



BAYBURT ÜNİVERSİTESİ



MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

BİLDİRİ KİTABI

MÜHENDİSLİKTE YENİ TEKNOLOJİLER SEMPOZYUMU

MYT
2015



ISBN:978-605-9945-07-3

Bayburt Üniversitesi Yayınları, Sayı No:13

Bu kitapta yer alan bildirilerin tüm sorumluluğu yazarlara aittir.

Bu yayın ücretsiz olup parayla satılamaz,

Kaynak gösterilerek kullanılabilir.

ISBN: 978-605-9945-07-3

Bayburt Üniversitesi Yayınları Sayı No:13

Editörler

Prof. Dr. Mehmet GAVGALI
Arş. Gör. Kübra (AKŞEHİR) ÇAKIROĞLU
Arş. Gör. Emin USLU

DESTEKLEYEN KURULUŞLAR



DÜZENLEME KURULU

Sempozyum Onursal Başkanı

Prof. Dr. Selçuk COŞKUN

Sempozyum Düzenleme Kurulu Başkanı

Prof. Dr. Mehmet GAVGALI

Sempozyum Düzenleme Kurulu Başkan Yardımcısı

Yrd. Doç. Dr. Hasan H. KARA

Üyeler

Yrd. Doç. Dr. Ayla ARSLANER

Yrd. Doç. Dr. Murat BALCI

Yrd. Doç. Dr. Ömer CAN

Yrd. Doç. Dr. Tahsin ÜNLÜ

Arş. Gör. Erdal İĞMAN

Arş. Gör. Emin MERCAN

Arş. Gör. Erdal ÖNER

Arş. Gör. Emin USLU

Arş. Gör. Hakan Alper KAMILOĞLU

Arş. Gör. Sinan MARAŞ

Arş. Gör. Şule BAŞAR

Sempozyum Sekreteryası

Arş. Gör. Kübra AKŞEHİR

Arş. Gör. Recep ÇATAR

Arş. Gör. Yavuz Selim HATİPOĞLU

Veli ACAR

Sempozyum Bilimsel Danışma Kurulu

Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR	Afyon Kocatepe Üniv.
Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN	Uludağ Üniv.
Prof. Dr. Adnan DERDİYOK	Atatürk Üniv.
Prof. Dr. Alemdar BAYRAKTAR	Karadeniz Teknik Üniv.
Prof. Dr. Ali BAYRAK	Ankara Üniv.
Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN	Ankara Üniv.
Prof. Dr. Burhan SELÇUK	Cumhuriyet Üniv.
Prof. Dr. Bülent ÇAKMAK	Erzurum Teknik Üniv.
Prof. Dr. Can E. BALAS	Gazi Üniv.
Prof. Dr. Cengiz KAYACAN	Süleyman Demirel Üniv.
Prof. Dr. Cengiz ÖZMETİN	Balıkesir Üniv.
Prof. Dr. Cesim ATAŞ	9 Eylül Üniv.
Prof. Dr. Cuma BİNDAL	Sakarya Üniv.
Prof. Dr. Erdoğan KÜÇÜKÖNER	Süleyman Demirel Üniv.
Prof. Dr. Fahri Uluç ÖZBAYOĞLU	Bayburt Univ.
Prof. Dr. Fatih ALTUN	Erciyes Üniv.
Prof. Dr. Feramuz ÖZDEMİR	Antalya Üniv.
Prof. Dr. Fevzi BEDİR	Süleyman Demirel Üniv.
Prof. Dr. Fikret YÜKSEL	Yalova Üniv.
Prof. Dr. Halis ÇELİK	Fırat Üniv.
Prof. Dr. Hasan YETİM	Erciyes Üniv.
Prof. Dr. Hayri COŞKUN	Abant İzzet Baysal Üniv.
Prof. Dr. Hira KARAGÜLLE	9 Eylül Üniv.
Prof. Dr. İbrahim TÜRKMEN	İnönü Üniv.
Prof. Dr. İhsan BAKIRCI	Atatürk Üniv.
Prof. Dr. İrfan KAYMAZ	Erzurum Teknik Üniv.
Prof. Dr. İsmail Hakkı ÇAĞATAY	Çukurova Üniv.
Prof. Dr. Kutsi Savaş ERDURAN	Niğde Üniv.
Prof. Dr. M. Fatih ERTUGAY	Erzincan Üniv.
Prof. Dr. M. Murat KARAOĞLU	Atatürk Üniv.
Prof. Dr. Mehmet ERTUĞRUL	Atatürk Üniv.
Prof. Dr. Muhammet DERVİŞOĞLU	19 Mayıs Üniv.
Prof. Dr. Mustafa SABUNCU	9 Eylül Üniv.
Prof. Dr. Mustafa GÜRSSES	Atatürk Üniv.
Prof. Dr. Mustafa ŞENGÜL	Atatürk Üniv.
Prof. Dr. Mükerrerem KAYA	Atatürk Üniv.
Prof. Dr. Necati KULOĞLU	Fırat Üniv.
Prof. Dr. Nihat AKIN	Selçuk Üniv.
Prof. Dr. Osman KOPMAZ	Bursa Teknik Üniv.
Prof. Dr. Osman Nuri ÇELİK	Selçuk Üniv.
Prof. Dr. Ömer ZORBA	Abant İzzet Baysal Üniv.
Prof. Dr. Özcan TAN	Karatay Üniv.

Prof. Dr. Ramazan KARAKUZU	9 Eylül Üniv.
Prof. Dr. Rüstem GÜL	Atatürk Üniv.
Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI	Atatürk Üniv.
Prof. Dr. Şefik KURULTAY	Namık Kemal Üniv.
Prof. Dr. Şemsi Burhanettin ALTAN	Bayburt Univ.
Prof. Dr. Yaşar TOTİK	Atatürk Üniv.
Doç. Dr. Abdulkadir ÇEVİK	Gaziantep Üniv.
Doç. Dr. Ahmet BUDAK	Atatürk Üniv.
Doç. Dr. Burak DİKİCİ	Yüzüncü Yıl Üniv.
Doç. Dr. Hamdullah ÇUVALCI	Karadeniz Teknik Üniv.
Doç. Dr. Hasan ÖZTÜRK	9 Eylül Üniv.
Doç. Dr. Hüseyin SERENCAM	Bayburt Univ.
Doç. Dr. Latif ÖZLER	Fırat Üniv.
Doç. Dr. Mehmet Levent KOÇ	Cumhuriyet Üniv.
Doç. Dr. Metin UÇURUM	Bayburt Univ.
Doç. Dr. Mehmet ÇINAR	Bayburt Univ.
Doç. Dr. Selim ALTUN	Ege Üniv.
Doç. Dr. Talip KAHYAOĞLU	Yıldız Teknik Üniv.
Doç. Dr. Yusuf TUNÇTÜRK	Yüzüncü Yıl Üniv.
Doç. Dr. Yüksel TAŞDEMİR	Bozok Üniv.
Yrd. Doç. Dr. Emine MACİT	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. Enes DERTLİ	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. Engin ŞAHİN	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. Engin YENER	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. Ertekin ÖZTEKİN	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. Ertuğrul ÇELİK	Tunceli Üniv.
Yrd. Doç. Dr. Hasan H. KARA	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. İbrahim Hakkı KARAKAŞ	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. İlhan ÇELİK	Gümüşhane Üniv.
Yrd. Doç. Dr. İlker TEKİN	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Barış TABAKCIOĞLU	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. Mehmet BAŞLAR	Yıldız Teknik Üniv.
Yrd. Doç. Dr. Murat ÇOLAK	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. Özlem ÇAKIR	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. Rabi KARAALİ	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. Şükran EFE	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. Uğur ÇAKIR	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. Uğur SERENCAM	Bayburt Univ.
Yrd. Doç. Dr. Oğuz Akın DÜZGÜN	Atatürk Üniv.
Yrd. Doç. Dr. Sevda OCAK	Yüzüncü Yıl Üniv.

Mühendislikte Yeni Teknolojiler (MYT-2015)/Bayburt

22 EKİM 2015 PERŞEMBE - SUNUM PROGRAMI			
09.00-10.00	Kayıt İşlemleri		
10.00-11.00	Açılış Konuşmaları (Konukevi Konferans Salonu)		
11.00-12.00	Açılış Oturumu		
<p>Mühendislikte Nanoteknoloji Uygulamaları Prof. Dr. Ahmet AVCI Savunma Teknolojilerinde Yüzey Mühendisliği Uygulamaları ve Örnek Ar-Ge Çalışmaları Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU</p>			
12.00-13.00	Öğle Yemeği Arası		
14.00-15.30	1A Oturumu - Gökhan Budak Konferans Salonu Oturum Başkanı: Doç. Dr. Hamdullah ÇUVALCI	14.00-15.30	1B Oturumu-Mühendislik Fakültesi Konferans Salonu Oturum Başkanı: Prof.Dr Fahri Uluç ÖZBAYOĞLU
<p>Davetli Konuşmacı Plazma Teknolojileri Prof. Dr. Beycan İBRAHİMOĞLU</p> <p>Pantolon Cebinde Taşınan Akıllı Telefonun İvmeölçer Verilerini Kullanarak Aktivite Tanıma Sermet KIRKAN, Işıl KARABEY, Levent BAYINDIR Magnezyum Diborür (Mgb2) Üretimi Ve Uygulama Alanları Selçuk AVCI, Ferhat BÜLBÜL Elektrokimyasal Biyo-Sensörlerin Labview Tabanlı Kontrolü Emrah KAPLAN, Julien REBOUD,, Jon COOPER Güneş Enerji Destekli Jeotermal Kaynaklı Hibrid Sistem Isı Pompasının Isıl Performansı Hüseyin GÜLLÜCE, Süleyman KARSLI, Hanifi SARAÇ Isı Transferi Uygulamalarında Yapay Sinir Ağlarının Kullanılabilirliği Ahmet TANDIROĞLU</p>		<p>Basit Eğilme Etkisi Altındaki Bazı Betonarme Kesitler İçin Dikdörtgen Gerilme Bloğu Parametrelerinin 2007 Deprem Yönetmeliğindeki Kesit Hasar Sınırlarına Göre Belirlenmesi Ertekin ÖZTEKİN, Selim PUL, Metin HÜSEM Tabakalı Kompozit Kirişlerin Sonlu Elemanlar Metoduyla Statik, Dinamik ve Stabilitate Analizleri Volkan KAHYA Mesnetlerinden Farklı Yer Hareketlerine Maruz Kablolü Köprülerde Kablo Davranışlarının İncelenmesi Zeliha TONYALI, Barbaros ATMACA, Muhammet YURDAKUL, Şevket ATEŞ Uniform Yer Hareketlerine Maruz Eğik Askılı Köprünün Dinamik Davranışı Muhammet YURDAKUL, Zeliha TONYALI, Barbaros ATMACA, Şevket ATEŞ Uzay Çelik Çerçevelerin Matlab-Sap2000 Oapı İle Optimum Boyutlandırılması Musa ARTAR, Ayşe T. DALOĞLU Eurocode Yönetmeliğine Göre Yer Hareket Kayıtlarının Seçilmesi Ve Ölçeklendirilmesi Mustafa ERGÜN, Şevket ATEŞ</p>	
15.30-15.45	Oturum Değerlendirme	15.30-15.45	Oturum Değerlendirme
15.45-16.00	Çay-Kahve Arası		
16.00-17.45	2A Oturumu - Gökhan Budak Konferans Salonu Oturum Başkanı: Prof. Dr. Mehmet Akif CEVİZ	16.00-17.45	2B Oturumu Mühendislik Fakültesi Konferans Salonu Oturum Başkanı: Yrd. Doç. Dr. Osman KARA
<p>Elektrik Enerjili Yarıç Aracının Elektrik Sisteminin, Enerji Yönetiminin Ve Telemetri Sisteminin Geliştirilmesi Alırza KALELİ, Mehmet Akif CEVİZ, Tevhit KARACALI, Erdoğan GÜNER, Hakan AHMETOĞLU, Muhammed Murad TOP Fpga Teknolojisi Ve İçten Yanmalı Motorlarda Uygulanması Hüseyin KÖKSAL, Alırza KALELİ, M.Akif CEVİZ, Galip KALTAKKIRAN, H. İbrahim AKOLAŞ Faz Değişiren Malzemelerin Tanıtımı Ve Mühendislikte Enerji Depolama Tekniği Olarak Kullanımı Galip KALTAKKIRAN, M. Akif CEVİZ, Hüseyin KÖKSAL, Erdoğan GÜNER Günümüz Sıkıştırma Ateşlemeli Motorlarındaki Püskürtme Stratejileri Ve Avantajları Erdoğan GÜNER, M. Akif CEVİZ, Galip KALTAKKIRAN, Hüseyin KÖKSAL, Alırza KALELİ Yeni Tip Kuru Soğutma Kulelerinde Kullanılan Rüzgâr Kırıcılar Hadi Ghasemi ZAVARAGH, Mehmet Akif CEVİZ, İ. Volkan ÖNER, Halil İbrahim AKOLAŞ Taşıt Motorlarında Kullanılan Soğutma Sistemlerinde Yeni Teknolojiler Halil İbrahim AKOLAŞ, Mehmet Akif CEVİZ, Hadi Ghasemi ZAVARAGH, Alırza KALELİ Türkiye’de Kaya Gazı Potansiyeli Ve Ekonomik Beklentiler Süleyman KARSLI, Ferhat KAYA, Hüseyin GÜLLÜCE, Ahmet Numan ÖZAKIN</p>		<p>Davetli Konuşmacı Bilgisayarlı Tomografi Yönteminin Betonun Porozitesinin Belirlenmesinde Kullanımı Yrd. Doç.Dr İlker TEKİN</p> <p>Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Bir Betonarme Elemanda Isı Yayılımının İncelenmesi Arman H. ESKANDANI, Selim PUL Plastik Boşluklu Kirişsiz Döşeme Sistemleri İle İlgili Bir Sentez Çalışması Mohammad Manzoor NASERY, Metin HÜSEM Asfalt Bağlayıcının Nano Materyaller İle Modifikasyonu Erol İSKENDER, Atakan AKSOY Polimer Atık Katkılı Betonların Performans Değerlendirmesi Atakan AKSOY, Erol İSKENDER Beton Gerilme Şekil Değişirme Eğrilerinin Bulanık Mantık Yaklaşımıyla Elde Edilmesi Ertekin ÖZTEKİN, Filiz KUMAŞ Erzincan-Üzümlü Yöresi Volkanik Kayaçlarının Kırmataş Agrega Özellikleri Şükrü YETGİN, Yavuz Selim AKSÜT, Ahmet ÇAVDAR</p>	
17.45-18.00	Oturum Değerlendirme	17.45-18.00	Oturum Değerlendirme
18.00-19.00	Akşam Yemeği		

Mühendislikte Yeni Teknolojiler (MYT-2015)/Bayburt

23 EKİM 2015 CUMA - SUNUM PROGRAMI			
09.00-10.30	3A Oturumu- Gökhan Budak Konferans Salonu Oturum Başkanı: Prof. Dr. Fevzi BEDİR	09.30-10.30	3B Oturumu - Mühendislik Fakültesi Konferans Salonu Oturum Başkanı: Prof. Dr. İhsan BAKIRCI
	Davetli Konuşmacı Online Eğitim Teknolojilerinin Mühendislik Eğitimindeki Devrimi: Tsunami Sörf Yapmak Mı Yoksa Boğulmak Mı? Prof.Dr İrfan KAYMAZ Elektrik Motor Fırçalarında Deney Parametrelerinin Aşınma Davranışına Etkisi Hüseyin İPEK, Hamdullah ÇUVALCI Titanyum-Nikel Şekil Hafızalı Filmlerin Magnetron Sıçratma Yöntemiyle Kristal Yapıda Büyütülmesi Hikmet ÇİÇEK, İhsan EFEOĞLU, Yaşar TOTİK, Kadri Vefa EZİRMİK Gyroid Poroz Yapılı ve Geleneksel Tibial Diz Protezi Bileşeninin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Fiksasyon Açısından Karşılaştırılması İsmail Hakkı KORKMAZ, İrfan KAYMAZ, Ömer Selim YILDIRIM Cam Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Düşük Hızlı Darbe Davranışlarının Nümerik Analizi Hamit AKBULUT, Serkan KARADAYI, Farzin Azimpour SHİSHEVAN, Volkan ACAR		Davetli Konuşmacı Yeni Gıda İşleme Tekniklerinin Ürün Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi Prof.Dr. Mükerrrem KAYA Ülkemizde Peynir Bilimi ve Teknolojisindeki Gelişmeler (Çağrılı Bildiri) Songül ÇAKMAKÇI Gıda Mühendisliği alanında Nanoteknoloji Uygulamaları (Çağrılı Bildiri) M.Tahsin YILMAZ Teknofonksiyonel yönleriyle Laktik Asit Bakterileri Hümeyra İSPİRLİ, Fatmanur DEMİRBAŞ, Emin MERCAN, Enes DERTLİ
10.30-10.45	Oturum Değerlendirme	10.30-10.45	Oturum Değerlendirme
10.45-11.00	Çay-Kahve Arası		
11.00-11.45	4A Oturumu - Gökhan Budak Konferans Salonu Oturum Başkanı: Doç. Dr. İsak KOTÇİOĞLU	11.00-11.45	4B Oturumu - Mühendislik Fakültesi Konferans Salonu Oturum Başkanı: Prof. Dr. İhsan BAKIRCI
	Farklı Tip Kanatçıklara Sahip Çapraz Akışlı (HRV) Isı Değiştiricisinde İkinci Kanun Analizi İsak KOTÇİOĞLU, Mansour Nasiri KHALAJİ, Alperen Buğra ÇOLAK, Mohammed ALLAHYARİ Reçinesine Grafen ve Karbon Nanotüp Ekleme Karbon Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Mekanik Özellikleri ve Darbe Davranışları Üzerindeki Etkileri Farzin Azimpour SHİSHEVAN, Volkan ACAR, Hamit AKBULUT		Davetli Konuşmacı Mühendislikte AR-GE çalışmaları ve Günce AR-GE destekleri Prof.Dr. Osman SAĞDIÇ Gıda Endüstrisinde Ultrases ve Uygulamaları (Çağrılı Bildiri) M.Fatih ERTUGAY, Kübra AKŞEHİR Gıda Endüstrisinde Nanoenkapsülasyon Pınar KIZILKAYA, Güzin KABAN, Mükerrrem KAYA
11.45-12.00	Oturum Değerlendirme	11.45-12.00	Oturum Değerlendirme
12.00-14.00	Öğle Yemeği		
23 EKİM 2015 CUMA - SUNUM PROGRAMI			
14.00-15.45	EK-1 Oturumu – Mühendislik Fakültesi Okuma Salonu Oturum Başkanı: Yrd. Doç. Dr. Uğur SERENCAM		
	Zemin Mekaniğinde Hidrometre Deneyi Yerine Kullanılabilecek Alternatif Yöntem: Lazer Kırınım Yöntemi Fatih YILMAZ, Hakan Alper KAMILOĞLU, Erol ŞADOĞLU, Ahmet KUVAT Kilitli Parke Taş Kaplamaların Bakım ve Koruma Rehberi Atakan AKSOY, Erol İSKENDER Numune Alma Sırasında Kum Zeminlerde Sıklığı Belirleyebilen Yeni Bir Penetrometre Tasarımı Osman KARA Eksantrik Yüklü Model Yüzeysel Temellere Ait Taşıma Gücü Değerlerinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Modellenmesi Hakan Alper KAMILOĞLU, Fatih YILMAZ, Erol ŞADOĞLU, Coşkun HAMZAÇEBİ, Fahri Uluç ÖZBAYOĞLU Asfalt Modifikasyonunda Bor İçerikli Katkıların Karıştırma Şartlarının İncelenmesi Bahadır YILMAZ, Şeref ORUÇ Bayburt Taşı Atıklarının Zemin Stabilizasyonunda Kullanılmasıyla Kıvam Limitlerinde Meydana Gelen Değişimler Fatih YILMAZ, Hakan Alper KAMILOĞLU, Erol ŞADOĞLU, Fahri Uluç ÖZBAYOĞLU Mühendislikte Bilgisayarlı Tomografi Kullanımı Fatih YILMAZ		
15:45-16.00	Oturum Değerlendirme		
16:00-16:15	Çay-Kahve Arası		

Mühendislikte Yeni Teknolojiler (MYT-2015)/Bayburt

23 EKİM 2015 CUMA - SUNUM PROGRAMI			
14.00-15.30	5A Oturumu - Gökhan Budak Konferans Salonu Oturum Başkanı: Doç. Dr Aykut ÇANAĞCI	14.00-15.30	5B Oturumu- Mühendislik Fakültesi Konferans Salonu Oturum Başkanı: Prof. Dr Burhan SELÇUK
	<p>Bir Uzabulum (Telepresence) Robotun Tasarımı Ve Gerçeklenmesi Tuğrul ÇAVDAR, Şeyma AYMAZ</p> <p>Doğal yaşlandırma işleminin ultra ince tane yapılı Zn-22Al alaşımının oda sıcaklığı ve yüksek deformasyon hızı süperplastisitesi üzerine etkisi Muhammet DEMİRTAŞ, Genççağ PÜRÇEK, Harun YANAR, Zhenjun ZHANG, Zhefeng ZHANG</p> <p>Hidrojen Depolama Tankının Viscous-Laminar K-Epsilon Modeli İle Sonlu Elemanlar Analizi Ümrhan ELMAS, Fevzi BEDİR, Muhammet KAYFECİ, Engin GEDİK</p> <p>B4C ve Grafen Nano Parçacıkları ile Güçlendirilmiş ZA27 Alaşımının Mikro Yapısı ve Aşınma Davranışlarının İncelenmesi Emre Deniz YALÇIN, Aykut ÇANAĞCI, Serdar ÖZKAYA, Fatih ERDEMİR</p> <p>Mikro Ark Oksidasyon (MAO) Yöntemi ile Hafif Metallerin Kaplanması Ebru Emine ŞÜKÜROĞLU, Süleyman ŞÜKÜROĞLU, Yaşar TOTİK, Ersin ARSLAN, İhsan EFEÖĞLU</p> <p>Nanoteknoloji ve Alzheimer Hastalığı: Güncel Fırsat ve Risk Değerlendirmeleri Hasan TÜRKEZ</p>		<p>Bayburt Taşından Kordierit Bağlayıcılı Zımpara Taşı Üretimi Tahsin ÜNLÜ</p> <p>Çok Katmanlı Nanoelyaf Takviyesinin Epoksi Reçinenin Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi Mehmet Okan ERDAL, Şakir YAZMAN, Lokman GEMİ, Ahmet YAPICI</p> <p>Matematik Öğretiminde Mühendislik Abet Öğrenme Çıktılarına Yönelik Dimle Yaklaşımı Ersin İLHAN</p> <p>Elektronik Cihazların Soğutulmasında Isı Kaynağı Konumunun Isı Transferi Üzerine Etkisinin Sayısal İncelenmesi Bırol ŞAHİN</p> <p>Isı Değiştiricilerinde Enerji-Maliyet Optimizasyon Problemlerinin Çözümü Rabi KARAALİ</p> <p>T/M Yöntemi İle Üretilen Kamın Kimyasal Yapısının İrdelenmesi Burhan SELÇUK, Tahsin ÜNLÜ, Ahmet YÜCEL, Hakan UYGUNUÇARLAR</p>
15.30-15.45	Oturum Değerlendirme	15.30-15.45	Oturum Değerlendirme
15.45-16.00	Çay-Kahve Arası		
16.00-17.45	6A Oturumu Gökhan Budak Konferans Salonu Oturum Başkanı: Yrd. Doç. Dr. Emine Ebru ŞÜKÜROĞLU	16.00-17.45	6B Oturumu - Mühendislik Fakültesi Konferans Salonu Oturum Başkanı: Doç. Dr. Hasan TÜRKEZ
	<p>GGG-60 Küresel Grafitli Dökme Demirden Ürün Üretiminde Aşılmalı Türü ve Miktarının İçyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi Fadıl BARUTÇU, Murat ÇOLAK, Erdal KARADENİZ</p> <p>Otomotiv Uygulamaları İçin Tini İle Takviye Edilmiş Magnezyum Bazlı Kompozitlerin Geliştirilmesi Fevzi KELEN, Tarık AYDOĞMUŞ, Mehmet GAVGALI</p> <p>Mekanik Alaşımlama Yöntemiyle Al2024- B4c Nanokompozitlerin Üretimi Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi Serdar ÖZKAYA, Aykut ÇANAĞCI</p> <p>Nano-Parçacık Takviyesinin Mekanik Alaşımlama Yöntemiyle Üretilen Za-27/Al2o3 Kompozitlerinin Mekanik Özelliklerine Etkisi Müslüm ÇELEBİ, Hamdullah ÇUVALCI, Aykut ÇANAĞCI, O. GÜLER</p> <p>Nano Partikül Takviyeli Kompozitlerin Titreşim Davranışlarının İncelenmesi Mehmet Fatih ŞANSVEREN, Mustafa YAMAN</p> <p>In-Situ Metal Matrisli Kompozitlerin Sıcak Presleme Yöntemi İle Üretimi Metin ÖNAL, Mehmet GAVGALI</p> <p>Adaptif Neuro-Fuzzy Çıkarım Sistemi (Anfis) İle Partikül Takviyeli Metal Matrisli Kompozitlerin Çökme Sertleşmesi Remzi TUNTAŞ, Burak DİKİCİ</p>		<p>Magnetic Field Effect On Valence Electron Structure Of Invar Bünyamin ALIM, İbrahim HAN, Lütfü DEMİR</p> <p>Dişbükey Zarf Tekniğine Dayalı Eğitim Kırınımı Modelinin Radyo Ve Televizyon Yayıncılığında Kullanılması Mehmet Barış TABAKCIOĞLU, Doruk AYBERKİN</p> <p>Sfır Emisyonlu Kojenerasyon Tesislerinin Ekserji Ve Performans Analizi Rabi KARAALİ, İlhan Tekin ÖZTÜRK</p> <p>Akıllı Telefon Seçimi İçin Bulanık Ortamda AHP Ve TOPSIS Metotlarını Kullanan Bir Performans Ölçüm Modeli Elif AYTAÇ, Özcan AYTAÇ</p> <p>Temiz Üretimde Mesleki Teknik Eğitimin Önemi Ve Sektörlere Katkıları Murat ÇETİN</p> <p>Combining Simulation and Design of Experiment Approach in Healthcare Area Abdulkadir ATALAN</p> <p>Yüksek Takviye Oranına Sahip Al-Cu/B4c Metal Matrisli Kompozitlerin Üretimi Ve Korozyon Davranışı Burak TOZKOPARAN, Burak DİKİCİ, Mehmet TOPUZ, Fevzi BEDİR, Mehmet GAVGALI</p>
17.45-18.00	Oturum Değerlendirme	17.45-18.00	Oturum Değerlendirme
18.00-19.00	Akşam Yemeği		

Mühendislikte Yeni Teknolojiler (MYT-2015)/Bayburt

22 EKİM 2015 PERŞEMBE - POSTER PROGRAMI			
09.00-10.00	Kayıt İşlemleri		
10.00-11.00	Açılış Konuşmaları (Konukevi Konferans Salonu)		
11.00-12.00	Açılış Oturumu		
<p>Mühendislikte Nanoteknoloji Uygulamaları Prof. Dr. Ahmet AVCI Savunma Teknolojilerinde Yüzey Mühendisliği Uygulamaları ve Örnek Ar-Ge Çalışmaları Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU</p>			
12.00-13.00	Öğle Yemeği Arası		
14.00-17.45	İİBF Poster Sunum Alanı	14.00-15.30	Mühendislik Fakültesi Poster Sunum Alanı
Poster Sıra No:	Poster Bildiriler ve Yazarlar	Poster Sıra No:	Poster Bildiriler ve Yazarlar
P-1	Rf-Pecvd Tekniği Kullanılarak Polianilin İnce Filmlerin Sentezi ve Karakterizasyonu Önder SİMSEK, Özkan BAYRAM, Mustafa Murat OZER, Mustafa Tolga YURTCAN, Erdal İĞMAN, Marefat Feizi KHANGHAH	P-1	Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Yeniden Örnekleme Yöntemi İle Kuraklık Değerlendirmesi Deniz FETTAHOĞLU
P-2	Aldehit Grubu Uçucu Yağların Sentezi ve Karakterizasyonu Önder SİMSEK, Özkan BAYRAM, Erdal İĞMAN	P-2	Sismik İzolasyon Sistemleri Ve Kullanım Alanları Muhammet YURDAKUL, Erdal ÖNER, Fatih YILMAZ
P-3	Basınçlı Kaplarda Uygulanan Hidrostatik ve Pnömatik Testlerde Dikkat Edilmesi Gereken Hususların İncelenmesi Tahsin ÜNLÜ, Erdal İĞMAN, Özkan BAYRAM, Recep ÇATAR, Emin USLU	P-3	Türkiye'deki Yenilenebilir Enerji Durumu ve Gelecek İçin Öneriler Uğur SERENCAM, Deniz FETTAHOĞLU
P-4	AZ61 Magnezyum Alaşımının Farklı Ortamlardaki Gerilme Korozyon Direncinin SSRT Yöntemi ile Belirlenmesi Recep ÇATAR, Hikmet ALTUN	P-4	Mevcut Betonarme Binaların Riskli Yapı Tespit Esasları'na Göre Değerlendirilmesi Yavuz Selim HATİPOĞLU, Oğuz Akın DÜZGÜN
P-5	Dökme Demirlerde Niobiyum Kullanımının Etkisinin İncelenmesi Murat ÇOLAK, Emin USLU, Recep ÇATAR		
P-6	Kalıpla Bükme İşleminde DP600 Sacının Geri Yaylanma Davranışının Araştırılması Emin USLU, Nihat TOSUN		
P-7	Nanoelyaf Katkılı Kompozit Yapılar Emin USLU, Mehmet GAVGALI, Mehmet Okan ERDAL		
P-8	İnsan Omurgasına Sanal Cerrahi İle Yerleştirilen Mikroçatlaklı Pedikül Vidalardaki Mekanik Davranışın Abdullah Tahir ŞENSOY, İrfan KAYMAZ, Akgün ALSARAN		
P-9	Termoelektrik Ve Soğutma Destekli Pv-Cell Termodinamik Verim Analizi Ahmet Numan ÖZAKIN, Süleyman KARSLI, Ferhat KAYA, Hüseyin GÜLLÜCE		
P-10	Düz dişli Çark Sisteminde Hata Tespiti İçin Titreşim Verilerinin İstatistiksel Proses Kontrolü Sinan MARAŞ		
P-11	Monte Carlo Optimizasyonu ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ile TiN/Ti Alaşımından Kaplanmış Kalıp Tasarımı Hamid ZAMANLOU, Filiz KARABUDAK, Sadri SEN, Ruhi YEŞİLDAL		
P-12	Nitrürleme Sonrasında Uygulanan Isıl İşlemin Saf Titanyumun Aşınma Davranışına Etkisi İlhan ÇELİK, Mehmet KARAKAN		
P-13	Yüzey Modifikasyonu Uygulanmış Saf Titanyumun Elektrokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi Mehmet KARAKAN, İlhan ÇELİK		
P-14	Araç Yangın Algılama ve Söndürme Sistemi Tasarımı Esmâ GAVGALI, Kenan USTA, Fuat ÖZER		
P-15	Yağı Alınmış Çörek Otu (Nigella Sativa) Atıklarının Dielektrik Özelliklerinin Frekans Bağımlılığı Haziret DURMUŞ, Mehmet Okan ERDAL, Abdullah DERYAL, Hasan ATCEKEN		
18.00-19.00	Akşam Yemeği		

Mühendislikte Yeni Teknolojiler (MYT-2015)/Bayburt

23 EKİM 2015 CUMA - POSTER PROGRAMI			
09.00-15.45	İİBF Poster Sunum Alanı	09.00-15.45	Mühendislik Fakültesi Poster Sunum Alanı
Poster Sıra No:	Poster Bildiriler ve Yazarlar	Poster Sıra No:	Poster Bildiriler ve Yazarlar
P-1	Bir dağıtım ağında çapraz yüklem stratejisi kullanılarak önceden atanmış araç rotalarının yeniden optimize edilmesi. Özcan AYTAÇ, Elif AYTAÇ	P-1	Bitkisel Yağ Rafinasyonunda Membran Teknolojisi Özlem YILMAZ, Mükerrerem KAYA
P-2	Greyder Bıçağı Aşınma Dayanımının incelenmesi, Elementler Kaplama Yapılarak Dayanım Ömrünün Artırılması ve Ekonomik Açısından Faydalı Hale Getirilmesi Ümmet SAĞIR, Mehmet GAVGALI	P-2	Ekstrüzyon Teknolojisinin Hububat Ve Baklagillerde Kullanımı Şule BAŞAR, M. Murat KARAOĞLU
P-3	Tam Sayılı Programlama Modeli İle Otobüs Çizelgeleme Optimizasyonu Ve Uygulaması Didem GÜLERYÜZ ÇİLİNGİR	P-3	Et Ürünlerinde Nitrozaminlerin Belirlenmesinde Kullanılan Kromatografik Teknikleri Selen SALLAN, Güzin KABAN, Mükerrerem KAYA
P-4	Görsel Kalite Değerlendirme Çalışmasında Realltime Landscaping Photo Programının Kullanımı Elif ÖNAL, Serkan ÖZER	P-4	Gıda Endüstrisi Ve İş Güvenliği İzzet ÖZHAMAMCI
P-5	Mühendislik Proseslerinde Taneli Hammadde/Ürünlerin Sınıflandırılmasında Kullanılan Sensör Temelli Ayırma Teknolojileri Metin UÇURUM	P-5	Gıda İşlemede Nanoenkapsülasyon Teknikleri Alime CENGİZ, Talip KAHYAOĞLU
P-6	Riyo-Dasitik Bileşimli Vitrik Tüf (Bayburt Taşı Tozu) Takviyesinin Epoksi Reçinenin Mukavemetine Etkisinin Araştırılması Tahsin ÜNLÜ, Mehmet Okan ERDAL, Lokman GEMİ, Şakir YAZMAN	P-6	Kolostrum Tozu Halil İbrahim AKGÜL, Mustafa ŞENGÜL
P-7	Karayollarında Kullanılan İşaret Levhalarının Kompozit Malzemeden İmalatı Hamit AKBULUT, Yusuf ERBAY, Volkan ACAR, Farzin AZİMPOUR SHISHEVAN	P-7	Laktik Asit Bakterilerinin Antagonistik Aktivitelerinin Belirlenmesinde Kullanılan Teknikler Kübra ÇİNAR, Aybike KAMILOĞLU, Güzin KABAN
P-8	Fabrikalarda Üretim Öncesi Ve Sonrası Yönetim Olgusunu Kurumsal Kaynak Planlama (Erp) İle Bütünleştirmek Özkan OFLAZ	P-8	Meyve ve Sebze Kaynaklı Diyet Liflerinin Süt Endüstrisinde Kullanımı Özlem ÇAKIR, Ayla ARSLANER
P-9	İki Fazlı Soğutucu Akışkan Püskürtmeli Çok Kademeli Doymuş Buhar Sıkıştırma Soğutma Çevriminin Enerji Ve Ekserji Analizi Rabi KARAAİLİ	P-9	Peynir Altı Suyunun Değerlendirilmesinde Kullanılan Membran Teknikleri Emine MACİT, İhsan BAKIRCI
P-10	İnverter Teknolojisi Ve Soğutma Sistemlerine Uygulanması Uğur ÇAKIR, Murat BALCI, Recayi KAYMAKCI, Nesimi AKPINAR	P-10	Salmonella Braenderup'un Gıda Güvenliği Açısından Önemi Sebahat ÖZAKÇA, Funda KARBANCIOĞLU GÜLER
P-11	Hibrit Elektrikli Araçlardaki Son Gelişmeler Şükran EFE	P-11	Süt İşlemede Yüksek Basınç Kullanımı Emin MERCAN, Nihat AKIN
P-12	Isı Pompası Sistemlerinde Çeşitli Soğutucular İçin Açık Tip Pistonlu Kompresörlerin Deneysel İncelenmesi Faraz AFŞARİ, Ömer ÇOMAKLI, Nesrin ADIGÜZEL, Hadi GHASEMI	P-12	Süt Teknolojisinde Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamaları Ayla ARSLANER
P-13	Aile Sağlığı Merkezi'ndeki Manyetik Alan Seviyeleri Ve Etkileri Nurbanu MACİT, Sümeyra CİBA	P-13	Teknolojik Yöntemlerle Yapılandırılmış Yağ Üretimi Ve Sektör Uygulamaları Tuğba ELBİR, Hasan Hüseyin KARA
P-14	T/M Yöntemiyle Üretilen Demir Esaslı Malzemelerde Borlama Parametrelerinin ve Yüzey Pürüzlülüğünün Mikroyapıya ve Sertliğe Etkisi Demet ÖZAYDIN, Hakan ÇETİNEL	P-14	Determination Of Phenolic Profile And Antioxidant Activity Of Different Marmalades Memnune ŞENGÜL, Elif Feyza TOPDAŞ, Kadir BAYRAMBAŞ, Hanife DOĞAN
P-15	Kemiğe Monte Edilmiş Farklı Geometrilere Sahip Servikal Disk Protezlerde Gerilme Analizi Ahmet SAMANCIOĞLU, Hojjat GHABRAMANZADEH ASL, Akgün ALSARAN		
18.00-19.00	Akşam Yemeği		

Değerli Katılımcılar,

Mühendislik alanında yaşanan gelişmeler insanoğluna 21. yüzyılın kapılarını açmıştır. Sadece elli yıl önce mühendisliğin temel odak noktaları olan Fizik ve Elektronik, iletişim araçlarının geliştirilmesi, toplumsal gereksinimleri karşılayacak ölçüde enerji arzı, yolların ve yaşam alanlarının imalatı ve temel gıda maddelerinin yüksek hacimlerde üretilmesi gibi konular artık yerlerini her alanda materyalleri nano boyutta değiştirmeyi amaçlayan nanoteknolojiye, bilgi teknolojilerinin ortaya çıkması ile iletişim araçlarının toplumsal ve sosyal gereksinimleri karşılayacak şekilde dizayn edilmesine, temiz, güvenli ve yenilenebilir enerjiye, farklı enerji kaynaklarının ortaya çıkarılmasına, akıllı evlere, yollara ve ulaşım araçlarına, gıdaların en sağlıklı ve güvenilir şekilde arzı gibi konularına bırakmıştır. Benzer olarak bilgi teknolojileri ve yaşam bilimlerindeki gelişmeler mühendisliğin önümüzdeki dönemlerde çok daha farklı noktalara evrilebileceğinin ipuçlarını şimdiden vermektedir. Öte yandan 2050’lerde yaklaşık olarak 10 milyara ulaşması beklenen Dünya nüfusu var olan kaynakların her alanda en iyi şekilde değerlendirilebilmesine imkân sağlayan teknolojik gelişmelere her zamankinden daha fazla ihtiyaç duyduğumuzun göstergesidir. Bu bağlamda Üniversitemizde gerçekleştirdiğimiz ‘Mühendislikte Yeni Teknolojiler Sempozyumu’ Makine, Gıda, İnşaat, Malzeme, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliklerinde yaşanan son gelişmelerin ortaya konduğu ve gelecek perspektiflerinin yapıldığı çok önemli bir organizasyon olmuştur. Sempozyuma ilgi gösteren, katkı sunan tüm katılımcılara teşekkürlerimi sunarım.

Prof. Dr. Mehmet GAVGALI

Sempozyum Düzenleme Kurulu adına

ISBN: 978-605-9945-07-3

Bayburt Üniversitesi Yayınları Sayı No: 13

İÇİNDEKİLER
SÖZLÜ BİLDİRİLER

MİKRO ARK OKSİDASYON (MAO) YÖNTEMİ İLE HAFİF METALLERİN KAPLANMASI	1
<i>Ebru Emine ŞÜKÜROĞLU, Süleyman ŞÜKÜROĞLU, Yaşar TOTİK, Ersin ARSLAN, İhsan EFEOĞLU</i>	
HİDROJEN DEPOLAMA TANKİNİN VISCOUS-LAMINAR K-EPSILON MODELİ İLE SONLU ELEMANLAR ANALİZİ	2
<i>Ümran ELMAS, Fevzi BEDİR, Muhammet KAYFECİ, Engin GEDİK</i>	
MATEMATİK ÖĞRETİMİNDE MÜHENDİSLİK ABET ÖĞRENME ÇIKTILARINA YÖNELİK DIMLE YAKLAŞIMI	11
<i>Ersin İLHAN</i>	
NANOTEKNOLOJİ VE ALZHEİMER HASTALIĞI: GÜNCEL FIRSAT VE RİSK DEĞERLENDİRMELERİ	12
<i>Hasan TÜRKEZ</i>	
ONLINE EĞİTİM TEKNOLOJİLERİNİN MÜHENDİSLİK EĞİTİMİNDEKİ DEVRİMİ: TSUNAMİDE SÖRF YAPMAK MI YOKSA BOĞULMAK MI?	13
<i>İrfan KAYMAZ</i>	
IN-SITU METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN SICAK PRESLEME YÖNTEMİ İLE ÜRETİMİ.....	14
<i>Metin ÖNAL, Mehmet GAVGALI</i>	
DIŞBÜKEY ZARF TEKNİĞİNE DAYALI EĞİM KIRINIMI MODELİNİN RADYO VE TELEVİZYON YAYINCILIĞINDA KULLANILMASI	22
<i>Mehmet Barış TABAKCIOĞLU, Doruk AYBERKİN</i>	
GGG-60 KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRDEN ÜRÜN ÜRETİMİNDE AŞILAYICI TÜRÜ VE MİKTARININ İÇYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....	26
<i>Fadıl BARUTÇU, Murat ÇOLAK, Erdal KARADENİZ</i>	
BAYBURT TAŞINDAN KORDİERİT BAĞLAYICILI ZIMPARA TAŞI ÜRETİMİ	27
<i>Tahsin ÜNLÜ</i>	
TEKNOFONKSİYONEL YÖNLERİYLE LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ	28
<i>Hümeyra İSPİRLİ, Fatmanur DEMİRBAŞ, Emin MERCAN, Enes DERTLİ</i>	
OTOMOTİV UYGULAMALARI İÇİN TİNi İLE TAKVİYE EDİLMİŞ MAGNEZYUM BAZLI KOMPOZİTLERİN GELİŞTİRİLMESİ.....	29
<i>Fevzi KELEN, Tarık AYDOĞMUŞ, Mehmet GAVGALI</i>	
ÇOK KATMANLI NANOELYAF TAKVİYESİNİN EPOKSİ REÇİNESİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....	30
<i>Mehmet Okan ERDAL, Şakir YAZMAN, Lokman GEMİ, Ahmet YAPICI</i>	
TÜRKİYE'DE KAYA GAZI POTANSİYELİ ve EKONOMİK BEKLENTİLER	36
<i>Süleyman KARSLI, Ferhat KAYA, Hüseyin GÜLLÜCE, Ahmet Numan ÖZAKIN</i>	
ADAPTİF NEURO-FUZZY ÇIKARIM SİSTEMİ (ANFİS) ile PARTİKÜL TAKVİYELİ METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN ÇÖKELME SERTLEŞMESİ DAVRANIŞININ TAHMİNİ	37
<i>Remzi TUNTAŞ, Burak DİKİCİ</i>	

YÜKSEK TAKVİYE ORANINA SAHİP Al-Cu/B ₄ C METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE KOROZYON DAVRANIŞI.....	38
<i>Burak TOZKOPARAN, Burak DİKİCİ, Mehmet TOPUZ, Fevzi BEDİR, Mehmet GAVGALI</i>	
MESNETLERİNDEN FARKLI YER HAREKETLERİNE MARUZ KABLULU KÖPRÜLERDE KABLO DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ.....	39
<i>Zeliha TONYALI, Barbaros ATMACA, Muhammet YURDAKUL, Şevket ATEŞ</i>	
UNİFORM YER HAREKETLERİNE MARUZ EĞİK ASKILI KÖPRÜNÜN DİNAMİK DAVRANIŞI.....	50
<i>Muhammet YURDAKUL, Zeliha TONYALI, Barbaros ATMACA, Şevket ATEŞ</i>	
MAGNETIC FIELD EFFECT ON VALENCE ELECTRON STRUCTURE OF INVAR	51
<i>Bünyamin ALIM, İbrahim HAN, Lütfü DEMİR</i>	
EUROCODE YÖNETMELİĞİNE GÖRE YER HAREKET KAYITLARININ SEÇİLMESİ VE ÖLÇEKLENDİRİLMESİ 52	
<i>Mustafa ERGÜN, Şevket ATEŞ</i>	
COMBINING SIMULATION and DESIGN of EXPERIMENT APPROACH in HEALTHCARE AREA.....	66
<i>Abdulkadir ATALAN</i>	
DOĞAL YAŞLANDIRMA İŞLEMİNİN ULTRA İNCE TANE YAPILI ZN-22AL ALAŞIMININ ODA SICAKLIĞI VE YÜKSEK DEFORMASYON HIZI SÜPERPLASTİSİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ	67
<i>M. DEMİRTAS, G. PURCEK, H. YANAR, Z.J. ZHANG, Z.F. ZHANG</i>	
ÜLKEMİZDE PEYNİR BİLİMİ VE TEKNOLOJİSİNDEKİ GELİŞMELER.....	68
<i>Songül ÇAKMAKÇI</i>	
REÇİNESİNE GRAFEN VE KARBON NANOTÜP EKLENMESİNİN KARBON ELYAF TAKVİYELİ KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE DARBE DAVRANIŞLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	81
<i>F. Azimpour SHISHEVAN, V. ACAR, H. AKBULUT</i>	
CAM ELYAF TAKVİYELİ KOMPOZİTLERİN DÜŞÜK HIZLI DARBE DAVRANIŞLARININ NÜMERİK ANALİZİ .	82
<i>H. AKBULUT, S. KARADAYI, F. Azimpour SHISHEVAN, V. ACAR</i>	
ELEKTRİK ENERJİLİ YARIŞ ARACININ ELEKTRİK SİSTEMİNİN, ENERJİ YÖNETİMİNİN ve TELEMETRİ SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ	83
<i>Alirza KALELİ, Mehmet Akif CEVİZ, Tevhit KARACALI, Erdoğan GÜNER, Hakan AHMETOĞLU, Muhammed Murad TOP</i>	
TABAKALI KOMPOZİT KİRİŞLERİN SONLU ELEMANLAR METODUYLA STATİK, DİNAMİK ve STABİLİTE ANALİZLERİ	84
<i>Volkan KAHYA</i>	
TEMİZ ÜRETİMDE MESLEKİ TEKNİK EĞİTİMİN ÖNEMİ ve SEKTÖRLERE KATKILARI	98
<i>Murat ÇETİN</i>	
NANO PARTİKÜL TAKVİYELİ KOMPOZİTLERİN TİTREŞİM DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ	109
<i>Mehmet Fatih ŞANSVEREN, Mustafa YAMAN</i>	
UZAY ÇELİK ÇERÇEVELERİN MATLAB-SAP2000 OAPI İLE OPTİMUM BOYUTLANDIRILMASI.....	110
<i>Musa ARTAR, Ayşe T. DALOĞLU</i>	

MAGNEZYUM DİBORÜR (MgB ₂) ÜRETİMİ VE UYGULAMA ALANLARI	116
<i>Selçuk AVCI, Ferhat BÜLBÜL</i>	
BAYBURT TAŞI ATIKLARININ ZEMİN STABİLİZASYONUNDA KULLANILMASIYLA KIVAM LİMİTLERİNDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER.....	117
<i>Fatih YILMAZ, Hakan Alper KAMILOĞLU, Erol ŞADOĞLU, Fahri Uluç ÖZBAYOĞLU</i>	
ZEMİN MEKANİĞİNDE HİDROMETRE DENEYİ YERİNE KULLANILABİLECEK ALTERNATİF YÖNTEM: LAZER KİRİNİM YÖNTEMİ	118
<i>Fatih YILMAZ, Hakan Alper KAMILOĞLU, Erol ŞADOĞLU, Ahmet KUVAT</i>	
MÜHENDİSLİKTE BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ KULLANIMI	119
<i>Fatih YILMAZ</i>	
EKSANTRİK YÜKLÜ MODEL YÜZEYSEL TEMELLERE AİT TAŞIMA GÜCÜ DEĞERLERİNİN YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ.....	120
<i>Hakan Alper KAMILOĞLU, Fatih YILMAZ, Erol ŞADOĞLU, Coşkun HAMZAÇEBİ, Fahri Uluç ÖZBAYOĞLU</i>	
ERZİNCAN-ÜZÜMLÜ YÖRESİ VOLKANİK KAYAÇLARININ KIRMATAŞ AGREGA ÖZELLİKLERİ	121
<i>Ş. YETGİN, Y.S. AKSÜT, A. ÇAVDAR</i>	
YÜKSEK SICAKLIK ETKİSİNDEKİ BİR BETONARME ELEMANDA ISI YAYILIMININ İNCELENMESİ	122
<i>Arman H. ESKANDANI, Selim PUL</i>	
GIDA ENDÜSTRİSİNDE NANOENKAPSÜLASYON	123
<i>Pınar KIZILKAYA, Güzin KABAN, Mükerrrem KAYA</i>	
PLASTİK BOŞLUKLU KİRİŞSİZ DÖŞEME SİSTEMLERİ İLE İLGİLİ BİR SENTEZ ÇALIŞMASI	124
<i>Mohammad Manzoor NASERY, Metin HÜSEM</i>	
GÜNEŞ ENERJİ DESTEKLİ JEOTERMAL KAYNAKLI HİBRİD SİSTEM ISI POMPASININ ISIL PERFORMANSI	133
<i>Hüseyin GÜLLÜCE, Süleyman KARSLI, Hanifi SARAÇ</i>	
ELEKTROKİMYASAL BIYO-SENSÖRLERİN LabVIEW TABANLI KONTROLÜ	134
<i>Emrah KAPLAN, Julien REBOUD, Jon COOPER</i>	
BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ YÖNTEMİNİN BETONUN POROZİTESİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANIM	135
<i>İlker TEKİN</i>	
B ₄ C VE GRAFEN NANO PARÇACIKLARI İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ ZA27 ALAŞIMININ MİKRO YAPISI VE AŞINMA DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ	136
<i>E. D. YALCIN, A. CANAKCI, S.ÖZKAYA, F. ERDEMİR</i>	
ASFALT BAĞLAYICININ NANO MATERYALLER İLE MODİFİKASYONU	141
<i>Erol İSKENDER, Atakan AKSOY</i>	
GIDA TEKNOLOJİSİNDE ULTRASES VE UYGULAMALARI.....	160
<i>Mustafa Fatih ERTUGAY, Kübra AKŞEHİR</i>	
FPGA TEKNOLOJİSİ ve İÇTEN YANMALI MOTORLARDA UYGULANMASI	161
<i>Hüseyin KÖKSAL, Alirıza KALELİ, M.Akif CEVİZ, Galip KALTAKKIRAN, H. İbrahim AKOLAŞ</i>	

FAZ DEĞİŞTİREN MALZEMELERİN TANITIMI VE MÜHENDİSLİKTE ENERJİ DEPOLAMA TEKNİĞİ OLARAK KULLANIMI.....	162
<i>Galip KALTAKKIRAN, M.Akif CEVİZ, Hüseyin KÖKSAL, Erdoğan GÜNER</i>	
GÜNÜMÜZ SIKIŞTIRMA ATEŞMELİ MOTORLARINDAKİ PÜSKÜRTME STRATEJİLERİ VE AVANTAJLARI	163
<i>Erdoğan GÜNER, M.Akif CEVİZ, Galip KALTAKKIRAN, Hüseyin KÖKSAL, Alirza KALELİ</i>	
ELEKTRONİK CİHAZLARIN SOĞUTULMASINDA ISI KAYNAĞI KONUMUNUN ISI TRANSFERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN SAYISAL İNCELENMESİ	164
<i>Biröl ŞAHİN</i>	
AKILLI TELEFON SEÇİMİ İÇİN BULANIK ORTAMDA AHP VE TOPSIS METOTLARINI KULLANAN BİR PERFORMANS ÖLÇÜM MODELİ.....	165
<i>Elif AYTAÇ, Özcan AYTAÇ</i>	
BASİT EĞİLME ETKİSİ ALTINDAKİ BAZI BETONARME KESİTLER İÇİN DİKDÖRTGEN GERİLME BLOĞU PARAMETRELERİNİN 2007 DEPREM YÖNETMELİĞİNDEKİ KESİT HASAR SINIRLARINA GÖRE BELİRLENMESİ.....	166
<i>Ertekin ÖZTEKİN, Selim PUL, Metin HÜSEM</i>	
YENİ TİP KURU SOĞUTMA KULELERİNDE KULLANILAN RÜZGÂR KIRICILAR	177
<i>Hadi Ghasemi ZAVARAGH, Mehmet Akif CEVİZ, İ. Volkan ÖNER, Halil İBRAHİM AKOLAŞ</i>	
ELEKTRİK MOTOR FIRÇALARINDA DENEY PARAMETRELERİNİN AŞINMA DAVRANIŞINA ETKİSİ	178
<i>Hüseyin İPEK, Hamdullah ÇUVALCI</i>	
ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNDE ENERJİ-MALİYET OPTİMİZASYON PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ	189
<i>Rabi KARAALİ</i>	
MEKANİK ALAŞIMLAMA YÖNTEMİYLE Al ₂ O ₃ - B ₄ C NANOKOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ	190
<i>Serdar ÖZKAYA, Aykut ÇANAKÇI</i>	
NANO-PARÇACIK TAKVİYESİNİN MEKANİK ALAŞIMLAMA YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN ZA-27/Al ₂ O ₃ KOMPOZİTLERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ	197
<i>M. ÇELEBİ, H. ÇUVALCI, A. ÇANAKÇI, O. GÜLER</i>	
SIFIR EMİSYONLU KOJENERASYON TESİSLERİNİN EKSERJİ VE PERFORMANS ANALİZİ.....	204
<i>Rabi KARAALİ, İlhan Tekin ÖZTÜRK</i>	
TAŞIT MOTORLARINDA KULLANILAN SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE YENİ TEKNOLOJİLER.....	205
<i>Halil İbrahim AKOLAŞ, Mehmet Akif CEVİZ, Hadi Ghasemi ZAVARAGH, Alirza KALELİ</i>	
GYROİD POROZ YAPILI VE GELENEKSEL TİBİAL DİZ PROTEZİ BİLEŞENİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE FİKSASYON AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI	206
<i>İsmail Hakkı KORKMAZ, İrfan KAYMAZ, Ömer Selim YILDIRIM</i>	
TİTANYUM-NİKEL ŞEKİL HAFIZALI FİLMERİN MAGNETRON SIÇRATMA YÖNTEMİYLE KRİSTAL YAPIDA BÜYÜTÜLMESİ	207
<i>Hikmet ÇİÇEK, İhsan EFEOĞLU, Yaşar TOTİK, Kadri Vefa EZİRMİK</i>	
ASFALT MODİFİKASYONUNDA BOR İÇERİKLİ KATKILARIN KARIŞTIRMA ŞARTLARININ İNCELENMESİ	208
<i>Bahadır YILMAZ, Şeref ORUÇ</i>	

BETON GERİLME ŞEKİLDEĞİŞTİRME EĞRİLERİNİN BULANIK MANTIK YAKLAŞIMIYLA ELDE EDİLMESİ	213
<i>Ertekin ÖZTEKİN, Filiz KUMAŞ</i>	
BİR UZABULUM (TELEPRESENCE) ROBOTUN TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ.....	221
<i>Tuğrul ÇAVDAR, Şeyma AYMAZ</i>	
FARKLI TİP KANATÇIKLARA SAHİP ÇAPRAZ AKIŞLI (HRV) ISI DEĞİŞTİRİCİSİNDE İKİNCİ KANUN ANALİZİ	227
.....	
<i>İsak KOTCİOĞLU, Mansour Nasiri KHALAJİ, Alperen Buğra ÇOLAK, Mohammed ALLAHYARİ.....</i>	
T/M YÖNTEMİ İLE ÜRETİLEN KAMIN KİMYASAL YAPISININ İRDELENMESİ	248
<i>Burhan SELÇUK, Tahsin ÜNLÜ, Ahmet YÜCEL, Hakan UYGUNUÇARLAR</i>	
KİLİTLİ PARKE TAŞ KAPLAMALARIN BAKIM VE KORUMA REHBERİ.....	257
<i>Atakan AKSOY, Erol İSKENDER</i>	
POLİMER ATIK KATKILI BETONLARIN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ	263
<i>Atakan AKSOY, Erol İSKENDER, Eray ÇOLAK</i>	
NUMUNE ALMA SIRASINDA KUM ZEMİNLERDE SIKILIĞI BELİRLEYEBİLEN YENİ BİR PENETROMETRE	
TASARIMI	273
<i>Osman KARA</i>	
ISI TRANSFERİ UYGULAMALARINDA YAPAY SİNİR AĞLARININ KULLANILABİLİRLİĞİ	274
<i>Ahmet TANDIROĞLU</i>	

İÇİNDEKİLER
POSTER BİLDİRİLER

RF-PECVD TEKNİĞİ KULLANILARAK POLİANİLİN İNCE FİLMLEİN SENTEZİ VE KAREKTERİZASYONU ..	275
<i>Önder ŞİMŞEK, Özkan BAYRAM, Mustafa Murat ÖZER, Mustafa Tolga YURTCAN, Erdal İĞMAN, Marefat Feizi KHANGHAH</i>	
AZ61 MAGNEZYUM ALAŞIMININ FARKLI ORTAMLARDAKİ GERİLMELİ KOROZYON DİRENCİNİN SSRT YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ.....	277
<i>Recep ÇATAR, Hikmet ALTUN</i>	
DÖKME DEMİRLERDE NİOBYUM KULLANIMININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ	278
<i>Murat ÇOLAK, Emin USLU, Recep ÇATAR</i>	
KALIPLA BÜKME İŞLEMİNDE DP600 SACININ GERİ YAYLANMA DAVRANIŞININ ARAŞTIRILMASI	279
<i>Emin USLU, Nihat TOSUN</i>	
BİR DAĞITIM AĞINDA ÇAPRAZ YÜKLEME STRATEJİSİ KULLANILARAK ÖNCEDEN ATANMIŞ ARAÇ ROTALARININ YENİDEN OPTİMİZE EDİLMESİ	280
<i>Özcan AYTAÇ, Elif AYTAÇ</i>	
GREYDER BIÇAĞI AŞINMA DAYANIMININ İNCELENMESİ,12WC-CO ELEMENTİ İLE KAPLAMA YAPILARAK DAYANIM ÖMRÜNÜN ARTIRILMASI VE EKONOMİK AÇIDAN FAYDALI HALE GETİRME ÇALIŞMASI	281
<i>Ümmet SAĞIR, Mehmet GAVGALI</i>	
TAM SAYILI PROGRAMLAMA MODELİ İLE OTOBÜS ÇİZELGELEME OPTİMİZASYONU VE UYGULAMASI	282
<i>Didem GÜLERYÜZ ÇİLİNGİR</i>	
Salmonella Braenderup'UN GIDA GÜVENLİĞİ AÇISINDAN ÖNEMİ	283
<i>Sebahat ÖZAKÇA, Funda KARBANCIOĞLU- GÜLER</i>	
İNSAN OMURGASINA SANAL CERRAHİ İLE YERLEŞTİRİLEN MİKROÇATLAKLI PEDİKÜL VİDALARDAKİ MEKANİK DAVRANIŞIN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ	284
<i>Abdullah Tahir ŞENSOY, İrfan KAYMAZ, Akgün ALSARAN</i>	
GÖRSEL KALİTE DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASINDA REALTIME LANDSCAPING PHOTO PROGRAMININ KULANIMI	285
<i>Elif ÖNAL, Serkan ÖZER</i>	
MÜHENDİSLİK PROSESLERİNDE TANELİ HAMMADDE/ÜRÜNLERİN SINIFLANDIRILMASINDA KULLANILAN SENSÖR TEMELLİ AYIRMA TEKNOLOJİLERİ.....	290
<i>Metin UÇURUM</i>	
TERMOELEKTRİK ve SOĞUTMA DESTEKLİ PV-CELL TERMODİNAMİK VERİM ANALİZİ	297
<i>Ahmet Numan ÖZAKIN, Süleyman KARSLI, Ferhat KAYA, Hüseyin GÜLLÜCE</i>	
SÜT İŞLEMEDE YÜKSEK BASINÇ KULLANIMI	298
<i>Emin MERCAN, Nihat AKIN</i>	
NANOELYAF KATKILI KOMPOZİT YAPILAR	299
<i>Emin USLU, Mehmet GAVGALI, Mehmet Okan ERDAL</i>	

BASINÇLI KAPLARDA UYGULANAN HİDROSTATİK VE PNÖMATİK TESTLERDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLARIN İNCELENMESİ.....	300
<i>Tahsin ÜNLÜ, Erdal İĞMAN, Özkan BAYRAM, Recep ÇATAR, Emin USLU</i>	
DÜZ DIŞLI ÇARK SİSTEMİNDE HATA TESPİTİ İÇİN TİTREŞİM VERİLERİNİN İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLÜ.....	301
<i>Sinan MARAŞ</i>	
SÜT TEKNOLOJİSİNDE YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ UYGULAMALARI.....	302
<i>Ayla ARSLANER</i>	
EKSTRÜZYON TEKNOLOJİSİNİN HUBUBAT ve BAKLAGİLLERDE KULLANIMI	303
<i>Şule BAŞAR, M. Murat KARAOĞLU</i>	
RİYO-DASİTİK BİLEŞİMLİ VİTRİK TÜF (BAYBURT TAŞI TOZU) TAKVİYESİNİN EPOKSİ REÇİNESİNİN MUKAVEMETİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI.....	304
<i>Tahsin ÜNLÜ, Mehmet Okan ERDAL, Lokman GEMİ, Şakir YAZMAN</i>	
KARAYOLLARINDA KULLANILAN İŞARET LEVHALARININ KOMPOZİT MALZEMEDEN İMALATI	305
<i>H. AKBULUT, Y. ERBAY, V. ACAR, F. Azimpour SHISHEVAN</i>	
ET ÜRÜNLERİNDE NİTROZAMİNLERİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN KROMATOĞRAFİK TEKNİKLER	306
<i>S. SALLAN, G. KABAN, M. KAYA</i>	
MEVCUT BETONARME BİNALARIN RİSKLİ YAPI TESPİT ESASLARI'NA GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	307
<i>Yavuz Selim HATİPOĞLU, Oğuz Akın DÜZGÜN</i>	
KEMİĞE MONTE EDİLMİŞ FARKLI GEOMETRİLERE SAHİP SERVİKAL DİSK PROTEZLERDE GERİLME ANALİZİ	317
<i>Ahmet SAMANCIOĞLU, Hojjat GHAMRANZADEH ASL, Akgün ALSARAN</i>	
SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİ VE KULLANIM ALANLARI	318
<i>Muhammet YURDAKUL, Erdal ÖNER, Fatih YILMAZ</i>	
MONTE CARLO OPTİMİZASYONU ve SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE TİN/Tİ ALAŞIMLARINDAN KAPLANMIŞ KALIP TASARIMI.....	319
<i>Hamid ZAMANLOU, Filiz KARABUDAK, Sadri SEN, Ruhi YEŞİLDAL</i>	
KOLOSTRUM TOZU	320
<i>Halil İbrahim AKGÜL, Mustafa ŞENGÜL</i>	
ARAÇ YANGIN ALGILAMA VE SÖNDÜRME SİSTEMİ TASARIMI.....	321
<i>Esmâ GAVGALI, Kenan USTA, Fuat ÖZER</i>	
PEYNİR ALTI SUYUNUN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN MEMBRAN TEKNİKLERİ.....	322
<i>Emine MACİT, İhsan BAKIRCI</i>	
BİTKİSEL YAĞ RAFİNASYONUNDA MEMBRAN TEKNOLOJİSİ	323
<i>Özlem YILMAZ, Mükerrrem KAYA</i>	
ALDEHİT GRUBU UÇUCU YAĞLARIN SENTEZİ VE KAREKTERİZASYONU.....	324
<i>Önder ŞİMŞEK, Özkan BAYRAM, Erdal İĞMAN</i>	

TEKNOLOJİK YÖNTEMLERLE YAPILANDIRILMIŞ YAĞ ÜRETİMİ VE SEKTÖR UYGULAMALARI	328
<i>Tuğba ELBİR, Hasan H. KARA</i>	
MEYVE ve SEBZE KAYNAKLI DİYET LİFLERİNİN SÜT ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMI	329
<i>Özlem ÇAKIR, Ayla ARSLANER</i>	
İKİ FAZLI SOĞUTUCU AKIŞKAN PÜSKÜRTMELİ ÇOK KADEMELİ DOYMUŞ BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVİRİMİNİN ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ	330
<i>Rabi KARAALİ</i>	
İNVERTER TEKNOLOJİSİ VE SOĞUTMA SİSTEMLERİNE UYGULANMASI	331
<i>Uğur ÇAKIR, Murat BALCI, Nesimi AKPINAR, Recayi KAYMAKCI</i>	
YAĞI ALINMIŞ ÇÖREK OTU (NİGELLA SATİVA) ATIKLARININ DİELEKTRİK ÖZELLİKLERİNİN FREKANS BAĞIMLILIĞI.....	332
<i>Haziret DURMUŞ, Mehmet Okan ERDAL, Abdullah DERYAL, Hasan ATCEKEN</i>	
NİTRÜRLEME SONRASINDA UYGULANAN ISIL İŞLEMİN SAF TİTANYUMUN AŞINMA DAVRANIŞINA ETKİSİ	333
<i>İlhan ÇELİK, Mehmet KARAKAN</i>	
YÜZEY MODİFİKASYONU UYGULANMIŞ SAF TİTANYUMUN ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ.....	334
<i>Mehmet KARAKAN, İlhan ÇELİK</i>	
HİBRİT ELEKTRİKLİ ARAÇLARDAKİ SON GELİŞMELER.....	335
<i>Şükran EFE</i>	
LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN ANTAGONİSTİK AKTİVİTELERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN TEKNİKLER	336
<i>Kübra ÇİNAR, Aybike KAMILOĞLU, Güzin KABAN</i>	
ISI POMPASI SİSTEMLERİNDE ÇEŞİTLİ SOĞUTUCULAR İÇİN AÇIK TİP PİSTONLU KOMPRESÖRLERİN DENEYSEL İNCELENMESİ.....	337
<i>Faraz AFSHARİ, Ömer ÇOMAKLI, Nesrin ADIGÜZEL, Hadi GHASEMİ</i>	
AİLE SAĞLIĞI MERKEZİ'NDEKİ MANYETİK ALAN SEVİYELERİ VE ETKİLERİ.....	338
<i>Nurbanu MACİT, Sümeyra CİBA</i>	
T/M YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN DEMİR ESASLI MALZEMELERDE BORLAMA PARAMETRELERİNİN VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN MİKROYAPIYA VE SERTLİĞE ETKİSİ.....	339
<i>Demet ÖZAYDIN, Hakan ÇETİNEL</i>	
STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ (SPI) VE YENİDEN ÖRNEKLEME YÖNTEMİ İLE KURAKLIK DEĞERLENDİRMESİ	340
<i>Deniz FETTAHOĞLU</i>	
FABRİKALARDA ÜRETİM ÖNCESİ VE SONRASI YÖNETİM OLGUSUNU KURUMSAL KAYNAK PLANLAMA (ERP) İLE BÜTÜNLEŞTİRMEK	341
<i>Özkan OFLAZ</i>	

TÜRKİYE'DEKİ YENİLENEBİLİR ENERJİ DURUMU VE GELECEK İÇİN ÖNERİLER	342
<i>Uğur SERENCAM, Deniz FETTAHOĞLU</i>	
GIDA İŞLEMEDE NANOENKAPSÜLASYON TEKNİKLERİ	343
<i>Alime CENGİZ, Talip KAHYAOĞLU</i>	
GIDA ENDÜSTRİSİ ve İŞ GÜVENLİĞİ	344
<i>İzzet ÖZHAMAMCI</i>	
DETERMINATION OF PHENOLIC PROFILE AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF DIFFERENT MARMALADES	345
<i>Memnune ŞENGÜL, Elif Feyza TOPDAŞ, Kadir BAYRAMBAŞ, Hanife DOĞAN</i>	

MİKRO ARK OKSİDASYON (MAO) YÖNTEMİ İLE HAFİF METALLERİN KAPLANMASI

Ebru Emine ŞÜKÜROĞLU^a, Süleyman ŞÜKÜROĞLU^b, Yaşar TOTİK^c, Ersin ARSLAN^c,
İhsan EFEOĞLU^c

^a*Gümüşhane Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gümüşhane,
eesukuroglu@gumushane.edu.tr*

^b*Gümüşhane Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Gümüşhane,
^cAtatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Erzurum*

Hafif metallerin mühendislik uygulamalarında ki kullanımları her geçen gün hızla artış göstermektedir. Düşük spesifik ağırlıklarından dolayı çok cazip malzemeler olmalarına karşın endüstriyel uygulamalardaki kullanımları ümit edildiği kadar genişlememiştir. Bunun nedeni onların aşırı yük altında mekanik-tribolojik özelliklerinin zayıf, aşırı saldırgan çevrelerde korozyon dirençlerinin düşük olmasıdır. Bu sınırlamalar, hafif metal ve alaşımlarının ve/veya bu malzemelerden imal edilmiş makine elemanlarının kullanım ömürlerini kısaltmakta ve dolayısıyla güvenilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle sınırlı rezervleri bulunan bu malzemelerin kullanım ömürlerini artırmak, sürtünme, aşınma ve korozyonu kontrol altına almak veya azaltmak ancak tasarım değişikliği, uygun modifikasyon veya yağlama teknikleriyle sağlanabilir. Yüzey mühendisliğindeki gelişmelere paralel olarak farklı yüzey kaplama yöntemleri ile hafif metallerin bu ihtiyaçları önemli ölçüde karşılamaktadır.

Mikro ark oksidasyon (MAO) yöntemi, hafif metaller üzerine oksit seramik kaplamalar üretmek için etkili ve uygun bir tekniktir. MAO yöntemi kullanılarak çok karmaşık metal taban malzemeler üzerine bile gözenekli ve düzgün filmler kolayca kaplanabilmektedir. Bu çalışmada; Ti, Al ve Mg metalleri üzerine mikro ark oksidasyon tekniği kullanılarak oksit kaplanmıştır. Oksit kaplanmış taban malzemelerin yapısal ve mekanik özellikleri XRD, SEM ve mikro sertlik cihazları ile analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikro ark oksidasyon kaplama işlemi.

HİDROJEN DEPOLAMA TANKININ VISCOUS-LAMINAR K-EPSILON MODELİ İLE SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

Ümran ELMAS^a, Fevzi BEDİR^a, Muhammet KAYFECİ^b, Engin GEDİK^b

^aSüleyman Demirel Üniversitesi Makine Fakültesi, Isparta/TÜRKİYE

^bKarabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Karabük/TÜRKİYE

Özet

Hidrojen, gelecekte fosil yakıtlara en iyi bir alternatif enerji kaynağı özelliğini taşımaktadır ve bununla ilgili olarak enerji teknolojileri, otomotiv endüstrisi gibi birçok sanayi kolunda da uygulamaları bulunmaktadır. Yakın gelecekte kimyasal bir bileşim olarak metal hidrit yataklarında hidrojenin depolanması, yaygın olarak kullanılacak bir depolama yöntemi durumundadır. Metal hidrit alaşımı olarak LaNi₅'in kullanıldığı bu çalışmada, metal hidrit depolama tankında hidrojen absorpsiyonu ANSYS-FLUENT yazılımında k-Epsilon modeli kullanılarak sayısal çözümleme yapılmış, absorpsiyon esnasında elde edilen sıcaklık, basınç, reaksiyonun kinetik hızı, absorbe edilen hidrojen kütlesi parametreleri irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Metal Hidrit, Hidrojen Depolama, LaNi₅ Alaşımı, Sonlu Elemanlar

1. GİRİŞ

Ülkelerin gelişmişlik düzeyinin bir göstergesi olan enerji, toplumların vazgeçilmez gereksinimlerinden biridir. Dünya nüfusu ve endüstriyel gelişmelere paralel olarak enerji gereksinimi giderek artmakta, buna karşın fosil enerji kaynaklarının rezervleri hızla tükenmektedir. Birincil enerji kaynaklarının rezervlerinin kısıtlı olması, ulusal kaynaklarının değerlendirilmesi zorunluluğu, mevcut yakıtların çevre üzerindeki olumsuz etkileri (sera etkisi, küresel ısınma, iklim değişiklikleri, yağış anormallikleri, asit yağmurları, sağlık problemleri gibi), yeni enerji teknolojileri kapsamında, depolanabilir, yüksek kalorifik değeri taşınabilir bir enerji kaynağı olan hidrojen enerjisini ön plana çıkarmıştır.

Son yıllarda hidrojenin depolanmasına yönelik birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Pisani ve Murgia [1], katalist tabakası içinde dalga etkisini incelemiştir. Modelde hidrofobik ve hidrofilik tabakalar modellenmiştir. Nam ve Kariany [2], COLSYS kullanarak difüzyon ortamı hakkında detaylı bilgiler vermiştir. Network modeli, malzeme parametrelerinin ve buna bağlı olan doyma derecesinin hesabında kullanılmıştır. Bu modelde problem, Gauss-Siedel iterasyon yöntemiyle çözülmüştür. Ziegler vd. [3] COMSOL Multiphysics programı yardımıyla dinamik, izotermal ve iki fazlı model ile cyclo-voltammogram'ı simüle etmişlerdir. Gurau vd. [4], yaptıkları çalışmada kanal boyunca izotermal olmayan bir model geliştirerek mevcut dağılım ve türler (species) yoğunluğu, temel algoritmalar yardımıyla hesaplamışlardır. Li vd. [5], temel algoritma ve karmaşık çözüm prosedürleri kullanarak akış davranışını incelemiştir. Lee vd. [6] izotermal olmayan, 2 fazlı model üzerinden çalışmalar yapmış, sonuçları deneysel verilerle karşılaştırmıştır. Kaplan [7], 2-D metal hidrit sistemi modelinde, sistemde mevcut olan büyük basınç gradyanlerinde önemli olarak nitelendirilen momentum

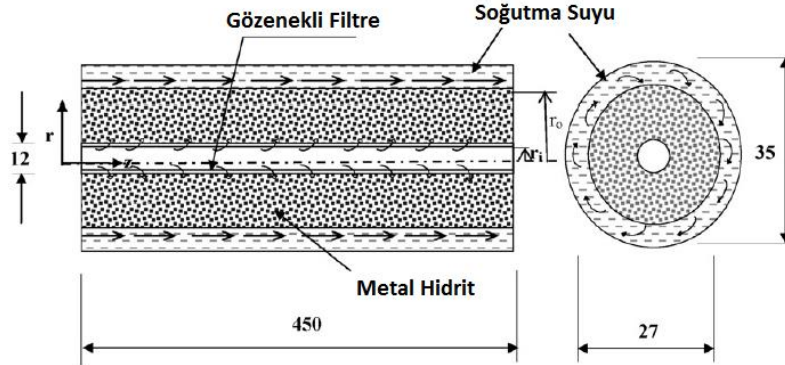
denge denklemini dikkate almıştır. Aldaş vd. [8] yaptıkları çalışmada hidrür yataklarda ısı ve kütle transferi, akışkan akışı ve kimyasal reaksiyonların hidrür işlemi üzerine etkisini 3 boyutlu sayısal olarak incelenmiştir.

Yapılan bu çalışmada metal hidrit depolama hidrojen absorpsiyon prosesi Ansys Fluent kodu kullanılarak analiz edilmiş elde edilen sonuçlar grafikler halinde verilerek değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Metal hidrürlerde hidrojen depolama tekniğinde hidrojen granülleri metallerin atomları arasındaki boşluğa depolanır. Bu amaçla çeşitli metaller kullanılmaktadır. Depolanan hidrojenin kullanımı için ısı gereklidir. Metal hidritler, hidrojen gazının kimyasal reaksiyonu tarafından uygun bir metal ile tepkimeye girerler. Modelleme ve simülasyon çalışmaları, özellikle doldurma ve boşaltma proseslerine ait her bir durumun ölçülmesi konusunda sistemin kurulmasının ve oluşturulmasının çok zor olduğu durumlarda oldukça önemli olmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemi, farklı reaktör geometrilerinin doğru analiz ve optimizasyonu için kolaylıkla adapte edilebildiği bir yöntemdir. Simülasyon, sistem performansının iyileştirilmesi açısından da kuvvetli bir kılavuz durumundadır.

Bu çalışmada sonlu hacimler tekniğine dayalı çözümlere yapan ANSYS-FLUENT 14.5 kodu kullanılarak Şekil.1 de görülen Ø35 * 450 mm silindirik hidrojen depolama tankı için sayısal analizler gerçekleştirilmiştir [9]. LaNi₅ metal hidrit malzemesinin reaksiyon hızı oldukça yüksektir ve malzeme performansı, birçok uygulamada ısı transferi ile sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle çalışmada hidrit alaşımı olarak LaNi₅'in seçilmiştir.

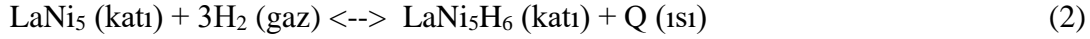


Şekil 1. Simüle edilen tankın kesit görünüşü [9].

Reaktör yatağının başlangıç sıcaklık ve basınç değeri üniform olduğu, reaktörün sınır duvarlarının sızdırmaz ve adyabatik olduğu, reaksiyon ısısının geçirgen yatak tarafından, hava akışının geçişi yoluyla uzaklaştırıldığı ve reaktör duvarlarında çözülme/salıverme şartlarının söz konusu olduğu kabul edilmekte olup probleme ait başlangıç ve sınır şartları aşağıdaki gibidir.

$$p=p_0; \quad T=T_0; \quad \rho=\rho_0 (\tau=0) \quad (1)$$

Hidrojenin metal hidrit kullanılarak depolanmasında bir kimyasal tepkime söz konusudur [10,11] ve LaNi_5 alaşımı için reaksiyon denklemi Eşitlik 2 ile verilmektedir.



Modelleme yapılırken, oluşturulan kimyasal denkleme uygun bir şekilde tanımlamalar da göz önünde tutulmuştur. Başlangıç, sınır şartları ve yapılan kabuller sonrasında, k-ε modeli için hidrojen, metal hidrit, su, tank duvarı (çelik) ile birlikte karışıma ait fiziksel parametrelerin de sayısal modellemede sisteme tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla literatürde detaylı incelemeler yapılmış ve bu tür çalışmalarda kullanılan parametreler ve değerleri incelenmiştir [1-7, 12-45] Modelleme çalışmasında kullanılan parametreler ve değerleri, Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Modelleme parametreleri.

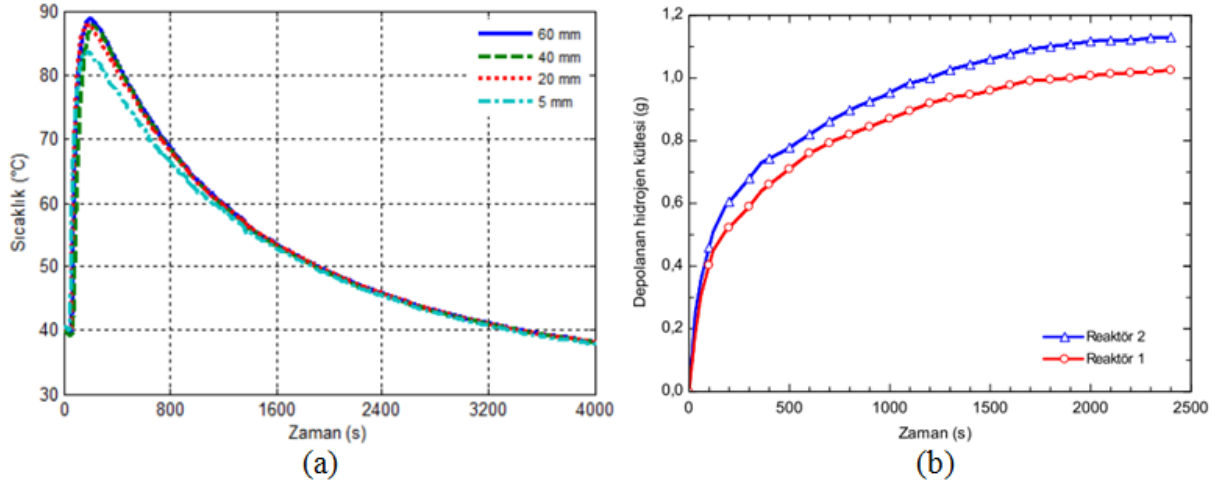
-	-	ANSYS-FLUENT	-	-	ANSYS-FLUENT	-	-	ANSYS-FLUENT
MIXTURE	Selected Species	H ₂	MIXTURE	Hidrojen	-	FLUID	MetalHidrit	-
	Selected Site Species	Lani5		Cp, J/kgK	14890		Density kg/m ³	8300
	Selected Solid Species	-		Molecular Weight kg/kmol	2,01594		Cp J/kgK	480
	Finite Rate-React Type	Wall		St Enthalpy, J/kmol	0		Termal Cond W/mK	2,4
	Finite Rate-Pre-Act Energy	21170		St Entropy, J/kmol	130579,1		Molecular Weight kg/kmol	0,423
	Finite Rate-Pre-Temp Exp	0,5		Ref. Temp., K	298,15		St Enthalpy J/kmol	30900
	React Mech-React Type-Total no of Sites	1		Ch Length, A	2,92		St Entropy J/kmol	0,5
	React Mech-React Type-Site-1 Density	4,7		Energy Parameter, k	38		Ref Temp, K	293
			FLUID	Water Liquid	-		Ch Length, A	3,711
				Density, kg/m ³	998,2		Energy Parameter, k	59,2
				Cp, J/kgK	4182	SOLID	Steel	
				Termal Cond., W/mK	0,6		Initial Pressure	1,5 atm
				Viscosity, kg/ms	0,001003		Hidrogen Charge Pressure	8 atm
				Molecular Weight, kg/kmol	18,0152			
				St Enthalpy, J/kmol	-2,859412e08			
				St Entropy, J/kmol	69902,21			
				Ref. Temp., K	298			

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Benzer geometriye sahip silindirik metal hidrit depolama tankları ile Kayfeci [12] ve Muthukumar [9] da deneysel bazlı çalışmalar yapmış, absorpsiyon prosesi süresince sıcaklık, basınç ve depolanan hidrojenin değişimlerini incelemişlerdir. Kayfeci çalışmasında,

$\text{LaNi}_{4.75}\text{Al}_{0.25}$, Muthukumar ise $\text{MmNi}_{6.4}\text{Al}_{0.4}$ - metal hidrür malzemesini kullanmıştır. Kayfeci'nin çalışmasında, bu çalışmaya referans alınabilecek olan tank türü Reaktör-1 olarak isimlendirilmiştir. Liteartürde yapılan bu çalışmalara ait temel sonuçlar grafikler halinde aşağıda verilmektedir.

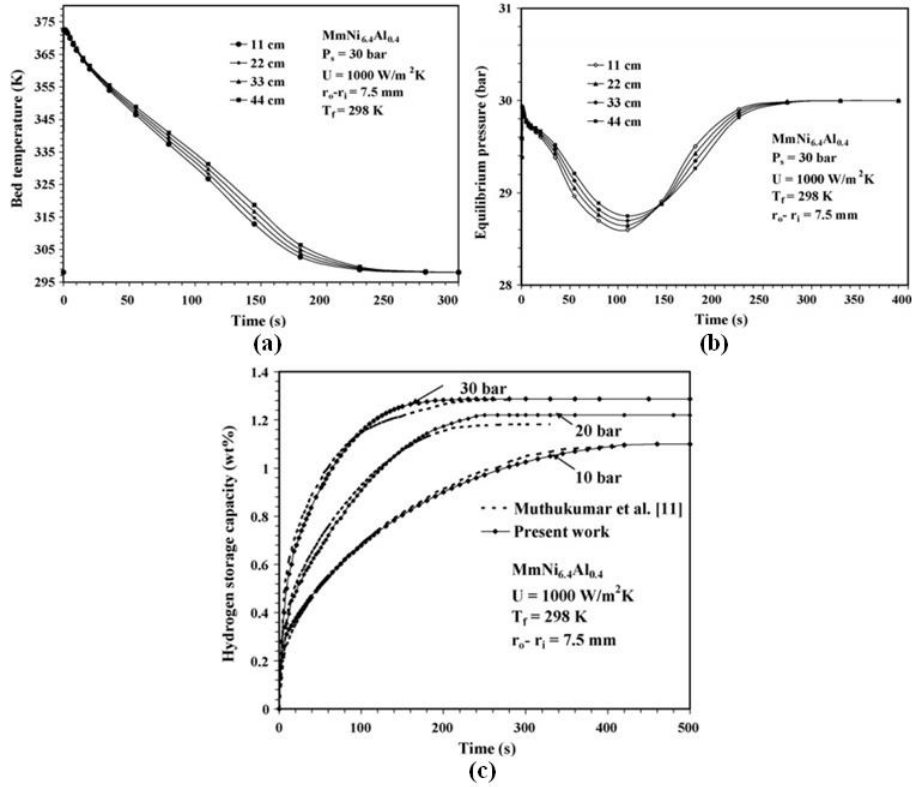
Kayfeci'nin çalışmasında elde edilen tank boyunca zamana bağlı sıcaklık değişimi ile depolanan hidrojen kütlelerinin zamana bağlı değişimi (Reaktör-1) grafikleri, Şekil 2 ve Şekil-3'de verilmektedir [12].



Şekil 2. Tank boyunca zamana bağlı olarak elde edilen sıcaklık (a) ve depolanan hidrojen kütlelerinin değişimi [12].

Şekilden de görülebileceği gibi reaksiyonun başladığı ilk zamanlarda yüksek sıcaklıklara ulaşılırken zamanla sıcaklık reaktörün farklı noktalarında düşüşler göstermiştir. Yaklaşık 1 saat gibi bir sürede sıcaklıklar 40 °C nin altına düşmüştür. En yüksek sıcaklık değerine reaktörün tabanından itibaren 60 mm yükseklikte ulaşılmıştır. Farklı reaktör tasarımları da depolanan hidrojen kütlelerini etkilemektedir Şekil 2 (b) incelendiğinde bu durum açık bir biçimde görülmektedir.

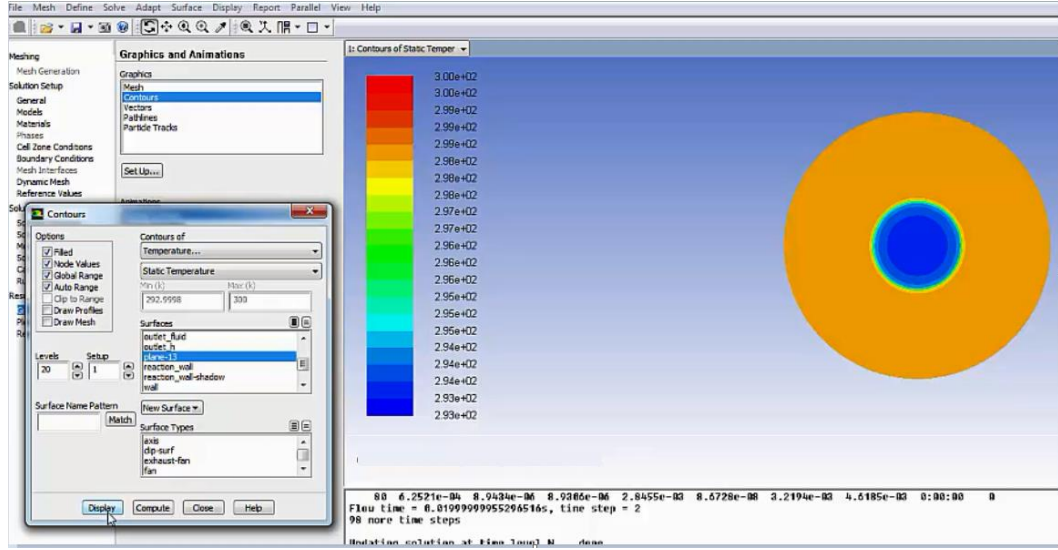
Benzer şekilde Muthukumar vd. [9] yaptıkları çalışmada absorpsiyon prosesi boyunca elde edilen tank sıcaklığı, denge basıncı ve hidrojen depolama kapasitesi parametrelerinin zamana bağlı olarak değişim grafiklerini, Şekil 3'de verilmektedir.



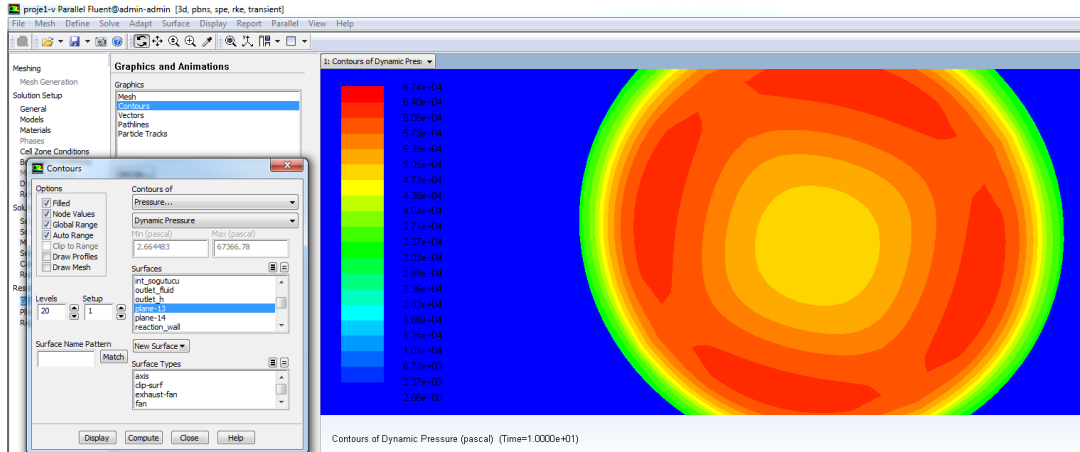
Şekil 3. Tank sıcaklığının (a), denge basıncının (b) ve hidrojen depolama kapasitesinin zamana göre değişimi [9].

Şekil 3 incelendiğinde zamanla tank sıcaklık değerlerinde düşüşlerinin meydana geldiği görülmektedir. Yaklaşık 30 °C sıcaklıklara 200. Saniyelerde ulaşılmaktadır. Hidrojen depolama kapasitesinin basınç artışı ile birlikte ve zamanla arttığı görülmektedir.

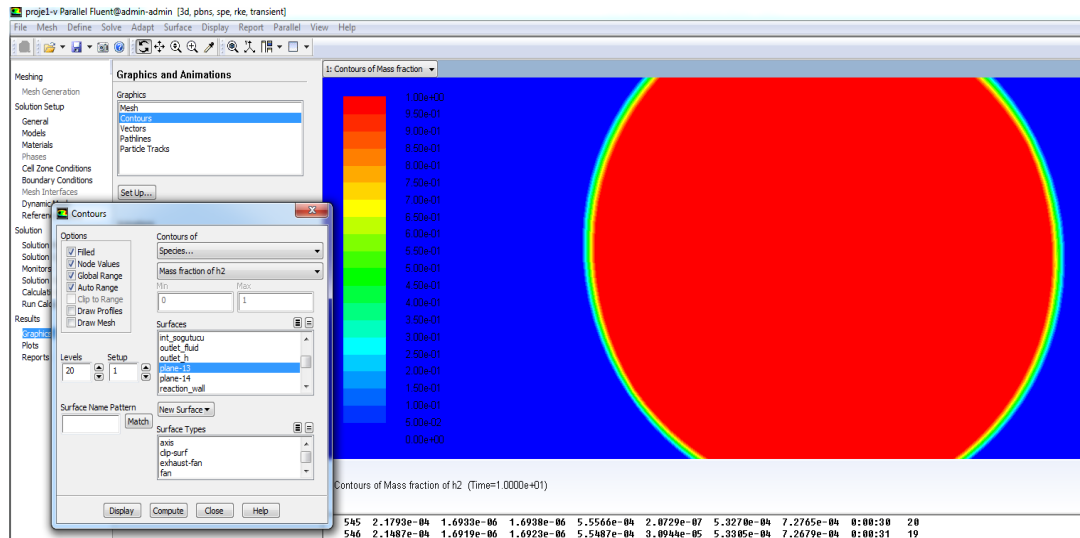
Bu çalışmada elde edilecek sonuçların daha iyi görülebilmesi, Muthukumar ve Kayfeci'nin elde ettiği sonuçlarla karşılaştırma yapılabilmesi için, silindirik tankın orta noktasında bir kesit alanı alınmış, Plane-13 ismi verilen bu kesit üzerinde sistem çözümü olarak oluşan eğriler ve değişimler incelenmiştir. Sayısal çözümlemede k-ε modeli, belirli bir zaman anındaki değişimleri vermektedir. Modellenen sistemin çalıştırılması sonrasında elde edilen ve t=10000 saniye anına karşılık gelen absorpsiyon reaksiyonu sıcaklık ve basınç değişimleri ile depolanan hidrojene ait kütle dağılımı, sırasıyla Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmektedir.



Şekil 4. Absorpsiyon prosesinde t=10000 sn'de elde edilen reaksiyon sıcaklığı.



Şekil 5. Absorpsiyon prosesinde t=10000 sn'de elde edilen reaksiyon basıncı.



Şekil 6. Absorpsiyon prosesinde t=10000 sn'de hidrojen kütlesi dağılımı.

