılması, gerekli durumlarda zeminde sağlamlaştırma önlemlerinin alınması, gelecekte oluşabilecek hasarların önlenmesi açısından yararlı görülmektedir.
- Köprüde köklü bir onarıma gidilmezse, gelecekte yeni hasarların ortaya çıkması kaçınılmazdır.
- Diğer yandan köprünün batı tarafında belirlenecek uygun bir yerde yeni bir köprünün en kısa zamanda Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğüne yaptırılmasının ve tarihi köprü üzerindeki taşıt trafiğinin bu köprüye kaydırılmasının, gelecek yıllarda hasarların ortaya çıkmasını önemli derecede engelleyeceği düşünülmektedir.

DOĞU AKDENİZ VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ
MAKİNA-CİHAZ VE SİSTEM TASARIMI VE ÜRETİMİ
21-23 EKİM 2003

ADANA ÇEVİK KUVVET BİNASI RÖLÖVESİ

Erkin ERTEN, Mustafa YEĞİN ve Semiha AKÇAÖZOĞLU

Ç.Ü., Mimarlık Bölümü, Adana/Türkiye

eerten@cu.edu.tr myegin@cu.edu.tr sozoglu@cu.edu.tr

ÖZET : Adana Çevik Kuvvet Binası Adana İli, Seyhan İlçesi sınırları içerisinde, Ulu Camii Mahallesi, Kentsel Arkeolojik Sit Alanı'nda, mülkiyeti Maliye Hazinesine ait 48 pafta, 139 ada, 3 parselde yer almaktadır.

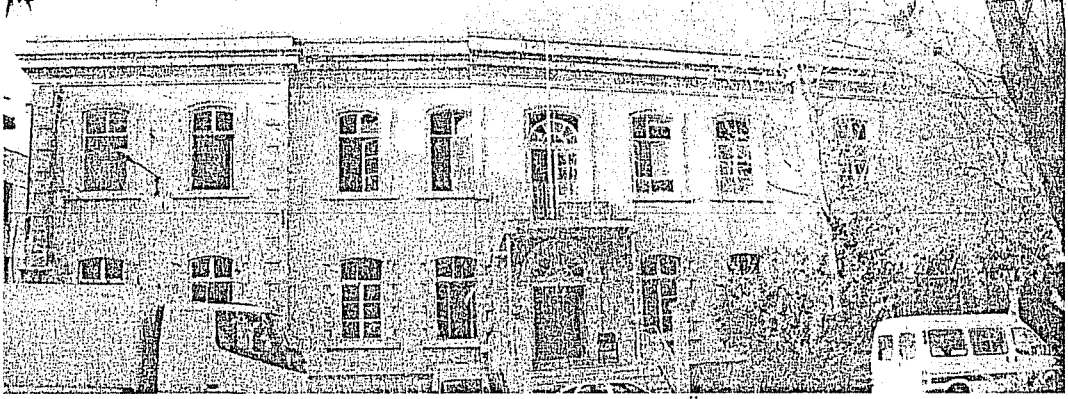
Erken Cumhuriyet Dönemi yapısı olan binanın 1939 yılında yapıldığı sanılmaktadır. Aynı dönemde yapılan resmi yapılarla karşılaştırıldığında özellikle Ordu Evi Misafirhanesi ile benzer özellikleri taşıdığı görülmüştür. Söz konusu bina 01.06.1990 gün ve 581 sayılı Adana Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu Kararı ile tescil edilmiştir.

Adana Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu tarafından hazırlanan tescil fişine göre bina önceleri Emniyet Müdürlüğü olarak kullanılmıştır. 1980-1990 yılları arasında ise Çevik Kuvvet Şube Müdürlüğü olarak hizmet vermiştir. 27 Haziran 1998 Adana depreminde oluşan hasarlardan dolayı bina günümüzde kullanılmamaktadır.

1. ADANA ÇEVİK KUVVET BİNASI RÖLÖVE RAPORU

1.1. Yapının Mimari Özellikleri

Adana Eski Çevik Kuvvet Binası bodrum + zemin + birinci kat olmak üzere üç katlı, dikdörtgen plan tipinde ve yığma yapı tekniği ile inşa edilmiştir. Malzeme olarak kesme taş kullanılmıştır (Resim 1.1).