ANSYS-Fluent yazılımı kullanarak, metal hidrit depolama tankının k-ε modeli ile gerçekleştirilen simülasyon çalışmasında, göz önünde bulundurulan parametreler ve elde edilen sıcaklık, basınç ve kütle kontur dağılımları dikkate alındığında, aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir:

- Simülasyon sonucu elde edilen tüm değerler ve dağılım grafikleri, silindirik tankın orta noktasında Plane-13 olarak adlandırılan kesit alanı için ve simülasyon çalışmasında 10,000 saniye sonrası incelenmiştir.
- Kayfeci'nin [12] çalışmasında, 166 dak mertebelerinde 0,5 g'lık bir kütlenin henüz depolandığı görülmektedir. Çalışmada toplam 135 g malzeme kullanıldığı dikkate alındığında bu değer, %0,37'lik bir kütlenin depolandığına karşılık gelmektedir. Muthukumar'ın çalışmasında ise, hidrojenin depolanması, 500'üncü saniyelerde dengeye (%1.2 seviyelerine) geldiği görülmektedir. Bu çalışmada absorpsiyonun 10,000inci saniyesinde, hidrojenin %95'lik kütlelerinin halen tank içinde olduğu dikkate alındığında, simülasyonun göz önünde tutulduğu zamanda reaksiyonun henüz yeni başladığı anlaşılmaktadır.
- Tank sıcaklığı parametresi dikkate alındığında Kayfeci, 166 dak (10,000 saniye) zamanında 348 K (75 °C) mertebesinde bir sıcaklık değerinin elde edildiğini raporlamaktadır. Muthukumar çalışmasında ise 230'uncu saniyeden itibaren sistemin dengeye geldiği ve tank sıcaklığının 298 K (25 °C) olduğu görülmektedir. Bu çalışmada ise, 10,000'inci saniyede tank sıcaklığının büyük oranda 298 K (25 °C) mertebelerinde olduğu anlaşılmaktadır. Bir önceki değerlendirmede belirtildiği üzere, absorpsiyon reaksiyonunun 10,000'inci saniyelerde henüz yeni başladığı ve reaksiyonun yüksek miktarda ısı ve sıcaklık üreteceği göz önünde tutulduğunda, yatak sıcaklığının 25 °C değil, çok daha yüksek değerlerde olması beklenmelidir.
- Muthukumar [9] çalışmasında reaksiyonun 280'inci saniyesinden itibaren sistemin dengeye geldiği ve basıncın 30 bar olduğu görülmektedir. Bu çalışmada ise, 10,000'inci saniyede reaksiyon basıncının 2,66 ile 67366 Pascal ($2,66 \cdot 10^{-5}$ ile 0,67 bar) arasında değişmekte olduğu görülmektedir. Muthukumar [9] çalışmasında raporlanan basınç değeri ile karşılaştırıldığında, bu parametre değerinde de bir uyumsuzluk görülmektedir.

4. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada Ansys Fluent yazılımı kullanılarak literatürde yer alan bir reaktör tasarımı dikkate alınmış ve oluşturulan geometri için hidrojen depolama parametrelerinin incelenbilmesi amacıyla sayısal çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan problem geometrisine ait model üzerinde hidrojen absorpsiyon prosesine ait başlangıç ve sınır şartları belirlenerek fiziksel özellikler yazılımın çözücü aşaması olan Fluent kısmında tanımlanmış ve k-ε modeli kullanılarak sayısal çözüm sonucu elde edilen sıcaklık, basınç ve absorbe edilen hidrojen kütlelerine ait parametreler literatürde yapılan sonuçlar ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada metal hidrit alaşımı olarak LaNi_5 kullanılmıştır. Modellemede

elde edilen sonuçlar, literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları ile karşılaştırıldığında istenen doğrulukta ve birebir ilişkili sonuçlara ulaşamadığı değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Pisani, L. Murgia, G. J. Elect. Soc. 2002, 149,898-904.
- [2] Nam, J. H. Kaviany, M. Int. J. Heat Mass Trans. 2003, 46, 4595-4611.
- [3] Ziegler, C. Yu, H. M. J. Electro. Soc. 2005, 140, 2178-2186.
- [4] Gurau, V. Liu, H. Kakac, S. AIChE. Journal 1998, 44, 2410-2422.
- [5] Li, P. W. Schaefer, L. Wang, Q. M. Zhang, T. Chyu, M. K. J. Pow. Sourc. 2003, 115,90-100.
- [6] Lee, W. K. Shimpalee, S. Van Zee, J. W. J. Electro. Soc. 2003, 150,A341-A348.
- [7] Kaplan, Y. Vesirogiu, T. N. Inter. J. Hydro. Ener. 2003, 27,1027-1037.
- [8] Aldaş, K., Mat, M.D., 2002. Metal-hidrür yataklarda hidrojen depolanmasının sayısal analizi. Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 26, 201- 207.
- [9] P. Muthukumar, S. Venkata Ramana. Numerical Simulation of Coupled Heat and Mass Transfer in Metal Hydride-Based Hydrogen Storage Reactor. Journal of Alloys and Compounds 472 (2009) 466–472
- [10] Tong Liu, Chunguang Chen, Chenggong Qin, Xingguo Li. Improved Hydrogen Storage Properties of Mg-Based Nanocomposite by Addition of LaNi₅ Nanoparticles. International Journal of Hydrogen Energy 39 (2014) 18273-18279.
- [11] S. Luo, Ted B. Flanagan, Robert C. Bowman Jr. Hydrogen Isotherms for Annealed, Un-activated LaNi₅ (273–333 K). Journal of Alloys and Compounds 574 (2013) 443–450
- [12] Kayfeci Muhammet, Metal Hidrür Reaktör Tasarım Parametrelerinin Hidrojen Depolama Özelliklerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniv Fen Bilimleri Enst. Makine Müh ABD, Doktora Tezi, 2011
- [13] Zhixiong, G.; Hyung, J. S. Int. J. Heat Mass Trans. 1999, 42,379-382.
- [14] Djilali, N.; Lu, D. Inter. J. Therm. Sci. 2002, 41,29-40.
- [15] Yan, W. M.; Chen, F. J. Pow. Sourc. 2004, 129,127-137. Modeling and Simulation of Hydrogen Storage Device for Fuel Cell Plant 612
- [16] Lee, S. L. Int. J. Heat Mass Trans. 1989, 32,2065-2073.
- [17] Lin, G.; He, W.; Nguyen, T. V. J. Electro. Soc. 2004, 151, A1999-A2006.
- [18] Nguyen, T. V.; White, R. E. J. Electro. Soc. 1993, 140, 2178-2186.
- [19] Fuller, T. F.; Newman, J. J. Electro. Soc. 1993, 140, 1218-1225.
- [20] YI, J. S.; Nguyen, T. V. J. Electro. Soc. 1998, 145, 1149-1159.
- [21] Kulikovskiy, A. A.; Divisek, J.; Kornyshev, A. A. J. Electro. Soc. 1999, 146,3981-3991.

- [22] Natarajan, D.; Nguyen, T. V. J. *Electro. Soc.* 2001, 148, A1324-A1335.
- [23] Mennola, T.; Noponen, M.; Aroneimi, M. J. *Appl. Electro.* 2003, 33,979-987.
- [24] Ziegler, C.; Schmitz, A.; Tranitz, M.; Fontes, E.; Schumacher, J. O. J. *Electro. Soc.* 2004, 151,A2028-A2041.
- [25] Thoben, B.; Siebke, A. J. *New Mater. Electro. Sys.* 2004, 7,13-20.
- [26] Shimpalee, S.; Dutta, S.; Lee, W. K.; Van Zee, J. W. Effect of Humidity on Pem Fuel Cell Performance, Part 11-Numerical Solution in White Lc, In *Proceeding of ASME IMECE, Nashville, TN., 1999, 5, p 464.*
- [27] Shimpalee, S.; Dutta, S. J. *Num. Heat Transf. Part A* 2000, 38,118-128.
- [28] Nguyen, T. V.; White, R. E. J. *Electro. Soc.* 1993, 140, 2178-2186.
- [29] Meng, H.; Wang, C. Y. J. *Electro. Soc.* 2005, 152, A1733-A1741.
- [30] Sivertsen, B. R.; Djilali, N. J. *Power Sour.* 2005, 141, 65-78.
- [31] Lum, K. W.; Mc Guirk, J. J. J. *Power Sour.* 2005, 143, 103-124.
- [32] Zehner, P.; Schlunder, E. U. *Chemier Ingenieur Technik.* 1970, 4,933-944.
- [33] Woodside, W. Messner, J. H. J. *Appl. Phy.* 1961, 42,4-10.
- [34] Gambini, M. *Inter. J. Ener.* 1994, 9,81-97.
- [35] Gopal, M.; Murthy, S. *Inter. J. Hydro. Ener.* 1995, 20, 915.
- [36] Shmaalkov, Y.; Kolosov, V. I.; Solovev, V. V.; Kennedy, L. A.; Zelepouga, S. A. *Inter. J. Hydro. Ener.* 1998, 23(6),463-468.
- [37] Jemni, A.; Nasrallah, S. B. *Inter. J. Hydr. Ener.* 1995, 20, 43-52.
- [38] Mat, M. D.; Kaplan, Y. *Inter. J. Hydro. Ener.* 2001, 26, 957-963.
- [39] Askri, F.; Ben Salam, M.; Jenni, A.; Ben Nasrallah, S. *Inter. J. Hydro. Ener.* 2009, 34,899.
- [40] Mohan, Y.; Manojmuthukumar, S.; Das, D. J. *Hydro. Ener.* 2007, 32,761-786.
- [41] Mellouli, S. *Inter. J. Hydro. Ener.* 2007, 34,4978-4987.
- [42] Jemni, A.; Nasrallah, S. B. *Inter. J. Hydr. Ener.* 1995, 20, 43-52.
- [43] Nakagawa, T.; Inomata, A.; Aoki, H.; Miura, T. *Inter. J. Hydr. Ener.* 2000, 25,339-350.
- [44] Kuznetsov, A.V.; Vafai, K. *Inter. J. Heat Mass Transf.* 1995, 38,2875-2885.
- [45] Shmaalkov, Y.; Kolosov, V. I.; Solovev, V. V.; Kennedy, L. A.; Zelepouga, S. A. *Inter. J. Hydro. Ener.* 1998, 23(6),463-468.

MATEMATİK ÖĞRETİMİNDE MÜHENDİSLİK ABET ÖĞRENME ÇIKTILARINA YÖNELİK DIMLE YAKLAŞIMI

Ersin İLHAN

Bayburt Üniversitesi

Mühendislik programlarının, mezunlarını program hedeflerine göre hazırlanmasına yönelik öğrenci çıktıları, ABET tarafından belirlenmiş olup (ABET, 2015), kendilerine uyarlamaları beklenmektedir. ABET kriteri on bir öğrenci çıktısı ile Matematik I dersine ait sekiz çıktının birbiriyle eşleşmesi yapılan çalışmadan (Omari, 2015) DIMLE yaklaşımına yönelik olarak “Fonksiyonların grafiklerinin çizimi, analiz edilmesi ve sonuçların yorumlanması” ders çıktısı ve ilişkili öğrenci çıktıları eşleşmesi çalışmamıza temel oluşturmaktadır. Omari ve arkadaşlarının (2015) araştırma sonuçlarında, mühendislik öğrencilerine mühendislik problemlerinin analizinde kritik düşünme becerisi ve görselliği geliştirme matematik problemlerini çözme için bilgisayar ve yeni teknolojiler bağlamında roller verilmesi, öğrenme ortamının düzenlenmesi olarak görülmektedir.

Eğitim kuramlarının mühendislik eğitimde kullanımı ile teknolojinin eğitim ortamlarına entegre edilmesi, mühendislik eğitimindeki beş ana değişimden ikisidir (Froyd, 2012). Geleneksel eğitim durumlarından problem tabanlı öğrenme ortamına geçişte matematik öğretimi sürecinde gerçek mühendislik problemlerinde grup çalışmasının dezavantajlarını ortadan kaldırmaya yönelik olarak öğretmen merkezli geleneksel yaklaşımın yerine öğrenci merkezli DIMLE yaklaşımı ile öğrenci ve nesne arasındaki etkileşimin sağlanmaktadır.

Mühendislik tanımını toplum yararına olan projelerin tasarımı ve inşasında matematik ve fen uygulamaları (Kirschenman & Brener, 2010) olarak kabul edersek, öğrencilerin matematik mühendislik ilişkisine yönelik algılarının kuvvetlenmesi için gerçek mühendislik problemleri ile öğretimimin önemi ortaya çıkmaktadır (Flegg, 2012). Mühendislik bağlam problemlerin DIMLE yaklaşımının önemini yanında Matematik 1 konularının beceri tabanlı Diferansiyel Denklemler dersi için gerekliliği (Czocher, 2013) de Matematik 1 ders çıktılarının işlem yanında kavramsal öğrenme düzeyinde olmasını ortaya çıkarmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Mühendislik Eğitimi, Matematik Öğretimi, ABET, DIMLE*

NANOTEKNOLOJİ VE ALZHEİMER HASTALIĞI: GÜNCEL FIRSAT VE RİSK DEĞERLENDİRMELERİ

Hasan TÜRKEZ

Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Fen Fakültesi, Erzurum Teknik Üniversitesi

Alzheimer hastalığı gençlik döneminde de görülebilmekle birlikte daha çok yaşlılık döneminde ortaya çıkan beyin hastalıklarının başında gelmektedir. Son raporlar dünya genelinde 15 milyon Alzheimer hastasının bulunduğunu, üstelik 2050 yılına kadar bu sayının 4 katı kadar artacağını öngörmektedirler. Ülkemizde ise 300.000 Alzheimer hastası olduğu bilinmektedir. Beynin düşünme, hafıza ve dil bölümlerini etkilediği gözlenen bu hastalığın yaklaşık 100 yıldır biliniyor olmasına karşın halen nedenleri anlaşılammış ve kesin bir tanı veya tedavi yaklaşımı ortaya konulamamıştır. Diğer taraftan nanoteknoloji alanındaki baş döndürücü gelişmeler, bu teknolojiyi esas alan farklı yaklaşımların başta Alzheimer ve Parkinson hastalıkları olmak üzere çeşitli nörodejeneratif hastalıkların tanı, teşhis veya tedavilerinde kullanım potansiyellerinin araştırılmasını sağlamıştır.

Sunu kapsamında insanoğlunun Alzheimer hakkında yaklaşık yüzyıldır cevap bulamadığı soruların cevaplanmasında nanoteknoloji bulgularının kullanılmasının sağlayacağı fırsatlara ve olası çıkmazlara dikkat çekilecektir. İki bölüm halinde gerçekleştirilecek olan bu sunumun ilk bölümünde nanoteknoloji tabanlı tanı yaklaşımları özetlenecektir. Sununun ikinci bölümünde ise nanoteknolojik tedavi yaklaşımları (I. nöron koruma, II. nöral rejenerasyon ve III. ilaç taşıma sistemleri) oldukça güncel ve örnek uygulamaları ile birlikte değerlendirilecektir.

ONLINE EĞİTİM TEKNOLOJİLERİNİN MÜHENDİSLİK EĞİTİMİNDEKİ DEVRİMİ: TSUNAMİDE SÖRF YAPMAK MI YOKSA BOĞULMAK MI?

İrfan KAYMAZ

Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi

İlk olarak askeri alanda kullanılıp 90 yıllardan itibaren hayatımıza giren internet ve online teknolojiler, pek çok alanda devrim niteliğinde değişimlere neden oldu ve bu devrim hala devam ediyor. Yıllarca dünyanın ilk 500 firması listesinde üst sıralarda yer alan devasa enerji ve imalat şirketleri yerlerini, çoğu üniversite terk, kot pantolonlu ve yüzlerinde ergenlik sivilceleri hala geçmemiş yeni yetmelerin kurduğu teknoloji şirketlerine bırakmak zorunda kaldı. Geleceklerini çok garanti gören bazı sektörler internet teknolojileri nedeniyle piyasadan silinmek zorunda kaldı. Ancak bu tsunaminin bizim semte yani üniversitelere uğramayacağını düşünüyoruz. Gerçekten öyle mi? Dev bir dalga eğitim sektörünü özellikle yükseköğretimi vurmak üzere. Peki, nedir bu dalga ve bu dalgaların altında kalmaktansa üzerinde nasıl sörf yapabiliriz? Bu çalışmada, son yıllarda dünyanın önde gelen üniversitelerinde uygulanmaya başlanan eğitim teknolojileri açıklanarak mühendislik eğitiminde nasıl bir devrime yol açtığı anlatılacaktır. Ayrıca, Flipped Classroom gibi online eğitim teknolojilerinin kullanıldığı eğitim yöntemlerinin, Makine Elemanları dersine uygulanışı ve öğrencilerin değerlendirilmeleri de verilecektir.

IN-SITU METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN SICAK PRESLEME YÖNTEMİ İLE ÜRETİMİ

Metin ÖNAL^a, Mehmet GAVGALI^b

^aYüzüncü Yıl Üniversitesi, Erciş Meslek Yüksekokulu, monal@yyu.edu.tr

^bBayburt Üniversitesi/Mühendislik Fakültesi, Bayburt, 69000, Türkiye, mgavgali@bayburt.edu.tr

Özet

In situ metal matrisli kompozitler (MMK), takviye fazlarının üretim esnasında metal matris içerisinde kimyasal reaksiyonlarla sentezlendiği çok fazlı malzemelerdir. Kuvvetlendirici olarak partiküllerin tercih edildiği MMK'ler ağırlığa duyarlı havacılıkta, endüstriyel sektörlerde ve ulaşımda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kompozitin iç yapısını oluşturan reaktan metalik tozlar, homojen olarak karıştırılmalarının ardından soğuk presleme ile kompaktlanırlar. Kimyasal reaksiyonların başlama sıcaklıklarına kadar ısıtılan kompozit malzemeler, belirlenen fırında bekletme süresi ve ısıtma/soğutma hızlarının uygulanmasından sonra yarı katı-yarı sıvı sıcaklık aralığında sıcak olarak preslenerek üretilirler.

Anahtar Kelimeler: Sıcak presleme, in situ, partikül

PRODUCTION of IN SITU ALUMINUM METAL MATRIX COMPOSITES via HOT PRESSING METHOD

Abstract

In situ metal matrix composites (MMCs) are multiphase materials that reinforcing phases are synthesised in the metal matrix by chemical reactions during fabrication. MMCs preferred particles as the reinforcements are widely used in weight-sensitive aerospace, industrial sectors and transportation. Reactant metallic powders forms internal structure of the composite are compacted by cold pressing after homogeneous mixing. The composite materials heated to the starting temperature of chemical reactions are produced by hot pressed at semi-solid/liquid temperature range after implementation of specified holding time in the oven and heating/cooling rates.

Keywords: Hot pressing, in situ, particle

1. GİRİŞ

Metal matrisli kompozitler (MMK), düşük yoğunluklarından dolayı özellikle uzay ve otomobil endüstrisinde çokça tercih edilen malzeme gruplarından. Matrise dışarıdan katılan veya matris bünyesinde oluşturulan takviye elemanları [1] kompozitin başta sertlik üzere korozyon ve aşınma direnci gibi özelliklerini değiştirmektedirler. Takviye elemanları genellikle partikül, whisker ve fiber şeklindedirler [2]. Bu sert takviyelerin matristeki karışımıyla, alüminyum esaslı malzemelerin mevcut özellikleri iyileşmektedir [3]. SiC, TiC, B₄C, Al₂O₃, Si₃N₄, TiB₂ vb. sert seramik partiküller [4], matrise en çok katılan veya matris içerisinde sentezlenebilen kuvvetlendiricilerin başında yer almaktadırlar. Yüksek erime dereceleri-sertlik-

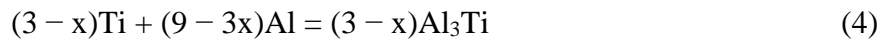
elektrik iletkenliği, üstün aşınma direnci ve kimyasal kararlılık, bu bileşiklerin ortak özellikleri arasındadır.

Geliştirilmiş fiziksel ve mekanik özellikleri, malzeme ve enerji kazancı bakımından hafif olmaları nedeni ile metal matrisli kompozitler yeni malzemeler olarak dikkati çekmektedir. Bu özelliklerinin yanında iyi sürtünme ve aşınma özellikleri nedeni ile aşınmaya karşı uygulamalarda sürtünen ve aşınan bölgelerin veya parçanın tamamının bu malzemelerden yapılması giderek yaygınlaşan metal matrisli kompozit uygulamalarındandır. Nispeten daha düşük maliyetli olan sıcak presleme yöntemi ve daha homojen bir mikroyapı oluşmasına elverişli olan in situ üretim tekniğinin klasik üretim yöntemlerine göre birçok avantajı bulunmaktadır.

Bu çalışmada, in situ tekniği ile üretilen MMK'lar ile ilgili yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir.

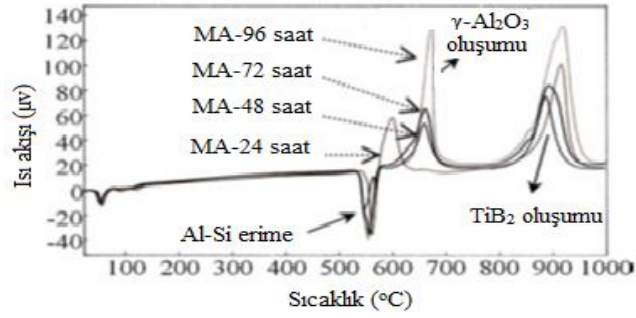
2. IN SİTU ALÜMİNYUM METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLER VE SICAK PRESLEME İLE ÜRETİMLERİ

*Xing vd. (2008) yaptıkları çalışmada farklı ağırlık oranlarındaki (TiO₂+B₂O₃)/Al toz karışımlarını 10'ar dakika boyunca karıştırmış ve 350°C sıcaklıkta bir ön ısıtma yapmışlardır. Daha sonra alüminyumun ergimesinin ardından 950°C'e kadar çıkıp bir süre bu sıcaklıkta karışımı bekletmişlerdir. Ardından porozitelerin yok edilmesi amacıyla sıvı eriyiği sıcak preslemişlerdir. In situ fazların sırasıyla aşağıdaki eşitliklere göre oluştuğunu belirtmektedirler:



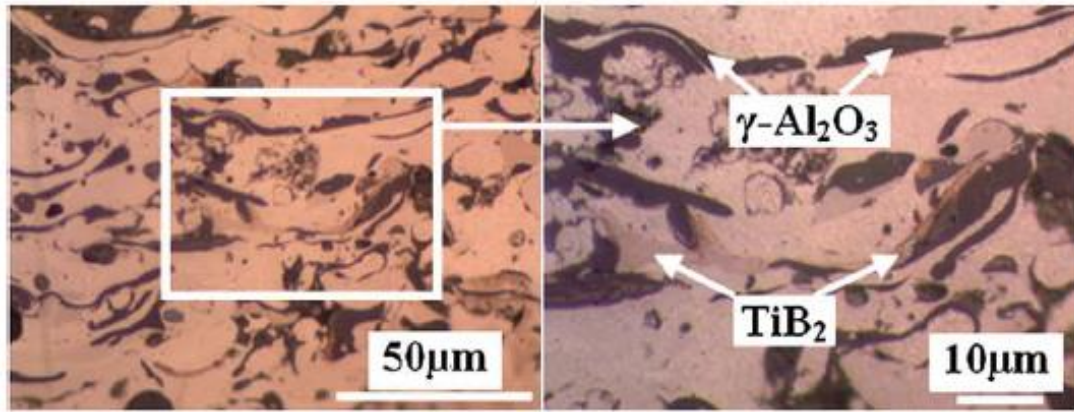
Buna göre Al, TiO₂ ve B₂O₃ bileşiklerinde bulunan oksijen atomları ile birleşerek Al₂O₃ seramik fazını oluşturmaktadır. Ardından element haline geçen Ti ve B atomları bir araya gelerek TiB₂ sentezlenmekte ve en son olarak da serbest enerjisi en yüksek olan Al₃Ti metaller arası bileşiği oluşmaktadır. (5)

*Tekmen vd. (2009). Al-12Si, TiO₂, B₂O₃ bileşimini, argon gazı atmosferinde farklı sürelerde 100 rpm hızda ball-milling vasıtasıyla karıştırmışlardır. Ardından bileşenlerin in situ reaksiyonlarının oluştuğu sıcaklıkları DTA analizi yoluyla tespit etmişlerdir. Elde ettikleri DTA analizi eğrileri Şekil 1'deki gibidir. (6)



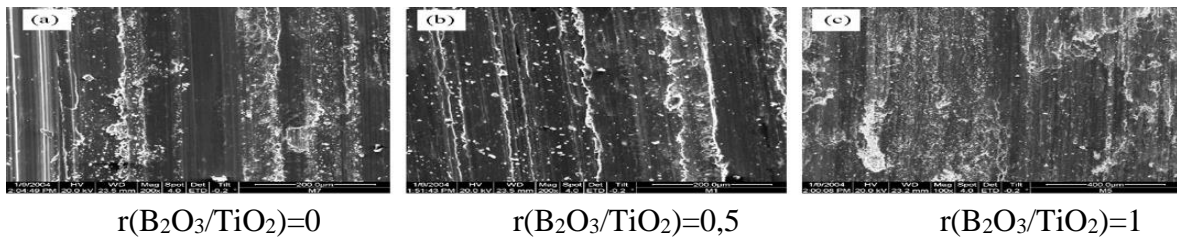
Şekil 1. 24, 48, 72 ve 96 saat karıştırma sürelerinde elde edilen DTA eğrileri

Şekil 1'e göre her dört durumda da reaksiyonlar, alüminyumun ergimesiyle başlamakta ve artan sıcaklıkla beraber önce yaklaşık 650°C'de Al₂O₃ fazı oluşmakta ve 900°C'de TiB₂ seramiğinin sentezlenmesiyle son bulmaktadır. Nihai kompozitin mikroyapısı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. In situ Al/Al₂O₃/TiB₂ kompozitin mikroyapısı

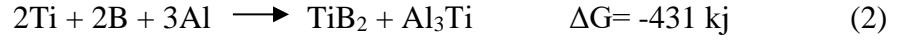
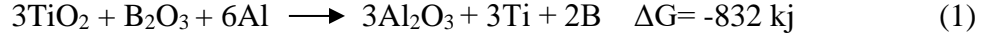
*Zhu vd. (2008). yaptıkları çalışmada in situ Al/Al₂O₃/TiB₂ kompozitin aşınma direncini oda sıcaklığında pin-on-disk aşınma testi yöntemiyle belirlemeye çalışmışlardır. Karışıma eklenen farklı B₂O₃/TiO₂ mol oranlarının aşınma üzerine etki ettiğini bulmuşlardır. Deney sonuçlarına göre; aynı şartlar altında, artan B₂O₃/TiO₂ mol oranıyla birlikte aşınma direncinin de yükseldiğini tespit etmişlerdir. Karışıma B₂O₃ tozu katılmadığı durumda kompozitin içeriğinin sadece Al₂O₃ ve Al₃Ti yapılarından ibaret olacağını ve bunun sonucunda da kompozitin aşınma direncinin düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. B₂O₃'ün katılması durumunda ise Al₃Ti metaller arası fazının mikroyapıdaki oranının azalıp, TiB₂ oranının artmasıyla birlikte aşınma direncinin bir önceki duruma göre arttığını belirtmektedirler. Şekil 3'de artan mol oranlarıyla birlikte kompozit numunelerin SEM görüntüleri verilmektedir. (7)



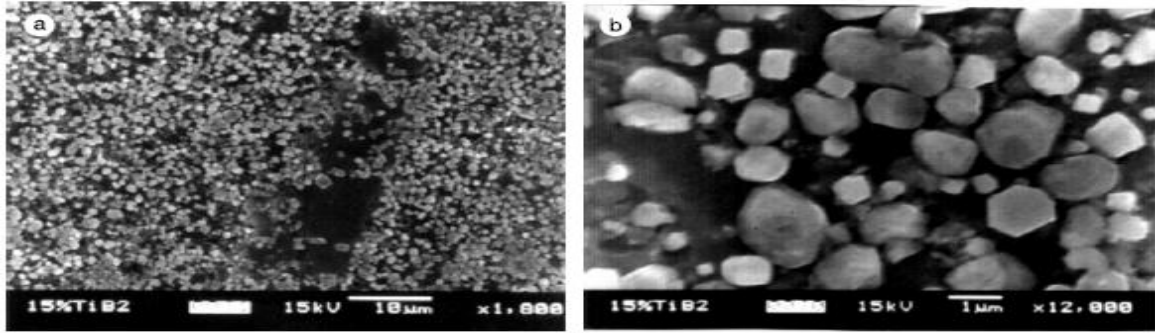
Şekil 3. Karışıma katılan (B₂O₃/TiO₂) mol oranının: 0, 0,5 ve 1 olduğu durumlardaki aşınma yüzeyleri

*Lü vd. (2001). TiB₂ oluşumunu incelemiş, TiB₂'ün iki aşamada meydana geldiğini gözlemlemişler ve bileşiklerin Gibbs serbest enerji değerlerine göre bir sıralama yapmışlardır.

Buna göre, Xing ve ekibinin yukarıda bahsedilen çalışmasında olduğu gibi Al₂O₃ fazının, Al'un ergimesinden hemen sonra oluştuğunu ve serbest enerjileri nedeniyle TiB₂ ve Al₃Ti fazlarının daha sonra oluştuklarını gözlemlemişlerdir. Oluşan reaksiyonları aşağıdaki gibi formülize etmişlerdir:



Yaptıkları çalışmanın SEM görüntülerini aldıklarında in situ TiB₂ takviye elemanlarının hekzagonal şekilli olduğunu gözlemlemişlerdir (Şekil 4).



Şekil 4. Hekzagonal şekilli TiB₂ takviye elemanları

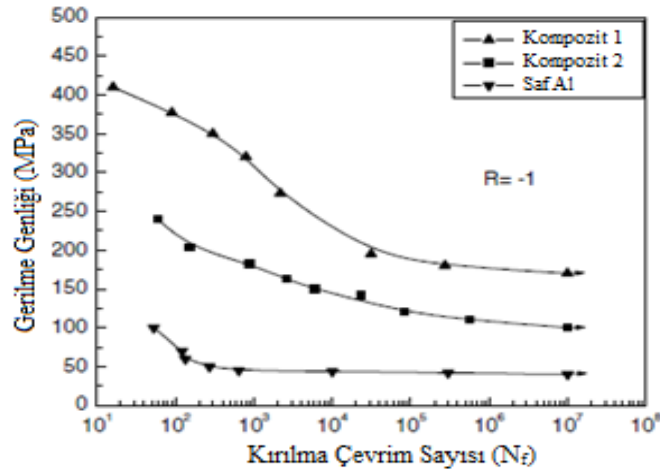
Bu çalışmada Al₂O₃ yapısının ekstrasdan bir takviye fazının oluşmasına katkıda bulunduğuna işaret etmektedirler. (8)

*S.C. vd. (2005). in situ Al/Al₂O₃/TiB₂ kompozitin yorulma dayanımını ölçtükleri çalışmada, ilk neden olarak Al₃Ti fazının çatlak başlangıcına neden olmasından dolayı kompozitin yorulma dayanımının Al-TiO₂-B içeren yapıya göre daha düşük çıktığını gözlemlemişlerdir. Diğer nedenleri ise; takviye partiküllerinin boyutlarının daha büyük olması ve takviye partiküllerinin hacim oranının daha düşük olması şeklinde ileri sürmüşlerdir. Yaptıkları deneylerden elde ettikleri sonuçları, kıyaslama amacıyla saf Al'un mekanik özellikleriyle birlikte bir çizelge halinde sunmuşlardır (Çizelge 1). (9)

Çizelge 1. Karşılaştırılan üç numunenin mekanik özellikleri
(Kompozit 1: Al-TiO₂-B, Kompozit 2: Al-TiO₂-B₂O₃)

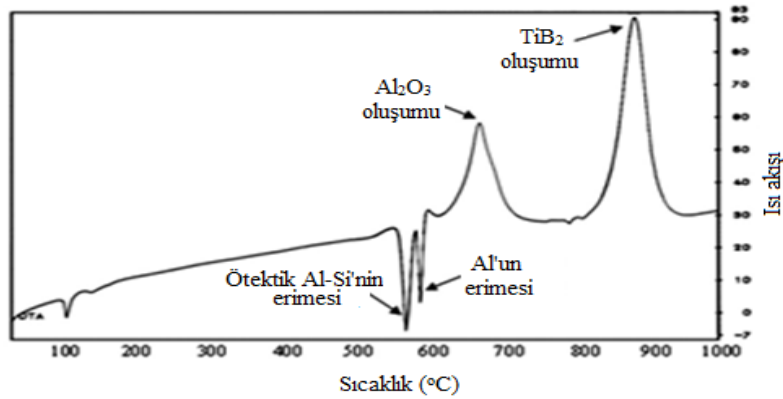
Numune	TiB ₂	Al ₂ O ₃	Al ₃ Ti	Akma. Muk. (MPa)	Çekme Muk. (GPa)	Young Modülü (GPa)	Uzama (%)
Kompozit 1	9.5 (8.7)	10.5 (11.3)	--	545	638	115	4.0
Kompozit 2	5.3 (5.3)	14.7 (13.1)	-- (3.6)	210	294	98	6.1
Saf Al	--	--	--	49	82	---	59.8

Saf Al'un ve kompozit numunelerin S-N eğrileri Şekil 5'deki gibidir:



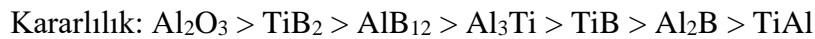
Şekil 5. Üç numunenin S-N eğrileri

*Tekmen vd. (2008) önceki yaptıkları çalışmaya benzer bir çalışma yaparak Al-12Si, TiO₂, B₂O₃ başlangıç tozlarını, 100 rpm hızda 48 saat boyunca top ağırlığı/toz ağırlığı = 20/1 olacak şekilde mekanik alaşımlama yöntemiyle karıştırmışlardır. Sonuç olarak yine Al₂O₃ ve TiB₂ seramiklerini in situ reaksiyonlar vasıtasıyla elde etmeyi başarmışlardır. Yaptıkları çalışmanın DTA analizi Şekil 6'daki gibidir. (10)



Şekil 6. Mekanik alaşımlanmış başlangıç tozlarının DTA analizi

*Zhu vd. (2007). yaptıkları çalışmada başlangıç tozlarının mol oranlarını $r(B_2O_3/TiO_2)=0, 0.5$ ve 1 olacak şekilde seçerek ball-milling vasıtasıyla toz karışımları hazırlamışlardır. Oluşan fazların kararlılığına göre bir sıralama yapmışlardır. Buna göre;



Sıralamadan, Al₂O₃ ve TiB₂ fazlarının diğerlerine göre daha kararlı olduğu, Al₃Ti fazının ise bir geçiş fazı olduğu ve AlB₁₂ fazına dönüşebileceği görülmektedir. Elde ettikleri sonuçları şu şekilde yorumlamışlardır:

- $r(B_2O_3/TiO_2) < 1$ olarak seçilen durumlarda, kompozit yapıda sentezlenen ürünler α -Al₂O₃, TiB₂ ve Al₃Ti'den ibarettir. α -Al₂O₃ fazı, en düşük serbest enerjiye sahip olması nedeniyle yapıdaki en kararlı üründür.

- Al_3Ti fazı yapıda homojen bir şekilde dağılmaktadır. Sentezlenen TiB_2 partikülleri matrisle uyumludur ve katılaşma sırasında matrisin çekirdekçikleri olabilmektedirler.
- $r(B_2O_3/TiO_2)$ oranı arttığı durumlarda, Al_3Ti oranı azalmaktadır. Eğer $r(B_2O_3/TiO_2)=1$ olursa Al_3Ti fazı yapıdan tamamen kaybolmaktadır.
- $r(B_2O_3/TiO_2) < 1$ olduğu durumlarda, hala aktif halde bulunan Ti atomlarının Al ile reaksiyona girerek Al_3Ti fazının oluşmasına neden olacağını belirtmişlerdir. (11)

*Ergin vd. (2011), 150 MPa soğuk pres uyguladıkları Ti-Al-B toz karışımını 1050-1100-1200°C'de sinterlemiş ve hava ortamında soğutmuşlardır. $Al_2O_3/TiB_2 = 5/3$ hacim içeriğine sahip kompozitler elde ettiklerinde kompozit yapısında, $Ti_2O_3-Al_{18}B_4O_{33}$ fazlarının da olabileceğini gözlemlemişlerdir. Uyguladıkları basınç sayesinde kompozitlerin %94 yoğunluğa ulaştığını belirtmektedirler. (12)

*Kayıkçı vd. (2009), 8°C/dakika ısıtma hızı uyguladıkları B_2O_3 ilaveli Al/ AlB_2 kompozitleri 30 dakika boyunca sinterleyip 50°C/dakika hızla soğutmaları sayesinde, AlB_{12} borürleri henüz çekirdeklenmeden AlB_2 borürlerinin çekirdeklenmesini sağlamışlardır. (13)

*S.C. ve G.S. (2004), 800°C'de 10 dakika beklettikleri kompozitleri, sıcaklık 600°C'e düştüğünde sıcak olarak preslemişlerdir. Sıcak presleme yönteminin temeli; matris malzemesinin, yarı katı-yarı sıvı sıcaklığına gelindiğinde yoğunluk artışını sağlayabilmek amacıyla soğuk prese nazaran daha düşük basınçlarda preslenmesi prensibine dayanmaktadır. (14)

*Buytoz ve Eren (2007), yaptıkları çalışmada; Al MMK'lerde takviye elemanlarının kompozitin aşınma özelliklerini nasıl değiştirdiğini incelemişlerdir. Pin-on-disk test cihazında 1,89 m/s kayma hızı, 20 m kayma mesafesinde, 10-30 N'luk yükler altında yaptıkları deneylerde kompozit içerisindeki partikül miktarının arttıkça sertliğin de attığını gözlemlemişlerdir. (15)

*Dikici vd. (2011), 100 bar soğuk pres uyguladıkları Al/TiC kompozitlerde sıcaklığın artması ile birlikte Al_3Ti miktarının düştüğünü belirtmişlerdir. 3 barlık sıcak pres uyguladıkları kompozitlerin mikro vickers sertliklerini 100 gf yük altında, 10 sn sürede, 10 farklı noktadan ölçmüşlerdir. Yaptıkları incelemeler sonucunda istenmeyen fazların elimine edilebilmesi için sinterleme sıcaklığının daha fazla seçilebileceğini rapor etmişlerdir. (16)

3. DEĞERLENDİRME ve ÖNERİLER

- Alüminyum matris içerisinde sıcak presleme metoduyla in situ fazların başarıyla sentezlediği bu çalışmalarda, başlangıç tozlarının oksit formlarının kullanılması sayesinde üretim maliyetlerinin düşürülebileceği ve ikinci bir takviye fazı elde edilebileceği anlaşılmaktadır.

- Sinterleme sıcaklığının, matris içerisinde daha fazla takviye elemanı sentezlenmesi hususunda etkin bir parametre olduğu dolayısıyla kompozitlerin sertlik ve aşınma dirençlerinin yükseldiği görülmektedir.
- Sinterleme öncesi uygulanan soğuk presin daha yüksek, sıcak presin ise daha düşük basınçlarda olacak şekilde uygulanması sayesinde daha yoğun kompozitler elde edilebilmektedir.
- Toz karışımlarının homojenliğini sağlayabilmek amacıyla ball-milling işlemi farklı süreler boyunca uygulanabilir.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda; gevreklikleriyle bilinen intermetalik fazların yok edilebilmeleri amacıyla farklı ısıtma/soğutma hızlarının denenmesi literatüre yeni katkılarda bulunabilir. Üç boyutlu turbula mikserlerin kullanımı tozların homojen olarak karıştırılmasında daha kısa süreli ve daha düşük maliyetli bir yöntem olduğundan tercih edilebilir.

4. KAYNAKLAR

- [1] Sharifi M.E., Karimzadeh F., Enayati H.M., Preparation of Al₂O₃-TiB₂ nanocomposite powder by mechanochemical reaction between Al, B₂O₃ and Ti, *Advanced Powder Technology*, 22, 526- 531, 2011.
- [2] Tjong C.-S., Lau C.-K., Properties and abrasive wear of TiB₂/Al-4%Cu composites produced by hot isostatic pressing, *Composites Science and Technology*, 59, 2005-2013, 1999.
- [3] Jun D., Liu, Y.-H., Yu, S.-R., Li W.-F., Dry sliding friction and wear properties of Al₂O₃ and carbon short fibres reinforced Al-12Si alloy hybrid composites, *Wear* 257, 930-940. 2004.
- [4] Balcı Ö., Ağaogulları D., Gökce H., Duman İ., Öveçoğu L.-M., Influence of TiB₂ particle size on the microstructure and properties of Al matrix composites prepared via mechanical alloying and pressureless sintering, *Journal of Alloys and Compounds*, 586, S78-S84, 2014.
- [5] Xing, C., Chengxiao, Y., Leding G., Biao, Y., “TiB₂/Al₂O₃ ceramic particle reinforced aluminum fabricated by spray deposition”, *Materials Science and Engineering A*, 496, 52–58, 2008.
- [6] Tekmen, C., Tsunekawa, Y., Okumiya, M., “In situ TiB₂-Al₂O₃ formed composite coatings by atmospheric plasma spraying: Influence of process parameters and in-flight particle characteristics”, *Surface & Coatings Technology*, 203, 1649–1655, 2009.
- [7] Zhu, H., Wang, H., Ge, L., “Wear properties of the composites fabricated by exothermic dispersion reaction synthesis in an Al-TiO₂-B₂O₃ system”, *Wear*, 264, 967–972, 2008.
- [8] Lü. L., Lai, M.O., Su, Y., Teo, H.L., Feng, C.F., “In situ TiB₂ reinforced Al alloy composites”, *Scripta Materialia*, 45, 1017-1023, 2001.
- [9] S.C. Tjong, G.S. Wang, Y.-W. Mai., “High cycle fatigue response of in situ Al-based composites containing TiB₂ and Al₂O₃ submicron particles”, *Composites Science and Technology*, 65, 1537–1546, 2005.
- [10] Tekmen, C., Tsunekawa, Y., Okumiya, M., “In situ TiB₂ and Al₂O₃ formation by DC plasma spraying”, *Surface & Coating Technology*, 202, 4170-4175, 2008.
- [11] Zhu, H., Wang, H., Ge, L., Chen, S., Wu, S., “Formation of composites fabricated by exothermic dispersion

reaction in Al-TiO₂-B₂O₃ system”, Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 17, 590-594, 2007.

[12] Ergin, N., Garip, Y., Özdemir, Ö., “İndirgen Yanma Sentesi Yöntemi ile Ti-Al-B Esaslı Kompozit Üretimi”, IATS’11, Türkiye, 531-536, 2011.

[13] Kayıkcı, R., Savaş Ö., Kurtuluş, O., “Bor oksit ilavesi ile AlB₂/Al Kompozitlerin Üretiminin İncelenmesi”, IATS’09, Türkiye, 2009.

[14] S.C., Tjong, G.S., Wang., “High-cycle fatigue properties of Al-based composites reinforced with in situ TiB₂ and Al₂O₃ particulates”, Materials Science and Engineering A, 386, 48-53, 2004.

[15] Buytoz, S., Eren, H., “Al Metal Matris Kompozitlerin Abrasiz Aşınma Performansına Takviye Elemanlarının Etkisi”, Fırat Üniversitesi Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 19 (2), 209-216, 2007.

[16] Dikici, B., Gavgali, M., Bedir, F., “Synthesis of in situ TiC nanoparticles in liquid aluminum: the effect of sintering temperature”, Journal of Composite Materials, 45(8), 895-900, 2011.

DIŞBÜKEY ZARF TEKNİĞİNE DAYALI EĞİM KIRINIMI MODELİNİN RADYO VE TELEVİZYON YAYINCILIĞINDA KULLANILMASI

Mehmet Barış TABAKCIOĞLU^a, Doruk AYBERKİN^b

*^aBursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik
Mühendisliği, Bursa, mehmet.tabakcioglu@btu.edu.tr (İletişim Kurulacak Yazar)*

^bBayburt Üniversitesi, Bayburt Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programlama, Bayburt doruk@bayburt.edu.tr

Günümüzde kablosuz haberleşme (bluetooth, infrared), GSM teknolojisi, mikrodalga, radyo ve televizyon yayıncılığı çok büyük bir önem taşımaktadır. Bilgi transferi elektromanyetik dalgalar aracılığıyla aktarılmaktadır. Elektromanyetik dalgalar vericiden çıkıp alıcıya ulaşmaya kadar kırınım, yansıma ve kırılma gibi optik olaylara maruz kalır. Bunun sonucunda elektromanyetik dalga zayıflar. Alıcılar ise belirli sinyal gücünün altında cevap verememektedir. Bu durumda sinyal gücünün zayıf olmaması için vericinin konumunun ve yüksekliğinin belirlenmesi çok önemlidir. Elektromanyetik dalga yayılım modelleri ev içi, kentsel ve kırsal kesimde kullanılabilir. Bu modeller ışın izleme tekniğine dayalı ve numerik modeller olmak üzere iki kısımdan oluşur. Numerik modellerin alıcı üzerindeki elektromanyetik dalga şiddetini tahmin etmedeki kesinliği daha yüksektir. Fakat hesaplama zamanı ve işlem karmaşıklığı oldukça fazladır. Işın izleme tekniğine dayalı modeller ise kesinliği az olup, hesaplama zamanı düşüktür. Hesaplama zamanı ve kesinlik arasında bir ödünleşme vardır. Bu çalışmada Dışbükey zarf tekniğine dayalı eğim kırınımı (EKDZ) modeli diğer ışın izleme tekniği tabanlı modellerle karşılaştırılmıştır. EKDZ optimum bir modeldir. Hesaplama süresi numerik modellere göre oldukça düşük olmakla beraber kestirimdeki kesinliği oldukça yüksektir. Ayrıca yüksek başarımlı hesaplama yöntemleriyle karşılaştırmalar daha kısa sürede yapılabilir.

Anahtar Kelimeler: *Elektromanyetik Dalga Yayılım modelleri, EKDZ modeli, Eğim Kırınımı, Işın izleme tekniği*

GİRİŞ

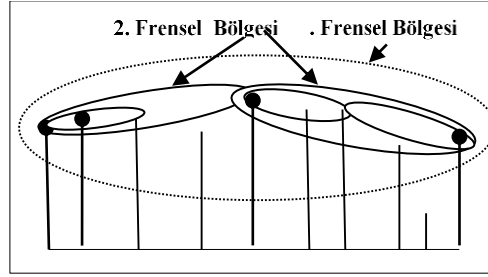
Bina içi, şehir merkezi ve kırsal bölgelerde radyo yayını için kapsama alanı hesaplama ve sinyal şiddeti kestirimi yapmak için elektromanyetik dalga yayılım modelleri kullanılmaktadır. Bu kapsamda ışın izleme tekniği ve nümerik integral teknikleri tabanlı birçok yayılım modeli geliştirilmiştir [1-10]. Nümerik modeller, bağıl yol kaybı kestiriminde gerçek ölçümlere çok yakın sonuçları, engel sayısı fazla olursa çok uzun sürede vermektedir. Işın izleme tekniğine dayalı modeller ise daha kısa sürede kesinliği az sonuçlar vermektedir. EKDZ modeli hesaplama zamanı ve kestirilen bağıl yol kaybının kesinliği düşünüldüğünde optimum bir modeldir. Gelecek bölümlerde EKDZ modeli hakkında bilgi verilecek ve bu model diğer yayılım modelleriyle karşılaştırılacaktır.

EKDZ MODELİ

Bu modele göre bir engelin arkasında kalan noktadaki elektrik alan şiddetini hesaplamak için kullanılan denklem aşağıda verilmiştir.

$$E = \left[E_i D(\alpha) + \frac{\partial E_i}{\partial \alpha} ds(\alpha) \right] A(s) e^{-jks} \quad (1)$$

EKDZ modeli, Eğim Kırınımı (EK) modeli ile Dışbükey zarf tekniği (DZ) modelinin birleştirilmesiyle oluşturuldu. EKDZ modeli, etkin olmayan engelleri kırınım senaryosundan çıkardığı için bina sayısını düşürmekte ve kestirimdeki kesinliği yüksek sonuçlar vermektedir. Dışbükey zarf, fresnel bölgesi kavramı kullanılarak oluşturulur. Alıcı ve verici antenler arasında birinci fresnel bölgesi çizilir. Bu bölgenin dışında kalan engeller senaryodan çıkarılır. Daha sonra alıcı ve verici anten arasında çizilen doğruyu kesen en yüksek bina seçilir. Antenler ile bu bina arasında ikinci fresnel bölgesi çizilir. Yine bölgeler dışındaki engeller kırınım senaryosundan çıkarılır. Aynı işlem, elenecek engel kalmayınca kadar devam eder ve elenmeyen engeller üzerinden dışbükey zarf oluşturulur. Dışbükey zarf oluşturulması Şekil 1’de verilmiştir.

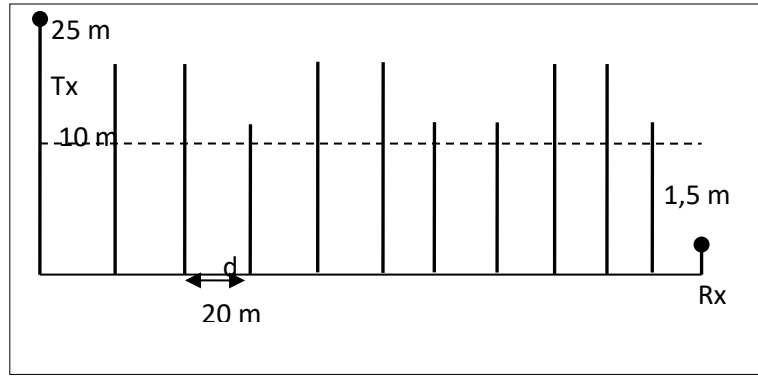


Şekil 1. Dışbükey Zarf Oluşturulması

Son olarak Eğim kırınımı algoritması dışbükey zarf için çalıştırılır ve kesinliği yüksek tahminler yapılır.

KARŞILAŞTIRMALAR

Kırınım sayısı 11’den az olduğu sürece EK modeli kesin sonuçlar vermektedir. Bu bölümde karşılaştırma yapılırken EK modeli referans alınacaktır. Modelleri karşılaştırmak için Şekil 2’deki senaryo kullanılmıştır [9]. Bu senaryoda verici anten yüksekliği 25, 20, 15, 10 ve 5 m olarak seçilmektedir. İşlem frekansı 1800 MHz olarak atanmıştır. Ortalama bina yüksekliği 10 m olup binalar 10±4 m yükseklikte rastgele dağıtılmıştır. Binalar arası mesafe 20 m olup bina mesafeleri 20±5 m aralıkta dağıtılmıştır. Alıcı anten yüksekliği 1,5 m seçilmiştir.



Şekil 2. Karşılaştırma Senaryosu.

Yukarıda verilen senaryoda verici anten yüksekliği 25 m için her üç model için 20 kez benzetim yapılmış benzetim sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

GKT	EK	EKDZ	Katkı	Sapma	Elenen
0,921	183,051	0,203	0,754	0,018	5
1,373	216,654	0,016	0,003	0,082	8
1,201	247,62	0	0,224	0,333	7
1,155	204,985	0	0,022	0,521	8
1,108	174,206	0	0,013	1,07	9
0,843	161,164	0	0,003	0,121	8
0,889	200,649	0,015	0,795	0,16	7
0,749	126,049	0	0,013	0,556	9
0,781	96,143	0	0,016	0,122	9
1,138	188,231	0	0,013	0,214	9
1,342	291,815	0	0,044	0,037	7
0,624	101,042	0,016	0,022	0,003	7
0,921	186,561	0	0,001	1,081	9
1,233	206,486	0,046	0,025	0,007	6
0,328	63,102	0	0,035	0,036	7
0,765	135,658	0,016	0,032	0,138	7
0,702	99,903	0	0,002	0,16	8
0,686	139,59	0	0,026	0,042	7
0,609	124,192	0	0,004	0,294	9
0,78	173,145	0	0,003	0,401	9
0,907	166,012	0,016	0,103	0,270	7,750
0,274	56,094	0,046	0,235	0,321	1,164

Tablo 1’den de görülebileceği gibi soldaki üç sütun GKT, EK ve EKDZ modelleri için hesaplama sürelerini vermektedir. Sonraki sütun GKT modeline EK katkısını göstermektedir. EK modelinin bu katkısı türevsel bileşenlerin eklenmesinden oluşur. Diğer sütun EKDZ modelinin EK modelinden ne kadar saptığını göstermektedir. En sağdaki sütunda ise EKDZ modelinde alıcı üzerindeki toplam alana etkisi yok denecek kadar az olan senaryodan çıkarılan bina sayısını vermektedir. Her üç model için 20 kez benzetim yapılmıştır. Son iki satır ortalama değeri ve standart sapmayı vermektedir. Yine bu tablodan görüleceği üzere EK modeli en çok zaman tüketen modeldir. Kırınım sayısı artıça bu süre de artmaktadır. EKDZ modelinde etkin

olmayan binalar senaryodan çıkarıldığı için hesaplama süresi çok düşüktür. EK ve EKDZ modelleri neredeyse aynı sonucu (0,270 dB fark) vermesine karşın EKDZ modelinin hesaplama süresi 0,016 s iken EK modelinin hesaplama süresi 166,012 s olmaktadır. EK modelinin türevsel bileşenleri eklemesinden dolayı GKT modeline katkısı 0,103 dB olmaktadır. 20 benzetim sonucunda ortalama 7,75 bina kırınımına katkısı neredeyse hiç olmasından dolayı elenmiştir.

SONUÇLAR

Eğim Kırınımı modeli en çok zaman tüketen modeldir. Kırınım sayısı arttıkça hesaplama süresi de artmaktadır. EKDZ modelinde etkin olmayan binalar senaryodan çıkarıldığı için hesaplama süresi çok düşüktür. EK ve EKDZ modelleri neredeyse aynı sonucu vermesine karşın EKDZ modelinin hesaplama süresi, EK modelinin hesaplama süresinden çok düşüktür. EK modelinin türevsel bileşenleri eklemesinden dolayı GKT modeline katkısı olmaktadır. Sonuç olarak EKDZ optimum bir modeldir. Hesaplama süresi numerik modellere göre oldukça düşük olmakla beraber kestirimdeki kesinliği oldukça yüksektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Bayburt Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2013-1/14 proje numarası altında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

1. Kouyoumjian, R. G. and Pathak, P. H. (1974) "A uniform geometrical theory of diffraction for an edge in a perfectly conducting surface", *Proceedings of the IEEE*, Cilt 62, 1448–1461.
2. Vogler, L. (1982) "An attenuation function for multiple knife-edge diffraction", *Radio Science*, Cilt 17, 1541–1546.
3. Andersen, J. B. (1994) "Transition zone diffraction by multiple edges", *IEEE Proceedings Microwave Antennas and Propagation*, UK.
4. Rizk, K., Valenzuela, R., Chizhik, D. and Gardiol, F. (1998) "Application of the slope diffraction method for urban microwave propagation prediction", *IEEE Vehicular Technology Conference*, Canada.
5. Tzaras, C. and Saunders, S. R. (2001) "An improved heuristic UTD solution for multiple-edge transition zone diffraction", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Cilt 49, No 12, 1678–1682.
6. Chung, H. K and Bertoni, H. L. (2003) "Application of isolated diffraction edge method for urban microwave path loss prediction", *IEEE Vehicular Technology Conference*, USA.
7. Tabakcioglu, M. B. and A. Kara (2009) "Comparison of improved slope UTD method with UTD based methods and physical optic solution for multiple building diffractions", *Electromagnetics*, Cilt 29, No 4, 303–320.
8. Tabakcioglu, M. B. and A. Kara (2010) "Improvements on Slope Diffraction for Multiple Wedges", *Electromagnetics*, Cilt 30, No 3, 285-296.
9. Tabakcioglu, M. B. And Cansız, A., (2013) "EKDZ Modelinin Çoklu Kırınım Geçeren Bir Senaryoya Uygulanması", *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi* Cilt 15(1) 62-69.
10. Tabakcioglu, M. B. And Cansız, A. (2014), "Çoklu Kırınımlar İçeren Senaryolar İçin Elektromanyetik Dalga Yayılım Modelleri", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 19, Sayı 1, 37-46.

GCG-60 KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRDEN ÜRÜN ÜRETİMİNDE AŞILAYICI TÜRÜ VE MİKTARININ İÇYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Fadıl BARUTÇU^a, Murat ÇOLAK^b, Erdal KARADENİZ^c

^a*Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, fadilbarutcu@gmail.com*

^b*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilime ve Nanoteknoloji Mühendisliği, mcolak@bayburt.edu.tr*

^c*Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, erdalk@sakarya.edu.tr*

Küresel grafitli dökme demir (KGDD) ısıt işlemler ile çeliğe benzer mekanik özellikler elde edilebilen mühendislik malzemeleridir. KGDD ailesinden GCG-60 yüksek aşınma direnci ve mukavemet değerlerine sahip olabilen bir metaldir. Ayrıca, Döküm yöntemleriyle şekillendirildiklerinden uygun maliyetlerde ve seri bir şekilde iş parçaları elde edilebilmektedir.

Döküm yöntemleriyle şekil vermede ürün içyapıları, dolayısıyla da mekanik özellikleri üzerinde katılaşma aşaması çok etkilidir. Homojen ince taneli grafitlerden oluşan içyapı üstün mekanik özellikleri nedeniyle istenilen bir ürün içyapısıdır. Katılaşma aşamasında aşılama işlemi ve aşılama çeşitleri istenilen mekanik özellikleri elde etmek için en önemli faktördür.

Bu çalışmada, Snam Stron 0,20%, Snam Hibacal 0,20%, Snam Hibacal 0,50%, FesiLA 0,20% ve FesiLA 0,50% olmak üzere 3 farklı aşılama türü ve 2 farklı aşılama miktarı ile aşılama türü ve miktarının içyapı ve mekanik özelliklere etkileri araştırılmıştır. İçyapı değerlendirmeleri optik mikroskop, mekanik özellikler ise çekme dayanımı ve sertlik değerleri sonuçları olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Küresel Grafitli Dökme Demir, Aşılama, GCG-60, Mikroyapı, Mekanik Test.*

BAYBURT TAŞINDAN KORDİERİT BAĞLAYICILI ZIMPARA TAŞI ÜRETİMİ

Tahsin ÜNLÜ

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bil. ve Nanotek. Müh., tunlu@bayburt.edu.tr

Zımpara taşı üretiminde; korundum (ergimiş Alümina), silisyum karbür, silisyum nitrür gibi aşındırıcı tanelerini bir arada tutulmasında (bağlayıcı olarak) iki türlü polimer kullanılır; anorganik esaslı polimer ve organik esaslı polimer. Yüksek sıcaklığa dayanıklılık istenen kullanım alanlarında anorganik polimerlerden seramik esaslı bağlayıcılar (polimerler) kullanılır. Bu çalışmada ise kordierit malzemesi kullanılmıştır. Kordierit; yüksek sıcaklığa dayanıklı, aşındırma kabiliyeti iyi, genleşme katsayısı düşük ve en önemlisi ısı şoka dayanıklı bir malzemedir. Kordierit stokiometrik olarak $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ den oluşmaktadır. Bu çalışmada kordierit üretimi için içerisinde CaO, MgO, Al_2O_3 , Na₂O, K₂O, SiO₂ ve Fe₂O₃ bileşikleri bulunan puzolanik karakterli yapıda; özellikle Fe₂O₃ içeriği diğer türlerinden daha az olan beyaz Bayburt taşı tercih edilmiş olup ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) stokiometrisini sağlayacak oranda içerisine kalsine Al_2O_3 ve kalsine MgO ilaveleri yapılmıştır.

Bu çalışmada TS 291 standardında 175 mm dış çap, 20 mm iç çap ve 25 mm kalınlıkta zımpara taşı üretimi yapılmıştır. Yukarıda adı geçen zımpara taşı üretiminde korundum içerisine %15-25 oranları arasında kordierit bağlayıcı ilavesi ile hazırlanan malzemenin belirtilen ölçülerde pres ile şekillendirilmesi ve 1200 °C ile 1340 °C’lerde fırında değişen sürelerde pişirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Böylece Bayburt taşı ile elde edilen kordieritin zımpara taşı üretimine bağlayıcı olarak kullanım kabiliyeti incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Bayburt Taşı, Kordierit, Zımpara Taşı, Seramik Esaslı Bağlayıcılar.*

TEKNOFONKSİYONEL YÖNLERİYLE LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ

Hümevra İSPİRLİ, Fatmanur DEMİRBAŞ, Emin MERCAN, Enes DERTLİ

Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü

Laktik Asit Bakterileri (LAB) fermente gıdaların üretilmelerindeki rollerinin yanı sıra sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle üzerinde en fazla durulan mikroorganizma gruplarından. LAB türleri insan ve hayvan gastrointestinal sistemlerinden farklı meyve, sebze, süt ve tahıl ürünlerine kadar çok geniş bir çevrede bulunabilmektedirler. Bu çalışmada insan, hayvan ve gıda kaynaklı çeşitli LAB türleri izole edilip tanımlanmış, bu türlerin izole edildiği kaynağa göre fonksiyonel nitelikleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Çalışma boyunca tavuklarda probiyotik olarak kullanılabilir Ekzopolisakkarit (EPS) üreticisi bir *Lactobacillus salivarius* suşu, yine aynı şekilde insan sindirim şartlarına oldukça dirençli insandan izole edilmiş bakteriyosin üreticisi bir *Enterococcus faecium* suşu tanımlanmıştır. Gıda kaynaklı LAB türleri starter kültür olarak son derece önemlidir. Bu çalışmada geleneksel olarak üretilen ekşi hamurlardan çoğu ülkemizde ilk defa gösterilmek üzere 10 farklı LAB türü tanımlanmıştır. Bu türlerin EPS üretimi fenotipik ve genotipik olarak tanımlanmış ve ilginç bir şekilde her bir türün alternan yapısında EPS ürettiği gösterilmiştir. Sonuç olarak farklı bu çalışma kapsamında farklı kaynaklardan fonksiyonel LAB türleri tanımlanmış ve bu türlerin teknolojik yönlerinin açığa çıkarılması çalışmalarına başlanmıştır.

OTOMOTİV UYGULAMALARI İÇİN TiNi İLE TAKVİYE EDİLMİŞ MAGNEZYUM BAZLI KOMPOZİTLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Fevzi KELEN^a, Tarık AYDOĞMUŞ^b, Mehmet GAVGALI^c

^a*Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, 65080 Van, Türkiye. fkelen@yyu.edu.tr*

^b*Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 65080 Van, Türkiye. aydogmus@yyu.edu.tr*

^c*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 25240 Erzurum, Türkiye, mgavgali@atauni.edu.tr*

Magnezyum, 1.74 g/cm³'lük yoğunluğu ile endüstride kullanılan yapısal metalik malzemeler arasında en hafif olanıdır. Magnezyum ve alaşımlarının, düşük yoğunluklarının yanı sıra sahip oldukları yüksek özgül dayanım, kolay geri kazanım ve yüksek sönümleme kapasitesi gibi özellikleri dikkate alındığında, otomotiv sektöründe geniş bir uygulama potansiyellerinin olduğu görülmektedir. Bu alaşımların otomobillerdeki asıl uygulama alanlarının, otomobil ağırlığının önemli bir kısmını oluşturan silindir bloğu, silindir kapağı, vites ve diferansiyel kutusu gibi güç aktarma organlarının olacağı öngörülmektedir. Ancak, bu alaşımların oda sıcaklığı ve daha da önemlisi yüksek sıcaklık mukavemetlerinin düşük olması, yetersiz sürünme dirençleri ve oda sıcaklığında gözlenen düşük süneklikleri otomotiv gibi yüksek performans gerektiren uygulamalardaki kullanımlarını sınırlamaktadır. Güç aktarma organlarını oluşturan parçalar, servis şartlarında 150-200°C sıcaklıklara ve 50-70 MPa seviyesindeki gerilimlere maruz kalmaktadırlar. Ne yazık ki ticari magnezyum alaşımları bu performansı karşılayamamakta, deneysel olarak üretilen alaşımlar da pahalı alaşım elementleri (gümüş, stronsiyum, skandinyum, nadir toprak elementleri vb.) içermelerinden dolayı ekonomiklikten uzak olmaktadır. Bu problemleri çözmek için kompozit malzeme yaklaşımı denenmiş, magnezyum ve alaşımları çeşitli seramik partikül ve fiberlerle takviye edilmiştir. Seramik takviyesi, elastik modül, akma ve çekme dayanımlarında belirgin bir artış sağlarken, süneklikte çok yüksek azalmalara neden olmuştur. Bu çalışmada, belirtilen uygulamalarda kullanılmak üzere, magnezyum bazlı kompozitlerin metalik TiNi şekil bellekli alaşım tozlar ile takviye edilerek üretilmesi, TiNi alaşımlarının sahip olduğu eşsiz şekil bellek etkisi ve gerilimle oluşturulan martensitik faz dönüşümlerinin magnezyum alaşımlarının oda ve yüksek sıcaklık dayanımlarının, süneklikten ödün vermeden, artırılmasında nasıl kullanılabileceği gösterilmektedir. Ayrıca, kompozitlerin üretimi sırasında eşzamanlı olarak takviye TiNi fazının yaşlandırma ısıl işlemine tabi tutulmasıyla elde edilebilecek ekstra mukavemet artışı incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Magnezyum, TiNi şekil bellekli alaşımlar, Martensitik dönüşümler, Kompozit malzemeler, Isıl işlem, Toz metalürjisi,*

ÇOK KATMANLI NANOELYAF TAKVİYESİNİN EPOKSİ REÇİNESİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Mehmet Okan ERDAL^a, Şakir YAZMAN^b, Lokman GEMİ^c, Ahmet YAPICI^d

^aNecmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir MYO, Konya, 42370, mehmet.okan.erdal@gmail.com

^bSelçuk Üniversitesi, Ilgın MYO, Konya, 42600, syazman@selcuk.edu.tr

^cNecmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir MYO, Konya, 42370, lgemi@konya.edu.tr

^dİskenderun Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Hatay, 31200, ayapici@istek.edu.tr

Özet

Bu çalışmada elektro-eğirme yöntemiyle üretilen farklı sayıda nanoelyaf tabakayla takviye edilmiş epoksi reçinenin mekanik özellikleri incelenmiştir. Elyaf üretimi için kütlece %10 PAN-DMF solüsyonu hammadde olarak kullanılmış, bu polimer çözeltisi ile elektro-eğirme yöntemiyle 150-280 nm çaplarında nanoelyaf üretilmiştir. Üretimi yapılan nanoelyaf katmanının kalınlığı ortalama 100 µm dir. Kompozit malzemede reçine olarak Momentive MGS L285 ve sertleştirici olarak Momentive MGS H285 kullanılmıştır. Tabakalı kompozit numunelerini üretmek için özel kalıplar hazırlanmıştır. Çekme deneyleri sonucunda kopma yükünün arttığı ve uzamanın azaldığı görülmektedir. Numunelerin kopma yüzeyleri SEM ile incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektro-eğirme, nanoelyaf, PAN, kompozit.

Abstract

In this study the mechanical properties of epoxy resin reinforced with different numbers of nanofiber layers which produced with electrospinning method was investigated. Solution of 10 wt % of PAN/DMF was used for electrospinning and the diameters of the obtained nanofibers were in the range of 150-280 nm. The average thickness of the produced nanofiber layer was about 100 µm. In composite materials Momentive MGS L285 was used as a resin and Momentive MGS H285 was used as a hardener. The special molds were prepared to produce the laminated composite plates. The tensile tests show that using nanofiber layers is increasing the tensile force and decreases the elongation. The fracture surface of the specimens was inspected by using SEM.

Keywords: Electrospinning, nanofiber, PAN, composite

1.GİRİŞ

Son 60 yıldır kompozit malzemeler konusundaki mühendislik çalışmaları kara, deniz ve hava taşımacılığı yapan araçlarda, uzay çalışmalarında, savunma, depolama, bina yapı teknolojilerinde, kimyasal süreçlerde, elektrik mühendisliğinde, sağlık alanında ve genel mühendislik alanlarında olduğu gibi çok geniş bir kullanım alanı bulmaktadır [1-3]. Bu kompozit yapılar arasında nanoteknolojinin oldukça yaygın olduğu günümüzde en kullanışlı ve ünlü olanı şüphesiz ki nanoelyaf katkılı olanlarıdır [2]. Takviyeli kompozit polimer tasarımı

için nanoelyafların birleşmesi yoluyla daha fazla takviye edilmesi düşüncesi gelişmiş ve yenilikçi bir fikir olarak malzeme mühendisliğinin ilgisini çekmiştir. Bu araştırma alanı, hâlihazırda kullanılan mikro boyut lifler yerine nanoelyaf kullanımını hatta uygun bir kombinasyonla mikro– nanoelyaf ile takviyeli kompozitlerin mekanik özelliklerini daha da iyileştirmeyi amaçlamıştır [1]. Nanoelyaflar, mikro elyaflardan daha iyi mekanik özellikler göstermesinden dolayı güçlendirilmiş kompozitlerde yapısal özellikleri artırmaktadır.

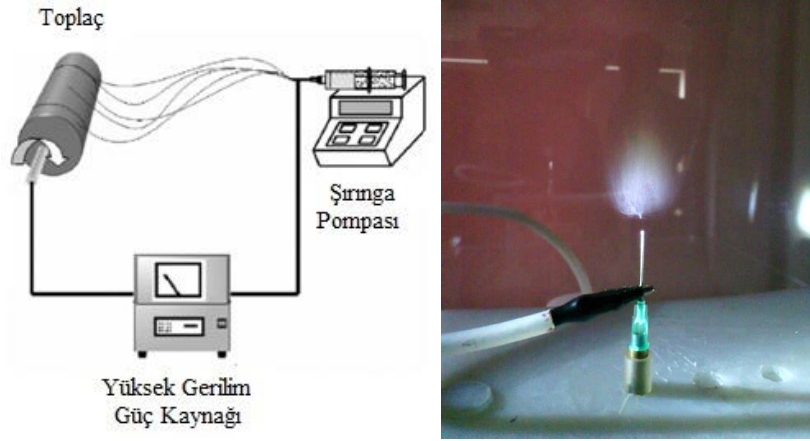
Elektro-eğirme tekniği, son zamanlarda nano boyutta lif üretimi için en sık kullanılan yöntemdir [4-6]. Elektro-eğirme yöntemi ile 100 nm-5 µm yarıçaplı lifler üretilmektedir [7]. Bu yöntemle üretilen lifler klasik yöntemle üretilenlerden yüz kez daha küçük yarıçapta olabilmektedir [8]. Elektro-eğirme yöntemi ile üretilen nano boyuttaki liflerin gelişmiş mekanik özelliklerinin yanı sıra, yüzey alanları oldukça yüksek olmakta, bu nedenle doku mühendisliği, sensörler, yüksek özellikte (yanmayan vb) tekstil kumaşlar, çok amaçlı filtreler, nanokompozit maddeler, kontrollü salınımlı ilaç üretimi gibi değişik alanlarda kullanılmaktadır [4, 7-10].

Elektro-eğirme ile üretilen nanoelyafların kompozit malzeme içerisinde takviye elemanı olarak kullanılmasının darbe direnci, mukavemet, yorulma davranışı gibi malzeme özelliklerinde önemli ölçüde artış sağlamaktadır [11]. Ayrıca kompozitlerin tabakalar arası tokluğunu artırmak için yüksek yüzey/hacim oranına sahip liflerle katkılandırılmasının uygun olduğunu gösteren bir çalışma bulunmaktadır [12]. Benzer çalışmalarda takviye olarak kullanılan nanoelyaf miktarının artması ile epoksi ve kauçuk nanokompozitlerin mekanik özellikleri artmaktadır [1]. Elektro-eğirme ile üretilmiş naylon nanofiberlere epoksi reçine eklenmesi ile kompozitin rijitlik ve mekanik mukavemetinin arttığı görülür [13].

Bu çalışma mühendislik çalışmalarında kullanılan kompozit malzemelerin yapısal performansını arttırmak için elektro-eğirme metodu ile elde edilen nanoelyaflar kullanmanın yararlarını göstermeyi amaçlamaktadır.

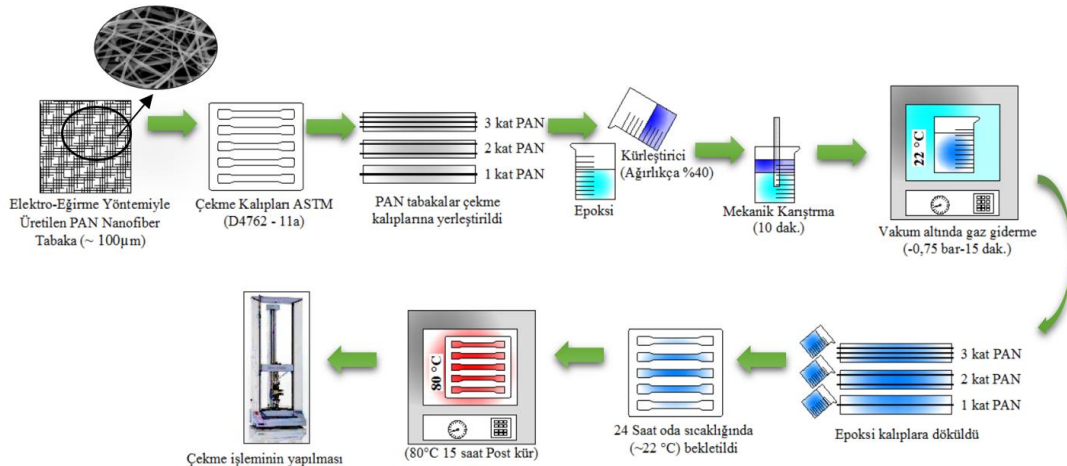
2.MATERYAL VE METOT

Nanoelyaf takviye için gerekli olan elyaf tabakası, Sigma Aldrich firmasından temin edilen Polyacilonitrile (PAN) kütlece %10 oranında Dimetil Formamide (DMF) ile manyetik karıştırıcıda oda sıcaklığında çözüldü. Tamamen çözüldüğü gözlenen solüsyon 1 saat dinlendirildikten sonra şırınga içerisine alındı. Pompaya yerleştirilen şırınga ile toplaç arası uzaklık 15 cm olarak ayarlandı. Şırınga pompası saatte 2 ml pompalayacak şekilde ayarlandıktan sonra yüksek gerilim 25 kV olarak ayarlanarak üretime başlandı. Oluşan elyaflar 750 rpm hızında döner toplaç vasıtası ile homojen bir şekilde toplandı (Şekil 1). Elde edilen elyaflar 24 saat süreyle oda sıcaklığında kurutulularak bir sonraki işleme hazırlandı.



a. Elektro-eğirme deney düzeneği b. İğne ucunda nanoelyaf oluşumu
Şekil. 1 Elektro-eğirme deney düzeneği ve lif oluşumu

Kompozit malzeme üretimi için ASTM (D4762-11a) standardına göre çekme kalıpları hazırlandı. Elektro eğirme metodu ile üretilen nanoelyaf tabakalar kalıplar arasına istenilen tabaka sayısına göre eşit aralıklarda gergin bir şekilde yerleştirildi. Epoksi reçine % 40 oranında sertleştirici ile karıştırıldıktan sonra 15 dk vakum altında bekletilerek hava kabarcıkları giderildi. Hazırlanan epoksi reçine kalıp içerisine belirli bir miktarda yavaşça döküldü. Kalıba alınan reçine-elyaf kompozit yapısı 24 saat oda sıcaklığında kürlenmeye bırakıldı. Daha sonra 15 saat 80 °C de post-kür işlemine tabi tutuldu. Kompozit üretim süreci Şekil 2’de şematik olarak gösterilmiştir. İşlemlerin sonucunda saf epoksi, tek tabakalı, iki tabakalı ve üç tabakalı kompozit malzeme olmak üzere 4 farklı malzeme tipi üretilmiştir.



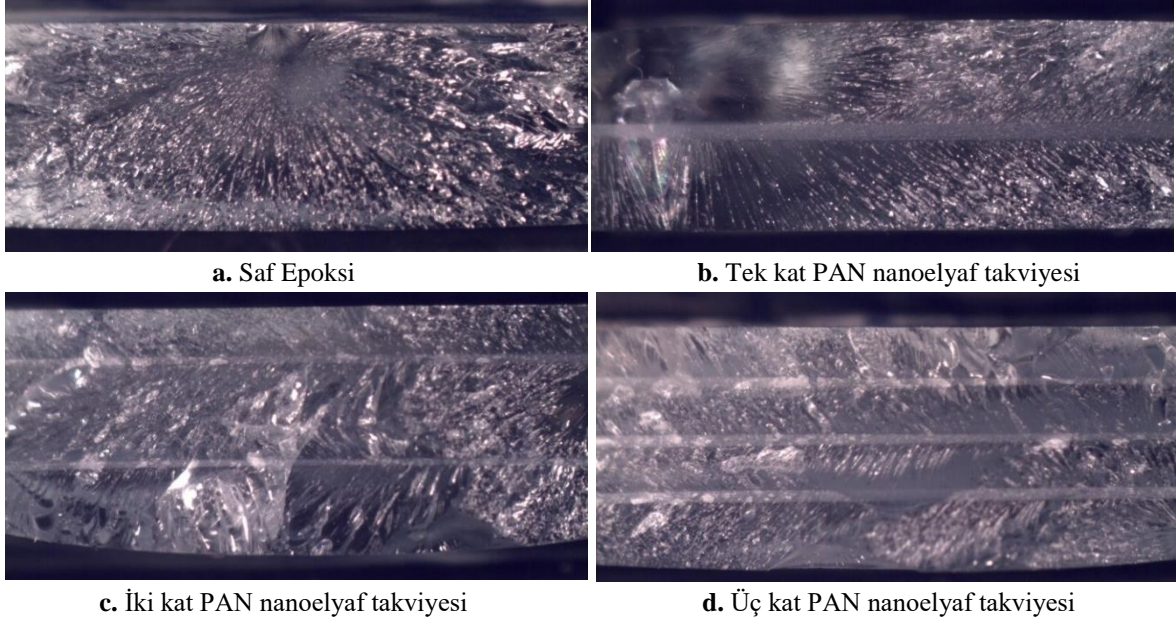
Şekil 2. Kompozit üretiminin şematik gösterimi.

Kalıplanmış numuneler 10 kN kapasiteli Shimatsu çekme cihazında çekme testine tabi tutuldu. Çekme sonrasında kırılma yüzeyleri 100-200 kat oranında büyütülerek mikro yapı incelemeleri yapıldı.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

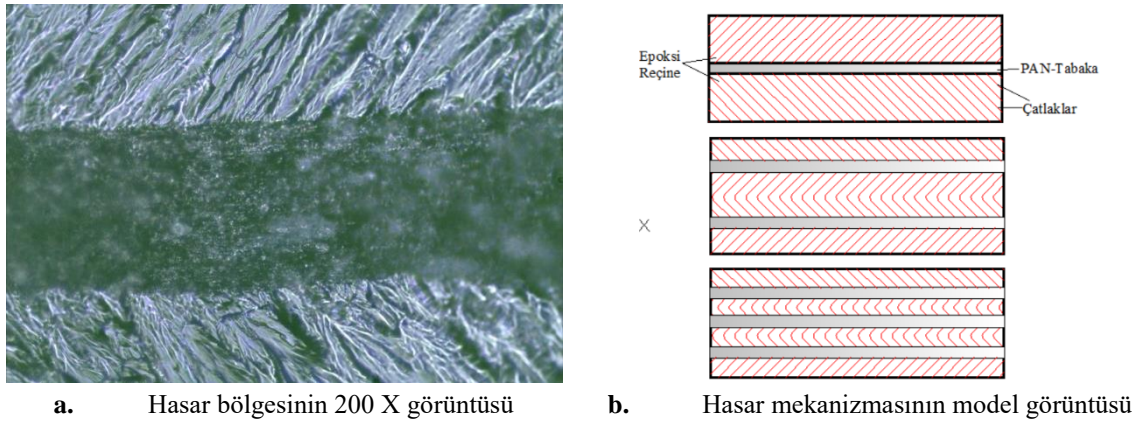
Çekme testi sonrası hasarların mikro yapı incelemesi için çekilen mikroskop görüntüleri Şekil 3 ve Şekil 4’te verilmiştir. Saf epoksi örneğinde kırılma yüzeyi tek bir noktadan başlayarak doğrusal çatlaklar şeklinde ilerlemektedir ve çatlak ilerleme formu sünek kırılma davranışı

olduğunu göstermektedir. Şekil 3 (b. c. d.)’de görüldüğü gibi elyaf tabakası reçine ile oldukça iyi bir şekilde ıslanmış ve oluşum içerisinde hava kabarcıklarının olmadığı düzgün bir ara yüzey oluşmuştur. Tabakalı yapılarda elde edilen görüntülere göre tabakanın üst ve alt kısımlarında farklı yönlerde deformasyon çizgileri oluşmuştur.



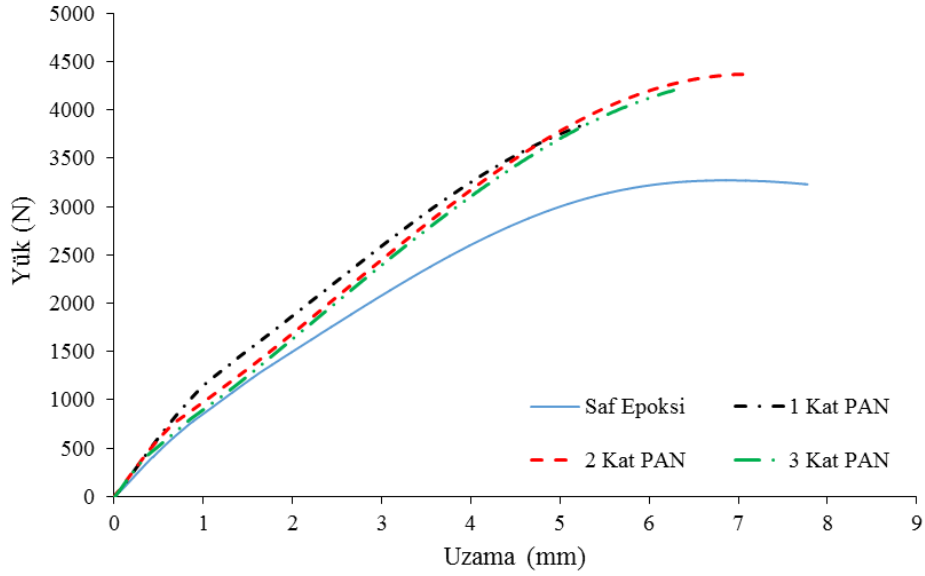
Şekil 3. Çekme testi sonrası kopma yüzeylerinin mikroyapı görüntüleri

Şekil 4’te ayrıntılı olarak deformasyon çizgileri ayrıntılı bir şekilde görüntülü ve şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4. Kopma yüzeyinde oluşan hasarın mikroyapı ve şematik görünümü

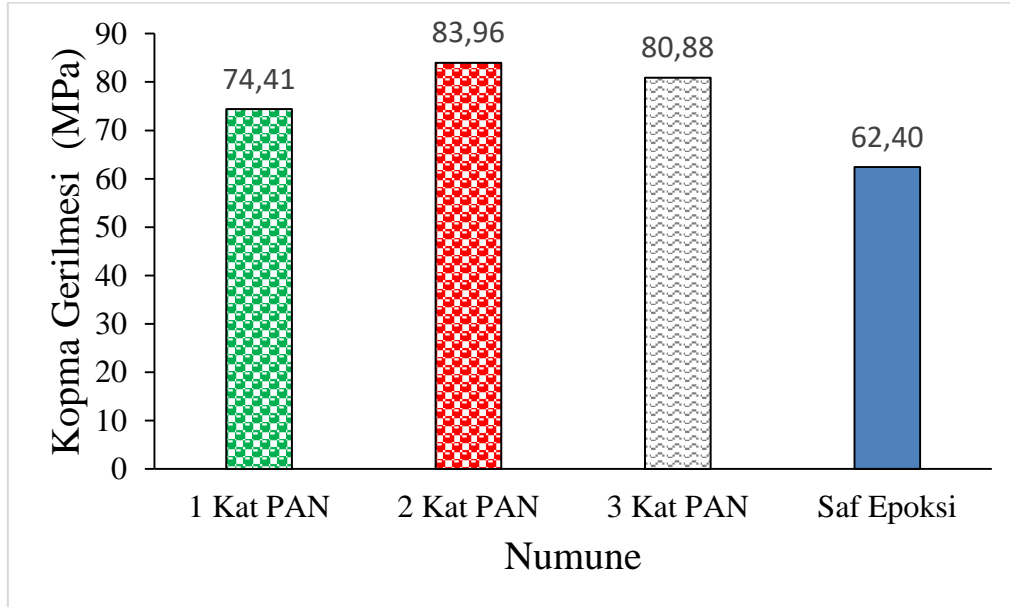
Nanokompozit örneklerin çekme deneyi Yük-Uzama grafiği Şekil 5’te verilmiştir. Grafikten anlaşılacağı gibi saf epoksi numunesinin yüke bağlı uzama miktarı tabakalı yapıların uzama miktarına göre daha fazladır. Tabakalı numunelerin uzama miktarı benzerlik göstermekle birlikte numunelerin çektiği yük miktarı saf epoksiden fazladır. Çekme deneyleri sonucunda nanoelyaf/epoksi kompozit yapısının takviyesiz epoksi numunelere göre kopma dayanımını tek tabaka için % 20, iki tabaka için %30 arttığı; uzama davranışının ise tek katmanlı için % 30 azalttığı ancak iki katmanlı numune için % 7 kadar arttırdığı gözlenmiştir.



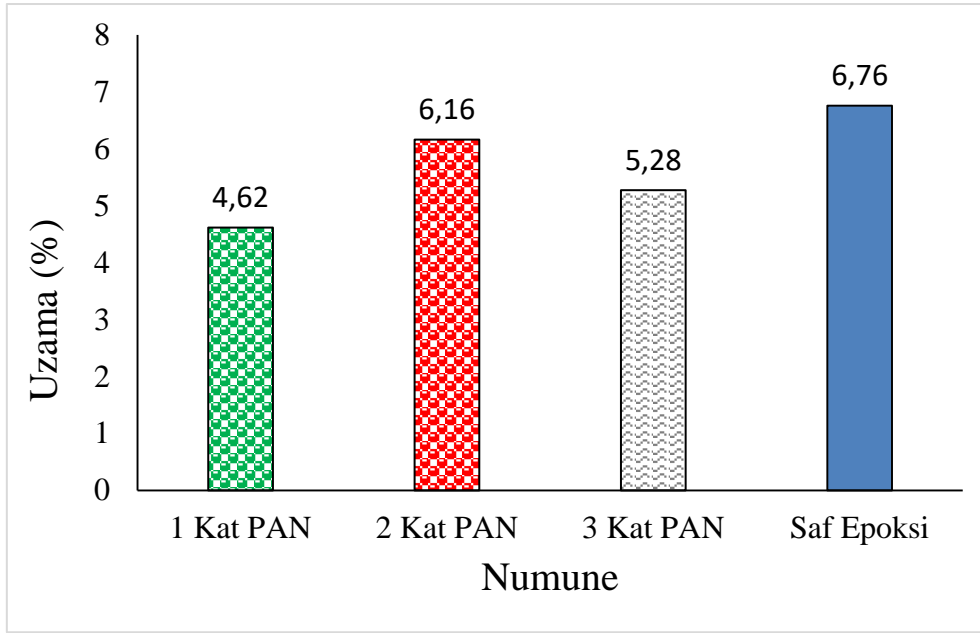
Şekil 5. Nanokompozit çekme deneyi Yük – Uzama grafiği

Nanokompozit örneklerin çekme deneyi kopma gerilmesi Şekil 6’da ve % uzama grafikleri Şekil 7’de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde genel olarak saf epoksiye göre takviyeli kompozitlerde kopma gerilmesinin arttığı görülmüştür. Tabakalı kompozitler kendi arasında incelendiğinde iki tabakalı yapıda kopma gerilmesi ve % uzama oranlarında en büyük değeri almıştır.

Bütün sonuçlar değerlendirildiğinde nanoelyaf tabakaların malzemeyi gevrekleştirip mukavemeti arttırdığı tabakasız durumda ise mukavemetin azaldığı ve sünekliğin arttığı görülmüştür.



Şekil 6. Kompozit malzemelerin kopma gerilmesi



Şekil 7. Kompozit malzemelerin % uzamaları

4. KAYNAKLAR

- [1] Zucchelli A., Focarete M.L., Gualandi C., and Ramakrishna S., “Electrospun nanofibers for enhancing structural performance of composite materials”, *Polymers for Advanced Technologies*, Wiley Online Library, pp.339-343, 2010.
- [2] Mohammadzadehmoghadam S., Dong Y., Davies I.J., “Recent Progress in Electrospun Nanofibers: Reinforcement Effect and Mechanical Performance”, *Journal of Polymer Science Part B, Polymer Physics*, Vol.53(17), pp.1171-1212, 2015.
- [3] Kelly A., and Zweben K., *Comprehensive Composite Materials*, ISBN: 978-0-08-042993-9.
- [4] Reneker, D. H., Yarin, A. L., Fong, H., Koombhongse, S., “Bending instability of electrically charged liquid jets of polymer solutions in electrospinning”, *J. Appl. Phys.*, Vol.87, 4531, 2000.
- [5] Fong H., Liu W., Wang C., Vaia R. A., “Generation of electrospun fibers of nylon 6 and nylon 6-montmorillonite nanocomposite”, *Polymer*, Vol.43, 775, 2002.
- [6] He J.H., Wan Y.Q., Yu J.Y., “Application Of Vibration Technology To Polymer Electrospinning”, *Int. J. Nonlin. Sci. Num. Sim.*, Vol.5, 253, 2004.
- [7] Deitzel J.M., Kleinmeyer J., Harris D., Beck Tan N.C., “The effect of processing variables on the morphology of electrospun nanofibers and textiles”, *Polymer*, Vol.42, 261, 2001.
- [8] Shin Y. M., Hohman M. M., Brenner M. P., Rutledge G. C., “Electrospinning: A whipping fluid jet generates submicron polymer fibers”, *Appl. Phys. Lett.*, Vol.78, 1149, 2001.
- [9] Huang M., Zhang Y., Kotaki M., & Ramakrishna S., “A Review On Polymer Nanofibers By Electrospinning And Their Applications In Nanocomposites”, *Composites Science And Technology*, 2223, 2003.
- [10] Srinivasan G., Reneker D. H., “Structure and morphology of small diameter electrospun aramid fibres”, *Polymer Inter.*, Vol.36, 195, 1995.
- [11] Kim, J.S. ve Reneker, D.H., “Mechanical properties of composites using ultrafine electrospun fibers”, *Polym. Compos.*, Vol.20, pp.124-131, 1999.
- [12] Huang Z. M., Zhang Y. Z., Kotaki M. ve Ramakrishna S., “A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites”, *Composites Science and Technology*, Vol.63, pp.2223-2253, 2003.
- [13] Bergshoef M.M. ve Vansco G.J., “Transparent nanocomposites with ultrathin, electrospun nylon-4,6 fiber reinforcement”, *Advanced Materials*, Vol.11, pp.1362-1365, 1999.

TÜRKİYE’DE KAYA GAZI POTANSİYELİ ve EKONOMİK BEKLENTİLER

Süleyman KARSLI^a, Ferhat KAYA^b, Hüseyin GÜLLÜCE^c, Ahmet Numan ÖZAKIN^d

^a*Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 25100 Erzurum, ahmet.ozakin@atauni.edu.tr*

^b*Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 25100 Erzurum, skarsli@atauni.edu.tr*

^c*Atatürk Üniversitesi Erzurum Meslek Yüksekokulu Gaz Tesisatı ve Tek. Pr., 25100 Erzurum, hgulluce@atauni.edu.tr*

^d*Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 25100 Erzurum, ferhat.kaya@atauni.edu.tr*

Enerji konusunda kritik dengelerin varlık gösterdiği günümüzde ABD (Amerika Birleşik Devletleri) enerji sektöründe beklenmedik bir adım atmıştır. Büyük kaya gazı rezervlerine sahip olduğu bilinen ABD, kaya gazını sadece üretmekle kalmayıp aynı zamanda ihraç etmeye de başlamıştır. Bu gelişmeye paralel olarak kaya gazı potansiyeli bakımından zengin Çin, Hindistan ve Latin Amerika'nın gelecekte atacakları adım merak konusu olmaya başlamıştır. Bu gelişmeye paralel iki önemli soru beraberinde gelmiştir. AB, Çin ve Türkiye gibi ülkelerin bütçe harcamalarında en önemli yer tutan enerji fiyatları, artan kaya gazı üretimiyle makul seviyelere inmesi ve Rusya, Suudi Arabistan ve Körfez ülkeleri gibi enerji gelirleri ile ayakta duran ekonomiler bundan ne ölçüde etkileneceği.

Bu çalışmada dünyada gün geçtikçe popülerliğini artıran kaya gazının üretiminden tüketimine kadar ilerleyen süreçteki gelişmeler ele alınacaktır. Önümüzdeki günlerde kaya gazı rezervlerinin artmasıyla oluşabilecek ortam ekonomik açıdan olarak değerlendirilecektir.

ADAPTİF NEURO-FUZZY ÇIKARIM SİSTEMİ (ANFİS) ile PARTİKÜL TAKVİYELİ METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN ÇÖKELME SERTLEŞMESİ DAVRANIŞININ TAHMİNİ

Remzi TUNTAŞ^a, Burak DİKİCİ^b

^a*Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Erciş Meslek Yüksekokulu, Elektronik Haberleşme Bölümü, 65400 VAN*

^b*Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 65080 VAN*

Uzay, uçak, savunma ve otomotiv gibi pek çok endüstri alanında spesifik özelliklere sahip malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tip malzemeler için en önemli iki parametre hafiflik ve ekonomikliktir. Bu iki olguyu aynı bünyede taşıyan ve mukavemet limitlerini zorlayan farklı özelliklerdeki malzemeler, bu ihtiyacı karşılamada bir adım sayılmaktadır. Metal matrisli kompozitler (MMK), bu ihtiyaca cevap vermek üzere geliştirilen ve ticari kullanımı hızla artan bir malzeme grubudur. Özellikle SiC partiküller ile takviye edilen Al alaşım matrisli kompozitler sahip oldukları yüksek aşınma direnci, süneklilik ve sertlik özelliklerini aynı bünyede toplamaları ve sıcaklık değişimlerine karşı düşük hassasiyetleri nedeni ile dikkat çekmektedirler. Yaşlandırma ile mukavemetlendirme ise Al alaşımlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu davranış üzerine yapılan çalışmalar, alaşım tipi ve segregasyonunun, takviye hacim oranı ve boyutunun, üretim yönteminin vb. değişkenlerin bu alaimlerin/kompozitlerin yaşlanma davranışı üzerinde doğrudan etkisi olduğunu göstermiştir. Bu teorik çalışmada, SiC parçacıkları ile güçlendirilmiş metal matriks kompozitlerin (MMCs) çökeltme sertleşmesi davranışı Adaptif Neuro-Fuzzy Çıkarım Sistemi (ANFIS) kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Önerilen ANFIS modelinin öngörü yeteneklerini değerlendirmek için, elde edilen tahmin sonuçları, literatürde sunulan deneysel verilerle karşılaştırılmıştır. Ağın tahmin kapasitesini ve esnekliğini göstermek için, bu çalışmada bazı örnek olaylarda sunulmuştur. Bu örnekler, deneysel girdiler kullanmadan eğitilmiş ağlardan alınmış olup, önerilen sistemin tahmin ve deneysel değerler arasındaki ilişki durumunu ortaya koymak açısından kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, önerilen ağın farklı SiC hacim oranları için kompozitlerin maksimum sertlik ve pik yaşlanma süresinin tahmininde verimli bir şekilde ve deneysel çalışma yapmaksızın tahmin edilebileceğini göstermiştir.