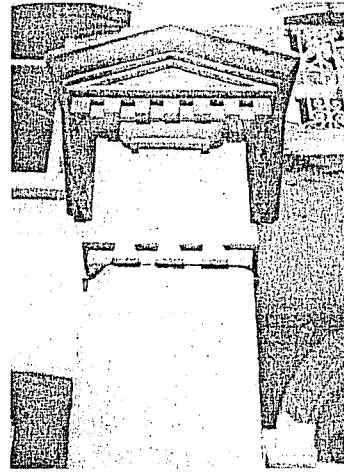


Resim 1.1. Çevik Kuvvet Binası Ön Cephe

Binanın zemin katındaki girişinde mermer kaplamalı geniş bir merdiven mevcuttur (Resim 1.2). Giriş merdiveninin başlangıç basamağının her iki tarafında başlıkları, süslemeli, kare kesitli kolonlar bulunmaktadır (Resim 1.3). Giriş kapısının iki tarafında ise merdiven korkuluğunu tutması için iki adet taş merdiven elemanı yapılmıştır.



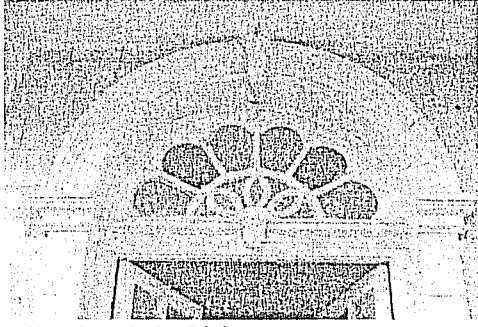
Resim 1.2. Giriş Merdiveni



Resim 1.3. Kare Kesitli Kolonlar

Giriş kapısının üstü kesme taştan tam kemer tarzında yapılmış olup kilit taşı kabartmalıdır. Bu kapı üzerinde betonarme balkon bulunmaktadır. Ahşap giriş kapısının üzerindeki doğrama taç biçiminde şekillendirilmiştir (Resim 1.4)

Cephelerde bodrum kat tavan kotu ile bina saçak seviyesinde silme detayları taşınmaz etrafinca devam ettirilmiştir. Binanın köşelerinde, kenarlarına çerçeve atılmış düzgün yonu taşlar kaydırmalı olarak kullanılmıştır (Resim 1.5).

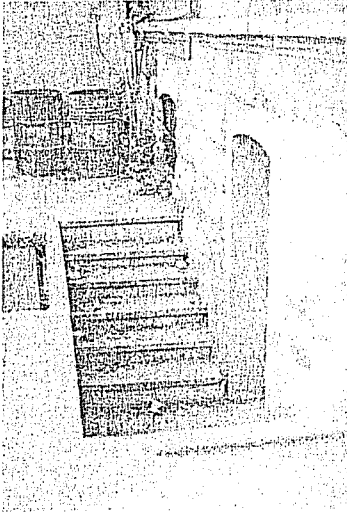


Resim 1.4. Giriş Kapısı

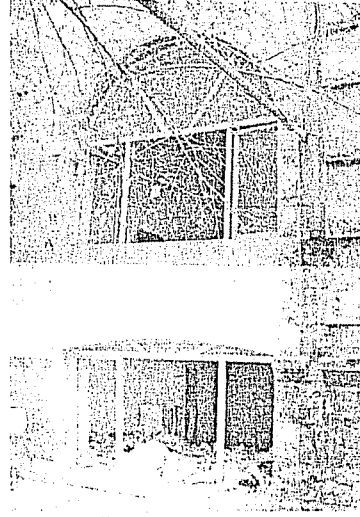


Resim 1.5. Köşelerdeki Taş Kaplamalar

Giriş cephesinde, bodrum ve zemin katlardaki pencerelerde simetri bozulmuştur. Giriş kapısının her iki yanında yer alan bodrum pencereleri farklı formlarda olup üst katlarda aynı düzende devam etmemektedir. Sol taraftaki bodrum pencereleri arasında, bodrum kata girişi sağlamak amacıyla bir kapı yer almaktadır. Bu kapıya avlu zemininden aşağıya doğru açılan bir merdiven yuvası ile ulaşılmaktadır (Resim 1.6). Yine bodrum katta, giriş cephesinde sağ kenardaki pencere diğer pencerelere göre daha büyük boyutta olup, basık kemerli ve farklı malzemeden yapılmıştır. Bu pencerenin üstünde yer alan, zemin kat kotundaki pencere de aynı şekilde daha büyük boyutta ve tam kemerlidir (Resim 1.7).