YÜKSEK TAKVİYE ORANINA SAHİP Al-Cu/B₄C METAL MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE KOROZYON DAVRANIŞI

Burak TOZKOPARAN^a, Burak DİKİCİ^b, Mehmet TOPUZ^b, Fevzi BEDİR^c, Mehmet GAVGALI^d

^a*Çevre Şehircilik Bakanlığı, Yapım Şube Müdürlüğü, Van*

^b*Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 65080 Van*

^c*Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 32260 Isparta*

^d*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 69000 Bayburt*

Teknolojik alandaki gelişmelerle birlikte uçak-uzay, savunma ve otomotiv endüstrisinde hafif ve mukavim malzeme ihtiyacından dolayı kompozitlerin kullanımı da bu doğrultuda artmıştır. Alüminyum göstermiş olduğu yüksek ıslatabilme kabiliyetinden, düşük yoğunluğundan ve yüksek korozyon direncinden dolayı en çok tercih edilen matris malzemesidir. Günümüzde seramik fazlarla kuvvetlendirilmiş alüminyum esaslı metal matrisli kompozit (AMMK) malzemelerin üretiminde endüstriyel firmaların en çok tercih ettiği faz silisyum karbür (SiC) bileşimidir. Ancak, bu fazın metallere oranla yüksek yoğunluğu (3,22 g/cm³) ve düşük ıslanabilirliği nedeni ile matris içerisinde yüksek takviye oranlarında katkılanması mümkün değildir. Yapılan çalışmada alüminyum tek başına yeterli mukavemete sahip olmadığından dolayı saf Al yerine Al-Cu matris alaşımı kullanılmış ve kompozitin sinterlenmesi sonrası soğutma işlemi esnasında yapay yaşlandırma (T6) ısıl işlemi ile CuAl₂ metaller arası bileşiği oluşturularak kompozitin ikincil mukavemetlendirilmesi sağlanmıştır. Ayrıca daha düşük yoğunluğa (2,51 g/cm³) ve yüksek mekanik özelliklere sahip hacimce yüksek oranlarda B₄C partikülleri ile takviyelendirilmiştir. Çalışma kapsamında, kompozit malzemelerin mukavemet değerlerinin yükseltilebilmesi için matris alaşımına suni yaşlandırma işlemi uygulanmış olup kompozitlerin pik sürelerinin artan takviye oranıyla değişim göstermediği elde edilmiştir. Üretimi sağlanan Al-Cu/B₄C kompozitlerinin mikro yapısal karakterizasyonu optik mikroskop (OM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDS) ile yapılmıştır. Ayrıca yapı içerisinde oluşması muhtemel ara yüzey reaksiyonlarını ve matris bileşenlerini ortaya çıkarmada X-ışını difraksiyon (XRD) analizi uygulanmıştır. Korozyon testlerinde Potansiyodinamik Polarizasyon korozyon ölçüm tekniği kullanılmış olup artan yaşlandırma süresine bağlı olarak korozyon direncinin azaldığı görülmüştür.

MESNETLERİNDEN FARKLI YER HAREKETLERİNE MARUZ KABLOLU KÖPRÜLERDE KABLO DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Zeliha TONYALI^a, Barbaros ATMACA^b, Muhammet YURDAKUL^c, Şevket ATEŞ^d

^a KTÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, zelihatonyali@ktu.edu.tr

^b KTÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, atmaca@ktu.edu.tr

^c Bayburt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, myurdakul@bayburt.edu.tr

^d KTÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, sates@ktu.edu.tr

Yer hareketine maruz uzun açıklıklı köprülerde, deprem dalgasının sonsuz hızda yayılması durumunda dahi farklı mesnet noktalarındaki yer hareketlerinde farklılıklar gözlenebilmektedir. Bu çalışmada, mesnetlerinden farklı yer hareketlerine maruz ve farklı zeminlere mesnetli eğik askılı köprülerin kablolarının dinamik davranışının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, model olarak Quincy Bayview Köprüsü seçilmiştir. Köprü; H şeklindeki iki betonarme kuleden, yelpaze şeklindeki kablolardan ve kompozit tabliyeden oluşmaktadır. Temel zeminin yumuşak ve sert zemin olduğu üç boyutlu sonlu eleman modelleri SAP2000 programında oluşturulmuştur. Köprü temel sistemini saran temel zemini; zeminin elastik davranışını temsil eden yatak katsayısına bağlı, bir seri yaylarla temsil edilmiştir. Bu amaçla, köprü ve zemin özelliklerine bağlı olarak yer hareketindeki değişimlerin dikkate alınması durumunda her bir mesnet için farklı yer hareketleri üretilmiştir. Analizlerde, üretilmiş olan yer hareketlerinden elde edilen eksen düzeltilmesi (baseline correction) yapılmış yerdeğiştirme kayıtları kullanılmıştır. Analiz sonucunda kablolarda oluşan aksenal kuvvetin zamanla değişimi incelenmiştir.

Anahtar sözcükler: Zemin-yapı etkileşimi, Çok mesnetli titreşim, Kablo köprü, Dinamik Analiz.

Abstract

In case of infinite speed of propagation of seismic waves as well, it can be observed the differences for varied earthquake excitation in each support of bridge subjected to earthquake excitation in long span bridges. In this study, it is intended to determine dynamic behaviors of cable-stayed bridge supported different soil types for multi-support excitation. Within the scope of the study, Quincy Bayview Bridge is selected as an application. The bridge consists of two H-shaped concrete towers, double plane semi-harp-type cables and a composite concrete-steel girder bridge deck. 3D finite element models of the bridge for soft and firm foundation soils are created with SAP2000 computer software. The foundation soil of the bridge is idealized a series of spring connected to coefficient of subgrade reaction which is represent the elastic behavior of the soil. To be used for dynamic analysis, ground motions are generated for each support of the bridge depending on properties of the soil and the bridge. In the analysis, the baseline correction method is applied for generated ground motions and displacement time history records are used. In the analysis results, it is investigated variation with time of the axial forces for cables.

Keywords: Soil-structure interaction, Multi-support excitation, Cable-stayed Bridge, Dynamic analysis

1.GİRİŞ

Son zamanlarda köprü mühendisliği teknolojisindeki hızlı gelişmeler sayesinde eğik askılı köprüler, oldukça büyük açıklıklara sahip engelleri daha hızlı taşımacılığı sağlayacak şekilde aşarak, ulaşım sisteminin vazgeçilmez yapılarından biri olmuştur. Söz konusu yapılarının dinamik analizinde, genellikle deprem hareketinin yayılma anındaki yer hareketinin değişimi dikkate alınmamaktadır. Ancak depremin yayılma anında, frekans içeriği ve genliği değişmekte, farklı mesnet noktalarına farklı zamanlarda ulaşmaktadır. Kulelerin ve ana açıklıkların sayısı artıkça, çok açıklıklı eğik askılı köprülerin yapısal rijitliği büyük ölçüde azalmaktadır. Köprü mesnetleri farklı sismik hareketlere maruz kaldığı zaman, bu tarz köprüler sismik yüklere karşı dayanıksız olabilmektedir (Gimsing and Georgakis, 2011).

Kawano ve Furukawa (1988) çalışmalarında, kablolu köprü sistemlerinin davranışlarını zemin-yapı etkileşimi etkisindeki dinamik davranışının belirlenmesi için alt sistem yaklaşımının kullanıldığı rasgele titreşim yöntemi kullanılmıştır. Zemin-yapı etkileşimi, empedans fonksiyonları ile dikkate alınmıştır. Zemin-yapı etkileşiminin ve zemin özelliklerinin kablolu köprülerin dinamik davranışı üzerinde önemli etkilerinin olduğu görülmüştür. Loh ve Lee (1990), çalışmasında çok mesnetli titreşim etkilerine maruz köprülerde meydana gelen sismik yer değiştirmeleri araştırmıştır. Örnek model olarak değişerek yayılan yer hareketine maruz basit mesnetli kirişli köprü seçilmiştir. Çalışmanın sonucunda çok mesnetli köprülerin sismik yer değiştirmelerinde yerel zemin koşullarının önemli olduğu gözlemlenmiştir. Der Kiureghian ve Neuenhofer (1991) çalışmalarında, değişerek yayılan yer hareketine maruz çok mesnetli yapıların sismik analizi için bir tepki spektrumu geliştirmiştir. Quan ve diğ. (2008), çok bileşenli çok mesnetli deprem uyarılmaları altında kablolu köprülerin sismik tepkilerini araştırmıştır. Köprüye ait farklı mesnetlerin yer hareketi değişim bileşenleri arasında korelasyonun etkileri incelenmiştir. Sıcacık (2011) ve Soyluk ve Sıcacık (2011) çalışmasında, uzun açıklıklı kablolu köprü sistemlerinin dinamik davranışında, yapı-zemin etkileşimi ve yer hareketindeki değişim etkilerini karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışmasında, yer hareketi değişim bileşenlerinden, korelasyon, dalga yayılma ve zemin etkisi ile bu etkilerin birlikte dikkate alındığı analiz durumları için, farklı yer hareketleri üretilmiş ve bu yer hareketlerine maruz üst yapının dinamik davranışı yapı-zemin etkileşimi açısından incelemiştir. Subedi (2014) simetrik ve simetrik olmayan eğik askılı köprü modellerinde çok mesnetli titreşim etkilerini araştırmıştır. Zhou ve diğ. (2014) çok mesnetli uyarılmalar altında üç kuleli kablolu köprü ölçekli maket modelinin sismik tepkilerini ve iki çeşit lineer olmayan sonlu eleman modeli kullanarak iki şiddetli deprem uyarılması durumundaki göçme modlarını incelemiştir. Bu çalışmada, çok mesnetli titreşim etkileri altında, farklı zeminlere mesnetli köprünün kablolarında, eksenel kuvvet değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Atmaca ve diğ. (2015), kulenin altına yerleştirilen tek eğrilikli sürtünmeli sarkaca mesnetli eğik askılı köprülerin kablolarındaki deprem davranışını incelemiştir. Taban izolasyonlu ve izolasyonsuz üç boyutlu sonlu eleman modelleri SAP2000 paket programı yardımıyla oluşturulup köprünün dinamik tepkilerinin belirlenmesinde izolasyon sisteminin katkısının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.FORMÜLASYON

Bu çalışmada, tüm sistem yapısal sistem ve zemin sistemi olmak üzere iki alt sisteme ayıran alt-sistem yaklaşımı kullanılarak incelenmektedir. İki alt sistem için ayrı ayrı oluşturulan denge denklemleri, sadece üst yapı için etkileşimin temelde empedans matrisleri ile ifade edildiği etkileşim kuvvetlerinin dikkate alınması ile çözülmektedir. Mesnetlerinden farklı yer hareketi etkisindeki üst yapı için hareket denklemi aşağıdaki gibi yazılmaktadır.

$$\begin{bmatrix} M_{ss} & M_{sb} \\ M_{bs} & M_{bb} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{u}_s^t \\ \ddot{u}_b^t \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{ss} & C_{sb} \\ C_{bs} & C_{bb} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{u}_s^t \\ \dot{u}_b^t \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{ss} & K_{sb} \\ K_{bs} & K_{bb} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_s^t \\ u_b^t \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ P_b \end{Bmatrix} \quad (1)$$

$[M]$, $[C]$ ve $[K]$ sırasıyla kütle, sönüm ve rijitlik matrislerini ifade etmektedir. Altsimgeler; ss üstyapıya ait serbestlik derecelerini, bb mesnet serbestlik derecelerini ve sb-bs yapı-zemin etkileşim yüzeyine ait serbestlik derecelerini göstermektedir. $\{\ddot{u}\}$, $\{\dot{u}\}$ ve $\{u\}$ sırasıyla ivme, hız ve yerdeğiştirme vektörlerini, $\{P_b\}$ ise etkileşim kuvvetlerini göstermektedir. Toplam yerdeğiştirme vektörü, zahiri-statik ve dinamik bileşenlere bağlı olarak,

$$\begin{Bmatrix} u_s^t \\ u_b^t \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u_s^d \\ u_b^d \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} u_s^{qs} \\ u_g \end{Bmatrix} \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada, $\{u_b^d\}$ zemin-yapı temas noktalarındaki etkileşim yerdeğiştirme vektörü, $\{u_g\}$ ise serbest zemin yüzeyindeki değişen yer hareketi vektörünü ifade etmektedir. Zahiri-statik yerdeğiştirme bileşenleri, hareket denklemlerindeki tüm dinamik terimlerin sıfır alınmasına bağlı olarak aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır:

$$\{u_s^{qs}\} = -[K_{ss}^{-1}][K_{sb}]\{u_g\} \quad (3)$$

Frekans alanına dönüştürüldükten sonra, hareket denklemi dinamik yerdeğiştirmeler cinsinden yazılırsa;

$$\begin{Bmatrix} -\omega^2 [M_{ss} & 0 \\ 0 & M_{bb}] + i\omega [C_{ss} & C_{sb} \\ C_{bs} & C_{bb}] + [K_{ss} & K_{sb} \\ K_{bs} & K_{bb}] \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} u_s^d(i\omega) \\ u_b^d(i\omega) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} [M_{ss}][K_{ss}^{-1}][K_{sb}]\{\ddot{u}_g(i\omega)\} \\ -[M_{bb}]\{\ddot{u}_g(i\omega)\} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 \\ P_b(i\omega) \end{Bmatrix} \quad (4)$$

olarak elde edilir. Burada etkileşim kuvvetleri $(P_b(i\omega))$, empedans matrisine $(K_I(i\omega))$ bağlı olarak;

$$-P_b(i\omega) = K_I(i\omega) u_b^d(i\omega) \quad (5)$$

şeklinde ifade edilebilir (Hao ve diğ. 1989). Empedans fonksiyonları zemin ortamının şekil değiştirebilme özelliğini gösteren frekans alanında tanımlı ifadelerdir.

3.YER HAREKETLERİNİN ÜRETİLMESİ

Deprem kayıtlarının elde edilebileceği üç kaynaktan bahsetmek mümkündür:(i) Yapay yollar kullanılarak oluşturulan tasarım ivme spektrumu ile uyumlu kayıtlar, (ii) Kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş kayıtlar ve (iii) Gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar. Bu çalışmada, yer hareketinin değişim etkilerinin dikkate alındığı Hao ve diğ. (1989) tarafından önerilen benzeştirilmiş yer hareketi yönteminde, yer hareketine ait ivme zaman eğrileri, rasgele titreşim teorisi esas alınarak oluşturulmaktadır. Yer hareketleri önceden tanımlı spektral yoğunluk fonksiyonu ile uygunluk fonksiyonuna uyumlu olacak şekilde belirlenmektedir. Mesnetlere etkiyen yer hareketi, yer hareket ivmesi spektral yoğunluk fonksiyonuna bağlı olarak aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

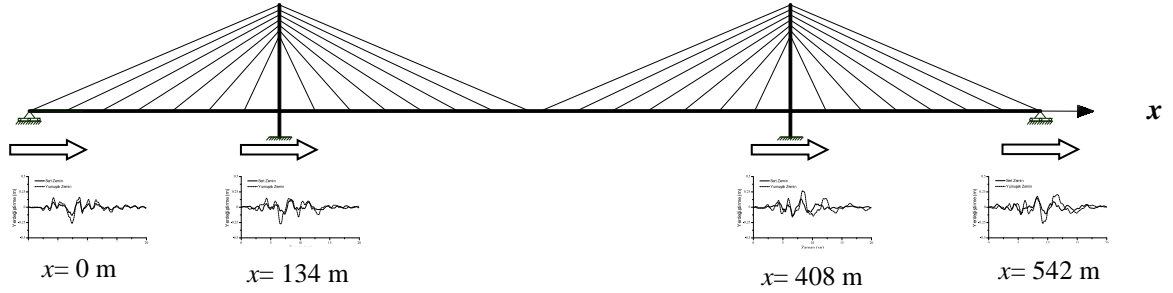
$$S_{\text{üglüg}_m}(\omega) = \gamma_{lm}(\omega) S_{\text{üg}}(\omega) \quad (6)$$

Burada $\gamma_{lm}(\omega)$ uygunluk fonksiyonu, $S_{\text{üg}}(\omega)$ yer hareket ivmesini spektral yoğunluk fonksiyonunu göstermektedir. Denklem 6'da kullanılan uygunluk fonksiyonu, yer hareketinin değişimini frekans alanında tanımlanmaktadır. l ve m mesnet noktalarındaki yer hareket ivmeleri için uygunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\gamma_{lm}(\omega) = |\gamma_{lm}(\omega)|^k \gamma_{lm}(\omega)^d = |\gamma_{lm}(\omega)|^k \exp\left[i\left(\theta_{lm}(\omega)^d\right)\right] \quad (7)$$

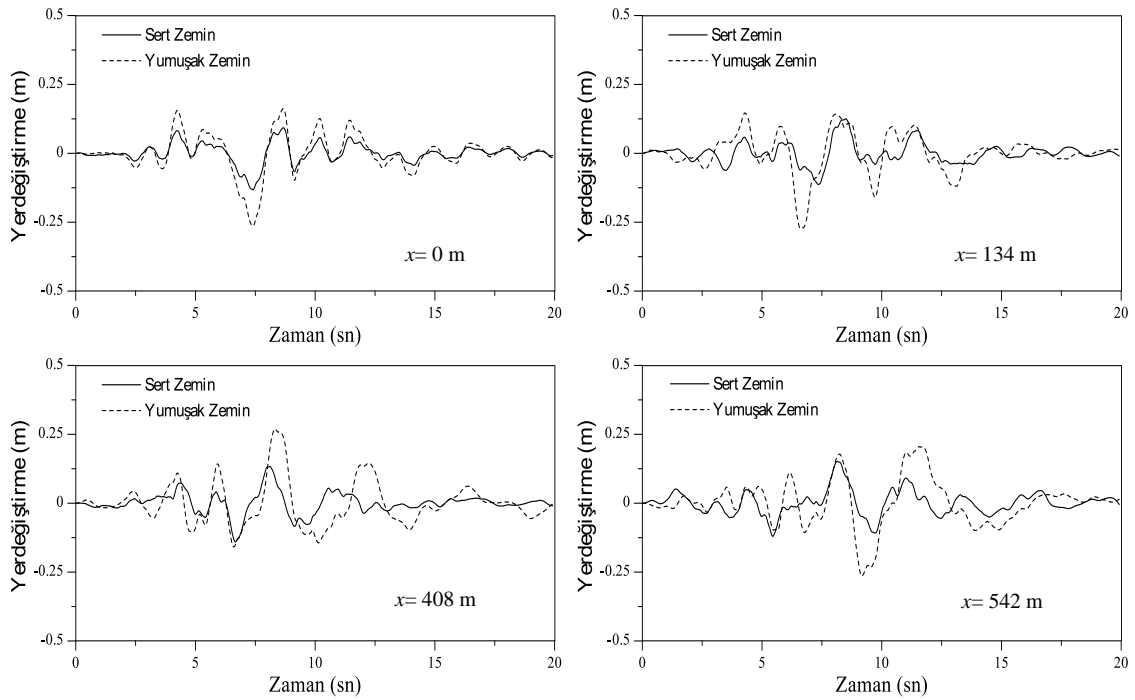
Bu ifadede $|\gamma_{lm}(\omega)|^k$ ve $\theta_{lm}(\omega)^d$ sırasıyla, korelasyon ve dalga yayılma etkilerini göstermektedir (Der Kiureghian ve Neuenhofer, 1991). Bu çalışmada kullanılan korelasyon modeli için bu çalışmada Harichandran ve Vanmarcke (1986) tarafından önerilen model dikkate alınmıştır. Söz konusu modelde gerekli olan deneysel sabitler için Harichandran ve diğ.(1996) tarafından önerilen değerler kullanılmıştır: $(A=0.636, \alpha=0.0186, k=31200, f_0=1.51, b=2.95)$. Bu çalışmada, oluşturulan tüm yer hareketi ivme kayıtları dikkate alınan zemin sınıfı için Eurocode 8'de tanımlanan, %2 sönüm oranı için ve 0.5g' ye göre normalize edilmiş hız spektrumu ile uyumlu olacak şekilde belirlenmiştir.

Değişerek yayılan yer hareketi etkisindeki sistemlerin dinamik analizinde yapısal tepkiler zahiri-statik ve dinamik tepkilerin toplamından oluşmaktadır. Zahiri-statik yerdeğiştirmelerin hesabında yer ivmesinin integrasyonu ile elde edilen yerdeğiştirmeler kullanılmaktadır. Elde edilen yer hareketi ivme kaydının doğrudan integrasyonu sonucunda kalıntı hız ve yerdeğiştirmeler oluşabilmektedir. Kalıntı hız ve yerdeğiştirmeler hesaplanan tepkilerde önemli değişikliklere neden olmaktadır. Bunun için elde edilen ivme-zaman eğrilerine eksen düzeltilmesi yapılması gerekmektedir (Sıcacık ve Soyluk, 2011). Çalışmada simülasyon yöntemi ile elde edilen ivme-zaman kayıtlarına, Chiu (1997) tarafından önerilen yöntem takip edilerek eksen düzeltilmesi yapılmaktadır. Eksen düzeltilmesi yapılan ivme kaydının çift integrasyonundan elde edilen yerdeğiştirme kaydına tekrar eksen düzeltilmesi yapılmaktadır. Şekil 1'de köprü mesnetlerine boyuna doğrultuda etki eden eksen düzeltilmesi yapılmış yerdeğiştirme kayıtları görülmektedir.



Şekil 1. Köprü mesnetlerine uygulanan yerdeğiştirme kayıtları

Köprüünün $x=0$ m, $x=134$ m, $x=408$ m ve $x=542$ m’de bulunan mesnetlerine uygulanan, her bir zemin sınıfı için eksen düzeltilmesi yapılmış yerdeğiştirme kayıtları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Eksen düzeltilmesi yapılmış ivme kaydından elde edilmiş yerdeğiştirme kayıtları

4.UYGULAMA ÖRNEĞİ

Bu çalışmada, analizi yapılmak üzere seçilen örnek köprü, Illinois-Quincy’de bulunan Mississippi Nehri üzerindeki Quincy Bayview köprüsüdür. Şekil 3’de gösterilen eğik askılı köprü, H şeklindeki iki beton kuleden, yelpaze şeklinde konumlandırılmış kablolardan ve kompozit köprü tabliyesinden oluşmaktadır.



Şekil 3. Quincy Bayview Köprüsü

Köprü'nün ana açıklığı 274 m ve kenar açıklıkları 134 m olup toplam uzunluğu 542m'dir. Kulenin toplam yüksekliği 70.71 m' dir. Köprüde ana açıklığı destekleyen 28, her bir kenar açıklığı destekleyen ise 14 kablo olup toplamda 56 kablo kullanılmıştır (Şekil 4). Köprüde kullanılan kabloların çapları birbirinden farklı olup 107 mm, 92 mm, 66 mm ve 41 mm' dir. Kablolar yelpaze şeklinde düzenlenmiş olup köprü'nün H-şeklindeki kulelerinde 2.75 m ve köprü tabliyesinde ise 19.14 m aralıklarla dizilmiştir. Köprü tabliyesinin genişliği kablounun merkezinden merkezine 12 m' dir. Tablo 1'de kablolarla ait özellikler verilmektedir.



Şekil 4. a) Köprü kesiti, b) Kule kesiti

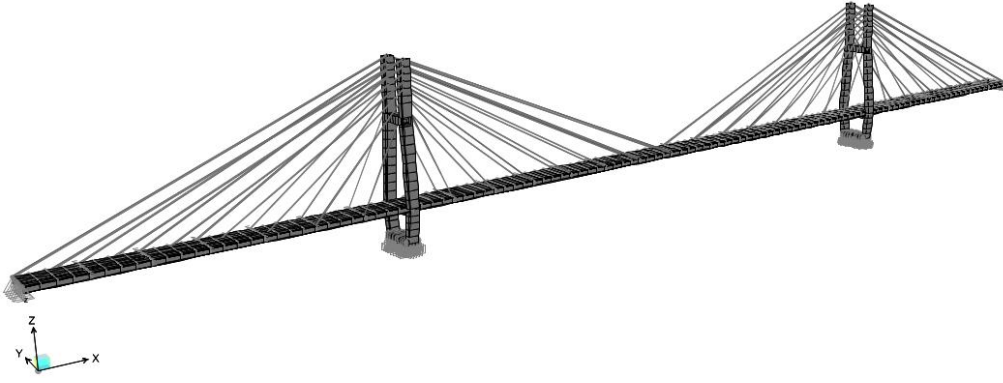
Tablo 1. Kablo özellikleri

Kablo Numarası	Alan A (m ²)	Elastisite Modülü E (kN/m ²)	Birim uzunluğa düşen ağırlık W (kN/m)
1-2	0.0180	2.1x10 ⁸	1.76580
3-4 ve 13-14	0.0135		1.32435
11-12	0.0107		1.04967
5-10	0.0070		0.68670

5. SONLU ELEMAN MODELİ

Quincy Bayview Köprüsü'nün yapısal davranışını belirlemek için köprü'nün üç boyutlu sonlu eleman modeli (Şekil 5), SAP2000 programından faydalanılarak elde edilmiştir. Yumuşak ve sert zemin için iki farklı sonlu eleman modeli oluşturularak yapı-zemin etkileşimi dikkate alınmıştır.

Quincy Bayview Köprüsü'nün üç boyutlu sonlu eleman modelinde, tabliyeyi oluşturan çelik profiller ve kule kiriş elemanlarla, tabliye betonu alan elemanlarla, köprü temeli hacim elemanlarla, kablolar ise kafes elemanlarla modellenmiştir. Köprü, toplamda 1361 düğüm noktası, 1124 kiriş, 678 alan, 186 link, 128 hacim ve 442 yay elemanından oluşmaktadır.



Şekil 5. Quincy Bayview Köprüsü'nün üç boyutlu sonlu eleman modeli

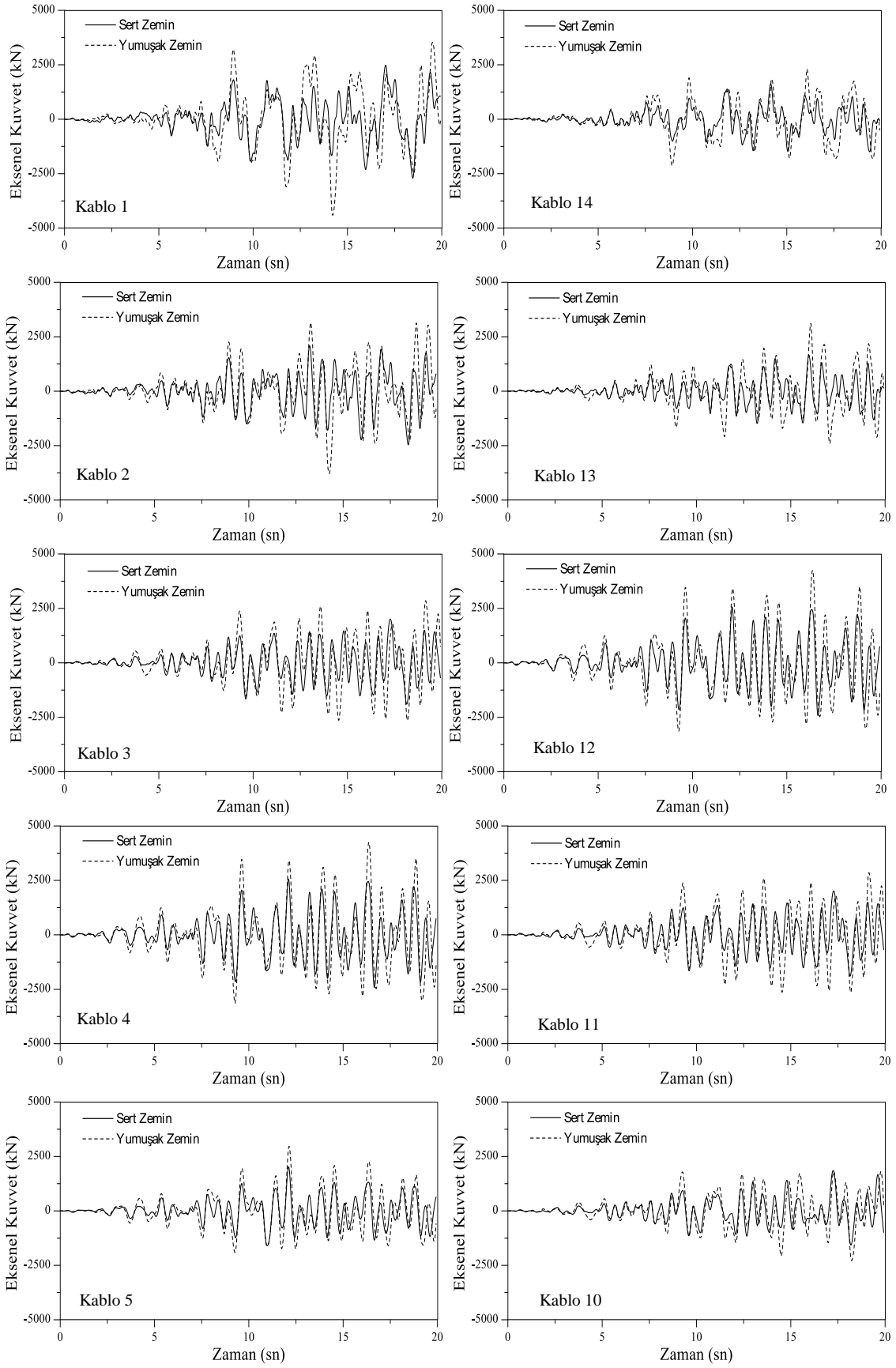
Modellerde köprünün sol kenar mesnetleri sabit, sağ kenar mesnetleri köprü boyunca harekete izin verecek şekilde hareketli mesnetle ve kule temelini saran zemin ise Winkler (1867) kabulü dikkate alınarak yaylarla modellenmiştir. Yayların düşey ve yatay rijitlikleri ile ilgili veriler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Yayların rijitlik değerleri

Yay Rijitliği (kN/m)	Yumuşak Zemin	Sert Zemin
Yatay	3094	9738
Düşey	9282	29214

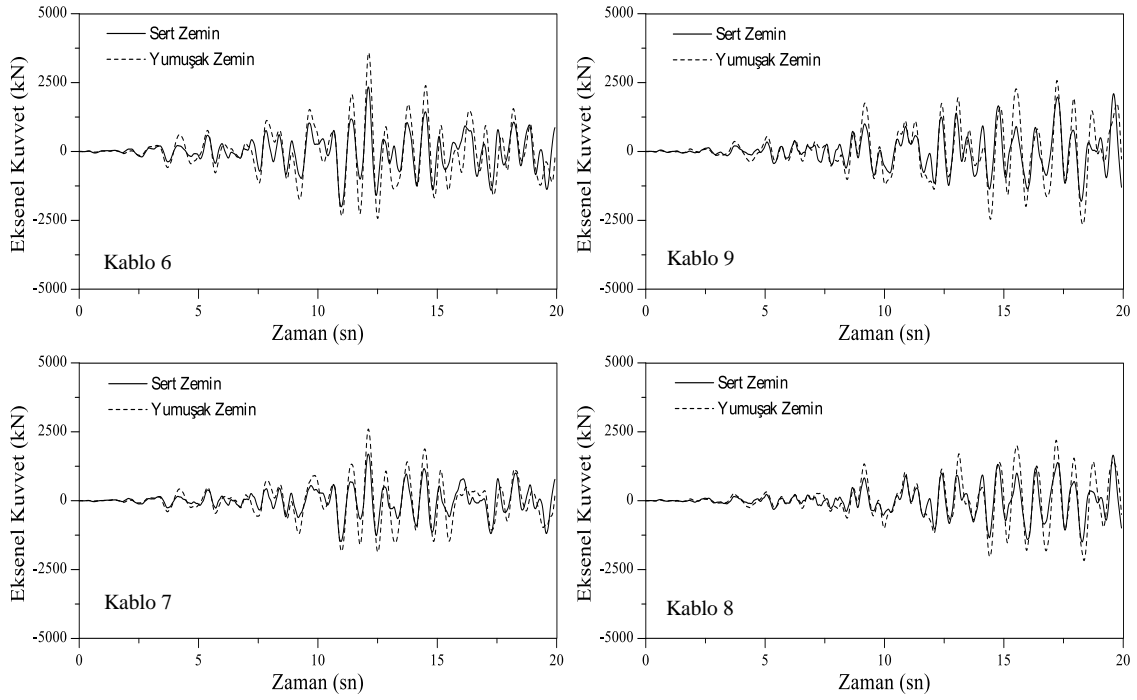
6. KABLO DAVRANIŞI

Köprünün sol kulesinde, 7'si kenar açıklığı diğer 7'si ise ana açıklığı destekleyen toplam 14 kablo bulunmaktadır. Çok mesnetli titreşim etkilerinin dikkate alındığı analizler sonucunda, yumuşak ve sert zemine mesnetli eğik askılı köprünün sol kulesine bağlı bu kablolarda meydana gelen eksenel kuvvetlerin zamanla değişimi Şekil 6'da verilmiştir. Şekilde yan yana verilen grafikler, sol kule eksenine göre simetrik olan kablolar olup, kenar açıklığı destekleyen kablolarda meydana gelen eksenel kuvvetlerin, ana açıklığı destekleyen kablolara göre daha büyük olduğu görülmektedir. Köprünün yumuşak ve sert zemin mesnetli olması durumunda, kenar açıklığı destekleyen kablolarda oluşan eksenel kuvvetlerin değişimlerinin 10. sn'den sonra, ana açıklığı destekleyen kablolarda ise 15. sn'den sonra maksimum değerlerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Köprünün yumuşak zemine mesnetli olması durumunda, kablolarda meydana gelen eksenel kuvvetlerin, sert zemine mesnetli olması durumuna kıyasla daha büyük olduğu görülmektedir.

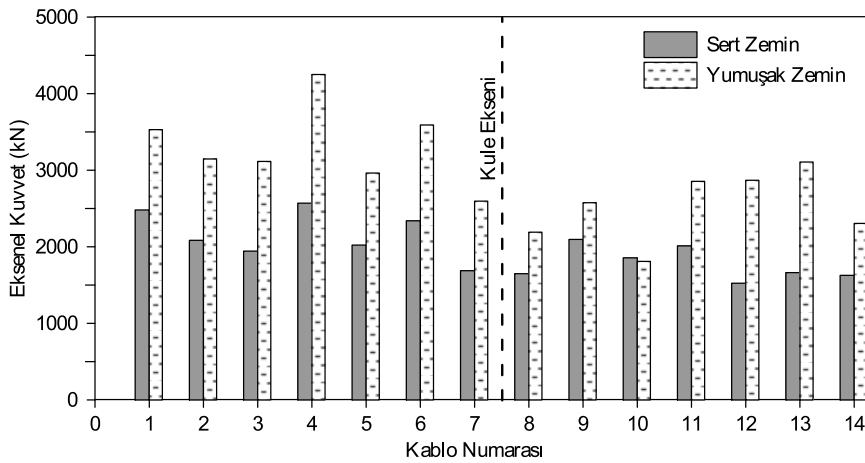


Şekil 6. Kablolarda oluşan aksel kuvvetlerin zamanla değişimi

Şekil 6'nın devamı;



Analiz sonuçlarında, sol kuleye bağlı 14 kabloda oluşan maksimum eksenel kuvvetlerin zemin sınıfına bağlı olarak değişimi Şekil 7.'de görülmektedir. Söz konusu köprüde, maksimum eksenel kuvvetler mevcut 14 kablounun 13'ünde yumuşak zeminde, 10 no'lu kabloda ise sert zeminde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Her iki zemin durumunda, maksimum eksenel kuvvetler kenar açıklığındaki 4 no'lu kabloda meydana gelmiştir. Köprü'nün yumuşak ve sert zemine mesnetli olması durumunda, söz konusu kabloda oluşan eksenel kuvvetler, sırasıyla, 4250 kN ve 2570 kN'dur. Kablolarda meydana gelen en küçük maksimum eksenel kuvvet, yumuşak zemin için 10 no'lu kabloda 1809 kN, sert zemin ise 12 no'lu kabloda 1524 kN olarak elde edilmiştir.



Şekil 7. Kablolarda oluşan maksimum eksenel kuvvetler

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada çok mesnetli titreşim etkilerine maruz eğik askılı köprünün sert ve yumuşak zemin koşullarında kablolarında oluşan aksel kuvvetin değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Quincy Bayview Köprüsü örnek seçilmiştir. Örnek köprünün, yumuşak ve sert zemine mesnetli iki farklı sonlu eleman modeli SAP2000 programında oluşturulmuştur. Modellerin dinamik davranışı çok mesnetli titreşim hareketi dikkate alınarak belirlenmiş olup aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Köprünün kenar açıklığını destekleyen kablolarda meydana gelen aksel kuvvetlerin, ana açıklığı destekleyen kablolara göre daha büyük olduğu görülmektedir.
- Köprünün yumuşak zemine mesnetli olması durumunda, kablolarda meydana gelen aksel kuvvetlerin, sert zemine mesnetli olması durumuna kıyasla oldukça büyük olduğu görülmektedir.
- Her iki zemin durumunda, maksimum aksel kuvvetlerinin kenar açıklıktaki 4 no'lu kabloda meydana gelmiştir.
- Kablolarda oluşan en küçük maksimum aksel kuvvet sert zemin için açıklığı destekleyen kablolardan 12 no'lu, yumuşak zemin için ise 10 no'lu kabloda meydana gelmiştir.

8. KAYNAKLAR

Atmaca B., Yurdakul M. ve Ateş Ş., 2015., Dynamic Behavior Of Cables Of Cable-Stayed Bridge Isolated with SCFP Placed Under Pylon, Advance in Structural Engineering and Mechanics, Incheon, August 25-29, Korea

Chiu, H-C. 1997., Stable Baseline Correction of Digital Strong-Motion Data, Bulletin Of The Seismological Of America, 87, 4, 932-944.

Der Kiureghian A, Neuenhofer A., 1991., A response Spectrum Method for Multiple-Support Seismic Excitations, Report no. UCB/EERC-91/08, Berkeley (CA): Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California

Gimsing, N.J., Georgakis, C.T., 2011., Cable Supported Bridges: Concept and Design, 3rd Edition. Wiley, Chichester, UK, 150-160

Hao, H., Bolt, B.A. ve Penzien, J., 1989., Effects of Spatial Variation of Ground Motions on Large Multiply-Supported Structures, Report No: UCB/EERC-89/06, Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, California

Harichandran, R.S. ve Vanmarcke, E.H., 1986., Stochastic Variation of Earthquake Ground Motion in Space and Time, Journal of Engineering Mechanics, 112, 2, 154-174

Harichandran, R.S., Hawwari, A. ve Sweiden, B.N., 1996., Response of Long-Span Bridges to Spatially Varying Ground Motion, Journal of Structural Engineering, 122, 5, 476- 484

Kawano K., Furukawa K., 1988., Random Seismic Response Analysis of Soil Cable-Stayed Bridge Interaction, Proceedings of Ninth World Conference on Earthquake Engineering, 495-500, August 2-9, Tokyo, Kyoto Japan, Loh C.H. ve Lee S.Z., 1990., Aseismic Displacement Analysis of Multi-Supported Bridge To Multiple Excitations, [Soil Dynamics and Earthquake Engineering](#), 9, 1, 25-33

Quan W., Li H.N. ve Liu X.Z., 2008., Seismic Response of Large-Span Cable-Stayed Bridge under Multi-Component Multi-Support Earthquake Excitation, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, October 12-17, Beijing, China

SAP2000., 2008., Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California, USA.

Sıcacık E.A. ve Soyluk K., 2011., Deprem Hareketinin Değişim Bileşenlerine Bağlı Olarak Belirlenen Yer Hareketleri için Kablolu Köprülerin Yapı-Zemin Etkileşim Analizi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim, ODTÜ-Ankara

Sıcacık, E.A., 2011., Mesnetlerinden Farklı Yer Hareketi Etkisindeki Kablolu Köprülerin Yapı-Zemin Etkileşim Analizi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara

Subedi A., 2014., Effect of Multi-Support Excitation on Seismic Behavior of Single-Pylon Cable-Stayed Bridges, Master Thesis, Southern Illinois University Carbondal

Winkler, E., 1867., Die Lehre Von Elasticitaet Und Festigkeit. 1st Edn., H. Dominicus, Prague.

Zhou R., Zong Z.H., Huang X.Y. ve Xia Z.H., 2014., Seismic Response Study on A Multi-Span Cable-Stayed Bridge Scale Model under Multi-Support Excitations, Part II: Numerical Analysis, J Zhejiang Univ-Sci A, Appl Phys & Eng, 15, 6, 405-418

UNIFORM YER HAREKETLERİNE MARUZ EĞİK ASKILI KÖPRÜNÜN DİNAMİK DAVRANIŞI

Muhammet YURDAKUL^a, Zeliha TONYALI^b, Barbaros ATMACA^c, Şevket ATEŞ^d

^a Bayburt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, myurdakul@bayburt.edu.tr

^b KTÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, zelihatonyali@ktu.edu.tr

^c KTÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, atmaca@ktu.edu.tr

^d KTÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, sates@ktu.edu.tr

Bu çalışmada, farklı yer hareketlerine maruz bir kablolu köprünün kablolarındaki dinamik davranış incelenmiştir. Sayısal uygulama olarak seçilen köprü, 1983 yılında tasarlanan ve 1987 yılında inşası tamamlanan Illinois Quincy’de Mississippi üzerinde inşa edilen Quincy Bayview köprüsüdür. Bu köprü; H şeklindeki iki beton kuleden, yelpaze şeklindeki kablolardan ve kompozit köprü tabliyesinden oluşmaktadır. Ana açıklığı 274 m ve her bir kenar açıklığı 134 m olan iki kenar açıklığa sahip olan köprü 542 m’dir. Ana açıklığı destekleyen 28 kablo ve her bir açıklığı destekleyen 14 kablo olmak üzere toplam 54 kablo kullanılmıştır. Kabloların dinamik tepkilerini elde etmek için köprünün üç boyutlu sonlu eleman modeli SAP2000 programında oluşturulmuştur. Uniform yer hareketi kullanılarak köprüdeki kabloların dinamik davranışları incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda kabloların eksenel kuvvetleri kablo konumuna göre değişiklik gösterdiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Kablolu Köprü, Uniform Yer Hareketi, Sonlu Eleman Modeli, Doğrusal Olmayan Analiz.*

MAGNETIC FIELD EFFECT ON VALENCE ELECTRON STRUCTURE OF INVAR

Bünyamin ALIM^a, İbrahim HAN^b, Lütfü DEMİR^c

^a*Bayburt University, Bayburt, Turkey, balim@bayburt.edu.tr*

^b*Ağrı İbrahim Çeçen University, Ağrı, Turkey, ihan@agri.edu.tr*

^c*Atatürk University, Erzurum, Turkey, ldemir@atauni.edu.tr*

The effect of external magnetic field on the valence-electron structures of Invar (Fe₆₄Ni₃₆) was investigated by using X-ray fluorescence spectroscopy. Firstly, *Kβ-to-Kα* X-ray intensity ratios of Fe and Ni in Invar were measured without any magnetic field and under 0.5 and 1 T external magnetic fields, separately. Later, the valence-electron structures of Fe and Ni in both pure form and Invar were obtained by comparison of measured X-ray intensity ratios with the results of multi-configurations Dirac-Fock (MCDF) calculations. The results obtained for valence-electron structures of Fe and Ni in Invar were evaluated in terms of magnetic field effect, delocalization and/or charge transfer phenomena.

EUROCODE YÖNETMELİĞİNE GÖRE YER HAREKET KAYITLARININ SEÇİLMESİ VE ÖLÇEKLENDİRİLMESİ

Mustafa ERGÜN^a, Şevket ATEŞ^b

^a İnşaat Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61080, Trabzon, Email: mergun@ktu.edu.tr

^b İnşaat Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61080, Trabzon, Email: sates@ktu.edu.tr

Özet

Son yıllarda yapısal analizde ve teknolojiye meydana gelen gelişmeler sayesinde, zaman tanım alanında hesap yöntemi, yapıların tasarımında ve dinamik analizlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür analizlerin gerçekleştirilmesindeki en önemli konu dikkate alınan bölgeye ait tasarım ivme spektrumu ile uyumlu kayıtların seçilmesi ve ölçeklendirilmesidir. Deprem kayıtlarının elde edilebileceği üç farklı kaynaktan bahsetmek mümkündür; yapay yollar ile oluşturulan tasarım spektrumu uyumlu kayıtlar, kaynak ve dalga özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş kayıtlar ve gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar. Bu çalışmada, üç adet yer hareket kaydı bir takım kriterler dikkate alınarak seçilmiş ve zaman tanım alanında ölçekleme yöntemi kullanılarak Eurocode yönetmelik tasarım spektrumuna ölçeklendirilmiştir. Birinci bölümde, zaman tanım alanında analiz yöntemi ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde, zaman tanım alanında ölçeklendirme yöntemine ait hesap adımları MATLAB GUI ara yüz program dili ile kodlanarak, SESCOAP adında bir ölçeklendirme programı geliştirilmiştir. Seçilen yer hareket kayıtları SESCOAP programı kullanılarak Eurocode tasarım spektrumuna ölçeklendirilmiş ve köprülerin zaman tanım alanında dinamik analizleri için gerekli olan ölçeklendirme parametreleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zaman tanım alanında analiz, deprem kayıtlarının seçilmesi, deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesi, SESCOAP

Abstract

Time history analysis has been becoming more common in seismic analysis and design of structures with advances in computer technology and earthquake engineering. The most important issue for such analyses is the selection of appropriate acceleration time histories and matching these histories to a code design acceleration spectrum. In literature, there are three sources of acceleration time histories: artificial records, synthetic records obtained from seismological models and accelerograms recorded in real earthquakes. In this study, three ground motion records selected taking into consideration a number of criteria and scaled to Eurocode design spectrum by using scaling method in the time domain. In the first section, general information is given about time history analysis method. In the second part, calculation steps of time domain method are coded by MATLAB, GUI and developed a scaling program called SESCOAP (Selection and Scaling Program). Selected ground motion records are scaled to Eurocode 8 design spectrum by using SESCOAP based on time domain scaling method and scaling parameters required for time history analyses are obtained.

Keywords: Time history analysis, Selection of earthquake records, Scaling of earthquake records, SESCOAP

1. GİRİŞ

Depremlerin neden oldukları can ve mal kayıplarını önlemek ve en aza indirmek amacıyla mühendislik alanında ve teknolojisinde çok sayıda gelişmeler kaydedilmiştir. Yapılan gelişmelerden biri de yapıların olmuş ve olabilecek depremlere karşı analizlerinin ve tasarımlarının yapılmasıdır. Geleneksel olarak, yapılara etkiyen deprem yüklerinin hesabında; eşdeğer statik deprem yükü yöntemi ve mod birleştirme yöntemi kullanılmaktadır. Fakat son yıllarda yapısal analizde ve teknolojiye sağlanan gelişmelerle birlikte zaman tanım alanında hesap yöntemi yapıların tasarımında ve analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapıların deprem analizlerinde, zaman tanım alanında hesap yöntemi; zaman tanım alanında doğrusal elastik veya zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz şeklinde iki türlü kullanılabilir.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz yönteminde, yapının lineer davranış gösterdiği bir başka deyişle yapının kalıcı değiştirmeler yapmadığı ve malzemenin elastik kaldığı kabulü yapılır. Lineer olmayan zaman tanım alanında hesap yönteminde ise yapının elastik olmayan şekil değiştirmeler yaptığı ilkesine dayanarak analizler yapılmaktadır. Yapıların güçlü bir yer hareketine elastik olmayan şekil değiştirmeler yaparak karşı koyabileceği bilindiği için lineer olmayan zaman tanım alanında analiz yöntemi dinamik analizlerde en çok kullanılan yöntemlerden biridir.

Zaman tanım alanında analizlerin gerçekleştirilmesindeki en önemli konu, uygun deprem kayıtlarının seçilmesi ve bu kayıtların ölçeklendirilmesidir. Deprem kayıtlarının elde edilebileceği üç farklı kaynaktan bahsetmek mümkündür; yapay yollar kullanılarak oluşturulan tasarım ivme spektrumu uyumlu kayıtlar, kaynak ve dalga özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş kayıtlar ve gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar. Deprem esnasında kayıt altına alınan yer hareketi sayısının artması ve bunlara erişimin yaygınlaşan veri bankaları sayesinde kolaylaşması, gerçek kayıtları zaman tanım alanında yapılacak hesaplarda en çok tercih edilen seçenek haline getirmektedir.

Dinamik analizlerde kullanılması gereken gerçek yer hareket kayıtlarının karakteristikleri, bölgenin yerel zemin koşulları ve bölgenin depremselliği gibi aşağıda verilen unsurlarla uyumlu olması gerekmektedir.

- Tektonik oluşum
- Deprem büyüklüğü
- Faylanma tipi
- Kaynak-Bölge mesafesi
- Yerel zemin koşulları
- Güçlü yer hareketi süresi
- Spektral şekil
- Yakın fay özellikleri

Zaman tanım alanında analizlerde kullanılan ivme kaydı seçimi ile ilgili çalışmalar yenidir ve bu konuda herkesin hemfikir olduğu bir yöntem henüz geliştirilememiştir. Bu nedenle, ivme kaydı seçiminde ASCE 7-05 ve Eurocode 8 gibi uluslararası yönetmelik şartları dikkate

alınmaktadır. Hemen hemen tüm yönetmeliklerde, analizlerde en az üç adet ivme kaydının kullanılması, yediden daha az ivme kaydının kullanılması durumunda analiz sonuçlarının maksimumunun, daha fazla ivme kaydı kullanılması durumunda ise analiz sonuçlarının ortalamasının dikkate alınması koşulu yer almaktadır.

Dinamik analizlerde kullanılmak üzere uygun deprem kayıtlarının seçilmesinden sonra, bu kayıtlara ait tepki spektrumlarının yönetmelik tasarım ivme spektrumları ile olan uyumlarını arttırmak amacıyla ivme kayıtlarının çeşitli yöntemlerle ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Günümüzde ölçeklendirme işlemlerinde kullanılabilecek pek çok yöntem mevcuttur. Bu yöntemler, zaman tanım alanında yöntemler ve frekans tanım alanında yöntemler olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir.

Bu çalışmada, üç adet gerçek yer hareket kaydı deprem büyüklüğü, faya olan mesafe ve zemin koşulları dikkate alınarak seçilmişlerdir. Zaman tanım alanında ölçeklendirme yöntemine ait hesap adımlarının MATLAB, GUI ara yüz programı yardımıyla kodlanması sonucu geliştirilen SESCAP ölçeklendirme programı ile bu kayıtlar Eurocode 8 yönetmeliği tasarım spektrumlarına ölçeklendirilmişlerdir. Ölçeklendirme sonucunda, yapıların zaman tanım alanında analizlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılan ölçeklendirme katsayıları hızlı bir şekilde elde edilmiştir.

2. GEÇMİŞTE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Deprem yükleri etkisi altında bulunan mevcut yapıların performanslarının değerlendirilmesinde, ya da yeni bir yapının tasarımı için kullanılacak analizler arasında, en kapsamlı ve gerçeğe en yakın sonuçları veren analiz yöntemi zaman tanım alanında analiz yöntemidir. Zaman tanım alanında doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan analizlerin gerçekleştirilmesindeki en önemli konu, uygun sismik kayıtların seçilmesi ve ölçeklendirilmesidir.

Son yıllarda hem teknolojiye meydana gelen gelişmeler hem de bu kayıtların elde edilebileceği veri bankalarının yaygınlaşması, gerçek deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesiyle ilgili yapılan çalışmalara büyük hız kazandırmıştır. Nispeten yeni olan bu konu üzerinde çalışan uzmanlar arasında ivme kaydı seçimine ilişkin herkesin hem fikir olduğu bir yaklaşım henüz geliştirilememesine rağmen, çalışmalar aratarak devam etmektedir. Genel olarak, ivme kayıtları ya tasarım spektrumları ile uyumlu olacak şekilde yapay yollar, ya sismik kaynak ve dalga yayılım özellikleri dikkate alınarak benzetim yolu ile ya da gerçek depremlerden elde edilmektedir (Abrahamson, 1993), (Bommer ve Acevedo, 2004). Doğrusal ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizlerin gerçekleştirilebilmesi için uygun deprem kayıtlarının seçilmesi önemli bir konudur. Araştırmacıların üzerinde ortak bir kaniya sahip oldukları bir metodun geliştirilmemesi nedeniyle, yönetmeliklere dayanan çeşitli metodlar deprem kayıtlarının seçilmesinde kullanılmaktadır. Örneğin; Eurocode 8, gerçek deprem kayıtlarının dinamik analizlerde bir girdi olarak kullanımına izin vermektedir (Iervolino vd. 2009). Hachem vd. (2010), Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Avrupa Birliği Ülkeleri, Yeni Zelanda ve Tayvan gibi ülkelerde deprem yer hareket kayıtlarının seçilmesi ve

ölçeklendirilmesi konusunda kullanılan yöntemler ve yönetmelik şartlarını inceleyerek aralarındaki farklılıklar ve benzerlikleri ortaya koymuşlardır. Fahjan vd. (2007) güçlü yer hareket kayıtlarının seçilmeleri konusunda, temel metodları ve kriterleri özetlemiş ve bu kriterlerin İran tasarım yönetmeliğine uygun olup olmadığını tartışmışlardır. Ayrıca, Fahjan (2008) Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) tasarım ivme spektrumuna uygun gerçek deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi konusundaki temel yöntemleri ve kriterleri ortaya koymuştur.

Zaman tanım alanında analizlerde en önemli konu uygun kayıtların elde edilmesidir. Fakat bazı durumlarda, istenilen özelliklere sahip deprem kayıtlarının olmayışı araştırmacıları deprem kayıtları geliştirmede başka bir takım farklı yollara itmektedir. Örneğin, Kayhan (2011) çalışmasında, armoni araştırması optimizasyon tekniğini kullanarak yönetmeliklerde tanımlanmış farklı zemin sınıflarına ait tasarım spektrumları ile uyumlu ivme kaydı setleri elde etmiştir. Lilhanand ve Tseng (1988) çoklu sönümlü tasarım spektrumları ile uyumlu, gerçekçi sentetik yer hareket kayıtlarının üretilmesi için kullanılan yeni bir metodun geliştirilmesinden ve uygulama alanlarından bahsetmişlerdir. Mukherjee ve Gupta (2002) yapısal sistemlerin lineer ve lineer olmayan analizleri için spektrum-uyumlu sentetik kayıtların üretimi konusunda bir takım problemler üzerinde durmuşlardır. Yüksek binalar gibi önemli yapıların dinamik analizlerinde, yönetmeliklerde yer alan deprem risklerinden daha şiddetli yer hareketleri dikkate alınmalıdır. Bu nedenle tasarım yer hareketlerinin seçilmesinde yeni metotlara ihtiyaç duyulmaktadır (Lee vd. 2000).

Deprem kayıtlarının elde edilebileceği veri bankalarının yaygınlaşması, zaman tanım alanında dinamik analizlerin kullanımını arttırmıştır. Fakat herhangi bir veri bankası içinden tasarım spektrumu ile uyumlu kayıtların bulunması çok zahmetli bir iştir. Mevcut yer hareket kayıtlarının içinden belirli bir miktar kaydın seçilip daha sonra tasarım spektrumuna ölçeklendiği klasik ölçeklendirme metodlarının aksine, Genetik Algoritma yöntemi binlerce yer hareket kayıtlarından oluşan takımları araştırarak, bu kayıtlar arasından tasarım spektrumu ile en iyi uyumu sağlayan kayıtları vermektedir (Naeim vd. 2004). Yer hareket kayıtları, buldukları bölgeye ait deprem parametreleri ve zemin özellikleri hesaba katılarak seçilip sınıflandırılmaktadır. Bu kriterlerin deprem kayıtlarının seçilmesi üzerindeki etkileri önemli bir araştırma konusudur. Iervolino ve Cornell (2005) deprem büyüklüğü ve kaynak-bölge mesafesi gibi yer hareketlerinin seçilmesinde yaygın olarak kullanılan deprem parametrelerinin yapı davranışı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Seçilen deprem kayıtları yönetmelik tasarım spektrumları ile uyumlu olmaları gerekmektedir. Ayrıca bu kayıtlar tasarım depreminin rastgele değişkenliğini ve karakteristik özelliklerini de yansıtmalıdır (Wang, 2010). Yukarıda bahsedilen yer hareket kayıtlarının seçilme yöntemleri dışında, Morales-Esteban vd. (2012) dinamik analizler için gerekli olan gerçek deprem kayıtlarının seçilmesi için kullanılan ihtimalci bir yöntemi tartışmışlardır. Ayrıca, Shama (2012) çalışmasında, deprem yer hareket kayıtlarını tasarım spektrumu ile uyumlu hale getirebilecek zaman tanım alanında bir spektral eşleştirme yönteminden bahsetmiştir.

Uygun deprem kayıtlarının seçilmesinden sonra, bu kayıtların yönetmelik tasarım spektrumlarına ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Zaman tanım alanında ölçeklendirme, frekans tanım alanında ölçeklendirme, dalgalarla spektral eşleştirme ve spektrum uyumlu yapay kayıt

üretimi gibi farklı metotlar deprem kayıtlarına ait tepki spektrumu ile tasarım spektrumu arasındaki var olan farklılıkları azaltmak için kullanılan yöntemlerdir (Fahjan, 2010). Genel olarak, deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesinde iki metot yaygın olarak kullanılmaktadır; zaman tanım alanında ölçeklendirme (Fahjan, 2008), (Iervolino vd. 2009), (Kayhan vd. 2011) ve frekans tanım alanında ölçeklendirme (Bolt ve Gregor, 1993). Frekans tanım alanında ölçeklendirme yöntemi kullanılarak elde edilen kayıtların zaman tanım alanında ölçekleme yöntemi uygulananlara nazaran tasarım spektrumu ile daha iyi uyum göstermektedir. Fakat frekans tanım alanında yapılan ölçeklendirme işleminde, frekans içeriği değiştiği için bu kaydın doğal özelliklerini kaybettiğinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Özdemir ve Fahjan, 2007). Bu iki yöntem dışında alternatif ölçeklendirme metotları araştırmacılar tarafından geliştirilmeye çalışılmaktadır. Örneğin; Nau ve Hall (1984) maksimum yer değiştirme, maksimum hız ve maksimum ivme değerleri kullanılarak yapılan ölçeklendirmeden daha az kayıttan kayıta var olan dağılımı sağlayacak farklı parametrelerin belirlenebilmesi için alternatif ölçeklendirme metotlarını araştırmışlardır. Kurama ve Farrow (2003) farklı zemin koşulları ve farklı yapısal karakteristikleri açısından yer hareketlerini ölçeklendirme yöntemlerini incelemiştir.

Günümüzdeki deprem yönetmelikleri, deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi konusunu gerekenden çok daha basit bir şekilde ele almaktadır. Deprem yönetmeliklerinin, sıradan yapıların dinamik analizleri için yeterli oldukları fakat sismik girdilerin belirlenmesi, uygun bir yapısal modelin kurulması ve güçlü mühendislik hükümlerinin gerekli olduğu kompleks yapıların sismik analizleri için yetersiz kaldıkları görülmektedir (Katsanos vd. 2010). Oysaki deprem mühendisliği açısından çok önemli bir konu olan yer hareketlerinin seçilmesi ve ölçeklendirilmesi konusu yönetmeliklerde daha çok yer bulmalıdır.

3. EUROCODE 8 YÖNETMELİK ŞARTLARI

3.1. Bina Türü Yapılar İçin Koşullar

- En az üç adet yer hareket kaydı kullanılmalıdır.
- Kullanılacak deprem yer hareket kaydının sıfır periyoda karşılık gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_{0g} 'den daha küçük olmayacaktır.
- %5 sönüm oranı için yeniden elde edilecek spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci periyot T_1 'e göre $0,2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyotlar için, yönetmelikte tanımlanan elastik spektral ivme değerlerinin %90'ından daha az olmayacaktır.

3.1. Köprü Türü Yapılar İçin Koşullar

- Deprem yatay hareketlerinin her iki bileşenine ait %5 sönümlü spektral ivme değerlerinin karelerinin toplamının karekökü (SRSS) alınarak yeni bir spektrum oluşturulacaktır.
- Ele alınan her bir yer hareketine ait ilk adımda hesaplanan spektral ivme değerlerinin ortalaması alınarak yeni bir spektrum elde edilecektir.

- İkinci adımda elde edilecek spektral ivme değerleri, $0,2T_1$ ile $1,5T_1$ periyot aralığında, burada T_1 köprünün hakim periyodudur, izolasyon sistemli köprüler için ise etkin periyot T_{eff} , %5 sönüm oranlı tasarım spektrumunun spektral ivme değerlerinin 1,3 ünden daha az olmayacaktır.
- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler için, yer hareketinin üç bileşeninde kullanılması durumunda yatay bileşenler düşey bileşenden bağımsız olarak ölçeklendirilir. Ele alınan her bir yer hareketine ait düşey bileşenlerin spektral değerlerinin ortalaması $0,2T_v$ ile $1,5T_v$ periyot aralığında %5 sönüm oranlı tasarım spektrumunun 0,9 undan daha az olmayacaktır. Burada, T_v köprünün en düşük modundaki periyottur.

4. ZAMAN TANIM ALANINDA ÖLÇEKLENDİRME YÖNTEMİ

Bu yöntemde, yer hareketi kaydı aynı miktarda yukarı veya aşağı yönde ölçeklenerek (1'den büyük veya 1'den küçük ve sabit bir katsayı ile çarpılarak) istenilen periyot aralığında, hedef tasarım ivme spektrumuna en uygun eşleştirme yapılır. Bu işlem kaydın frekans içeriğini değiştirmez. Birden fazla deprem kaydı kullanılmak istendiğinde ise, her bir kayıt için ayrı ayrı ölçekleme işlemi yapılabileceği gibi hedef tasarım ivme spektrumuna en iyi uyan kayıtların ortalaması da kullanılabilir. Bu yöntem, en küçük kareler tekniği kullanılarak, ölçeklenmiş hareketin davranış spektrumu ile tasarım ivme spektrumu arasındaki farkın küçültülmesi esasına dayanır. Bu çalışmada kullanılan yöntemde, "Fark" ölçeklenmiş ve hedef tasarım spektrumu genlikleri arasındaki farkın karesinin entegrasyonu olarak tanımlanmış ve aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmıştır (Fahjan, 2007);

$$|\text{Fark}| = \int_{T_A}^{T_B} \left[a_{ST} S_a^{\text{gerçek}}(T) - S_a^{\text{hedef}}(T) \right]^2 dT \quad (1)$$

burada; S_a^{hedef} : hedef ivme davranış spektrumu, $S_a^{\text{gerçek}}$: kullanılacak gerçek deprem kaydının ivme spektrumu, a_{ST} : doğrusal ölçekleme katsayısı, T :salınım periyodu, T_A : ölçeklemenin yapılacağı periyot aralığının alt sınırı, T_B : ölçeklemenin yapılacağı periyot aralığının üst sınırıdır.

Fark miktarının küçülmesi için Fark fonksiyonunun doğrusal ölçekleme katsayısına göre türevi sıfır olmalıdır;

$$\min |\text{Fark}| \Rightarrow \frac{d|\text{Fark}|}{da} = 0 \quad (2)$$

Denklem (1)'deki Fark fonksiyonunun da 'ya göre türevi alınıp sifıra eşitlenir ve entegraller ayrık forma çevrilerek T_A 'dan ΔT artımlarla T_B 'ye kadar devam eden toplam haline dönüştürülür. Buradaki ΔT periyot adım miktarıdır. Böylece denklem (3) elde edilir;

$$a_{ST} = \frac{\sum_{T_A}^{T_B} (S_a^{\text{gerçek}}(T) S_a^{\text{hedef}}(T))}{\sum_{T_A}^{T_B} (S_a^{\text{gerçek}}(T))^2} \quad (3)$$

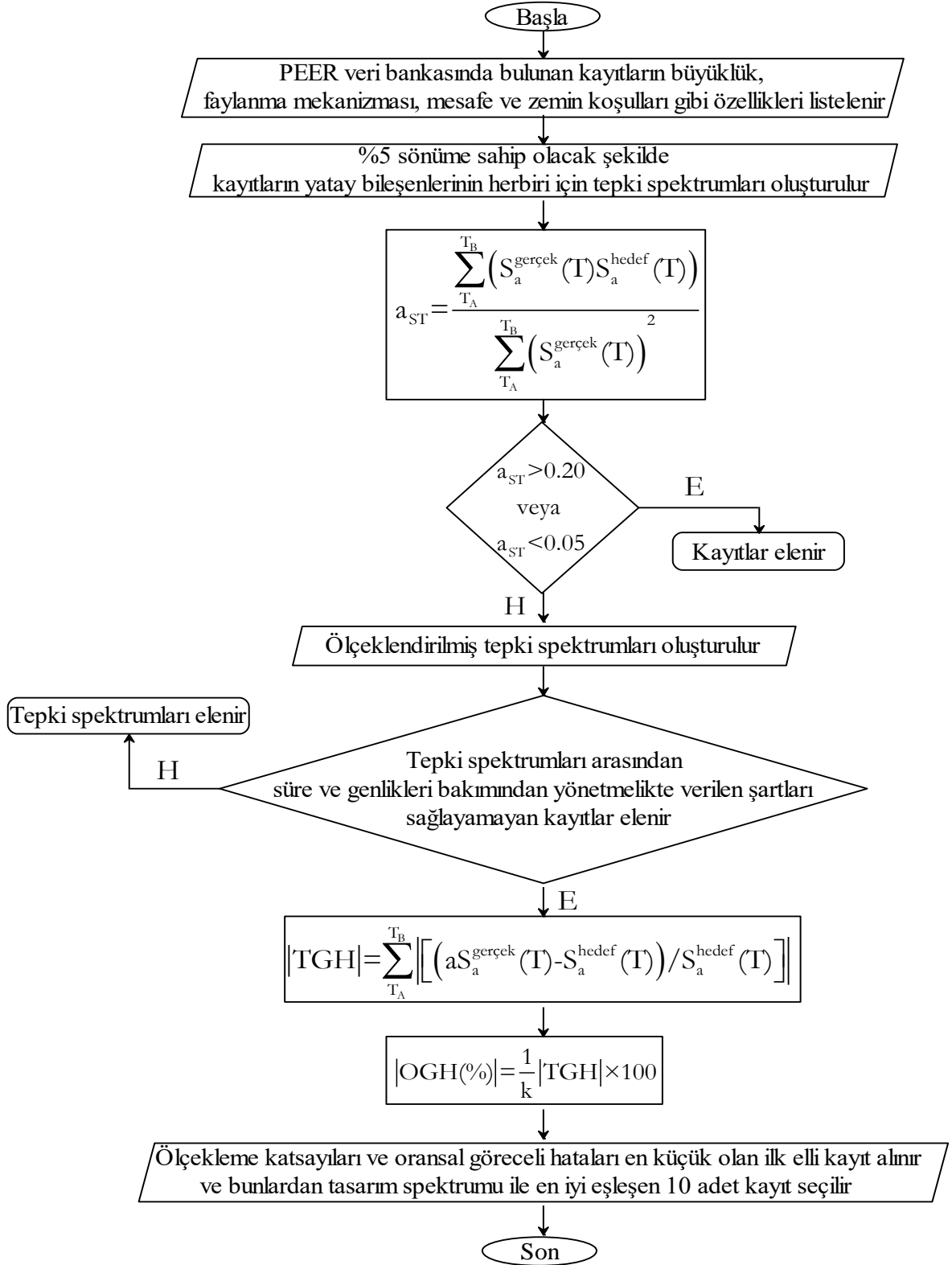
Birden fazla deprem kaydı kullanılarak ölçekleme yapılmak istenmesi durumunda uygulanabilecek yöntemler aşağıda özetlenmiştir:

a) Bütün kayıtlar için tek bir ölçekleme katsayısı kullanılarak (N) adet deprem kaydının ortalaması tasarım spektrumuna eşleştirilmeye çalışılır. Üretilen ortalama spektrum, tasarım spektrumu ile oldukça iyi eşleşse de, bütün kayıtlar aynı katsayı ile ölçeklenmiş olur.

b) Tek bir kayıt için kullanılan yöntem, (N) adet kaydın her biri için tek tek uygulanır ve ölçeklenmiş kayıtların ortalamaları alınır. Her bir hareket tek başına en iyi şekilde ölçeklenmiş olmasına rağmen sonuçta alınan ortalama tasarım spektrumu ile mükemmel şekilde eşleşmez.

c) (N) adet kaydın spektrumunun ortalaması tasarım spektrumuna eşleştirilmeye çalışılır. (N) defa türev alınarak Fark fonksiyonu minimize edilir. Elde edilen (N) adet doğrusal cebirsel denklem çözülerek (N) adet optimum ölçekleme katsayısı bulunur. Bu yöntemde kayıtlar en optimum şekilde ölçeklenmiş olmasına rağmen çıkan ölçekleme katsayıları çok küçük veya çok büyük hatta negatif olabilirler.

Zaman tanım alanında ölçeklendirme yönteminin hesap adımları Şekil 1'de akış diyagramı yardımıyla gösterilmiştir.



Şekil 1. Zaman Tanım Alanında Ölçekleme Yöntemi Hesap Adımlarının Akış Diyagramı Yardımıyla Gösterimi

5. DEPREM KAYITLARININ SESCAP İLE ÖLÇEKLENDİRİLMESİ

Yapıların deprem yüklerine karşı tasarımlarının yapılmasında veya mevcut yapıların güvenilirlik analizlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılan zaman tanım alanında analizler için gerekli olan parametrelere hızlı bir şekilde ulaşabilmek araştırmacıların en çok istediği unsurlardan birisidir. Bu çalışmada, bu parametrelere hızlı bir şekilde ulaşabilmek için zaman tanım alanında ölçeklendirme yöntemini esas alan SESCAP adında bir ölçeklendirme programı geliştirilmiştir. Zaman tanım alanında ölçeklendirme yöntemini matlab gui ara yüz program dili ile sunan SESCAP bilgisayar programı yardımıyla Tablo 1'de verilen deprem kayıtları köprü türü yapılar için yönetmelik tasarım spektrumuna ölçeklendirilmiştir.

Tablo 1. Doğal Deprem Yer Hareketleri

Kayıt No	Deprem Adı	Tarih	Kayıt İstasyonu	M_w^1	r^2	Zemin ³
P0031	Parkfield	28.06.1966	Cholame #5	6.1	5.3	C
P0161	Imperial Valley	15.10.1979	Bonds Comer	6.5	2.1	C
P0180	Imperial Valley	15.10.1979	El Centro Array #8	6.5	3.8	C

¹Deprem büyüklüğü

²Faya en yakın mesafe

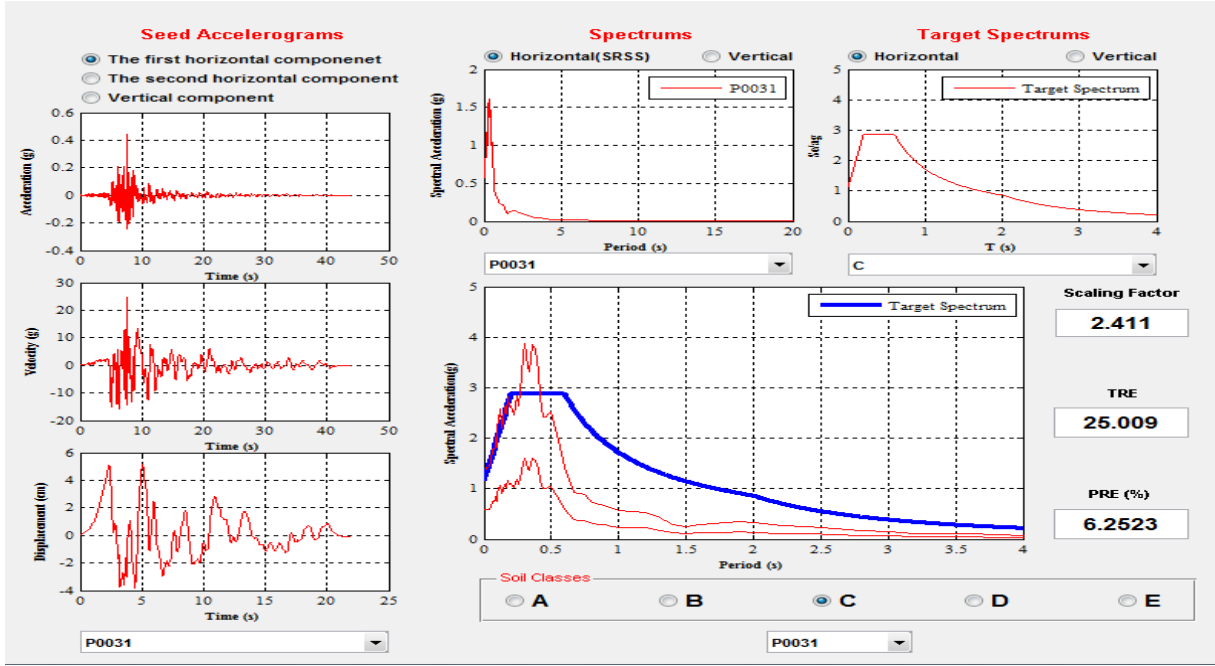
³Zemin sınıfı



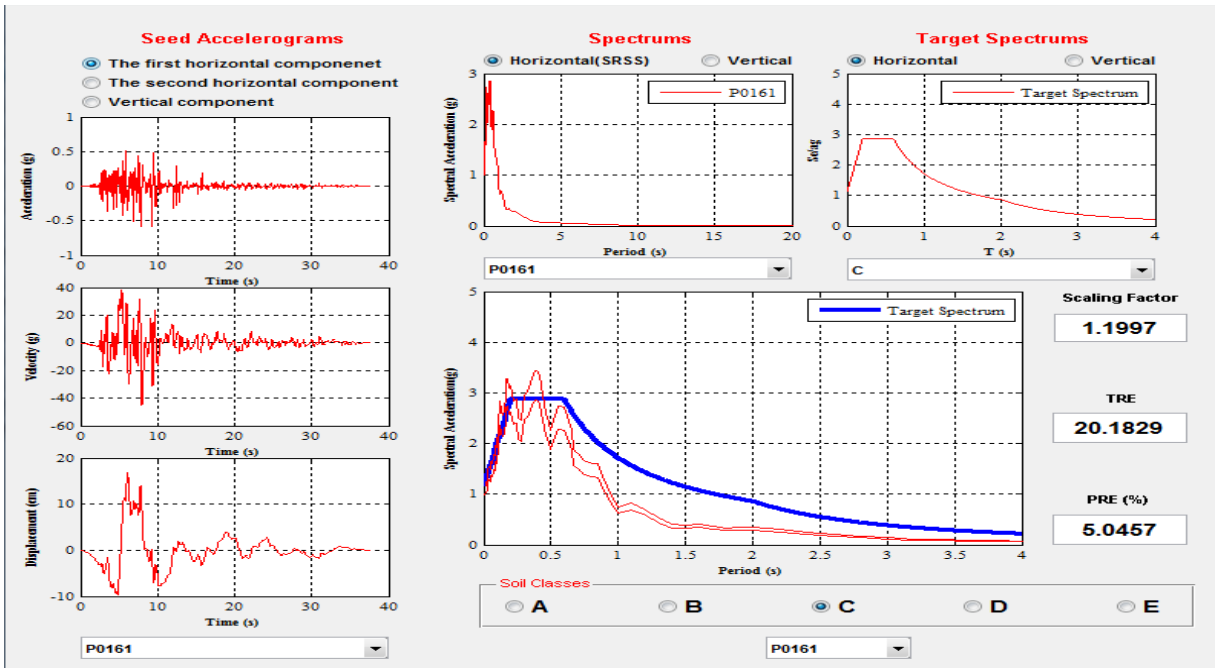
Şekil 2. SESCAP Programının Ana Penceresi Ekran Görüntüsü

Programın ana penceresinde yer alan *Buildings* ve *Bridges* menüleri vasıtasıyla, binaların ve köprülerin zaman tanım alanında doğrusal ve doğrusal olmayan analizleri için gerekli olan ölçeklendirme işlemlerinin gerçekleştirildiği alt pencerele ulaşmaktadır.

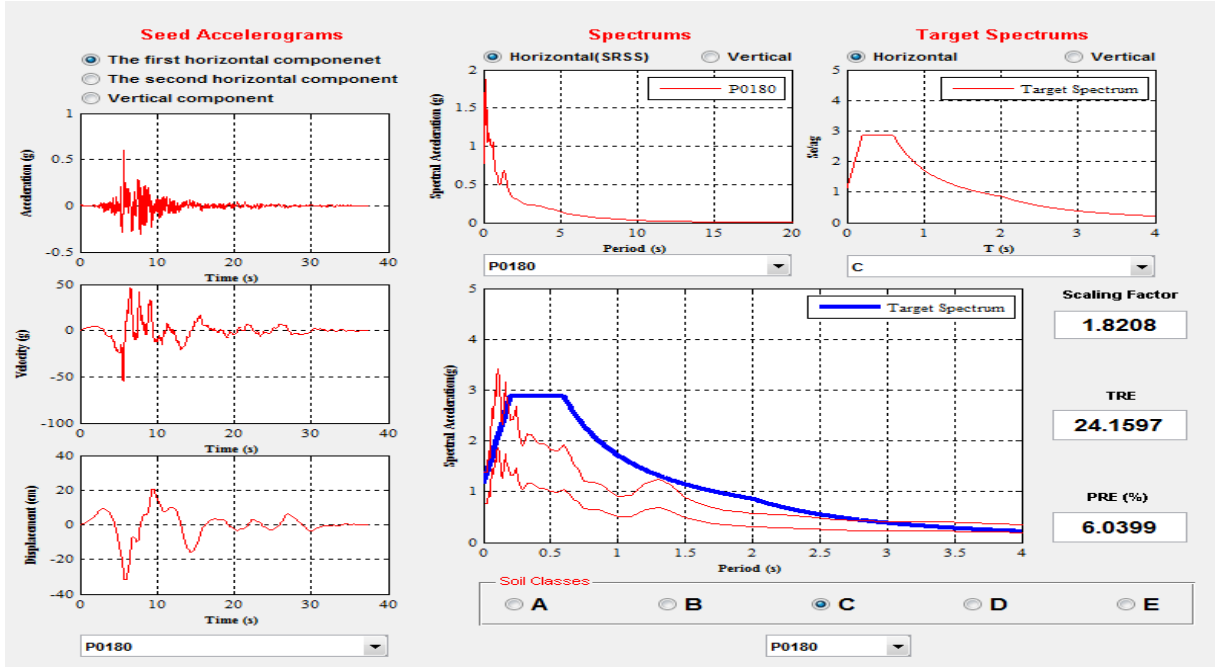
P0031 kayıt nolu, Cholame #5 istasyon kaydı, Parkfield, P0161 kayıt nolu, Bonds Comer istasyon kaydı, Imperial Valley, P0180 kayıt nolu, El Centro Array #8 istasyon kaydı Imperial Valley depremlerine ait ölçeklendirme işlemleri sırasıyla Şekil 3-5'de görülmektedir.



Şekil 3. P0031 Kayıt Nolu, Cholame #5 İstasyon Kaydı, Parkfield Depremine Ait Ölçeklendirme Sonuçları



Şekil 4. P0161 Kayıt Nolu, Bonds Comer İstasyon Kaydı, Imperial Valley Depremine Ait Ölçeklendirme Sonuçları



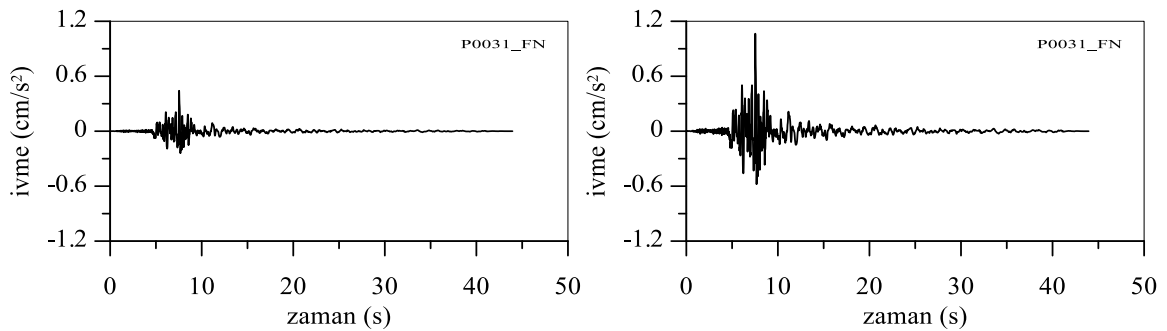
Şekil 5. P0180 Kayıt Nolu, El Centro Array #8 İstasyon Kaydı, Imperial Valley Depremine Ait Ölçeklendirme Sonuçları

Deprem yer hareketleri için SESCAP programından elde edilen ölçeklendirme verileri Tablo 2'de görülmektedir.

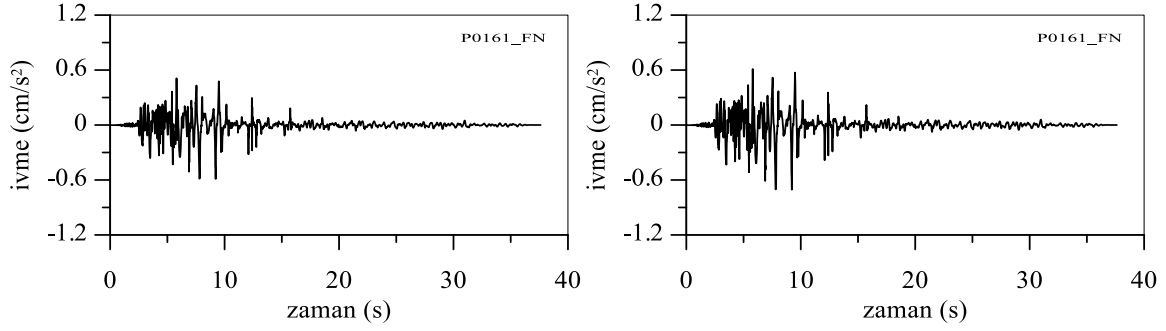
Tablo 2. Ölçekli Deprem Yer Hareketleri

Kayıt No	Deprem Adı	Tarih	Kayıt İstasyonu	Ölçeklendirme Katsayısı	Hata (%)
P0031	Parkfield	28.06.1966	Cholame #5	2.4110	6.2523
P0161	Imperial Valley	15.10.1979	Bonds Comer	1.1997	5.0457
P0180	Imperial Valley	15.10.1979	El Centro Array #8	1.8208	6.0399

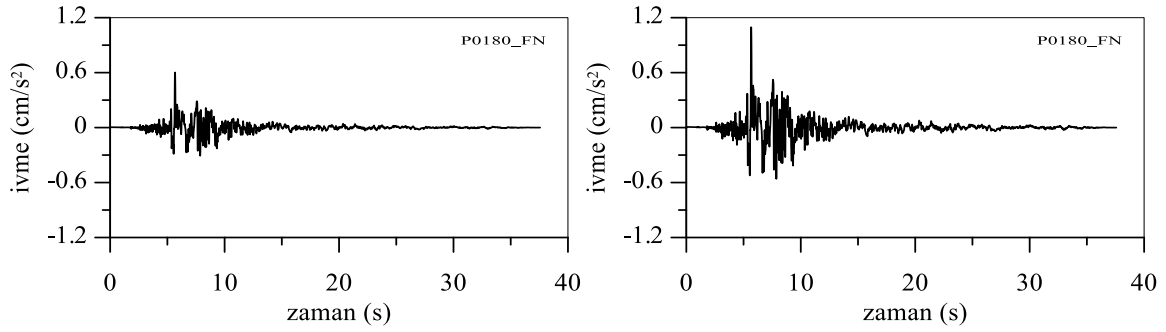
Yer hareketlerin ait doğal ve ölçekli ivme kayıtları Şekil 6-9'da verilmiştir.



Şekil 6. Parkfield Depremi, Cholame#5 İstasyon Kaydı Yer Hareketine Ait Doğal ve Ölçeklenmiş İvme Kayıtları



Şekil 7. Imperial Valley Depremi, Bonds Comer İstasyon Kaydı Yer Hareketine Ait Doğal ve Ölçeklenmiş İvme Kayıtları



Şekil 8. Imperial Valley Depremi, El Centro Array#8 İstasyon Kaydı Yer Hareketine Ait Doğal ve Ölçeklenmiş İvme Kayıtları

6. SONUÇLAR

Herhangi bir yapının dinamik analizini gerçekleştirirken tek bir deprem kaydının kullanılması durumunda yapısal davranışın, o bölgenin deprem karakteristiğini değil sadece tek bir yer hareketinin etkilerini yansıtmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, daha gerçekçi ve daha doğru sonuçların elde edilebilmesi için en az üç adet deprem kaydının dinamik analizlerde kullanılması gerekliliğini ifade etmektedir. Bununla birlikte, yer hareketi etkisi altında elde edilen sonuçların birbirleriyle karşılaştırılabilmeleri, yönetmelik tasarım ivme spektrumu ile karşılaştırılabilmeleri ve dinamik analizlerde yol gösterici olabilmeleri için ölçeklendirilmeleri gerekliliği görülmektedir. Bu şekilde yer hareketleri arasındaki genlik farklılıklarının azaltılmasıyla yapısal davranış üzerinde oluşturdukları etki farklılıkları minimize edilebilmektedir.

Yapıların deprem yüklerine karşı tasarımlarının yapılmasında veya mevcut yapıların güvenilirlik analizlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılan zaman tanım alanında analizler için gerekli olan parametrelere hızlı bir şekilde ulaşabilmek, araştırmacıların en çok istediği unsurlardan birisidir. SESCAP programı yardımıyla dinamik analizler için önemli olan bu parametrelere hızlı bir şekilde ulaşılabilir.

7. KAYNAKLAR

- Abrahamson, N.A. (1993). Non-Stationary Spectral Matching Program RSPMATCH, User Manual.
- Bolt, B. A. ve Gregor, N. J. (1993). Synthesized Strong Ground Motions for the Seismic Condition Assessment of the Eastern Portion of the San Francisco Bay Bridge, Report UCB/EERC-93/12, University of California, Earthquake Engineering Research Center, Berkeley, CA.
- Bommer, J.J. ve Acevedo, A. (2004). The use of real earthquake accelerograms as input to dynamic analysis, *Journal of Earthquake Engineering*, **8**(1):43-91.
- CEN. Eurocode 8, 2003. Design of Structures for Earthquake Resistance. Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings. Final Draft prEN 1998, European Committee for Standardization, Brussels.
- CEN. Eurocode 8, 2003. Design of Structures for Earthquake Resistance. Part 2: Bridges. Final Draft prEN 1998, European Committee for Standardization, Brussels.
- Fahjan, Y.M., Ozdemir, Z. ve Keypour, H. (2007). Procedures for Real Earthquake Time Histories Scaling and Application to Fit Iranian Design Spectra, *5th International Conference on Seismology and Earthquake Engineering (SEE5)*, May 14-16, Tehran, Iran.
- Fahjan, Y.M. (2008). Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi, *İMO Teknik Dergi*, 4423-4444, Yazı 292.
- Fahjan, Y.M. (2010). Selection, Scaling and Simulation of Input Ground Motion for Time History Analysis of Structures, *Seminar and Lunch on Earthquake Engineering and Historic Masonry*.
- Hachem, M.M., Mathias, N.J., Wang, Y.Y., Fajfar, P., Tsai, K-C., Ingham, J.M., Oyarzo-Vera, C.A. ve Lee, S. (2010). An International Comparison of Ground Motion Selection Criteria for Seismic Design, *Joint IABSE-fib Conference, May 3-5*, Dubrovnik, Croatia.
- Iervolino, I. ve Cornell, C.A. (2005). Record Selection for Nonlinear Seismic Analysis of Structures, *Earthquake Spectra*, **21**, 3, 685-713.
- Iervolino, I., Cosenza, E.ve Galasso, C. (2009). Shedding Some Light on Seismic Input Selection in Eurocode 8, *Eurocode 8 Perspectives from the Italian Standpoint Workshop, 3-12*, Doppiavoce, Napoli, Italy.
- Katsanos, E.I., Sextos, A.G. ve Manolis, G.D. (2010). Selection of Earthquake Ground Motion Records: A State-of-the-Art Review from a Structural Engineering Perspective, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, **30**, 4, 157-169.
- Kayhan, A.H. (2011). Eurocode-8 ile Uyumlu Ölçeklendirilmemiş İvme Kaydı Setlerinin Armoni Araştırması Tekniği ile Elde Edilmesi, *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim*, ODTÜ, Ankara.
- Kayhan, A.H., Korkmaz, K.A. ve İrfanoğlu, A. (2011). Selecting and scaling real ground motion records using harmony search algorithm, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, **31**, 941-953.
- Kurama, Y. ve Farrow, K. (2003). Ground motion scaling methods for different site conditions and structure characteristics, *Earthquake Eng. Struct. Dyn.*, **32**(15), 2425-2450.
- Lee, L.H., Lee, H.H. ve Han, S.W. (2000). Method of Selecting Design Earthquake Ground Motions for Tall Buildings, *The Structural Design of Tall Buildings*, **9**, 201-213.
- Lilhanand, K. ve Tseng, W.S. (1988). Development and Application of Realistic Earthquake Time Histories Compatible with Multiple-Damping Design Spectra, *Proceedings of 9th World Conference on Earthquake Engineering, August 2-9*, Tokyo-Kyoto, Japan, II: 819-824.
- MathWorks, 2010. MATLAB, The Language of Technical Computing, Version 7.10.0.499 (R2010a).

- Morales-Esteban, A., Luis de Justo, J., Martinez-Alvarez, F. ve Azanon, J.M. (2012). Probabilistic Method to Select Calculation Accelerograms Based on Uniform Seismic Hazard Acceleration Response Spectra, *Soil Dynamic and Earthquake Engineering*, **43**, 174-185.
- Mukherjee, S. ve Gupta V.K. (2002). Wavelet-Based Generation of Spectrum-Compatible Time-Histories, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, **22**, 9, 799-804.
- Naeim, F., Alimoradi, A. ve Pezeshk, S. (2004). Selection and scaling of ground motion time histories for structural design using genetic algorithms, *Earthquake Spectra*, **20**(2), 413–426.
- Nau, M. ve Hall, W.J. (1984). Scaling Methods for Earthquake Response Spectra, *Journal of Structural Engineering*, **110**, 7, 1533-1548.
- Özdemir, Z. ve Fahjan, Y.M. (2007). Gerçek Deprem Kayıtlarının Tasarım Spektrumlarına Uygun Olarak Zaman ve Frekans Tanım Alanlarında Ölçekleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim, İstanbul, Türkiye*.
- Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Center, PEER Strong Motion Database, <http://peer.berkeley.edu/smcat>, 2006
- Shama, A. (2012). Spectrum Compatible Earthquake Ground Motions by Morlet Wavelet, *20th Analysis and Computation Specialty Conference*, ASCE.
- Wang, G. (2010). A Ground Motion Selection and Modification Method Preserving Characteristics and Aleatory Variability of Scenario Earthquakes, *9th US National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering, July 25-29*.

COMBINING SIMULATION and DESIGN of EXPERIMENT APPROACH in HEALTHCARE AREA

Abdulkadir ATALAN

Department of Mechanical Engineering, Bayburt University

Healthcare is one of the largest and fastest growing businesses besides manufacturing. The World does not have a universal or global healthcare system but has a unique and complex system for healthcare service and delivery. This complexity causes many problems such as poor quality service, duplicates, wrong treatment, high waiting time, medication error etc. There are many mechanisms of health system. Especially, government as the main rule/policy maker, healthcare provider and private insurance companies are centered in the healthcare system. The objective of this research is to apply computer simulation approach in healthcare systems, along with design of experiment and technique to derivate strategies and analyze situations in which components of healthcare system make decisions in order to find optimum and tangible solutions within these components in healthcare.

Keywords: *Healthcare, Discrete Computer Simulation, Design of Experiment, Waiting Time, Quality Service*

DOĞAL YAŞLANDIRMA İŞLEMİNİN ULTRA İNCE TANE YAPILI ZN-22AL ALAŞIMININ ODA SICAKLIĞI VE YÜKSEK DEFORMASYON HIZI SÜPERPLASTİSİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

M. DEMİRTAS^a, G. PURCEK^{b*}, H. YANAR^b, Z.J. ZHANG^c, Z.F. ZHANG^c

^a*Makine Mühendisliği Bölümü, Bayburt Üniversitesi, Bayburt 69000, Türkiye*

^b*Makine Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon 61080, Türkiye*

^c*Shenyang National Laboratory for Materials Science, Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China*

Oda sıcaklığında uygulanan uzun süreli yaşlandırma işleminin ultra ince tane (UIT) yapılı Zn-22Al alaşımının oda sıcaklığında ve yüksek deformasyon hızındaki süperplastik davranışı üzerine etkisinin incelenmesi için 200 nm tane boyutuna sahip alaşım 15 gün ile 6 ay arasında değişen sürelerde yaşlandırma işlemine tabi tutuldu. Oda sıcaklığında 15 günlük süre ile uygulanan yaşlandırma işlemi alaşımında bir miktar tane büyümesine neden olurken, bu süre sonrasında tane boyutu 300 nm olarak ölçüldü. 60 gün ve 180 günlük yaşlandırmalar sonrasında tane boyutu büyümesinin çok belirgin olmadığı ve 180 günlük yaşlandırma işleminin tane boyutunu 400 nm'ye çıkardığı gözlemlendi. 15 günlük yaşlandırma işleminden sonra alaşımın $5 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ deformasyon hızındaki kopma uzaması %400'den %350'ye düşerken $1 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ deformasyon hızındaki uzaması ise %250'den %400'e yükseldi. Ancak yaşlandırma süresini artırmanın uzama değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görüldü. 15 günlük yaşlandırma işleminden sonra akma dayanımında tüm deformasyon hızlarında artış gösterirken, kopma uzamasına benzer şekilde yaşlandırma süresindeki artış akma dayanımında önemli bir değişikliğe neden olmadı.

Anahtar Kelimeler: Süperplastisite, Zn-22Al alaşımı, ultra ince tane yapısı

ÜLKEMİZDE PEYNİR BİLİMİ VE TEKNOLOJİSİNDEKİ GELİŞMELER

Songül ÇAKMAKÇI

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, cakmakci@atauni.edu.tr

Dünyada üretim teknolojisi, lezzeti ve özellikleri birbirinden farklı binlerce çeşit peynir üretilmektedir. Ülkemizde ise son dönemlerde yapılan çalışmalar sonucunda, üretim yöntemi ve bileşimi aydınlatılan yöresel düzeydeki bazı çeşitlerle birlikte 100'den fazla peynir çeşidi olduğu anlaşılmıştır (Çakmakçı, 2011). Peynir üretim şekli ve olgunlaştırma şartları; peynirin lezzeti ve tekstürü ile direkt ilgili olmakta, beslenmede farklı amaç ve tercihlere göre çeşit artmaktadır. Peynir çeşidinin fazlalığı tüketimi olumlu yönde etkilemektedir (Çakmakçı, 1996).