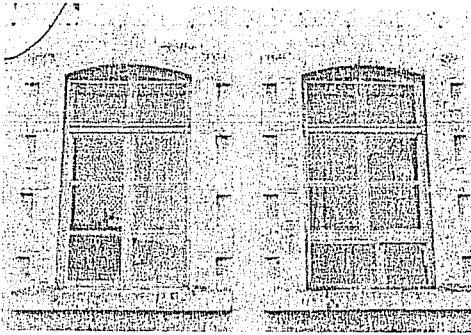


Resim 1.6. Bodrum Kata Ulaşılan Merdiven Yuvası

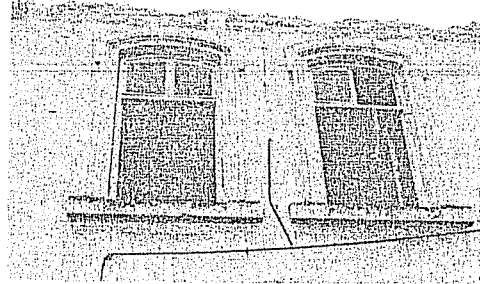


Resim 1.7. Ön Cephe Sağ Pencere

Giriş kapısı ve Resim 1.7'deki pencere dışında, binadaki tüm açmalarda basık kemer kullanılmıştır. Cephede, zemin kat pencere söveleri ile birinci kat pencere söveleri farklı form ve dokuya sahiptir (Resim 1.8-9).



Resim 1.8. Zemin Kat Penceresi

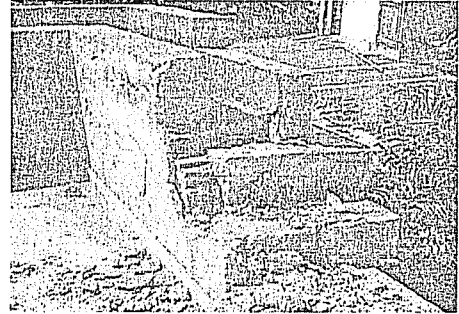


Resim 1.9. Birinci Kat Penceresi

Bugün binanın üzeri düz çatı (teras) görünümündedir. Ancak, teras kotunda binanın dört cephesi boyunca dönen oluklu parapetten, binanın orijinalinde kırma çatılı olarak yapıldığı anlaşılmaktadır (Resim 1.10). Yıkılan parapet detaylarından; malzeme olarak kesme taş ve yassı tuğla ile çimento harcının kullanıldığı anlaşılmaktadır (Resim 1.11).