Süt teknolojisi gelişmiş ülkelerde, peynir çeşidinin artmasında yapılan araştırmaların etkisi büyüktür. Ülkemizde de son yıllarda yapılan çalışmalar ileri düzeydedir. Bu çalışmaların etkisiyle çeşit sayısı daha da artacak, lezzeti farklı yeni çeşitler pazara sunulacak ve ihracata yönelik üretim gerçekleştirilecektir. Bu çalışmalar ana hatlarıyla sıralanacak olursa;

1. Daha kaliteli çiğ süt elde edilmesi çalışmaları,
2. Isıl işlem görmüş sütün üretim ve sağlık açısından öneminin daha fazla anlaşılması,
3. Starter kültür kullanımının önemi, yerli bakteri starter kültür üretimine yönelik bilimsel ve teknolojik çalışmaların yaygınlaşması,
4. Küflü peynir üretimi için kontrollü küf kullanımı yönündeki çalışmalar ve küf starteri geliştirme çalışmaları,
5. Ambalaj sanayindeki gelişmeler,
6. Peynirlerin aroma profili, peptid profili, olgunlaşma özellikleri konusundaki ileri bilimsel çalışmalar,
7. Olgunlaşma şartlarının peynir karakteristikleri yönünden optimizasyonuna yönelik araştırmalar vb.

Bu çalışmada, yukarıda özet olarak bahsedilen gelişmeler detaylandırılarak, peynir teknolojisi ile ilgili olarak; ülkemizin bilim ve teknolojisi ile ekonomik yararına olacak bilgiler verilecektir.

PANTOLON CEBİNDE TAŞINAN AKILLI TELEFONUN İVMEÖLÇER VERİLERİNİ KULLANARAK AKTİVİTE TANIMA

Sermet KIRKAN^a, Işıl KARABEY^b, Levent BAYINDIR^c

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

^aDSİ 8. Bölge Müdürlüğü, ^bErzurum Teknik Üniversitesi, ^cAtatürk Üniversitesi, Erzurum

^asermetkirkkan@hotmail.com, ^bisil.karabey@erzurum.edu.tr, ^clevent.bayindir@atauni.edu.tr

İnsanların günlük aktivitelerini tanıma; tıbbi, askeri ve güvenlik uygulamalarında önemli bir yere sahiptir. Örneğin tıbbi uygulamalarda; obezite, diyabet veya kalp rahatsızlığı gibi hastalıklara sahip kişiler fiziksel egzersiz gerektiren tedavilere tabi tutulabilir ve otomatik aktivite tanıma bu egzersizlerin takibinde kullanılabilir. Geleneksel aktivite tanıma sistemlerinde kullanılan hassas duyarlıklılı algılayıcıların günlük yaşamdaki aktiviteler gerçekleştirilirken taşınması rahat olmayabilir. Bu çalışma, modern akıllı telefonlarda bulunan ivmeölçer algılayıcısını kullanan bir insan aktivitesi tanıma sistemi gerçekleştirmiştir. 10 farklı aktivite ile deneyler gerçekleştirilerek bir veri seti oluşturulmuştur: ayakta durma, oturma, uzanma, yürüme, koşma, yemek yeme, asansör ile çıkma, asansör ile inme, araba sürme ve bisiklet sürme. Bu veri seti, aktivite gerçekleştirilirken elde edilen üç boyutlu hızlanma örnekleri (15 ve 40 ms aralığında bir örnekleme periyodu kullanılarak) ile aktivite adının ilişkilendirilip bir dosyaya kaydedilmesi ile oluşturulmuştur. Hızlanma değerleri kullanıcılar tarafından pantolon cebinde taşınan akıllı telefonda çalışan bir uygulama aracılığıyla elde edilmiştir. İvmeölçerden elde edilen ham veriler bir ön işleme aşaması ile dönüştürülmüş ve ardından sınıflandırma aşamasında kullanılacak özellikler elde edilmiştir. 10-katlamalı çapraz doğrulama yöntemi ile eğitim ve test verisi olarak ikiye bölünen bu veri seti ile pek çok sınıflandırma yöntemi denenmiştir. Deneysel sonuçlarda %96 doğruluk oranı ile rastgele orman en iyi doğruluk elde edilen yöntem olmuştur.

Anahtar Kelimeler: *aktivite tanıma, ivmeölçer, akıllı telefon, makine öğrenmesi, sınıflandırma.*

Abstract

Human activity recognition has an important role in medical, military, security and entertainment applications. For example, in medical applications patients suffering from obesity, diabetes or heart diseases may undergo treatments involving physical exercises, and automatic activity recognition can be used to monitor the execution of these exercises. High precision sensors used in traditional activity recognition systems may be inconvenient to carry during activities of daily living. This study implements a human activity recognition system using the accelerometer sensor found in modern smartphones. A dataset was generated by performing experiments with ten different activities: standing, sitting, lying, walking, running, eating, elevator-up, elevator-down, driving and cycling. This dataset was generated by associating three-dimensional acceleration samples (with a sampling period comprised between 15 and 40 ms) obtained during execution of an activity to the name of the activity, and saving combined data to a file. Acceleration values were obtained via an application running on a smartphone carried by users in their trouser pocket. Raw data obtained from the accelerometer are transformed through a pre-processing stage, and then features are generated for the

classification stage. Various classification methods have been tested on this dataset, which has been divided into training and test data using 10-fold cross validation. In experimental results, random forest was the most accurate classifier, with 96% accuracy.

Keywords: *activity recognition, accelerometer, smartphone, machine learning, classification*

1. GİRİŞ

İnsanların günlük aktiviteleri ve davranışları hakkında, doğru ve gerekli bilgileri elde etmek yaygın bilişim alanında önemli bir görevdir [1]. Bu bilgileri elde ederken GPS, mikrofon, kamera, jiroskop, ışık ve ısı sensörü, pusula, manyetik sensör ve ivmeölçer gibi pek çok algılayıcı türleri kullanılabilir [2]. Geleneksel aktivite tanıma yaklaşımlarında; bu algılayıcılar bir cihaz aracılığıyla kullanıcının vücuduna yerleştirilerek yüksek maliyetli ve günlük hayatta kullanımı bağıl olarak zor olan uygulamalar tasarlanmıştır. Günümüzde ise daha pratik ve günlük hayatın bir parçası haline gelmiş olan, ihtiyaç duyulabilecek pek çok algılayıcıyı içeren, yüksek hesaplama gücüne sahip, küçük boyutlu ve bağıl olarak düşük maliyetli olan cep telefonları daha fazla tercih edilmektedir [2, 3, 5, 6].

Cep telefonlarının, aktivite tanımak için sahip oldukları avantajların yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajlardan en önemlisi, futbol veya yüzme gibi aktivitelerde cep telefonlarının düşmesi veya su alması gibi nedenlerle bozulma ihtimalinin yüksek olması ve bu nedenle bu tür aktiviteler için kullanılmasının zorluğudur [5].

Aktivite tanımının gerçek yaşam koşullarına uyarlanması ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi için üzerinde durulması gereken diğer önemli mevzular: eş zamanlı gerçekleşen faaliyetleri tanıma, benzer aktiviteleri birbirinden ayırt etme (yemek yapmak ve temizlik gibi), algılayıcılardan elde edilecek ham verilen seçimi ve ön işlenmesi, taşınabilir, dikkat çekmeyen ve ucuz veri toplama sistemi oluşturma, aktivite tanımada kullanılacak özelliklerin tespiti ve hesaplanması, geliştirilen sistemin tekrar eğitime ihtiyacı olmadan yeni kullanıcıları destekleme esnekliği ve enerji tüketiminin azaltılmasıdır [1,4].

Bu çalışmada, günlük hayatta yapılması muhtemel 10 adet aktivite (yürüme, koşma, bisiklete binme, ayakta durma, oturma, uzanmak, bir şeyler yemek, araba sürmek, asansör çıkma, asansör inme) belirlenerek bu aktivitelerin tanınması amaçlanmıştır. Özellik olarak akıllı telefonlarda standart bir algılayıcı olduğu için ve daha az enerji, hafıza ve işleme gücü gerektirdiği için üç yönlü ivmeölçer kullanılmıştır. Her aktivitenin x , y ve z ekseninde aldığı ivme değerleri Sony Z2 cihazında gerçekleştirilen bir Android uygulama ile hesaplanıp bir veri setine kaydedilmiştir. Daha sonra bir Java uygulaması geliştirilerek üç eksenli ivmeölçer verilerinin özellik dönüşümü işlemi yapılmıştır. Toplamda 22 farklı özellik çıkarılarak yeni bir veri seti (özellik veri seti) oluşturulmuştur. Bu veri seti üzerinde, aktivite tanımada iyi performans gösteren sınıflandırıcılardan; J48, Nâive Bayes, çok katmanlı algılayıcı ve rastgele orman yöntemleri aktiviteleri sınıflandırmak amacıyla kullanılmıştır.

Çalışmanın bir sonraki bölümünde veri toplama ve veri dönüştürme işlemleri için geliştirilen uygulamalardan bahsedilmiş, oluşturulan veri setine uygulanan sınıflandırıcılardan elde edilen

deneysel sonuçlar açıklanmıştır. Son bölümlerde ise sonuçlar yorumlanarak hangi aktivitelerin tanınmasında zorluk yaşandığı ve bu aktivitelerin ayırt edilmesi için ileride yapılacak çalışmalar belirtilmiştir.

2. METOT

Bu bölümde aktivite tanımak için gereken veri setinin elde edilme aşamaları açıklanmıştır. Önce akıllı telefonda var olan ivmeölçerlerden elde edilen ivme ölçümlerini kaydedebilmek için tasarlanan cep telefonu uygulaması açıklanmış, daha sonra elde edilen bu verilerin aktivitelerin ayırt edilebilmesi için sınıflandırma yöntemleri tarafından kullanılan özelliklere dönüştürülmesi işlemi açıklanmıştır.

a. Veri Toplama

Bu çalışmada günlük hayatta yapılan çeşitli aktivitelerin ayırt edilmesi amaçlanmıştır. Ayırt edilmesi amaçlanan aktiviteler; yürüme, koşma, bisiklete binme, ayakta durma, oturma, uzanmak, bir şeyler yemek, araba sürmek, asansör çıkma, asansör inme olmak üzere 10 adettir. Yapılan aktivite sırasında elde edilen ivme değerlerini toplamak için akıllı telefonlarda yer alan 3 boyutlu ivmeölçer kullanılmıştır. İvmeölçer verilerinin kaydedilmesi için Android platformda çalışan bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulama, sıradan bir kişinin kullanabileceği basitlikte tasarlanmıştır. 3 boyutlu hızlanma değerleri (x , y , z eksenleri) 15 ve 40 ms aralığında bir örnekleme periyodu kullanılarak kaydedilmiştir.



Şekil 1. Cep telefonundaki ivmeölçeren elde edilen ham hızlanma değerlerini elde etmek için kullanılan Android uygulamanın ekran görüntüsü

Kullanıcı listeden kendi adını ve aktivite tipini seçtikten sonra “Veri Toplamayı Başlat” butonu ile kaydı başlatıp, “Veri Toplamayı Bitir” butonu ile kaydı bitirmektedir. Kullanıcı “Veri Toplamayı Bitir” butonuna bastıktan sonra seçili aktivitenin adı, aktiviteden elde edilen hızlanma değerleri ve milisaniye cinsinden o anki sistem saati kaydedilmektedir. Veriler toplanırken, akıllı telefon, kullanıcının pantolon cebinde konumlandırılmıştır.

Oluşturulan ham veri setinden bazı örnekler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Cep telefonundan elde edilen ham veri setinden bazı örnekler. Sütunlar sırasıyla milisaniye cinsinden ölçüm zamanını, üç farklı eksendeki (x, y, z) hızlanma değerlerini ve ölçüm yapılırken gerçekleştirilen aktiviteyi göstermektedir.

Milisaniye	x	y	z	Aktivite
84097560	2,45	9,73	-0,09	Ayakta Durma
84097575	2,44	9,72	-0,11	Ayakta Durma
84097587	2,44	9,71	-0,09	Ayakta Durma
84097604	2,43	9,72	-0,07	Ayakta Durma
84097636	2,42	9,73	-0,05	Ayakta Durma
49046625	6,43	3,47	-6,73	Araba Sürme
49046641	6,65	3,35	-6,84	Araba Sürme
49046656	6,67	3,54	-6,89	Araba Sürme
49046674	6,57	3,48	-6,98	Araba Sürme
49046704	6,85	3,36	-7,06	Araba Sürme
85260375	-1,12	9,28	0,67	Yürüme
85260404	-0,26	9,23	0,54	Yürüme
85260419	1,42	10,13	0,12	Yürüme
85260436	2,61	11,19	-0,79	Yürüme
85260452	3,44	11,84	-1,73	Yürüme
34175498	4,05	7,10	-6,09	Yemek Yeme
34175514	4,03	7,11	-6,07	Yemek Yeme
34175531	4,01	7,11	-6,05	Yemek Yeme
34175563	3,98	7,12	-6,07	Yemek Yeme
34175578	3,96	7,14	-6,05	Yemek Yeme
58808048	5,86	3,69	-7,52	Oturma
58808063	5,86	3,71	-7,54	Oturma
58808094	5,87	3,69	-7,52	Oturma
58808111	5,86	3,70	-7,49	Oturma
58808127	5,87	3,70	-7,50	Oturma
28565478	2,39	9,70	0,73	Asansör ile Çıkma
28565492	2,4	9,71	0,73	Asansör ile Çıkma
28565510	2,41	9,69	0,74	Asansör ile Çıkma
28565540	2,38	9,69	0,69	Asansör ile Çıkma
28565554	2,41	9,71	0,74	Asansör ile Çıkma
85833811	8,91	14,91	-3,01	Koşma
85833825	8,57	15,45	-3,63	Koşma
85833844	7,51	14,2	-4,78	Koşma
85833874	4,39	10,16	-4,39	Koşma
85833890	2,32	6,89	-2,32	Koşma
36457200	4,89	12,74	0,59	Asansör ile İnme
36457215	5,43	11,07	-2,22	Asansör ile İnme
36457231	5,30	11,33	-0,27	Asansör ile İnme
36457249	4,93	10,12	1,98	Asansör ile İnme
36457281	4,90	9,00	2,76	Asansör ile İnme

b. Özellik Çıkarımı

Veri toplama aşamasından sonra elde edilen ivme değerleri, yeni özellik verileri üretmek için kullanılmıştır. Özellik üretiminde kullanılan 8 yöntem ile toplam 22 özellik oluşturulmuştur. Tablo 2’de her bir yöntem ile elde edilen özelliklerin açıklaması ve formülleri gösterilmiştir.

Java uygulaması olarak gerçekleştirilen yazılım ile Tablo 1’de gösterilen veri seti kullanılarak Tablo 2’de açıklanan özellik değerleri elde edilmiştir. Her 200 kayıttan yeni bir özellik kaydı oluşturulmuştur. Eğer herhangi bir aktiviteye ait kayıt sayısı 180’ den az ise özellik üretimi yapılmamıştır. Yeni oluşturulan her bir kayıt, üretilen özellik değerleri ve aktivite türünden meydana gelmektedir. Üretilen özellik veri setinin bir örneği Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 2. İvme değerlerini (x, y, z) içeren ham veri setinden elde edilen özellikler, açıklamaları ve formülleri. (Ortalama, standart sapma, mutlak ortalama fark formülleri sadece x eksenindeki ivme değerleri için verilmiştir. Korelasyon formülü de benzer şekilde x-y eksenleri için verilmiştir)

Özellik	Özellik veri setindeki sütun adları	Açıklama	Formül	Özellik Sayısı
Ortalama	ort_x ort_y ort_z	Her eksen için ivme değerlerinin ortalaması	$\sum_{i=1}^N x_i / N$	3
Ortalama Büyüklük	ort_büyük	Her eksenindeki ivme değerlerinin karelerinin toplamının karekökünün ortalaması	$\sum_{i=1}^N \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} / N$	1
En Küçük Değer	enkucuk_x enkucuk_y enkucuk_z	Her eksenindeki en küçük ivme değeri	min(x), min(y), min(z)	3
En Büyük Değer	enbuyuk_x enbuyuk_y enbuyuk_z	Her eksenindeki en büyük ivme değeri	max(x), max(y), max(z)	3
Standart Sapma	sapma_x sapma_y sapma_z	Her eksenindeki ivme değeri ile ortalama değer arasındaki farkın karelerinin ortalaması	$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$	3
Mutlak Ortalama Fark	mutlak_x mutlak_y mutlak_z	Her eksenindeki ivme değeri ile ortalama değer arasındaki mutlak farkın ortalaması	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i - \bar{x} $	3
Zero Cross	zero_x zero_y zero_z	Her eksenindeki ivme işaretindeki değişim sayısı	-	3
Korelasyon	kor_xy kor_xz kor_yz	Her eksenin birbiri arasındaki doğrusal bağımlılığının kuvveti	$\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}$	3

Tablo 3. Üretilen özellik veri setinin bir kısmı. Veri setinde bulunan sütunlara karşılık gelen özelliklerin detaylı açıklamaları Tablo 2’de verilmektedir.

ort_x	ort_y	ort_büyük	enkucuk_x	enkucuk_z	kor_yz	kor_xz	...	Aktivite
2,43	9,77	10,07	2,37	-0,16	0,28	-0,43	...	Ayakta Durma
2,43	9,77	10,07	2,37	-0,13	0,41	-0,55	...	Ayakta Durma
2,41	9,78	10,07	2,36	-0,13	0,27	-0,40	...	Ayakta Durma
2,39	9,78	10,07	2,32	-0,07	0,21	-0,50	...	Ayakta Durma
7,29	-0,08	10,18	7,22	-7,11	0,11	0,07	...	Oturma
7,29	-0,08	10,18	7,22	-7,11	0,14	0,04	...	Oturma
7,29	-0,08	10,18	7,22	-7,11	0,12	-0,08	...	Oturma
7,29	-0,07	10,18	7,22	-7,10	0,11	-0,07	...	Oturma
6,78	-1,59	10,10	6,68	-7,32	-0,06	0,05	...	Uzanma
6,78	-1,59	10,09	6,68	-7,31	-0,06	0,02	...	Uzanma
6,78	-1,59	10,09	6,70	-7,33	0,13	0,08	...	Uzanma
6,77	-1,59	10,09	6,69	-7,32	0,04	-0,03	...	Uzanma
3,51	9,53	10,16	3,41	0,26	0,31	-0,81	...	Asansör ile İnme
3,45	9,54	10,16	3,36	0,33	0,25	-0,27	...	Asansör ile İnme
2,35	9,85	10,14	2,26	0,44	0,04	-0,25	...	Asansör ile Çıkma
2,36	9,79	10,08	2,28	0,37	0,12	-0,41	...	Asansör ile Çıkma
3,32	9,52	10,10	3,18	0,39	0,17	-0,45	...	Asansör ile İnme

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Tablo 3’te gösterilen özellik veri setine, WEKA [7,8] isimli makine öğrenmesi aracında yer alan J48, Nüve Bayes, çok katmanlı algılayıcı ve rastgele orman sınıflandırıcıları uygulanarak aktiviteler tanımlanmaya çalışılmıştır. 10 katlamalı çapraz doğrulama kullanılarak veri seti eğitim ve test verisi olarak ayrılmıştır. Tahmin edilen aktivitelerin doğruluk yüzdeleri Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 4. Aktivite tanıma amacıyla kullanılan sınıflandırma yöntemlerinden elde edilen doğruluk yüzdeleri

Aktivite	J48	Nüve Bayes	Çok katmanlı algılayıcı	Rastgele orman (ağaç sayısı:100)
Ayakta Durma	97,9	78,8	95	99
Oturma	98,7	51,5	98,6	99
Uzanma	98,3	87,9	99	99,7
Yürüme	95,4	89,9	95,8	96,4
Yemek Yeme	96,4	84,8	95,3	99,1
Asansör ile İnme	57,5	49	50	71,8
Asansör ile Çıkma	58,4	45,9	49,7	68,2
Araba Sürme	97,3	97,3	98,1	98,6
Koşma	98,1	95,3	97,6	98,1
Bisiklet Sürme	97,1	100	100	97,9
Ortalama	93,7	84,9	93,1	96,0

Sınıflandırıcıların doğruluk yüzdeleri incelendiğinde çoğu aktivitede genellikle %90’ın üzerinde sonuçlar elde edildiği görülmektedir. *Bisiklet sürme* aktivitesi, diğer aktivitelere göre

tüm yöntemlerde en başarılı oranda tahmin edilmiştir. Bunun sebebi, *bisiklet sürme* aktivitesinin diğerlerine göre daha hareketli olması ve buna bağlı olarak ivmeölçer değerlerinin daha fazla değişmesidir. Benzer aktiviteler olan *ayakta durma ve uzanma* aktivitelerinde birbirlerine yakın doğruluk oranları bulunmuştur. Fakat dikkat çekici bir nokta ise *asansör ile inme* ve *asansör ile çıkma* aktivitelerinin tüm sınıflandırıcılardaki performanslarının diğer aktivitelere göre çok daha düşük olmasıdır. Bu durumun nedeni, her bir sınıflandırıcı için karmaşıklık matrisleri incelenerek anlaşılabilir. Tablo 5, 6, 7 ve 8’ de kullanılan her bir sınıflandırıcı için karışıklık matrisleri gösterilmektedir. Tablolarda gösterilen altı çizili değerler, aktivite türü *asansör ile inme* iken *asansör ile çıkma* olarak tanınma sayısını ve *asansör ile çıkma* iken *asansör ile inme* olarak tanınma sayısını göstermektedir.

Tablo 5. J48 yöntemi için karışıklık matrisi

	Tahmin edilen aktivite										
	Ayakta Durma	Oturma	Uzanma	Yürüme	Yemek Yeme	Asansör ile İnme	Asansör ile Çıkma	Araba Sürme	Koşma	Bisiklet sürme	
Ayakta Durma	189	0	1	0	0	3	4	0	0	0	
Oturma	0	309	0	1	2	0	0	9	0	0	
Uzanma	0	0	284	0	0	0	0	6	0	0	
Yürüme	0	0	0	312	2	1	0	6	6	1	
Yemek Yeme	0	1	0	1	619	0	1	18	0	0	
Asansör ile İnme	1	1	0	2	1	104	71	0	0	0	
Asansör ile Çıkma	2	0	0	3	1	71	108	0	1	1	
Araba Sürme	0	2	3	3	17	1	0	1381	0	1	
Koşma	1	0	1	5	0	1	0	0	365	1	
Bisiklet Sürme	0	0	0	0	0	0	1	0	0	136	

Tablo 6. Nâive Bayes yöntemi için karışıklık matrisi

	Tahmin edilen aktivite										
	Ayakta Durma	Oturma	Uzanma	Yürüme	Yemek Yeme	Asansör ile İnme	Asansör ile Çıkma	Araba Sürme	Koşma	Bisiklet Sürme	
Ayakta Durma	193	0	1	1	0	0	2	0	0	0	
Oturma	0	240	8	3	66	0	0	4	0	0	
Uzanma	0	7	277	2	0	0	0	4	0	0	
Yürüme	0	0	0	310	0	0	1	1	16	0	
Yemek Yeme	0	34	0	4	579	0	0	22	1	0	
Asansör ile İnme	21	0	0	6	0	97	55	1	0	0	
Asansör ile Çıkma	30	0	0	6	0	100	50	0	1	0	
Araba Sürme	1	185	29	7	38	0	0	1148	0	0	
Koşma	0	0	0	5	0	1	1	0	367	0	
Bisiklet Sürme	0	0	0	1	0	0	0	0	0	136	
Gerçek aktivite											

Tablo 7. Çok katmanlı algılayıcı yöntemi için karışıklık matrisi

	Tahmin edilen aktivite										
	Ayakta Durma	Oturma	Uzanma	Yürüme	Yemek Yeme	Asansör ile İnme	Asansör ile Çıkma	Araba Sürme	Koşma	Bisiklet Sürme	
Ayakta Durma	191	0	1	0	0	1	3	0	0	0	
Oturma	1	285	0	1	24	0	0	10	0	0	
Uzanma	0	0	285	0	0	0	0	3	2	0	
Yürüme	1	0	0	317	0	1	2	3	4	0	
Yemek Yeme	0	2	0	2	628	0	0	9	0	0	
Asansör ile İnme	2	0	0	1	2	80	93	1	1	0	
Asansör ile Çıkma	6	0	0	1	0	76	99	0	2	0	
Araba Sürme	0	2	2	2	5	0	1	1396	0	0	
Koşma	0	0	0	6	0	1	1	1	367	0	
Bisiklet Sürme	0	0	0	0	0	1	0	0	0	136	
Gercek aktivite											

Tablo 8. Rastgele orman yöntemi için karışıklık matrisi (Ağaç sayısı=100)

		Tahmin edilen aktivite										
	Ayakta Durma	Oturma	Uzanma	Yürüme	Yemek Yeme	Asansör ile İnme	Asansör ile Çıkma	Araba Sürme	Koşma	Bisiklet Sürme		
Ayakta Durma	191	0	1	0	0	2	3	0	0	0		
Oturma	0	311	0	1	3	0	0	6	0	0		
Uzanma	0	0	285	1	0	0	0	3	1	0		
Yürüme	0	0	0	318	0	0	1	5	4	0		
Yemek Yeme	0	2	0	2	632	0	0	4	0	0		
Asansör ile İnme	0	0	0	1	0	117	59	2	1	0		
Asansör ile Çıkma	2	0	0	2	0	43	137	0	1	2		
Araba Sürme	0	1	0	3	3	0	1	1400	0	0		
Koşma	0	0	0	2	0	1	0	0	370	1		
Bisiklet Sürme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137		
Gerçek aktivite												

4. SONUÇ ve GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, akıllı telefonda elde edilen ivmeölçer verileri kullanılarak 10 farklı aktivitenin doğru tanınması amaçlanmıştır. Aktivite boyunca kullanıcı, akıllı cep telefonunu pantolonunun ön cebinde taşımıştır. Aktivite tanıma işlemi, günümüzde herkesin sahip olduğu ve yaygın olarak kullandığı akıllı cep telefonları ile yapılarak günlük hayatta kullanılabilecek bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Aktivite seçimi sırasında günlük hayatta sıkça tekrarlanan ve gerçekleştirilirken cihaza minimum zarar verecek olan aktiviteler tercih edilmiştir. Çalışma sonucunda, *asansör ile inme* ve *asansör ile çıkma* hareketlerinin hatalı tahmin değerlerinin diğer hareketlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Tablo 5, 6, 7 ve 8’de görüldüğü gibi sınıflandırıcıların birbirine en çok karıştırdığı aktiviteler *asansör ile inme* ve *asansör ile çıkma* aktiviteleridir. Ham veri seti daha yakından incelendiğinde bu durumun, bu iki aktiviteden elde edilen ivme değerlerinin birbirine çok yakın olmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır. 10 aktiviteye ait özellik değerlerinden oluşan veri kümesi ile yapılan aktivite tanıma çalışmasında, %96 doğruluk oranı ile rastgele orman en başarılı yöntem olmuştur. *Asansör ile inme* ve *asansör ile çıkma* aktiviteleri birleştirilerek yapılan aktivite tanıma işleminde ise başarı oranı rastgele orman yönteminde %99’a ulaşmıştır.

Gelecek çalışmalarımızda *asansör ile inme* ve *asansör ile çıkma* aktivitelerinin birbirlerinden ayırt edilmesini sağlamak amacıyla farklı algılayıcılardan elde edilen yeni özelliklerin kullanılması planlanmaktadır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Lara O.D. and Labrador M. A., “A Survey on Human Activity Recognition using Wearable Sensors”, IEEE Communication Surveys & Tutorials, vol. 15, no. 3, pp. 1192-1209, 2013
- [2] Kwapisz J.R., Weiss G.M. and Moore S.A., “Activity Recognition using Cell Phone Accelerometers”, ACM SIGKDD Explorations Newsletter, vol. 12, no. 2, pp. 74-82, 2010.
- [3] Miao F., He Y., Liu J., Li Y. and Ayoola I., “Identifying typical physical activity on smartphone with varying positions and orientations”, Biomedical Engineering Online, pp. 1-15, 2015.
- [4] Kim E., Helal S. and Cook D., “Human activity recognition and pattern discovery”, IEEE Pervasive Computing, vol. 9, no. 1, pp. 48–53, 2010.
- [5] Siirtola P. and Röning J., “Recognizing Human Activities User independently on Smartphones Based on Accelerometer Data”, International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence, vol.1, no. 5, pp. 38–45, 2012.
- [6] Shoaib M., Bosch S., Durmaz Incel O., Scholten H. and Havinga P. J. M, “Fusion of Smartphone Motion Sensors for Physical Activity Recognition”, Sensors, 14, pp. 10146-10176, 2014
- [7] <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/> (Erişim tarihi:20.09.2015)
- [8] Hall M., Frank E., Holmes G., Pfahringer B., Reutemann P. and Witten I. H., “The WEKA Data Mining Software: An Update”; SIGKDD Explorations, Volume 11, Issue 1, 2009.

REÇİNESİNE GRAFEN VE KARBON NANOTÜP EKLENMESİNİN KARBON ELYAF TAKVİYELİ KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE DARBE DAVRANIŞLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

F. Azimpour SHISHEVAN, V. ACAR, H. AKBULUT

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Günümüzde karbon elyaf takviyeli kompozit malzemeler yaygın olarak havacılık, denizcilik ve diğer endüstri alanlarında kullanılmaktadırlar. Karbon elyafın epoksi reçinesi ile sağlam bağ kuramaması ve üretilen malzemelerin tokluklarının düşük olması bu tür kompozitlerin en önemli dezavantajlarını teşkil etmektedir. Bu çalışmada, kompozitin reçinesine iki farklı oranda grafen veya karbon nanotüp eklenerek bu kompozitlerin elyaf-matris arayüzey davranışlarının iyileştirilmesi ve kompozit tokluğunun artırılması üzerinde çalışılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan kompozit numuneleri vakum torbalama yöntemi kullanılarak üretilmiş ve su jeti ile kesilmiştir. Üretilmiş saf ve çok-ölçekli kompozit malzemeler, ara-yüzey mukavemetinin belirlenmesi için kısa kiriş ve ayrıca tokluğun belirlenmesi amacıyla düşük hızlı darbe deneyine tabi tutulmuşlardır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, reçinesine karbon nanotüp ve grafen eklenmiş çok-ölçekli kompozitin mekanik özellikleri yüksek oranda arttığı ve ayrıca tokluğunun artmasıyla birlikte darbe davranışının iyileştiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Karbon elyaf, Karbon nanotüp, Grafen, darbe, mekanik özellikler*

CAM ELYAF TAKVİYELİ KOMPOZİTLERİN DÜŞÜK HIZLI DARBE DAVRANIŞLARININ NÜMERİK ANALİZİ

H. AKBULUT, S. KARADAYI, F. Azimpour SHISHEVAN, V. ACAR

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Kompozit malzemelerin giderek gelişmesi ve günlük hayatta kullanımının yaygınlaşması ile birlikte, üretimle ilgili sorunlar, delaminasyon, darbe etkileri gibi çözülmesi gereken bazı problemler ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Cam elyaf takviyeli kompozitlerin düşük hızlı darbe davranışları ele alınmıştır. Düşük veya yüksek hızlı darbe etkisi, geleneksel mühendislik malzemelerinde olduğu gibi, kompozit malzemelerde de çok önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Noktasal darbe sonucunda çatlaklar oluşabilmekte ve müteakiben zamanla bu çatlaklar büyüyerek kompozitin kırılmasına yol açmaktadır. Çalışmada, kompozitin mekanik özelliklerinin ve malzeme geometrisinin darbe yüklerine etkileri araştırılmıştır. Araştırma kapsamında, ANSYS yazılımı kullanılarak düşük hızlı darbe yükü altında, takviye açısı, tabaka sayısı, plak kalınlığı ve plak geometrisi gibi faktörlerin kompozit plağın darbe davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Düşük hızlı darbe, Cam elyaf takviyeli kompozit, ANSYS*

ELEKTRİK ENERJİLİ YARIŞ ARACININ ELEKTRİK SİSTEMİNİN, ENERJİ YÖNETİMİNİN ve TELEMETRİ SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Alırıza KALELİ^a, Mehmet Akif CEVİZ^b, Tevhit KARACALI^c, Erdoğan GÜNER^b, Hakan AHMETOĞLU^b, Muhammed Murad TOP^c

^a*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, Erzurum*

^b*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Erzurum*

^c*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Erzurum*

Bu çalışmada, 2015 yılında TÜBİTAK tarafından düzenlenen alternatif yakıtlı araç yarışmasının elektromobil kategorisinde yarışa katılan Atatürk Üniversitesi'ne ait ATAKar isimli elektrikli aracın elektrik-elektronik düzeneklerinin ve araçta kullanılan telemetri sisteminin tasarım çalışmaları sunulmaktadır. Bu tasarımda araç içinde kullanılan fırçasız doğru akım motoru, motor sürücüleri, batarya yönetim sistemi ve yerleşik şarj ünitesi açıklanacaktır. Bunun yanı sıra aracın ön paneline montajı yapılan bir tablet bilgisayar yerleştirilmiştir. Bu bilgisayar ekranında aracın hızı, çekilen akım, tüketilen güç, her bir bataryaya ait gerilim ve sıcaklık değeri ve araçta bulunan gps sensörü ile elde edilen aracın konumu gibi tüm bilgiler gösterilmektedir. Yine bu bilgisayar sayesinde yukarıda ifade edilen tüm bilgiler ekip tarafından tasarlanan telemetri sistemi ile uzak bilgisayara gönderilebilmektedir. Telemetri sisteminde ise mesafeden kaynaklanan veri iletimindeki kesilme problemlerini ortadan kaldırmak amacıyla ve RF üzerinde harcanan enerjiden tasarruf etmek amacıyla RF haberleşme sistemi yerine gerçek zamanlı olarak 3G mobil internet üzerinden kendi sunucumuza aktarılarak bir domain üzerinden tüm dünyaya gönderilebilmektedir. Bu çalışma ile Atatürk Üniversitesi ATAKar ekibi yarış jürisi tarafından TÜBİTAK Alternatif enerjili araç yarışmasının elektromobil kategorisinde 4. olmuştur.

TABAKALI KOMPOZİT KİRİŞLERİN SONLU ELEMANLAR METODUYLA STATİK, DİNAMİK ve STABİLİTE ANALİZLERİ

Volkan KAHYA

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü 61080 Trabzon

Özet

Bu çalışmada, tabakalı kompozit kirişlerin statik, dinamik ve stabilite analizleri Timoshenko teorisine dayalı bir sonlu eleman yardımıyla yapılmıştır. Kullanılan sonlu eleman, N tabakadan oluşmaktadır ve $(3N + 7)$ serbestlik derecesine sahiptir. Elemanı meydana getiren tüm tabakalarda boyuna ve enine yer değiştirmelerin aynı olduğu kabul edilmiştir. Dolayısıyla tabakalar arasında ayrılmaya (delaminasyon) ve tabakaların birbiri üzerinden kaymasına izin verilmemektedir. Çeşitli sınır şartlarına ve tabaka dizilişlerine sahip kirişlerin statik, dinamik ve burkulma analizleri yapılarak literatürdeki sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, çalışmada önerilen sonlu elemanın tabakalı kompozit kirişlerin analizinde yeterli seviyede başarılı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Tabakalı kompozitler, Sonlu elemanlar metodu, Timoshenko kiriş teorisi, Statik analiz, Serbest titreşim, Burkulma

Abstract

In this study, a finite element based on the Timoshenko beam theory is proposed for static, dynamic and stability analyses of laminated composites. The element consists of N individual layers and has $(3N + 7)$ degrees of freedom. It is assumed that the layer has the same value for axial and transversal displacements, respectively, for all layers. Thus, delamination and slip are not allowed. Static, dynamic and stability analyses for laminated beams with different boundary conditions and lamina lay-up have been carried out, and compared with those of available results. Results obtained show that the proposed finite element has good accuracy for analysis of laminated beams.

Keywords: Laminated composites, Finite element method, Timoshenko beam theory, Static analysis, Free vibration, Buckling

1. GİRİŞ

Kompozit malzemeler, mukavemet, rijitlik ve hafiflik gibi açılardan geleneksel malzemelere göre daha iyi özelliklere sahip olmalarından dolayı çeşitli mühendislik uygulamalarında yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. Bu malzemelerin, kiriş ve kolon gibi yapı elemanlarında kullanımının artmasıyla birlikte alternatif köprü inşaa malzemesi olarak düşünölmeye başlanması, kompozit malzemelerin statik ve dinamik yükler altında davranışlarının iyi anlaşılmasını gerekli kılmaktadır.

Literatüre bakıldığında, tabakalı kompozit kirişlerin statik yükler altında eğilme analizi ile dinamik ve stabilite analizleri üzerine çok sayıda çalışmanın olduğu görölmektedir. Bu

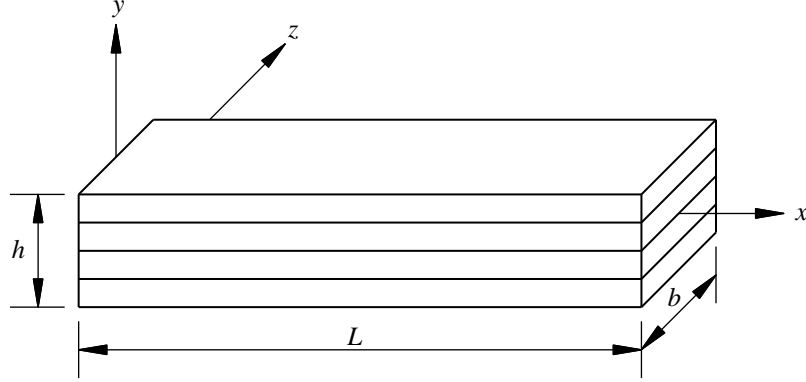
çalışmalarda, çeşitli kiriş teorilerini esas alan analitik veya sayısal metotlar kullanılmıştır. Reddy [1], tabakalı kompozit plak ve kirişlerin statik, serbest titreşim ve burkulma analizleri için analitik ve sonlu eleman çözümlerini vermiştir. Khdeir ve Reddy [2], çeşitli sınır şartları altında tabakalı kompozit kirişlerin burkulma probleminin analitik çözümünü sunmuşlardır. Karama vd. [3], tabakalı kompozit narin ve yüksek kirişlerin eğilme, serbest titreşim ve burkulma problemlerini ayırık tabaka teorisine dayalı yeni bir model ile incelemiştir. Matsunaga [4], eksenel kuvvete maruz tabakalı kirişler için temel dinamik denklemleri türetmiştir. Çözümde, yer değiştirme bileşenlerinin seri açılımını kullanmış ve doğal frekanslar, burkulma yükleri ve tabakalar arası gerilmeler için sayısal sonuçlar vermiştir. Kapuria vd. [5], tabakalı kirişler için bir boyutlu zig-zag teorisinin etkinliğini incelemiştir. Tabakalı basit kirişin statik yükler altında eğilmesi, doğal frekansları, sinüzoidal yükleme altında zorlanmış titreşimleri ile eksenel yük altında burkulma problemi için elde ettikleri analitik sonuçları iki boyutlu elastisite teorisi çözümleriyle karşılaştırmışlardır. Boay ve Wee [6], klasik laminat teorisini Euler kiriş teorisine birlikte kullanarak tabakalı genel kompozit kirişlerin eğilme, serbest titreşim ve burkulma problemleri için kapalı formda çözümler geliştirmişlerdir. Zhen ve Wanji [7], tabakalı kompozit ve sandviç kirişlerin titreşim ve stabilite problemlerinin çözümünde kullanılan çeşitli teorilerin karşılaştırmasını yapmışlardır.

Çözümde analitik metotların kullanıldığı yukarıdaki çalışmalara ek olarak, değişik sayısal metotların kullanıldığı çalışmalar da şu şekilde özetlenebilir: Aydogdu [8,9], Ritz metodunu kullanarak tabakalı kompozit kirişlerin eksenel ve termal yükler altında burkulmasını incelemiştir. Goyal ve Kapania [10,11], birinci mertebeye kayma deformasyonu teorisine dayalı 21 serbestlik dereceli kiriş elemanı yardımıyla tabakalı kompozitlerin serbest titreşim ve burkulma problemlerini ele almışlardır. Vo ve Thai [12,13], kompozit kirişlerin titreşim ve burkulma analizleri için 2 düğüm noktalı, 5 serbestlik dereceli ve C^1 sürekliliğe sahip bir sonlu eleman önermişlerdir. Bu eleman, malzeme anizotropisinden kaynaklanan tüm etkileşimleri dikkate almaktadır.

Bu çalışmada, tabakalı kompozit kirişlerin statik, dinamik ve stabilite analizleri Timoshenko teorisine dayalı bir sonlu eleman yardımıyla yapılmıştır. N tabakalı ve $(3N + 7)$ serbestlik dereceli bu eleman, daha önce Yuan ve Miller [14] tarafından tabakalı kompozit kirişlerin statik analizi için türetilmiş, ardından Bassiouni [15] tarafından serbest titreşim problemine geliştirilmiştir. Kahya [16,17], bu elemanı tekrar ele alarak tabakalı kompozitlerin hareketli yük altında davranışını incelemiştir. Aynı yazar [18], bu eleman yardımıyla tabakalı kompozit kirişlerin burkulma problemlerini de çözmüştür. Elemanı meydana getiren tüm tabakalar için boyuna ve enine yer değiştirmelerin aynı olduğu, dolayısıyla tabakalar arasında ayrılmaya (delaminasyon) ve tabakaların birbiri üzerinden kaymasına izin verilmediği kabul edilmektedir. Çeşitli sınır şartlarına ve tabaka dizilişlerine sahip kirişlerin statik, dinamik ve burkulma analizleri için elde edilen sayısal sonuçlar literatürle karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

2. PROBLEMİN TANIMI VE SONLU ELEMAN FORMÜLASYONU

Kesiti ve boyutları Şekil 1’de görülen N tabakalı kompozit kiriş, çubuk eksenine dik $p(x,t)$ dış yükü ile bu eksen doğrultusunda σ_{xx}^0 basınç gerilmesine maruzdur. Kiriş kesiti dikdörtgen olup kesit boyutları $b \times h$ dir. Problemin çözümünde kayma deformasyonları Timoshenko kiriş teorisine göre dikkate alınacağından problemi ifade eden hareket denklemleri



Şekil 1. Tabakalı kompozit kiriş

$$EA \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$$

$$KGA \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) - bh\sigma_{xx}^0 \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - m \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + p(x,t) = 0 \quad (1)$$

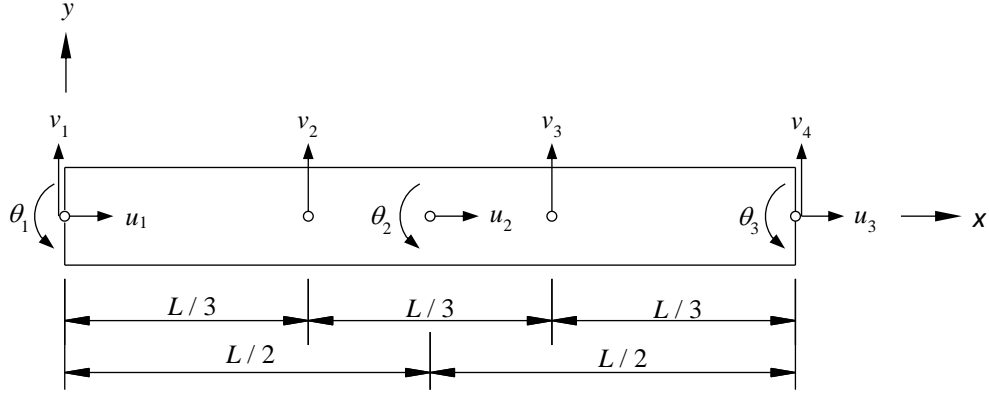
$$EI \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + KGA \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \phi \right) - \rho I \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = 0$$

şeklinde yazılır. Burada, $u(x,t)$, $v(x,t)$ ve $\phi(x,t)$ sırasıyla kirişin boyuna ve enine yer değiştirmeleri ile kesit dönmelerini göstermektedir. m , E , G , A , I ve ρ ise sırasıyla birim uzunluğa gelen kiriş kütlesi, elastisite modülü, kayma modülü, kesit alanı, kesit atalet momenti ve kirişin yoğunluğudur. K kesmede düzeltme katsayısı, dikdörtgen kesitler için 5/6 olarak alınacaktır.

2.1. Tek tabakalı kiriş elemanı

Şekil 2’de tek tabakalı kiriş için önerilen sonlu eleman görülmektedir. Bu eleman, 5 düğüm noktasına ve 10 serbestlik derecesine sahiptir. Tüm düğüm noktası yer değiştirmeleri, kiriş orta düzleminde ölçülmektedir. Kiriş için düğüm noktası yer değiştirme vektörü

$$\mathbf{u} = \{u_1 \quad u_2 \quad u_3 \quad v_1 \quad v_2 \quad v_3 \quad v_4 \quad \phi_1 \quad \phi_2 \quad \phi_3\}^T \quad (2)$$



Şekil 2. 10 serbestlik dereceli kiriş elemanı

şeklindedir. Kayma deformasyonlarını dikkate alabilmek için ϕ kesit dönmesinin dv/dz eğimiyle ilişkili olmadığı kabul edilmiştir. $u(x,t)$, $v(x,t)$ ve $\phi(x,t)$ için çözümler aşağıdaki gibi kabul edilsin:

$$u(x,t) = \sum_{i=1}^3 \varphi_i(x) u_i(t), \quad v(x,t) = \sum_{i=1}^4 \psi_i(x) v_i(t), \quad \phi(x,t) = \sum_{i=1}^3 \theta_i(x) \phi_i(t) \quad (3)$$

Burada $\varphi_i(x)$, $\psi_i(x)$ ve $\theta_i(x)$ biçim fonksiyonlarını, $u_i(t)$, $v_i(t)$ ve $\phi_i(t)$ ise düğüm noktası yer değiştirmelerini göstermektedir. Timoshenko kiriş teorisine göre, kiriş orta düzlemi üzerinde bulunmayan bir nokta için yer değiştirmeler, hem ϕ hem de u yer değiştirmelerine lineer olarak bağlıdır. Bu sebeple $\varphi_i(x)$ ve $\theta_i(x)$ biçim fonksiyonları için seçilecek polinomlar aynı mertebede olmalıdır. Ek olarak, kayma şekil değiştirmesi, ϕ kesit dönmesi ve dv/dx eğiminin lineer fonksiyonu olduğundan, $\psi_i(x)$ polinomunun mertebesi, $\varphi_i(x)$ ve $\theta_i(x)$ polinomlarınınkinden bir derece fazla olmalıdır [14]. Lagrange interpolasyon formülleri yardımıyla $\varphi_i(x)$ ve $\theta_i(x)$ için kuadratik, $\psi_i(x)$ için ise kübik polinomlar elde edilir. Bu şekilde uygunluk şartları sağlanmış olacaktır.

Galerkin metodu yardımıyla, (3) çözümleri (1) denklemlerinde yazılır ve gerekli düzenlemeler yapılırsa tek tabakalı kiriş elemanı için

$$\mathbf{m}\ddot{\mathbf{u}} + (\mathbf{k} + \mathbf{g})\mathbf{u} = \mathbf{f} \quad (4)$$

şeklinde hareket denklemi elde edilir. Burada \mathbf{m} kütle matrisi, \mathbf{k} rijitlik matrisi, \mathbf{g} geometrik rijitlik matrisi ve \mathbf{f} yük vektörü olup

$$\mathbf{m} = \begin{bmatrix} \mathbf{m}^{11} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{m}^{22} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{m}^{33} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{k} = \begin{bmatrix} \mathbf{k}^{11} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{k}^{22} & \mathbf{k}^{23} \\ \mathbf{0} & \mathbf{k}^{23T} & \mathbf{k}^{33} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{g} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{g}^{22} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{f} = \{ \mathbf{0} \quad \mathbf{f}^2 \quad \mathbf{0} \}^T \quad (5)$$

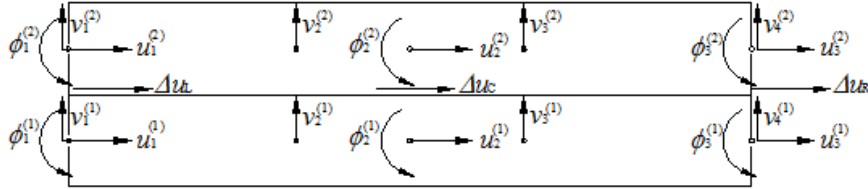
olarak verilmektedir. (5) ifadelerinde

$$\begin{aligned}
 m_{ij}^{11} &= m \int_0^{L_e} \varphi_i \varphi_j dx, & m_{kl}^{22} &= m \int_0^{L_e} \psi_k \psi_l dx, & m_{ij}^{33} &= \rho I \int_0^{L_e} \theta_i \theta_j dx, \\
 k_{ij}^{11} &= EA \int_0^{L_e} \varphi_i' \varphi_j' dx, & k_{kl}^{22} &= KGA \int_0^{L_e} \psi_k' \psi_l' dx, & k_{ki}^{23} &= -KGA \int_0^{L_e} \psi_k' \theta_i dx, \\
 k_{ij}^{33} &= \int_0^{L_e} (EI \theta_i' \theta_j' + KGA \theta_i \theta_j) dx, & g_{kl}^{22} &= -bh \sigma_{xx}^0 \int_0^{L_e} \psi_k' \psi_l' dx, & f_k &= P \psi_k(x_0)
 \end{aligned} \tag{6}$$

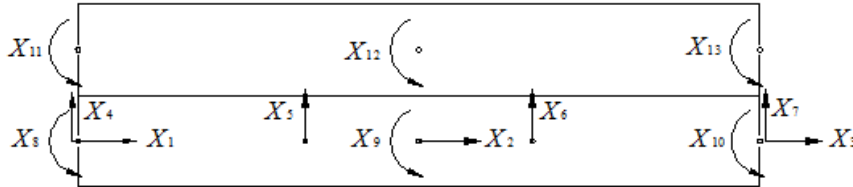
olarak tanımlanmıştır. Bu ifadelerde, L_e kiriş elemanının uzunluğu, h tabaka kalınlığı, $\dot{u} = du / dt$ şeklinde zamana göre türev, $u' = du / dx$ şeklinde x koordinatına göre türevdir. $i = j = 1-3$, $k = l = 1-4$ olarak tanımlıdır.

2.2. İki tabakalı kiriş elemanı

Şekil 3'te iki tabakalı kirişi oluşturan tabakalar için ayrı ayrı düğüm noktası yer değiştirmeleri gösterilmiştir. Her tabaka için yük-yer değiştirme bağıntıları



Şekil 3. İki tabakalı kiriş elemanında her tabakaya ait lokal yer değiştirmeler



Şekil 4. 13 serbestlik dereceli ve iki tabakalı kiriş elemanı

$$\mathbf{m}^{(1)} \ddot{\mathbf{u}}^{(1)} + (\mathbf{k}^{(1)} + \mathbf{g}^{(1)}) \mathbf{u}^{(1)} = \mathbf{f}^{(1)}, \quad \mathbf{m}^{(2)} \ddot{\mathbf{u}}^{(2)} + (\mathbf{k}^{(2)} + \mathbf{g}^{(2)}) \mathbf{u}^{(2)} = \mathbf{f}^{(2)} \tag{7}$$

şeklinde yazılır. Çalışmada ele alınan tabakalı kiriş elemanında boyuna ve düşey yer değiştirmeler her tabaka için eşit olarak kabul edilmiştir. Şekil 3 yardımıyla tabakaların ara yüzeyinde, boyuna yer değiştirmeler için

$$\Delta u_L = u_1^{(1)} - \theta_1^{(1)} \frac{h^{(1)}}{2}, \quad \Delta u_C = u_2^{(1)} - \theta_2^{(1)} \frac{h^{(1)}}{2}, \quad \Delta u_R = u_3^{(1)} - \theta_3^{(1)} \frac{h^{(1)}}{2} \tag{8a}$$

$$\Delta u_L = u_1^{(2)} + \theta_1^{(2)} \frac{h^{(2)}}{2}, \quad \Delta u_C = u_2^{(2)} + \theta_2^{(2)} \frac{h^{(2)}}{2}, \quad \Delta u_R = u_3^{(2)} + \theta_3^{(2)} \frac{h^{(2)}}{2} \tag{8b}$$

ifadeleri yazılır. Ara yüzeyde boyuna yer değiştirmelerin eşit kabul edildiğinden (8) ifadeleri yardımıyla

$$\begin{aligned} u_1^{(2)} &= u_1^{(1)} - \theta_1^{(1)} \frac{h^{(1)}}{2} - \theta_1^{(2)} \frac{h^{(2)}}{2} \\ u_2^{(2)} &= u_2^{(1)} - \theta_2^{(1)} \frac{h^{(1)}}{2} - \theta_2^{(2)} \frac{h^{(2)}}{2} \\ u_3^{(2)} &= u_3^{(1)} - \theta_3^{(1)} \frac{h^{(1)}}{2} - \theta_3^{(2)} \frac{h^{(2)}}{2} \end{aligned} \quad (9)$$

yazılır. Elemanda düşey yer değiştirmeler için ise

$$v_1^{(1)} = v_1^{(2)}, \quad v_2^{(1)} = v_2^{(2)}, \quad v_3^{(1)} = v_3^{(2)}, \quad v_4^{(1)} = v_4^{(2)} \quad (10)$$

şartı geçerlidir. Bu şekilde elde edilen iki tabakalı eleman için serbestlik derecesi sayısı Şekil 4'ten de görüleceği üzere 13 olur. Şekil 3 ve Şekil 4 yardımıyla, 1 nolu tabakanın yer değiştirmeleri, \mathbf{X} yer değiştirmeleri cinsinden

$$\mathbf{u}^{(1)} = \mathbf{R}^{(1)} \mathbf{X} \quad (11)$$

şeklinde, 2 nolu tabakanın yer değiştirmeleri ise, (9) ve (10) ifadeleri de dikkate alınarak

$$\mathbf{u}^{(2)} = \mathbf{T}^{(1)} \mathbf{X} \quad (12)$$

şeklinde yazılır. Burada $\mathbf{R}^{(1)}$ ve $\mathbf{T}^{(1)}$ matrisleri aşağıdaki gibi tanımlıdır:

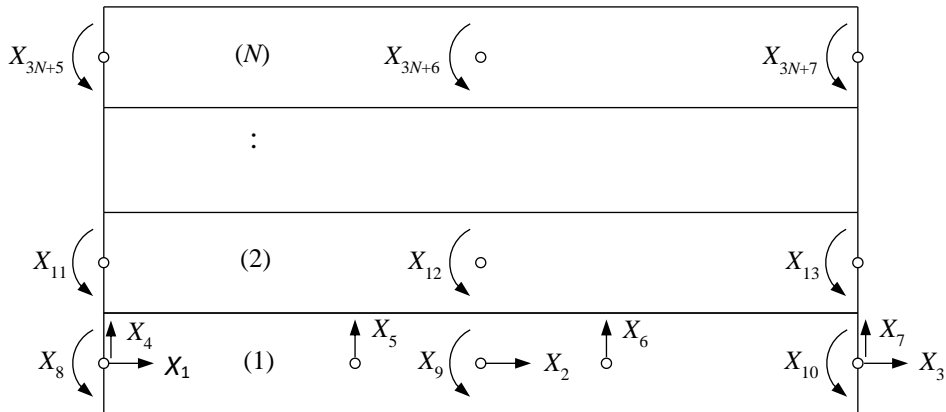
$$\mathbf{R}^{(1)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (13a)$$

$$\mathbf{T}^{(1)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{h^{(1)}}{2} & 0 & 0 & -\frac{h^{(2)}}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{h^{(1)}}{2} & 0 & 0 & -\frac{h^{(2)}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{h^{(1)}}{2} & 0 & 0 & -\frac{h^{(2)}}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (13b)$$

2.3. N tabakalı kiriş elemanı

N tabakalı kiriş elemanı ve düğüm noktası yer değiştirmeleri Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu eleman, Şekil 2'de verilen tek tabakalı kiriş üzerine yeni tabakaların eklenmesiyle oluşturulmuştur. Ancak burada, eklenen her tabaka için sadece dönme serbestliklerinin dikkate alındığına dikkat etmek gerekir. Böylece N tabakalı eleman için serbestlik derecesi sayısı $(3N+7)$ olmaktadır. Her bir tabaka için yük-yer değiştirme bağıntıları

$$\begin{aligned} \mathbf{f}^{(N)} &= \mathbf{m}^{(N)} \ddot{\mathbf{X}}^{(N)} + (\mathbf{k}^{(N)} + \mathbf{g}^{(N)}) \mathbf{X}^{(N)}, \\ \mathbf{f}^{(N-1)} &= \mathbf{m}^{(N-1)} \ddot{\mathbf{X}}^{(N-1)} + (\mathbf{k}^{(N-1)} + \mathbf{g}^{(N-1)}) \mathbf{X}^{(N-1)}, \\ &\vdots \\ \mathbf{f}^{(1)} &= \mathbf{m}^{(1)} \ddot{\mathbf{X}}^{(1)} + (\mathbf{k}^{(1)} + \mathbf{g}^{(1)}) \mathbf{X}^{(1)} \end{aligned} \quad (14)$$



Şekil 5. N tabakalı kiriş elemanı

şeklinde yazılır. Burada $\mathbf{f}^{(i)}$ düğüm noktası vektörü, $\mathbf{X}^{(i)}$ ise i . tabakaya ait lokal yer değiştirmeler ile i ile N arasında kalan tabakaların dönmelerini içeren vektördür. $\mathbf{u}^{(i)}$ yer değiştirme vektörü, $\mathbf{X}^{(i)}$ vektörüne aşağıdaki bağıntılar kullanılarak dönüştürülür.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{u}^{(N)} &= \mathbf{R}^{(N)} \mathbf{X}^{(N)}, \\
 \mathbf{u}^{(N-1)} &= \mathbf{R}^{(N-1)} \mathbf{X}^{(N-1)}, \\
 &\vdots \\
 \mathbf{u}^{(1)} &= \mathbf{R}^{(1)} \mathbf{X}^{(1)}
 \end{aligned} \tag{15}$$

Burada $\mathbf{R}^{(i)}$ $10 \times (10 + 3N - 3i)$ boyutunda bir matris olup, $R_{jj}^{(i)} = 1$ ($j = 1 - 10$) dışındaki tüm elemanları $R_{jk}^{(i)} = 0$ dır. $\mathbf{X}^{(i)}$ vektörü $(10 + 3N - 3i) \times 1$ boyutundadır. $\mathbf{X}^{(i)}$ vektörünü $\mathbf{X}^{(i-1)}$ vektörüne dönüştürmek için

$$\begin{aligned}
 \mathbf{X}^{(N)} &= \mathbf{T}^{(N-1)} \mathbf{X}^{(N-1)}, \\
 \mathbf{X}^{(N-1)} &= \mathbf{T}^{(N-2)} \mathbf{X}^{(N-2)}, \\
 &\vdots \\
 \mathbf{X}^{(2)} &= \mathbf{T}^{(1)} \mathbf{X}^{(1)}
 \end{aligned} \tag{16}$$

bağıntıları kullanılır. Burada $\mathbf{T}^{(i)}$ $(7 + 3N - 3i) \times (10 + 3N - 3i)$ boyutunda bir matris olup, elemanları

$$\begin{aligned}
 T_{jj}^{(i)} &= 1 \quad (j = 1 - 7), \quad T_{j(j+7)}^{(i)} = -h^{(i)} / 2, \quad T_{j(j+10)}^{(i)} = -h^{(i+1)} / 2 \quad (j = 1 - 3), \\
 T_{j(j+3)}^{(i)} &= 1 \quad (j = 8 - (7 + 3N - 3i)), \quad \text{Diğer tüm elemanlar sıfır}
 \end{aligned} \tag{17}$$

olarak verilmiştir. Lokal yük vektörlerini global yük vektörlerine dönüştürmek için

$$\begin{aligned}
 \mathbf{F}^{(1)} &= \mathbf{R}^{(1)T} \mathbf{f}^{(1)}, \\
 \mathbf{F}^{(2)} &= \mathbf{T}^{(1)T} \mathbf{R}^{(2)T} \mathbf{f}^{(2)}, \\
 &\vdots \\
 \mathbf{F}^{(N)} &= \mathbf{T}^{(1)T} \mathbf{T}^{(2)T} \dots \mathbf{T}^{(N-1)T} \mathbf{R}^{(N)T} \mathbf{f}^{(N)}
 \end{aligned} \tag{18}$$

ifadeleri kullanılır. (14), (15), (16) ve (18) ifadeleri yardımıyla

$$\begin{aligned}
 \bar{\mathbf{M}} &= \mathbf{R}^{(1)T} \mathbf{m}^{(1)} \mathbf{R}^{(1)} + \mathbf{T}^{(1)T} (\mathbf{R}^{(2)T} \mathbf{m}^{(2)} \mathbf{R}^{(2)} + \mathbf{T}^{(2)T} (\mathbf{R}^{(3)T} \mathbf{m}^{(3)} \mathbf{R}^{(3)} + \dots \\
 &\quad + \mathbf{T}^{(N-2)T} (\mathbf{R}^{(N-1)T} \mathbf{m}^{(N-1)} \mathbf{R}^{(N-1)} + \mathbf{T}^{(N-1)T} \mathbf{m}^{(N)} \mathbf{T}^{(N-1)}) \mathbf{T}^{(N-2)}) \dots) \mathbf{T}^{(2)} \mathbf{T}^{(1)}, \\
 \bar{\mathbf{K}} &= \mathbf{R}^{(1)T} \mathbf{k}^{(1)} \mathbf{R}^{(1)} + \mathbf{T}^{(1)T} (\mathbf{R}^{(2)T} \mathbf{k}^{(2)} \mathbf{R}^{(2)} + \mathbf{T}^{(2)T} (\mathbf{R}^{(3)T} \mathbf{k}^{(3)} \mathbf{R}^{(3)} + \dots \\
 &\quad + \mathbf{T}^{(N-2)T} (\mathbf{R}^{(N-1)T} \mathbf{k}^{(N-1)} \mathbf{R}^{(N-1)} + \mathbf{T}^{(N-1)T} \mathbf{k}^{(N)} \mathbf{T}^{(N-1)}) \mathbf{T}^{(N-2)}) \dots) \mathbf{T}^{(2)} \mathbf{T}^{(1)}, \\
 \bar{\mathbf{G}} &= \mathbf{R}^{(1)T} \mathbf{g}^{(1)} \mathbf{R}^{(1)} + \mathbf{T}^{(1)T} (\mathbf{R}^{(2)T} \mathbf{g}^{(2)} \mathbf{R}^{(2)} + \mathbf{T}^{(2)T} (\mathbf{R}^{(3)T} \mathbf{g}^{(3)} \mathbf{R}^{(3)} + \dots \\
 &\quad + \mathbf{T}^{(N-2)T} (\mathbf{R}^{(N-1)T} \mathbf{g}^{(N-1)} \mathbf{R}^{(N-1)} + \mathbf{T}^{(N-1)T} \mathbf{g}^{(N)} \mathbf{T}^{(N-1)}) \mathbf{T}^{(N-2)}) \dots) \mathbf{T}^{(2)} \mathbf{T}^{(1)}
 \end{aligned} \tag{19}$$

şeklinde tabakalı eleman için eleman matrisleri elde edilir.

Şekil 1’de verilen L boyundaki tabakalı kiriş için hareket denklemi ise

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{X}} + (\mathbf{K} + N_{xx}\mathbf{G})\mathbf{X} = \mathbf{F} \quad (20)$$

şeklinde olacaktır. Burada \mathbf{M} , \mathbf{K} , \mathbf{G} ve \mathbf{F} sırasıyla sistem kütle, rijitlik ve geometrik rijitlik matrisleri ile düğüm noktası yük vektörünü göstermektedir. N_{xx} kirişe etkiyen aksenal basınç kuvvetidir.

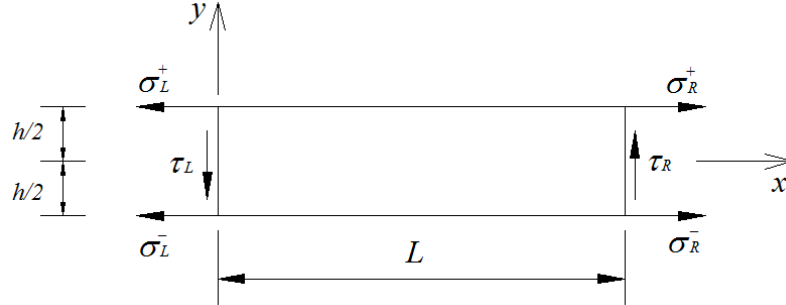
2.4. Tabakalı kirişte gerilmeler

Tek tabakada gerilmelerin hesaplanacağı yerler Şekil 6’da gösterilmiştir. Normal ve kayma gerilmeleri için Hooke kanunu geçerlidir. Buna göre

$$\sigma_x = E\varepsilon_x, \tau_{xy} = G\gamma_{xy} \quad (21)$$

olup, burada $\varepsilon_x = \partial u / \partial x$ ve $\gamma_{xy} = \partial u / \partial y + \partial v / \partial x$ şeklinde tanımlıdır. Çalışmada kullanılacak kiriş elemanı için σ_x normal gerilmelerinin kesit boyunca lineer yayıldığı, τ_{xy} kayma gerilmelerinin ise sabit kaldığı kabul edilmektedir.

(3) ile verilen çözümlerin (21) ifadelerinde yazılması ve şekil değiştirme-yer değiştirme bağıntılarının dikkate alınması sonucu gerilmeler için aşağıdaki matris ifade elde edilir.



Şekil 6. Tek tabakada gerilmelerin gösterimi

$$\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{H}\mathbf{X} \quad (22)$$

Burada \mathbf{H} , 6×10 boyutunda bir matris olup elemanları aşağıda verilmiştir.

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} -\frac{3E}{L_e} & \frac{4E}{L_e} & -\frac{E}{L_e} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{3Eh}{2L_e} & -\frac{2Eh}{L_e} & \frac{Eh}{2L_e} \\ -\frac{3E}{L_e} & \frac{4E}{L_e} & -\frac{E}{L_e} & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{3Eh}{2L_e} & \frac{2Eh}{L_e} & -\frac{Eh}{2L_e} \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{11G}{2L_e} & \frac{9G}{L_e} & -\frac{9G}{2L_e} & \frac{G}{L_e} & -G & 0 & 0 \\ \frac{E}{L_e} & -\frac{4E}{L_e} & \frac{3E}{L_e} & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{Eh}{2L_e} & \frac{2Eh}{L_e} & -\frac{3Eh}{2L_e} \\ \frac{E}{L_e} & -\frac{4E}{L_e} & \frac{3E}{L_e} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{Eh}{2L_e} & -\frac{2Eh}{L_e} & \frac{3Eh}{2L_e} \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{G}{L_e} & \frac{9G}{2L_e} & -\frac{9G}{L_e} & \frac{11G}{2L_e} & 0 & 0 & -G \end{bmatrix} \quad (23)$$

\mathbf{X} vektörü, tek tabaka için lokal yer değiştirmeleri içermektedir. $\boldsymbol{\sigma}$ vektörü ise

$$\boldsymbol{\sigma} = \left\{ \sigma_L^+ \quad \sigma_L^- \quad \tau_L \quad \sigma_R^+ \quad \sigma_R^- \quad \tau_R \right\}^T \quad (24)$$

şeklinde tanımlıdır. N tabakalı kiriş elemanı için gerilme ifadeleri (23) ve (14) ifadeleri yardımıyla aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\sigma}^{(N)} &= \mathbf{H}^{(N)} \mathbf{R}^{(N)} \mathbf{T}^{(N-1)} \mathbf{T}^{(N-2)} \dots \mathbf{T}^{(1)} \mathbf{X} = \mathbf{Q}^{(N)} \mathbf{X} \\ \boldsymbol{\sigma}^{(N-1)} &= \mathbf{H}^{(N-1)} \mathbf{R}^{(N-1)} \mathbf{T}^{(N-2)} \mathbf{T}^{(N-3)} \dots \mathbf{T}^{(1)} \mathbf{X} = \mathbf{Q}^{(N-1)} \mathbf{X} \\ &\vdots \\ \boldsymbol{\sigma}^{(2)} &= \mathbf{H}^{(2)} \mathbf{R}^{(2)} \mathbf{T}^{(1)} \mathbf{X} = \mathbf{Q}^{(2)} \mathbf{X} \\ \boldsymbol{\sigma}^{(1)} &= \mathbf{H}^{(1)} \mathbf{R}^{(1)} \mathbf{X} = \mathbf{Q}^{(1)} \mathbf{X} \end{aligned} \quad (25)$$

Burada $\mathbf{X} = \mathbf{X}^{(1)}$ $(3N + 7) \times 1$ boyutundadır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, çalışmada önerilen sonlu elemanın doğruluğunu test etmek üzere bazı karşılaştırmalı sonuçlara yer verilmiştir. (20) denkleminin sayısal çözümü Newmark metodu ile yapılmıştır. Sayısal hesaplamalar yapılırken, statik analizde $\mathbf{M} = \mathbf{0}$ ve $N_{xx} = 0$; serbest titreşim analizinde $\mathbf{F} = \mathbf{0}$ ve $N_{xx} = 0$ olarak alınmıştır. Burkulma analizinde ise $\mathbf{M} = \mathbf{0}$ ve $\mathbf{F} = \mathbf{0}$ olup N_{xx} bilinmeyendir. Statik yer değiştirmeler, gerilmeler, doğal frekanslar ve kritik burkulma yükleri, aşağıda tanımlanan boyutsuz büyüklükler şeklinde verilmiştir:

$$\bar{v} = \frac{100vEAh^2}{PL^3}, \quad \bar{\sigma} = \frac{\sigma Ah}{PL}, \quad \bar{\tau} = \frac{\tau A}{P}, \quad \bar{\omega}_n = \frac{\omega L^2}{h} \sqrt{\frac{\rho}{E_{22}}}, \quad \bar{\lambda} = \frac{PL^2}{E_{22}bh^3} \quad (26)$$

Tablo 1 ve 2’de, önerilen sonlu elemanın yakınsaması ile ilgili sonuçlar verilmiştir. Tablo 1’de sonlu eleman sayısındaki artışa bağlı olarak temel frekansların analitik çözüme hızla yakınsadığı görülmektedir. Analitik çözümde, kayma deformasyonları dikkate alınmadığından

sonuçlar bir miktar küçük çıkmaktadır. Burada incelenen kiriş izotropik olup, $E = 206,8$ GPa, $\nu = 0,3$ ve $\rho = 10686,9$ kg/m alınmıştır. Tablo 2’de ise [0/90/0] tabakalı kompozit kiriş için kritik burkulma yüklerinin yakınsaması görülmektedir. Karşılaştırma için Khdeir ve Reddy [2] tarafından üçüncü merteye kayma deformasyon teorisi kullanılarak elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Bu kiriş için malzeme özellikleri $E_{11} / E_{22} = 40$, $G_{12} / E_{22} = G_{13} / E_{22} = 0,6$, $G_{23} / E_{22} = 0,5$ ve $\nu_{12} = 0,25$ olarak alınmıştır. Tablo 1 ve 2 ışığında, bu çalışmada incelenecek diğer problemler için eleman sayısı $N = 8$ olarak kabul edilmiştir.

İkinci örnek olarak, farklı tabaka dizilişlerine sahip ve orta noktasından tekil yük etkisindeki kompozit kirişlerin eğilme problemi ele alınmıştır. Malzeme özellikleri; $E_{11} / E_{22} = 25$, $G_{12} / E_{22} = G_{13} / E_{22} = 0,5$, $G_{23} / E_{22} = 0,2$ ve $\nu_{12} = 0,25$ olarak seçilmiştir. Karşılaştırma için Reddy [1] tarafından analitik olarak elde edilen yer değiştirme ve gerilme sonuçları kullanılmıştır. Tablo 3’te, kiriş orta noktasındaki düşey yer değiştirmelerin karşılaştırması verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere, sonuçlar birbiriyle gayet uyumludur. L / h arttıkça, sonuçların daha da iyi örtüştüğü görülmektedir. Bunda kesme etkisindeki azalma etkili olmaktadır. Şekil 7 ve 8’de ise basit mesnetli [0/90]_s kompozit kirişte ($L / h = 100$), kiriş yüksekliği boyunca normal ve kayma gerilmelerinin yayılışı gösterilmiştir. Normal gerilmeler kiriş orta noktasında, kayma gerilmeleri ise sol mesnet üzerinde hesaplanmıştır. Şekil 7’den görüleceği üzere normal gerilmelerin analitik çözümle uyumu mükemmeldir. Ancak kayma gerilmeleri için, önerilen sonlu eleman vasıtasıyla elde edilen değerler analitik olanlardan daha büyüktür. Kayma deformasyonlarının etkisinin daha hassas hesaba katıldığı yüksek mertebeden teoriler kullanılarak bu sonuçların daha da uyumlu hale getirilebileceği düşünülmektedir. Yine de mühendislik hesapları açısından sonuçların genel anlamda uyumlu ve kabul edilebilirlik sınırları içinde olduğu söylenebilir.

Tablo 1. Çeşitli sınır şartlarına sahip izotropik kirişler için boyutsuz temel frekansların sonlu eleman sayısına bağlı olarak değişimi ($L/h = 10$)

Eleman sayısı (N)	BB ¹	AA	AB	AS
4	2,8030	6,0614	4,2854	1,0070
8	2,8024	6,0548	4,2830	1,0070
12	2,8023	6,0543	4,2829	1,0070
16	2,8023	6,0543	4,2829	1,0070
Analitik çözüm	2,8491	6,4586	4,4509	1,0150

¹ B: Basit mesnet, A: Ankastre mesnet, S: Serbest uç

Tablo 2. Çeşitli sınır şartlarına sahip tabakalı kirişler için boyutsuz kritik burkulma yüklerinin sonlu eleman sayısına bağlı olarak değişimi ($L/h = 10$)

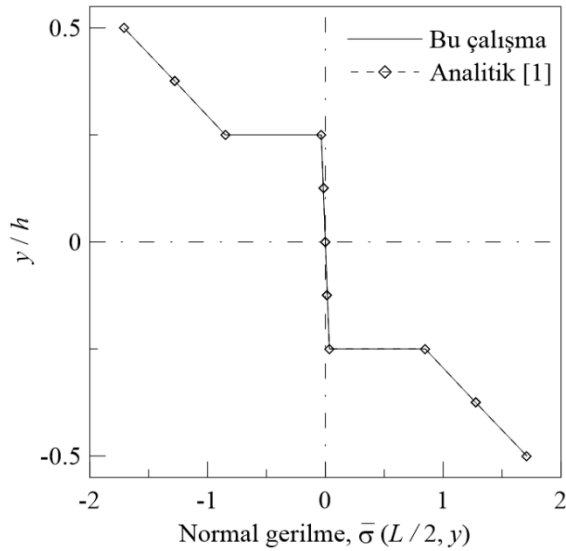
Eleman sayısı (N)	BB ¹	AB	AA	AS				
2	18,9688	26,0331	34,4646	6,7773				
4	18,8901	25,8447	34,4111	6,7746				
6	18,8854	25,8305	34,3547	6,7744				
8	18,8847	25,8280	34,3446	6,7744				
10	18,8844	25,8273	34,3417	6,7744				
12	18,8844	25,8270	34,3406	6,7744				
Kaynak [2]	18,832	18,832	25,857	25,857	34,453	34,453	6,772	6,772

¹ B: Basit mesnet, A: Ankastre mesnet, S: Serbest uç

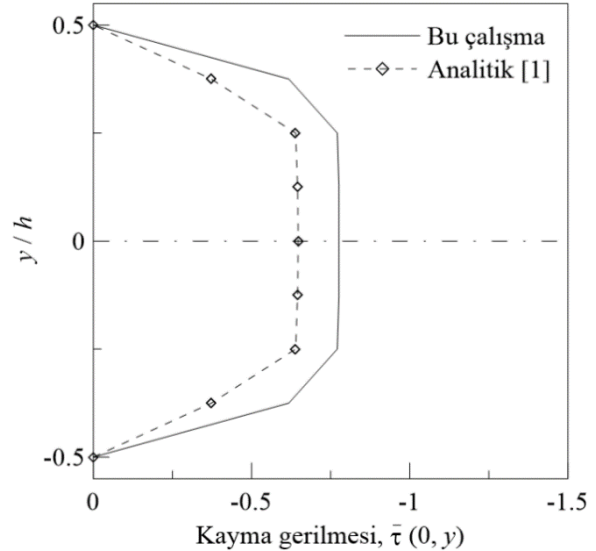
Tablo 3. Tekil yük etkisindeki tabakalı kirişte boyutsuz maksimum düşey yer değiştirmeler

Kiriş	L/h	Model	BB ¹	AA	AS
[0]	10	Bu çalışma	1,696	0,932	18,814
		Kaynak [1]	1,600	0,850	18,400
	20	Bu çalışma	1,176	0,424	16,707
		Kaynak [1]	1,150	0,400	16,600
	100	Bu çalışma	1,007	0,257	16,028
		Kaynak [1]	1,001	0,256	16,024
[90]	10	Bu çalışma	25,707	6,952	402,83
		Kaynak [1]	26,500	7,750	406,00
	20	Bu çalışma	25,177	6,426	400,71
		Kaynak [1]	25,375	6,625	401,50
	100	Bu çalışma	25,007	6,257	400,03
		Kaynak [1]	25,015	6,265	400,00
[0/90] _s	10	Bu çalışma	1,809	0,949	20,890
		Kaynak [1]	1,991	1,141	21,578
	20	Bu çalışma	1,306	0,452	18,861
		Kaynak [1]	1,348	0,498	19,006
	100	Bu çalışma	1,143	0,291	18,209
		Kaynak [1]	1,143	0,292	18,184

¹ B: Basit mesnet, A: Ankastre mesnet, S: Serbest uç



Şekil 7. [0/90]_s tabakalı basit kirişte, yükseklik boyunca normal gerilme dağılımı ($L/h = 100$)



Şekil 8. [0/90]_s tabakalı basit kirişte, yükseklik boyunca kayma gerilmesi dağılımı ($L/h = 100$)

Tablo 4 ve 5'te, çeşitli kompozit kirişler için temel frekanslar ve kritik burkulma yükleri Reddy [1] tarafından elde edilen analitik sonuçlarla karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Kirişte, $E_{11} / E_{22} = 25$, $G_{12} / E_{22} = G_{13} / E_{22} = 0,5$, $G_{23} / E_{22} = 0,2$, $\nu_{12} = 0,25$, $\rho = 1578 \text{ kg/m}$ ve $h / b = 0,5$ olarak seçilmiştir. Tablolardan sonuçların birbirleriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Tek doğrultulu veya çapraz dizili kompozit kirişler için elde edilen sonuçlar, açılı dizilişe sahip olanlara göre daha iyidir. Buradan, önerilen elemanın eğilme-uzama etkileşimini daha iyi hesaba katacak şekilde geliştirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Tablo 4. Çeşitli tabakalı kirişler için boyutsuz temel frekanslar

Kiriş	L/h	BB ¹		AA		AS	
		Bu çalışma	Kaynak [1]	Bu çalışma	Kaynak [1]	Bu çalışma	Kaynak [1]
[0]	10	11,635	11,635	17,212	17,212	4,560	4,528
	20	13,430	13,430	25,327	25,327	4,931	4,930
	100	14,210	14,210	31,899	31,899	5,069	5,070
[90]	10	2,810	2,771	6,134	5,761	1,008	1,004
	20	2,839	2,829	6,372	6,260	1,013	1,012
	100	2,849	2,848	6,455	6,450	1,015	1,015
[0/90] _s	10	10,929	10,488	16,522	14,837	4,299	4,132
	20	12,595	12,434	24,010	22,672	4,632	4,594
	100	13,330	13,334	29,942	29,857	4,755	4,758
[45/-45] _s	10	3,196	3,663	7,125	7,616	1,162	1,326
	20	3,258	3,739	7,352	8,275	1,166	1,338
	100	3,278	3,765	7,430	8,526	1,168	1,341

¹ B: Basit mesnet, A: Ankastre mesnet, S: Serbest uç

Tablo 5. Çeşitli tabakalı kirişler için boyutsuz kritik burkulma yükleri

Kiriş	L/h	BB ¹		AA		AS	
		Bu çalışma	Kaynak [1]	Bu çalışma	Kaynak [1]	Bu çalışma	Kaynak [1]
[0]	10	4,5759	4,576	27,6607	27,656	13,7679	13,768
	20	4,9866	4,987	55,0894	55,070	18,3041	18,304
	100	5,1341	5,134	80,6952	80,665	20,4614	20,461
[90]	10	0,2046	0,203	3,0506	2,747	0,8066	0,784
	20	0,2054	0,205	3,2278	3,135	0,8185	0,812
	100	0,2056	0,205	3,2890	3,283	0,8223	0,822
[0/90] _s	10	4,0475	3,922	25,2375	20,800	12,3115	11,179
	20	4,3943	4,362	49,2619	44,716	16,1905	15,689
	100	4,5183	4,525	71,0753	70,748	18,0101	18,015
[45/-45] _s	10	0,2713	0,355	4,1005	4,802	1,0724	1,369
	20	0,2721	0,358	4,2918	5,478	1,0851	1,419
	100	0,2723	0,358	4,3569	5,737	1,0892	1,436

¹ B: Basit mesnet, A: Ankastre mesnet, S: Serbest uç

Özetle, bu çalışmada tabakalı kompozit kirişlerin eğilme, serbest titreşim ve burkulma analizleri için bir tabakalı sonlu eleman önerilmiştir. Bu eleman, Timoshenko kiriş teorisini esas almakta, dolayısıyla kayma deformasyonlarını hesaba katmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, önerilen elemanın statik yer değiştirme ve gerilmeler ile doğal frekanslar ve burkulma yüklerinin hesabında gayet başarılı olduğunu göstermektedir. Özellikle, tek doğrultulu ve çapraz dizilişe sahip kirişler için elde edilen sonuçlar literatürle oldukça uyumludur. Bununla beraber, bu elemanın kayma gerilmelerini daha hassas bulacak şekilde ve ayrıca açılı dizilişe sahip kirişlerdeki eğilme-uzama etkileşimlerini daha iyi dikkate alacak şekilde geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Reddy J.N., "Mechanics of Laminated Composite Plates: Theory and Analysis", Boca Raton, CRC Press, 1997.
- [2] Khdeir A.A., Reddy J.N., "Buckling of cross-ply laminated beam with arbitrary boundary conditions", Composite Structures, Vol. 37, pp. 1-3, 1997.
- [3] Karama M., Abou Harb B., Mistou S., Caperaa S., "Bending, buckling and free vibration of laminated composite with a transverse shear stress continuity model", Composites Part B: Engineering, Vol. 29, pp.

223-234, 1998.

- [4] Matsunaga H., "Vibration and buckling of multilayered composite beams according to higher order deformation theories", *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 246, pp. 47-62, 2001.
- [5] Kapuria S., Dumir P.C., Jain N.K., "Assessment of zigzag theory for static loading, buckling, free and forced vibration of composite and sandwich beams", *Composite Structures*, Vol. 64, pp. 317-327, 2004.
- [6] Boay C.G., Wee Y.C., "Coupling effects in bending, buckling and free vibration of generally laminated composite beams", *Composite Science and Technology*, Vol. 68, pp. 1664-1670, 2008.
- [7] Zhen W., Wanji C., "An assessment of several displacement theories for the vibration and stability analysis of laminated composite and sandwich beams", *Composite Structures*, Vol. 84, pp. 337-349, 2008.
- [8] Aydogdu M., "Buckling analysis of cross-ply laminated beams with general boundary conditions by Ritz method", *Composite Science and Technology*, Vol. 66, pp. 1248-1255, 2006.
- [9] Aydogdu M., "Thermal buckling analysis of cross-ply laminated composite beams with general boundary conditions", *Composite Science and Technology*, Vol. 67, pp. 1096-1104, 2007.
- [10] Goyal V.K, Kapania R.K., "A shear-deformable beam element for the analysis of laminated composites", *Finite Elements in Analysis and Design*, Vol. 43, pp. 463-477, 2007.
- [11] Goyal V.K, Kapania R.K., "Dynamic stability of laminated beams subjected to nonconservative loading", *Thin Walled Structures*, Vol. 46, pp. 1359-1369, 2008.
- [12] Vo T.P., Thai H.T., "Free vibration of axially loaded rectangular composite beams using refined shear deformation theory", *Composite Structures*, Vol. 94, pp. 3379-3387, 2012.
- [13] Vo T.P., Thai H.T., "Vibration and buckling of composite beams using refined shear deformation theory", *International Journal of Mechanical Sciences*, Vol. 62, pp. 67-76, 2012.
- [14] Yuan F.G., Miller R.E., "A new finite element for laminated composite beams", *Computers & Structures*, Vol. 31, pp. 737-745, 1989.
- [15] Bassiouni A.S, Gad-Elrab R.M, Elmahdy T.H., "Dynamic analysis for laminated composite beams", *Composite Structures*, Vol. 44, pp. 81-87, 1999.
- [16] Kahya V., "Dynamic analysis of laminated composite beams under moving loads using finite element method", *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 243, pp. 41-48, 2012.
- [17] Kahya V., "Finite element dynamic analysis of laminated composite beams under moving loads", *Structural Engineering and Mechanics*, Vol.42, pp. 729-745, 2012.
- [18] Kahya V., "Buckling analysis of laminated composite and sandwich beams by finite element method", *Composites Part B: Engineering (Hakem incelemesinde)*

TEMİZ ÜRETİMDE MESLEKİ TEKNİK EĞİTİMİN ÖNEMİ ve SEKTÖRLERE KATKILARI

Murat ÇETİN

Erzincan Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Erzincan, mcetin@erzincan.edu.tr

Özet

Kalkınma, bir devletin hedeflenen gelişme sürecini gerçekleştirebilmesi için ülke ekonomisi, toplumsal ve siyasal yapının bir bütün olarak birlikte düzenlenmesinden geçmektedir. Günümüzde, ülkelerin gelişmişlik seviyesi sahip olduğu eğitilmiş insan gücü ile tanımlanmakta, temiz üretim uygulamalarını harekete geçirme ve ulusal düzeyde yaygınlaştırmada eğitilmiş insan gücü büyük önem ifade etmektedir. Endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan kirlilik ve küresel iklim değişikliği dünya gündeminin üst sıralarında yeşil büyüme, çevre dostu teknolojiler, sürdürülebilir üretim, enerji verimliliği ve temiz üretim (eko-verimlilik) kavramlarını gündeme getirmiştir. Artan çevre kirliliği ve küresel iklim değişikliği tedbir ve önlem çalışmalarını ön plana çıkarmış, kirliliği ve değişikliği kontrol altına almaya yönelik politikalar ve uygulama araçları farklı düzeylerde olsa da tüm ülkelerinde gündemi belirlemektedir. Temiz üretim kavramı ilk olarak 1989 yılında kullanılmış,1992 yılında benimsenen sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi için belirlenen gerekler arasında yer almaktadır. Ülkemizde temiz üretim(eko-verimlilik), teknoloji yenilik, yeni ürün ve hizmet üretimde üniversite-sanayi işbirliği faaliyetleri arzulanan düzeye henüz ulaşamamıştır. Temiz üretim (eko-verimlilik) konusunda gerek üretilen projeler, gerekse kamu kurumlarının ilgili alandaki çalışmalarına hız vermesiyle firmaların bu alandaki etkinliği gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye’de çeşitli politika belgeleri bu alandaki üst çerçeveyi çizerken, Türkiye Sanayi Strateji Belgesi’nde konuya ilişkin strateji ve eylemlere ağırlıklı olarak yer verilmektedir. Ülkemizde sanayinin söz konusu değişikliklere uyum sağlaması, iklim değişikliğinin temel nedeni olan sera gazı salınımlarının azaltılması için üretim süreçlerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, kalkınma sürecinde olan ülkemizde temiz üretimde mesleki eğitimin önemi yerel ekonomiye olan katkısı, önemi ve rolünü ortaya koymaktır.

Anahtar Sözcükler: Mesleki Eğitim, KOBİ, Sektörel İşbirliği, Temiz Üretim

IMPORTANCE OF VOCATIONAL EDUCATION IN CLEAN PRODUCTION AND CONTRIBUTIONS TO SECTORS

Abstract

Development, the country's economy in order to achieve the targeted development process of a state passes the regulation of social and political structures together as a whole. Today, trained to have the level of development of the country is defined by manpower, mobilization practices the national level in promoting cleaner production and trained manpower represents great importance. Industrial activities caused by pollution and global climate change agenda of the world's top position in the green growth, environmentally friendly technologies, sustainable

production, energy efficiency and cleaner production (eco-efficiency) has introduced the concept of the agenda. Increasing environmental pollution, global climate change measures and precautions has done work at the forefront, pollution and policies for controlling changes and application tools, though at different levels were also set the agenda in all countries. The concept of cleaner production and cleaner production was first used in 1989, adopted in 1992, is among the requirements set for the realization of sustainable development. In our country, cleaner production (eco-efficiency), technology innovation, new products and services producing activities of the university-industry cooperation has not reached the desired level. Cleaner production (eco-efficiency) should produce about projects, as well as the company to accelerate its work in the relevant field of public institutions is increasing day by day activities in this area. Various policy documents in this field in Turkey drawing the upper frame and the strategy and action on the issue were given in Turkey Industry Strategy Document. Expressed the industry to adapt to changes in our country, it is necessary to improve the production process, the main reason for the reduction of greenhouse gas emissions of climate change. The purposes of this study, the importance of vocational education in our country, the effects of development cleaner production processes to the local economy is demonstrated.

Keywords: *Vocational Training, SME, Sectoral Cooperation, cleaner Production*

1. BİLGİ

Genel anlamda kalkınma, bir devletin hedeflenen gelişme sürecini gerçekleştirebilmesi için ülke ekonomisi, toplumsal ve siyasal yapının bir bütün olarak birlikte düzenlenmesinden geçmektedir. Günümüzde, ülkelerin gelişmişlik seviyesi sahip olduğu eğitilmiş insan gücü ile tanımlanmaktadır. Temiz üretim uygulamalarını harekete geçirme ve ulusal düzeyde yaygınlaştırmada eğitilmiş insan gücü büyük önem ifade etmektedir. Bugün hayatımızdaki etkileri gün geçtikçe artmaya başlayan iklim değişikliği ve çevresel sorunlar, tüm alanlarda sürdürülebilirlik kavramının önem kazanmasına neden olmuştur. Ülkemizde de temiz üretim (eko-verimlilik) konusunda üretilen projeler ve kamu kurumlarının ilgili alandaki çalışmalarına hız vermesiyle firmaların bu alandaki etkinliği gün geçtikçe artmaktadır. Üretimde çevreye duyarlı yaklaşımlar benimseyen firmalar çoğalmakta, iklim değişikliğinin zorunlu kılacağı çevresel ve ekonomik tedbirler açısından sanayi sektörleri ve işletmeler önemli hedef grupların başında gelmektedir. Tüm dünya ülkelerinde 1990'lı yıllardan itibaren yaygınlaşmaya başlayan temiz üretim/eko-verimlilik yaklaşımı kapsamlı bir çözüm çalışmaları bu iyileştirme amaçlı tedbirlerin temelini oluşturmaktadır. Endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan kirlilik ve küresel iklim değişikliği dünya gündeminin üst sıralarında yeşil büyüme, çevre dostu teknolojiler, sürdürülebilir üretim, enerji verimliliği ve temiz üretim (eko-verimlilik) önem kazanarak gündemdeki yerini güçlendirmektedir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından kullanılan temiz üretim kavramı bugün yeşil verimlilik ve eko-verimlilik kavramlarıyla örtüştüğünden birbirlerinin yerine kullanılmaktadır. Temiz üretim/eko-verimlilik amaçlı geliştirilen uygulamaların; sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için doğal kaynakların ve diğer tüm girdilerin kullanımını azaltarak işletmelerin faaliyetleri sonucunda oluşabilecek atıkları ve çevresel etkilerini ortaya çıkmadan kaynağında azaltılabilirken aynı zamanda maliyetleri de azaltarak rekabet gücünün artırmasını da sağladığı kanıtlanmıştır[1, 2].

Ülkemizde temiz üretim (eko-verimlilik) yaklaşımına yönelik ilk adımlar 1990'lı yılların sonlarında atılmış, devam eden yıllarda görev tanımı itibariyle son yıllarda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı konunun uygulama tarafındaki görev ve sorumlulukla sebebiyle ana aktör olmuştur. Ayrıca Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı birimleri konu ile ilgili olarak sanayiciler, işletmeler ve kamuoyu nezdinde bilinçlenme ve uygulamaların yaygınlaştırılması amacıyla önemli görevleri üstlenmiştir. Bu görevler; hayata geçirilecek temiz üretim uygulamaları için eğitim, danışmanlık, teknik destek hizmetlerinin sağlanması ve uygulama projelerinin uygun finansal araçlarla buluşturulması gibi büyük önem ifade etmekte olup gelecek yıllarda ülkemizin hedeflediği çalışmalar arasında yer almaktadır. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı; Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun hükmünde Kararname'nin 2'nci maddesinde yer alan, **“ekonominin verimlilik esaslarına uygun olarak gelişmesi amacıyla verimlilik politika ve stratejileri hazırlamak, sanayi işletmelerinin verimliliğini artırmak, geliştirmek ve temiz üretim projelerini desteklemek”** ifadesi ile bu görev somutlaştırılmış bulunmaktadır. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı bünyesinde temiz üretime yönelik olarak sürdürülecek çalışmalar Verimlilik Genel Müdürlüğü (VGM) görevlerinden biri olarak tanımlanarak **“işletmelerin temiz üretim program ve projeleri hazırlaması ve uygulamasına yönelik faaliyetlerde bulunmak”** şeklinde ifade edilmiştir. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı aralarında çeşitli bakanlıklar, üniversiteler, kalkınma ajansları, TSO, OSB, TGB, TÜBİTAK, KOSGEB, TTGV, Meslek Örgütleri, STK, Uluslararası Kuruluşlar ve Finans Kuruluşları gibi pek çok kurum ve kuruluşun işbirliği içerisinde çalışmasını temin etmek üzere koordinasyon görevini yerine getirecektir. Bu görevin sonucunda hedeflenen, Türkiye genelinde bir ulusal temiz üretim (eko-verimlilik) programı uygulanması yoluyla başta sanayi sektörü olmak üzere işletmelerde temiz üretim uygulamalarının yaygınlaştırılmasıdır. Hazırlık çalışmaları süren ve 2014- 2017 yıllarını kapsayacak olan Türkiye Verimlilik Stratejisi ve Eylem Planı'nın temel eksenlerinden birinin temiz üretim (eko-verimlilik) olması öngörülmekte, temiz üretim kavramının bileşenlerinden biri “çevre” ise diğeri de “verimlilik” olarak öne çıkmaktadır. Ekonomik büyümenin en önemli kaynağı olan verimlilik artışlarının sağlanmasında söz konusu strateji belgesinin önemli bir yönlendirici olacağını tahmin edilmektedir[1, 3].

2. TEMİZ ÜRETİM VE VERİMLİLİK

Temiz üretim uygulamaları; teknolojik ile hızla gelişen, güçlenen sanayinin kaynakları etkin şekilde kullanması açısından çevre ve rekabet gücü yüksek ekonomi için son derece önemlidir. Doğal kaynakların kullanılmasında verimliliğin ve üretim sistemlerinde çevresel performansların iyileşmesi çevreci endüstrileşme için gereklidir. Özellikle gelişmekte olan ülkemizde, endüstriyel her ürün başına malzeme, enerji kullanımı ve kirlilik yoğunluklarını azaltmak önemli bir kazanım olarak dikkat çekmektedir. Diğer taraftan, endüstriyel iklim değişikliği etkilerinin azaltılması ve doğurduğu etkilere uyum açısından temiz üretim uygulamaları aynı zamanda atıkların azaltılması yanında enerji, su, malzemeler gibi doğal kaynakların verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Bu çalışmalar kapsamında illerimizde faaliyet gösteren sanayi kuruluşları, eğitim kurumları ve ilgili diğer kurum/kuruluşların eko-verimlilik(temiz üretim) konusundaki faaliyetlerinin desteklenerek, konu ile ilgili çalışmaların yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Bu tür işbirlikleri ile sanayisinin üretimde verimlilik ve

yenilik uygulamaları ile çevreye daha duyarlı ve rekabet edebilir hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Eko-verimlilik(temiz üretim) konusu ile ilgili mevcut durum kapasite, kaynak, yapılan çalışmalar ve ihtiyaçlar bağlamında değerlendirmeler yapılmakta, yerel ve ulusal düzeyde endüstriyel sektörler temiz üretime uygunlukları bazında desteklenmektedir. Bu kapsamda, belirlenen çerçeve koşulların değerlendirilmesi sonrası eko-verimlilik(temiz üretim) uygulamalarının yaygınlaştırılması için öneriler geliştirilmiş, konu ile ilgili ulusal yasal düzenlemeler ve teşvik mekanizmaları ile bölgesel bazda öne çıkan çevre sorunları eko-verimlilik olanakları kapsamında değerlendirilerek gerekli tedbirlerin alınması hedeflenmektedir. Bu tür işbirliklerinin önemli çıktılarında biri de olası diğer kaynaklar ile eko-verimlilik alanına yönelik bir teşvik mekanizmasına (destek programına) yönelik önerilerin geliştirilmesidir. İllerimizin üretim potansiyelleri ve çeşitliliği dikkate alınarak Eko-verimlilik(temiz üretim) ile ilgili bölgesel kapasitenin geliştirilmesi, pilot uygulamaların gerçekleştirilmesi ve çıktılarının yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır. Uygulama aşaması illerimiz ve ilçelerimizde Üniversitelerin ilgili öğretim elemanları ve uzmanlarının da desteğiyle işyerlerinin eko-verimlilik konusundaki kapasitelerinin geliştirilmesi amacıyla bir eğitimler yapılabilmektedir. Uygulama aşamasında gerçekleştirilen bu tür sektörel işbirliği faaliyetlerinin sonuçlarının, diğer işbirliği faaliyetlerine örnek teşkil ederek illerimizde hızla yaygınlaştırılması ve eko-verimlilik prensiplerinin sanayi sektörü için bir yaşam biçimi haline gelmesine yönelik adımların atılmasını güçlendirecektir[1, 2, 3]. Bu çerçevede; Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2013-2017 Stratejik Planı Temiz Üretim (Eko-Verimlilik) Hedefleri;

-Türkiye Verimlilik Stratejisi ve Eylem Planı (2014-2017) hazırlanacak ve periyodik olarak güncellenecek, uygulama sonuçları izlenecek ve değerlendirilecektir.

-Verimlilik artırma tekniklerine ve temiz üretim uygulamalarına yönelik bilinç düzeyi artırılabilecektir.

-Danışmanlık ve eğitim hizmetleriyle, verimlilik artırma tekniklerine ve temiz üretim uygulamalarına yönelik teknik kapasite artırılabilecektir.

-Kurum ve kuruluşlarda verimlilik artırma teknikleri ve temiz üretim konusunda sistem ve personelle ilgili belgelendirme ve ödüllendirme mekanizmaları geliştirilecektir.

-Kaynakların verimli kullanılması ve çevreyle uyumlu üretim prensipleri doğrultusunda, sanayide temiz üretim ve eko-verimlilik programlarının uygulanması sağlanacak, bu çerçevede bir Temiz Üretim (Eko-Verimlilik) Merkezi kurulacaktır.

-Kaynakların verimli kullanılmasına, çevreyle uyumlu üretim ilkelerinin benimsenmesine yönelik araştırmalar yapılacak ve ilgili alanlardaki politika oluşturma süreçlerine katkı sağlanacaktır.

-Verimlilik ve temiz üretimle ilgili bilimsel kapasite güçlendirilecek, ilgili alanlarda faaliyet gösteren kurum ve kuruluşlarla ilişkiler geliştirilecektir.

-Pilot projelerle ilgili olarak izleme, ölçüm, analiz, etüt vb. hizmetler kapsamında işbirliği yapılacak kurum ve kişilerle iletişimin sağlanması ve sürdürülmesi, sanayiciye ve hizmet sağlayıcılara konu ile ilgili eğitimlerin verilecektir. Pilot uygulamalar konusunda firmalarda eko-verimlilik (temiz üretim) olanaklarının belirlenmesi ve bu olanakların hayata geçirilmesi hedeflenmektedir

Verimlilik; ekonomide üretim kapasitesinin artırılması, rekabet gücünün geliştirilmesi ve büyümenin hızlandırılması açısından kritik önem taşımaktadır ve 1981-2013 döneminde ortalama büyüme %4,3 olarak gerçekleşmiştir. 10. Kalkınma Planı döneminde verimlilik odaklı bir yaklaşımla rekabet gücü artırılarak cari açık sorunu yaşanmadan yüksek ve istikrarlı büyümeye ulaşılması hedeflenmektedir. Türkiye ekonomisinde verimlilik artışının düşük olmasının nedenlerinin başında küçük firmaların büyüme motivasyonlarının sınırlı kalması ve dolayısıyla ölçek ekonomilerinden yeterince yararlanamamaları gelmektedir. Ayrıca, işletmeler arası etkileşimin zayıflığı nedeniyle değer zincirleri gerekli ölçüde güçlenememiştir. Ülkemizde, büyük ölçekli işletmelerin (250+istihdam) işgücü verimliliği düzeyi, küçük ölçekli işletmelerin (1-19 istihdam) verimlilik düzeyinin 5,1 katına kadar ulaşmaktadır. Verimlilik artışlarının düşük olmasının diğer önemli sebepleri ise teknoloji geliştirme, transfer ve kullanım kapasitesinin yetersiz kalması ve işgücü niteliğinin ortalamada düşük olmasıdır. Ekonomideki verimlilik sorununun odağında olmaları ve tüm işletmelerin %90'ından fazlasını teşkil etmeleri nedeniyle, bu program KOBİ odaklı olarak üretim alanlarında verimliliğin artırılmasına yönelik tasarlanmış olup, ayrı bir program olarak ele alınan enerji verimliliği konusu kapsam dışında tutulmuştur. Ayrıca program özel sektör üretimine odaklı olarak tasarlanmış, kamu kesiminde etkinlik konusu ayrı bir programda ele alınmıştır. Üretimde verimliliğin artırılabilmesi için işgücünün niteliğini artırmaya yönelik reformların önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu reform alanına yönelik çalışmalar, Temel ve Mesleki Becerileri Geliştirme Programı ve İşgücü Piyasasının Etkinleştirilmesi öncelikli dönüşüm programlarında ele alınmaktadır. Üretimde verimliliğin artırılması programı eylem planında özellikle sektörel boyutta rekabet aksaklıklarının azaltılması verimliliği olumlu yönde etkileyecek bir konu olmakla beraber bu programın kapsamı dışında tutulmuştur[1, 2, 3].

3. TEMİZ ÜRETİM VE ÇEVRE

Temiz üretim kavramı ilk olarak UNEP Endüstri ve Çevre Bölümü tarafından 1989 yılında kullanılmıştır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) temiz üretimi **“toplam etkinliği artırmak, insan ve çevre üzerindeki riskleri azaltmak için entegre ve önleyici bir çevre stratejisinin üretim süreçlerine, ürünlere ve hizmetlere sürekli olarak uygulanması”** şeklinde tanımlanmaktadır. Temiz Üretim, 1992 yılında benimsenen sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleşmesi için belirlenen gerekler arasında yer almaktadır. Bugün temiz üretim ile aynı kapsamda kullanılmakta olan “eko-verimlilik” ekonomik ve ekolojik verimliliğin bileşimi ve temel olarak; “daha azla daha fazla” olarak tanımlanmaktadır. Ürün geliştirmeye ilişkin sağduyulu yaklaşım ve iyi bir iş uygulaması anlamını taşıyan eko-verimlilik, “daha az etkiyle daha çok değer yaratma”, “paralel ekonomik ve çevresel verimlilik” olarak ta tanımlanmaktadır[4]. Temiz üretim/eko-verimlilik, geleneksel kirlilik kontrolü yöntemlerinin aksine atık oluşumunu kaynağında önleyerek/azaltarak üretimden kaynaklanan çevre kirliliği etkilerini en aza indirmeyi hedeflemektedir. Temiz üretim/eko-verimlilik yaklaşımı, çevreye olan faydaları yanında üretimde verimlilik ve ekonomik bir üretim stratejisidir. Temiz üretim/eko-verimlilik; hammadde ve enerjiyi daha az kullanmayı, yeniden kullanım ve geri dönüşümü artırmayı, daha az atık oluşturmayı ve tehlikeli atık miktarını azaltmayı amaçlayan çevreye duyarlı bir atık yönetimi yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, çevre kirliliği etkilerini en aza

indirmenin yanında verimlilik artışı sağlamayı da amaçlamaktadır. Temiz üretim ve ekoverimlilik ile aynı paralelde kullanılan kirlilik önleme yaklaşımı da, boru sonu atık arıtımı yöntemleriyle kıyaslandığında önleyici bir yaklaşım sağlayarak, işletme verimliliğinin artmasında ve çevre kirliliğinin önlenmesinde önemli bir rol oynar ve temiz üretim (ekoverimlilik), atığı oluştuktan bertaraf etmek yerine, kaynağında önlemeyi/azaltmayı amaçlamaktadır. Özellikle 20. yüzyıl'ın ikinci yarısındaki hızlı teknolojik ve endüstriyel gelişmelerin beraberinde getirdiği çevresel değerlerin tahribi ve yenilenemeyen kaynakların hızla azalması günümüzde ivmelenerek sürmektedir. Endüstrileşme ve yaşam biçimlerindeki değişmeye paralel olarak ortaya çıkan atıklar, zaman içinde logaritmik bir artış göstermiş ve bu atıklar nedeniyle yaşanan yerel çevre sorunları küresel bir boyut kazanmıştır. Ozon tabakasındaki incelme, küresel ısınma, asit yağmurları, çeşitli doğal alıcı ortamlara -özümseme kapasitelerinin çok üzerindeki miktarlarda yapılan toksik ve tehlikeli atık deşarjları bu kapsamda sayılabilir. Çevresel değerlerin tahribinin önlenmesine yönelik olarak geliştirilen ve günümüze kadar yoğun olarak kullanılagelen ilk yaklaşım, kirleticilerin ortaya çıktıktan sonra arıtılarak bertaraf edilmesi olmuştur. Kirleticinin böylesi bir yaklaşımla giderilmesi ise yüksek yatırım gereksinimini de beraberinde getirmektedir. Konvansiyonel arıtma ve bertaraf tesislerinin yatırımcıya getirdiği mali yükler, bazı alanlarda ve ülkelerde kişi ya da kurumların çevresel yatırımlardan çekinmeleri gibi bir sonucu doğurmaktadır. Çevre sorunlarının artmakta olmasının nedenlerinden birisini de, çevre korumaya yönelik boru-sonu yaklaşıma dayanan yatırımların çok yüksek maliyetli olması oluşturmaktadır. Süreç içerisinde oluşan atık miktarlarının ve arıtım maliyetinin sürekli olarak artması ile alıcı ortam deşarj standartlarının, kamuoyunda yükselen çevre bilincine paralel olarak, sürekli düşürülmesi, ürün ve hizmet üreten kurum ve sektörleri bu sorunun daha ucuz çözüm yollarını aramaya yöneltmiştir.

4. TEMİZ ÜRETİMDE MESLEKİ TEKNİK EĞİTİMİN ÖNEMİ VE SEKTÖRLERE KATKILARI

Ülke gelişmişliğinin ölçüsü olan ekonomik üretimin temelinde bu üretim gücünü üreten ve büyük önem taşıyan mesleki teknik eğitim faktörü birçok ülke tarafından kabul görmektedir. Her tür eğitim düzeyinin yükselmesi, beşeri sermayenin dinamik, etkin ve verimli olmasını sağlayarak ülke için büyük değer ifade etmektedir. Hızlı değişim ve ticari sektörün değişkenliği, iş dünyasının köklü ve insan kaynakları gelişimini uzun vadeli bir yatırım olarak gören kurumların geleceğe yatırım yaparak sürdürülebilir gelişime dönüştürecek donanımın kazanılmasına katkı sağlamaktadır. İnsanların aynı işi yaparak yaşamının devamını sağlamanın mümkün olmadığı günümüzde işsizlik, mutsuzluk ve umutsuzluk anında yeni işler için eğitim arayışına girmesi artık kaçınılmaz hale gelmiştir. Üretim sektörlerinde ve işlemlerinde önemli bir faktör olan beşeri sermaye farklılıklar yaratan özellikleri itibari ile fiziki sermayeden daha fazla önem arz etmektedir. Başlangıçta uzun bir eğitim süreci gerektiren beşeri sermaye yatırımı ve beşeri sermaye oluşumu sürdürülebilir geri dönüşümü ve kalıcı etkisi ile fiziki yapı ve donanıma oranla daha yüksek etkinliğe sahiptir. Özellikle ülkelerin küresel rekabet ve üretim gücünün öne çıkmasını sağlayan beşeri sermaye, eğitim faktörünün kalıcı, sürdürülebilir ve yenilikçi etkisiyle bir değerler bütünü oluşturmuştur. Gelişmekte olan ülkeler için mesleki teknik eğitim büyük önem arz etmekte, ülkelerin gelişmişlik düzeyi, üretim

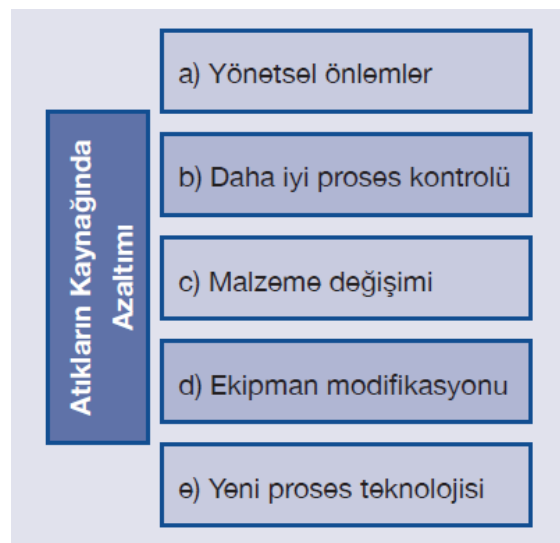
gücü ve kalitesi ile yarattığı yenilikler ile gündemi belirlemektedir. Mesleki bilgi nitelikli işgücü ve diğer üretim faktörlerinin birleşimi sonucu ülkelerin ekonomilerinde büyük inovasyonlar meydana getirmiş, sonuçta ülkelerin öncelikli politikalarının genel ve mesleki eğitim ile beşeri sermayenin geliştirilmesine odaklanmasını sağlamıştır. Bu çalışmanın temelini illerimizde temiz üretimde mesleki teknik eğitimin önemi, sektörlere katkıları ve işbirliği ilişkileri için yapılabilecek çalışmalar açıklanmıştır.

4.1. Teknik Analizler ve Eğitimler

İşletmelerin karmaşık ve yüksek maliyetli uygulamalara geçmeden önce; ham madde temini ürünler, üretim işlemlerinden kaynaklanan potansiyel etkiler ve önerilen sistem değişikliğinin maliyetler ve iş güvenliği açısından değerlendirilmesinde üniversitelerin ilgili birimleri aktif olarak görev alabilir. Temiz (sürdürülebilir) üretim sistemlerinin uygulanması için işletmenin mevcut teknolojik yapısı ve gerekli olan teknolojinin firma açısından ulaşılabilir ve uygunluğu değerlendirilir, uygunsa gerekli değişikliklerin nasıl yapılacağı analiz edilebilir. Bu aşamada, teknoloji üreticiler ve hizmet sağlayıcılar ile yapılacak görüşmelerde üniversite birimleri danışmanlık hizmeti sağlayabilir. Ayrıca, mevcut kapasitenin durumu ve tamamen yenileneceği durumlarda donanım kabul testleri ve uygulamalarında, deneme üretimi çalışmalarında uzman öğretim elemanları aktif olarak görev alabilirler. Ayrıca işletme personeli içinde teknik analiz ile ilgili personelin yeni sistemler için eğitilmeleri, personelin eğitim ve sistemlerin bakım işlemleri üniversiteler tarafından sağlanabilir.

4.2. Atıkların Kaynağında Azaltılması

Kirliliğin kaynağına ve kaynak tüketiminin azaltılmasına yönelmek temiz (sürdürülebilir) üretimin temel prensibini oluşturmaktadır. Atıkların geri kazanımı, yeni bir ürüne dönüştürülmesi ve bu konularda işletmelerin personel eğitimi üniversite birimleri konu uzmanı öğretim elemanları tarafından yapılabilir. Şekil 1’de atıkların kaynağında azaltımına yönelik uygulamaların şematik yapısı verilmiştir.



Şekil 1. Atıkların Kaynağında Azaltımına Yönelik Uygulamalar [5]

a. Yönetmel önlemler; yönetmel önlemler temiz (sürdürülebilir) üretimin en basit yöntemlerinden ve herhangi bir yatırım maliyeti olmadan yapılabileceklerin belirlenerek uygulamaya alınabilmesidir. Gereksiz açık havalandırma sistemlerinin, pencerelerin kapatılması, su vanalarının kontrolü, ekipmanların boşa çalıştırılmaması, kimyasal madde dozlarının optimizasyonu ve benzer yöntemler ile su, enerji ve diğer kaynak kayıplarının önlenmesi yönetmel yöntemlere verilebilecek örnekler arasındadır. Yönetmel önlemler özellikle çalışanların yönetimi ve eğitimine odaklanmayı gerektirmektedir.

b. Daha iyi süreç kontrolü; çalışma şartlarının kaynak tüketimi, üretim ve atık oluşumu bakımından optimum düzeye uygun olup olmamasının kontrol edilerek, gerekli ise uygun şekilde düzenlenmesini içermektedir. Sıcaklık, zaman, basınç, pH, süreç hızı gibi parametrelerin izlenmesini ve optimum seviyelere yakın tutulmasını kapsamaktadır. Daha iyi süreç kontrolü, yönetmel önlemlere göre daha gelişmiş bir izleme ve yönetim gerektirmektedir.

c. Malzeme değişimi; malzeme değişimi, üretim verimini maliyet ve kaliteden ödün vermeden artıracak olan daha yüksek kalitede bir malzemenin kullanılmasıdır. Genellikle, malzemelerin kalitesi ile ürünlerin kalite ve miktarları arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Buna ek olarak, malzeme değişimi var olan malzemelerin daha iyi çevresel özelliklere sahip olanlarla değişimini de kapsamaktadır. Örnek olarak, tehlikeli kimyasal madde içeren bir boyanın çevre dostu alternatifi ile ikamesi, söz konusu tehlikeli kimyasal maddenin neden olduğu arıtıma gereksinimleri ve maliyetlerinin ortadan kalkmasını ya da azalmasını da sağlamaktadır.

d. Ekipman modifikasyonu; ekipman modifikasyonu, var olan ekipmanların daha az atık oluşması ve daha verimli üretim süreçleri sağlaması yönünde geliştirilmesidir. Motor devirlerinin ayarlanması, reaktör, tank, vb. hacimlerinin optimizasyonu, sıcak ve soğuk yüzeylerin izole edilmesi, vb. ekipman modifikasyonuna verilebilecek örneklerden bazılarıdır.

e. Süreç değişikliği; modern ve daha verimli teknik ve teknolojilerin kullanılmasını kapsamaktadır. Bu uygulama diğer temiz (sürdürülebilir) üretim uygulamalarından daha yüksek bir ilk yatırım maliyeti gerektirmesi nedeniyle dikkatle değerlendirmelidir. Öte yandan potansiyel kazanımlar, kalitedeki artışlar yatırımın kısa süre içinde geri dönmesini sağlamakta, firmanın daha güncel ve çağdaş üretim süreçlerine geçmesini kolaylaştırmaktadır. Bu tür uygulamalar genellikle ürün ve üretim kalitesinde de iyileşme sağlamaktadır.

4.3. Yeniden Kullanım/Geri Dönüşüm

Oluşumu önlenemeyen atıklar firma içinde geri dönüştürülebilir veya yan ürün olarak satılabilir. Yerinde geri dönüşüm ya da yeniden kullanım, atıkların toplanması ve bunların üretimin aynı ya da farklı bölümlerinde yeniden kullanılmasını kapsamaktadır. Bir süreçten kaynaklı yıkama suyunun diğer bir temizleme sürecinde yeniden kullanımı bu uygulamaya verilebilecek örnek bir uygulamadır. Yan ürünlerin oluşturulması, atıkların toplanması (gerekliyse belli bir işlemde geçirilmesi) sonrası tüketicilere ya da diğer firmalara girdi olarak satılmasını kapsamaktadır. Örneğin; gıda üretimlerinden kaynaklanan atık maya, hayvan yemi, balık üretimi ve gıda katkı maddesi olarak kullanılabilir. Üretim sırasında bir miktar ürün artığının da atık olarak çıktığını, bu atığın da değerlendirilmesi fırsatının bulunduğunu belirlemiştir. Bu da üretim tekniklerinin ve prosedürlerinin geliştirilmesi ile yani

“sıfır hata” (zero defect) yaklaşımını getirmektedir. Ürünün etkin kontrolü, personel eğitimi, vb. yatırım maliyeti olmayan uygulamalar ile atık azaltımı ve üretim verimliliğinin artırılması gibi önemli kazanımlar sağlanabilecektir.

4. 4. Ürün Modifikasyonu

Ürünlerden kaynaklanan kirliliğin azaltımı için, ürün özelliklerinin değiştirilmesi temiz (sürdürülebilir) üretimin ana prensipleri arasında yer almaktadır. Ürünün değiştirilmesi, ürünün ve gereksinimlerinin yeniden düşünülmesini gerektirmektedir. Geliştirilmiş ürün tasarımı, malzeme tüketimi ve tehlikeli maddelerin kullanımında büyük oranlarda azaltım sağlanmasına olanak tanımaktadır. Ürünlerin hafifletilmesi, et kalınlıklarının azaltılması, ürünün daha kolay geri dönüştürülebilir olmasını sağlayan tasarımlar, vd. bu yaklaşıma örnek olarak verilebilmektedir. Ambalaj değişimi de bu konudaki önemli uygulamalardan bir tanesidir. Buradaki temel bakış açısı, ürünün korunmasını garanti ederken, ambalaj malzemesi miktarının minimize edilmesidir. Bu alanda verilebilecek en yaygın örneklerden biri, kırılabilir malzemelerin korunmasına yönelik olarak plastik köpük yerine geri dönüştürülmüş karton kullanımınıdır. İşyerlerinde atık ve emisyon denetimi ile temiz (sürdürülebilir) üretim olanaklarının belirlenmesi çalışmalarında, atık üretiminin azaltılarak maliyetlerin düşürülmesi hedeflenmekte, bu hedefe ulaşmak için ele alınan işlemler;

- Genel temizlik ve çalışma usulleri incelenmesi ve iyileştirmelerin yapılması,
- Çalışanların bilinç düzeyinin artırılması ve çevresel konularda temiz (sürdürülebilir) üretim tekniklerinin incelenmesi ve gerekli eğitim programının hazırlanması,
- Yıkama sisteminin iyileştirerek, daha az çamaşır suyu ve alternatif kimyasalların kullanılması,
- Çözünmüş hava flotasyonu (DAF) sistemi kurulması, atıksuyun arıtıldıktan sonra deşarj edilmesi olarak özetlenebilir.

4. 5. Personel Eğitimi İşletme Verimliliği ve Çalışanların Eğitimi

İşletme verimliliğinin artırılması, çalışma usullerinin iyileştirilmesi ve personelin düşük maliyetli fırsatlar ve temiz (sürdürülebilir) üretim teknikleri konusunda eğitimi sağlanacaktır. Atık ve enerji izleme sistemi gibi spesifik önlemler, temiz (sürdürülebilir) üretim eğitim programı ve işletme verimliliğinin artırılmasında atık azaltımı için daha iyi stratejiler kullanılacaktır

4. 6. Sürekli Gelişme ve Sürdürülebilirlik

İşletme tarafından uygulanan temiz (sürdürülebilir) üretim olanakları başarıyla hayata geçirilmiş olmasına rağmen, sürekli geliştirme ve iyileştirme için de önemli bir potansiyel her zaman mevcuttur. Proje ekibinin, temiz (sürdürülebilir) üretim tekniklerini uygulaması ve olumlu sonuçlar alması, işletmenin her türlü değişime açık olmasını da beraberinde getirmiştir.

4.7. Enerji Denetimi, Temiz (Sürdürülebilir) Üretim Olanaklarının Belirlenmesi

İşletmelerin enerji denetimi, ilgili bir çalışmalar kapsamında elektrik faturalarından enerji kullanım verileri ve bu faturaların tüm üretim süreçlerine yönelik değerleri yaklaşık tahmin edilebilir ve enerji verimliliğinde dikkate alınacak parametreler;

- Soğutucu yüklerinin tekrar düzenlenmesi,
- Isı eşanjörü kullanarak yıkama suyu içindeki ısının alınması(örneğin pişirme için ön ısıtmada kullanılması ile pişirme bölümündeki enerji ihtiyacı %15 azaltılacaktır),
- Bazı ekipmanların yıkanması için alternatif temizleyiciler kullanılarak gerekli sıcak su miktarının azaltılması,
- Üretim sistemlerinde kullanılan enerji kullanım değişimi örneğin elektrik yerine doğal gazlı sistem kullanılması,
- Üretimde farklı yerlerde kullanılan enerjinin ölçülmesi,
- Yıkama için daha düşük su sıcaklığı uygulanması (sağlık standartları yerine getirilerek),
- Zaman kontrollü klima sisteminin kullanılması,
- Ofis ve fabrika sahasında enerji tasarruflu aydınlatma kullanılması,
- Gereğinden fazla aydınlatma yerine kritik üretim alanlarında daha fazla spot aydınlatma kullanılması,
- Açık çatı panelleri ile doğal ışığın daha fazla kullanılması,
- Personel eğitimi ile işletme verimliliğinin artırılması (örn. kullanılmadığı zaman makinelerin ve ışıkların kapatılması),
- Üretilen kg ürün başına fabrikada kullanılan enerji (kJ),
- Üretilen kg ürün başına kullanılan sıcak su miktarı,
- İşletmenin aylık maksimum enerji tüketimi (kwh).

5. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada; temiz üretim kavramı ve üniversite-kent işbirliğinin bir diğer boyutunu oluşturan, temiz üretimde mesleki teknik eğitimin ve üniversite birimlerinin sektörlere katkılar sağlayacak modellerin yerel bazda uygulanması ve bu sayede yöresel kalkınma ele alınmıştır. Hızlı değişim ve ticari sektörün değişkenliği, iş dünyasının köklü ve insan kaynakları gelişimini uzun vadeli bir yatırım olarak gören kurumların geleceğe yatırım yaparak sürdürülebilir gelişime dönüştürecek donanımın kazanılmasına katkı sağlamaktadır. Temiz üretim kavramı, “sürdürülebilir kalkınma” olarak ele alınabilecek şemsiye bir kavramın temel bileşenlerinden biridir. Gelecek kuşakların kaynaklarını tüketmeden sürekli olarak gelişmek olarak özetlenebilecek sürdürülebilir kalkınma anlayışı, Türkiye gibi henüz büyüme ve küresel ticarete etkin bir aktör olarak dâhil olma sürecindeki bir ülkede, gündelik düzeydeki birçok ihtiyaçla çelişir gibi görünmektedir. Temiz üretim kavramı, üretim süreçleri üzerinde büyük bir ek yük oluşturmayıp bilâkis bu süreçlerin daha etkin, daha yüksek kapasitede ve daha az girdiyle daha çok çıktı üretmesine odaklanan ve bu bağlamda verimlilikle birçok noktada örtüşen temiz üretim yaklaşımı, her büyüklükten ve her sektörden işletmeye de, bir yandan doğal kaynakları koruması ve çevresel kriterlere ulaşmasına, diğer yandan da rekabet edebilirlik düzeyini artırmasına yönelik yeni alternatifler sunmaktadır. Bu faaliyetlerin tahmini sonuçları; ithalata

bağımlılığın azaltılması ve yurtiçi tasarrufların artırılması programlarına katkıda bulunurken aynı zamanda eğitim, mesleki beceri, teknoloji, Ar-Ge, iş ve yatırım ortamı ve kayıt dışılık konuları için oluşturulan diğer programlara önemli faydalar sağlanacaktır. Çevre dostu teknolojilerin genel çerçevesi içinde "temiz ürün-temiz üretim teknolojileri" ve "geri kazanım ve yeniden kullanım" teknolojilerinin üretim alanında ve üretim işleminin entegre olarak gerçekleştirilmeleri ve "temiz üretim teknolojileri" için yapılması gereken çalışmalarda başarı için;

- Süreç değişikliğine gidilerek, hammadde, yardımcı madde, doğal kaynak girdilerini ve atık çıktılarını en aza indirgeyen teknolojiler desteklenmelidir.
- Geri kazanım ve yeniden kullanım teknolojileri geliştirilmelidir.
- Güneş enerjisi gibi çok eski çağlardan beri bilinen özellikleri gereği zaten çevre dostu olan gelenekselleşmiş çevre dostu teknolojilerin kullanımı teşvik edilmelidir.
- Verimlilik algısını geliştirme çalışmaları yanında, kurumsallaşmanın artırılması, üretim süreçlerinin geliştirilmesi ve ölçek sorunlarının azaltılmasına yönelik faaliyetlerin yürütülmesi güçlenerek devam etmelidir.

Sonuç olarak; sektörler ve Üniversite birimlerinin bilgi, tecrübe paylaşımı ile gerekli özen ve disiplini göstermeleri hedeflenen bilginin etkin biçimde yaygınlaştırılmasına katkı sağlayarak sürekli yenilenen donanımlı ve bilgili insanlarla toplum yapımızın daha güzel günlere ulaşmasında temiz üretim kavramı, "sürdürülebilir kalkınma" olarak ele alınabilecektir. Bu kapsamda, temiz üretim ve üretimde verimliliğin artırılması, verimlilik algısının geliştirilmesi, üretim süreçlerinin iyileştirilmesi, katma değer artırılması ile temiz üretim hedeflerine katkı sağlanacaktır.

6. KAYNAKLAR

[1]. Atalay. N., Türkiye’de Temiz Üretim (Eko-Verimlilik) Alanında Mevcut Durum., Kalkınmada Anahtar Sayı 280.,Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2012.

[2]. Türkiye’de temiz(sürdürülebilir)üretim uygulamalarının yaygınlaştırılması için çerçeve koşulların ve ar-ge ihtiyacının belirlenmesi., Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı., 2010.

[3]. Üretimde Verimliliğinin Artırılması Programı Eylem Planı.,10. Kalkınma Planı 2014 - 2018),. Kalkınma Bakanlığı 2014.

[4]. Cleaner Production and Eco-efficiency., Complementary Approaches To Sustainable Development., World Business Council for Sustainable Development. 2001.

[5]. Sanayide Eko-Verimlilik (Temiz Üretim) Kılavuzu: Yöntemler Ve Uygulamalar., Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı. 2011.

NANO PARTİKÜL TAKVİYELİ KOMPOZİTLERİN TİTREŞİM DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Mehmet Fatih ŞANSVEREN, Mustafa YAMAN

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

Nano partiküllü kompozitler; ilerleyen teknolojik gelişmeler ile bu gelişimlere kaynak sağlayacak malzeme grubu olarak öne çıkmakta ve birçok alanda umut ve gelecek vaat eden malzemeler olarak araştırma ve uygulamalara konu olmaktadır. Polimer matrisli nano kompozitler sahip oldukları üstün mekanik, ısıl ve elektronik özelliklerinden dolayı enerji, ulaşım, savunma, otomotiv, uzay, spor ürünleri ve altyapı sektörlerinde kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu kompozitlerin üretim aşamaları ve işleme süreçleri ile sahip oldukları mekanik ve dinamik özelliklerinin karakterize edilmesi önemlidir.

Bu çalışma ile farklı katkı oranlarına sahip nano kompozitler ile ham epoksiden oluşan kompozit numuneler laboratuvar ortamında üretilmiştir. Yapılan nano partikül katkısının malzeme yapısına etkisi titreşim testleri ile belirlenmiştir. Ayrıca kompozitler farklı kalınlıklarda üretilerek titreşim davranışlarına etkisi araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Nano partiküller, polimer matrisli kompozitler, titreşim*

UZAY ÇELİK ÇERÇEVELERİN MATLAB-SAP2000 OAPI İLE OPTİMUM BOYUTLANDIRILMASI

Musa ARTAR^a, Ayşe T. DALOĞLU^b

^a*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bayburt Üniversitesi, Bayburt*

^b*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*

Özet

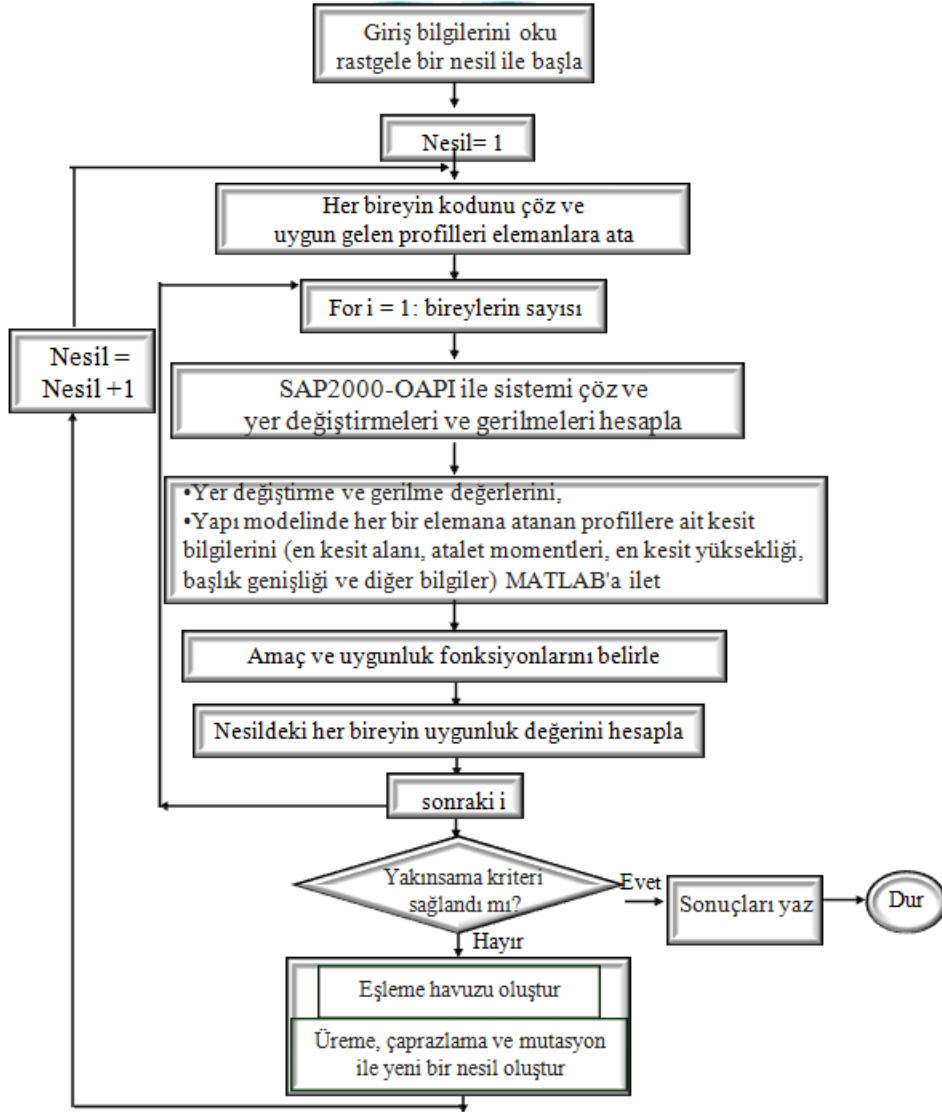
Bu çalışmada 32 elemanlı uzay çelik çerçeve sistemin genetik algoritma yardımıyla MATLAB-SAP2000 OAPI (Open Application Programming Interface) kullanılarak minimum ağırlık için optimum boyutlandırmaları yapılmıştır. Optimum boyutlandırmalar, AISC'den (American Institute of Steel Construction) alınan 64 W (geniş başlıklı I profil) arasından gerekli sınırlayıcılar uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan sınırlayıcılar olarak, AISC-LRFD (American Institute of Steel Construction - Load and Resistance Factor Design) standardındaki kriterlerine uygun olarak gerilme sınırlayıcıları, maksimum yer değiştirme, katlar arası rölatif yer değiştirme ve geometrik sınırlayıcıları dikkate alınmıştır. Çözülen örnekte bulunan analiz sonuçları tablo ve grafikler ile sunularak değerlendirilmiştir. Elde edilen boyutlandırma sonuçları, MATLAB-SAP2000 OAPI yönteminin uzay çelik çerçevelerin boyutlandırmasında oldukça elverişli bir yöntem olduğunu göstermiştir.

1. Giriş

Bu çalışmada yapı optimizasyonu için kullanılan ve stokastik optimizasyon yöntemlerinden biri olan Genetik Algoritma (GA) yöntemi Golberg [1] tarafından geliştirilmiştir. Bu algoritma tekniği, kopyalama, çaprazlama ve mutasyon gibi biyolojik prensiplere dayanan bir yöntem olup son yıllarda optimum tasarım çözümlerinin elde edilmesinde sıkça kullanılmaktadır. En sağlıklı (uygun) bireylerin hayatta kalma ilkesine dayanan GA yöntemi ayrık tasarım değişkenli problemlere çok rahat uygulanabilmektedir.

GA yöntemi ile yapı optimizasyonu üzerine yapılan temel ilk çalışmalardan biri Rajeev ve Krishnamoorthy [2] tarafından yapılmıştır. Yapılan bu temel çalışma, basit kafes sistemlerin optimum boyutlandırmasını içermektedir ve daha sonraki yıllardaki birçok araştırmacıya referans olmuştur.

Bu çalışmada GA yöntemi ile ele alınan uzay çerçeve sistemin MATLAB-SAP2000 OAPI ile minimum ağırlık için optimum boyutlandırması gerçekleştirilmiştir. MATLAB-SAP2000 OAPI ile karmaşık problemler oldukça pratik bir şekilde çözülebilmektedir. Bunun için yapı modelinin gerilme ve deplasman değerleri SAP2000 yardımı ile her iterasyon adımında otomatik olarak hesaplanmakta ve elde edilen değerler MATLAB'da hazırlanan algoritma programına aktarılarak sınırlayıcılar altında her bireyin uygunluk değeri belirlenmektedir. Sonlandırma kriterinin sağlanması durumunda yapı sistemin optimizasyonu gerçekleştirilebilmektedir. Çalışmada kullanılan akış şeması Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan Genetik Algoritmanın akış şeması

2. Boyutlandırma Sınırlayıcıları

Uzay çelik çerçeve sistemin optimum tasarım problemi minimum ağırlık için aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Daloğlu ve Armutçu [3]),

$$\min W = \sum_{k=1}^{ng} A_k \sum_{i=1}^{nk} \rho_i L_i \quad (1)$$

Burada A_k k grubuna ait elemanların kesit alanlarını, ρ_i ve L_i i inci çubuğun yoğunluğunu ve boyunu, ng sistemdeki toplam grup sayısını, nk sistemdeki toplam eleman sayısını göstermektedir.

Çözülen uzay çerçevenin boyutlandırılmasında kullanılan sınırlayıcılar aşağıda sıralanmaktadır (Aydoğdu ve Saka [4]).

- Uygulanan gerilme sınırlayıcıları, AISC-LRFD [5]'e göre;

$$\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2 \text{ için } g_{il}(x) = \left(\frac{P_u}{\phi P_n} \right)_{il} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right)_{il} - 1.0 \leq 0 \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, nm \\ l = 1, \dots, nl \end{array} \quad (2)$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2 \text{ için } g_{il}(x) = \left(\frac{P_u}{2\phi P_n} \right)_{il} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right)_{il} - 1.0 \leq 0 \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, nm \\ l = 1, \dots, nl \end{array} \quad (3)$$

Bu bağıntılarda, nm toplam eleman sayısı, nl yükleme durumlarının toplam sayısı, P_u çekmede veya basınçta aksenal kuvvet, P_n çekmede veya basınçta taşınabilecek maksimum kuvvet, M_{ux} kuvvetli eksendeki eğilme momenti, M_{nx} kuvvetli eksendeki taşıyabileceği maksimum eğilme momenti, M_{uy} zayıf eksendeki eğilme momentidir (iki boyutlu çerçevelerde $M_{uy} = 0$ dır), M_{ny} zayıf eksendeki taşıyabileceği maksimum eğilme momenti, ϕ ise dayanım azaltma katsayısıdır, basınç için 0.85, çekme için 0.90 ve eğilme için 0.90 dır.

- Uygulanan maksimum yer değiştirme sınırlayıcıları;

$$g_{jl}(x) = \frac{\delta_{jl}}{\delta_{ju}} - 1 \leq 0 \quad j = 1, \dots, m \quad l = 1, \dots, nl \quad (4)$$

Burada δ_{jl} lyükleme durumu için j noktasının deplasmanını, δ_{ju} ilgili deplasmanın alabileceği üst sınırı, m yer değiştirmesi sınırlanmış düğüm noktası sayısını, nl toplam yükleme durumlarının sayısını göstermektedir.

- Katlar arası rölatif yer değiştirme sınırlayıcıları;

$$g_{jil}(x) = \frac{\Delta_{jil}}{\Delta_{ju}} - 1 \leq 0 \quad j = 1, \dots, ns \quad i = 1, \dots, nsc \quad l = 1, \dots, nl \quad (5)$$

Burada Δ_{jil} l yükleme durumu altındaki j . kattaki i . kolonda katlar arası yerdeğiştirmesi, Δ_{ju} sınır değer (kat yüksekliği/300), ns katların sayısı, nsc bir kattaki kolonların sayısını göstermektedir.

- Kolon- kolon geometrik sınırlayıcılar;

$$g_n(x) = \frac{D_{un}}{D_{ln}} - 1 \leq 0 \quad n = 2, \dots, ns$$

$$g_w(x) = \frac{W_{un}}{W_{ln}} - 1 \leq 0 \quad n = 2, \dots, ns \quad (6)$$

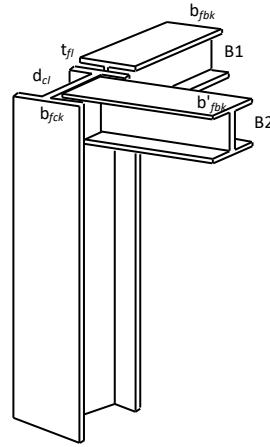
Burada W_{un} ve W_{ln} seçilen üst ve alt kattaki kolonların birim ağırlıklarını, D_{un} ve D_{ln} ise üst ve alt kattaki seçilen kolonların kesit yüksekliğini göstermektedir.

$$g_{bf,i}(x) = \frac{b'_{fbk,i}}{d_{cl,i} - 2t_{fl,i}} - 1 \leq 0 \quad i = 1, \dots, n_{bw} \quad (7)$$

$$g_{bb,i}(x) = \frac{b_{fbk,i}}{b_{fck,i}} - 1 \leq 0 \quad i = 1, \dots, n_{bf}$$

Burada n_{bw} kolon kesitinin gövdesine bağlanan kirişlerin sayısını, $b'_{fbk,i}$ kiriş kesitinin başlık genişliğini, $d_{cl,i}$ kolon kesitinin yüksekliğini, $t_{fl,i}$ kolon kesitinin başlık kalınlığını, n_{bf} kolon kesitinin başlığına bağlanan kirişlerin sayısını, $b_{fbk,i}$ ve $b_{fck,i}$ kolon ve kiriş kesitlerinin başlık genişliklerini göstermektedir.

Kolon-kiriş geometrik sınırlayıcılarına ait detay Şekil 2'de sunulmuştur.

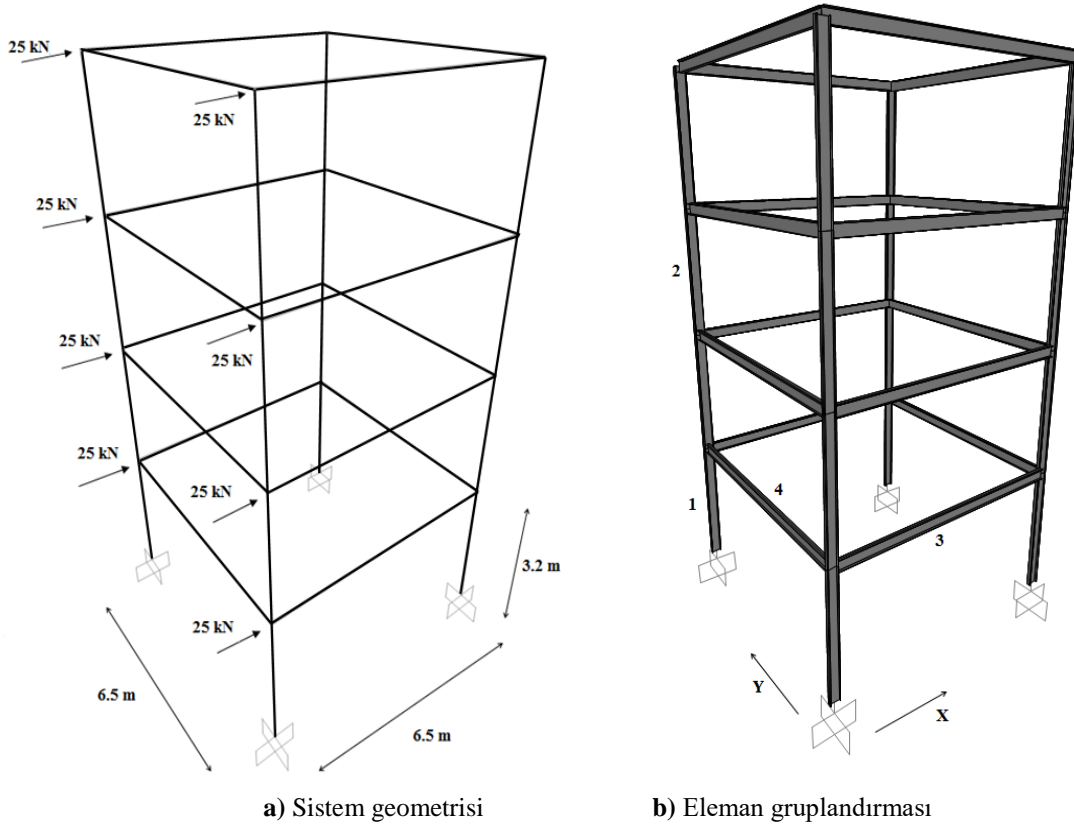


Şekil 2. Kolon-Kiriş birleşim detayı

3. Tasarım Örneği

Hazırlanan tasarım örneğinde kullanılan çelik malzeme bilgileri, $E=200$ GPa, $f_y=248.2$ MPa ve $\rho=7.85$ ton/m³ dir. Optimum boyutlandırma, AISC (American Institute of Steel Construction) den alınmış 64 W profili arasından gerçekleştirilmektedir; W8x15, W 8x21, W8x24, W 8x28, W 8x31, W 8x35, W 8x40, W 10x15, W 10x22, W 10x26, W 10x33, W 10x39, W 10x54, W 10x77, W 12x19, W 12x26, W 12x30, W 12x35, W 12x40, W 12x45, W 12x50, W 12x53, W 12x58, W 12x72, W 12x96, W 14x26, W 14x30, W 14x34, W 14x38, W 14x43, W 14x48, W 14x53, W 14x61, W 14x68, W 14x74, W 14x82, W 14x90, W 14x120, W 14x159, W 14x193, W 14x257, W 14x311, W 14x370, W 14x426, W 16x26, W 16x31, W 16x36, W 16x40, W 18x35, W 18x40, W 18x50, W 18x76, W 21x50, W 21x62, W 21x132, W 24x68, W 24x103, W 27x94, W 27x161, W 30x108, W 30x148, W 30x191, W 33x221, W 36x194.

Bu çalışmada Şekil 3'de gösterilen 32 elemanlı uzay çelik çerçeve sistem boyutlandırılmıştır.

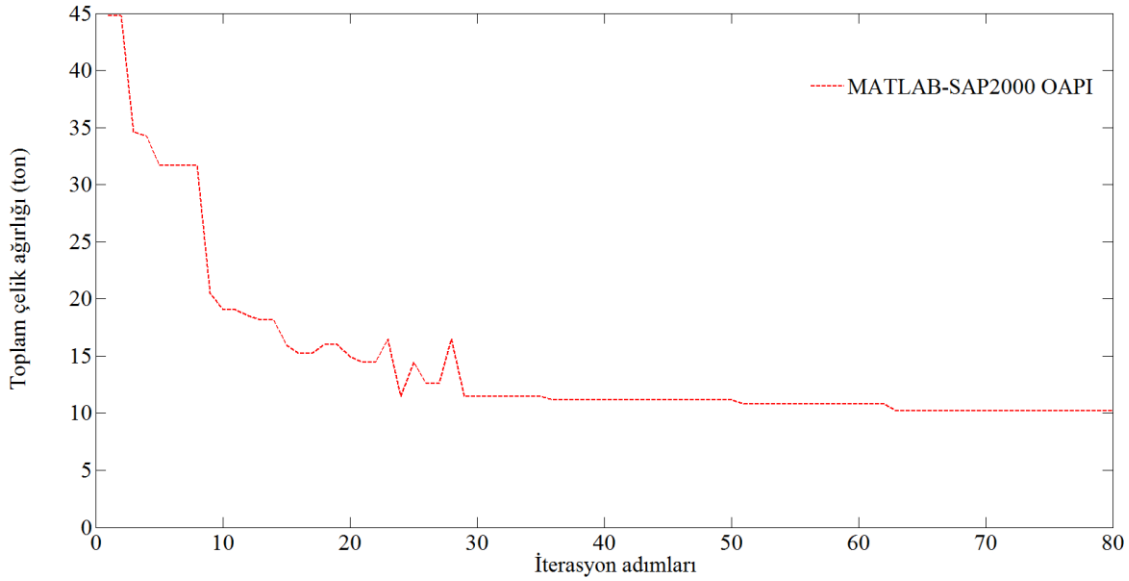


Şekil 3. 32 elemanlı uzay çerçeve

Şekil 3'de gösterilen uzay çerçevede her kiriş üzerinde 15 kN/m ölü yük bulunmaktadır. Rüzgar yükü olarak 25 kN şekilde görüldüğü gibi uygulanmıştır. Maksimum yer değiştirme ve katlar arası rölatif yer değiştirme sınır değerler: (h/400) sırasıyla 3,2 cm ve 0.8 cm dir. Elde sonuçlar optimum profiller Tablo 1 de sunulmuştur. Ayrıca toplam ağırlığın iterasyon adımları ile değişimi Şekil 4'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Optimum boyutlandırma sonuçları

Grup No	MATLAB-SAP2000 OAPI Genetik Algoritma
1. ve 2. kat Kolonlar (1)	W21x62
3. ve 4. kat Kolonlar (2)	W14x53
Kirişler- X doğ. (3)	W14x53
Kirişler- Y doğ. (4)	W10x22
Toplam Ağırlık (ton)	10.21
Maks. yatay yerd. (cm)	1.85
Maks. katlar arası rölatif yerd. (cm)	0.79



Şekil 4. Toplam ağırlığın iterasyon adımları ile değişimi

Tablo ve şekilde görüldüğü, optimum boyutlandırma ağırlığı 45 ton ile başlayarak 80 iterasyon adım sonunda 10.21 ton'a düşmüştür. Katlar arası rölatif yer değiştirme değeri 0.79 cm limit değere (0.80 cm) oldukça yakındır. Buna göre katlar arası yer değiştirme sınırlayıcılarının boyutlandırmada oldukça aktif olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca elde edilen profillere göre gerilme sınırlayıcılarının yanı sıra geometrik sınırlayıcılarının da boyutlandırmada oldukça belirleyici olduğu görülmüştür.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada 32 elemanlı uzay çelik çerçeve sistemin genetik algoritma yöntemi kullanılarak MATLAB-SAP2000 OAPI ile optimum boyutlandırmaları gerçekleştirilmiştir. Gerilme sınırlayıcılarının katlar arası rölatif yer değiştirme ve geometrik (kolon-kolon ve kolon-kiriş) sınırlayıcıları kullanılmıştır. Tüm optimizasyon aşamaları için MATLAB'da bir program geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre katlar arası rölatif yer değiştirme ve geometrik sınırlayıcıların gerilme sınırlayıcılarının yanı sıra optimizasyonda oldukça aktif rol oynadıkları gözlenmiştir. Ayrıca MATLAB-SAP2000 OAPI yönteminin optimum boyutlandırma için oldukça uygun olduğu görülmüştür.

5. Kaynaklar

- [1] D.E. Goldberg, *Genetic algorithms in search, optimization and machine learning*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1989.
- [2] S. Rajeev, C.S. Krishnamoorthy, *Discrete optimization of structures using genetic algorithms*, Journal of Structural Engineering, ASCE 118(5):1233-1250, 1992.
- [3] A. Daloğlu, M. Armutçu, *Genetik algoritma ile düzlem çelik çerçevelerin optimum tasarımı*, Teknik Dergi 116: 1601-1615, 1998.
- [4] İ. Aydoğdu, M.P. Saka, *Ant colony optimization of irregular steel frames including elemental warping effect*, Advances in Engineering Software, 44(1), 150-169, 2012.
- [5] AISC – LRFD, *Manual of steel construction: load and resistance factor design*, American Institute of Steel Construction, Chicago, 2001.

MAGNEZYUM DİBORÜR (MgB₂) ÜRETİMİ VE UYGULAMA ALANLARI

Selçuk AVCI^a, Ferhat BÜLBÜL^b

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

^aselcuk.avci@atauni.edu.tr

^bferhat.bulbul@atauni.edu.tr

Magnezyum Diborür (MgB₂) süper iletkenlik ve diyamanyetiklik özellikleri nedeniyle geniş bir üretim ve uygulama alanı bulmuştur. Bu uygulamalar madencilik, petrol ve kimya sanayi, yazı ve dokuma sanayi, uzay sanayi, paketleme ve nakliye sanayi, ağaç-kağıt ve ahşap sanayi, otomotiv sanayi, kalıp ve döküm sanayi, elektronik sanayide görülmektedir. Günümüzde MgB₂ filmlerin üretilmesi için elektrokimyasal sentez, elektroforesiz esaslı yöntemler, sol-jel, moleküler demetle epitaksi, iyon demetiyle epitaksi ve darbeli lazer başta olmak üzere birçok yöntem geliştirilmiştir.

MgB₂ genel özellikleri itibariyle sadece süper iletkenlik ve manyetik özellikler açısından araştırılmakta ve üretilmektedir. Bu malzemenin bilhassa tribolojik özelliklerine dair literatürde herhangi bir çalışma olduğu görülmemektedir. Bu malzemenin yapısı sadece elektronik sanayi için değil mekanik uygulamalarda da aşınmaya dirençli malzeme (kaplama yöntemi ile) olarak kullanılma potansiyeli taşımaktadır. Ayrıca piyasada üretilen elektriksiz Ni-B ve Ni-P kaplamalara alternatif olabilir.

BAYBURT TAŞI ATIKLARININ ZEMİN STABİLİZASYONUNDA KULLANILMASIYLA KIVAM LİMİTLERİNDE MEYDANA GELEN DEĞİŞİMLER

Fatih YILMAZ^a, Hakan Alper KAMILOĞLU^b, Erol ŞADOĞLU^c,
Fahri Uluç ÖZBAYOĞLU^d

^a*Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, fyilmaz@bayburt.edu.tr*

^b*Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, hkamiloglu@bayburt.edu.tr*

^c*Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, esadoglu@ktu.edu.tr*

^d*Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, fozbayoglu@bayburt.edu.tr*

Rezervleri Bayburt şehri civarında bulunan Bayburt Taşı (BT) tüfit taşlar grubunda yer alan doğal bir puzolandır. Yeşil, beyaz ve sarı renkte, farklı fizikokimyasal özelliklere sahip üç türü bulunan bu taşların ocaklardan çıkarılmasında ve işlenmesinde modern teknolojilerin kullanılmamasının etkisiyle %70'lere varan atık malzemeler meydana gelmektedir. BT puzolanik özellik göstermesine rağmen, daha önce zemin stabilizasyonu çalışmalarında kullanılmamıştır. Bu çalışmanın amacı, üç farklı türdeki bu taşların zemin stabilizasyonunda doğrudan kullanılması ile zeminin kıvam limitlerinde meydana gelen değişimleri incelemektir.

Çalışmadan elde edilen verilere göre, stabilizasyon çalışması için temin edilen mühendislik özellikleri zayıf CH kilinin likit limit değerinin çok yüksek olduğu ve BT atıkları ilavesiyle bu değerlerde düşüşlerin meydana geldiği görülmüştür. Likit limit azalışlarının en çok meydana geldiği karışımlar, Yeşil Bayburt Taşı (YBT) atıklarının karıştırıldığı numuneler olduğu tespit edilen bu çalışmada plastik limit değerlerinin BT atıkları ilavesiyle anlamlı düzeyde değişimler göstermediği görülmüştür. Kıvam deneyi sonuçları her üç taşın katkı maddesi olarak kullanılmasının LL, PL ve PI değerlerinde düşüşe neden olduğunu göstermektedir. Bu değerler için en büyük düşüşler ZY20 karışımlarında meydana gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Bayburt Taşı, Zemin stabilizasyonu, Kıvam limitleri*

ZEMİN MEKANİĞİNDE HİDROMETRE DENEYİ YERİNE KULLANILABİLECEK ALTERNATİF YÖNTEM: LAZER KIRINIM YÖNTEMİ

Fatih YILMAZ^a, Hakan Alper KAMILOĞLU^b, Erol ŞADOĞLU^c, Ahmet KUVAT^d

^a*Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, fyilmaz@bayburt.edu.tr*

^b*Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, hkamiloglu@bayburt.edu.tr*

^c*Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, esadoglu@ktu.edu.tr*

^d*Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, ahmet.kuvat@gmail.com*

Zemin mekaniğinde 200 No'lu eleğin üstünde kalan malzemelerin granülometri eğrisini belirlemek için elek analizi deneyi yapılmaktadır. 200 No'lu elek altı malzemelerin tane boyutu dağılımını belirlemede ise genel olarak hidrometre yöntemi veya pipet yöntemi tercih edilmektedir. Hidrometre deneyi, Stokes yasasına göre yapılan ve uzun zaman alan yorucu bir deneydir. Bu çalışma kapsamında, hidrometre deneyi yerine, çok az miktarda örnek numune alınarak yapılabilen ve kısa sürede sonuç veren lazer kırınım yöntemiyle tane boyutu 0.075 mm'den küçük öğütülmüş taşların granülometri eğrisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca binaen, öğütülmüş Bayburt Taşı (BT) atıklarıyla hidrometre ve lazer kırınım yöntemiyle deneyler yapılmış ve bu iki farklı yöntemden elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Literatür çalışmalarından elde edilen bilgiler ve deneysel veriler ışığında, lazer kırınım yöntemi ile hidrometre yönteminin birbirine yakın sonuçlar verdiği ve lazer kırınım yönteminin zemin mekaniğinde kullanılabilir bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Zemin mekaniği, Hidrometre deneyi, Lazer kırınım yöntemi*

MÜHENDİSLİKTE BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ KULLANIMI

Fatih YILMAZ

Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, fyilmaz@bayburt.edu.tr

Bilgisayarlı tomografi, 1970'li yıllarda Godfrey Hounsfield ve Allan Cormack tarafından geliştirilmiş bir radyolojik görüntüleme tekniğidir. Bilgisayarlı tomografi ile görüntüleme tekniği medikal amaçlı icat edilmesine ve bu alanda çok yaygın bir biçimde kullanılmasına karşın, 1980'li yıllardan bu yana özellikle petrol mühendisliği uygulamalarında ve farklı mühendislik sektörlerinde kullanılmaya başlanmıştır.

Geçmişten günümüze kullanılan beş nesil bilgisayarlı tomografi tarayıcısı bulunmaktadır. Birinci nesil tarayıcılarda kesit görüntüleme 6-7 dk kadar sürerken, beşinci nesil tarayıcılarda bu zaman dilimi 50-100 milisaniye mertebelerine kadar inmiştir.

Bilgisayarlı tomografi cihazının en önemli geliştiricisi olan Godfrey Hounsfield kendi adını taşıyan bir skala oluşturmuştur. Bu skalaya kısaca HU değerleri denilmektedir. Bu çalışma kapsamında farklı maddelere ait HU değerleri sunulmuş olup, bilgisayarlı tomografinin mühendislik alanında kullanımına dair örnekler kısaca özetlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Bilgisayarlı tomografi, İnşaat mühendisliği*

EKSANTRİK YÜKLÜ MODEL YÜZEYSSEL TEMELLERE AİT TAŞIMA GÜCÜ DEĞERLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ

Hakan Alper KAMILOĞLU^a, Fatih YILMAZ^b, Erol ŞADOĞLU^c, Coşkun HAMZAÇEBİ^d,
Fahri Uluç ÖZBAYOĞLU^e

^a Bayburt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, hkamiloglu@bayburt.edu.tr

^b Bayburt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, fyilmaz@bayburt.edu.tr

^c Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, esadoglu@ktu.edu.tr

^d Karadeniz Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, hamzacebi@ktu.edu.tr

^e Bayburt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, fozbayoglu@bayburt.edu.tr

Temeller, üst yapıdan gelen dikey yüklerin yanında moment etkilerini de bertaraf etmek durumundadırlar. Gerek asimetrik temellerin kullanımı, gerekse üst yapıya etkiyen momentler, eksantrisiteye sebebiyet vermektedirler. Temellerde eksantrisitenin artışına bağlı olarak taşıma gücü değerlerinde azalmalar meydana gelmektedir. Söz konusu tipteki temellerin taşıma gücü değerlerini belirlemeye yönelik birçok sayısal çalışmanın yanında eksantrisitenin taşıma gücü değerine olan etkisinin araştırıldığı deneysel çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmalardan biri Eastwood (1952)'un yapmış olduğu deneysel çalışmadır. Söz konusu çalışmada kumlu zemin üzerinde üç farklı genişlikteki model yüzeysel temellere farklı eksantrisite durumlarında yüklemeler yapılmış ve taşıma gücü değerleri belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada Eastwood'un yaptığı deneyler sonrasında elde ettiği veriler kullanılarak, yapay sinir ağları ile modelleme yapılmıştır. Bu kapsamda deneysel olarak belirlenen parametrelere ait veriler kullanılarak Çok Katlı Perseptron (ÇKP) ağlar ileri yayılım öğrenme algoritması kullanılarak eğitilmiştir. Böylece söz konusu deney için farklı eksantrisite değerlerinde taşıma gücü değeri veren bir Yapay Sinir Ağları modeli oluşturulmuştur. Hazırlanmış olan YSA modeline eksantrisite, model temel genişliği değerleri girdi verisi olarak tanıtılmış, deneysel verilerden elde edilen nihai taşıma gücü değeri çıktı verisi olarak kullanılmıştır. Çalışma kapsamında ara katmanlarda farklı sayılarda nöronlar kullanılması ve farklı fonksiyonlar kullanılması durumunda elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

ERZİNCAN-ÜZÜMLÜ YÖRESİ VOLKANİK KAYAÇLARININ KIRMATAŞ AGREGA ÖZELLİKLERİ

Ş. YETGİN^a, Y.S. AKSÜT^b, A. ÇAVDAR^c

^a*Gümüşhane Üniversitesi, s.yetgin@hotmail.com,*

^b*Gümüşhane Üniversitesi, yavuz_aksut@hotmail.com*

^c*Gümüşhane Üniversitesi, ahmcavdar@hotmail.com*

Bu çalışmada, Erzincan-Üzümlü yöresi, dört farklı bölgedeki taş ocaklarından elde edilen volkanik kayaçların mühendislik özellikleri incelenmiştir. Araştırma kapsamında söz konusu ocaklardan elde edilen kayaç örneklerinin mineralojik ve petrografik yapısı başta olmak üzere bu örneklerin standartlara uygun (TS, BS, ASTM) olarak gevşek ve sıkıştırılmış birim kütle, özgül kütle, su emme oranı, Los Angeles aşınma direnci, donmaya karşı direnç ve tek eksenli basınç dayanımı özellikleri deneylerle belirlenmiştir. Sonuç olarak, Üzümlü yöresinde bulunan taş ocaklarından çıkarılan volkanik kayaçların beton agregası olarak üstün ve yetersiz yönleri belirlenmiş ve bunlardan Yassı Tepe Doğusuna ait volkanik kayacın kırmataş agregası olarak daha uygun niteliklere sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Agrega, kırmataş agregası, volkanik kayaç*

YÜKSEK SICAKLIK ETKİSİNDEKİ BİR BETONARME ELEMANDA ISI YAYILIMININ İNCELENMESİ

Arman H. ESKANDANI^a, Selim PUL^b

^aAvrasya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yomra, Trabzon, arman.eskandani@ktu.edu.tr

^bKaradeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon, spul@ktu.edu.tr

Mühendislik yapılarının boyutlandırılmasında genellikle düşey ve yatay yükler göz önüne alınmakta, yapının özelliğine göre bazen çarpma etkisi gibi özel yükleme halleri de yapısal çözümlenmeye katılmaktadır. Bunlara ek olarak bazı durumlarda yangın ve benzeri etkilerden dolayı ortaya çıkan ilave etkilerin de göz önüne alınması gerekebilir. Zira yüksek sıcaklık altında beton basınç dayanımının bir kısmını kaybederken, betonarmenin temelini oluşturan donatı-beton aderansı da olumsuz yönde etkilenmektedir. Beton basınç dayanımındaki azalma miktarı, kullanılan malzemelerin özelliklerine ve ulaşılan en yüksek sıcaklık, ısıtma hızı, ısıtma süresi, soğutma şekilleri gibi değişkenlere göre farklılık gösterir.

Bu çalışmada, Abaqus sonlu elemanlar yazılımı kullanılarak, tasarlanan bir betonarme eleman modeli üzerinde, yüksek sıcaklık etkisi altında doğrusal olmayan sonlu eleman çözümlenmeleri gerçekleştirilmiş ve ısı yayılımının dış yüzeyden aderans bölgesine kadar olan değişimi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek sıcaklık, Donatı-beton aderansı, Isı yayılımı, Doğrusal olmayan sonlu eleman çözümlenmesi

GIDA ENDÜSTRİSİNDE NANOENKAPSÜLASYON

Pınar KIZILKAYA^a, Güzin KABAN^b, Mükerrerem KAYA^b

^a*Ardahan Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Gıda Teknolojisi 7500 Ardahan*

^b*Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü 25240 Erzurum*

Günümüzde pek çok alanda olduğu gibi gıda endüstrisinde de nanoteknolojik uygulamalarda önemli ilerlemeler kaydedilmiş ve halen kapsamlı Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir. Gıda endüstrisinde uygulamalar gıda işleme, nötrasötik gıda, ambalajlama ve gıda güvenliği ve algılamayı içeren birçok kategoriye ayrılır. Araştırmalar neticesinde nanoteknoloji ile gıda içerisindeki çeşitli maddelerin moleküler düzeyde incelenebileceği, tasarlanabileceği ve kontrol edilebileceği ortaya konulmuştur. Farklı renk, aroma ve besin öğeleri içeren nano yapıların uygulanması ile gıdaların fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinde olumlu yönde değişiklikler sağlanabilecektir. Bu kapsamda uygulanan nano-enkapsülasyon ile esansiyel yağlar, antioksidantlar, proteinler, vitaminler, mineraller ve diğer birçok besin öğesinin çevre şartlarından korunarak biyoyararlılığı artırılmış olacaktır. Ayrıca gıda işleme, taşıma ve depolama sırasında da ortaya çıkan kayıplar minimize edilecektir. Bu derlemede, gıda sektöründe nanoenkapsülasyon uygulamaları üzerine gerçekleştirilen araştırmalar farklı açılardan tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Nanoteknoloji, nanoenkapsülasyon, nanogıda, mikroenkapsülasyon*

PLASTİK BOŞLUKLU KİRİŞSİZ DÖŞEME SİSTEMLERİ İLE İLGİLİ BİR SENTEZ ÇALIŞMASI

Mohammad Manzoor NASERY^a, Metin HÜSEM^b

^aKaradeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, mnasery@ktu.edu.tr

^bKaradeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, mhusem@ktu.edu.tr

Özet

Günümüzde özellikle ticari ve endüstri yapılarında büyük açıklıkların geçilmesi gerekmektedir. Geleneksel betonarme sistemlerle büyük açıklıkların kirişli ve kaset döşeme sistemleriyle geçilebilmekte, fakat bu sistemlerde açıklık arttıkça kiriş derinliği artmakta, yapı ağırlaşmakta ve net kat kullanım yüksekliği de azalmaktadır. Estetik açıdan derin kirişler yapının mimarisini bozmakta ve kirişsiz (mantar) döşemelerde ise zımbalama problemi ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda daha büyük açıklıkların, yapı ağırlığını artırmadan, geçilebilmesi için yeni sistemler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Günümüzde geleneksel döşeme sistemlerine alternatif olarak plastik boşluklu kirişsiz döşeme sistemleri uygulanmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, plastik boşluklu döşeme sistemleri hakkında bir sentez çalışması yapılarak uygulama, avantaj ve dezavantajları tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme döşemeler, kirişsiz döşemeler, plastik boşluklu kirişsiz döşeme, zımbalama dayanımı.

Abstract

Nowadays the need for big space area covering, specially in commercial and industrial building seems to be one of the primary necessities. The traditional reinforced concrete slab system covers the big openings by beamed slabs and waffle concrete slab system to some extent. However, using the aforementioned systems to provide big openings causes the depth of the beam to increase which not only makes the structure heavy, but also decrease the floor height as well. Moreover, depth of the beam directly affect the aesthetic of the structure and vanishes its beauty. As for flat slab system one of the main problems is the punching strength. Recently plastic spherical void concrete slab system have been developed, in which the spherical hollow plastic is used between the top and bottom reinforcements of the concrete slab. By using this, we can decrease overall weight of the structure up to thirty five percents and up to twenty meters opening can be covered without adding a column in the middle. The most vital advantage of this system is decreasing the structure weight, which decreases the lateral earthquake load to structure as well. In the column-slab connection, the plastic spherical voids are not used, rather the connection is full of concrete, thus the punching strength increases since the weight of the structure is reduced. However, as the concrete consumption is reduced by inserting the spherical plastic spacers into the concrete slabs, the heat and sound insulation cannot be ignored. This synthesis study, comprehensively discusses the pros and cons of using plastic spherical void concrete slab system.

Keywords: Reinforced concrete slabs, flat slab, plastic spherical void slabs, punching strength.

1. GİRİŞ

Betonarme 1850’li yıllarda ortaya çıkmaya başlamıştır. Hollandalı ünlü mimar, Hendrik Petrus Berlage, 165 yıllık geçmişe sahip betonarmeyi 1922 yılında; “Betonarme, malzeme alanında demirden sonraki önemli, beklide en önemli, olan buluştur” diye tanımlamıştır [1]. Günümüzdeki yapılarda yaygın olarak kullanılan betonarme taşıyıcı sistemi çelik, ahşap ve kompozit taşıyıcı sistemlere göre daha çok tercih edilmektedir. Bunun sebebi ise betonarmenin daha dayanıklı ve daha ekonomik olmasıdır. Yapılardaki taşıyıcı sistem elemanı olan betonarme döşemeleri geleneksel betonarme döşeme sistemleri ve yeni nesil betonarme döşeme sistemleri olarak ikiye ayrılabilir.

Geleneksel döşeme sistemlerin en büyük dezavantajı ise büyük açıklıkların geçebilmesinde ağırlığının fazla olmasıdır. Bu problemi ortadan kaldırmak için geliştirilen yeni nesil döşeme sistemleri geleneksel döşemelere göre %35 oranından daha hafiftir. Yeni nesil döşeme sistemi olan plastik boşluklu kirişsiz döşeme sistemi üzerinde yapılan çalışmalarda bu sistemin büyük avantajlar sağladığı görülmektedir [2].

Plastik boşluklu kirişsiz döşeme sistemleri hakkında en kapsamlı araştırmalar [3-6] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda plastik boşluklu kirişsiz döşeme sisteminin eğilme etkisinde, kesme dayanımı, zımbalama dayanımı, rijitliği, dinamik yükleme altındaki frekanslar, ses ve ısı iletkenliği araştırılmıştır. Plastik boşlukları döşemenin yanı sıra, perde ve tünel kalıp sisteminde kullanarak davranışlarını incelemiştir [7].

Yeni nesil döşeme sisteminin, İlk uygulama projesi 1999 yılında Bubbledeck firması tarafından Holanda’nın Rotterdam şehrinde Millinyum Tower binasına uygulanmıştır [8]. Dünya’da plastic boşluklu kirişsiz döşeme sistemlerin uygulandığı projelerden birkaç örneği ise Kolumbia Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi (2014), Freiburg Üniversitesi Kütüphanesi (2013), Park Royal-Singapur (2012), WestLink – Zurich (2012), FH Kampüsü – Viyana (2009), Walfer Alish Veriş Merkezi-Lüksamburg (2008), Sogn Arena-Oslo (2007), City Hall- Glostrup(2004), Millinyum Tower-Rotterdam(1999) vd. olarak verilebilir [13,14].

Bu çalışmada, plastik boşluklu döşeme sistemleri hakkında bir sentez çalışması yapılarak uygulama, avantaj ve dezavantajları tartışılmıştır.

2. GELENEKSEL BETONARME DÖŞEME SİSTEMLERİ

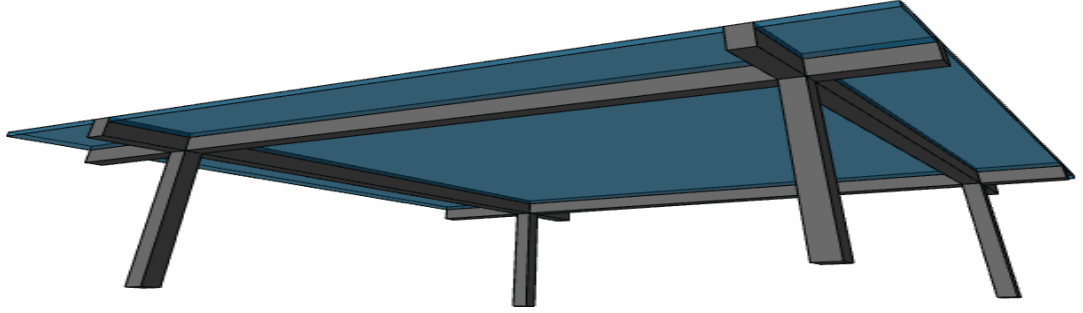
Döşemeler, iki boyutlu yatay taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Taşıdıkları hareketli ve sabit yükleri kirişlere ve çevre duvarlarına iletmektedir. Döşeme tipine bağlı olarak bazı durumlarda yükleri doğrudan kolonlara da aktarmaktadır. Mesnet ve kenar açıklık durumuna göre bazen tek doğrultuda bazen ise çift doğrultuda çalışmaktadırlar [9]. Literatürde betonarme döşemeler kirişli plak döşemeler, kirişsiz (mantar) döşemeler, dişli (nervürlü) döşemeler ve kaset döşemeler olarak sınıflandırılmaktadırlar [10]. Buna göre döşeme tipi seçiminde etkili olan parametreler şu şekilde özetlenebilmektedir [11].

- Bölgenin deprem durumu,
- Döşemenin maliyeti,
- Geçilecek açıklık miktarı,

- Etkiyecek yük miktarı ve çeşidi,
- Yapının kullanım amacı
- Yapının plan geometrisi,
- Taşıyacağı eşya ve cihazların hassasiyeti,
- Teknik personelin bilgi ve becerisi,
- Konsol döşemenin varlığı:

2.1. KİRİŞLİ PLAK DÖŞEMELER

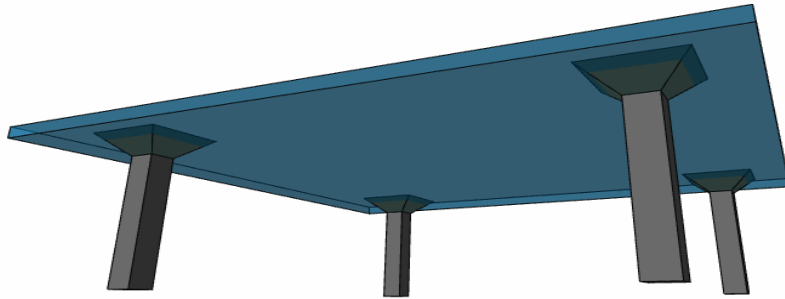
Mesnetleri kirişler veya hatılardan oluşan kirişli plak döşemeler en çok tercih edilen betonarme döşeme tipidir (Şekil 1). Bu döşemeler 9 m açıklığı kadar ekonomiktir, depreme karşı dayanıklılık açısından ise en dayanıklı döşeme sistemidir. Bunun sebebi ise döşemenin sürekli ve hafif olmasından kaynaklanmaktadır [12].



Şekil 1. Kirişli plak döşeme

2.2. KİRİŞSİZ (MANTAR) DÖŞEMELER

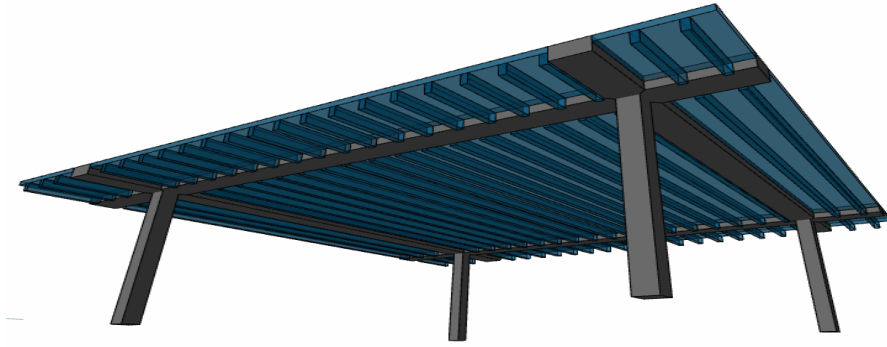
Kolonların üzerine oturan rijit bir plaktan oluşan kirişsiz döşeme sisteminin en büyük avantajı ise mimari açıdan kirişlerin kat yüksekliğini azaltma probleminin olmamasıdır (Şekil 2). Özellikle ticari ve işyerleri gibi etkin kullanım kat yüksekliğinin istendiği yerlerde tercih edilmektedir. Bu tip döşemelerde kolon ve döşeme birleşim bölgesinde zımbalama problemi ortaya çıkmaktadır [11].



Şekil 2. Kirişsiz(mantar) döşeme

2.3. DIŞLİ (NERVÜRLÜ) DÖŞEMELER

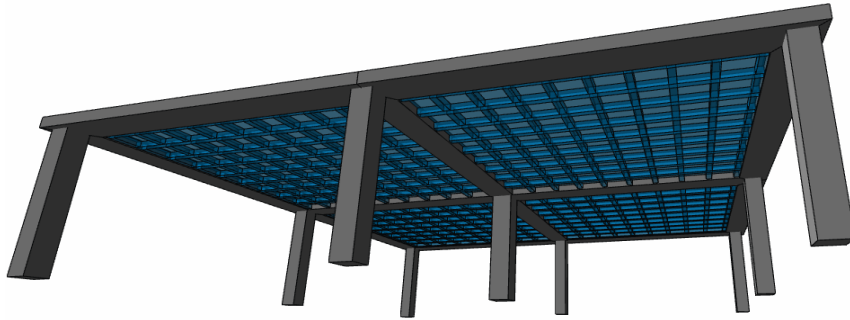
Dişli döşemeler, ana kirişlerin yanı sıra küçük kesitli kirişler ve ince plaktan oluşan döşeme sistemidir. Düşey taşıyıcı elemanlar ana kirişlerle bağlandıktan sonra döşeme açıklığının içine yerleşen küçük kesitli kirişler ile döşemenin rijitliği artırılmakta ve büyük açıklıkların geçilmesi sağlanmaktadır (Şekil 3). Bu tip döşemede açıklık kesitlerin taşıma gücüne etkisi fazla olmayan çekme bölgesindeki betonun kaldırılmasıyla döşeme sistemi hafiflenmekte, ekonomikliğin yanı sıra yapının hafiflenmesiyle depremden gelen yük de azaltılmaktadır [9]. Son yıllarda kullanılan, kirişler arası boşluklar tuğla, bimeks ve strafor gibi malzemelerle doldurulan döşeme sistemine ise asmolen döşeme denilmektedir. Bu döşemenin en büyük dezavantajı ise kirişler arası süreksizlik deprem sırasında rijit diyafram hareketinin tam olarak yapamamasıdır [1].



Şekil 3. Dişli (nervürlü) döşeme

2.4. KASET DÖŞEMELER

Büyük açıklığın geçilmesi istenen sinema salonu, otopark vb gibi yerlerde 15-25m'ye kadar açıklığı geçebilmektedir. Dişli döşemelere benzeyen kaset döşeme sisteminde ise her iki doğrultuda birbirleriyle kesişen tali kirişlerden oluşmaktadır (Şekil 4). Tali kirişler ana kirişlere oturmakta ve bu kirişlerde büyük burulma momentleri oluşmasından dolayı genişlikleri büyümektedir. Bu sistemin en büyük dezavantajı ise çok ağır olmasıdır, dolayısıyla her iki yönde rijit perdelerle oturtması depreme dayanıklılığını artırmaktadır [1].

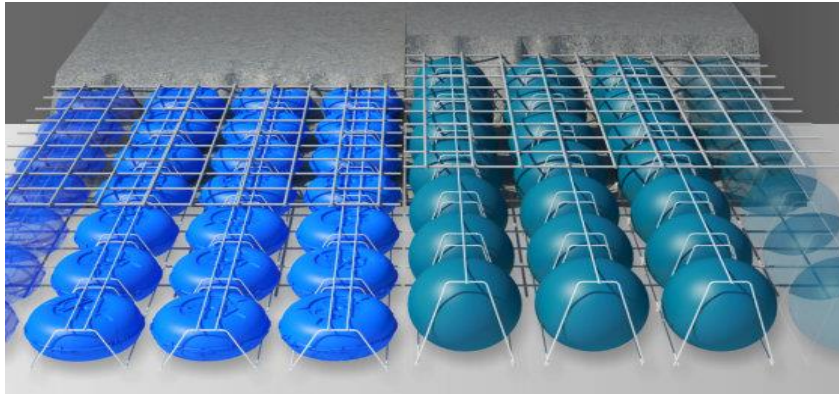


Şekil 4. Kaset döşeme

Döşeme tipi seçiminde yukarıda anlatılan parametreler göz önünde bulundurularak proje tipine ve ekonomiklik derecesine tasarım aşamasında karar verilmektedir. Tüm döşeme tiplerinin kendine ait avantajları ve dezavantajları vardır, proje mühendisi tasarım sırasında bir optimizasyon analizi yaparak karar vermesi gerekmektedir. Projenin durumuna bağlı olarak birçok yerde karma döşeme sistemleri de kullanılmaktadır.

3. YENİ NESİL DÖŞEME SİSTEMLERİ

Günümüzde özellikle ticari ve endüstri yapılarında büyük açıklıkların geçilmesi gerekmektedir. Geleneksel betonarme sistemleri ile büyük açıklıkların kirişli ve kaset döşeme sistemleri ile geçilebilmekte, fakat bu sistemlerde açıklık arttıkça kiriş derinliği artmakta, yapı ağırlaşmakta ve net kat kullanım yüksekliği de azalmaktadır. Estetik açıdan derin kirişler yapının mimarisini bozmakta ve kirişsiz (mantar) döşemelerde ise zımbalama problemi ortaya çıkmaktadır. Bu problemleri ortadan kaldırmak için yeni nesil döşeme sistemleri 2000'li yılların başlarında gelişen teknoloji yardımıyla ilk kez Bubbledeck ve Cobiax firmaları tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilen yeni nesil döşeme sisteminde 18-45cm çapında içi boş küresel plastikler döşemenin üst ve alt donatının arasına yerleştirilmektedir (Şekil 5-6). Günümüzde yaygın olarak kullanılan bu tip döşeme sistemi ABD, Almanya, Avusturya, Hollanda, İsviçre, İran, Lüksemburg, Malezya, Polonya, Singapur, Türkiye ve birçok ülkede çeşitli projelerde uygulanmaktadır [13].



Şekil 5. Cobiax firmasının yeni nesil döşeme sistemi detayı [13].

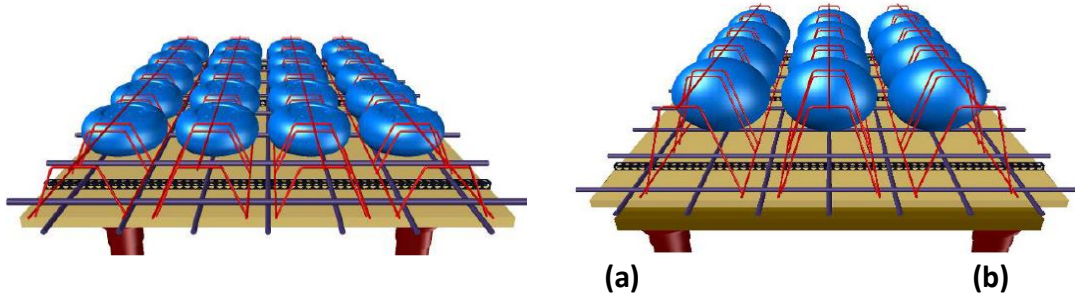


Şekil 6. BubbleDeck firmasının yeni nesil döşeme sistemi [14].

Yeni nesil döşeme sisteminin pilot uygulamaları 1997-2003 yılları arasında yapılmıştır. Cobiax firması tarafından ilk uygulama projesi 2004 yılında Almanya'nın Tornesch şehrinde Bürogebäude Pharmatechnik binasına uygulanmıştır [15]. Geçilecek açıklığın ve döşemenin kalınlığının durumuna göre plastik boşluğun çapı da değişmektedir. Bubbledeck ve Cobiax firmaların uygulamalarında farklılıklar olmasına rağmen genel çalışma prensibi benzerdir. Fakat Cobiax sisteminde plastik boşluk elemanı sehpalar arasında yerleştirilmekte, Bubbledeck sisteminde ise alt ve üst donatı arasında donatıdan bir makas oluşturarak plastik boşluklu toplar bunların arasına yerleştirilmektedir.

4. PLASTİK BOŞLUKLU KİRİŞSİZ DÖŞEME SİSTEMLERİ

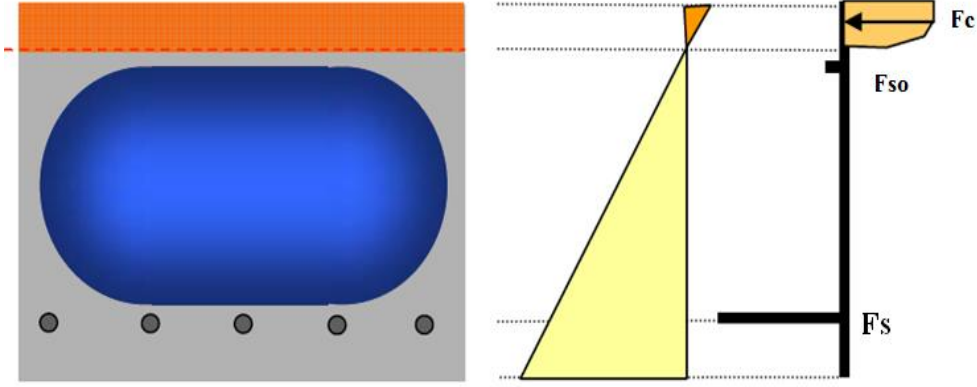
Plastik boşluklu kirişsiz döşeme sistemleri yeni nesil döşeme sistemleri olarak da bilinmektedir. Cobiax ve Bubbledeck firmaları yaygın olarak uygulayan bu sistemde 20 m'ye varan açıklıklar kolonsuz olarak geçebilmekte, kolon oranında %40 kadar azalış olmaktadır [16]. Döşeme plağın içine yerleştirilen plastik boşluklar döşeme açıklığına bağlı olarak çapı değişmektedir (Şekil 7). Döşeme içine yerleştirilen bu plastik toplar sayesinde döşemenin ağırlığı mantar döşeme ağırlığına göre %35 oranında hafiflemektedir. Dolayısıyla kolonlara gelen kuvvetlerde azalma olmakla beraber enkesitleri küçülmektedir [2].



Şekil 7. Cobiax firmasının plastik boşluklu döşeme sistemi [2].

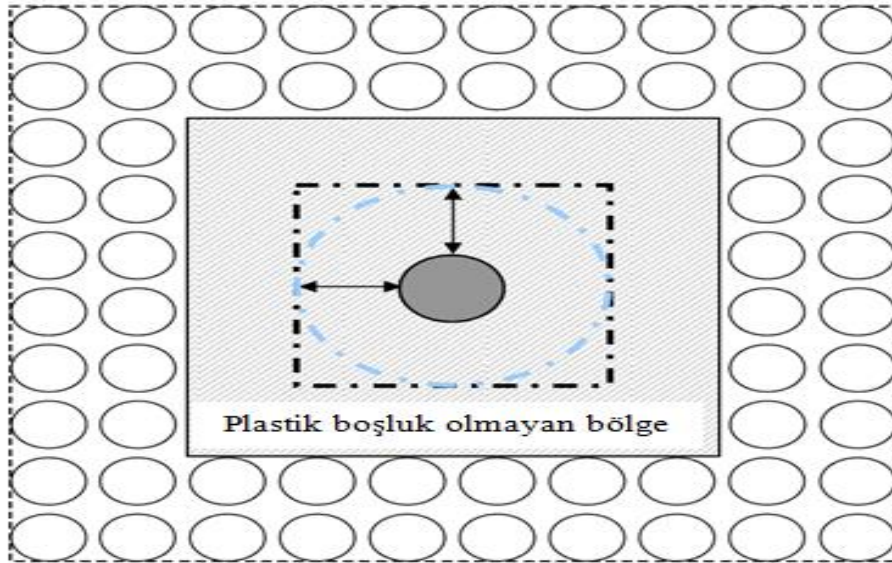
Eğilme etkisinde plastik boşluklu kirişsiz döşeme mantar döşemeye çok yakın bir davranış sergilemektedir. Şekil 8'de görüldüğü gibi basınç bölgesi plastik boşluğun üstünde kalmakta, plastik boşluğun olduğu yerdeki betonun çekme dayanımına herhangi bir etkisi olmadığından fazla ağırlığı ortadan kaldırılmakta ve döşeme hafiflenmektedir. Dolayısıyla plastik boşluklu kirişsiz döşeme sisteminin maksimum direnme momenti normal betonarme döşemelerdeki gibi yönetmeliklerde belirtilen metotlarla hesaplanabilmektedir [2].

Betonarmenin içine yerleştirilen plastik boşluklar döşemenin rijitliğini azaltmakta, normal kirişsiz betonarme döşeme gibi rijit diyafram hareketini de gösterememektedir. Fakat bu azalış çok önemli bir oranda olmadığı ispatlanmakta, rijitlik azalması döşeme plak kalınlığı ile değişim göstermekte ve bu değer %6-%11 arasında değişmektedir [2].



Şekil 8. Plastik boşluklu kirişsiz döşemede eğilme moment etkisi [2].

Plastik boşluklu döşemelerde kesme dayanımı aynı kalınlıktaki mantar döşemenin %10'una kadar olduğu gösterilmiştir. Fakat kolon döşeme birleşim bölgesindeki zımbalama ise mantar döşemeden çok daha fazladır. Kolon döşeme birleşim bölgesine plastik boşluklar yerleştirilmemektedir. Şekil 9'de görüldüğü gibi zımbalama alanı tamamen betonarme olmakta, döşemenin hafiflemesinden dolayı kolona gelecek olan normal kuvvet azalmakta, dolayısıyla zımbalama dayanımı mantar döşemeye göre daha yüksek olmaktadır [6].



Şekil 9. Plastik boşluklu kirişsiz döşeme-kolon birleşim bölgesi

Plastik boşluklu döşeme sistemin yangın dayanımı ise hemen hemen mantar döşeme ile aynıdır, bunun sebebi ise plastik toprakların üst ve alttan beton örtüsünün içine kaldığı için yangınlarda zarar görmemektedir. Ses ve ısı yalıtımı açısından bu sistemin en büyük avantajı ısı iletkenlik katsayısının düşük olmasıdır [2].

Plastik boşluklu kirişsiz döşeme sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalar giriş bölümünde verilmiştir. Fakat üç boyutlu deprem performans analizi, döşemenin içinde farklı boşlukların olduğu sistemler, darbeye karşı dayanıklılığı gibi parametrelerini belirleyen yeterince çalışma henüz yapılmamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde özellikle ticari ve endüstri yapılarında büyük açıklıkların geçilmesi gerekmektedir. Geleneksel betonarme sistemleri ile büyük açıklıkların kirişli ve kaset döşeme sistemleri ile geçilebilmekte, fakat bu sistemlerde açıklık arttıkça kiriş derinliği artmakta, yapı ağırlaşmakta ve net kat kullanım yüksekliği de azalmaktadır. Estetik açıdan derin kirişler yapının mimarisini bozmakta ve kirişsiz (mantar) döşemelerde ise zımbalama problemi ortaya çıkmaktadır. Plastik boşluklu döşeme sistemlerin geliştirilmesiyle bazı avantajlar elde edilebilmektedir. Plastik boşluklu döşeme sistemlerin avantajları ve dez avantajlarından bazıları aşağıda verilmiştir.