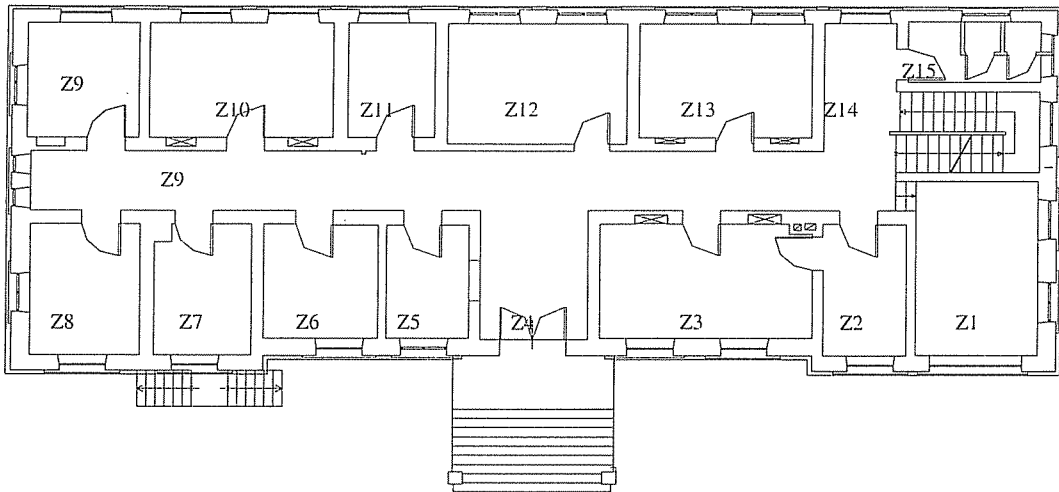


Resim 1.10. Çatıdaki Oluklu Parapet



Resim 1.11. Parapette Kullanılan Malzemeler

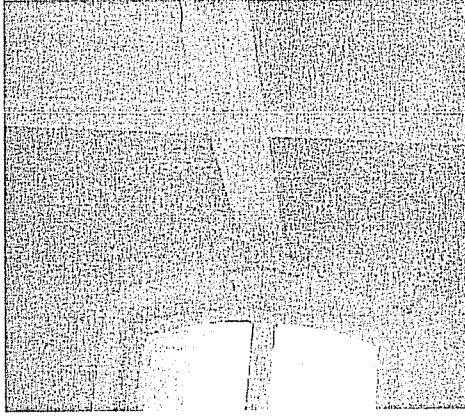
Zemin katta Z1 nolu odaya koridor kotundan 3 rıhtla çıkılmaktadır (Resim 1.12). İç duvarlar ince tuğla ve kireç harcı ile inşa edilmiş, üzeri daha sonra sıvanmış ve boyanmıştır.



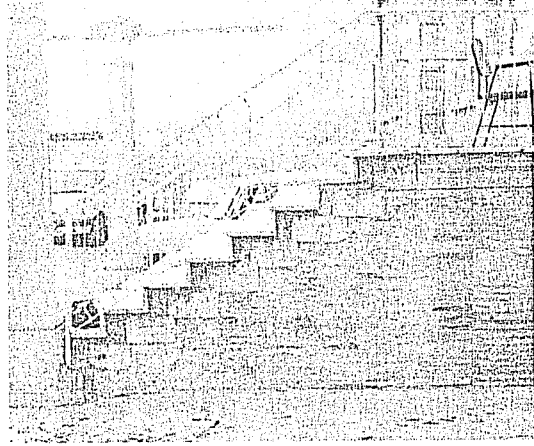
Resim 1.12. Zemin Kat Planı

1.2. Günümüze Kadar Yapılan Tadilatlar ve Eklmeler

- Bodrum ve zemin kat tavan döşemeleri 1980 yılında Bayındırlık ve İskan Bakanlığınca betonarme kirişler ve tabla atılarak yenilenmiş ve üzeri mozaikle kaplanmıştır (Resim 1.13).
- Giriş cephesinde bulunana orijinal taş merdivenin üzeri sonradan mermerle kaplanmış, bu tadilat sonucunda rıhtların yüksekliği ve merdivenin eğimi değişmiştir (Resim 1.14).