- Düz bir yüzey elde edilmekte, derin kirişler gibi yapının estetiğini bozan herhangi bir engel oluşturmamaktadır.
- Plastik boşluklu döşeme sistemi aynı kalınlıktaki mantar döşeme sistemine göre %35 daha hafiftir. Dolayısıyla deprem sırasında yapıya gelecek olan yatay yükte önemli derecede bir azalma oluşturmaktadır.
- 20 m'ye kadar açıklık, plastik boşluklu döşeme sistemi ile geçilebilmektedir.
- Kolon enkesitlerinde %40 oranında azalma sağlayabilmektedir.
- Ses ve ısı yalıtımı açısından normal döşemelerden daha üstün bir performans göstermektedir.
- Kaset ve dişli döşemelere göre ise daha kolay bir işçiliğe sahip plastik boşluklu kirişsiz döşeme sisteminde beton sarfıyatı da azalmaktadır.
- Kesme dayanımı aynı kalınlıktaki mantar döşemenin ancak %10'u kadardır.
- Rijitliği normal betonarme döşemelere göre %6-%11 oranında daha düşüktür. Dolayısıyla rijit diyafram hareketini geleneksel betonarme döşemeler gibi sergilememektedir.

Plastik boşluklu kirişsiz döşeme sistemlerin avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurarak projelendirme sırasında optimizasyon analizleri yapıldıktan sonra, bu döşemenin uygunluğu projenin durumuna göre proje mühendisi tarafından karar verilmesi gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- [1]Topçu, A. Betonarme II, Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, 2015, http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/Dersler/Betonarme2/Sunular/Betonarme_2_5.pdf.
- [2] Cobiax Technologies AG,2010, Engineering Manuals, Version 1.0-2010-EC • Page 15/28
- [3] Schnellenbach-Held, M. ve Aldejohann, M., Biaxial hollow slabs, theory and tests , Betonwerk + Fertigteil-Technik, 10/2005, Seiten 50–59
- [4] Abrahmski, M., Albert, A., Pfeffer, K., ve Schnell, J., “Experimental and Numerical Investigation of the Load-Bearing Behaviour of Reinforced Concrete Slabs Using Spherical Void Formers”, Beton-und Stahlbetonbau 6, 105. Jahrgang, Juni 2010.
- [5] Wolski, L., Natural frequency of Cobiax ® flat slabs, MSc in Civil and Structural Engineering, Coventry University September, 2006.

- [6] Albrecht, C., Albert, A., Pfeffer, K., Schnell, J., Design and construction of two-way spanning reinforced concrete slabs with flattened rotationally symmetrical void formers, *Concrete and Reinforced Concrete Construction* 107 (2012), Issue 9.
- [7] <http://www.bubbledeck.com/>(Erişim tarihi:24.02.2015)
- [8] Arslan,M.,H., Öztürk, M., Kaltakçı, M.Y., Arslan, H.D., ve Korkmaz, H.H., Dairesel Kesitli Plastik Malzeme Kullanarak Üretilen Betonarme Elemanlar Üzerine Bir İrdeleme, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey.
- [9] Celep, Z., BETONARME YAPILAR, Beta Dağıtım, İstanbul 2011.
- [10] TS500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, 2000, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [11] Doğangünü, A., BETONARME YAPILARIN HESAP VE TASARIMI, Birsen Yayınevi, İstanbul 2010.
- [12] ACI 318-05 Building Code Requirements for Structural Concrete Reinforced Concrete, 2005.
- [13] http://www.cobiax.com/technology_(Erişim tarihi:25.08.2015)
- [14] <http://www.bubbledeck.com/>(Erişim tarihi:15.09.2015)
- [15] http://www.cobiax.com/projects_(Erişim tarihi:20.09.2015)
- [16] <http://www.palcotek.de/cobiax/en/cobiaxTechnology.php>(Erişim tarihi:20.09.2015)
- [17] IdeCADStatik Version 7.022 (2013)Ideyapi, İstanbul.

TEŞEKKÜR

Mohammad Manzoor Nasery, doktora çalışmasını ekonomik olarak destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) desteklerinden ötürü teşekkür borçludur. Bu çalışmada Cobiax Palcotek İstanbul teknik müdürü Mohammad Moazzen'a yardımından dolayı teşekkür ederiz.

GÜNEŞ ENERJİ DESTEKLİ JEOTERMAL KAYNAKLI HİBRİD SİSTEM ISI POMPASININ ISIL PERFORMANSI

Hüseyin GÜLLÜCE^a, Süleyman KARSLI^b, Hanifi SARAÇ^c

^a*Atatürk Üniversitesi Erzurum Meslek Yüksekokulu, Erzurum, hgulluce@atauni.edu.tr*

^b*Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Erzurum*

^c*Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

Isı pompası, dışarıdan enerji verilmesi ile düşük sıcaklıktaki bir ortamdan aldığı ısıyı yüksek sıcaklıktaki ortama veren bir makinedir. Optimum performans, daha yüksek sıcaklıktaki bir bölgeye belirli miktardaki ısıyı atmak için gerekli ısın minimuma indirilmesi ile elde edilebilmektedir. Isı pompası sistemi ılık günlerde bir iklimlendirme cihazı, daha soğuk günlerde ise bir ısıtma ünitesi olarak çalışmak üzere dizayn edilebilmektedir.

Soğuk iklim bölgelerinden olan Erzurum en fazla güneş alan illerimizden birisidir, ayrıca Pasinler ve Ilıca ilçelerimizde jeotermal kaynaklar bakımından da zengindir. Daha düşük sıcaklıktan faydalanarak hacim ısıtma imkânı sağlayan ısı pompası sistemlerinden faydalanmak gerekmektedir. Bu sistemin jeotermal kaynakları bulunan Pasinler ilçesinde kurularak sistem performansının araştırılmıştır. Araştırmalar sonucunda güneş destekli, jeotermal kaynaklı ısı pompasının kullanılmasının hem ekonomi hem de çevresel zararları önleme açısından uygun olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Enerji, jeotermal, ısı pompası, güneş enerjisi*

ELEKTROKİMYASAL BİYO-SENSÖRLERİN LabVIEW TABANLI KONTROLÜ

Emrah KAPLAN^a, Julien REBOUD^b, Jon COOPER^b

^a*Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane/ Türkiye, ekaplan@gumushane.edu.tr*

^b*Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, University of Glasgow, Glasgow, UK.*

Tıp, tarım, gıda, savunma ve hava kalite analizi gibi alanlarda farklı tekniklerle çalışan biyo-sensörler kullanılmaktadır. Elektrokimyasal metotla ölçüm yapan sensörler, yaygın olarak kullanılan optik metodların aksine, ışık geçirmeyen ortamlarda da ölçüm yapabilme avantajına sahiptirler.

Elektrokimyasal bir ölçüm yapabilmek için öncelikli olarak bir potansiyostat ve onu kontrol edecek programın kurulu olduğu bir bilgisayara ihtiyaç vardır. Bu durumda uygulanacak sinyalin parametreleri ve elde edilen sonuçlar tamamen bu donanım ve yazılım ikilisinin limitleriyle sınırlanmış olur. Ticari bir ürün yerine özel olarak tasarlanmış ayrı bir potansiyostat devresi kullanıldığı durumda ise birer sinyal jeneratörü ile osiloskopa ihtiyaç vardır. Böylece sistem daha esnek ve kabiliyetli bir hal alabilir fakat çok bileşenli yapısı nedeniyle pratik ve kullanışlı bir çözüm değildir.

Bu bildiri özetinde daha önceden Glasgow Üniversitesi'nde geliştirmiş olduğumuz yüksek hassasiyetli elektrokimyasal sensör sisteminin kontrol birimi için tasarlanan sistem anlatılmaktadır. Geliştirilen LabVIEW tabanlı program data akuzisyon birimi aracılığı ile potansiyostat devresini kontrol eder ve istenilen voltaj ölçümlerini ilgili ekranlarda gösterir. Grafikselleştirilmiş arayüze sahip dizayndaki ek analiz birimleri sayesinde ölçülen sonuçlar direkt kullanıma hazır data olarak elde edilir.

Kullanışlılığı ve kontrol edilebilirliği artırılan sistem sayesinde, geliştirilen sensörlerin daha hızlı, verimli ve düşük maliyetli bir şekilde test edilmesi mümkün hale gelmiştir. Tek ekranda hem giriş, hem de ölçüm bilgilerinin görülmesi deneysel testlerde oluşabilecek hataların anında tespit edilmesine ve sık karşılaşılan vakit kayıplarının engellenmesine imkan verir. Kontrol biriminin ikinci geliştirme aşamasında ise, erken kanser teşhisi için geliştirilen hassas ölçüm sisteminin önemli bir bileşeni olan yüzey akustik dalga üreticinin de aynı arayüz ile kontrolü gerçekleştirilecektir.

BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ YÖNTEMİNİN BETONUN POROZİTESİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANIMI

İlker TEKİN

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Beton çimentonun bağlayıcı olarak kullanıldığı iri ve ince agrega içeren bir kompozit malzemedir. Betonun dayanımı ve dayanıklılığı yüksek ölçüde poroziteye bağlıdır. Porozite betonda permeabiliteyi, kapilariteyi ve bunlara bağlı olarak donma-çözünme başta olmak üzere korozyon, sülfat atağı gibi birçok dayanıklılık faktörlerini kontrol eder. Geleneksel betonlarda genel olarak yaklaşık %3 – 10 arasında porozite bulunmaktadır. Bu harçlarda %45 değerlerine kadar çıkabilmektedir. Bu gözenekler farklı boyutlarda ve dağılımda oluşmaktadır. Genel yaklaşımla jel, kapiler ve hava boşlukları olarak sınıflandırılan bu boşlukların hesaplanması, ölçülmesi ve tanımlanması için birkaç yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında su emme metodu, optik mikroskop yöntemi, SEM, civa püskürtmeli porozimetre, gaz absorpsiyonu, NMR ve bilgisayarlı tomografi (BT) yöntemi bilinmektedir. BT yöntemi tahribatsız bir deney yöntemi olup malzemelerin yoğunluklarındaki farklılıkları esas alarak çalışan bir metottür. Bu yöntemle faz geçişleri kolaylıkla belirlenebilmekte özellikle gaz ve katı fazlar görüntüleri üzerinde tanımlanabilmektedir. Özel oluşturulmuş yazılımlarla macro ve mikro boşluklar hesaplanabilmekte, gözenek şekil geometri ve dağılımları belirlenebilmekte ve diğer malzeme özellikleriyle karşılaştırılabilmektedir. En önemli özelliği tahribatsız şekilde malzeme su içinde ya da havadayken görüntüleme yapılabilmesidir, ayrıca malzeme özellikleri birkaç deneyle korele edilebilmekte ve aynı numunede üzerinde birkaç deney yapılabilmesine olanak tanımaktadır. Bu çalışmada BT yönteminin beton teknolojisindeki yeri, avantaj ve dezavantajları ile değerlendirmeler açıklanacaktır.

B₄C VE GRAFEN NANO PARÇACIKLARI İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ ZA27 ALAŞIMININ MİKRO YAPISI VE AŞINMA DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

E. D. YALCIN^a, A. CANAKCI^{b*}, S.ÖZKAYA, F. ERDEMİR

^a Abdullah Kanca Meslek Yüksek Okulu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye

^b Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye,
aykut@ktu.edu.tr

Bu çalışmada Zn-Al matris kompozitleri grafen ve B₄C parçacıkları ile güçlendirilerek toz metalürjisi yöntemiyle üretildi. Bu tozlardan 63 µm elek altı tozları alındı. Ortalama boyutu 40µm olan ZA27 matris malzemesine, nano boyuttaki grafit(50 nm) ve bor karbür (55 nm) tozları katılarak nanokompozitler üretildi. Grafen parçacık takviyeleri ağırlıkça %0- % 0,5-% 1-% 3-%5 oranlarında; B₄C parçacık takviyeleri ise ağırlıkça %1 oranında katılarak kompozit toz karışımları hazırlandı. Bu karışımlar sabit bir öğütme süresinde(15dk) gezegen tipi yüksek enerjili bilyeli öğütücüde öğütüldü. Öğütülen tozlardan 435 °C' de 500 MPa basınç altında, sıcak presleme yöntemi ile nanokompozitler üretilmiştir. Üretilen nano kompozitlerin içyapı, fiziksel ve mekanik özellikleri araştırıldı. Grafen ve B₄C parçacıkları ile güçlendirilmiş ZA27 kompozitin aşınma davranışları ball on disk tekniği ile araştırıldı. Aşınma testleri, kuru sürtünme altında pin on disk aşınma cihazı ile 1 ve 5N yükler kullanılarak yağsız ortamda gerçekleştirilmiştir. Grafen ve B₄C oranlarının artmasıyla aşınma miktarlarında düşüş göstermiş olup özellikle grafen etkisi sonuçları tartışılmıştır. Artan yüklerde %5 grafen takviyesi ile en iyi aşınma direnci görülmüştür. Ağırlıkça artan grafen ve B₄C parçacıklarının kompozit malzemenin aşınma direncini ne mekanik özelliklerini iyileştirdiği açıkça görülmüştür.

Abstract

In this study, the Zn27 matrix composites reinforced by graphene nanosheet and B₄C nanoparticle were fabricated by powder metallurgy technique. The initial mixtures were milled at a constant ball milling time (15 minute) in a high-energy planetary type ball mill. Microstructure, physical and mechanical properties of these nanocomposites was investigated. The wear behaviour of ZA27 with reinforced B₄C and graphene nanoparticle was studied using the pin-on-disc technique. Results of the wear tests revealed that the wear rate decreased with an increase in the graghene and B₄C content. The results indicated that the increase in weight % of Gr nanosheet particles improves wear resistance and mechanical properties.

Keywords: Nanocomposites, ball milling, wear, graphene

1. GİRİŞ

Metal matrisli kompozitler metallere daha az termal genleşme katsayısına, daha iyi yüksek sıcaklıklara dayanımı, spesifik mukavemeti gibi özelliklere sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı bu kompozitler, roketlerde, uzay araçları, türbinler, ısı dönüştürücüleri, yapı malzemeleri gibi çok geniş kullanım sahasında yer almıştır. Metal matrisli kompozitler matris malzemesi ile

karşılaştırıldığında daha yüksek aşınma dayanımına, çekme mukavemetine ve elastik modülüne sahip olması bu malzemelerin kritik uygulamalarda kullanılması ön plana çıkmaktadır. Aynı zamanda düşük ağırlığa, çok iyi rijitliğe ve yüksek sıcaklıklarda mukavemeti koruyabilmesi gibi özelliklerinden dolayı dizaynırlar tarafından tercih edilmektedir. Günümüzde otomobil motorlarında metal matrisli kompozit kullanımı artmaktadır. [1]Çinko alaşımları dökme demir, alüminyum ve pirinç ile karşılaştığında daha düşük ergime sıcaklığına ve düşük maliyete sahip olup aynı zamanda çok iyi tribolojik özellikler göstermektedirler. Çinko alüminyum alaşımları son zamanlarda bronzun yerini almaya başlamıştır. [2] Çinko döküm alaşımları: ZA8, ZA12, ve ZA27 olarak sıralanabilir. Bu alaşımlar alüminyum esaslı alaşımlarla karşılaştırıldığında yüksek mukavemet, iyi işlenebilme ve yüksek aşınma dayanımı gibi özelliklere sahiptir. ZA27 alaşımları, rulman uygulamalarında bronz rulmanların yerini almıştır. [3]. ZA27 alaşımları çok iyi aşınma dayanımı ve sönümlenme kapasitesinden dolayı pek çok sanayide tercih edilmektedir[4]. Zn esaslı metal matrisli kompozitlerin tribolojik özellikleri araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Zn-Al esaslı kompozitler üzerine çalışmalar yapan araştırmacılara göre takviye elemanlarının aşınma dayanımını iyileştirdiği gözlemlenmiştir. [5,6] Zn Al esaslı kompozitler genellikle SiC, Al₂O₃ gibi sert seramik partikülleri ile takviye edilerek aşınma dayanımlarında artış gözlenmiştir. [7-9]

Bu çalışmada Zn-Al esaslı kompozitler; Gr ve B₄C ile takviye edilmiş ve bu kompozitlerin, mikro yapı, yoğunluk, sertlik ve aşınma davranışları incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

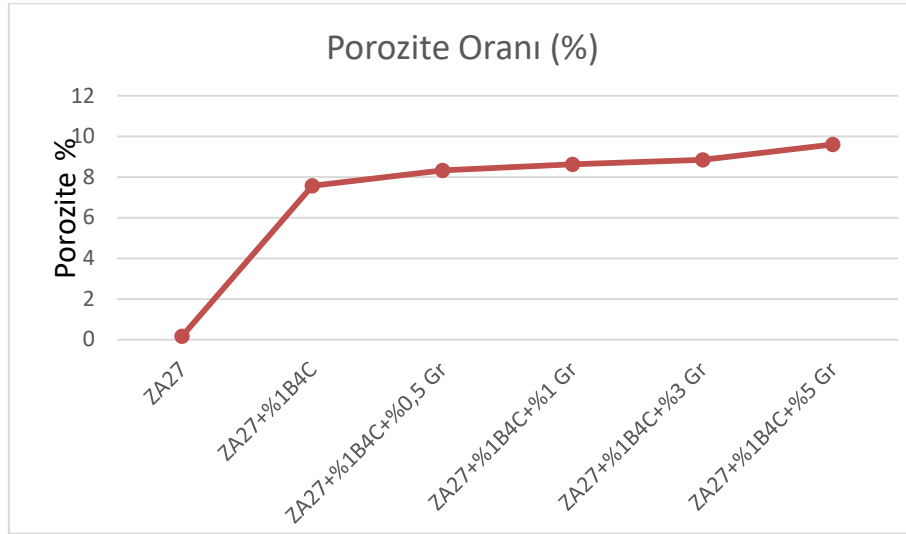
ZA27, nano Gr ve B₄C tozları başlangıç malzemesi olarakta kullanılmıştır. ZA27 alaşımının kimyasal kompozisyonu % 27.2Al, %2.01 Cu, %0.02 Mg, kalanı Zn. Takviye malzemeleri ile ZA27 tozları (Retsch PM 100) gezegen tipi bilyalı öğütücüde 15 dk süre ile argon atmosferinde karıştırılmıştır. Hazırlanan toz karışımları ilk olarak çelik kalıp içerisine yerleştirilip 500 MPa ve 430 °C de 3 saat sıcak preslenmeye tabi tutulmuştur. Çinko strearad kalıp yağlayıcısı olarakta kullanılmıştır. Mikro yapı incelemesi için kalıba alınan kompozit numunelerin yüzeyi sırasıyla 400, 800 ve 1200 lük zımparalanmıştır. Kompozitlerin mikro yapı incelemelerinde SEM kullanılmıştır. Numunelerin yoğunlukları arşimet metodu kullanılarakta belirlenmiştir. Brinell Sertlik ölçümleri 31,25 kgf yük altında ve en az 6 ölçüm yapılarak gerçekleştirilmiştir. Aşınma dayanım testlerinde ball on disk aşınma düzeneği kullanılmıştır aşınma testi öncesinde her bir numunenin yüzey pürüzlülüğü 0.4 µm ölçülmüştür. Aşındırıcı olarakta 10 mm çapında H11 sıcak iş takım çeliğinden olan bilyeler kullanılmıştır. Aşınma testleri 1 ve 5 N yüklerde, 48 ve 96 dk süreyle ve 100rpm hızda gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

3.1. Porozite ve sertlik

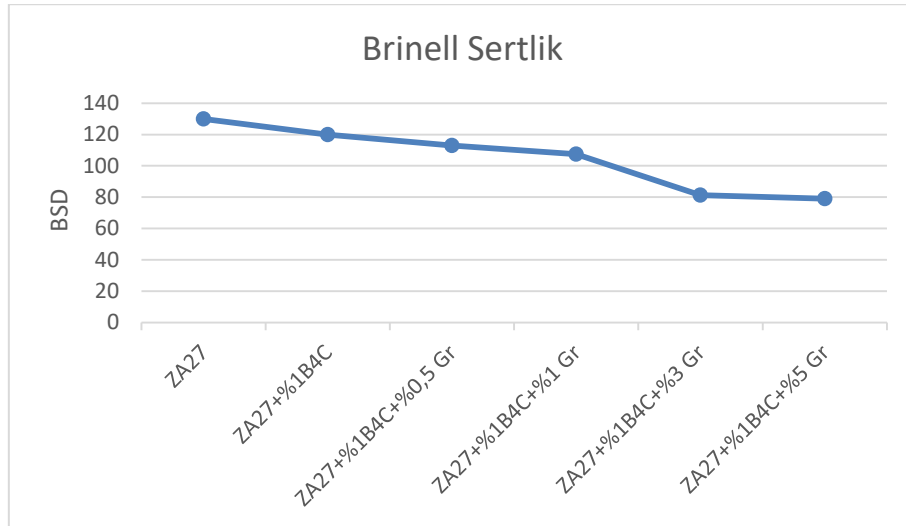
Şekil 1 ZA27 alaşımı ve kompozitlerin porozite değerlerini göstermektedir. ZA27 alaşımıyla karşılaştırıldığında, ZA27-%1 B₄C kompozitlerin porozite oranı 7 katı olmuştur. Takviye miktarı artmasıyla yoğunluk azalmıştır. ZA27-B₄C kompozitleri, Gr içeren kompozitlerden daha az aglomerasyona sahip olduğu gözlenmiştir. Gr içeren kompozitlerin yoğunlukları Gr

miktarının artması ile azalmıştır. Gr miktarı %0,5 ten % 3 e artığında yoğunluklarında çok az bir azalış görülmüştür. %5 gr takviyesi ile porozite miktarında önemli bir artış görülmüştür.



Şekil 1. ZA 27 alaşımı ve kompozitlerin porozite oranları(%)

Şekil 2’de kompozitlerin ve matris malzemesinin sertlik değerleri verilmiştir. B₄C miktarı %1 olduğunda sertlik değerinde ani bir düşüş gözlenmiştir. Sertlik değeri 130 HB den 119 HB ye düşmüştür. ZA27-B₄C-Gr kompozitlerin sertlik değeri porozite miktarının artması ile azalmış olup, en düşük sertlik değeri ZA27-%1B₄C-%5Gr kompozitlerde elde edilmiştir. Artan Gr miktarı ile birlikte aglomerasyonun artması ile bu durum açıklanmaktadır.

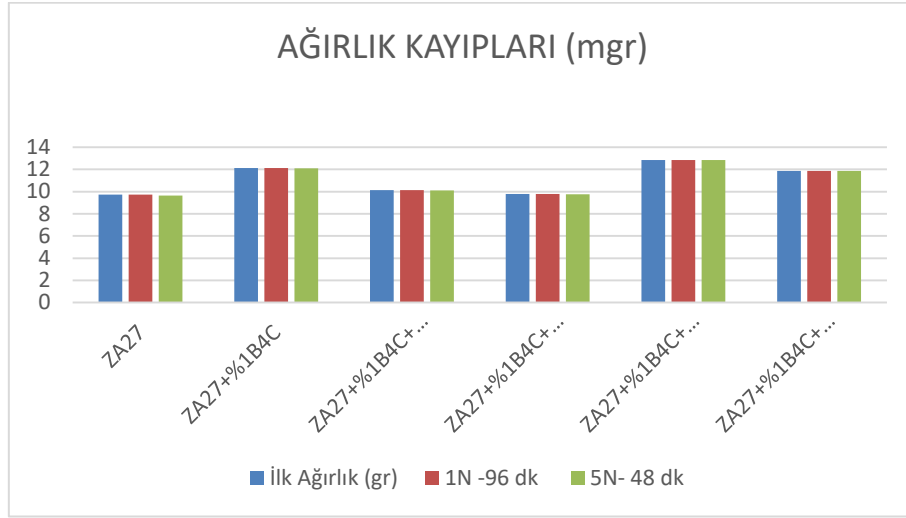


Şekil 2. ZA27 alaşımı ve kompozitlerin sertlik değerleri (BSD)

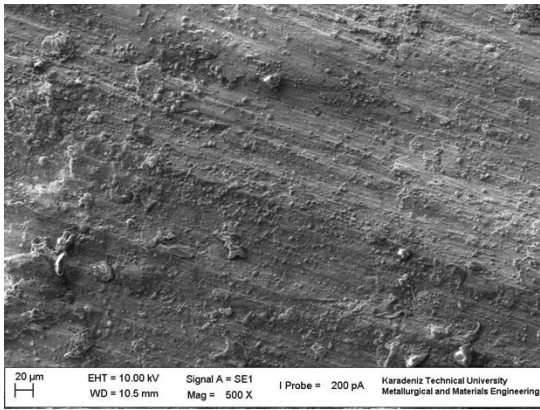
3.2. Aşınma

Şekil 3 ve Şekil 4 sırası ile nano B₄C ve nano gr miktarının kompozitlerin aşınma dayanımı miktarını göstermektedir. Gr miktarı %3 e kadar artığında ağırlık kaybında azalma gözlenmiştir. Bu durum nano Gr nin kendi kendine yağlayıcı etki göstermesiyle açıklanabilir. Halbuki ZA 27-1wt.%B₄C-5wt. %Gr kompoziti diğer kompozitlerden daha yüksek gr içermesine rağmen en yüksek aşınma oranına sahiptir. Bunun sebebi olarak ZA27 alaşım matrisi ile B₄C ve Gr takviyesi arasında bağlanma dayanımında önemli bir azalma

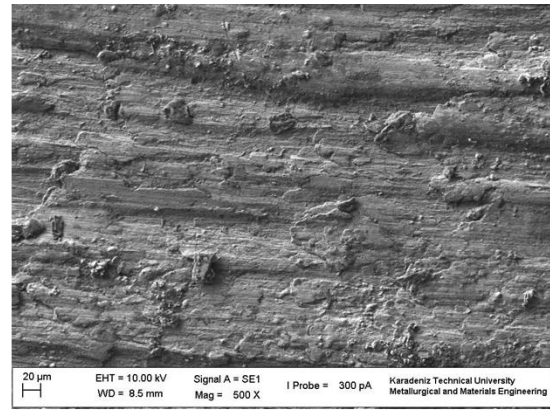
görülmesidir. Uygulan yük 1 den 5 N ye çıktığında bu kompozitlerin aşınma durumu değişmemiştir. Şekil 4’de görüldüğü gibi abrazyiv ve adheziv aşınma mekanizmasının her iki durumunda söz konusudur.



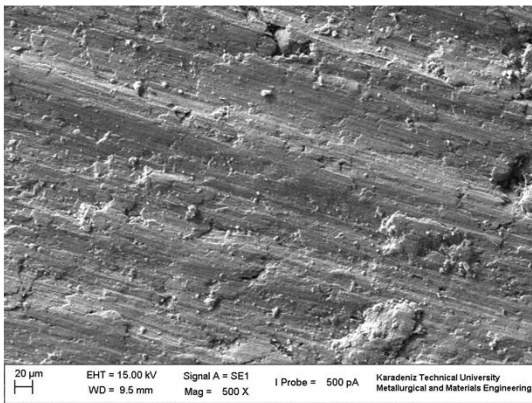
Şekil 3. ZA27 Alaşım ve kompozitlerinin aşınma sonrası ağırlık kayıpları



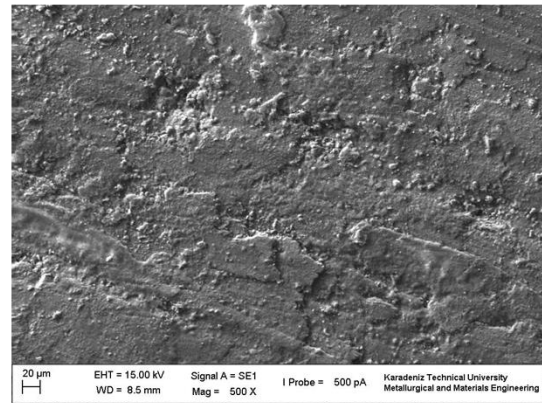
a)



b)



c)



d)

Şekil 4.. Alaşım ve kompozitlerin aşınmış yüzeylerinin SEM görüntüleri (a) ZA 27 alaşımı, (b) ZA 27-% 1 B4C , (c) ZA 27-% 1B4C-%0,5 Gr, (d) ZA 27-% 1B4C-% 3Gr.

3. Sonuç

Bu çalışmada nano B₄C ve nano Gr takviye edilmiş ZA27 alaşım matris kompozitleri toz metalurjisi yöntemi ile üretilmiştir. Bu çalışmanın sonucu olarak;

- 1- ZA 27 nin sertliği 130 HB iken ZA 27 /%1 B₄C ün sertliği 119 HB olarak ölçülmüştür.
- 2- Gr takviyesinin artması ile kompozitlerin sertliğinin düştüğü görülmüştür.
- 3- ZA 27 /B₄C – Gr kompozitin aşınma dayanımına yükün ve Gr miktarının etkileri detaylı olarak analiz edilmiştir. Ağırlık kaybı Gr miktarının artmasıyla azalmıştır. Bu kompozitlerde adeziv ve abresiv aşınmanın her ikisinde gözlemlenmiştir.

Referanslar

- 1.Ranganath G, Sharma SC, Krishna M. Dry sliding wear of garnet reinforced zinc/aluminium metal matrix composites. *Wear* 2001;251:1408–13
2. K.J Altorfer Zinc alloys compete with bronze in bearing and bushings *Metal Progr.* (1982), pp. 29–31 November
3. Smith, W., *Structures and properties of engineering alloys.* McGraw Hill, New York, 1993, 2nd edition, pp. 561-566
4. W. Weaver, S.P. Timoshenko, D.H. Young, *Vibration Problems in Engineering,* Wiley, New York, 1990, p. 140.
5. SC. Sharma , B.M. Girish, Rathnakar Kamath, B.M. Satish, Graphite particles reinforced ZA-27 alloy composite materials for journal bearing application, *wear*, 219(1998)162-168.
6. B.M. Girisha, K.R. Prakasha, B.M. Satisha, P.K. Jainb, Kameshwary Devi, Need for optimization of graphite particle reinforcement in ZA-27 alloy composites for tribological applications. *Materials Science and Engineering A* 530 (2011) 382–388.
7. B.K. Prasad Investigation into sliding wear performance of zinc-based alloy reinforced with SiC particles in dry and lubricated conditions *Wear*, 262 (2007), pp. 262–273
8. O.P. Modi, P. Rathod, S. Prasad, A.K. Dixit The influence of alumina particle dispersion and test parameters on dry sliding wear behaviour of zinc-based alloy *Tribol. Int*, 40 (2007), pp. 1137–1146
9. T.A. Stolarski *Tribology in machine design* Heiman Newnes, UK (1990).

ASFALT BAĞLAYICININ NANO MATERYALLER İLE MODİFİKASYONU

Erol İSKENDER^a, Atakan AKSOY^b

^a*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Of Teknoloji Fakültesi, İnşaat Müh. Böl. eroliskender@gmail.com*

^b*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl. aaksoyau@gmail.com*

Trafikteki araç sayısının her geçen gün hızla artması, sanayi, tarım ve teknolojideki gelişmelere bağlı olarak taşıma kapasitesi daha yüksek araçların üretilmesi ve ulaşım talebinin artmasına neden olmuştur. Fakat bu süreçte rafineri teknolojisindeki gelişmeler de asfalt çimentosunun adezyon direncinde azalmalara yol açmıştır. Bu gelişmelerle, asfalt kaplamalar daha fazla bozucu gerilmelere maruz kalmaktadırlar. Asfalt kaplamaların performansını arttırmak için, yenilikçi karışım türleri uygulanmakta veya granülometride değişikliklere gidilmektedir. Her iki yöntemde de katkı uygulamaları öne çıkmaktadır. Bu alanda çok çeşitli katkı maddeleri üretilmektedir. Fillerler, extenderler, kauçuklar, plastikler, fiberler, oksidanlar, antioksidanlar, hidrokarbonlar ve soyulma önleyici katkıları uygulanabilmektedir.

Son yıllarda, araştırmacıların yoğun ilgisini çeken konulardan birisi de nanokil, nanosilika, nanotüp gibi nanoteknoloji ürünlerinin modifikatör olarak kullanılmasıdır. Bu ürünler birincil veya ikincil katkı maddesi olarak sıcak karışım asfaltlara uygulanabilmektedir. Nanopartiküller birincil katkı maddesi olarak kullanıldığında, viskoziteyi yükseltmekte ve tekerlek izi ve yorulma direncini arttırmaktadır. Polimerlerle birlikte ikincil katkı maddesi olarak kullanıldıklarında ise depolama stabilitesi ve yaşlanma direncine olumlu etki göstermektedirler.

Nanokillerle modifikasyonda çeşitli yöntemler kullanılabilenekte ise de iki yöntem üzerinde yoğunlaşmıştır. Birinci yöntemde, modifiyer yüksek kesme etkili bir karıştırıcıda (high shear device), yüksek karıştırma hızlarında asfalt çimentosuna karıştırılmaktadır. İkinci yöntemde ise, modifiyer, inorganik bir çözücüde çözülerek yüksek konsantrasyonlu polimer çözeltisi hazırlanıp asfalt bağlayıcıya karıştırılmaktadır. Daha sonra karışım ısıtılarak çözücü buharlaştırılmaktadır. Bu iki yöntemden birincisi, ikincisine göre daha sıklıkla kullanılmaktadır. Modifiyer ve asfalt çimentosu arasındaki uyum modifikasyonun etkisini artırmak için anahtar niteliğindedir.

Modifiyerin türü, hazırlama sıcaklığı, karıştırma hızı ve karıştırma süreleri modifikasyonun başarısı üzerinde büyük öneme sahiptir. Modifikasyonun başarısı, X ışını difraksiyonu (XRD), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve optik mikroskop gibi yöntemlerle belirlenebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Nanoteknoloji, nanokil, asfalt karışım, modifikasyon, mekanik özellik*

1. GİRİŞ

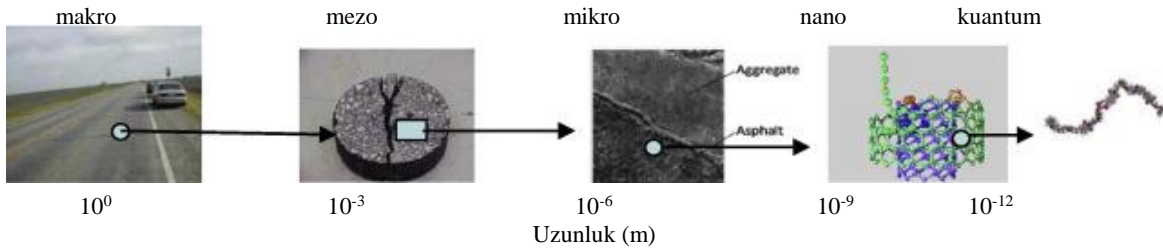
Günümüzde, rafineri teknolojisinin gelişmesi, kalıntı malzemesi olarak elde edilen asfalt çimentosunun kalitesinin düşmesine neden olmuştur. Diğer yandan, daha yüksek trafik hacimleri ve daha yüksek tonajlı araçlara hizmet vermekte olan kaplamalardan beklentiler de

artmıştır. Beklentilere cevap verebilecek kaplamaların üretilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Asfalt çimentosunun özelliklerini iyileştirmek için katkı uygulamaları ve agrega granülometrisinde değişikliğe gitmek yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Asfalt katkı maddeleri olarak, değişik türde fillerler, polimerler, aminler literatürde sıkça karşımıza çıkmaktadır.

Son zamanlarda nanomalzemeler de asfalt bağlayıcıların modifikasyonunda kullanılmaya başlanan güncel malzemelerdir. Asfalt modifikasyonunda kullanılan veya kullanılmaya potansiyeli olan çeşitli nanomalzemeler bulunmaktadır. Bunlar nanosilika, nanosömüşkireç, nanoboyutlu plastik veya polimerize tozlar, nanofiberler, nano tüpler ve nanokiller olarak sıralanabilir (You, 2013). Bu materyaller nano teknoloji ile üretilmektedirler.

Nano teknoloji, yaklaşık olarak 1 – 100 nanometre aralığındaki boyutlarda maddenin incelenmesi ve işlenmesidir. Bu boyutlarda yapılan çalışmalarda gerçekleşen benzersiz fenomenler, yepyeni uygulamalara olanak sağlamaktadır. Nano-boyuttaki bilimi, mühendisliği ve teknolojiyi kapsayan nano teknoloji, maddenin bu boyut ölçeğinde görüntüleme tekniğini, ölçümünü, modellemesini ve manipülasyonunu içermektedir. Nanoboyutta, malzemelerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, tek tek atomların ve moleküllerin ya da kütsel haldeki malzemenin özelliklerinden temel olarak ve yararlı bir yönde farklı olmaktadır. Nano teknoloji alanında AR-GE, bu yeni özelliklere sahip olan gelişmiş malzemeler, aygıtlar ve sistemlerin anlaşılması ve yaratılmasına yönelmiştir (Saltan vd., 2013).

Nanobilim 0.1nm'den 100nm'ye kadar uzunluklarda malzemelerin mikro yapısını ifade etmektedir. Bu mikro yapı arzulanan makroskopik özellikleri oluşturmaktadır. Hem portland çimentolu hem de asfalt bağlayıcı nano-yapıda malzemeler olabilmektedir (Road Engineering Solutions, 2008).



Şekil 1. Farklı asfalt boyutlarının değerlendirilmesinin gösterimi (Zhanping vd., 2011)

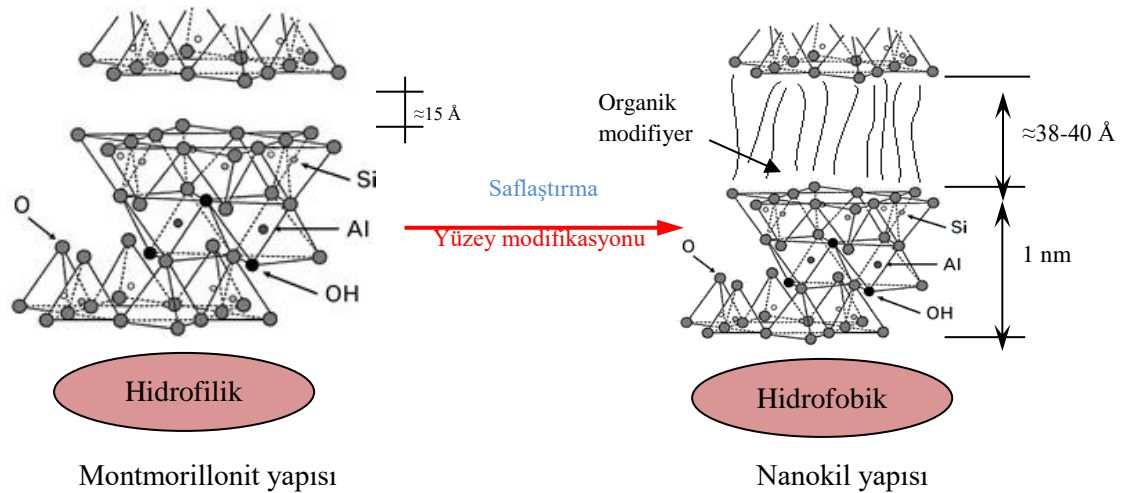
Nanokompozitlerin en çok gelişme gösteren alanlarından biri de organokillerdir. Killerin yüzey modifikasyonları sonucu, organokiller oluşturmaktır. Kil ve kil minerallerinin modifikasyonunda kullanılan teknikler kısaca aşağıdaki gibi sıralanabilir (Benli, 2009);

- Adsorpsiyon,
- İnorganik ve organik katyonlarla iyon değiştirme,
- İnorganik ve organik anyonların özellikle kenarlara bağlanması,
- Organik bileşiklerle katılma reaksiyonları (grafting),
- Asitlerle reaksiyon,
- Farklı tipte poli(hidroksi metal) katyonlarla pillaring,
- İntraparticle, partiküller arası polimerizasyon,

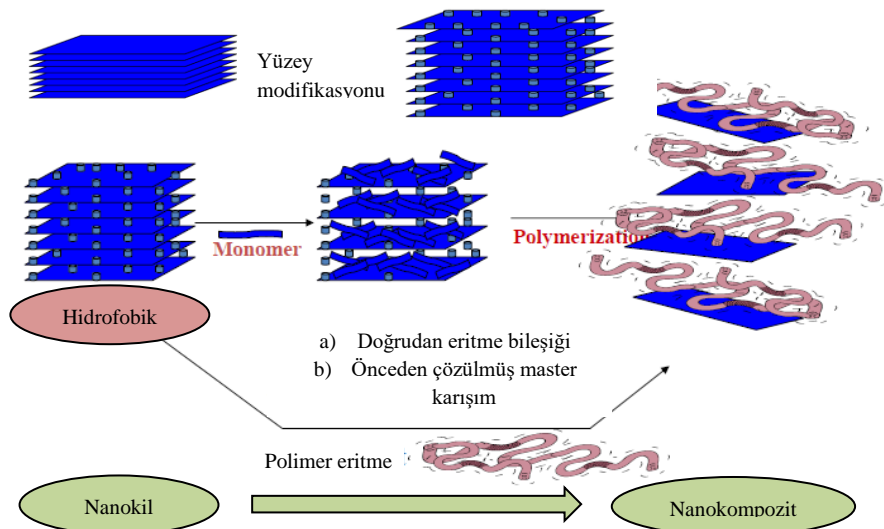
- Susuzlaştırma (dehydration) ve kalsinasyon,
- Delamination ve reaggregation smektitlerin,
- Liyofilizasyon,
- Ultrasonik etkileşim (Ultrasound),
- Plazma.

Bu yöntemlerden katyon değişirme son 50 yıldır kullanılmaktadır. Özellikle smektit killerle yapılan çalışmalara göre, onium katyonları ile Na ara tabaka katyonların iyonik olarak değişimi, eksfoliasyon adsorpsiyonu, in sitü interkalativ polimerizasyonu, melt interkalasyon gibi çeşitli sentetik yollarla hazırlanabilmektedir. Günümüz nanoyapıların kullanıldığı ticari uygulamaların başında ise nanokompozitler gelmektedir. Nanokompozitler, sürekli bir polimer matris içerisine dağılmış en az bir boyutta 100nm'den küçük olan parçacıkları içeren heterofazlı yapılardır (Benli, 2009).

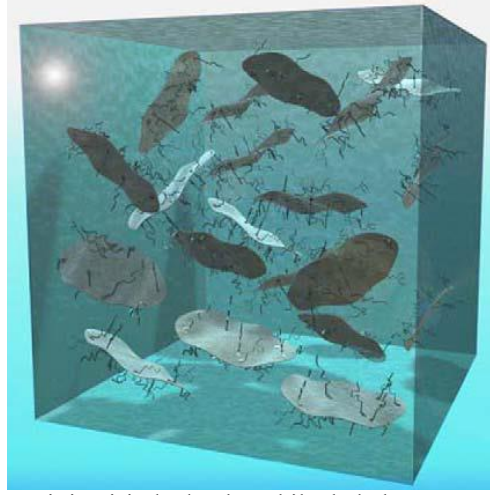
Kil minerallerinin saflaştırılması ve yüzey modifikasyonu sonucu nanokiller elde edilmektedir. Başlangıçta hidrofilik olan killer saflaştırma ve yüzey modifikasyonu ile hidrofobik yapıya dönüşmektedirler.



Şekil 2. Montmorillonit ve nano-kil yapısı



Şekil 3. Şematik olarak nanokompozit üretim süreci (Lan, 2009)

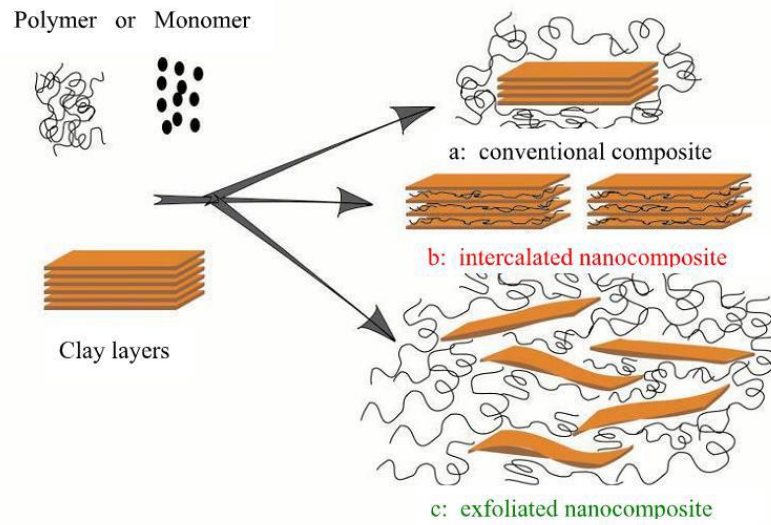


Şekil 4. Nanokompozit içerisinde dağılmış kil tabakalarının görüntüsü (Fischer, 2003)



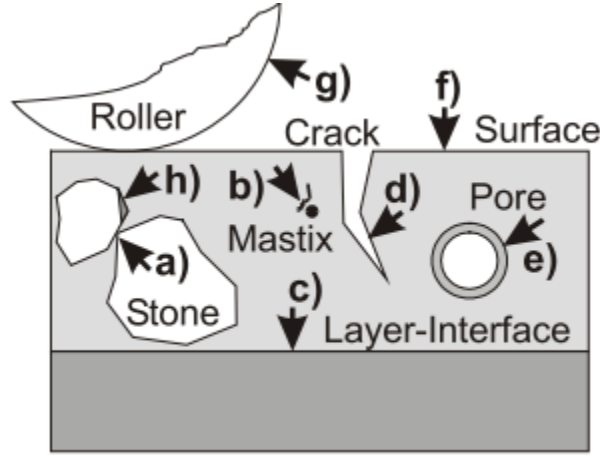
Şekil 5. Plastik içerisinde dağılmış nanokillerin SEM görüntüsü (Lan, 2009)

Kilin dağılım şekli kompozit malzemenin performansı üzerinde çok önemli rol oynamaktadır. Dağılıma şekillerine göre, geleneksel kompozit, tabakalı kompozit ve eksfoliye kompozitler oluşabilmektedir. Üstün performans gösterebilmeleri için eksfoliye dağılımının gerçekleşmesi gerekmektedir (Sapkota, 2011).



Şekil 6. Polimer-nanokil kompozitlerin şematik dağılım şekilleri (Qutubuddin ve Fu, 2001)

Nanobilimin gelişmesi ile üretilen ürünlerin asfalt kaplama teknolojisinde de kullanılmaya başlanmasıyla çeşitli kazanımlar elde edilebilmektedir. Bu yönde asfalt kaplama teknolojisindeki ilerlemeler Şekil 7’de şematik olarak gösterilmiştir (Farugi vd., 2015).



Şekil 7. Asfalt kaplamalarda nanobilim ve teknolojinin odak alanları

- Agregalar arasında bağ
- Mastik (sertleşme, kohezyon, durabilite, sıkışma iyileşmesi)
- Tabakalar arası bağ (yapıştırma tabakası)
- Kendi kendini onarma katkıları
- Asfalt filminin oksidasyonu ve bağlayıcı homojensizlikleri
- Yüzey özellikleri (sürtünme, optik özellikler, sudan koruma, aşınma direnci, kendi kendini temizleme) yüzeuy koruma için ince tabakalar
- Sıkıştırma boyunca silindir yüzeyine yapışmama
- Agrega ve mastik arasında adezyon, bağ

2. ASFALT ÇİMENTOSUNUN MODİFİKASYONDA KULLANILAN NANOMALZEMELER

Asfalt bağlayıcının modifikasyonu ile esnek kaplamaların performansını arttırmak için nanomalzemeler kullanılmaktadırlar. Çok sayıda nanomalzeme modifiyer olarak kullanılabilmesine rağmen nanokil, nano sönmüşkireç ve nanokarbonların kullanımı daha yaygındır.

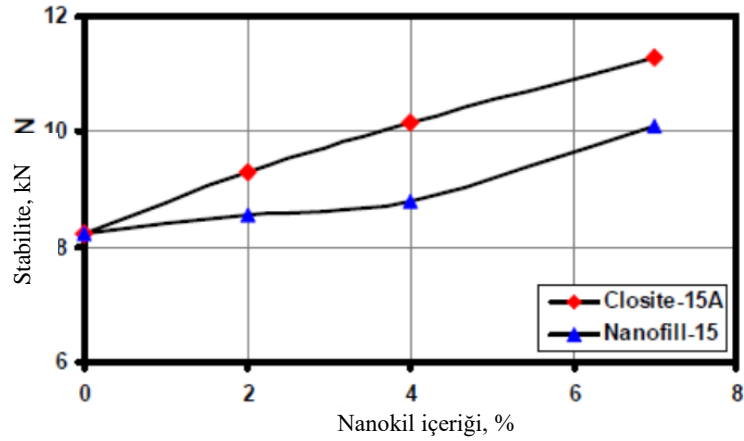
2.1 Nanokil

Polimer/organokil nanokompozit malzemelerin üretilmesinde yaygın olarak kullanılan killer, tabakalı yapıya sahip ve katyon değişim kapasitesi yüksek olan smektit grubuna ait Montmorillonit ve Hektorit tipleridir. Kil tabakaları arasında serbest halde Na^+ , K^+ ve Ca^{+2} gibi iyonlar bulunmaktadır. Bu haliyle hidrofily bir yapıya sahip olan ham kilin polimerle karıştırılmadan önce polimerin seveceği (organofil) hale getirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla ham kil primer, sekonder, tersiyer ve kuaterner alkilamonyum veya alkilfosfonyum katyonlarını içeren katyonik yüzey aktif maddelerle iyon-değişim reaksiyonuyla organofil hale getirilmekte

ve bu kile organokil (nanokil) adı verilmektedir. Organokil içerisindeki alkilamonyum veya alkilfosfonyum katyonları kilin yüzey enerjisini azaltarak ve polimer matrisin ıslanma özelliğini iyileştirerek kilin tabakalar arası mesafesini artırmaktadır. Alkilamonyum veya alkilfosfonyum katyonları ayrıca polimer matris ile reaksiyon verebilen fonksiyonel gruplar içerebilmekte ve bazı durumlarda monomerlerin polimerizasyonunu başlatarak organokil ile polimer matris arasındaki arayüzeyi kuvvetlendirebilmektedir. Tabakalı yapıdaki killer genellikle 1 nm incelikte olup aspekt (uzunluk/genişlik) oranı çok yüksektir (10-1000). Polimer matrisine az miktarda (% 1-5) organokil ilave edilerek iyi bir şekilde dispersiyon sağlandığında klasik kompozitlere nazaran polimer/organokil etkileşimi için çok daha büyük bir yüzey alanı oluşturulmaktadır. Polimer matrisi ile organokil arasındaki arayüzey etkileşimlerine bağlı olarak 3 farklı (interkalasyonlu, topaklı ve kil tabakalarının tamamen ayrıldığı (eksfoliye)) nanokompozit yapı elde edilmektedir. Polimer/kil nanokompozitlerde yukarıda sayılan özelliklerin optimum düzeyde iyileşmesi için kil tabakalarının polimer içerisinde tamamen eksfoliye olması gerekmektedir (Özen vd., 2009). Nanokillerin başlangıç malzemeleri mevcut doğal kaynaklardan kolay ve hızlı bir şekilde sağlanabildiklerinden ve ful ölçekli üretim imkanları ile üretilebildiklerinden diğer nanomalzemelerden daha ucuz olmaktadır (Markarian, 2005).

Başlangıç malzemesi olarak en çok kullanılan mineral kil türleri montmorillonit ve bentonittir. Bunun nedeni olarak bu kil minerallerinin organik modifikasyonla tabakalar arası mesafelerinin açılabilme yeteneği ve polimer uyumu söylenebilir. Ticari nanokiller genellikle polimerik nanokompozit ve reolojik modifiyer olarak üretilmektedirler. Asfalt kaplama teknolojisinde, bitümü modifiye etmek için tek başına veya polimerlerle çoklu modifikasyonda en yaygın kullanılan nanokilin montmorillonitden elde edildiği anlaşılmaktadır. Montmorillonitin organik modifikatörlerle işlem yapılarak tabakalar arası mesafesi 15Å mesafesinden 40Å değerine kadar açılabilir.

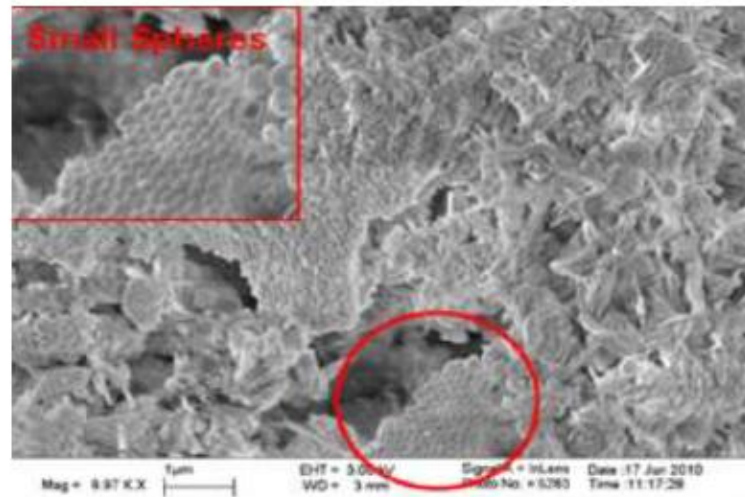
Nanofill-15 ve Cloisite-15A türü iki nanokil kullanılarak modifiye bitümlü asfalt karışımlar üretilmiştir. Karışımlara stabilite, dolaylı çekme mukavemeti, esneklik modülü, tekrarlı yük ve yorulma deneyleri yapıldı. Çalışmada, nanoskobik seviyelerde dağıtılmış kil ile bitüm düşük miktarlarda modifiye edildiğinde, bitümün fiziksel özelliklerinin başarılı bir şekilde iyileştiği ifade edilmektedir. Nanofill-15 tanecikleri cloisite-15A ile karşılaştırıldığında daha küçük tanecik boyutuna sahiptir. Plastik limit nanokil malzemelerin geniş kil türü olduklarını göstermektedir. Bitüme düşük oranda nanokil ilavesi reolojik özellikleri değiştirir, penetrasyon ve düktiliteyi azaltır, yaşlanma ve yumuşama noktasını artırır. Bağlayıcı ve yoğun asfalt karışıma yapılan deneyler, her iki nanokil türü ile yapılan modifikasyonun tekerlek izi direnci, dolaylı çekme mukavemeti, esneklik modülü ve Marshall stabilitesini arttırdığı görüldü. Buna rağmen, düşük sıcaklıktaki yorulma performansı düştü. Hem de nanokil ilavesi ile optimum bitüm miktarı çok az arttı (Saeed vd., 2010).



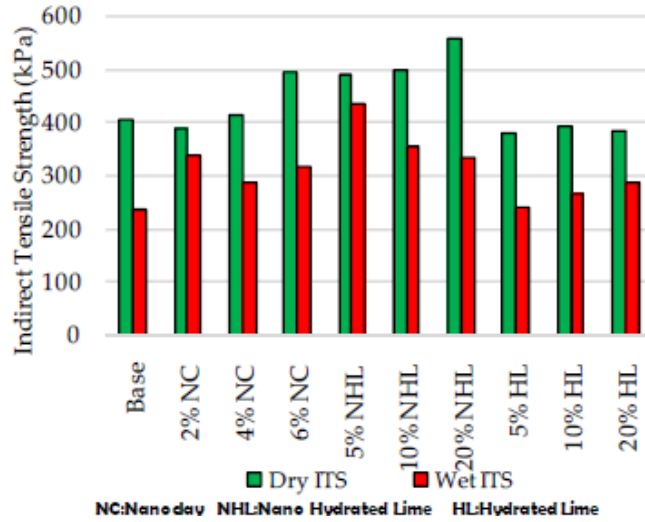
Şekil 8. Stabilité-Nanokil içeriği ilişkisi (Saeed vd., 2010)

2.2. Nano Sönmüş Kireç

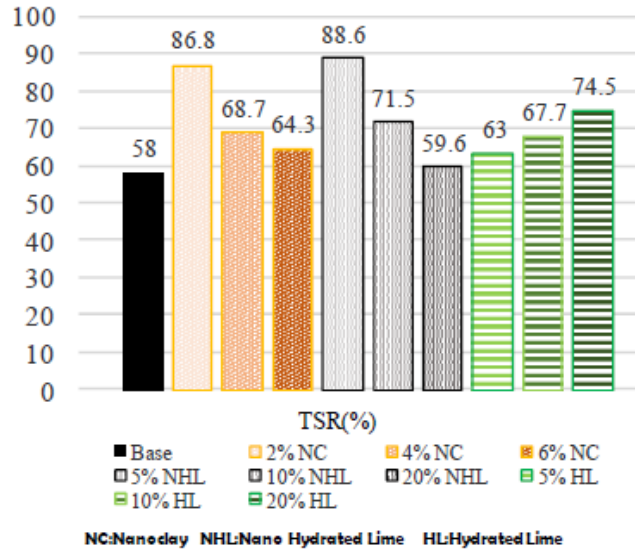
Asfalt karışımların performansını arttırmak ve su ilişkili hasarları azaltmak için çeşitli kuruluşlar tarafından sönmüş kireç kullanılmıştır. Şekil 9'da Los Angeles aşınma makinesinde üretilmiş olan yaklaşık 600nm boyutlu ana nano boyutlu sönmüş kireç gösterilmektedir. Daha sonra bu malzeme 20 dakika boyunca sonikasyon yöntemiyle aseton içerisinde dağıtıldı. Elde edilen süspansiyon temiz bir Si substrata konuldu ve hava ile kurutuldu. Elde edilen nano sönmüş kireç karışıma katıldığında, agrega ile reaksiyona girdi ve agrega yüzeyi ile bitm arasındaki bağları güçlendirdi. Kireç soyulmayı teşvik eden suda çözülebilen sabun formasyonlarını engellemek için yüksek polaritedeki moleküller ile reaksiyona girdi. Bu moleküller kireç ile reaksiyona girdiğinde çözünemeyen tuzlara dönüştü ve artık suya cazibesini kaybetti. Yapılan başka bir çalışmada da nano boyutlu sönmüş kireç asfalt karışımlarda soyulma önleyici katkı olarak kullanıldı ve modifiye karışımların daha yüksek indirekt çekme mukavemeti değeri ve çekme mukavemeti oranı gösterdiği ortaya konuldu (Abdullah vd., 2015).



Şekil 9. Nano boyutlu sönmüş kirecin SEM görüntüsü (Abdullah vd., 2015)



Şekil 10. Dolaylı çekme mukavemeti test sonuçları (Kavussi ve Barghabani, 2014)

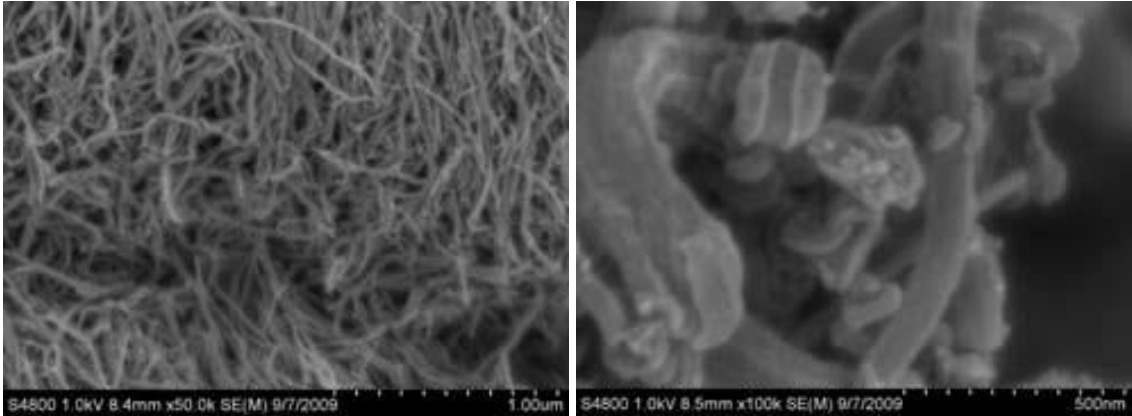


Şekil 11. Katkılı karışımların çekme mukavemeti oranı değerleri (Kavussi ve Barghabani, 2014)

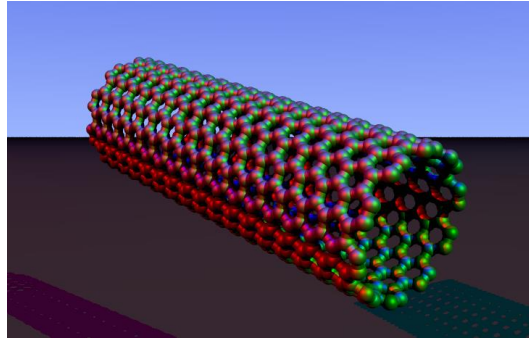
Laboratuarda üretilen iki farklı nano sönmüş kireç ve aktif mineral filler asfalt karışımlarda modifiyer olarak kullanıldı ve karışımlara dolaylı çekme mukavemeti testi uygulandı. Sonuçlar; bitüme %5 oranında nano sönmüş kireç eklenmesiyle çekme mukavemeti oranının (TSR) %52 arttığını, %2 nanokil eklenmesiyle TSR'nin %49 arttığını, nanokil ve nano sönmüş kirecin yüksek seviyelere çıkmasıyla TSR değerinin kabul edilemeyecek seviyelere düştüğünü, geleneksel sönmüş kireç kullanımı ile karşılaştırıldığında nano sönmüş kireç ile daha düşük oranlarda kullanımda optimum TSR değerlerinin elde edildiğini bunun nedeninin de nano materyallerin yüzey alanlarının daha büyük olduğunu, su hasarı direncini maksimize etmek için sönmüş kireç yerine %25 oranında nano sönmüş kireç kullanılabileceğini göstermiştir (Kavussi ve Barghabani, 2014).

2.3. Karbon Nanopartiküller

Nano tüplerin yüksek young modülü, iyi çekme dayanımı, yüksek termal iletkenliğe, yüksek yüzey yoğunluğu karbon doğasını da içeren özel ve eşsiz özellikleri bir katkı malzemesi ve asfalt modifiyer olarak kullanılabilmelerine yol açmıştır. Nanoteknoloji ile ilgili en önemli buluşlardan biri nanotüplerin keşfidir. Nanotüpler içerisinde karbon atomlarının hareket ettiği katmanlardır. Nanotüp içi boş silindirik karbon tüptür. Şekil 12 ve Şekil 13’de karbon nanotüp ve silindirik karbon tüp gösterilmektedir (Motlag vd., 2012).



Şekil 12. Karbon nanopartiküllerin SEM görüntüleri: 1 µm; 500 nm. (Amirkhanian vd., 2011)



Şekil 13. Tek duvarlı karbon nanotüp (URL 1)

Literatürde yapılan çalışmalar, ham asfalt çok duvarlı nanotüpler ile modifiye edildiğinde, asfalt karışımların yüksek sıcaklıklarda tekerlek izi direncini arttırmakta, bozulma sıcaklığı, viskozite ve elastik modülünü arttırmaktadır. Üstelik bitüme %1-%1.5 oranında katıldıklarında en yüksek kompleks modülün ve en düşük faz açısının elde edildiği ifade edilmektedir. Genel anlamda modifikasyonla asfalt bağlayıcının performans derecesi ve kaplama hizmet sıcaklığında tekerlek izi direnci arttırılabilmektedir (Liv d., 2011; Mamalis vd., 2004; Xiao vd., 2011).

2.4. Titanyum Dioksit (TiO₂)

Titanyum dioksit aşağıdaki özellikleri gösteren kullanışlı bir malzeme olarak bilinmektedir (Abdullah vd., 2015);

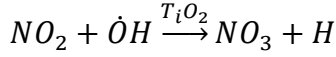
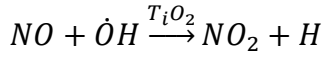
- Kısmen ucuz, güvenli ve kimyasal olarak stabil
- Diğer metal oksit fotokatalizlerle karşılaştırıldığında yüksek fotokatalitik aktivite

- c) Orijinal performansı değiştirmeksizin çimento gibi geleneksel inşaa malzemeleri ile uyumlu
- d) Normal atmosferik koşullarda zayıf güneş ışınması altında etkili

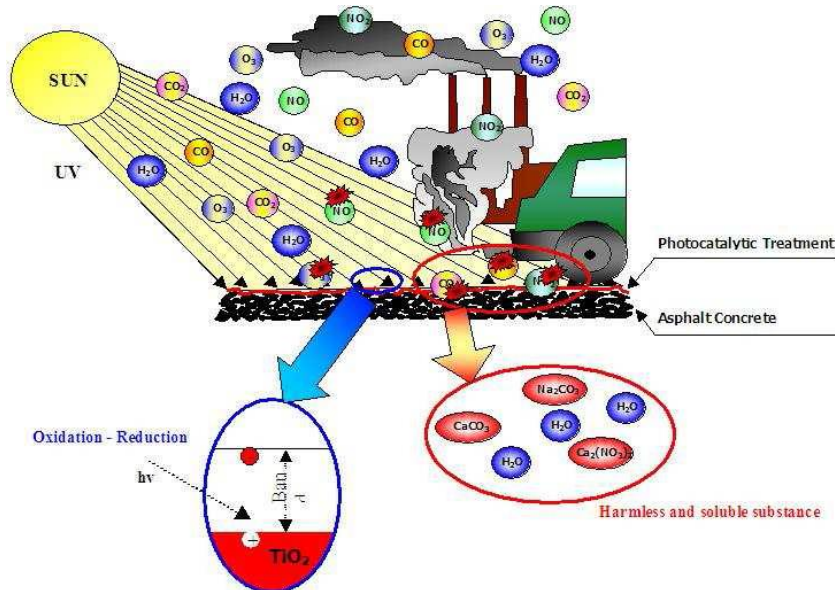
Titanyum dioksitin anataz, rutil ve brukit olarak üç kristal yapısı iyi bilinmektedir. Anataz yapı yüksek fotoaktivitesinden dolayı daha çok kullanılmaktadır. TiO_2 çoğu zaman tetragonal yapıya sahip rutil ve anataz fazında bulunmaktadır. Bu nanomalzemelerin kullanıldığı çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Bir çalışmada, kaplamalar için katkı maddesi olarak nano TiO_2 içeren betonun yorulma performansı ve aşınma direnci araştırıldı. Çalışmada, modifikasyonla birlikte kaplamanın aşınma direncinin ve yorulma performansının iyileştiği ifade edildi (Abdullah vd., 2015).

Son yıllarda büyük metropoliten alanlarının yakınlarında, TiO_2 asfalt kaplamalar için hava kalitesinin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada ılık karışım asfaltlarda TiO_2 kullanımının faydaları araştırıldı. TiO_2 iki farklı şekilde uygulandı. Birinci yöntemde, su- TiO_2 solüsyonu ince bir kaplama olarak uygulandı diğer yöntemde ise TiO_2 bağlayıcıyı modifiye etmede kullanıldı. TiO_2 nin bitüm modifiyeri olarak kullanıldığı durumda yüzeyde çok az TiO_2 yer aldığından fotokatalitik bileşik nitrojen oksitinin (NO_x) havaya yayılmasında çok etkili olamadığı, spreyleme ile uygulandığında ise %31 ile %35 arasında NO_x kirliliğini kaldırdığı görüldü. En etkili kullanım oranının $0.05 L/m^2$ olduğu ifade edildi (Hassan vd., 2012).

NO_x Ayrışması:

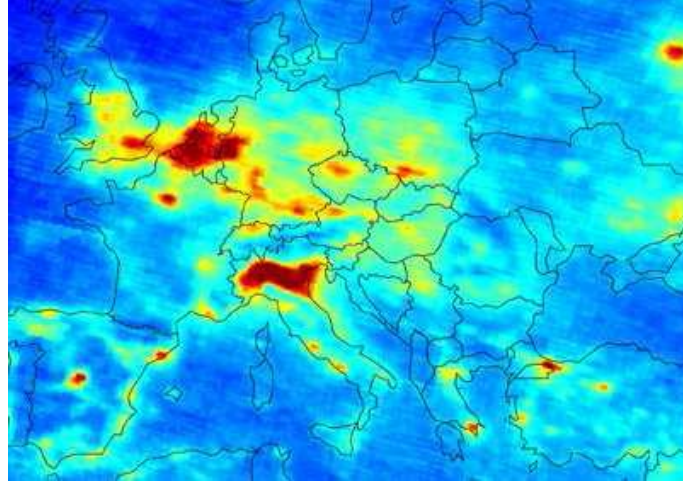


Sülfür dioksit sülfata ayrışır. Yüzeyin hidrofilik veya hidrofobik özellikleri yağmurun varlığında kendi kendini temizlemesine olanak sağlar (URL 2).



Şekil 14. Fotokatalitik sürecin şematik gösterimi: Heterojen fotokatalitik oksidasyon prosesin temeli, NO_x suda çözülebilen nitratlara dönüşür, bu maddeler yağmur suyu ile yıkanabilir (Venturini ve Bacchi, 2009).

Titanyum dioksidin bazı türleri oksidasyon reaksiyonlarında ve nitrojen ve sülfür oksitler, ozon ve atmosferik partikül bileşikleri gibi atmosferik kirleticilerin azaltılmasında fotokatalitik katkı olarak bilinmektedirler (Venturini ve Bacchi, 2009).



Şekil 15. Avrupa bölgesinin kirlilik haritası (Venturini ve Bacchi, 2009).

Dünya sağlık örgütü, avrupada her yıl 100 000 kişinin kirlilikten dolayı öldüğünü, havadaki kirletici konsantrasyonlarındaki çok küçük bir azalmanın bile sağlık ve ölüm oranında önemli bir olumlu etkiye yol açabileceğini belirtmektedir. Araç trafiği için en önemli konulardan biri de TiO_2 'nin normal sıcaklıklarda ultraviyole ışık yansımalarıyla hava kirleticileri ayrıştırmasıdır. Eğer titanyum dioksit alkali yüzeyle temas ederse diğer bir kimyasal reaksiyon başlar ve sıklıkla kirletici bileşikleri azaltan tuz (kalsiyum nitrat, sodyum karbonat, kireçtaşı) ve su oluşur. Titanyum dioksit, bir hidrokarbon veya herhangi okside olabilen bir madde ile temas ettiğinde bu maddeden yeni bir elektron kazanır. Her bir katalitik döngünün sonunda katalitik madde değişmeden kalır. TiO_2 kullanımının pratik amacı güneş ışınlarından enerji emerek kendi kendini temizleyen yüzeyler üretmektir. Fotokatalitik süreçler üretebilmek için titanyum dioksidin doğrudan güneş ışınlarına maruz kalması gerektiği bilinmelidir. Laboratuvar ortamında belirlenen en etkili kullanım oranı uygulama için aynı değildir çünkü doğal koşullar zamanla daha çok değişmektedir (Venturini ve Bacchi, 2009).

3. ASFALT BAĞLAYICININ NANOKOMPOZİTLERLE MODİFİYE EDİLMESİ

Asfalt karışımlarda sık kullanılan modifiyerlerden biri de stiren-bütadiyen-stiren (SBS) kopolimeridir. SBS asfalt kaplamaların mekanik özelliklerini önemli derecede arttırmaktadır (İskender vd., 2012; Özen, 2011; Kök ve Kuloğlu, 2008; Yıldırım, 2007). Asfalt kaplama teknolojisinde, polimerik nano-kompozitler son zamanlarda en ilginç konulardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Polimerler düşük miktarlarda nano-kil ile modifiye edildiğinde ve bu modifikasyon nanoskopik seviyede gerçekleştirildiğinde polimerik nano-kompozitlerin fiziksel özellikleri başarılı bir şekilde iyileştirilebilmektedir (Yang ve Tighe, 2013).

Aynı zamanda killer asfalt ve polimer arasında uyumlaştırıcı etkiye de sahiptir. Asfalt ve polimer arasındaki yüksek uyum, polimerin asfalt içerisinde daha iyi dağılmasına yol açar ve

çalışılan sistemin son reolojik özellikleri olumlu yönde etkilenir (Polacco vd, 2008; Mittal vd., 2012).

Nano-killer ucuz, ham maddesi doğal olarak bulunan, asfalt kaplamalar için sürdürülebilir malzemelerdir. Asfalt kaplamaların mekanik ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek için polimer modifiye asfaltların mevcut kullanım miktarının bir kısmı nano-kil modifiye bitüm ile sağlanabilir (Hossain vd., 2014).

Genelde, nano-teknoloji iki yönden yarar sağlamaktadır. Birincisi, mevcut ürün ve prosesleri daha maliyet etkin, durabil ve etkili yaparak, ikincisi ise tamamen yeni ürünler üreterek. Polimer modifiye asfaltların depolama stabilitesini iyileştirme; UV yaşlanma direncini artırma; su, kar ve buz çözücüler altında su hasarı direncini arttırma; asfalt karışımları düşük sıcaklık özelliklerini iyileştirme; enerji ve maliyet kazancı; bakım gereksinimlerinde azalma asfalt ve asfalt karışım için nano-teknolojinin sağladığı faydalardandır (Yang ve Tighe 2013).

Son olarak yapılan bir çalışmada, değişik kaynaklardan elde edilen nano-killerin, asfalt karışımlarda filler yerine düşük oranlarda kullanılabilirliği araştırılmış, su hasarı, çatlama ve tekerlek izi direnci yönünden değerlendirme yapılmıştır. Nano-kil ilavesinin karışımların su hasarı direncini ve deformasyon davranışını olumlu yönde geliştirdiği görülmüştür. %2 oranında nanokil uygulamasının hem su hasarı hem de çatlama ve deformasyon direnci için etkili olduğu, koşullama ile birlikte bu etkinin daha iyi ortaya çıktığı, modifiye karışımlarda kontrol karışımlara göre ortalama %50 oranında tekerlek izi direnci artışı sağlandığı, koşulsuz karışımlarda da dirençte bir artışın olduğu görülmüştür (İskender vd., 2013).

4. NANOMATERYALLERİN ASFALT ÇİMENTOSUNA KATILMA YÖNTEMLERİ

Asfalt çimentosunun nanomalzemelerle modifikasyon yoluyla performansını arttırabilmek için etkili bir karıştırmanın yapılması ve kimyasal uyumun sağlanması en önemli iki konudur (Hussain vd., 2006).

Laboratuar çalışmalarında genel olarak üç çeşit karıştırıcı kullanılabilir; mekanik, high shear ve ultrasonik mikserler. Literatürde yapılan çalışmalarda daha çok high shear mikserlerin tercih edildiği görülmektedir (Fang vd., 2013). Yapılan bir çalışmada, karbon nanotüplerin asfalt çimentosunun modifikasyonunda kullanıldı. Karbon nanotüpler üç farklı oranda asfalt çimentosuna katıldı. Yaygın olarak kullanılan üç karıştırıcı ile modifikasyon gerçekleştirildi. Modifikasyonun başarısı taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri ile değerlendirildi. SEM görüntüleri mekanik karıştırıcıların nano malzemeleri karıştırmak için uygun olmadığı görüldü. Çünkü mekanik karıştırıcı hem nanomalzemeleri birbirinden ayıramamakta hemde bu malzemeleri asfalt içerisinde homojen olarak dağıtamamaktadır. High shear mikserin ise homojen dağıtımını sağlayabildiği fakat kümeleşmiş karbon nanotüpleri birbirinden ayıramadığı ifade edildi. Ultrasonik karıştırıcıların da hem nanomalzemeleri asfalt içerisinde homojen olarak dağıtabildiği hemde nanopartikülleri birbirinden ayırabildiği, bunun nedeninin, onun ultrasonik dalgalar vasıtasıyla kavitasyon oluşturduğu ve enerji üretme yeteneğinden kaynaklandığı vurgulandı (Hasan vd., 2012).

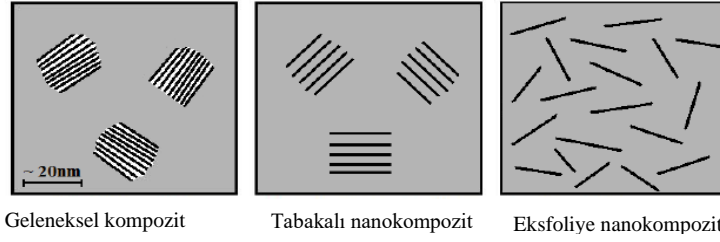


Şekil 16. Mekanik, hiyg shear ve ultrasonik mikser görüntüleri (Hasan vd., 2012)

Nano-killerle modifikasyonda çeşitli yöntemler kullanılmış olsa da genellikle iki yöntem üzerinde odaklanılmıştır. Birinci yöntem yüksek hızda kesme etkili karıştırma (high-speed shearing) olarak adlandırılmakta ve nano-kil kesme etkili bir karıştırıcıda (high shear device), yüksek karıştırma hızlarında asfalt çimentosuna karıştırılmaktadır. İkinci yöntem ise, ana çözeltide eritme (mother liquor melting) olarak adlandırılır ve nano-kil inorganik bir çözücüde çözülerek yüksek konsantrasyonlu polimer çözeltisi hazırlanır. Daha sonra hazırlanan karışım asfalt bağlayıcıya karıştırılır. Son olarak ta, karışım ısıtılarak çözücü buharlaştırılır ve modifiye bitüm elde edilmiş olur (Fang vd., 2013).

ZnO/SBS kompozit modifiye asfaltlar üzerinde yapılan araştırmada ana çözeltide eritme (mother liquor melting) yöntemiyle yapılan modifikasyonlarda polimer kompozit modifiyerlerin asfalt bağlayıcı içerisinde daha homojen olarak dağıtılabildiği ifade edilmiştir. Ancak, modifikasyon işleminin çok karmaşık olduğu ve modifikasyonda kullanılan çözücünün asfalt çimentosunun diğer özelliklerini etkileyebileceği belirtilmiştir (Kang vd., 2010). Bu yöntem üzerinde çalışmalara ihtiyaç vardır. Yüksek hızda kesme etkili karıştırma (high-speed shearing) yöntemi daha çok tercih edilmektedir (Fang vd., 2013).

Kil partiküllerinin matriks içerisinde dağılımı üç farklı şekilde olabilmektedir. Birinci tür geleneksel kompozit yapısıdır ki bu türde silikat levhaları küme şeklinde yer alır. İkinci tür aratabakalı kompozit yapısıdır, burada bazı matriks molekülleri bireysel silikat tabakaları arasına girmiştir fakat tabakalar hala birbirlerine paralel kalmaktadır. Üçüncü tip ise eksfoliyeye nano-kompozit yapısıdır. Bu yapıda kilin tabakalı yapısı bozulmaktadır. Silikatlı tabakalar artık birbirine yakın değildir ve nano-metrik partiküller matriks içerisinde tamamen dağılmıştır. Aratabakalı veya eksfoliyeye dağılıma uygun tipik killer montmorillonit, flurohektorit ve bentonitlerdir. (Zare-Shahabaldi vd., 2010)



Şekil 17. Kıl partiküllerinin asfalt içerisinde mümkün yayılma şekillerinin şematik gösterimi (Zare-Shahabaldi vd., 2010).

Diğer yandan, modifiye bitümün ve üretilecek karışımın performansları nano-kilin bitüm içerisinde dağılıma şekline bağlıdır. Tabakalı ve özellikle eksfoliyeli halde dağılanlar geleneksel kompozit şeklinde dağılanlara göre daha yüksek performans göstermektedirler (Yu vd., 2009; Zhang vd., 2011; Zhang vd., 2012). Eksfoliyeli dağılım elde etmek için bitümün viskozitesini düşürerek daha iyi bir karıştırmanın sağlanması gerekmektedir. Bunun için de karıştırma sıcaklığının artırılması literatürde kullanılan bir yöntemdir (Zhanping vd., 2011).

Nano-killerle yapılan modifikasyonlarda, bu alanda çalışan araştırmacılar, değişik karıştırma süreleri uygulamışlardır. High-shear mikser kullanılarak yapılan çalışmada, ilkin asfalt çimentosu akışkan hale gelmesi için 160°C sıcaklığa kadar ısıtılmış, ardından nano-kil %2, %4, %6 ve %8 oranlarında asfalt çimentosuna eklenmiştir. Ardından nanokilin tabakalı bir şekilde homojen olarak dağılmasını sağlamak için 2500rpm hızda 180dk karıştırma yapılarak modifikasyon tamamlanmıştır (El-shafie vd., 2012). Başka bir çalışmada, 160°C sıcaklığa kadar ısıtılan asfalt çimentosuna (viskozite yaklaşık 170,000 Pa.s) %5 nano-kil ilave edilmiş ve 6000rpm karıştırma hızında 60 dakika karıştırma uygulanmıştır (Abdullah vd., 2012).

PP/SBS/nano-kil modifiye bitüm üzerinde çalışılmış, bir yandan viskoziteyi düşürerek iyibir karıştırma arzulanmış diğer yandan da yüksek sıcaklıklarda polimerin dağılımını iyileştirmek için karıştırma sıcaklığı 180°C'den 200°C'ye kadar değiştirilmiştir. İlk karıştırma 200rpm hızda 10 dakika yapılmış ve ardından 3000rpm hızda 30dk daha karıştırma gerçekleştirilmiştir (Yazdani ve Pourjafar, 2012).

Bitümün ve asfalt betonunun performansını geliştirmek için polimer modifiyerlerin kullanılması popüler olmuştur. Polimerik nano-kompozitler çok ilgi çekmektedir. Nanokompozitin özellikleri, kilin türü-saflığı-ön iyileştirme biçimi, doğru polimer bileşiğin seçilmesi, polimerin nano kompozite karıştırma biçimi konularıyla değişim göstermektedir. (El-Shafie vd., 2012).

Literatürde yer alan çalışmalarda polimer ve nano-kilin katılma önceliğinde de farklılıklar mevcuttur. Bazı çalışmalarda önce polimer sonra nano-kil katılırken (Golestani vd., 2015) diğerlerinde de önce nano-kil katılmaktadır (Polacco vd., 2008).

EVA (ethylene-co-vinyl acetate) ile nano-killerin bir arada kullanıldığı çalışmada cloisite ve dellite türü iki nano-kil kullanılmıştır. Birinci seçenekte Nano-kil ve EVA kendi aralarında karıştırıldıktan sonra bitüme ilave edilmiş, ikinci seçenekte ise bitüme, EVA ve nano-kil ayrı ayrı karıştırılarak, nano-kil modifiye bitüm ve EVA modifiye bitüm elde edilmiştir. Yüksek polimer konsantrasyonlarında nanokilin varlığının, asfalt matriksi içerisinde polimerin

dağılmasını etkilediği görülmüştür. Bununla birlikte iki kilin aynı etkiyi göstermediği, üstelik, kil ekleme yönteminin etkili olduğu ifade edilmiştir. Özellikle Cloisite 20A EVA ile önceden karıştırıldığında tamamen homojen bir asfalt polimer karışımının sağlandığı görülmüştür. Killerin asfalt/polimer arasında uyumlaştırıcı gibi bir etkiye sahip olduğu vurgulanmıştır. X Işını difraksiyonundan iki kilinde tabakalı olmasına rağmen Cloisite'in polimer ile daha iyi bir uyum sağladığı görülmüştür. Kimyasal yapıları düşünüldüğünde, killerin polimerlerden daha çok asfalta ilgisinin olduğu tahmin edilmektedir. Bu yüzden, killer fiziksel olarak karıştırıldığında, asfalt molekülleri tarafından eklenirler. Bunun aksine, modifiye bitüm durumunda, kil ve polimer arasında önceden sağlanmış (pre-formed) uyum, asfalt ile karıştırma fazında halen devam etmektedir. Kil polimer ile olduğundan daha çok asfaltla uyumlu olsa bile, ilkin polimer/kil etkileşimi kurulmalıdır, bu etkileşim sonradan eklenen asfalt molekülleri tarafından değiştirilmemektedir. Kil sayesinde, polimer/kil mastır karışımı polimerin yalnız başına oluşturmuş olduğundan daha yüksek polarite oluşturmakta ve bu asfalt ile olan uyumu artırmaktadır (Markanday vd., 2010).

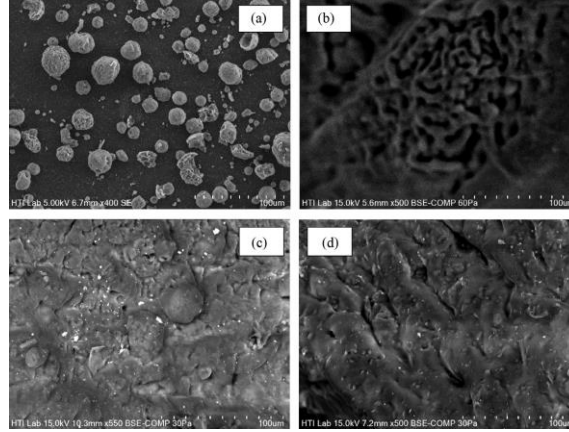
5. MODİFİYE BİTÜMÜN DEĞERLENDİRMESİNDE KULLANILAN BAZI YÖNTEMLER

5.1. X-ışını difraksiyonu (XRD)

Modifiye bitümün nihai yapısının değerlendirilmesinde kullanılabilen yöntemlerden birisi X-ışını difraksiyon (XRD) yöntemidir. XRD yöntemi polimer nanokompozitlerin değerlendirilmesinde en yaygın olarak kullanılan metoddur (Zare-Shahabadi vd., 2010). Aratabakalı veya eksfoliye nanoyapılar, malzemelerin XRD desenlerinin bazal yansımalarının konumu, şekli ve yoğunluğu gözlemlenerek çalışılabilir. Bu bilgilerle tabakalar arası mesafeler ve aratabakalı ve eksfoliye dağılım hakkında yorum yapılabilmektedir. Kontrol asfaltta difraksiyon piki bulunmamaktadır. Nanokil içeren modifiye bağlayıcı keskin bir fark oluşturmaktadır. Bragg eşitliğinden elde edilen difraksiyon açısının görünümü, aratabaka boşlukları arasında oldukça isotropik silikatların olduğunu, 2.80mm düzeyinde oluştuğunu, modifiye bağlayıcının daha düşük difraksiyon açısı verdiğini göstermektedir (Yu vd., 2007).

5.2. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

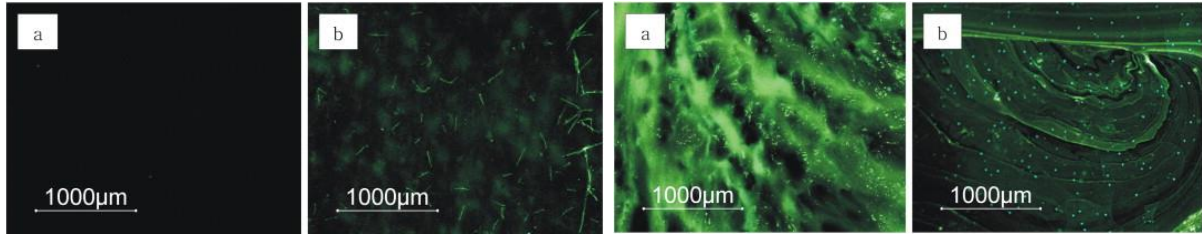
Taramalı elektron mikroskobu (SEM) (scanning electron microscopy), yöntemi nano partiküllerin asfalt matrisi içerisinde dağılmadan ve dağıldıktan sonraki durumunu belirlemek ve karşılaştırmak için kullanılabilir. Çeşitli araştırmalarda, nano-kilin asfalt içerisinde tabakalı veya eksfoliye şekilde dağılıp dağılmadığını belirlemek için bu yöntemler başarı ile kullanılmıştır (Fang vd., 2013; Yu vd., 2007).



Şekil 18. Kontrol ve nano silika modifiye polimer asfaltların SEM görüntüleri a) 400m değerinde nano-silika SEM görüntüsü, 500m değerinde polimer modifiye asfaltın SEM görüntüsü, c) %2 nanosilika-polimer modifiye asfaltın 550m değerinde SEM görüntüsü ve d) 500m değerinde %4 nanosilika-polimer modifiye asfaltın SEM görüntüsü (Yusoff vd., 2014). c ve d şekillerinden görüldüğü gibi, nano-silikanın varlığında, partiküller yeterince küçük olmakta ve daha homojen bir dağılım sağlanmaktadır.

5.3. Floresan mikroskobu

Bu yöntem, modifiyerlerin asfalt çimentosu içerisinde dağılımını göstermek amacıyla kullanılabilen etkili bir yöntemdir. Floresan mikroskobu ile modifiye ve kontrol bağlayıcıların bağlı değerlendirilmesi de yapılabilmektedir. Ayrıca bu yöntemle depolama stabilitesi hakkında da bilgi sahibi olunabilmektedir.



Şekil 19. Kontrol asfalt (a) ve polimer modifiye asfaltın (b) floresan mikroskop görüntüleri (Yu vd., 2015).

Şekil 20. Polimer modifiye asfaltların depolama stabilitesinin belirlenmesinde tüpün üst ve alt kısımlarındaki asfaltın floresan mikroskobu görüntüleri a) üst b) alt (Yu vd., 2015).

6. MALİYET-FAYDA

Günümüzde çoğu nano teknoloji ekipman ve malzemelerinin maliyeti nispeten yüksektir. Bu durum teknolojinin yeniliğinden ve cihazların kompleksliğinden kaynaklanmaktadır. Ancak zamanla nano materyal üretiminin artacağı, maliyetlerin azalacağı ve nanomateryal fiyatlarının da düşmesi beklenmektedir. Karbon nanotüplerin fiyatlarının 1990'dan beri çok önemli oranda düşmüştür ve düşmeye devam etmesi beklenmektedir. Bu düşüşler nanomalzemelerin asfalt kaplama teknolojisinde de kendilerini göstermelerini sağlayacaktır. Günümüzde, özel durumlarda, nano malzemelerin komlike problemleri belirli teknolojilerle büyük ölçekli uygulamalarda maliyet etkin olarak çözebileceği fikri oluşmuştur. Fakat geleneksel yöntemle problemi çözme en maliyet etkin çözüm olarak kalacaktır. Mühendisin görevi de gerçek bir problemi çözmek ve uygun bir maliyette kamu yararına sunmaktır. Gelecek için, çimento bazlı malzemelerle güçlendirilmiş çok fonksiyonlu ve akıllı karbon nanotüplerden yüksek performans-maliyet oranı ve düşük ömür döngüsü maliyeti beklenmektedir. Bu yüzden nano

materyallerin kritik bir konu olmaması gerekir. Asfalt kaplamalar için bitüm ham petrolden üretilmektedir. Geleneksel asfalt kaplamalarda bitümün, yol maliyetinin %5 ile %17 arasında bir maliyet oluşturmaktadır. Uluslararası ham petrol rezervlerinde azalma görülmektedir. Kaplama mühendisliği için, rezervlerin azalmasından dolayı bitüm fiyatlarında dramatik bir artışın olacağı düşünülebilir. Bu yüzden nanoteknoloji bu problemle mücadelede önemli bir rol alabilir (Farugi vd., 2015).

7. SONUÇLAR

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, kaplamaların performans seviyelerinde de artışlar beklenmektedir. Teknolojiye bağlı olarak yenilikçi malzemeler ve yeni uygulama yöntemleri gündeme gelmektedir. Nanobilim ve nano teknoloji bu anlamda yeni sayılabilecek konumdadır. Nanoteknoloji ürünleri diğer alanlarda olduğu gibi yol kaplama teknolojilerinde de yer bulmuştur.

Nanokil, nanotüp gibi materyallerin asfalt kaplamalarda modifiyer olarak kullanılmasıyla karışımların, yorulma, tekerlek izi, çatlama ve su hasarı dirençleri iyileştirilebilmektedir. Ayrıca polimerlerle asfaltın modifiyer edilmesine asfalt ve polimer arasında uyumlaştırıcı etkisi de sağlanarak polimer modifiyer asfaltların performansları artırılabilir.

Özellikle titanium dioksit gibi nanomalzemelerin, kaplama yüzeyinde kullanımıyla hava kirlenici maddelerin ayrıştırılması ile hava kirliliğinin azaltılmasına katkıda bulunulabilmektedir.

Nano malzemelerle asfalt çimentosunu modifiyer etmek için özel ekipmanlar gerekmektedir. Geleneksel mekanik karıştırıcılar bu amaçla kullanılamamaktadır. Bunun yerine high shear mikser veya ultrasonik mikser kullanılmalıdır. Karıştırma süresi, sıcaklığı ve hızına ekstra önem verilmelidir. İstenilen performansın sağlanabilmesi için eksfoliyasyonun sağlanması gerekmektedir.

Günümüzde nanoteknoloji ekipmanlarının pahalı oluşu nedeniyle üretilen malzemeler de pahalı olmaktadır. Ancak ilerleyen zamanlarda, bu teknolojinin daha çok yaygınlaşmasıyla üretilen malzeme fiyatlarında da önemli düşüşlerin olacağı beklenmektedir. Bu anlamda, nano materyallerin kaplama teknolojisinde belirli problemlerin çözümünde maliyet etkin olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abdullah, ME., Zamhari, KA., Nayan, N., Hainin, MR. ve Hermadi, M. 2012. "Physical properties and storage stability of asphalt binder modified with nanoclay and warm asphalt additives", World Journal of Engineering, 9(2) 155-160

Abdullah, ME., Zamharia, KA., Buharia, R., Mohd Kamaruddina, NH., Hainin, MR., Hassan, NA., Jayac, RP., Yusoffd ,NI., 2015. "A Review on The Exploration of Nanomaterials Application in Pavement Engineering", Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering) 73(4) 69-76

Amirkhanian, A., Xiao, F. ve Amirkhanian, SN. 2011. "Characterization of Unaged Asphalt Binder Modified with Carbon Nano Particles" Int. J. Pavement Res. Technol. 4(5) 281-286

Benli, B. 2009. "Nanoteknoloji ve antik çağlara uzanan killi nanoyapılar", Kil Bilimi Ve Teknolojileri Dergisi, 1(3) 143 – 162

- El-Shafie, M., Ibrahim, I.M. ve Abd El Rahman, A.M.M. 2012. "The addition effects of macro and nano clay on the performance of asphalt binder", *Egyptian Journal of Petroleum*, 21(2), 149–154
- Fang, C., Yu, R., Liu, S. ve Li, Y. 2013. "Nanomaterials Applied in Asphalt Modification: A Review" *Journal of Materials Science & Technology*, 29(7), 589-594
- Faruqi, M., Castillo, L. ve Sai, J. 2015. "State-of-the-Art Review of the Applications of Nanotechnology in Pavement Materials" *Journal of Civil Engineering Research*, 5(2): 21-27
- Fischer, H. 2003. "Polymer nanocomposites: from fundamental research to specific applications", *Materials Science and Engineering C*, 23, 763–772.
- Golestani, B., Nama, B.H., Nejad, F.M., Fallah, S. 2015. "Nanoclay application to asphalt concrete: Characterization of polymer and linear nanocomposite-modified asphalt binder and mixture", *Construction and Building Materials*, 91, 32–38
- Hasan, Z., Kamran, R., Mohammad, F., Ahmad, G., Hosein, F. 2012. "Evaluation of Different Conditions on The Mixing Bitumen and Carbon Nano-Tubes", *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*, 12 (06) 53-59
- Hassan, M., Dylla, H., Asadi, S., Mohammad, LN. ve Cooper, S. 2012. "Laboratory Evaluation of Environmental Performance of Photocatalytic Titanium Dioxide Warm-Mix Asphalt Pavements" *Journal of Materials and Civil Engineering*, 24: 599-605
- Hossain, Z., Zaman, M., Hawa, T ve Saha MC. 2015. "Evaluation of Moisture Susceptibility of Nanoclay-Modified Asphalt Binders through the Surface Science Approach", *Journal of Materials in Civil Engineering*, 27(10) 04014261
- Hussain F., Hojjatii, M., Okamoto, M. ve Gorga, RE. 2006. "Review article: polymer–matrix nanocomposites, processing, manufacturing, and application: an overview. *J Compos Mater*, 40(17):1511–1575.
- İskender, E., Aksoy, A. ve Özen, H. 2012. "Indirect performance comparison for styrene–butadiene–styrene polymer and fatty amine anti-strip modified asphalt mixtures", 30 117–124
- İskender, E., Aksoy, A. ve Şengöz, B. Asfalt Kaplamalarda Performans Arttırıcı Katkı Maddesi Olarak Nanokil Ürünlerin Kullanılması, Uygun Bir Nanokil Türünün Sentezlenmesi, KTÜ BAP projesi No:9542, Ara rapor, 2015.
- Kang, A.H. P., Xiao, X. ve Zhou, J. 2010, Jiangsu University, *Journal of Natural Science*, 31, 412-417
- Kavussi, A. ve Barghabani, P. 2014. "The Influence of Nano Materials on Moisture Resistance of Asphalt Mixes", *Study of Civil Engineering and Architecture (SCEA)*, 3 36-40
- Kok, B.V. ve Kuloglu N. 2008. "Investigation of mechanical properties of asphalt concrete containing styrene butadiene styrene", *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 26(1) 81–94
- Lan, T. 2009. "Nanocomposite Materials for Packaging Film Applications", *Symposium on Nanomaterials for Flexible packaging*.
- Li, W., Buschhorn, S.T., Schulte, K. ve Bauhofer, W. 2011. The Imaging Mechanism, Imaging Depth, And Parameters Influencing The Visibility Of Carbon Nanotubes In A Polymer Matrix Using An SEM. *Carbon*. 49(6): 1955–1964.
- Mamalis, A. G., Vogtländer, L. O. G. ve Markopoulos, A. 2004. Nanotechnology and nanostructured materials: trends in carbon nanotubes. *Precision Engineering*. 28(1): 16–30.
- Mittal, A., Jain, P.K., Sengupta, J.B., Ganvir Di., V. 2012. "New and Emerging Road Technologies for future: New Building Materials & Construction World NBM & CW". <http://search.proquest.com.proxy.lib.uwaterloo.ca/docview/1038935755>
- Motlagh, A., Kiasat, A., Mirzaei, E. ve Omidi Birgani, F. 2012. "Bitumen Modification Using Carbon Nanotubes", *World Applied Sciences Journal*, 18 (4) 594-599
- Özen, H. 2011. "Rutting evaluation of hydrated lime and SBS modified asphalt mixtures for laboratory and field compacted samples" *Construction and Building Materials*, 25(2) 756–765
- Özen, İ., Çetin, P., Uçar, T. ve Menceloğlu, Y.Z. 2009. "Organokil Üretimi Ve Karakterizasyonu", *Eczacıbaşı Esan/Sabancı Üniversitesi Kil Raporu, Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Programı*

- Polacco, G., Kriz, P., Filippi, S., Stastna, J., Biondi, D. ve Ludovit, Z. 2008. "Rheological properties of asphalt/SBS/clay blends", *European Polymer Journal*, 44, 3512–3521
- Qutubuddin, S. ve Fu, X. 2001. "Polymer Clay Nanocomposites: Synthesis and Properties", *Nano Surf. Chem.* 653-673.
- Road Engineering Solutions, "Integra Base & Nanotechnology: Modifying Asphalt on a Molecular Level", November 12, 2008, 20801 N. 90th Place Suite 201 Scottsdale, AZ 85255 480.538.5054 (p) www.resperion.com, Son erişim tarihi:01.07.2015
- Saeed GJ, Behrooz A, Shahram V. 2010. "Engineering properties of nanoclay modified asphalt concrete mixtures", *The Arabian Journal for Science and Engineering*, 35(1B) 89-103
- Saltan, M., Terzi, S. Sargin, Ş. Morova, N. Ve Serin, S. 2013. "Using Nanotechnology on Pavement Aggregates" *SDU International Journal of Technologic Sciences*, 5(1) 12-21
- Sapkota, J. 2011. "Influence of Clay Modification on Curing Kinetics of Natural Rubber Nanocomposites", Master of Science Thesis, Tampere University of Technology
- URL 1. https://tr.wikipedia.org/wiki/Karbon_nanot%C3%BCp (erişim tarihi: 07.10.2015)
- URL2. http://www.ltrc.lsu.edu/ltrc_13/pdf/presentations/S10_Durability%20and%20Performance%20Of%20Titanium%20Dioxide%20In%20Photocatalytic%20Pavements_LTC2013.pdf (Erişim tarihi: 07.10.2015)
- Venturini, L., ve Bacchi, M. 2009. "Research, design, and development of a photocatalytic asphalt pavement." *Proc., 2nd Int. Conf. on Environmentally Friendly Roads*, Road and Bridge Research Institute, Warsaw, Poland, 1–16.
- Xiao, F., Amir Khanian, A. N. ve Amir Khanian, S.N. 2011. Influence of Carbon Nanoparticles on the Rheological Characteristics of Short-Term Aged Asphalt Binders. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23(4): 423–431.
- Yang, J., Tighe, S. 2013. "A Review of Advances of Nanotechnology in Asphalt Mixtures", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96(6), 1269–1276.
- Yazdani, A. ve Pourjafar, S. 2012. "Optimization of Asphalt Binder Modified with PP/SBS/Nanoclay Nanocomposite using Taguchi Method", *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 6, 7-27.
- Yıldırım, Y. 2007. "Polymer Modified Asphalt Binders", *Construction and Building Materials*, 21(1): 66-72.
- You, Z. 2013. "Nanomaterials in Asphalt Pavements", *International Journal of Pavement Research and Technology*. 6 (3) IV
- Yu, J., Zeng, X., Wu, S., Wang, L. ve Liu, G. 2007. "Preparation and properties of montmorillonite modified asphalts", *Materials Science and Engineering: A*, 447 (1–2), 233–23.
- Yu, J.Y., Feng, P.C., Zhang, H.L. ve Wu, S.P. 2009. "Effect of organo-montmorillonite on aging properties of asphalt", *Construction and Building Materials* 23 (7), 2636-2640
- Yu, R., Fang, C., Liu, P., Liu, X. ve Li, Y. 2015. "Storage stability and rheological properties of asphalt modified with waste packaging polyethylene and organic montmorillonite", *Applied Clay Science*, 104, 1–7.
- Yusoff, N.I., Saleh Breem, A.A., N.M. Alattug, H., Hamima, A. ve Ahmad, J. 2014. "The effects of moisture susceptibility and ageing conditions on nano-silica/polymer-modified asphalt mixtures", *Construction and Building Materials*, 72, 139–147
- Zare-Shahabadi, A., Shokuhfar, A., Ebrahimi-Nejad, S. 2010. "Preparation and rheological characterization of asphalt binders reinforced with layered silicate nanoparticles", *Construction and Building Materials*, 24 (7), 1239–1244
- Zhang, H., Yu, J. ve Wu, S. 2012. "Effect of montmorillonite organic modification on ultraviolet aging properties of SBS modified bitumen" *Construction and Building Materials*, 27(1) 553-559.
- Zhang, H., Yu, J., Wang, H., Xue, L. 2011. "Investigation of microstructures and ultraviolet aging properties of organo-montmorillonite/SBS modified bitumen", *Materials Chemistry and Physics*, 129 (3), 769-776.
- Zhanping, Y., Mills-Beale, J., Foley, J.M., Samit, R., Odegard, G.M., Dai, Q. ve Goh, S.W. 2011. "Nanoclay-modified asphalt materials: Preparation and characterization", *Construction and Building Materials*, 25, 1072–1078

GIDA TEKNOLOJİSİNDE ULTRASES VE UYGULAMALARI

Mustafa Fatih ERTUGAY^a, Kübra AKŞEHİR^b

^a *Erzincan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzincan*

^b *Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bayburt*

Ses frekanslarına göre dört kategoride sınıflandırılmaktadır. Bunlar; İnfra ses (0-20Hz), Duyulabilir ses (20-20000 Hz), Ultrases (20000Hz-1GHz) ve Hiperses (>1GHz) tir. İnsan tarafında duyulabilen sesin (-20kHz) üzerinde frekansa sahip ses dalgaları ultrases ya da ses ötesi olarak tanımlanmaktadır.

Ses dalgaları katı, sıvı ve gaz içerisinde içinde hareket eden mekanik dalgalardır. Ultrasesin temel etkisi sıvı içerisinde oluşturduğu hava kabarcıklarının sebep olduğu mekanik etkidir. İşlem sonucunda üründeki sıcaklık artışı çok azdır. Bu sebeple ısı olmayan muhafaza yöntemlerinde birisi olan ultrases ile de sıcaklıktan kaynaklanan olumsuz etkiler önemli oranda azalmaktadır.

Ultrases uygulamalarında düşük güç seviyesi (1W/cm²) ve yüksek frekansa (0.1-20MHz) sahip düşük şiddetli ultrases ile yüksek enerji seviyesi (10-1000W/cm²) ve nispeten düşük frekansa sahip (0.1 MHz) yüksek şiddetli ultrases olmak üzere iki farklı tipte ses dalgası kullanılmaktadır. Her iki uygulama da gıda endüstrisinde kullanım alanı bulmaktadır.

Ultrases gıda işlemede ekstraksiyon, emülsifikasyon-homojenizasyon, kristalizasyon, filtrasyon, ayırma, gaz giderme, ekstrüzyon, enzim ve mikrobiyal inaktivasyon ve ısı transferi gibi pek çok uygulama alanı bulmuştur. Ultrases gıdaların muhafazasında tek başına kullanılabildiği gibi alternatif yöntemlerle beraber de kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Ultrases, ısı olmayan muhafaza teknikleri*

FPGA TEKNOLOJİSİ ve İÇTEN YANMALI MOTORLARDA UYGULANMASI

Hüseyin KÖKSAL^a, Alırıza KALELİ^b, M.Akif CEVİZ^a, Galip KALTAKKIRAN^a,
H. İbrahim AKOLAŞ^c

^a*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü*

^b*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü*

^c*Bitlis Eren Üniversitesi, Ahlat Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri
Bölümü, huseyin.koksal@atauni.edu.tr*

Son yıllarda, gerçek zamanlı uygulamaların gerçekleştirilmesinde FPGA (Alan Programlanabilir Kapı dizileri) kullanımı gittikçe artmaktadır. Temelde Alan Programlanabilir Kapı dizileri herhangi bir sayısal fonksiyonu gerçekleştirilmek için kullanıcı tarafından programlaması yapılan tümleşik devrelerdir. Bu tümleşik devreler paralel işlem yapabilme kapasiteleri ile ön plana çıkmaktadırlar.

İçten yanmalı motorun en önemli iki çalışma parametresi olan ateşleme zamanı ve havı yakıt oranıdır. Bu çalışmada, bu parametreleri motorun kendi EKÜ(Elektronik kontrol ünitesi)'den bağımsız olarak ayarlamak için National Instruments firması tarafından geliştirilen ve içerisinde FPGA tümleşik devresinin bulunduğu Compact Rio ürünü kullanılmıştır. Ateşleme zamanı için bobine ve hava yakıt oranı için ise enjektöre gönderilen işaret LabView ortamında hazırlanan bir program ile motorun krank mili açısı ile ilişkili olarak gönderilmiştir. Bu sayede ateşleme zamanı istenilen krank mili açısında ve hava yakıt oranı ise istenilen lamda değerinde tutularak deneyler gerçekleştirilmiştir.

FAZ DEĞİŞTİREN MALZEMELERİN TANITIMI VE MÜHENDİSLİKTE ENERJİ DEPOLAMA TEKNİĞİ OLARAK KULLANIMI

Galip KALTAKKIRAN, M.Akif CEVİZ, Hüseyin KÖKSAL, Erdoğan GÜNER

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, g.kaltakkiran@atauni.edu.tr

Her geçen gün artış gösteren dünya nüfusunun, sürekli gelişmeye devam eden endüstrileşmenin, büyüyen ülke ekonomilerinin, sanayinin, taşımacılığın merkezinde enerji tüketimi yer almaktadır. Bu durum var olan enerjiyi koruma ve uzun süreli olarak depolamayı zorunlu hale getirmiştir.

Enerji depolama gayesi, mevcut özellikleri ve kullanım alanı genişliğiyle faz değiştiren malzemeleri (FDM) öne çıkarmıştır. Maddenin faz değiştirmesine neden olan ısıya gizli ısı denir. Faz değiştiren maddelerin termal enerji depolamada yüksek termal iletkenlik ve geniş bir gizli ısıya sahip olmaları gerekir ve bu maddelerin geniş bir erime sıcaklık bandına sahip olma özelliği de önem arz etmektedir. Termal ısı depolama temelde bir maddenin faz değişimine uğradığı zaman ısıyı emmesi ya da serbest bırakmasına dayanmaktadır. Bu maddeler korozyon etkisi olmayan, kararlı bir kimyasal yapıya sahip ve düşük masraflı olmalıdır. Son kırk yıl boyunca çalışılan maddeler hidrat tuzlar, parafin mumları, yağ asitleri ve organik ve inorganik bileşenlerin ötektikleridir. Genellikle inorganik bileşenler, organik bileşiklere göre iki kat kadar bir hacimsel gizli ısı depolama kapasitesine sahiptir. FDM'lerden mühendislik alanlarında değişik amaçlara yönelik çok çeşitli uygulamalar için faydalanılmıştır Bu uygulama alanlarına otomotiv endüstrisindeki motor uygulamaları, araçlarda termal konfor, katalitik konvertörlerin ön ısıtması, binaların ve suların ısıtılması, soğutma uygulamaları, seralar, taşımacılık, elektronik gibi birçok örnek verilebilir.

Bu çalışmada, bir enerji depolama yöntemi ve malzemesi olan faz değiştiren malzemelerin tanıtımı, özellikleri (fiziksel, kimyasal vd.), sınıflandırılması ve mühendislik alanındaki çeşitli uygulamalar için enerji depolamada nasıl kullanıldığı tanıtılacaktır.

GÜNÜMÜZ SIKIŞTIRMA ATEŞMELİ MOTORLARINDAKİ PÜSKÜRTME STRATEJİLERİ VE AVANTAJLARI

Erdoğan GÜNER^a, M.Akif CEVİZ^a, Galip KALTAKKIRAN^a, Hüseyin KÖKSAL^a,
Alırza KALELİ^b

^a*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü*

^b*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, erdoganguner@atauni.edu.tr*

İçten yanmalı motorlar yakıtın kimyasal enerjisini mekanik enerjiye dönüştürürler. Bir içten yanmalı motor çeşidi olan sıkıştırma ateşlemeli motorlar günümüzde taşımacılık sektöründen güç üretimine kadar etkin bir rol oynamaktadır.

Sıkıştırma ateşlemeli motorlarda yanma; silindire alınan havanın sıkıştırılarak üzerine yakıtın püskürtülmesi ile gerçekleşir. Elde edilen güce, ses ve egzoz emisyonlarına direkt etki eden parametre silindirdeki bu yanma olayıdır. Bu motorlarda tutuşma gecikmesi boyunca sürekli olarak içeriye yakıt alınmış olur dolayısıyla tutuşma gecikmesi artarsa içeride biriken yakıt miktarı da artmış olur. Yanma başladığında içeride biriken yakıt miktarı fazla ise basınç ve sıcaklık yüksek değerlere ulaşacaktır. Sıcaklığın fonksiyonu olan NO_x emisyonu doğal olarak artmış olacaktır. Bu tip motorlarda patlamalar ile meydana gelen yanma olayında buji ateşlemeli motorlara göre ses emisyonları fazladır. Ayrıca bu motorlarda yanma olayı 4 safhadan (Tutuşma gecikmesi, Kontrolsüz yanma, Difüzyon kontrollü yanma ve Art yanma) oluşur ve elde edilen güçte önemli bir derecede kayıp olmadan bu emisyonların azaltılması için yanma olayının mümkün olduğunca en kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu nedenle ilk safha olan tutuşma gecikmesinin azaltılması, kontrolsüz yanmanın ve art yanmanın daha kontrollü olabilmesi için çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Silindir içerisine alınması gereken yakıt; eski tip sıkıştırma ateşlemeli motorlarda tek seferde püskürtülmekteydi fakat yukarıda bahsedilen sebepler ve motor-enjektör teknolojisindeki gelişmeler sayesinde yakıt tek seferde değil de birkaç kez enjektör açılarak farklı zamanlarda içeri püskürtülmesi sağlanmış ve belirtilen olumsuz sonuçlar kısmen önlenmiştir.

Bu çalışmada, tek seferde püskürtmenin dezavantajlarından bahsedilecek ve çeşitli püskürtme stratejileri tanıtılarak püskürtme stratejisinin motor performansına, ses ve egzoz emisyonlarına etkileri açıklanacaktır.

ELEKTRONİK CİHAZLARIN SOĞUTULMASINDA ISI KAYNAĞI KONUMUNUN ISI TRANSFERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN SAYISAL İNCELENMESİ

Birol ŞAHİN

Gümüşhane Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, bsahin@gumushane.edu.tr

Doğal taşınım ile ısı transferi, özellikle mühendislik alanında uygulaması olan bir konudur. Genel olarak elektronik cihazların soğutulmasında, meteorolojik olaylarda, binalarda ısı konforunun sağlanmasında, güneş enerjisi uygulamalarında, nükleer reaktörlerin soğutulmasında, damıtma işlemlerinde doğal taşınım ile ısı transferinden faydalanılmaktadır.

Elektronik cihazlarda işlemcilerin çalışması sonucu ısı açığa çıkar ve elektronik cihazın çalışma performansını olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle ortaya çıkan bu ısının hızlı bir şekilde ortamdaki atılması gerekir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan yöntemler ise daha çok taşınım ile ısı transferi esasına dayanmaktadır. Bilindiği gibi taşınım ile ısı transferi esas olarak doğal ve zorlanmış taşınım olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal taşınım ile ısı transferinde herhangi bir dış enerjiye ihtiyaç duyulmazken zorlanmış taşınım da bir dış enerjiye ihtiyaç vardır. Zorlanmış taşınım ile ısı transferinde kullanılan fan ve vantilatör gibi cihazlar elektronik sistemin enerji ihtiyacını artırmaktadır. Bu nedenle elektronik cihazlarda doğal taşınım ile ısı transferi yardımıyla yapılan soğutma, enerji verimliliği yönünden de ön plana çıkmaktadır.

Yapılan çalışmada kapalı bir ortam içerisinde bulunan ısı kaynağının, ısı transferi ve dolayısıyla soğutmaya olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla parçalı ısı kaynağının yatay veya düşey duvar üzerindeki farklı konumlarının ısı transferine etkisi incelenmiştir. Kapalı ortamın üst yatay duvarının yalıtılmış olduğu kabul edilmiştir. Isı kaynağı bulunan duvar yüksek sıcaklıkta, diğer yatay duvar ise düşük sıcaklıktadır. Problemin çözümü için kullanılan denklemler boyutsuzlaştırılarak ayrıklaştırılmıştır. İnceleme, laminer doğal taşınımın geçerli olduğu farklı Rayleigh sayılarında yapılmıştır. İnceleme sonucunda enerji verimliliği açısından ısı kaynağı konumunun ısı transferini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür.

AKILLI TELEFON SEÇİMİ İÇİN BULANIK ORTAMDA AHP VE TOPSIS METOTLARINI KULLANAN BİR PERFORMANS ÖLÇÜM MODELİ

Elif AYTAÇ^a, Özcan AYTAÇ^b

^a*Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye*

^b*Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bayburt Üniversitesi, Bayburt, Türkiye*

Teknolojinin insanlara sunduğu seçeneklerin artmasıyla üreticiler, tüketici tercihlerine yönelik nasıl bir ürün üretmeleri gerektiğine ve ürettikleri bu ürüne tüketicilerin ne kadar ilgi göstereceğini belirlemeye ilişkin araştırmalara eskisinden çok ihtiyaç duymaktadırlar.

Bu çalışmada bir performans ölçüm çerçevesi üretici düzeyindeki faktörlerin akıllı telefon seçiminde tüketicilerin seçimlerinde ne derece etkili olduğunu belirleyebilmek için kullanılmıştır. Bu bahsettiğimiz performans ölçüm çerçevesi hem kalitatif hem kantitatif faktörleri ve onların birbirleriyle etkileşimini göz önüne alır. Bu entegre yaklaşım kaba kümeler teorisi tarafından geliştirilmiş analitik hiyerarşi prosesini (AHP) ve bulanık TOPSIS metodunu nihai bir sıralama elde etmek için önerir.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli karar verme, AHP, Bulanık TOPSIS, Performans ölçümü

BASİT EĞİLME ETKİSİ ALTINDAKİ BAZI BETONARME KESİTLER İÇİN DİKDÖRTGEN GERİLME BLOĞU PARAMETRELERİNİN 2007 DEPREM YÖNETMELİĞİNDEKİ KESİT HASAR SINIRLARINA GÖRE BELİRLENMESİ

Ertekin ÖZTEKİN^a, Selim PUL^b, Metin HÜSEM^b

^aBayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 69000 Bayburt

^bKaradeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 61100 Trabzon

Özet

Bu çalışmada basit eğilme etkisi altındaki bazı betonarme kesitlerin 2007 deprem yönetmeliğinde tanımlanan hasar sınır durumları için taşıma gücü kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılabilecek olan dikdörtgen gerilme bloğu parametrelerinin belirlenmesine çalışılmıştır. Bu amaçla 2007 Türk deprem yönetmeliğinde bu hasar sınır durumları için önerilen kesit birim şekil değiştirme kapasiteleri ile birim gerilme şekil değiştirme malzeme modelleri kullanılmıştır. Çalışmada donatı akma dayanımı, beton basınç dayanımı, kesit boyutları, enine donatı aralığı, enine donatı hacimsel oranı, boyuna donatı oranı gibi kesit özellikleri değişken olarak alınmıştır. Hesaplamalardan elde edilen sonuçlar çalışmanın sonunda tablo ve grafiklerle karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kesit Hasar Sınırı, Basit Eğilme, Deprem Performansı, Dikdörtgen Gerilme Bloğu Parametreleri.

Abstract

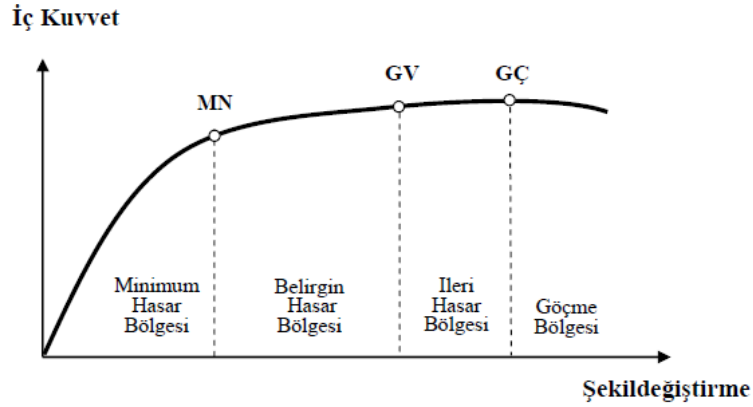
In this study, it is attempted to determine the rectangular stress block parameters defined for carrying capacity calculations of Cross Section Damage Limits in the Turkish Earthquake Building Code-2007. For this purpose, cross section strain capacities and material models proposed by this building code were used in this study. Additionally, cross section properties such as yield strength of reinforcement, stirrup space, volumetric ratio of lateral reinforcement, longitudinal reinforcement ratio were used as variables. Comparisons were made by tables and graphics on conclusions obtained from calculations.

Keywords: Cross Section Damage Limits, Pure Bending, Earthquake Performance, Rectangular Stress Block Parameters

1. GİRİŞ

Ülkemizde halen yürürlükte olan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” ‘in yedinci bölümünde Mevcut Binaların olası deprem etkilerine karşı değerlendirilmesi ve güçlendirilmesine ilişkin hesap yöntemleri ve hesap adımları detaylıca anlatılmaktadır. Mevcut binaların değerlendirilebilmesi için yönetmelikte öncelikle yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri tanımlanmaktadır. Bu tanımlamalar için yapı elemanları sünek ve gevrek olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Yönetmelikte gevrek elemanlar için

elastik ötesi davranışa izin verilmezken, sünek elemanlar için Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Hasar Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ) olmak üzere üç sınır durum, bu hasar sınırlarına göre de Şekil 1’ de gösterilen 4 farklı kesit hasar bölgesi tanımlanmıştır[1].



Şekil 1. 2007 deprem yönetmeliğinde tanımlanan kesit hasar bölgeleri [1]

Yönetmelikte betonarme elemanların kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansının belirlenmesinde her bir sınır durumuna göre (*MN*, *GV* ve *GÇ*) beton basınç birim şekildeğiştirilmesi ve donatı çeliği birim şekildeğiştirilmesi için üst sınırlar Tablo 1 ‘de verildiği gibi belirlenmiştir.

Tablo 1. Hasar Sınır Durumlarına Göre Beton ve Donatı Birimşekildeğiştirme Üst Sınırları

Hasar Sınır Durumu	Beton Basınç Şekildeğiştirilmesi	Donatı Çeliği Birim Şekildeğiştirilmesi
<i>MN</i>	0.0040	0.010
<i>GV</i>	0.0135	0.040
<i>GÇ</i>	0.0180	0.060

Bu tablodan da anlaşılacağı üzere kesit düzeyinde deprem yükleri taşınırken *MN* için maksimum 0.004, *GV* için maksimum 0.0135 ve *GÇ* için en çok 0.0180 lik beton basınç birim şekildeğiştirilmesi değerlerine izin verilmektedir. Öte yandan bu maksimum birim şekildeğiştirme sınırları için yönetmelikte tanımlanan hasar sınır durumlarına göre betonarme kesitlerin taşıyabilecekleri maksimum yükler de belirlenebilir.

1.1. Eşdeğer Dikdörtgen Gerilme Bloğu

Eğilmeye maruz betonarme elemanlarının taşıma gücünü hesaplamak için maksimum birim şekildeğiştirme sınırlarının yanı sıra beton veya betonarme malzemenin eksenel basınç kuvveti altında gerilme-şekildeğiştirme eğrilerinin bilinmesine gerek vardır. Bu eğrilerin tasarım veya tahkikler sırasında her zaman bilinmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle beton veya betonarme kesitler için birçok gerilme şekildeğiştirme modeli önerilmiştir[1,2,3] Bu malzeme modelleri ne kadar çok gerçeğe yakın eğriler üretirlerse, hesaplamalar da o kadar gerçekçi ve doğru olmaktadır. Ancak taşıma gücü hesaplamalarında her zaman gerilme-şekildeğiştirme eğrilerinin veya modellerinin kullanımı pratik olmamaktadır. Hesaplarda kolaylık sağlasın diye eğilme etkisindeki yapı elemanlarında beton veya betonarme malzemenin gerilme

şekildeğiştirme eğrilerinin yerine genelde aynı alana ve aynı ağırlık merkezine sahip dikdörtgen gerilme bloğu kullanılmaktadır. Dikdörtgen gerilme bloğunun gerçek gerilme-şekildeğiştirme eğrilerine veya modellerine eş değer olması (aynı alan ve aynı ağırlık merkezine sahip olması) dikdörtgen gerilme bloğu parametreleri olarak bilinen parametreler (k_1 , k_2 ve k_3) ile sağlanır (Şekil 2).

Şekil 2 den de görülebileceği üzere gerçek bir gerilme şekildeğiştirme eğrisinin ağırlık merkezinin orijine olan uzaklığı x ile gösterilirse k_2 parametresi

$$k_2 = \frac{\varepsilon_{cu}^{-x}}{\varepsilon_{cu}} \quad (1)$$

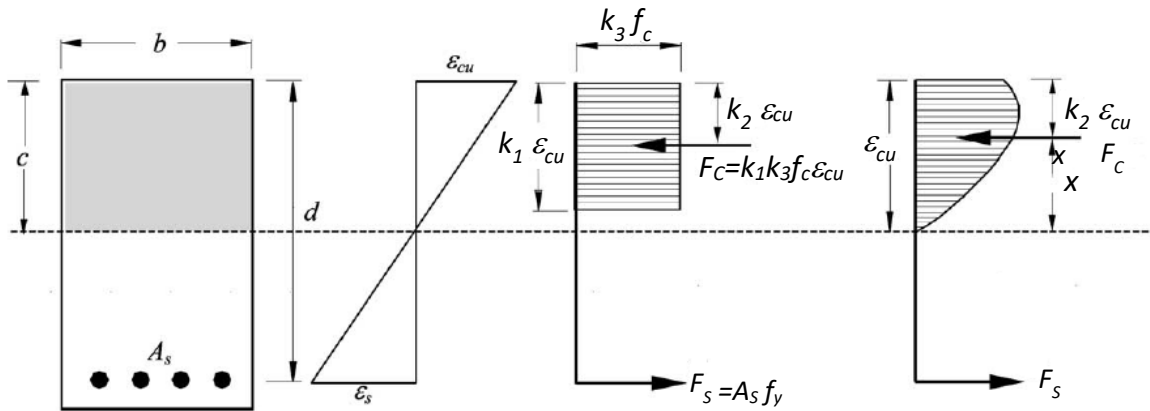
Bağıntısı ile hesaplanabilir. Burada ε_c betonun nihai şekildeğiştirme miktarıdır. Şekil 2 iyi incelendiğinde k_1 parametresi;

$$k_1 = 2k_2 \quad (2)$$

denklemi ile hesaplanabilir. Dikdörtgen gerilme bloğunun tanımlanmasında kullanılan üçüncü parametre olan k_3 ;

$$k_3 = \frac{F_c}{k_1 \varepsilon_{cu} f_c} \quad (3)$$

ile hesaplanabilir. Bu denklemde F_c gerilme şekildeğiştirme eğrisinin veya modelinin altında kalan alanı ifade etmektedir.



Şekil 2. Betonarme bir kesitte gerçek gerilme şekildeğiştirme eğrisi, eşdeğer dikdörtgen gerilme bloğu ve k_1 , k_2 ve k_3 parametreleri [2,4]

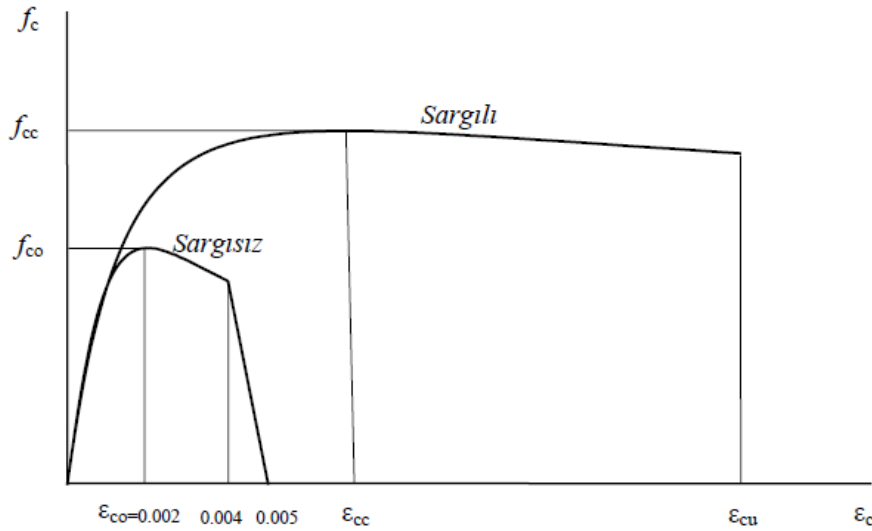
Betonarme bir kesitin klasik tasarımında kullanılan k_1 , k_2 ve k_3 parametrelerinin değerlerinin o kesitin deprem performansı değerlendirmesi esnasında kullanılması doğru olmaz. Çünkü yönetmelikte her bir hasar sınırı için betonarme kesit tasarımında kullanılan birim şekildeğiştirme değerinden farklı değerlerin kullanılması gerektiği önerilmektedir (bknz. Tablo 1). Şekil 2 ile 1, 2 ve 3 numaralı denklemlerden de anlaşılacağı üzere k_1 , k_2 ve k_3 parametrelerinin hesabında maksimum birim şekildeğiştirme değeri kullanılmaktadır. Bu nedenle basit eğilme etkisi altındaki betonarme kesitlerde 2007 deprem yönetmeliğindeki kesit hasar sınırlarına göre taşıma gücünün hesaplanabilmesi için bu hasar sınır durumlarına göre dikdörtgen gerilme bloğu parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Durum böyle olunca

bu çalışmada basit eğilme etkisi altındaki bazı betonarme kesitler için dikdörtgen gerilme bloğu parametrelerinin 2007 deprem yönetmeliğindeki kesit hasar sınırlarına göre belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.2. Gerilme Şekildeğiştirme Eğrileri ve Modelleri

Bu çalışmada basit eğilme etkisi altındaki bazı betonarme kesitlerin deprem performansı hesaplamalarında kullanılmak üzere dikdörtgen gerilme bloğu parametrelerini hesaplamak için 2007 deprem yönetmeliğinde sargılı betonlar için önerilen gerilme şekildeğiştirme modeli kullanılmıştır. Şekil 3 de 2007 deprem yönetmeliğinde önerilen Sargılı ve Sargısız gerilme şekildeğiştirme modelleri görülmektedir (Şekil 3)[1,3].

Beton yalnız başına gevrek bir malzemedir ve bu betonlar için yönetmelikte sargısız gerilme şekildeğiştirme modeli önerilmektedir. Gevrek eleman için deprem performansının belirlenmesinde elastik ötesi davranışa izin verilmemektedir. Öte yandan betonarme donatı ile süneklik kazandırılmış betonarme kesitler için yönetmelikte sargılı beton modeli önerilmiştir. Şekil 3 de 2007 deprem yönetmeliğinde önerilen Sargılı ve Sargısız gerilme şekildeğiştirme modelleri görülmektedir. Bu model, bu çalışmada basit eğilme etkisi altındaki bazı betonarme kesitlerin deprem performansı hesaplamalarında kullanılmak üzere dikdörtgen gerilme bloğu parametrelerini hesaplamak için kullanılmıştır. Bu modele göre aksenal basınç etkisi altında betonarme bir kesitte oluşan basınç gerilmesi 4-16 numaralı bağıntılar ile hesaplanabilmektedir[1, 3].



Şekil 3. 2007 deprem yönetmeliğinde sargılı ve sargısız betonlar için önerilen gerilme şekildeğiştirme modeli [1-3]

$$f_c = \frac{f_{cc} x r}{r-1+x^r} \quad (4)$$

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad (5)$$

$$\lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \quad (6)$$

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} \quad (7)$$

$$f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (8)$$

$$f_e = (f_{ex} + f_{ey})/2 \quad (9)$$

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_o h_o}\right)^{-1} \quad (10)$$

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad (11)$$

$$\varepsilon_{cc} = 0.002 [1 + 5(\lambda_c - 1)] \quad (12)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad (13)$$

$$E_c \cong 5000 \sqrt{f_{co}} \text{ (MPa)} \quad (14)$$

$$E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \quad (15)$$

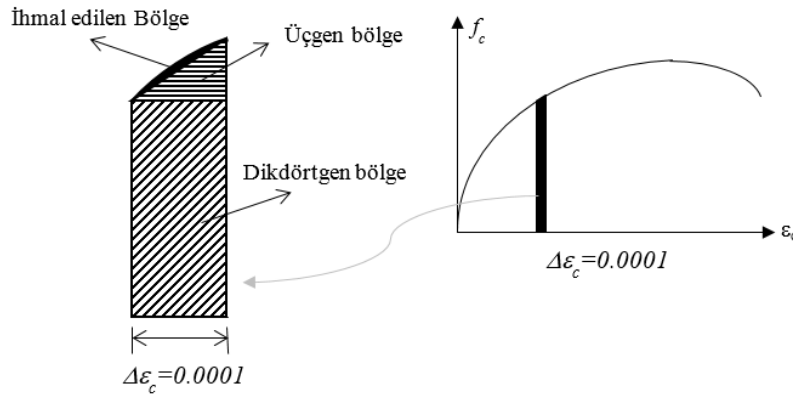
$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4 \rho_s f_{yw} \varepsilon_{su}}{f_{cc}} \quad (16)$$

Bu denklemlerdeki f_{co} sargısız beton dayanımını veya karakteristik beton basınç dayanımını, f_{yw} etriyenin akma dayanımını, a_i kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı, b_o ve h_o göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını, s düşey doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralığı, A_s ise boyuna donatı alanını göstermektedir[1-3].

2.YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışma kapsamında kesit genişliği, kesit yüksekliği, etriye aralığı, basınç bölgesindeki donatı miktarı, çekme donatısı miktarı, kesitteki donatı türü ve beton basınç dayanımı değişken parametreler olarak alınarak üç farklı hasar sınır durumuna göre eşdeğer dikdörtgen gerilme bloğu parametreleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kesit boyutlarının genelde kullanılan giriş boyutlarıyla aynı olmasına (kesit genişliği 20 cm, 25 cm ve 30 cm, kesit yüksekliği 40 cm, 45 cm, ve 50 cm,) dikkat edilmiştir. Kesit basınç bölgesinde 2 farklı basınç donatısı miktarı (2 ϕ 10, 2 ϕ 12), kesitin çekme bölgesinde ise 4 farklı çekme donatısı (3 ϕ 12, 2 ϕ 12+1 ϕ 14, 1 ϕ 14+2 ϕ 12 ve 3 ϕ 14) dikkate alınmıştır. Hesaplamalarda kesitte boyuna ve enine donatının aynı tür (S220 veya S420) olduğu kabul edilmiştir. Üç farklı etriye aralığının kullanıldığı hesaplamalarda beton dayanımı TS500[4] de belirtilen geleneksel betonlar için belirtilen dayanım aralığında (10 Mpa, 20 MPa, 30 MPa, 40 Mpa ve 50 Mpa) tutulmuştur. Hesaplamalarda Şekil 3 de görülen sargılı betonlar için önerilmiş olan gerilme şekil değiştirme modeli kullanılmıştır. Yukarıda sayılan parametrelerin tüm kombinasyonları için hesaplamalar yapılırken, gerilme şekil değiştirme

modelinin altında kalan alan ve bu alanın ağırlık merkezi iteratif metodla $\Delta\varepsilon_c=0.0001$ aralıklarla hesaplanmıştır. Hesaplanan alan ve ağırlık merkezi 1, 2 ve 3 numaralı eşitliklerde yerine konularak k_1 , k_2 ve k_3 parametreleri hesaplanmıştır. Her bir hasar durumu için 1, 2 ve 3 numaralı denklemler kullanılırken betonarme yapı malzemesinin nihai birimşekildeğiştirilmesi için (ε_{cu}) Tablo 1 de verilen değerler kullanılmıştır. Hesaplamalar sırasında sıfırdan itibaren $\Delta\varepsilon_c=0.0001$ aralıklarla Şekil 3 de sargılı betonlar için deprem yönetmeliğince önerilmiş olan gerilme-şekildeğiştirme modeli alanlara ayrılmıştır. Modelin gerçek eğriliğinden doğan fark hesaplamalarda ihmal edilmiştir(bknz. Şekil 4.) Alan ve ağırlık merkezi hesaplamaları basit üçgen ve dikdörtgen hesapları ile yapılmıştır.



Şekil 4. Gerilme Şekildeğiştirme Modelinin alanlara bölünmesi

3. BULGULAR VE İRDELEME

Bu çalışmada yukarıda verilen değişkenler alınarak gerçekleştirilen hesaplamalar ile üç farklı deprem hasar sınırına göre dikdörtgen gerilme bloğu parametreleri (k_1 , k_2 ve k_3) belirlenmiştir. Hesaplamalar sonucunda betonarme kesitteki boyuna donatının miktarındaki değişimin bu parametreleri ihmal edilebilecek düzeyde etkilediği görülmüştür. Örnek olarak kesit genişliği 20 cm , kesit yüksekliği 40 cm etriye aralığı $s=10\text{ cm}$, etriye akma dayanımı $f_{yw}=220\text{ MPa}$, ve beton dayanımı $f_{ck}=10\text{ MPa}$ için MN hasar sınır durumuna göre hesaplanmış olan k_1 , k_2 ve k_3 parametreleri Tablo 2. gösterilmektedir. Tablo 2'deki bu durum beklenen sonuçlara tezat gibi görünmektedir. Ancak hesaplamalarda dikkate alınan boyuna donatının sayısının sabit kalması bu durumun ortaya çıkmasındaki asıl nedendir. Bu da boyuna donatının geometrik diziliminin betonarme kesitin gerilme şekildeğiştirme davranışı üzerinde boyuna miktarından (donatının alan veya oran olarak artmasından) daha büyük bir etkiye sahip olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Çünkü kesit içinde sargılanmış beton hacmi boyuna donatının çapındaki değişimle çok az bir miktarda değişmektedir.

Tablo 2. $b=20\text{cm}$ $h=40\text{ cm}$, $s=10\text{ cm}$, $f_{yw}=220\text{MPa}$, $f_{ck}= 10\text{ MPa}$ için MN hasar sınırına göre hesaplanan k_1 , k_2 ve k_3 parametreleri

Asal Çekme donatısı	Basınç Bölgesindeki donatı	k_1	k_2	k_3
3 ϕ 12	2 ϕ 10	0,855798	0,427899	1,174591
2 ϕ 12+1 ϕ 14	2 ϕ 10	0,855796	0,427898	1,174601
1 ϕ 12+2 ϕ 14	2 ϕ 10	0,855795	0,427897	1,174611
3 ϕ 14	2 ϕ 10	0,855793	0,427897	1,174621
3 ϕ 12	2 ϕ 12	0,855795	0,427897	1,174611
2 ϕ 12+1 ϕ 14	2 ϕ 12	0,855793	0,427897	1,174621
1 ϕ 12+2 ϕ 14	2 ϕ 12	0,855792	0,427896	1,174631
3 ϕ 14	2 ϕ 12	0,85579	0,427895	1,174641
3 ϕ 12	2 ϕ 14	0,855792	0,427896	1,174631
2 ϕ 12+1 ϕ 14	2 ϕ 14	0,85579	0,427895	1,174641
1 ϕ 12+2 ϕ 14	2 ϕ 14	0,855789	0,427894	1,174651
3 ϕ 14	2 ϕ 14	0,855787	0,427894	1,174661

Yukarıdaki duruma benzer şekilde diğer değişkenler sabit tutulurken kesit genişliği veya kesit yüksekliği değiştirilerek yapılan hesaplamalarda artan kesit yüksekliği ve kesit genişliği için k_1 ve k_2 parametrelerinin çok çok küçük miktarlarda arttığı, k_3 parametresinin ise çok küçük miktarlarda azalma eğilimi gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bu durum üç farklı betonarme kesit için Tablo 3 'de sayısal olarak ortaya konmuştur. Kısacası bu çalışmada dikkate alınan kesit genişliği ve yüksekliklerindeki değişimin beton gerilme bloğu parametreleri üzerinde çok büyük bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Ancak bu durumu genelleştirebilmek için daha başka kesit boyutları kullanılarak daha geniş hacimli hesaplamalar yapılması gerekmektedir.

Tablo 3. MN sınır durumu için kesit boyutlarındaki değişim ile gerilme bloğu parametrelerinde meydana gelen değişimler

f_{ck} (MPa)	f_{sy} (MPa)	$bw=20\text{ cm ve }h=40\text{ cm}$			$bw=20\text{ cm ve }h=45\text{ cm}$			$bw=30\text{ cm ve }h=40\text{ cm}$		
		k_1	k_2	k_3	k_1	k_2	k_3	k_1	k_2	k_3
10	220	0,856	0,428	1,175	0,856	0,428	1,174	0,857	0,428	1,169
15	220	0,850	0,425	1,112	0,850	0,425	1,112	0,851	0,425	1,108
20	220	0,846	0,423	1,077	0,846	0,423	1,077	0,846	0,423	1,074
25	220	0,842	0,421	1,052	0,842	0,421	1,052	0,843	0,422	1,049
30	220	0,840	0,420	1,032	0,840	0,420	1,032	0,841	0,421	1,029
35	220	0,839	0,419	1,014	0,839	0,419	1,014	0,840	0,420	1,011
40	220	0,838	0,419	0,997	0,838	0,419	0,997	0,839	0,420	0,993
45	220	0,838	0,419	0,979	0,839	0,419	0,979	0,840	0,420	0,976
50	220	0,840	0,420	0,961	0,840	0,420	0,960	0,841	0,421	0,957
10	420	0,841	0,420	1,297	0,841	0,420	1,296	0,841	0,421	1,289
15	420	0,835	0,417	1,199	0,835	0,417	1,198	0,836	0,418	1,193
20	420	0,830	0,415	1,147	0,830	0,415	1,147	0,831	0,415	1,142
25	420	0,825	0,413	1,114	0,826	0,413	1,114	0,826	0,413	1,110

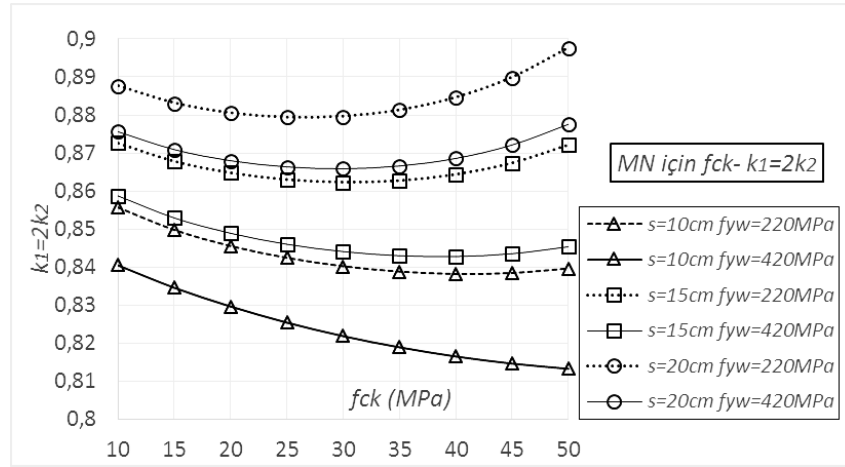
Durum böyle olunca, bu çalışmada değişken olarak kabul edilen donatı miktarı (kesit alanının) ve betonarme kesit boyutlarının değişiminin söz konusu parametreleri ihmal edilebilecek düzeyde etkilediği kabul edilerek, çalışmanın sonraki kısımlarında bu değişkenler için elde

edilen bulgulara ve sonuçlara daha fazla yer verilmemiştir. Bundan sonraki kısımlarda için elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

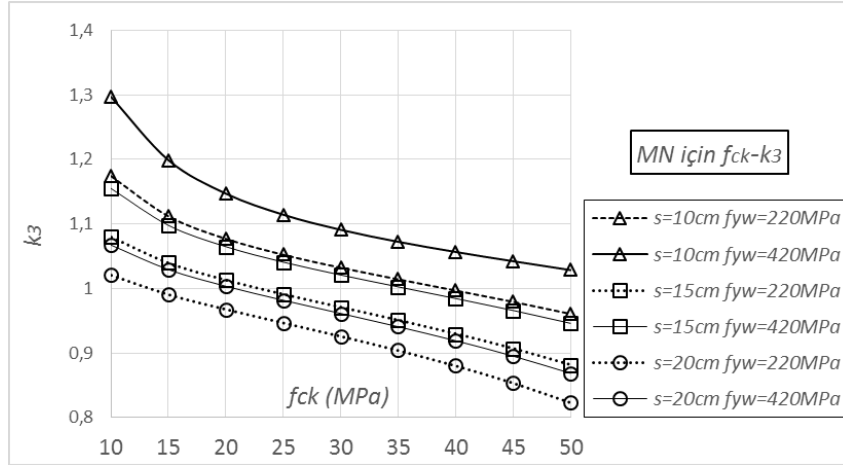
MN, GV ve GÇ hasar sınır durumlarına göre diğer değişkenler s , f_{ck} ve f_{yw} için hesaplanan k_1 , k_2 ve k_3 parametreleri Şekil 5, Şekil6, Şekil 7, Şekil 8 Şekil 9 ve Şekil 10 da grafikler halinde gösterilmiştir.

MN hasar sınır durumunda k_1 ve k_2 parametresi için en büyük değerler $s=20$ cm ve $f_{yw}=220$ MPa için hesaplanmıştır. f_{yw} nin artması ile (420 MPa olması) ve etriye aralığının azalması ile k_1 ve k_2 parametrelerinin değerleri azalmıştır. Öyle ki en düşük değerler $S420$ ve $s=10$ cm için elde edilmiştir. Bu sınır durumu için beton dayanımının k_1 ve k_2 parametreleri üzerinde net bir artırıcı veya azaltıcı etkiye sahip olduğu söylenemez. Beton dayanımının bu parametreler üzerine etkisi etriye akma dayanımı ve etriye aralığının değerlerine göre farklı olmuştur (Bknz. Şekil 5.)

MN hasar sınır durumunda k_3 parametresi artan beton dayanımı ile azalmıştır. Etriye aralığının küçülmesi ve etriye akma dayanımının artması k_3 parametresini artırmıştır. Taşıma gücü hesaplamalarında geleneksel olarak 0.85 olarak alınan k_3 parametresi burada düşük beton dayanımları için 1.3 gibi değerler almıştır Artan beton dayanımı, etriye aralığı mesafesi ve azalan etriye akma dayanımı ile bu parametrenin değeri 0.80'lere kadar düşmüştür. Bu durum Şekil 6 da daha anlaşılır bir biçimde gösterilmektedir.



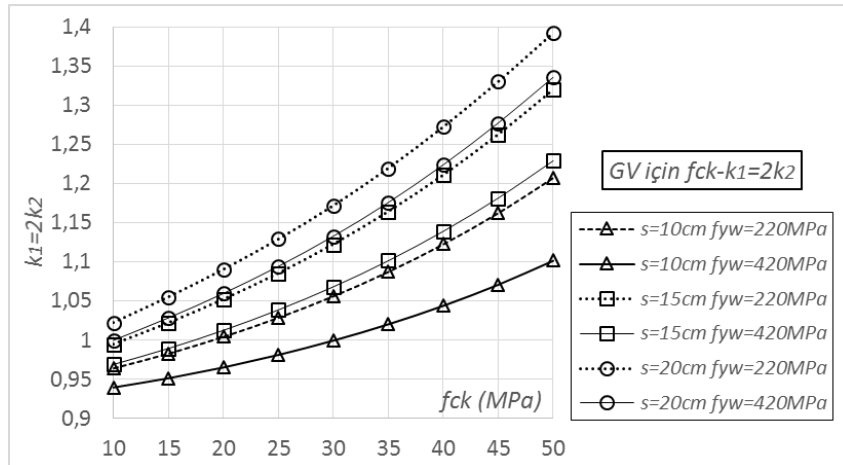
Şekil 5. MN sınır durumuna göre k_1 ve k_2 parametrelerinin s , f_{ck} ve f_{yw} ye göre değişimi



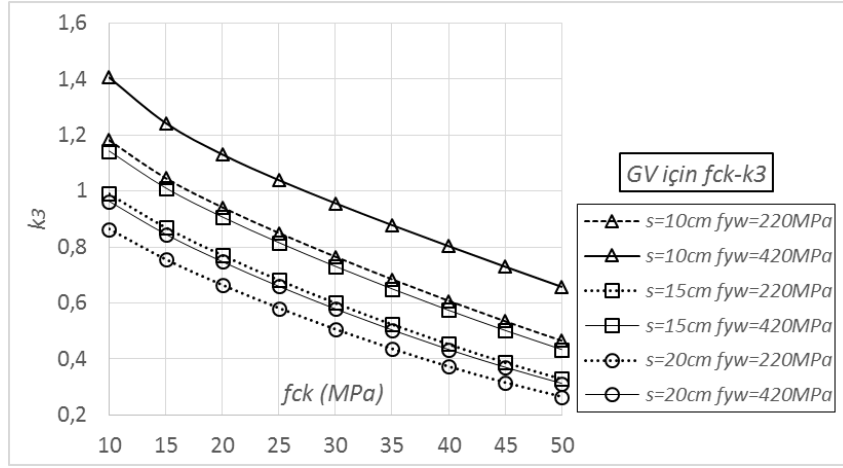
Şekil 6. MN sınır durumuna göre k_3 parametresinin s, f_{ck} ve f_{yw} ye göre değişimi

GV ve GC hasar bölgelerine göre s ve f_{ck} değişkenlerinin değerlerindeki artış ile k_1 ve k_2 'nin aldıkları değerleri artmış k_3 ün ise azalmıştır. f_{yw} deki artış ise, s ve f_{ck} 'nin tersine, k_1 ve k_2 değerlerini azaltmış, k_3 ün kını ise artırmıştır.

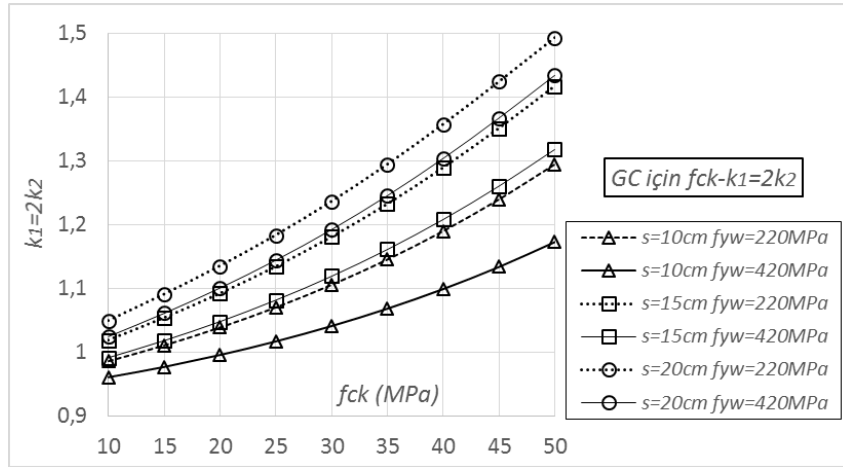
Deprem etkisi altında MN hasar sınır bölgesinden GV hasar sınır bölgesine oradan da GÇ hasar sınır bölgesine doğru ilerleyen bir betonarme elemandaki dikdörtgen gerilme bloğu parametrelerinden k_1 ve k_2 nin değerlerinde artış, k_3 ün kinde ise azalmanın olacağı hesaplanmıştır. Öyle ki k_1 parametresinin değeri GC için yaklaşık 1.5, k_2 nin değeri yaklaşık olarak 0.75 e kadar yükselirken, k_3 ün değeri yaklaşık olarak 0.2 ye kadar düşmüştür. Daha detaylı irdeleme ve değerlendirme için Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10 da gösterilen grafikler incelenmelidir.



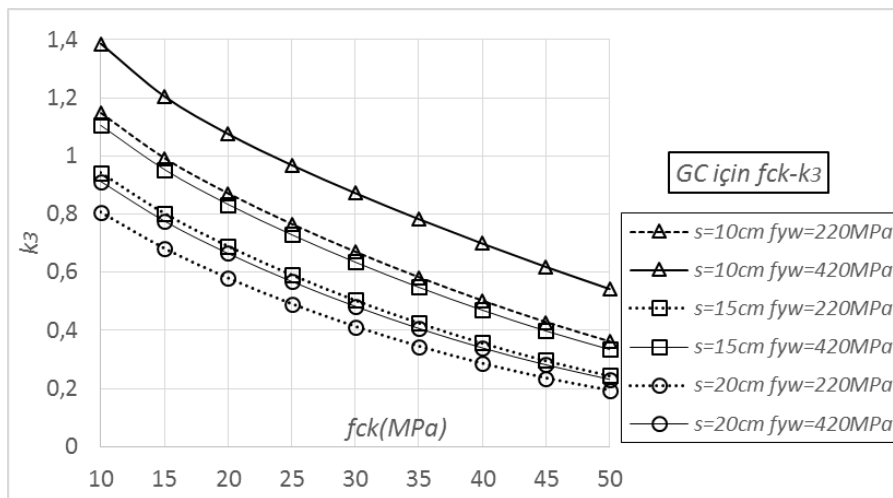
Şekil 7. GV sınır durumuna göre k_1 ve k_2 parametrelerinin s, f_{ck} ve f_{yw} ye göre değişimi



Şekil 8. GV sınır durumuna göre k_3 parametresinin s, f_{ck} ve f_{yw} ye göre değişimi



Şekil 9. GC sınır durumuna göre k_1 ve k_2 parametrelerinin s, f_{ck} ve f_{yw} ye göre değişimi



Şekil 10. GC sınır durumuna göre k_3 parametresinin s, f_{ck} ve f_{yw} ye göre değişimi

4. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda çıkarılabilecek sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

- Bu çalışmada dikkate alınan betonarme kesit boyutları ve üç hasar sınır durumu için gerilme bloğu parametrelerinin değerlerinde önemli bir miktarda değişim hesaplanmamıştır.
- Basınç ve Çekme donatısı yerleşim geometrisi ve sayısı aynı kalmak kaydıyla, betonarme kesit içerisinde donatı çapının artırılması veya azaltılmasıyla dikdörtgen gerilme bloğu parametrelerinde ancak ihmal edilebilir düzeylerde bir değişim hesaplanabilmiştir.
- MN hasar sınır durumunda karakteristik beton basınç dayanımı ile k_1 ve k_2 parametreleri arasında azalan veya artan şekilde net bir ilişkinin olmadığı görülmüştür.
- GV ve GC hasar sınır durumlarında karakteristik beton basınç dayanımı arttıkça k_1 ve k_2 parametreleri de artmıştır
- MN hasar sınır durumu hariç her bir hasar sınır durumunda etriye aralığının artması ile k_1 ve k_2 parametrelerini artmış k_3 parametresini azaltmıştır.
- MN hasar sınır durumu hariç her bir hasar sınır durumunda etriye dayanımının artması ile k_1 ve k_2 parametrelerini azalmış k_3 parametresini artmıştır.
- Her bir hasar sınır durumunda karakteristik beton basınç dayanımının artması ile daha küçük k_3 parametresi değerleri hesaplanmıştır.

5. KAYNAKLAR

1. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara,2007
2. Ersoy U. Özcebe G., Betonarme Yapılar, Evrim Yayınevi, İstanbul 2007.
3. Mander, J.B., Priestley, M.J.N., Park, R. (1988). Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete, Journal of Structural Division (ASCE), 114(8), 1804-1826.
4. TS 500 “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”,Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
5. Oztekin E, Pul S, Husem M. Determination of rectangular stress block parameters for high performance concrete. Eng Struct 2003;25:371–6.
6. Pul S., Hüsem M., Öztekin E. Eğilme Etkisindeki Yüksek Performanslı Betonarme Kesitlerde Gerilme Bloğu Parametreleri. Sakarya Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2002; 6(3), 128-134.

YENİ TİP KURU SOĞUTMA KULELERİNDE KULLANILAN RÜZGÂR KIRICILAR

Hadi Ghasemi ZAVARAGH, Mehmet Akif CEVİZ, İ. Volkan ÖNER, Halil İBRAHİM AKOLAŞ

Doğal taşınımlı kuru soğutma kulelerinin performansları, rüzgar hızının kritik bir seviyeyi aştığı günlerde önemli seviyede azalmaktadır. Rüzgarlı günlerde enerji santrallerinin genel elektrik üretimleri özellikle kuru soğutma kulelerinde %40'a kadar azalmaktadır. Elektrik üretimindeki bu azalmanın giderilmesi için üzerinde durulan birçok çalışma arasında rüzgar kırıcılar son yıllarda ümit verici olarak karşımıza çıkmaktadır.

Rüzgar kırıcılar, rüzgarlı günlerde ortaya çıkan olumsuz etkileri azaltabilmektedir. Ancak rüzgar kırıcıların da yönlerinin, rüzgarın yönüne göre değiştirilebilmesi gerekmektedir. Çünkü her ne kadar hakim rüzgar yönü sabit kalsa dahi mevsimler boyunca değişiklikler arz etmektedir.

Bu çalışmada yeni bir rüzgar kırıcı tasarımı yapılmış ve hesaplamalı akışkanlar mekaniği yöntemi ile yapılan analizler sonucunda ümit verici sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan tasarım, mevcut çalışmaların aksine rüzgarın momentum etkisinden faydalanılabileceğini ve rüzgarlı durumda bile soğutma kulesinin performansının azalmadan çalışmaya devam edebileceğini göstermektedir. Ayrıca tasarım sayesinde rüzgar kırıcılar bir hat üstünde hareket ettirilerek rüzgar yönüne göre konumlandırılabilir.

ELEKTRİK MOTOR FIRÇALARINDA DENEY PARAMETRELERİNİN AŞINMA DAVRANIŞINA ETKİSİ

Hüseyin İPEK^a, Hamdullah ÇUVALCI^b

^aKaradeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 61100, Türkiye, hipek@ktu.edu.tr

^bKaradeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 61100, Türkiye, hcualci@ktu.edu.tr

Özet

Bu çalışma ile elektrik iletkenliği sağlayan ve hareketli parça ile direk temas halinde olan elektrik motor fırçalarının farklı çalışma koşullarındaki aşınma performansları incelenmiştir. Bir set olarak kullanılan bu fırçalar metal matrisli kompozit olarak üretilmiş ticari fırçalardır. Matris olarak bakır takviye elemanı olarak da grafit içeren bu fırçalar dört farklı basınç ve üç farklı devirde, sabit bir mesafe ve gerilim değerinde, özel olarak tasarlanmış ve çalışma şartlarını simüle eden bir fırça deney düzeneğinde deneye tabi tutulmuştur. Aşınma yüzeyleri taramalı elektron mikroskopunda (SEM) incelenmiş ve genel aşınma davranışları belirlenmiştir.

Çalışma basınçları (yay basıncı) 2 bar'ın üstüne çıktığında pürüzlülük değerleri bir miktar artmakla birlikte çalışma hızının (devir) pürüzlülük değerlerinde daha etkin bir rol oynadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte yüksek devirde (4000rpm) deneye tabi tutulan numunelerin ağırlık kayıplarının düşük devirdekilere (1000rpm) göre azaldığı görülmüştür. Yapılan SEM incelemelerinde adhezif ve abrasif aşınma izlerine rastlanmakla birlikte temel aşınma mekanizmasının ark erozyonu olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Motor Fırçaları, Aşınma, Ark Erozyonu, Metal Matrisli Kompozitler

Abstract

In this study, electrical engine brushes were performed in different working condition which is providing the electrical contact with dynamic parts of the engine. A set of brushes used which is produced as Metal Matrix Composites (MMCs) in a trademarked. The brushes performance were carried out with a special designed computer aided system in four different spring pressure and three working speed with constant distance and potential. Wear surfaces were detected with a scanning electron microscope and general wear behaviours of the surfaces were determined.

Increasing operating speed plays more active role in roughness rather than spring pressure. However, weight losses of the samples in high speed (4000 rpm) performances were detected lower than low speed (1000 rpm) performances. Adhesive and abrasive wear mechanisms were detected but the main wear mechanisms of the surface was detected as arc erosion with SEM investigation.

1. GİRİŞ

Bu çalışma ile elektrik motorlarında, elektrik iletkenliği sağlayan ve hareketli parça ile direk temas halinde olan, zamanla aşınan ve motorda performans kayıplarına, hatta çalışmamasına neden olacak şekilde işlevini kaybeden fırça aksamı incelenmiştir.

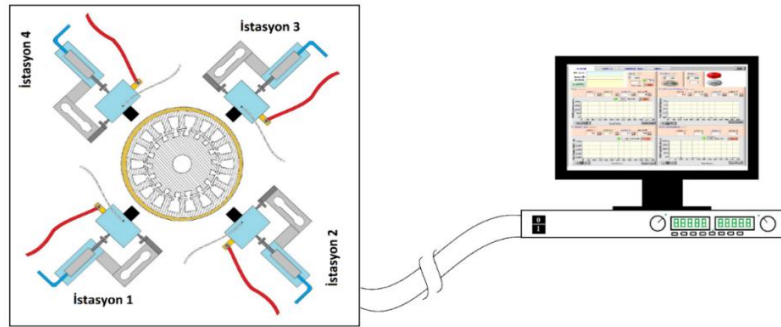
Elektrik fırçaları yaklaşık 100 yıl önce İngiltere’de bulunmuş ve geliştirilmelerine paralel olarak motorlar da gelişmiştir [1]. İlk fırçalar demet halindeki bakır tellerden oluşmaktaydı [1-5]. Ancak motorların modifiye edilerek git gide artan bir oranda performans göstermesiyle ilk üretilen fırçaların uyuşmaması ile başlıca bileşeni karbon olan fırçalar geliştirildi [1-4]. Gerek artan teknoloji ve gerekse motorların artan performansı karşısında, motorların çalışması üzerinde hayati öneme sahip olan fırça malzemeleri çalışılmaya başlandı [6,7]. Elektrik fırçaları bir motor veya jeneratörde hareket eden kısım ve sabit duran kısım arasında akımı iletmekte kullanılır. Kayan (hareketli) temas yüzeyine belirli bir yükü kuvvet uygulamalı ve akım şiddetinin transferini kesintisiz sağlamalıdır. Yüksek yükler (yay basıncı) fırçada ve/veya kaymanın olduğu yüzeyde sürtünme kayıplarını ve aşınmayı artırır [8]. Aşınma mekanizmaları fırça sistemlerinde artan yükler ve basınçlarla değişmekler birlikte ark aşınması (erozyonu) şeklinde görülmektedir [9-11].

Fırçalar genel olarak metal marisli kompozitlerden (MMCs) oluşur. Matris malzemesi olarak elektriği iyi ileten ve nispeten ucuz olan bakır kullanılır. Takviye elemanı olarak da başlıca bileşen karbon ve allotropu olan grafitir. Grafit, kompozit malzemelerde ve elektrik motor malzemelerinde katı bir yağlayıcı olarak uzun bir süredir kullanılmaktadır [12].

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Malzemeler ve Çalışma Parametreleri

Bu çalışmada %25 karbon, %65 bakır ve %10 diğer elementleri içeren ticari bir fırça farklı devir ve yay basınçlarında, sabit yol ve gerilim değerlerinde deneye tabi tutulmuştur. Her deneyde aynı bileşime ait 4 adet fırça kullanılmıştır. Deney düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik gösterimi

Ticari fırçaya ait bazı özellikler ve çalışma parametreleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Ticari fırçanın bazı özellikleri ve deney parametreleri

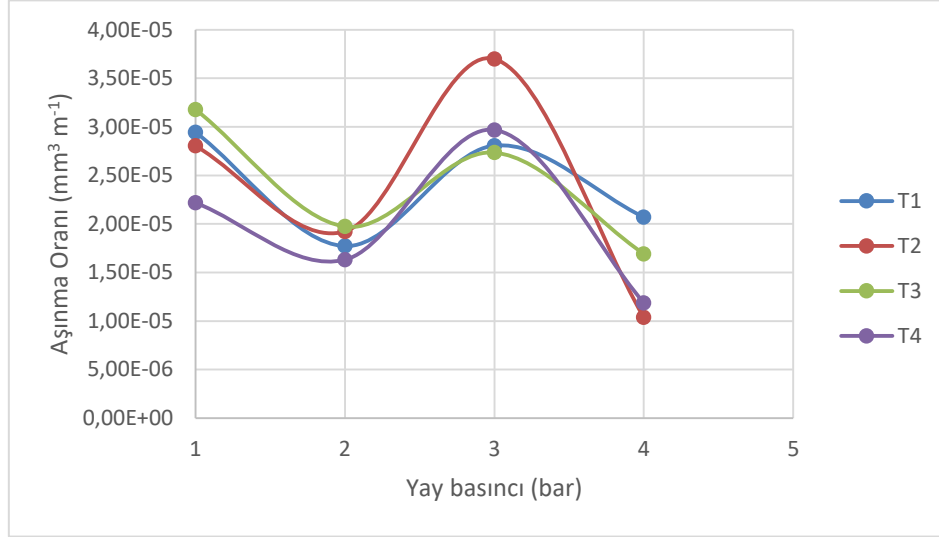
Numune Yoğunluğu (g/cm ³)	Numune İletkenliği (Ωm) ⁻¹	Çalışma Voltajı (V)	Akım (A)	Çalışma Hızı (rpm)	Yay basıncı (bar)
1,6	83,2	3,22	10	1000	1
				2000	2
				4000	3
					4

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Aşınma Oranı

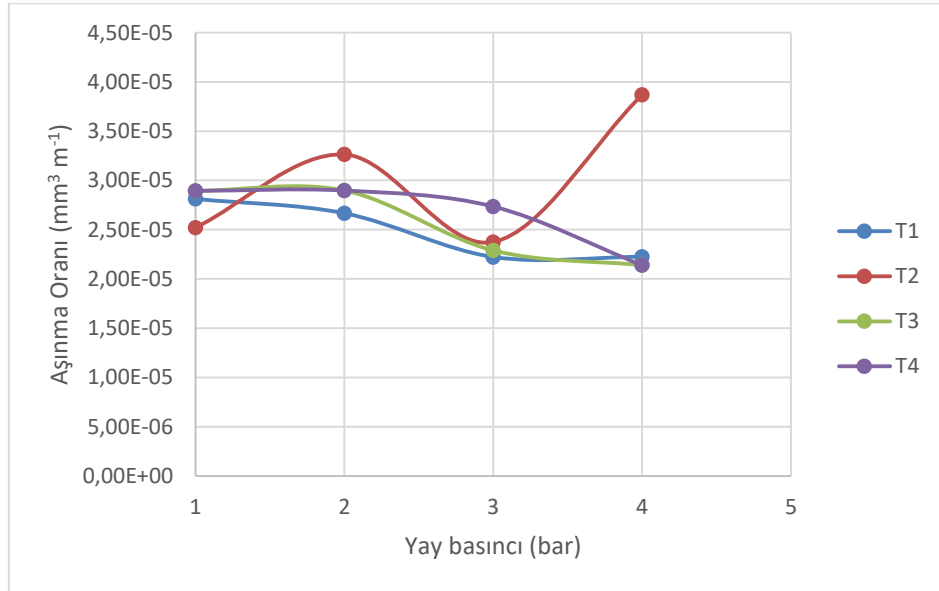
Numunelere ait ağırlık kayıpları bulunduktan sonra aşınma oranları hesaplandı. Aşınma oranı hesaplanırken 3.1 eşitliğinden faydalanıldı.

$$W (\text{mm}^3 \text{m}^{-1}) = \text{Kütle kaybı (g)} / [\text{yoğunluk (g/mm}^3) \times \text{yol (m)}] \quad (3.1)$$



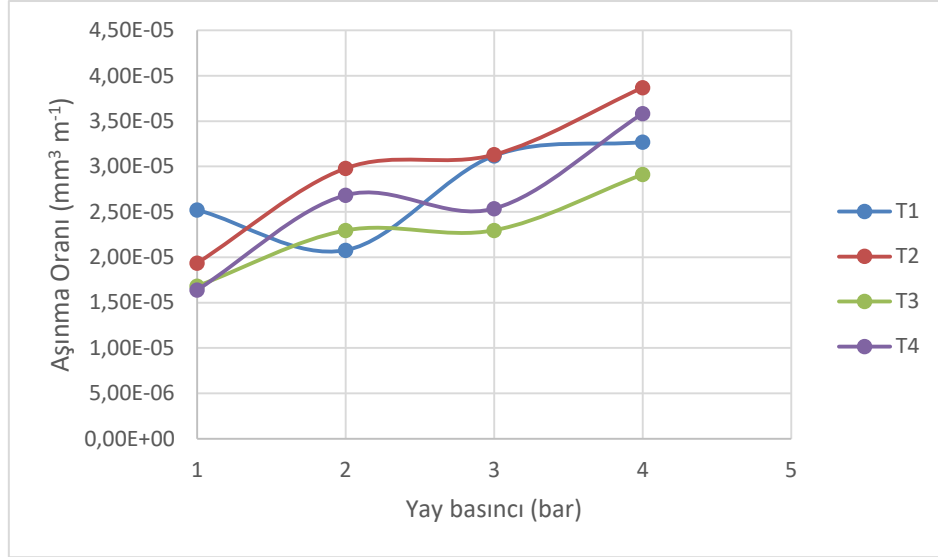
Şekil 2. 1000 rpm 'lik çalışma hızında değişen yay basıncının aşınma oranına etkisi

1000 rpm (dev/dak) çalışma hızında aşınma oranlarının değişken olduğu saptandı. En az aşınma miktarının 3 bar'lık yay basınca uygulandığında elde edildiği gözlemlendi.



Şekil 3. 2000 rpm 'lik çalışma hızında değişen yay basıncının aşınma oranına etkisi

2000 rpm çalışma hızında fırçaların tamamı neredeyse aynı oranlarda aşınma kaybı gösterirken T2 fırçasının 4 barlık yay basıncında daha az aşınma oranı göstermiştir.

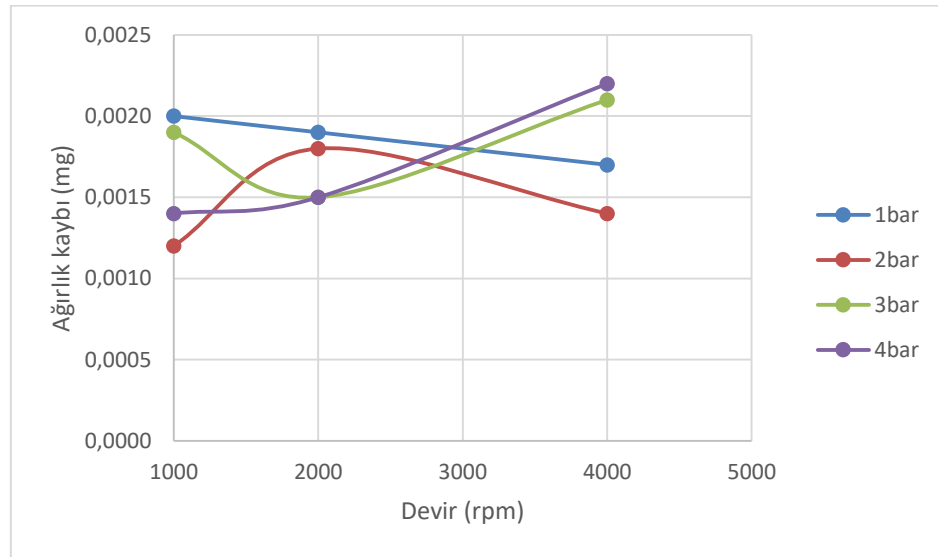


Şekil 4. 4000 rpm 'lik çalışma hızında değişen yay basıncının aşınma oranına etkisi

4000 rpm çalışma hızları incelendiğinde artan yay basıncı ile aşınma oranlarının da arttığı gözlenmiştir. Kısmen düzensiz bir durum sergileyen T1 fırçası düşük basınçta yüksek aşınma oranı göstermesine rağmen yay basıncı arttıkça diğer fırçalardaki gibi bir tutum sergilemiştir.

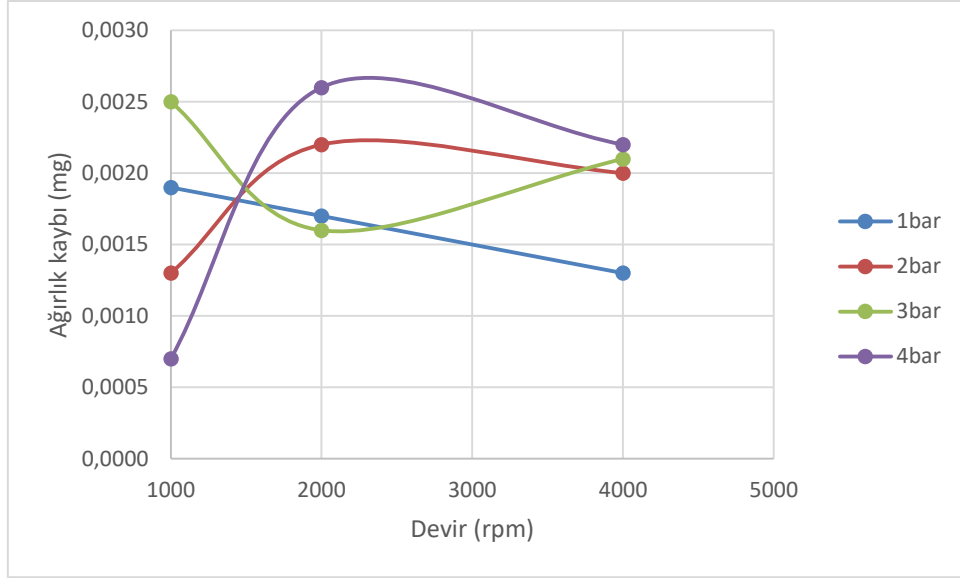
3.2. Ağırlık Kaybı

Ağırlık kayıpları 0,1mg hassasiyetli Ohaus-Pioneer marka dijital terazide yapılmıştır. Üç tartımın ortalaması alınarak hesaplanan ağırlık kayıpları her fırça için ayrı ayrı verilmiş olup Şekil 5-8'de verilmiştir.



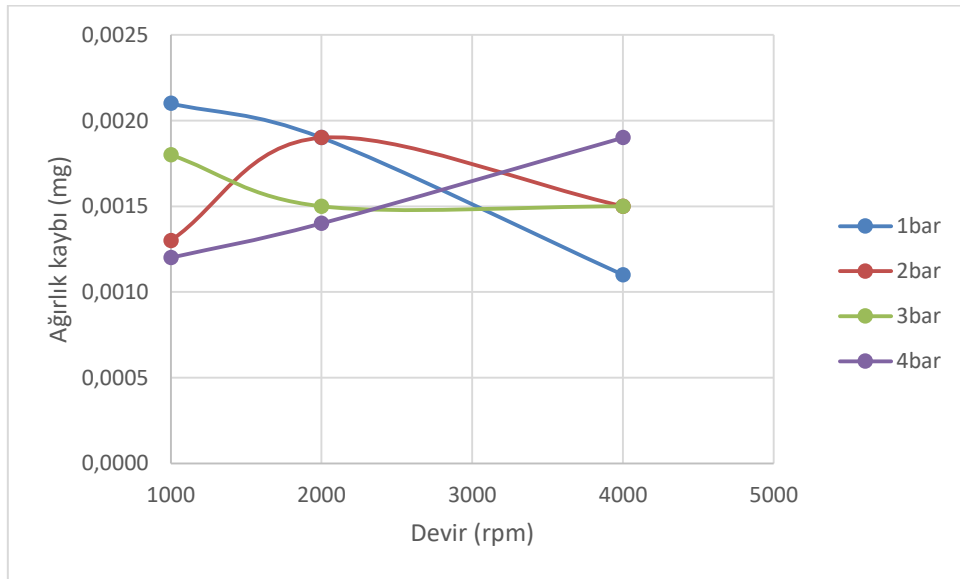
Şekil 5. 1 numaralı (T1) fırçaya ait ağırlık kaybı-devir grafiği

Şekil 5'te 1 numaralı T1 fırçasına ait çalışma hızlarına göre ağırlık kaybını gösteren grafik verilmiştir. Bu grafiğe göre 3 ve 4 barlık yay basınçlarında ağırlık kaybı artış göstermektedir. Bu beklenen bir sonuç olmakla birlikte 1 bar basınçta artan çalışma hızı ile ağırlık kayıplarının da azaldığı görülmüştür.



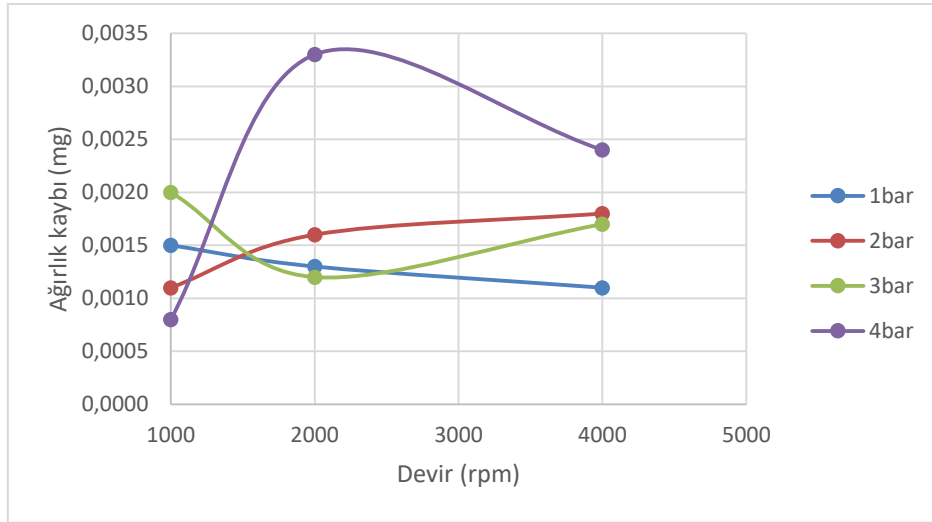
Şekil 6. 2 numaralı (T2) fırçaya ait ağırlık kaybı-devir grafiği

Şekil 6 'da 2 numaralı fırçaya ait T2 numunesinin farklı çalışma hızlarında ve farklı yay basınçlarındaki aşınma kayıpları gösterilmiştir. Bu grafiğe göre 1 barlık yay basıncında çalışma hızı arttığında aşınma kayıplarının T1 fırçasındaki gibi düştüğü görülmüştür. En düzensiz aşınma kayıpları 1000 rpm'lik çalışma hızlarında görülürken çalışma hızının artmasıyla kısmen daha düzenli aşınma kayıpları gözlenmiştir.



Şekil 7. 3 numaralı (T3) fırçaya ait ağırlık kaybı-devir grafiği

Şekil 7' de 3 numaralı T3 numunesine ait aşınma kayıpları görülmektedir. 1, 2 ve 3 barlık yay basınçlarında aşınma kayıpları artan çalışma hızı ile azalma eğiliminde iken 4 barlık yay basıncında çalışma hızı arttıkça aşınma kaybı da artmıştır.



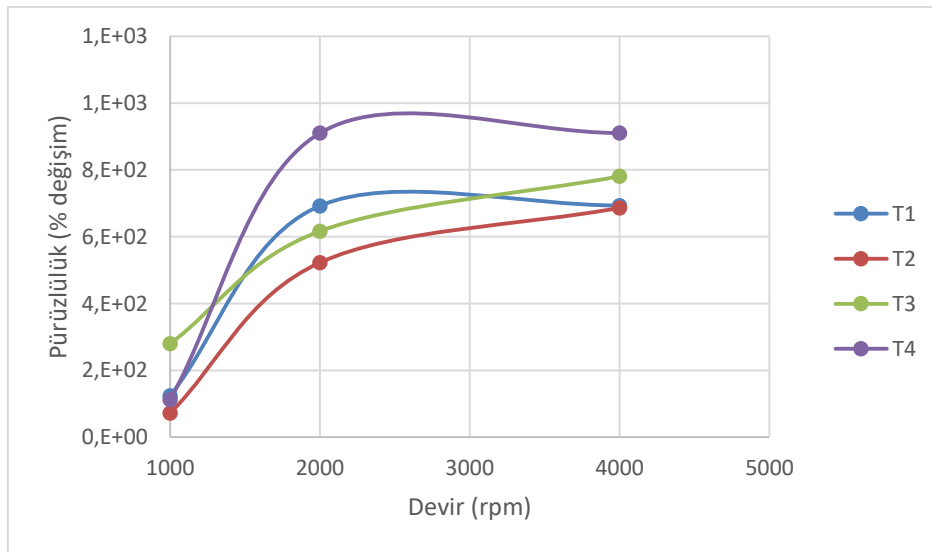
Şekil 8. 4 numaralı (T4) fırçaya ait ağırlık kaybı-devir grafiği

Şekil 8’de verilen 1 numaralı T4 fırçasına ait aşınma kayıpları incelendiğinde diğer fırçalarda da aynı tutumu sergileyen ve çalışma hızı arttıkça aşınma kaybı düşen 1 barlık yay basıncı dikkat çekmektedir. En düzensiz ve en fazla aşınma kaybı ise 4 barlık yay basıncı uygulanan deneyde görülmüştür. 2000 rpm çalışma hızında ilk ağırlık kaybına göre %300’lük bir artış gözlenirken 4 barlık yay basıncında ilk ağırlık kaybına göre %200 oranında artan bir ağırlık kaybı görülmüştür.

Genel olarak aşınma kayıpları incelendiğinde düşük basınçlarda ve yüksek çalışma hızlarında yapılan deneylerin fırçalardaki aşınma kayıplarını azalttığı tespit edilmiştir.

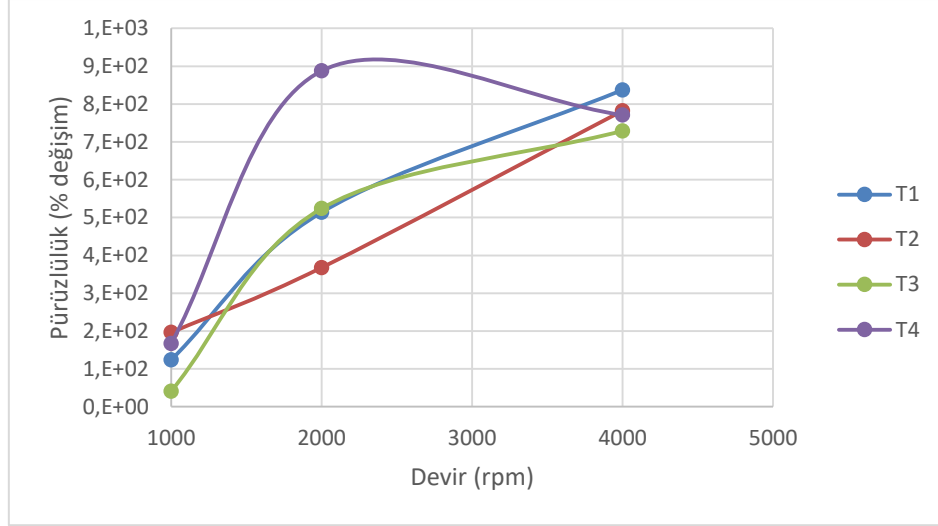
3.3. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü Marsurf PS1 marka pürüzlülük ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Farklı çalışma hızlarında elde edilen yüzey pürüzlülükleri % değişim olarak hesaplanmış ve Şekil 9-12’de verilmiştir.



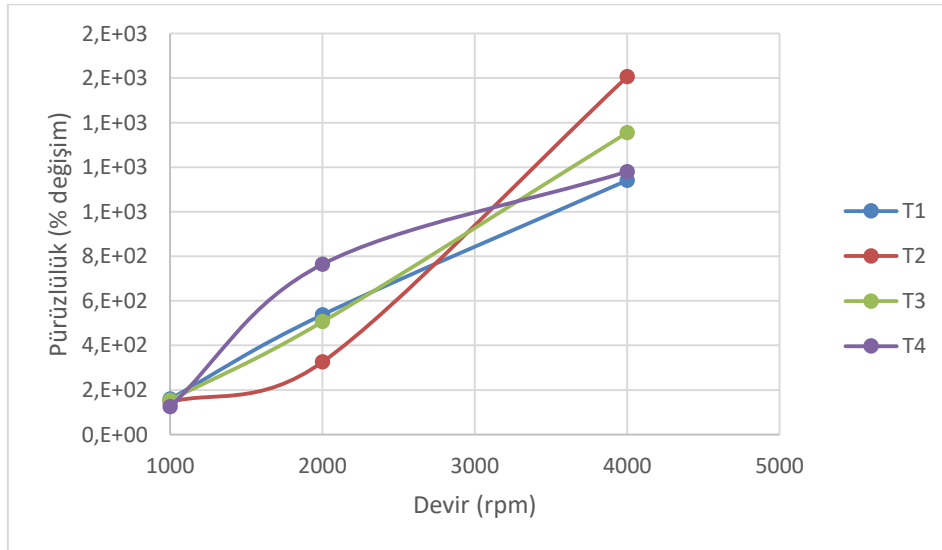
Şekil 9. 1 barlık yay basıncı uygulanan fırçaların çalışma hızına göre pürüzlülük değişimi

Şekil 9’da 1 barlık yay basıncında artan çalışma hızı ile pürüzlülük değerini % değişimi verilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünün 2000 rpm’ kadar hızlı bir şekilde arttığı tespit edilmiştir. 2000 rpm’ den sonra T2 ve T3 fırçasında küçük bir miktar artış görülmesine karşın T1 ve T4 fırçalarında pürüzlülük değerleri neredeyse değişmemiştir.



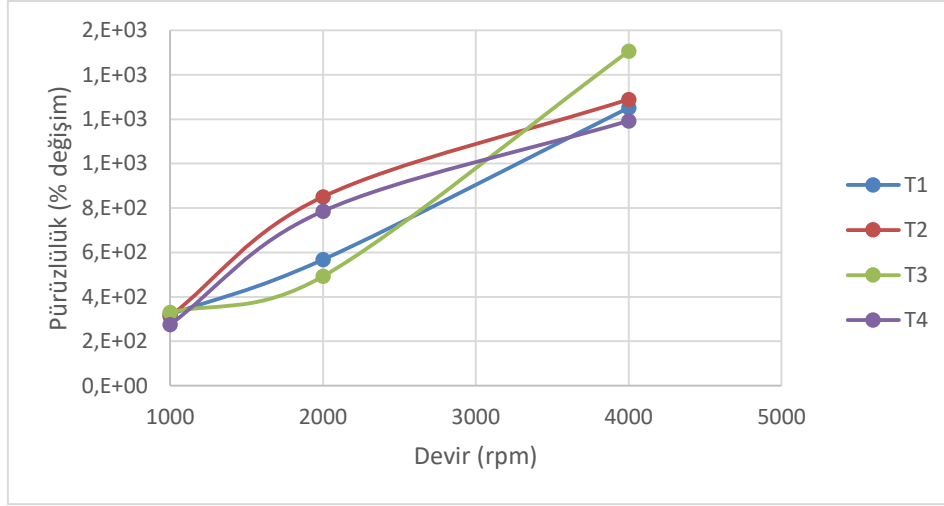
Şekil 10. 2 barlık yay basıncı uygulanan fırçaların çalışma hızına göre pürüzlülük değişimi

Şekil 10’da 2 barlık yay basıncı ve artan çalışma hızı ile birlikte pürüzlülük değerini % değişimi verilmiştir. T4 fırçasının 2000 rpm’de pürüzlülük değeri bir miktar artmakla birlikte 4000 rpm çalışma hızına ulaşıldığında diğer fırçalar ile aynı mertebelerde bir pürüzlülük değeri sergilemiştir.



Şekil 11. 3 barlık yay basıncı uygulanan fırçaların çalışma hızına göre pürüzlülük değişimi

Şekil 11’de 3 barlık yay basıncı ve artan çalışma hızı ile birlikte pürüzlülük değerini % değişimi verilmiştir. Bu grafikte de çalışma hızı arttıkça bütün fırçalarda pürüzlülük değerinin arttığı görülmüştür.

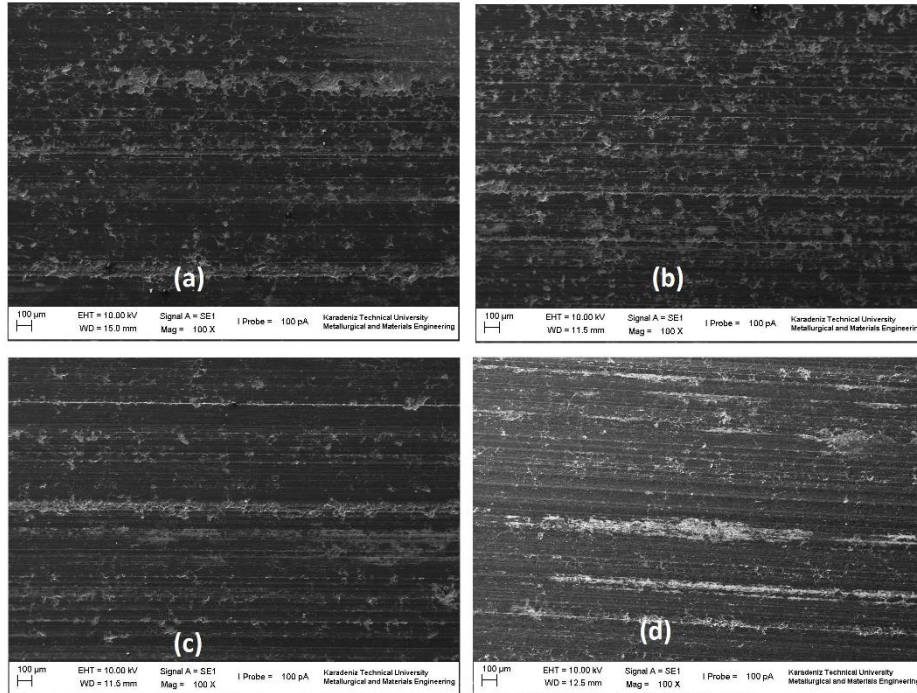


Şekil 12. 4 barlık yay basıncı uygulanan fırçaların çalışma hızına göre pürüzlülük değişimi

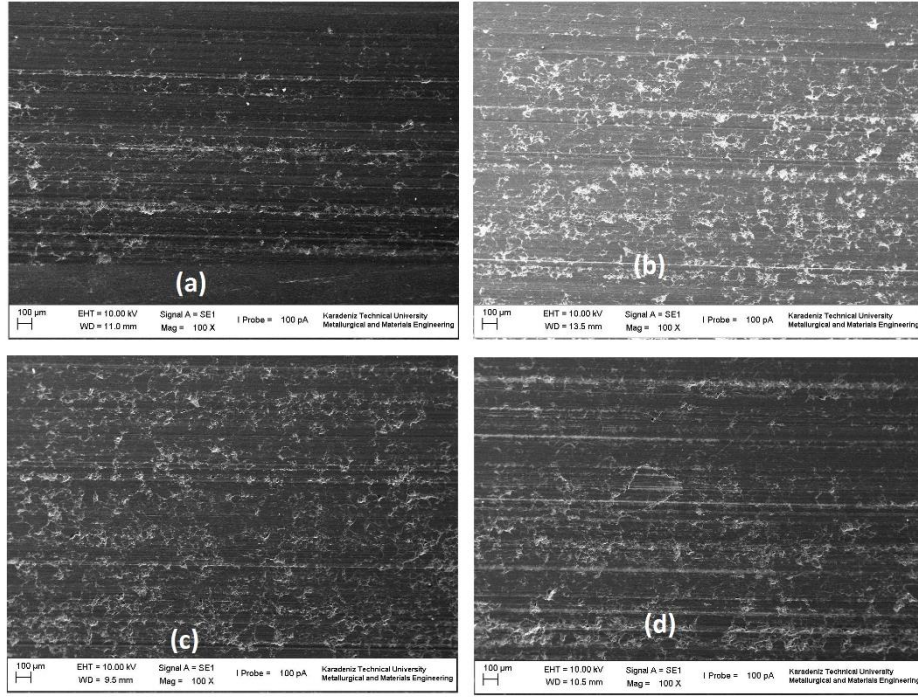
Şekil 12’de 4 barlık yay basıncı ve artan çalışma hızı ile birlikte pürüzlülük değerini % değişimi verilmiştir. Artan çalışma hızı ile tüm numunelerde % pürüzlülük değerinin arttığı saptanmıştır. İlk pürüzlülük değerleri ile son pürüzlülük değerleri arasında yaklaşık %450’lik bir değer artışı tespit edilmiştir.