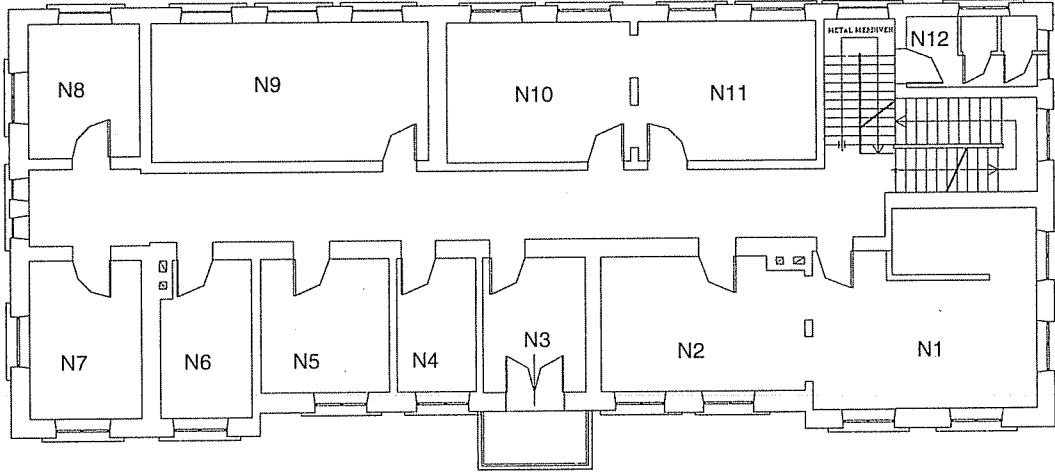


Resim 1.13. Sonradan Eklenen Kirişler



Resim 1.14. Sonradan Eklenen Mermer Kaplama Basamaklar

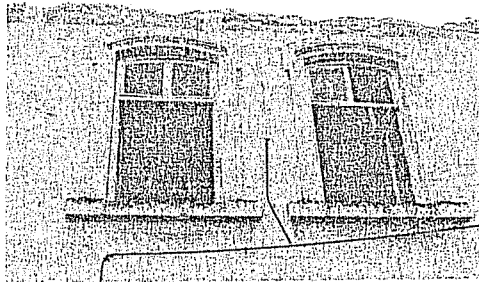
- Arka cephede bodrum kattaki oval pencereler tuğla ile örülerek kapatılmıştır.
- Zemin katta Z2 nolu odadan Z3 nolu odaya sonradan kapı açılmıştır. Z3 nolu odanın, başlangıçta iki ayrı oda olarak yapıldığı, daha sonra aradaki duvarın kaldırılmasıyla geniş bir oda haline dönüştürüldüğü, kapı boşluklarının kapatılması nedeniyle nişlerin oluştuğu ve yeni bir kapı açıldığı gözlenmiştir (Resim 1.12).
- Z4 nolu giriş holü ile Z5 nolu oda arasındaki duvarda pencere açılmıştır (Resim 1.12).
- N1 ile N2 nolu odalar arasında kemerli iki açıklıkla geçiş sağlanmıştır. Aynı durum N10 ve N11 nolu odalarda da mevcuttur (Resim 1.15).
- Z15 ve N12 nolu ıslak hacimlerde sonradan eklenmiş duvarlar bulunmaktadır (Resim 1.12, Resim 1.15).
- Normal katta, çatıya çıkmak amacıyla, mevcut merdiven yakınına, kuzey cepheye dik olarak metal bir merdiven eklenmiştir (Resim 1.15).



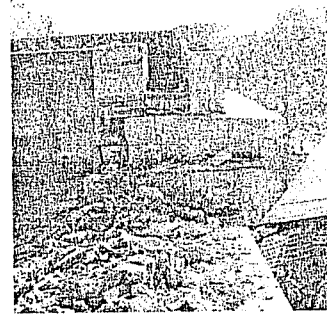
Resim 1.15. Birinci Kat Planı

1.3. Yapının Bugünkü Durumu ve Gözlenen Hasarlar

- Tüm cephelerde köşe taşlarında, pencere dış denizliklerinde, kabartma, silme ve parapetlerde yosunlaşma bulunmaktadır. Yosunlaşmanın arka cephede daha yoğun olduğu ve tüm pencere ve sövelerde bulunduğu gözlenmiştir.
- Batı cephesinde zemin kat dış duvarında derzleri takip ederek basamak şeklinde aşağı doğru gelişen çatlamlar görülmüştür.
- Depremde, binanın çatısında, kuzey cephesindeki saçak ve üzerindeki oluklu parapetin büyük bir kısmı, batı cephesinde ise saçığın küçük bir kısmı ile oluklu parapetin önemli bir kısmı yıkılmıştır (Resim 1.15) Parapetin kalan kısmı ise yıkılmak üzeredir. Tehlikeli bir durum yarattığından kalan parapet kısımları acilen güvenilir duruma getirilmelidir (Resim 1.16).



Resim 1.15. Parapetlerin Yıkılması Sonrasındaki Durum



Resim 1.16. Yıkılmak Üzere Olan Parapet

- Islak hacimlerde yoğun şekilde rutubet ve yosunlaşma görülmektedir.
- Bina genelinde depremden kaynaklanan sıva çatlakları ve köşe noktaları ile bazı pencere üzerinde patlamalar meydana geldiği tespit edilmiştir.
- Binanın zemin katında yer alan taşıyıcı duvarların çok önemli bir kısmında diyagonal çatlaklar oluşmuştur.

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 verilmiş 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.

Makalesi yayınlanan yazarlara bir adet dergi, 10 adet ayrı baskı gönderilir, ancak telif hakkı ödenmez. Dergiye gönderilen yazılar yayımlansın 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

Tek Etkili H ₂ O-LiBr Akışkan Çiftli Absorpsiyonlu Soğutma Makinası <i>Yaşar KURDOĞLU</i>	121
Anaerobik Biyoteknolojik Arıtmanın Kağıt Endüstrisi Atıksularına Uygulanması <i>Ahmet YÜCEER, Mesut BAŞIBÜYÜK, Turan YILMAZ</i>	129
Salamuralık Yeşil Zeytin Sınıflandırma ve Kırma Makinası <i>Selçuk MİSTİKOĞLU, Ümit GÜNAY</i>	137
Doğu Anadolu Fayı Palu-Hazar Gölü Segmentinin Depremselliği <i>Hasan ÇETİN, Hakan GÜNEYLİ</i>	145
Akiferde Termal Enerji Depolama Tekniğinin Uygulama Çalışmaları <i>Şaziye BOZDAĞ, Halime PAKSOY, Bekir TURGÜT</i>	155
Göksun-Afşin (Kahramanmaraş) Arasında Yüzeyleyen Yüksekova Ofiyolitinin Jeokimyası ve Jeokronolojisi <i>Osman PARLAK</i>	161
Gümüş Cevheri Üretim Tesisi Atık Sularından AVR Yöntemi İle Siyanürün Geri Kazanımı <i>Oktay BAYAT, Hüseyin VAPUR</i>	169
Yüksek Basıncılı Enjeksiyon (Jet-Grout) Yöntemi İle Zeminlerin Islahı <i>Mehmet SÖYLEMEZ, Osman GÜNAYDIN, Mustafa FENER</i>	177
Jeostatistiksel Analiz Üzerine Bir Bilgisayar Programı <i>Ahmet DAĞ, Bayram Ali MERT</i>	181
Kalite Yaklaşımlarında Proses Kontrol Tekniği ve Tekstil Sanayinde Uygulanabilirliği <i>Emel Ceyhan SABİR</i>	187
Kriz Yönetimi Yaklaşımının Türk İnşaat Sektöründe Algılanma ve Uygulanma Düzeyi <i>M.Emin ÖCAL, Ercan ERDİŞ</i>	195
Eş Zamanlı Mühendislik Kavramının Proje Yönetimindeki Yeri ve Önemi <i>M.Emin ÖCAL, Nuran KAYA DANIŞMAN</i>	203
Afşin-Elbistan Uçuş Külünün Çimento Tabanlı Malzemeler İçinde Kullanılabilirliğinin Rötre ve Dayanım Ölçümleriyle Araştırılması <i>Cengiz Duran ATIŞ</i>	211
Çalışanların İş Tatmini ve Motivasyonunun Ölçülmesine Yönelik İstatistiksel Bir Yaklaşım <i>Rızzan EROL</i>	219
Elektrokardiyogram ve Arterial Kan Basıncı Analizi ve Baroreflex Duyarlılığının Ölçümü <i>Fırat İNCE, Sami ARICA, Ahmet BİRAND</i>	225
Tank Havalandırma Başlığı Dizaynı <i>Selma ERGİN</i>	233
Malzeme Koruyucuların Performansının Ölçülmesi İçin Geliştirilen Test Cihazı <i>Sibel Onat HATTAP</i>	241
Adana Koruma Amaçlı İmar Planı <i>Duygu SABAN</i>	249
Şekerpınar-Akköprü Rölövesi ve Rekonstrüksiyon Projesi <i>Erkin ERTEN, Mustafa YEGİN, Semiha AKÇAÖZOĞLU</i>	255
Misis Köprüsü Rölövesi ve Restorasyon Projesi <i>Erkin ERTEN, Mustafa YEGİN, Semiha AKÇAÖZOĞLU</i>	261
Adana Çevik Kuvvet Binası Rölövesi <i>Erkin ERTEN, Mustafa YEGİN, Semiha AKÇAÖZOĞLU</i>	267