3.4. Elektron Mikroskobu İncelemeleri

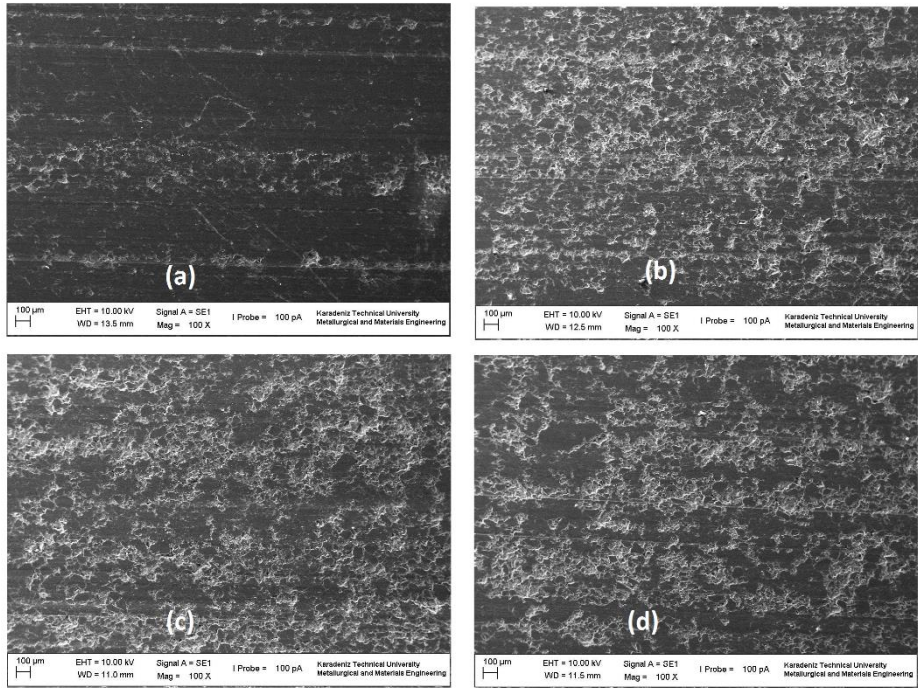
Numunelere ait aşınma mekanizmaları taramalı elektron mikroskobunda (SEM) incelenmiştir. İnceleme işleminde Zeiss EVO LS 10 marka SEM ünitesi kullanılmıştır.



Şekil 13. 1000 rpm çalışma hızında T1 numunesine ait farklı yay basınçlarındaki SEM görüntüleri; (a) 1bar, (b) 2bar, (c) 3bar, (d)4bar



Şekil 14. 2000 rpm çalışma hızında T1 numunesine ait farklı yay basınçlarındaki SEM görüntüleri; (a) 1bar, (b) 2bar, (c) 3bar, (d)4bar



Şekil 15. 4000 rpm çalışma hızında T1 numunesine ait farklı yay basınçlarındaki SEM görüntüleri; (a) 1bar, (b) 2bar, (c) 3bar, (d)4bar

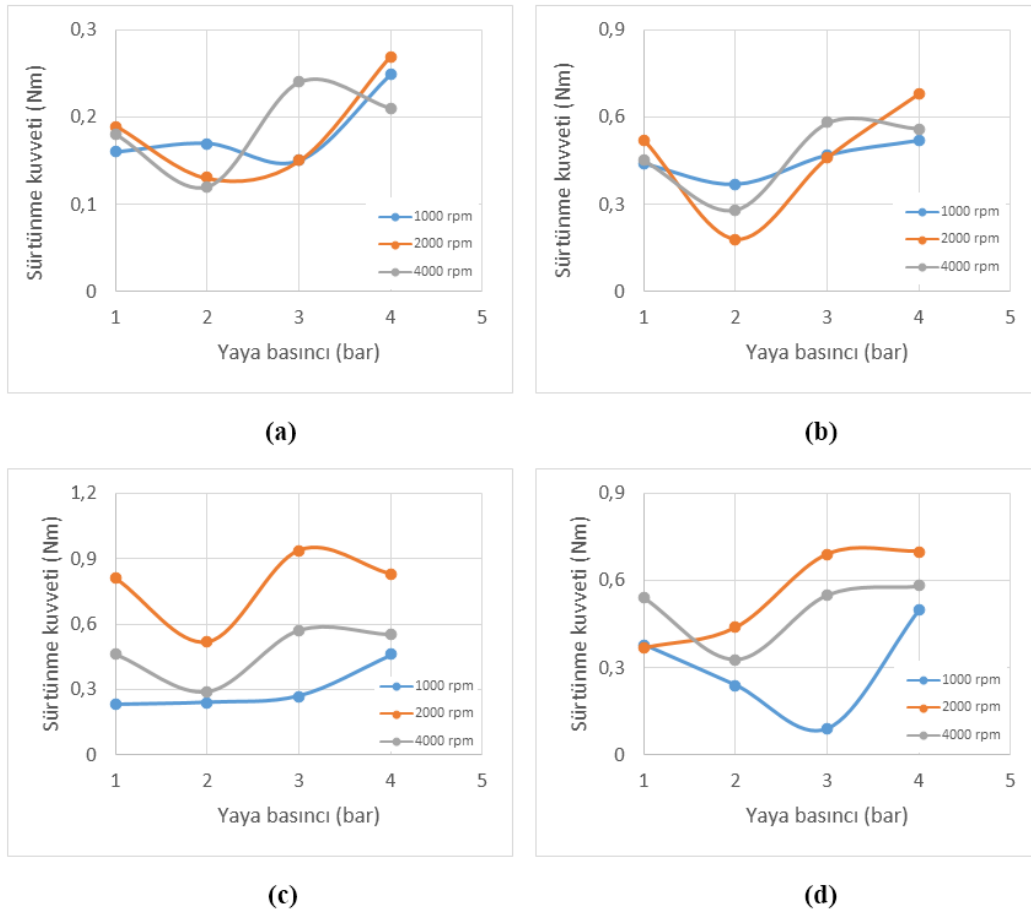
SEM görüntülerinin tamamı T1 numunesine ait olup 100x büyütmedeki genel yüzey görüntüsüdür. Şekil 13'teki grup incelendiğinde (a) görüntüsündeki çiziklerin diğer görüntülere nazaran daha az olduğu görülmektedir. Bu durum Şekil 9'da verilen grafik ile uyumlu olup beklenen bir sonuçtur. Şekil 14'te yüzeysel çiziklerin sayısı ve derinliği artan yay basıncı ile

artarken Şekil 15'teki yay basıncı değişimi kendisini ark aşınma şeklinde göstermektedir. Ark aşınması yüzeyde oluşan küçük kraterler şeklinde kendini gösterirken pürüzlüğü artıran bir unsurdur. Dolayısı ile artan ark aşınması ve pürüzlülük bir yandan da kendini ağırlık kaybı olarak göstermektedir. Şekil 15 (c) ve (d) incelendiğinde ark aşınmasının artışı net bir şekilde görülmektedir. Şekil 5 ise T1 numunesine ait olan ağırlık kayıplarının 3 ve 4 barlık yay basınçlarında arttığı görülmektedir.

SEM resimlerinden de görüldüğü gibi düşük hızlarda ve düşük yay basıncı uygulanan deneylerde ana aşınma mekanizması abrasif aşınma olurken kısmi abrasif aşınma ve ark aşınmasının da etkinliğinden söz edilebilir. Ancak çalışma hızının ve yay basıncının artması ana aşınma mekanizmasının değişerek ark aşınması şeklinde görülmesine neden olmuştur.

3.6 Sürtünme Kuvveti

Şekil 16'da fırçaların farklı çalışma hızlarında ve farklı yay basınçlarındaki sürtünme kuvvetleri verilmiştir.



Şekil 16. Yay basıncı - sürtünme kuvveti ilişkisi; (a) T1 fırçası, (b) T2 fırçası, (c) T3 fırçası, (d) T4 fırçası

Düzensiz olmakla birlikte 2000 rpm çalışma hızında fırçalardaki gözlenen sürtünme kuvvetleri en fazla olan çalışma hızı olarak bulunmuştur. Tüm fırçalarda ve neredeyse tüm çalışma hızlarında 2 barlık yay basıncı uygulanan numunelerde sürtünme kuvveti düşmüştür. 3 ve 4 barlık yay basınçlarında ise sürtünme kuvveti artmıştır.

4. SONUÇLAR

1. Genel olarak aşınma kayıpları incelendiğinde düşük yay basınçlarda ve yüksek çalışma hızlarında yapılan deneylerin fırçalardaki aşınma kayıplarını azalttığı tespit edilmiştir.
2. Çalışma hızının artmasıyla pürüzlülüğün arttığı tespit edilmiştir.
3. Çalışma hızının ve yay basıncının artması ana aşınma mekanizmasının abrasif aşınmadan ark aşınmasına dönmesine neden olduğu tespit edilmiştir.
4. Ark aşınmasının ana aşınma mekanizması olduğu durumlarda ağırlık kayıplarının azalırken pürüzlülük değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.
5. Sürtünme kuvvetlerine bakıldığında 1000 rpm'lik çalışma hızı ve 2 barlık yay basıncı en uygun çalışma parametresi olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Xia, J., Hu, Z., Chen, Z., Ding, G., Preparation of carbon brushes with thermosetting resin binder, Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 17,1379-1384, 2007
2. KuhlmannWilsdorf, D. (1996). "Electrical fiber brushes - Theory and observations." Ieee Transactions on Components Packaging and Manufacturing Technology Part A 19(3): 360-375.
3. Wang, Y. A., et al. (2012). "Effect of surface film on sliding friction and wear of copper-impregnated metallized carbon against a Cu-Cr-Zr alloy." Applied Surface Science 258(7): 2362-2367.
4. Argibay, N. and W. G. Sawyer (2012). "Low wear metal sliding electrical contacts at high current density." Wear 274: 229-237.
5. Ding, T., et al. (2011). "Effect of temperature and arc discharge on friction and wear behaviours of carbon strip/copper contact wire in pantograph-catenary systems." Wear 271(9-10): 1629-1636.
6. Hu, Z., Chen, Z., Xia, J., Ding, G., Wear properties of high-resistivity carbon brushes made with and without MoS₂ in variable humidity, Transactions of Nonferrous Metals Society of China,18, 340-345, 2007
7. Hu, Z. L., et al. (2008). "Wear property of high-resistivity carbon brushes made with and without MoS(2) in variable humidity." Transactions of Nonferrous Metals Society of China 18(2): 340-345.
8. I., Yaşar, A., Canakci, F., Arslan, The effect of brush spring pressure on the wear behaviour of copper-graphite brushes with electrical current, TribologyInternational, 40, 1381-1386, 2007
9. Ding, T., et al. (2011). "Friction and wear behavior of pure carbon strip sliding against copper contact wire under AC passage at high speeds." Tribology International 44(4): 437-444.
10. Ding, T., et al. (2014). "Arc erosive characteristics of a carbon strip sliding against a copper contact wire in a high-speed electrified railway." Tribology International 79: 8-15.
11. Chen, G. X., et al. (2013). "Experimental study on arc ablation occurring in a contact strip rubbing against a contact wire with electrical current." Tribology International 61: 88-94.
12. Moustafa SF, El-Badry SA, Sanad AM, Kieback B, Friction and wear of copper-graphite composites made with Cu-coated and uncoated graphite powders, Wear, 253, 699-710, (2002).

ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNDE ENERJİ-MALİYET OPTİMİZASYON PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ

Rabi KARAALİ

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Müh.– Bayburt, rabikar@gmail.com

Bu çalışmada bilgisayar destekli optimizasyon incelenmiş ve ısı değiştiricisi tasarımcısına çeşitli kolaylıkların sağlanması amaçlanmıştır. Gövde borulu ısı değiştiricileri için bilgisayarda bu amaçla bir program geliştirilmiş, optimum çözümün elde edilmesi için çeşitli ekonomik faktörlerde programda hesaba katılmıştır. Gövde borulu ısı değiştiricilerinin matematik modeli simülasyon için çıkarılmıştır. Bütün modelleme yöntemi ile analiz yapılmış ve akışkanların özellikleri giriş çıkış sıcaklıklarının ortalamasının özelliklerinin değerleri olarak alınmıştır.

Boyutlandırma (tasarım), ısıl performans analizi ve enerji ekonomisi optimizasyonu problemleri tarafımızca kodları VISUAL BASIC'te hazırlanan bilgisayar programı ile çözülmüştür. Boyutlandırma problemine tablo ve standartlardan boru iç çapları, perdeler arası mesafe gibi değerler veri olarak girilir. Boyutlandırma problemi bu veriler girildikten sonra boru uzunluğu, gövde iç çapına sığacak boru sayısı, boru akış kesitleri, debilerin miktarı programdan çıktı şeklinde alınarak çözülür. Isıl performans probleminde düşünülen akışkanların giriş çıkış sıcaklıkları, kirlilik katsayısı veri olarak girilir. Bu problemde, programdan ısı taşınım katsayıları, transfer edilen toplam ısı, ortalama logaritmik sıcaklık farkı, borularda ve gövdede basınç düşümü, kayıp basınç enerjileri ve akışkanların hızları çıktı olarak alınarak çözülmektedir. Maliyet analizinde faiz oranı, yakıt artış oranı, yakıt fiyatları ve ısı değiştiricisi m² fiyatı ile tesisin toplam ömrü veri olarak girilir. Bu problemde her boru çapına göre işletme gideri, kuruluş gideri ve toplamından oluşan, toplam giderler programdan çıktı olarak alınarak çözülür. Debisi 1, 5, 10, 15 ve 20 kg/s ve sıcak su giriş sıcaklığı 85 °C, soğuk su giriş sıcaklığı 10 °C için, değişik sıcak su ve soğuk su çıkış sıcaklıkları için ve değişik perdeler arası mesafeler için optimizasyon sonuçları bulunmuştur.

MEKANİK ALAŞIMLAMA YÖNTEMİYLE Al2024- B₄C NANOKOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Serdar ÖZKAYA, Aykut ÇANAKÇI

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Müh./Trabzon

Bu çalışmada B₄C partikül takviyeli Al2024 matrisli nanokompozitler mekanik alaşımlama yöntemiyle üretildi. Üretilen nanokompozit tozları sıcak presleme işlemiyle 600 Mpa basınçta ve 560°C sıcaklıkta preslendi. Elde edilen bulk numunelerin yoğunluk, sertlik ve çekme mukavemetleri öğütme süresi ve takviye oranına bağlı olarak incelendi. Artan öğütme süresi ile birlikte numunelerde deformasyon sertleşmesine bağlı olarak yoğunlukta azalma meydana gelirken sertlikte artış meydana geldi. 25 saat öğütülmüş alaşım numunesi %9,64 poroziteye sahip iken %10 takviye oranına sahip nanokompozit ise %13,3 porozite içermektedir. Geleneksel toz metalurjisi yöntemiyle üretilen nanokompozitlerin sertliği öğütülmüş tozlardan üretilen nanokompozitlerden çok daha düşüktür. Bunun sebebi de öğütme işlemi sırasında tozların çok fazla deformasyona ve deformasyon sertleşmesine maruz kalmış olmasıdır. En yüksek çekme mukavemeti değeri (332 Mpa) ise %10 B₄C takviye oranına sahip, 6 saat öğütülmüş nanokompozitler için elde edilmiştir. 6 saatlik öğütme sürelerinden sonra numunelerin sertliğinde önemli bir artış görülürken çekme mukavemetleri de hızlı bir şekilde düşmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Nanokompozit, mekanik öğütme, toz metalurjisi, Al2024, B₄C*

Abstract

In this study, Al2024 matrix B₄C particle reinforced nanocomposites were fabricated using mechanical milling and hot pressing method. The Al2024-B₄C nanocomposite powders were milled with a ball mill up to 25 h and then hot pressed in vacuum at 560°C. Powder properties, density, hardness and tensile strength of the Al2024-B₄C nanocomposites were investigated as a function of milling time and B₄C content. With the increasing in milling time and B₄C content the porosity of nanocomposites increased as a result of increasing in hardness of powders. The unreinforced 25h milled Al2024 alloy includes 9.64% porosity that is much more lower than Al2024-10wt.% B₄C nanocomposite which includes 13.3% porosity. Comparing the hardness of nanocomposites showed that mechanically milled samples have extremely higher hardness than the samples which were fabricated by traditional powder metallurgy due to the higher deformation hardening and finer microstructure. The highest tensile strength of 332 MPa was obtained after 6h of milling and for Al2024-10 wt.% B₄C nanocomposites.

Keywords: *Nanocomposite, mechanical milling, powder metallurgy, Al2024, B₄C*

1.GİRİŞ

Partikül takviyeli metal matrisli kompozitler, matris ve takviye fazının üstün özelliklerini birleştiren ve daha üstün bir malzeme meydana getiren ileri mühendislik malzemeleridir. Kompozit malzemelerin üretiminde günümüze kadar birçok metal malzeme kullanılmış olsada, alüminyum alaşımları özellikle uzay, otomotiv ve savunma sanayi alanlarında en çok kullanılan metal matris olmuştur. Alüminyum alaşımlarının, kompozit ve nanokompozit üretiminde kullanılan matris malzemelerinin başında gelmesinde etkili olan özelliklerinin başında yüksek mukavemet/yoğunluk, yüksek aşınma direnci, kolay işlenebilirlik ve yüksek süneklik özellikleri gelmektedir [1-2]. Alüminyum matrisli kompozitlerde mekanik ve tribolojik özelliklerin iyileştirilmesinde takviye malzemesi olarak seramik esaslı oksit ve karbürler yaygın olarak kullanılmaktadır ve bunların başında B_4C , SiC , Al_2O_3 , TiC gelmektedir [3-4]. B_4C ise bu takviye malzemeleri arasında en fazla kullanılanıdır. B_4C 'yi diğer takviye malzemelerinden ayıran özelliklerin başında düşük yoğunluğu ve yüksek sertliği gelmektedir. Nanokompozitler, en az bir fazı (matris, takviye elmanı) nanometrik boyutlarda olan yeni bir mühendislik malzemesidir ve kompozit malzemelerin bir ileri aşaması olarak ifade edilebilirler. Nanokompozitlerin tane boyutunun çok küçük olmasından dolayı, iri taneli malzemelerle kıyaslanamayacak kadar yüksek ve farklı özellikler sergilerler [5]. Bunların arasında en önemli üstünlük malzemenin mekanik özelliklerinde görülmektedir. Nanokompozitlerin geniş bir araştırma alanının olması ve nanokompozitlere olan ilginin her geçen gün artmasında dolayı metal matrisli nanokompozitlerin(MMNK) üretiminde farklı tekniklerin geliştirilmesine sebep olmuştur ancak genel olarak MMNK üretimi ile metal matrisli kompozit üretimi arasında önemli farklılıklar yoktur, en temel fark üretimde kullanılan partiküllerin boyutudur. Daha önce yapılan çalışmalarda mekanik alaşımlama tekniğinin nanokompozitlerin üretiminde topraklanmayı önlediği ve homojen partikül dağılımı sağladığı görülmüştür [6-8]. Bu yöntemde toz partikülleri yüksek enerjili değirmenlerde öğütücü bilyalar yardımıyla mekanik olarak öğütülür. Öğütme esnasında hem toz boyutları azalır hem de homojen bir partikül dağılımı sağlanır[9].

Bu çalışmada başlangıç boyutu mikron mertebesinde olan Al_{2024} tozları ve B_4C tozları kullanılarak mekanik alaşımlama yöntemi ve sıcak presleme yöntemiyle $Al_{2024}-B_4C$ nanokompozitleri üretilerek mekanik özelliklerinin incelenmesi hedeflenmiştir.

2.DENEYSEL ÇALIŞMA

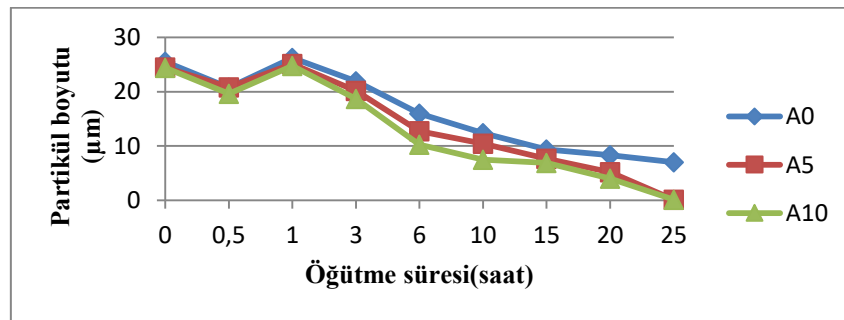
Al_{2024} matrisli B_4C takviyeli nanokompozitleri üretmek için, kimyasal bileşimi ağırlıkça % 4.85 Cu, 1.78 Mg, 0.312 Mn, 0.005 Ti and 0.138 Zn, 92.114 Al ve ortalama toz boyutu 25 μm olan $AlCuMg$ (Gundogdu Exhoterm Company) tozları ile ortalama toz boyutu 5 μm olan B_4C (Alfa-Aesar) tozları kullanılmıştır. $Al_{2024}-B_4C$ nanokompozitleri elde etmek için ağırlıkça %5 ve %10 takviye oranına sahip tozlar bilyalı değirmende (Retsch PM 200) 5mm çapında tungsten karbür bilyalar kullanılarak öğütüldü. Bu aşamadan sonra farklı takviye oranlarına sahip kompozitler sırasıyla A0(alaşım), A5 ve A10 olarak isimlendirildi. Öğütme işlemi, maksimum 10 saat öğütme süresine kadar değişken öğütme sürelerinde 400rpm dönme hızı ve 10:1 toz/bilya ağırlık oranında yapıldı. Tozların sertliği Vickers mikrosertlik metoduyla

25 gr yük uygulanarak ve her bir numune için 5 ayrı test yapıp ortalaması alınarak belirlendi. Öğütülen tozlar 560°C sıcaklıkta ve 600MPa basınçta çekme numunesi şeklinde sıcak preslendi. Preslenmiş numunelerin makro sertliği Brinell test cihazı ile 32,5 kg yükün 10sn uygulanmasıyla belirlendi. Numunelerin çekme testleri MTS 45 model elektromekanik test cihazıyla oda sıcaklığında ve 0.5 mm/dk çekme hızında yapıldı.

3.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

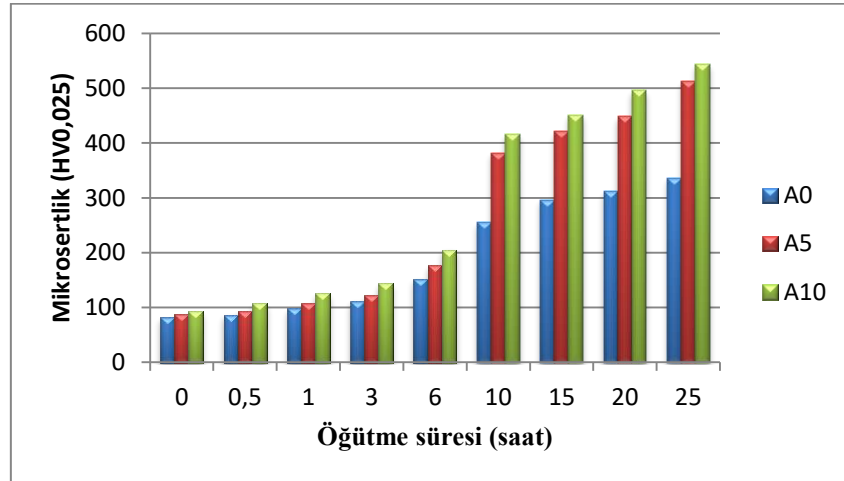
3.1 Partikül boyutu ve sertliği

Artan öğütme süresi ile birlikte partikül boyutlarında meydana gelen değişim Şekil 1.'de görülmektedir. Partikül boyutu alaşım ve kompozit tozları için öğütme işleminin ilk saatlerinde azalmıştır. A10 kompozitinin 0.5 saat öğütülmesinden sonra elde edilen ortalama partikül boyutu 21 µm'dur. Şekil 1'de görüldüğü üzere 1 saat öğütme süresinden sonra partikül boyutlarında artış görülmüştür. Bu artışın sebebi 0.5-1 saatlik öğütme sürelerinde etkili olan soğuk kaynak mekanizmasıdır. 1 saatlik öğütme işleminden sonra tozlarda deformasyona bağlı olarak gevrekleşme ve kırılma görülmüştür dolayısıyla toz boyutunda azalma görülmektedir. 3 saat ve 10 saat öğütülmüş alaşım tozları sırasıyla 22µm ve 13µm toz boyutlarına sahipken %10 B4C takviyeli nanokompozitler 18µm ve 96nm toz boyutuna sahiptir. Grafikten görüldüğü üzere nanokompozitlerin ortalama partikül boyutları alaşım tozlarından daha küçüktür ve artan takviye miktarıyla birlikte partikül boyutu azalmıştır. Bunun nedeni yapıdaki B₄C partiküllerinin öğütücü eleman gibi görev yapmasıdır. Devam eden öğütme sürelerinde toz boyutlarında düşüş meydana gelmiştir. Bu azalmanın nedeni, uzun öğütme işleminden soğuk kaynak mekanizmasının yerini kırılma mekanizmasının almasıdır. Grafik incelendiğinde, 25 saatlik öğütme süresinden sonra alaşım tozlarının nanokompozit tozlarından çok daha büyük olduğu görülmektedir. 25 saat öğütme işleminden sonra ölçülen toz boyutları A0 numunesinin ortalama 7 µm partikül boyutuna sahip olduğunu göstermiştir. Ancak aynı öğütme süresi için A10 numunesinin partikül boyutunda çok daha fazla bir azalma görülmüş ve ortalama partikül boyutu 96nm'ye kadar azalmıştır. Partikül boyutunun nanometrik ölçülere kadar azalmış olması öğütme işlemiyle nano partiküllerin üretilebilir olduğunu göstermiştir.



Şekil 1. Takviye miktarı ve öğütme süresine bağlı olarak partikül boyutu

Şekil 2’de öğütülmüş alaşım ve kompozit tozlarının öğütme zamanı ve takviye oranına bağlı olarak değişen mikrosertlik değerleri görülmektedir. Grafikten görüldüğü üzere artan öğütme süresiyle birlikte deformasyon sertleşmesine bağlı olarak toz sertliğinde artış görülmüştür. Öğütme işleminin başlangıcında, partikül dağılımı homojen değildir ve B₄C partikülleri birbirine çok yakın değildir. Ancak öğütme işlemi devam ettikçe B₄C partikülleri Al₂O₃ partikülleri üzerine çakılmaya ve gömülmeye başlarlar. Ayrıca B₄C partikülleri homojen dağılımının etkisiyle birbirlerine daha da yaklaşmışlardır. 6 saatlik öğütme süresine kadar toz sertliğinde çok ciddi bir artış görülmemiştir ancak 10 saat öğütülmüş tozların sertliğinde, ani bir artış görülmektedir. 10 saatlik öğütme süresi tozların süneklikten gevrekliğe geçiş yaptığı öğütme süresi olarak ifade edilebilir. Toz sertliğini etkileyen diğer bir parametrenin B₄C takviye miktarı olduğu görülmektedir. Artan B₄C miktarıyla birlikte toz sertliğinde artış meydana gelmiştir. Bu artışın iki sebebi vardır, birincisi yapıda bulunan sert partiküllerin doğrudan toz sertliğini arttırmasıdır. İkinci sebepte, B₄C partiküllerinin alaşım tozlarının daha fazla deforme olmasına dolayısıyla daha fazla deformasyon sertleşmesine maruz kalmasına neden olmasıdır. En yüksek mikrosertlik değeri 25 saat öğütülmüş A10 nanokompozitinde elde edilmiştir ki bu değer aynı numunenin öğütülmemiş halinden 6 kat daha fazla sertliğe sahiptir. Sertlikteki bu değişim Al₂O₃ matris tozlarında meydana gelen deformasyon sertleşmesine ve B₄C partiküllerinin matris yapıya dağılmasıyla açıklanabilir.

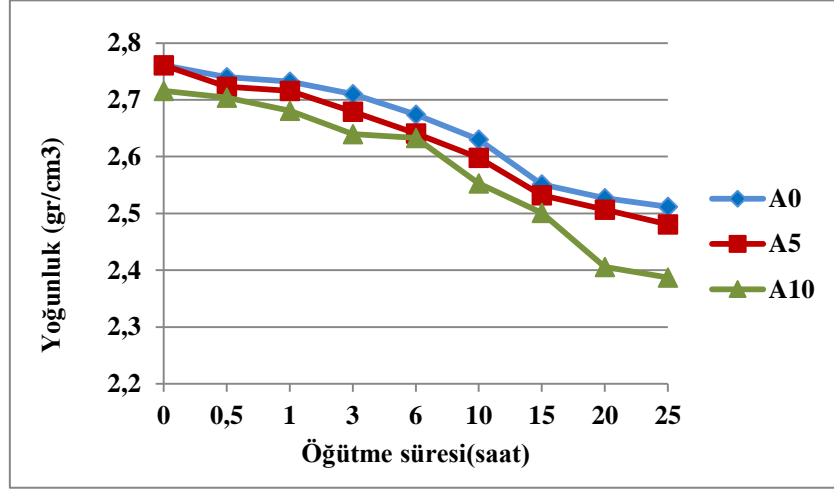


Şekil 2. Toz sertliğinin takviye miktarı ve öğütme süresine bağlı değişimi

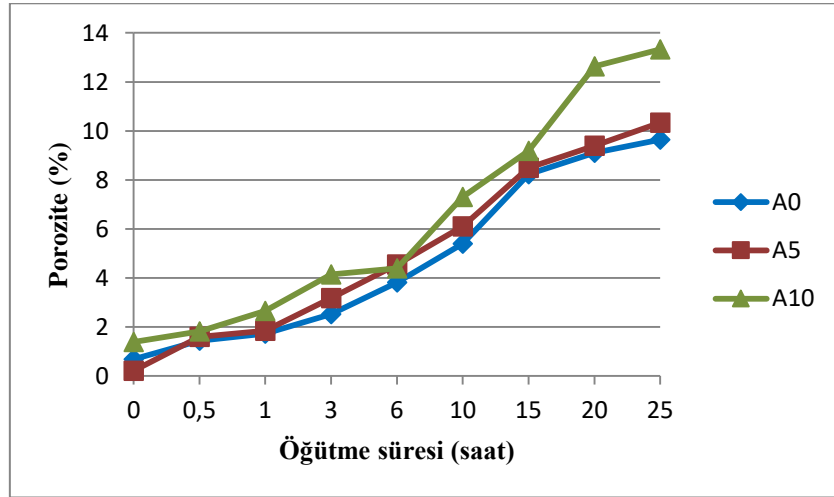
3.2. Yoğunluk ve porozite

Şekil 3’te öğütme süresi ve B₄C miktarına bağlı olarak değişen deneysel yoğunluk ve porozite ölçümleri görülmektedir. Grafikten görüldüğü üzere artan B₄C miktarı ve öğütme numunelerde porozite miktarını arttırmıştır. Porozitedeki bu artış toz partiküllerinin sertliğinde meydana gelen değişimlerle doğrudan ilgilidir. Bu doğrultuda, artan öğütme süresi ve B₄C miktarı toz sertliğini arttırmış ve tozların preslenme kabiliyetini azaltarak porozitelerini arttırmıştır. Al₂O₃ ve B₄C tozlarının yoğunluk farkı az olduğu için artan B₄C miktarı yoğunluk ve porozite miktarını doğrudan etkilememiştir. Burada asıl etkili olan parametre B₄C partiküllerinin sertliğidir. B₄C oldukça sert bir takviye malzemesi olduğu için kompozit tozların preslenme kabiliyetini olumsuz yönde etkilemiş ve bunun sonucunda numunelerin porozite miktarı

artarken yoğunlukları azalmıştır. En fazla porozite 25 saat öğütülmüş A10 numunesinde görülmüştür ki bu değer aynı öğütme süresine sahip A0 numunesinden %50 daha fazladır.



(a)

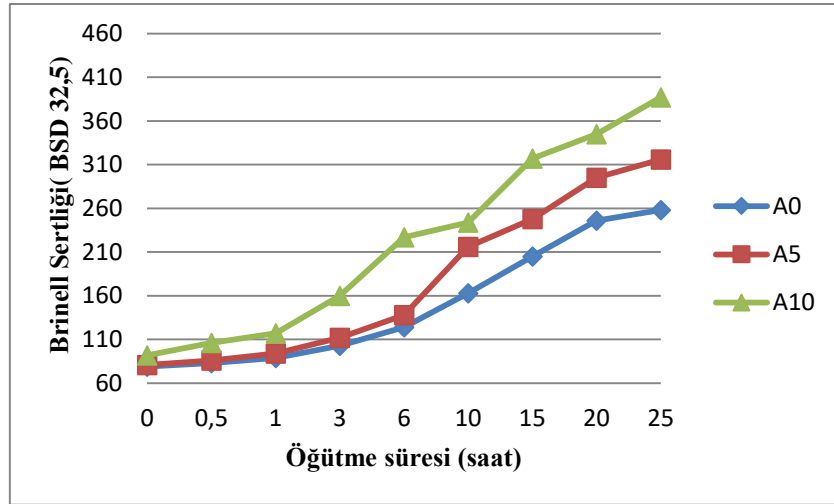


(b)

Şekil 3. Preslenmiş numunelerin öğütme süresi ve takviye miktarına bağlı (a) yoğunluk ve (b) porozite miktarları

3.3. Preslenmiş numunelerin sertliği

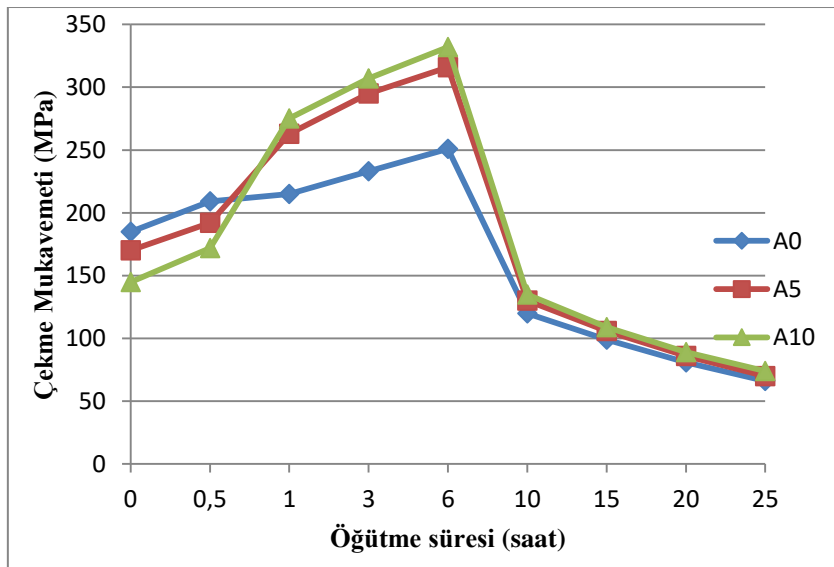
Şekil 4'te preslenmiş numunelerin sertlikleri görülmektedir. Öğütme süresi 0.5 saatten 25 saate kadar arttıkça numunelerin sertliği önemli derecede artış göstermiştir. Artan öğütme süresiyle birlikte B₄C partiküllerinin yapıya homojen olarak dağılması numune sertliğini arttırmıştır. Ayrıca öğütme işlemi süresince sürekli olarak deforme olan ve deformasyon sertleşmesine maruz kalan tozlar preslenmiş numunenin de sertliğinin artmasına neden olmuştur. Ayrıca yapıdaki B₄C oranı arttıkça numunelerin sertliği artmıştır. Bütün öğütme sürelerinde en fazla sertlik değeri A10 numunesinde görülmüştür. Bunun nedeni oldukça sert bir yapıda olan B₄C partiküllerinin Al₂O₃ tozlarına gömülerek daha sert bir yapı oluşturması olarak açıklanabilir.



Şekil 4. Öğütme süresi ve takviye oranına bağlı olarak değişen Brinell sertlik değerleri

3.4. Çekme mukavemeti

Üretilen nanokompozit numunelerin mekanik özelliklerini incelemek için numunelere uygulanan çekme testi sonuçları Şekil 5’te görülmektedir. Öğütülmemiş tozların preslenmesiyle elde edilen numuneler incelendiğinde A0 numunesinin en yüksek, A10 numunesininse en düşük çekme mukavemetine sahip olduğu görülmektedir. Bunun sebebi geleneksel toz metalurjisi yöntemiyle üretilen numunelerde B₄C partiküllerinin yapıya homojen olarak dağılmamış olması ve topaklanmış olmasıdır. Öğütülen numunelerde ise, öğütme işleminin ilk saatlerinden itibaren (6 saate kadar) artan öğütme süresiyle birlikte numunelerin çekme mukavemetleri artmıştır. Bu artışın temel nedeni takviye partiküllerinin yapıya dağılarak numunenin mukavemetini arttırmasıdır. Çekme mukavemetinin artmasına etkili olan diğer parametreler ise toz boyutunun azalması ve toz sertliğinin artmasıdır. 6 saatlik öğütme süresinden sonra ise, toz sertliğinde de açıklandığı gibi, yapıda ani bir gevrekleşme neticesinde çekme mukavemeti hızlı bir azalma göstermiştir. A0, A5 ve A10 numuneleri karşılaştırıldığında artan B₄C miktarıyla birlikte çekme mukavemetinin arttığı da grafikten görülmektedir.



Şekil 5. Öğütme süresi ve takviye miktarına bağlı olarak değişen çekme mukavemetleri

4.SONUÇLAR

- Artan öğütme süresiyle birlikte partikül boyutu azalmış ve toz sertliği artmıştır.
- Artan B₄C miktarıyla birlikte öğütülen tozların toz boyutu azalmıştır. En düşük toz boyutu A10 numunesi için 25 saat öğütme işleminden sonra elde edilmiştir ve bu değer 96nm'dir.
- Başlangıç boyutları mikron mertebesinde olan Al₂O₃ ve B₄C tozlarının öğütme işlemi sonucunda nanometrik boyutlara kadar düşmüş olması mekanik alaşımlama yöntemiyle nanokompozitlerin üretilebilir olduğunu göstermiştir.
- Porozite ve yoğunluk incelemeleri artan B₄C miktarıyla birlikte yoğunluğun azaldığını ve porozite miktarının arttığını göstermiştir.
- Artan B₄C miktarı, numunelerin çekme mukavemetini olumlu yönde etkilemiştir.
- Öğütme süresi çekme mukavemetini 6 saatlik öğütme süresine kadar olumlu yönde etkilerken 6 saatten sonra toz karakteristiğinin sünekten gevreğe geçmesiyle birlikte olumsuz yönde etkilemiştir.

KAYNAKLAR

- 1.C. Carreño-Gallardo , I. Estrada-Guel , C. López-Meléndez , R. Martínez-Sánchez ., Dispersion of silicon carbide nanoparticles in a AA2024 aluminum alloy by a high-energy ball mill, Journal of Alloys and Compounds 586 (2014) S68–S72
- 2.De Castro, C.L., Mitchell, B.S., Mater. Sci. Eng. A 396 (2005) 124–128.
- 3.Kaczmar J.W., Pietrzak K, Wlosinski W. The production and application of metal matrix composite materials. J Mater Process Technol 2000;106:58–67.
- 4.Miracle, D.B., Metal matrix composites – from science to technological significance. Compos Sci Technol 2005;65:2526–40.
- 5.Sharifi, E.M., F. Karimzadeh, Enayati, M.H., Fabrication and evaluation of mechanical and tribological properties of boron carbide reinforced aluminum matrix nanocomposites, Materials and Design 32 (2011) 3263–3271
6. Çanakçı A., AA2024 matrisli B₄C Parçacık Takviyeli Metal Matrisli Kompozitlerin Vortex Yöntemiyle Üretimi ve Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2006.
7. Taha Alper Yılmaz AA 2014/Al₂O₃ Metal Matrisli Kompozitin Mekanik Alaşımlama Yöntemi İle Üretimi ve Yaşlandırılabilir Özelliklerinin Araştırılması, Metal Eğitimi,Gazi Üniversitesi, Ankara, 2013.
- 8.Varol T., Çanakçı A., "Effect Of Particle Size And Ratio Of B₄c Reinforcement On Properties And Morphology of Nanocrystalline Al₂O₃-B₄C Composite Powders", Powder Technology, pp.462-472, 2013.
9. Can Güler, Alüminyum Matrisli Sic Takviyeli Kompozit Malzemenin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Trakya Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne,2012

NANO-PARÇACIK TAKVİYESİNİN MEKANİK ALAŞIMLAMA YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN ZA-27/Al₂O₃ KOMPOZİTLERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

M. ÇELEBİ, H. ÇUVALCI, A. ÇANAKÇI, O. GÜLER

^aKaradeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Müh. Bölümü, Trabzon

^baykut@ktu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Al₂O₃ nano-parçacık takviyeli ZA-27 metal matrisli nano-kompozitler mekanik alaşımlama ve sıcak presleme yöntemleri kullanılarak üretilmiştir. Takviye oranları %1-4 arasında değişmektedir. Al₂O₃ nano-parçacık içeriğinin (hacimce %) ve mekanik alaşımlama süresinin ZA-27/Al₂O₃ nano-kompozitlerin fiziksel ve mekanik özelliklerine olarak etkisi araştırılmıştır. ZA-27/Al₂O₃ nano-kompozitlere yapılan sertlik, yoğunluk ve çekme deneyleri sonucunda, artan nano-takviyeyle birlikte mekanik özelliklerde bir gelişme olduğu görülmüştür. Elde edilen verilere göre, üretilen kompozitlerin yoğunlukları artan nano-takviye oranıyla kademeli olarak azalmıştır. Kompozitlerin sertliğinin, artan mekanik alaşımlama süresi ve artan Al₂O₃ nano-parçacık takviye miktarıyla arttığı gözlemlenmiştir. Kompozitlerin çekme değerlerinin takviye oranı ve mekanik alaşımlama sürelerine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Nano-kompozit, Mekanik alaşımlama, ZA-27, Nano-Al₂O₃

Abstract

In this study, nano-Al₂O₃ reinforced ZA-27 matrix composites were produced by mechanical alloying and hot pressing method. The reinforcement contents change from 1-4 vol.% was used. The effects of nano-Al₂O₃ content (vol.%) and mechanical alloying on physical and mechanical properties of ZA-27/Al₂O₃ composites were investigated. The density, hardness and tensile strength of ZA-27/Al₂O₃ composites were assessed. The results revealed that mechanical properties were improved when ZA-27 alloy was reinforced with Al₂O₃ and graphite nanoparticles. The density of composites decreased gradually with increasing nano- Al₂O₃ content. The result showed that the hardness increased with increasing nano-Al₂O₃ content and milling time. It was observed that the milling time and reinforcement content were important parameters on the tensile strength of composites.

Keywords: MMC, mechanical alloying, ZA-27, nano- Al₂O₃

1. GİRİŞ

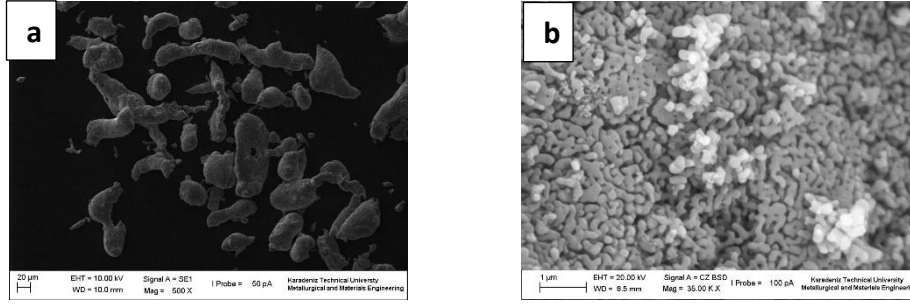
Metal matrisli kompozitler (MMK), seramik parçacıkların bir metal matris içerisine mümkün olduğu kadar homojen bir şekilde takviye edilmesiyle üretilen malzemelerdir. Metal matrisli kompozitler, düşük yoğunluk, yüksek mukavemet ve tokluk ve yüksek sıcaklık dayanımı gibi özelliklerinden dolayı havacılık ve uzay sanayi, denizcilik ve otomobil sanayi gibi mühendislik

uygulamalarında tercih edilen malzemeler olmaktadır[1-3]. MMK'ların özelliklerini etkileyen temel faktörler, üretim yöntemi, takviyelerin boyutu ve oranı, ve matris ile takviye arasındaki bağıdır[4-6]. Çoğu araştırmacılar, alüminyum metal matrisli seramik parçacık takviyeli kompozitler üzerine çalışma yapmaktadırlar. Ancak, son zamanlarda Çinko matrisli seramik takviyeli kompozitlerin üretimi ve özelliklerinin incelenmesi birçok araştırmacı tarafından ilgi duyulan bir çalışma alanı olmuştur. Çinko esaslı alaşımlar ergime sıcaklıklarının düşük olması ve ucuz olmaları nedeniyle matris malzemesi olarak oldukça kullanışlıdır. Ayrıca bu alaşımlar mükemmel tribolojik özelliklere sahiptirler. Matris malzemesi olarak kullanılan Çinko esaslı alaşımlar arasında, ZA-27 alaşımı oldukça popülerdir. ZA-27 alaşımı yüksek yatak performansı ve düşük maliyetli olduğu için yatak ve fırça uygulamalarında bronz yerine kullanılır [8]. Bununla birlikte, dökme alüminyum alaşımlarından daha yüksek bir çekme mukavemetine sahip olmasından dolayı ZA-27 alaşımları yüksek mukavemetli alaşımlar olarak sınıflandırılır[9,10].ZA-27 matrisli kompozit malzelerin üretiminde silisyum karbür, zircon, alumina, mika ve grafit gibi takviye malzemeleri kullanılmaktadır[10]. Alumina (Al_2O_3) sahip olduğu yüksek sertlik, basma mukavemeti, aşınma direnci, elastiklik modülü ve termal ve kimyasal kararlılık gibi özellikleriyle diğer seramik takviyelerden daha çok tercih edilen bir takviye malzemesidir[11]. Ayrıca, diğer seramik malzemelerle karşılaştırıldığında alüminanın sinterleme sıcaklığı daha düşüktür[12].Mikroyapıyı düzenlemek ve seramik takviyelerin metal matris içerisinde homojen dağılımını sağlamak amacıyla mekanik alaşımlama yöntemi kullanılabilir[13]. Bu yöntem birçok malzemenin daha ucuz bir şekilde üretilebilmesine olanak sağlar. Ayrıca amorf alaşımlar ve nanokompozitler gibi ileri teknoloji malzemelerinin üretiminde de bu yöntem kullanılır [14].

Metal matrisli kompozitler üzerine, özellikle de alüminyum ve magnezyum esaslı nanokompozitler üzerine birçok çalışma vardır[15-17]. Fakat Çinko esaslı nanokompozitler yeterince araştırılmamıştır. Dolayısıyla bu çalışmada nano-parçacık takviyesinin mekanik alaşımlama yöntemiyle üretilen Çinko esaslı ZA-27/ Al_2O_3 kompozitlerinin mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Tablo 1'de döküm yöntemiyle üretilen ve daha sonra gaz atomizasyon yöntemiyle toz haline getirilen ZA-27 alaşımının kimyasal bileşimi verilmiştir. ZA-27/ Al_2O_3 nanokompozitleri, nano boyuttaki Al_2O_3 (100nm, Graphene Future, Ankara, Turkey) tozlarının ZA-27 matris tozları (40,2 μm) içerisine takviye edilmesiyle üretilmişlerdir. Kompozit numunelerin üretiminde kullanılacak ZA-27 matris tozlarının ve nano- Al_2O_3 tozlarının mikroyapıları sırasıyla Şekil 1'de gösterilmiştir. Nano- Al_2O_3 takviye oranları hacimce %1, 2, 3 ve 4 olarak değişmektedir.



Şekil 1. Deneylerde kullanılacak olan tozlar : (a) ZA-27, (b) nano-Al₂O₃

Tablo 1. ZA-27 alaşımının ağırlıkça bileşimi (ASTM B669-82)

Bileşen	Alüminyum	Magnezyum	Bakır	Çinko
Ağırlıkça oran(%)	25-28	0,01-0,02	2,0-2,5	Kalan

Mekanik alaşımlama işlemi gezegen tipi bir değirmen (Retsch PM 100) ve tungsten karbür hazne ve bilyeler kullanılarak oda sıcaklığında gerçekleştirildi. Ağırlık toz oranı 5:1 ve bilye çapı 10mm olarak seçildi. Mekanik alaşımla işlemi sırasında tozların aşırı soğuk kaynağa maruz kalmasını ve aglomera olmasını önlemek amacıyla metanol kullanılmıştır. Mekanik alaşımla işlemi 1, 2, 4, 6 ve 8 saatlik sürelerde ve 300 rpm dönme hızında gerçekleştirilmiştir. Karıştırılan tozlar ön şekil verme amacıyla çelik bir kalıp içerisinde 300 MPa'lık bir basınç altında preslenmiştir. Daha sonra ön şekli verilen numuneler 432⁰C sıcaklıkta 3 saat bekletildikten sonra 600 MPa basınç altında 100 ton kapasiteli tek eksenli preste 30 dakika boyunca preslenerek numuneler üretilmiştir. Presleme esnasında kalıp yüzeylerine yağlayıcı olarak çinko stearat ve grafit sürülmüştür. Üretilen numunelerin teorik yoğunlukları karışımlar kuralına göre bulunmuştur. Deneysel yoğunlukları ise numuneler talaşlı işlem ile hazırlanarak boyutları $\pm 0,01$ mm hassasiyetindeki kumpas ile ölçüldükten sonra ağırlıkları $\pm 0,01$ mg'lık hassasiyete sahip bir terazide tartılarak belirlenmiştir. Bulunan deneysel yoğunluk değerleri teorik yoğunluğa bölünerek bağıl yoğunluk bulunmuştur.

$$\delta t = [(\%W)1 * \delta 1] + [(\%W)2 * \delta 2] + \dots + [(\%W)n * \delta n]$$

Burada;

δt : Kompozitin teorik yoğunluğu

(%W)n: Her bir takviyenin karışım içindeki ağırlıkça yüzdesi

δn : Her bir takviyenin yoğunluğu

$$\text{Bağıl yoğunluk} = [(\delta t - \delta d) / \delta t] \times 100$$

δd : Deneysel yoğunluk

Kompozit malzemelerin sertlikleri Brinell sertlik ölçüm cihazı yardımıyla belirlenmiştir. Brinell sertlik deneyinde 62.5 kg'lık yük ve 2.5 mm çapındaki sertleştirilmiş çelik bilye kullanılmıştır. Her bir kompozitin sertliğini belirlemek için numuneden 5 ölçüm alınmış ve daha sonra bu değerlerin ortalaması alınarak sertlik değerleri belirlenmiştir. Çekme deneyi için numuneler çekme numunesi şeklinde üretilmiştir. Çekme deneyleri MTS Criterion Universal

Çekme-Basma Test cihazında 5 mm/s' lik sabit çekme hızında yapılarak kompozitlerin çekme dayanımları belirlenmiştir.

Tablo 2: Üretilen Kompozit numunelerin bazı özellikleri

Bileşim (hacimce %)	M.A süresi (h)	Teorik yoğunluk (gr.cm ⁻³)	Deneysel yoğunluk (gr.cm ⁻³)	Porozite (%)
%1 Al ₂ O ₃ - ZA27	1	4,99	4,92	1,39
%1 Al ₂ O ₃ - ZA27	2	4,99	4,88	2,19
%1 Al ₂ O ₃ - ZA27	4	4,99	4,87	2,4
%1 Al ₂ O ₃ - ZA27	6	4,99	4,84	3
%1 Al ₂ O ₃ - ZA27	8	4,99	4,8	3,8
%2 Al ₂ O ₃ - ZA27	1	4,98	4,88	2,06
%2 Al ₂ O ₃ - ZA27	2	4,98	4,86	2,36
%2 Al ₂ O ₃ - ZA27	4	4,98	4,82	3,16
%2 Al ₂ O ₃ - ZA27	6	4,98	4,8	3,65
%2 Al ₂ O ₃ - ZA27	8	4,98	4,75	4,6
%3 Al ₂ O ₃ - ZA27	1	4,97	4,86	2,09
%3 Al ₂ O ₃ - ZA27	2	4,97	4,85	2,43
%3 Al ₂ O ₃ - ZA27	4	4,97	4,8	3,39
%3 Al ₂ O ₃ - ZA27	6	4,97	4,78	3,79
%3 Al ₂ O ₃ - ZA27	8	4,97	4,74	4,6
%4 Al ₂ O ₃ - ZA27	1	4,96	4,82	2,78
%4 Al ₂ O ₃ - ZA27	2	4,96	4,8	3,19
%4 Al ₂ O ₃ - ZA27	4	4,96	4,76	3,79
%4 Al ₂ O ₃ - ZA27	6	4,96	4,75	4,2
%4 Al ₂ O ₃ - ZA27	8	4,96	4,69	5,41

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

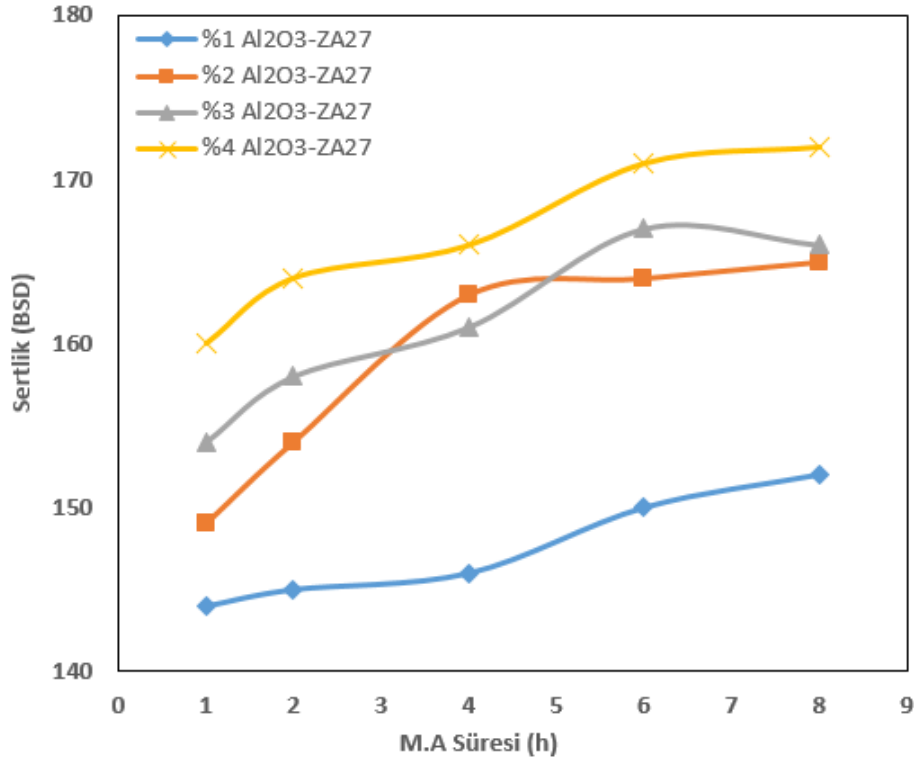
3.1. Yoğunluk ve Porozite

Hacimce %1, 2, 3 ve 4 alümina takviyeli ZA-27 matrisli kompozitlerin mekanik alaşımla yöntemiyle üretilmesi sonucunda yoğunluk ve porozite değerlerinin alümina oranı ve mekanik alaşımla süresine göre değişimi Tablo 2'de verilmektedir. Tablo incelendiğinde, alümina oranı arttıkça kompozitlerin yoğunluk değerlerinin azaldığı gözlenmektedir. Bu durum takviye olarak katılan alüminanın yoğunluk değerinin (3.95 gr/cm³) matris malzemesinin yoğunluk değerinden (5 gr/cm³) düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca aynı grafit takviyesinde artan mekanik alaşımlama süresiyle de kompozitin yoğunluk değerlerinin azaldığı gözlemlenmektedir. Bu durum toz morfolojisinin mekanik alaşımla işlemi esnasında değişiminden ve ya toz boyutunun küçülmesinden kaynaklanmış olabilir. Mekanik alaşımla işlemi esnasında tozların aşırı miktarda plastik deformasyona maruz kalması toz sertliklerinin artışına neden olur. Dolayısıyla kompozit tozlarının paketlenme yeteneği azalır ve bu durum porozitenin artışına ve yoğunluğun azalmasına neden olur. Alümina katkısının da kompozitlerde porozite değerlerini arttırdığı gözlenmiştir. Bu durum presleme ve sinterleme

işleminde söz konusu takviye malzemesinin bu işlemleri olumsuz etkilemesinden kaynaklanmış olabilir.

3.2. Sertlik

Hacimce %1, 2, 3 ve 4 alümina takviyeli ZA27 matrisli kompozitlerin mekanik alaşımla yöntemiyle üretilmesi sonucunda sertlik değerlerinin alümina oranı ve mekanik alaşımla süresine göre değişimi grafiği Şekil 2’de verilmektedir. Grafikten görüldüğü üzere artan öğütme süresiyle birlikte deformasyon sertleşmesine bağlı olarak toz sertliğinde artış görülmüştür. Öğütme işleminin başlangıcında, partikül dağılımı homojen değildir ve Al_2O_3 partikülleri birbirine çok yakın değildir. Ancak öğütme işlemi devam ettikçe Al_2O_3 partikülleri ZA-27 matris partikülleri üzerine çakılmaya ve gömülmeye başlarlar. Bu nedenle sertlikte bir artış meydana gelir. Toz sertliğini etkileyen diğer bir parametrede Al_2O_3 takviye miktarıdır. Artan Al_2O_3 miktarıyla birlikte toz sertliğinde artış meydana gelmiştir. Bu artışın iki sebebi vardır, birincisi yapıda bulunan sert partiküllerin doğrudan toz sertliğini arttırmasıdır. İkinci sebep ise, Al_2O_3 partiküllerinin alaşım tozlarının daha fazla deforme olmasına dolayısıyla daha fazla deformasyon sertleşmesine maruz kalmasına neden olmasıdır. En yüksek sertlik değeri 8 saat öğütülmüş %4 nano- Al_2O_3 takviye edilmiş kompozit numunede elde edilmiştir.

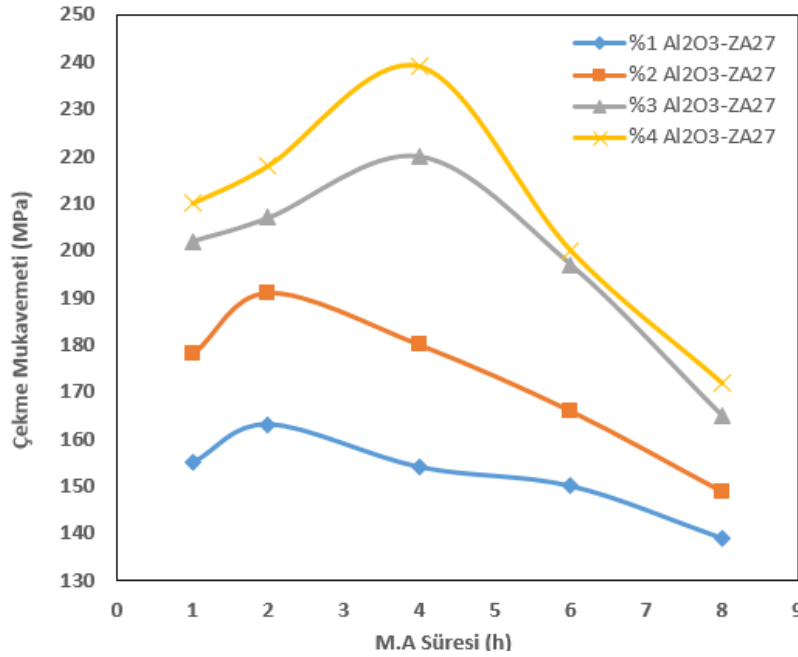


Şekil 2. Üretilen kompozitlerin sertliğinin mekanik alaşımlama süresiyle değişimi

3.3. Çekme Mukavemeti

Hacimce %1, 2, 3 ve 4 alümina takviyeli ZA27 matrisli kompozitlerin mekanik alaşımla yöntemiyle üretilmesi sonucunda çekme mukavemet değerlerinin alümina oranı ve mekanik alaşımla süresine bağlı değişimi grafiği Şekil 3’de verilmektedir. %1 ve %2 nano- Al_2O_3 takviyeli kompozitlerin çekme mukavemet değerlerinde ani bir artış 2 saatlik öğütme süresinde gözlenirken, %3 ve %4 nano- Al_2O_3 takviyeli kompozitlerin çekme mukavemet değerlerinde bu

artış 4 saatlik öğütme süresi sonrasında gözlemlenmiştir. Bu artışın nedeni düşük takviye oranlarında tozlar 2 saatte homojen olarak dağılım gösterirken %2'den sonraki takviyelerde ise artan takviye miktarı sistemin 2 saatte dengeye ulaşmasına engel olmaktadır. Artan takviye miktarıyla tozların matris içeresine homojen dağılımı için gereken sürenin de arttığı gözlenmiştir. Dolayısıyla %3 ve %4 nano- Al_2O_3 takviyeli kompozitler, 4 saatlik mekanik alışım ile sonucunda dengeye ulaşırlar. Denge durumu sağlandıktan sonra yapılan mekanik alışım ile işlemi tozların yüksek oranda plastik deformasyona uğramasına neden olur. Ve bu durum tozların preslenmesi esnasında daha fazla enerji gereksinimi ihtiyacı doğurmaktadır. Bu yüzden presleme sonrasında çekme dayanımını negatif etkileyen porozite artmaktadır.



Şekil 3. Üretilen kompozitlerin çekme mukavemetinin mekanik alışım süresiyle değişimi

4. BULGULAR

- Üretilen kompozitlerin yoğunluk artan alümina takviyesi ve artan mekanik alışım süresiyle kademeli olarak azalmıştır.
- Artan mekanik alışım süresiyle birlikte tozların deformasyon sertleşmesine maruz kalması kompozitin sertliğinde artışa neden olmuştur. Ayrıca takviye miktarının artması da sertliği olumlu yönde etkilemiştir.
- ZA-27/ Al_2O_3 kompozitlerinin çekme mukavemeti artan alümina takviyesiyle artmaktadır. %1 ve %2 nano- Al_2O_3 takviyeli kompozitlerin çekme mukavemet değerlerinde ani bir artış 2 saatlik öğütme süresinde gözlenirken, %3 ve %4 nano- Al_2O_3 takviyeli kompozitlerin çekme mukavemet değerlerinde bu artış 4 saatlik öğütme süresi sonrasında gözlemlenmiştir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Ibrahim, I.A., Mohamed, F.A., Lavernia, E.J., 1991. Metal matrix composites—a review. *J. Mater. Sci.* 26, 1137–1157.
- [2] Sinclair, I., Gregson, P.J., 1997. Structure performance of discontinuous metal matrix composites. *Mater. Sci. Technol.* 13, 709–715.
- [3] Goni, J., Mitxelena, I., Coletto, J., 2000. Development of low cost metal matrix composites for commercial applications. *Mater. Sci. Technol.* 16, 743–746.
- [4] E.J. Wentzel, C. Allen, Erosion–corrosion resistance of tungsten carbide hard metals with different binder compositions, *Wear*, 181–183 (1995), pp. 63–69.
- [5] R. Cooper, D. McHattie, *Using Powder Metallurgy in Design: Wear, Corrosion and Fatigue Resistance*, vol. 5 Institution of Mechanical Engineers Seminar Publication (2000), pp. 19–37
- [6] K. Anand, H. Conrad, Microstructure effects in the erosion of cemented carbides, *Wear Mater.*, 1 (1989), pp. 136–142
- [7] A. Canakci, T. Varol, F. Erdemir, and S. Ozkaya ,*Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, Vol. 53, Nos. 11-12, March, 2015,
- [8] Smith, W. *Structures and Properties of Engineering Alloys*, 2nd edition, McGraw-Hill, New York, 1993.
- [9] Gervais, E., Barnhurst. R.J. and Loong, C.A. An analysis of selected properties of ZA alloys. *Journal of Metals* November 1985,43.
- [10] Seah, K.H.W., Shatma S.C. and Girish, B.M. Mechanical properties of cast ZA-27/graphite particulate composites. *Materials and Design* 1995, 163 No. 5, 271-275
- [11] J.K. Wessel, *The Hand Book of Advanced Materials*, John Wiley & Sons, New York, 2004. 65–88
- [12] Bourzami A, Lenoble O, Bobo J, Layadi A, Piecuch M. Enhancement of longitudinal Kerr rotation in Fe/Al₂O₃ composite multilayers. *J Appl Phys* 2002;20:9–14.
- [13] Iacob G, Ghica V. G, Buzatu M, Buzatu T, Petrescu M. I, Studies on Wear Rate and Micro-hardness of the Al/Al₂O₃/Gr Hybrid Composites Produced via Powder Metallurgy, *Composites: Part B*, 2015;69:603–611.
- [14] Wan-li GU, Bulk Al/SiC Nanocomposite Prepared by Ball Milling and Hot Pressing Method, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2006. p.398-401.
- [15] Tjong, S.C, Novel nanoparticle-reinforced metal matrix composites with enhanced mechanical properties, *Adv Eng Mater*, 2007; 9, 639-652.
- [16] Al-Aqeeli, N. Development of new Al-based nanocomposites by mechanical alloying, *Mater Sci Eng* 2008;480(1-2): 392-396.
- [17] Jeyasimman, D, Sivasankaran S, Sivaprasad K, Narayanasamy R, Kambali RS. An investigation of the synthesis, consolidation and mechanical behaviour of Al 6061 nanocomposites reinforced by TiC via mechanical alloying. *Mater Design* 2014;57: 394-404.

SIFIR EMİSYONLU KOJENERASYON TESİSLERİNİN EKSERJİ VE PERFORMANS ANALİZİ

Rabi KARAALİ^a, İlhan Tekin ÖZTÜRK^b

^a, *Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fak. Makine Müh. 69000 Bayburt*

^b *Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fak. Makine Müh. 41380, Kocaeli*

CO₂ emisyonu çevre üzerinde çok zararlı etkilere sahip olup küresel ısınmanın başlıca sebebi sayıldığından azaltılması ya da en azından aynı seviyede tutulması gerekmektedir. Dünyada üretilen elektriğin % 60'ı ve üretilen ısı enerjisinin çoğu fosil yakıtların yakılması ile üretildiğinden elektrik ve ısı üretimi CO₂ emisyonunun en büyük sebebidir. Bu sebeple tüm dünyada emisyon değerlerinin azaltılması problemi üzerinde çalışmalar artmaktadır. Bu çalışmada sıfır emisyonlu çevrimlerden en önemlileri olan Amine, ATR, Oxyfuel, Su, Graz, CLC, MSR-H₂, AZEP, SOFC/GT, İyon Membranlı, ve absorpsiyon soğutmalı çevrimler incelenmiştir. Bu çevrimlerin çoğu henüz laboratuvar aşamasında geliştirilmekte olup ticarileşmekte yeni olduklarından piyasa fiyatları ve pazarları henüz tam olarak oluşmamıştır. Bu yüzden ekonomik analiz yapılamamıştır. Bu çevrimler göz önüne alınarak yanma gazlarının ayrıştırılması yöntemine dayanan bir çevrim önerilmiş ve bu çevrimin ekserji analizi FORTRAN dilinde yazılan kodlarla hazırlanan program ile yapılmıştır. Önerilen çevrimin diğer çevrimlerle karşılaştırılması yapılmış tüm çevrimlerin avantaj ve dezavantajları açıklanmıştır.

TAŞIT MOTORLARINDA KULLANILAN SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE YENİ TEKNOLOJİLER

Halil İbrahim AKOLAŞ, Mehmet Akif CEVİZ, Hadi Ghasemi ZAVARAGH, Alirıza
KALELİ

İçten yanmalı motorlarda, yanma sonrası ortaya çıkan yüksek ısının motora zarar vermemesi için sistemden en kısa sürede uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu işlem motorlarda soğutma sistemi tarafından gerçekleştirilmektedir. Gelişen bilim ve teknoloji sayesinde, yüksek devirli ve yüksek sıkıştırma oranlarında çalışan motorlar kullanıldığından, yanma sonu sıcaklıkları çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Yüksek sıcaklık; hareketli motor parçalarının termal gerilimlerinin artmasına, yağlama yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bozulmasına, egzoz emisyon değerlerinin değişmesine, motor performansına ve yakıt verimliliğine büyük ölçüde etki etmektedir. Motorlarda enerji kayıplarının büyük bir bölümünü atık ısılar oluşturmaktadır. Bu bağlamda soğutma sistemleri, sistemin optimum çalışma sıcaklığında kalması için büyük önem arz etmektedir. Motorun çalışma sıcaklığını uygun seviyede tutulabilmesi için, hava ve su ile soğutmalı sistemler geliştirilmiştir. Özellikle su ile soğutmalı sistemler yakıt verimliliği ve motor performansı açısından taşıt motorlarında önemli bir çalışma alanını oluşturmaktadır. Klasik su ile soğutmalı sistemler; su pompasının motor devri ile bağlantılı olması enerji kaybına, yüksek güç gerektiren koşullarda yetersiz ısı atılımına, tam gaz ve kısmi yük koşullarında aşırı soğutma etkisinin ortaya çıkması sistemin başlıca kusurları olarak görülebilir.

Bu çalışmada; günümüz teknolojisinin gelişmişliği sayesinde sistem elemanları; elektronik kontrollü olarak komuta edilebilen su pompası, akış kontrol valfi, soğutma fanı ve kontrolcü gibi devre elemanlarının yeniden konumlandırılmaları ve sisteme sağladığı katkılar anlatılacaktır.

GYROİD POROZ YAPILI VE GELENEKSEL TİBİAL DİZ PROTEZİ BİLEŞENİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE FİKSASYON AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

İsmail Hakkı KORKMAZ^a, İrfan KAYMAZ^b, Ömer Selim YILDIRIM^c

^a *Iğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Iğdır*

^{*} *Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Erzurum*

^c *Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Dahili Tıp Bilimleri, Ortopedi ve Travmatoloji, Erzurum*

Büyük bir başarı oranına sahip olan Total Diz Artroplastisi günümüzde çeşitli sebeplerle kemik dokusunun zarar gördüğü hastaları günlük aktivitelerine tekrar kavuşturabilmek için ortopedistler tarafından uygulanan önemli bir cerrahi operasyondur. Bu ameliyatlarda kullanılan Total Diz Protezlerinde zamana bağlı olarak aseptik gevşeme, aşınma, instabilite, stress shielding gibi hasarlar ortaya çıkabilmektedir. En yoğun olarak görülen hasarda tibial bileşenin gevşemesidir. Bu hasarı önleyebilmek için günümüzde özellikle biyomekanik alanında yeni yeni kullanılmaya başlanan ve osteointegrasyon açısından başarılı bulunan poroz metal bileşenlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu çalışmada ise çimentolu Gyroid poroz yapıya sahip ve geleneksel tibial bileşen sonlu elemanlar yöntemi ile fiksasyonun başarısı açısından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Sonuçlar yeni yeni kullanılan poroz yapı ve geleneksel metaller açısından literatür bilgileri ile değerlendirilmiştir.

TİTANYUM-NİKEL ŞEKİL HAFIZALI FİMLERİN MAGNETRON SİÇRATMA YÖNTEMİYLE KRİSTAL YAPIDA BÜYÜTÜLMESİ

Hikmet ÇİÇEK^a, İhsan EFEOĞLU^a, Yaşar TOTİK^a, Kadri Vefa EZİRMİK^b

^a*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü*
Sorumlu yazar: hikmetcicek25@hotmail.com, h.cicek@atauni.edu.tr,
Tel.: +904422314838; Fax: +904422314910

^b*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü*

Şekil hafızalı ince filmler sahip olduğu yüksek geri dönüşüm kuvveti ve hızlı tepki süresi sayesinde başta mikro-aktüatör, mikro-pompa ve mikro-ayna gibi MEMS (mikro elektromekanik sistemler) uygulamaları olmak üzere birçok alanda kullanımı giderek artmaktadır. TiNi filmlerin büyütülmesinde magnetron sıçratma yöntemi çokça kullanılan yöntemlerdendir ve büyütülen filmler genelde amorf yapıdadır. Şekil hafıza özelliğinin elde edilebilmesi için filmlerin kristal yapıda olması gerekir. Bu amaçla filmlere yüksek vakum ortamında 500⁰C-700⁰C civarında ısı işlem uygulanmaktadır. Bu çalışmada ısı işlemi gerek duymadan filmin büyütülmesi sürecinde kristal yapıda TiNi filmler elde edilmiştir. Yapısal özelliklerin belirlenmesi için XRD, SEM ve EDS analizleri, şekil hafıza özelliğini belirlemek için DSC (diferansiyel taramalı kalorimetre) analizleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *TiNi, şekil hafıza, magnetron sıçratma*

ASFALT MODİFİKASYONUNDA BOR İÇERİKLİ KATKILARIN KARIŞTIRMA ŞARTLARININ İNCELENMESİ

Bahadır YILMAZ^a, Şeref ORUÇ^b

^a Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 69000 Bayburt,
byilmaz@bayburt.edu.tr

^b Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon

Bugüne kadar pek çok araştırmacı tarafından, artan trafik yükleri, iklim ve çevre koşullarından dolayı asfalt kaplamalarda oluşan deformasyonları azaltmak ve kaplama performansını iyileştirmek için asfalta çok değişik tip ve oranda katkıları, farklı karıştırma şartlarında (karıştırma sıcaklığı, süresi ve hızı) katılarak asfalt modifikasyonunu esas alan çalışmalar yapılmıştır. Ancak bu çalışmalarda, asfaltın bir takım özellikleri iyileştirilmesine rağmen bütünüyle istenilen sonuçlara henüz ulaşılammıştır. Bu bağlamda, asfalt ve kaplama performansının bütünüyle iyileştirilmesi ve daha iyi sonuçlara ulaşılabilmesi için mevcut katkıların farklı oranlarda ve karıştırma şartlarında asfalta ilave edilmesi ya da yeni katkı maddeleri üretilerek asfaltın modifiye edilmesi yönündeki çalışmalara ihtiyaç duyulmuştur.

Bilindiği gibi ülkemiz bor rezervi açısından dünya sıralamasında %72'lik pay ile ilk sırada yer almasına rağmen hem üretimde hem de ekonomik boyutta ülkemizin aldığı pay, sahip olduğu bor rezervleriyle orantılı değildir. Bor içerikli ürünler sahip olduğu üstün özelliklerden dolayı temizlik maddelerinden uzay teknolojisine kadar pek çok alanda kullanılmasına rağmen literatürde bor içerikli katkıların asfalt modifikasyonunda kullanımı ile ilgili sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Mevcut çalışmalar incelendiğinde ise genellikle bor içerikli katkıların asfalt modifikasyonunda kullanılmasında karıştırma şartlarındaki farklılıklar ve zorluklar, modifikasyonun hangi karıştırma şartlarında gerçekleşeceğini önemli kılmaktadır. Bu bağlamda, geçmişten günümüze kadar literatürde var olan kısıtlı sayıdaki bor içerikli katkılarla asfaltın modifikasyonu sırasındaki karıştırma şartları ile tarafımızdan laboratuvar ortamında kimyasal olarak sentezlenen yeni ve orijinal nitelikteki bor içerikli katkıların asfaltla karıştırma şartları kıyaslanarak yeni çözümler önerilmiştir.

1.GİRİŞ

Asfalt, karayolu ve havaalanı esnek üstyapı kaplamalarında sahip olduğu viskoelastik ve agregayı bağlayıcı özelliklerinden dolayı tercih edilen bir malzemedir [1]. Asfalt kaplamalarda, artan trafik hacimlerinden ve lastik basınçlarından, aynı zamanda iklim koşullarından dolayı tekerlek izi oluşumu ve çatlaklar meydana gelir [2]. Asfalt kaplamalarda oluşan deformasyonları azaltmak için asfalt kaplamaların ana bileşeni olan asfalt çimentosuna değişik tip ve oranda katkıları farklı karıştırma şartlarında (karıştırma sıcaklığı, hızı ve süresi) ilave edilerek modifiye asfalt üretimi gerçekleştirilmektedir [3]. Yaygın olarak kullanılan katkı maddelerinin başında sitren-butadien-sitren (SBS), düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), etilen-vinil-asetat (EVA) ve öğütülmüş araç lastikleri gelmektedir. Ancak bahsedilen katkı maddelerinden asfalt kaplamalar üzerinde iyi sonuçlar alınabilmesi için farklı oranlarda ve

kariştırma şartlarında asfalta ilave edilmesi ya da yeni katkı maddeleri üretilerek asfaltın modifiye edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, ölkemiz bor rezervi açısından dünya sıralamasında %72'lik pay ile ilk sırada yer almaktadır. Ancak hem üretimde hem de ekonomik boyutta ölkemizin aldığı pay, sahip olduğu bor rezervleriyle orantılı değildir [4]. Bor içerikli ürünler temizlik maddelerinden uzay teknolojinine kadar pek çok alanda kullanılmasına rağmen literatürde bor içerikli katkıların asfalt modifikasyonunda kullanımı ile ilgili sınırlı sayıda çalışma olduğu görölmektedir. Bu çalışmalar ağırlıklı olarak 1940-1960'lı yıllarda yapılmış olmasına rağmen son yıllarda da bu alanda tekrar çalışma yapılmaya başlanmıştır.

Lentz vd. (1945) asfaltlı malzemedен oluşаn ürünlerin (çatı kaplaması, yol kaplaması vb.) adezyon ve kohezyonunu iyileştirmek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Asfalta %0,25-%3 arasında değişen oranlarda borik asit katılarak penetrasyon ve yumuşama noktası arasındaki ilişkisi incelenmiştir. 177°C üzerindeki sıcaklığа sahip akışkan asfalta (okside asfalt) borik asit ilave edilmiş ve kariştırılmıştır. Sonuç olarak, borik asidin küçük bir miktar kullanılmasıyla asfaltlı malzemelerin yumuşama noktası ve penetrasyon ilişkisinin büyük oranda iyileştiği ve malzemenin hava etkisiyle oluşаn aşınmaya karşı direncinin arttığı kaydedilmiştir [5].

Doyle vd. (1963) tarafından yapılan çalışmada, asfalt çimentosunun yüksek sıcaklıklarda agrega ile karişımı sırasında oluşаn düktilite kayıplarını azaltmak ve kaplamadaki çatlak oluşumuna karşı direnci artırmak için, agrega ile asfaltın karişımı (kariştırma sıcaklığı 138°C-177°C) uygulamasından önce asfalt çimentosuna bor içerikli kimyasal ajanlar ilave etmişlerdir. Buna bağlı olarak asfalt çimentosunda oluşаn düktilite kayıplarının azaldığı bildirilmiştir [6]. Boykin vd. (1964) asfaltlı bileşimlerin nötron tutucu olarak, radyasyon emen bariyerlerde, nötron yavaşlatıcılarda, reaktör kontrol ve nötron azaltma elemanlarında kullanılabilmesi için, asfalt bileşimine bor oksit/bor elementi emdirmişlerdir. Bunun için borik asit kullanmışlardır. Asfalt ve borik asit karişımı 210°C-230°C sıcaklık aralığında gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, asfalta emdirilen borik asidin, asfaltla kimyasal bağ yaptığını ve asfalt bileşiminin %1-25 arasında bor oksit ya da bor elementi konsantrasyonu içerdiğini belirtilmiştir [7].

Marzocchi vd. (1982) asfaltın, cam fiber parçacıklarıyla (filler olarak katılmasıyla) güçlendirmesini öngörmüşlerdir. Fakat cam fiberin yüksek oranda su seven özellikte olması, asfaltla kimyasal veya fiziksel bağ yapmasını engellemiştir. Bu bağı oluşturmak için (asfaltın adezyon özelliğini iyileştirmek için) organik metal bileşimlerinden olan orto esterle bir borat ester kimyasal reaksiyona sokularak oluşаn boratlı reaksiyon ürününü, asfaltı modifiye etmek için kullanılmıştır [8].

Oruç vd. (2013) yaptığı çalışmada, 50/70 penetrasyon dereceli asfalta borik asit katkısını asfalt ağırlığının %1, %3, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında ilave etmişlerdir. Borik asit katkısı asfalt ile 150°C sıcaklıkta, 800 rpm hızda ve 15 dk süreyle kariştırılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarından, borik asit katkısının asfaltın yumuşama noktası değerini artırdığı, penetrasyon ve düktilite değerlerini ise azalttığı bildirilmiştir [9].

Yapılan çalışmaların ortak özelliği bor türevi ürünlerden borik asidin, yüksek sıcaklıklarda asfalta katılmasıdır. Asfaltın yoğun olarak hidrokarbon içeriğine sahip olması göz önüne alındığında, doğrudan borik asidin uygun bir moleküler etkileşimle asfalta bağlanması güçlükler içermektedir. Nitekim bu amaçla yapılan çalışmalarda borik asit ergime sıcaklığından

(169°C) yüksek sıcaklıklarda, doğrudan asfalta tutundurulmaya çalışılmış ve bu sıcaklığın üzerinde kısmen başarılıdır. Ancak bahsedilen sıcaklıklarda gerçekleştirilen bu uygulamalar özellikle asfaltın kütle kaybı yanında, oksidatif bozulmalara uğramasına yol açmaktadır [10]. Bu sıcaklığın altında yapılan bor türevi ürünlerin asfalta ilave çalışmaları başarısız kalmıştır. Bu bağlamda, geçmişten günümüze kadar literatürde var olan kısıtlı sayıdaki bor içerikli katkılarla asfaltın modifikasyonu sırasındaki karıştırma şartları ile tarafımızdan laboratuvar ortamında kimyasal olarak sentezlenen yeni ve orijinal nitelikteki bor içerikli katkının asfaltla karıştırma şartları kıyaslanmıştır. Katkının asfalt içerisinde homojen olarak dağılıp dağılmadığını tespit etmek için diğer bir deyişle asfalt/katkı arasında herhangi bir faz ayrımı olup olmadığını belirlemek için modifiye asfalt numunesinin SEM (Elektronik Tarama Mikroskobu) görüntüsü alınmıştır.

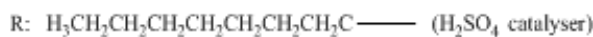
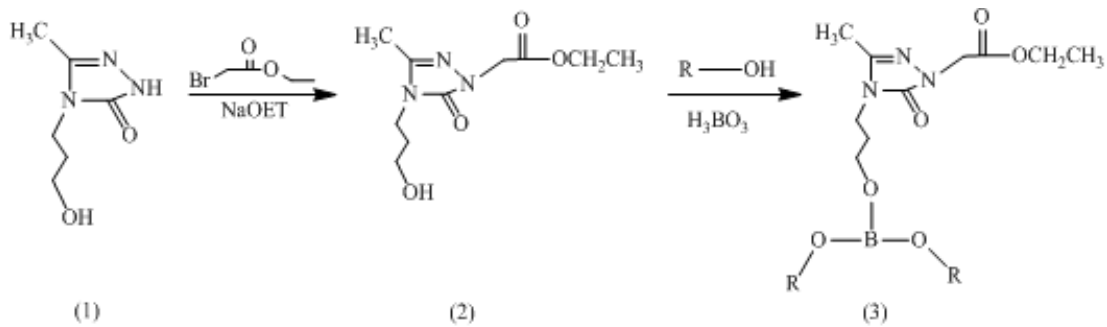
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Asfalt

Çalışmada, Tüpraş İzmit Rafinerisinden temin edilen ve bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan B 50/70 penetrasyon dereceli asfalt kullanılmış olup, fiziksel özellikleri; Penetrasyon (25°C,100 g, 5sn, dmm) 57, Yumuşama Noktası 50°C, Düktilitesi (25°C, 5cm/dk) +100'dür.

2.2. Bor İçerikli Katkı Maddesi

0.01 mol organik katkı, 0.01 mol borik asit ve 0.02 mol alkol karışımına 1 damla sülfürik asit damlatıldı. Karışım 140-160°C sıcaklıkta 4-6 saat refluks edildi. Soğutulmuş karışımın içeriği soğuk absolut etanol içinde çözündürülerek elde edildi ve alkol buharlaştırılarak uzaklaştırıldı. Viskoz kalıntı elde edildi. Tipik reaksiyon denklemi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Bor içerikli katkının sentezlenme reaksiyon denklemi

2.3. Modifiye Asfalt Numunesinin Hazırlanması

150°C sıcaklığa kadar ısıtılarak akışkan hale getirilen asfalt, aynı sıcaklığa ayarlanmış karıştırma kabına döküldü. Asfalt ağırlığının %1 oranındaki katkı maddesi orijinal asfalt

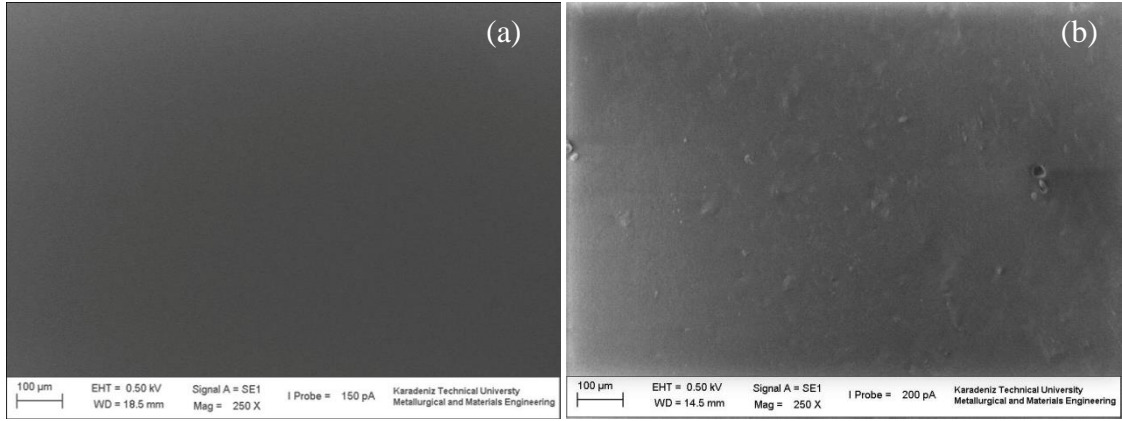
içerisine yavaş yavaş ilave edildi. Dört kollu mekanik karıştırıcı yardımıyla 800 rpm hızda 15 dk süreyle karıştırılarak modifiye asfalt numuneleri elde edildi.

2.4. SEM Analizi

Orijinal ve modifiye asfalt numunelerinin morfolojik yapısı Zeiss Evo Ls-10 markalı SEM görüntüleme cihazıyla sorgulanarak asfalt/katkı arasındaki faz dağılımları incelendi. Analiz için numuneler iletken karbon bant üzerine konuldu. Daha sonra cihazın numune bölmesine konularak 0.5 kV güç ve 250 büyütme oranında görüntüler alındı.

3. BULGULAR

Asfalt matrisi içerisindeki katkının dağılımı Şekil 2’de verilmiştir. Katkı ve asfalt arasında çok fazla faz ayrımı olmadığı katkının asfalt matrisine tutunduğu şekilden görülmektedir.



Şekil 2. Orijinal asfalt (a) ve katkılı asfalt (b) SEM görüntüleri

4. SONUÇLAR

Katkının asfaltla uyum sağladığı yani katkı/asfalt matrisi arasında herhangi bir faz ayrımı olmadığı ve katkının asfalta net bir şekilde tutunduğu buna bağlı olarak modifiye asfalt üretimi için belirlenen karıştırma şartlarının (1000 rpm, 150°C ve 15 dk) uygun olduğu belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK (Proje No:213M513/2014) tarafından desteklenmiştir. Elde edilen bulgular ve sonuçlar TÜBİTAK’tan bağımsızdır.

KAYNAKLAR

1. Ahmedzade, P., Alataş, T., Geçkil, T., Asfalt Betonunda Siyah Karbonun Filler Olarak Kullanımı, İMO Teknik Dergi, 4493-4507, (2008).
2. Qunshan Y., Shaopeng W., Ning L., Investigation of the Dynamic and Fatigue Properties of Fiber-Modified Asphalt Mixtures, International Journal of Fatigue, 31, 1598–1602, (2009).

3. Ahmetzade, P., Yılmaz, M., Yılmaz, M., Polyester Reçinenin Bitümlü Bağlayıcıların Yüksek Sıcaklık Performans Seviyesi Üzerindeki Etkisi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 24, 1-2, 227-240, (2008).
4. Kimya Sanayi Özel İhtisas Komisyonu, Bor Çalışma Grubu Raporu, Dokuzuncu Kalkınma Planı, Ankara, (2006).
5. Lentz, Alfred P., Asphaltic Compound, United States Patent Office, Patent No: 2375117, (1945).
6. Doyle, P. C., River, R., Hook E. O., Falls, C., Hardman, H. F., Asphaltic Cement, United States Patent Office, Patent No: 3094427, (1963).
7. Boykin R. O., Glendale, S., Osborne, P. S., Neutron Absorbing Asphaltic Composition, United States Patent Office, Patent No: 3152093, (1964).
8. Marzocchi A., Roberts, G. M., Bolen, C. E., Boron Modified Asphalts, United States Patent Office, Patent No: 4360473, (1982).
9. Oruç, Ş., Yılmaz, B., Bostancıoğlu, M., (2013, Kasım). Borik Asitin Asfaltın Fiziksel Özelliklerine Etkisi. 6. Ulusal Asfalt Sempozyumu ve Sergisi, Ankara, Türkiye.
10. AASHTO, Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling And Testing, 30th ed., Washington, DC, (2010).

BETON GERİLME ŞEKİLDEĞİŞTİRME EĞRİLERİNİN BULANIK MANTIK YAKLAŞIMIYLA ELDE EDİLMESİ

Ertekin ÖZTEKİN^a, Filiz KUMAŞ^b

^a*Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü 69000 Bayburt*

^b*Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Öğrencisi 29000 Gümüşhane*

Özet

Bu çalışmada, beton ve betonarme elemanların eğilme etkisi altındaki tasarımı ve taşıma gücü tahkikinde kullanılan gerilme – Şekildeğiştirme eğrilerinin bulanık mantık yaklaşımıyla tahmin edilmesine çalışılmıştır. Bu amaçla teknik literatürde mevcut olan deneysel grafiklerdeki beton dayanımı, beton şekildeğiştirmesi ve beton gerilmesi parametreleri üçgen üyelik fonksiyonları yardımıyla bulanıklaştırılmıştır ve bulanıklaştırılan bu parametreler ile kural tabanı yazılarak bulanık mantık modeli oluşturulmuştur. Bu model kullanılarak gerilme şekildeğiştirme eğrilerine ait bulanık ham çıktılar elde edilmiştir. Bulanık ham çıktılar durulaştırma işlemine tabi tutulmuş ve çeşitli beton sınıfları için gerilme-şekildeğiştirme eğrileri elde edilmiştir. Tüm bulanık mantık hesaplamaları için visual basic programlama dilinde bir program kodu yazılmıştır. Çalışmanın sonunda bulanık mantık model kullanılarak elde edilen eğriler ile deneysel gerilme şekildeğiştirme eğrileri karşılaştırılarak geliştirilen bulanık mantık modelinin geçerliliği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Bulanık Mantık, Gerilme, Şekildeğiştirme, Eğilme, Basit Eğilme, beton, betonarme, modelleme*

Abstract

In this study, it was attempted to estimate the stress-strain curves used in the designs of concrete and reinforced concrete members subjected to bending by Fuzzy Logic approach. For this purpose, concrete strength, strain and stress of concrete were fuzzied by triangular fuzzy membership functions. Using the fuzzied stress-strain curves a rule base and a fuzzy Logic model were constituted. After obtaining of fuzzied outputs by using this model, defuzzification studies were performed on the outputs and finally concrete-stress-strain curves were estimated. For all these studies, a programming code was written in Visual Basic programming language. At the end of this study, comparisons were made between actual and estimated curves to perform the validity of developed Fuzzy Model.

Keywords: *Fuzzy Logic, Stress, Strain, Bending, Pure Bending, Concrete, Modelling of Reinforced Concrete*

1. GİRİŞ

Beton gerilme şekilgeştirme eğrileri, doğrusal olmayan yapı analizlerinde, beton ve betonarme yapı elemanlarının boyutlandırılmasında ve denetimlerinde kullanılan yöntem ve bağıntıların oluşturulmasında kullanılmaktadırlar. Hesap ve analizlerde gerçek gerilme şekilgeştirme eğrisinin kullanılması analizlerin veya hesaplamaların doğruluğunu ve hassaslığını artırır. Ancak, çoğunlukla bu hesap ve analizlerde betonun gerçek gerilme şekilgeştirme eğrisinin kullanılması yerine, teorik bir gerilme şekilgeştirme eğrisi veya başka bir deyişle modeli kullanılmaktadır.

Literatürde farklı birçok beton sınıfı ve türü için çok sayıda gerilme-şekilgeştirme modeli önerilmiştir[1-5]. Önerilen bu modeller genel olarak sargılı ve sargısız beton gerilme şekilgeştirme modelleri olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bu her iki sınıf modellerin bir kısmı sadece geleneksel betonlar (normal dayanımlı) için kullanılabilirken bir kısmı da sadece yüksek dayanımlı betonlar için önerilmiştir. Bu tür malzemeye bağımlı sınıflandırmaları beton karışımına katılan lif cinsine, betonun sargılanmasında kullanılan malzeme cinsine vb. parametrelere bağlı olmak üzere artırmak mümkündür. Tüm bu modellere ilaveten modeli oluştururken kullanılan yöntemlerin farklılığı da bir sınıflandırma yapmaya olanak sağlayabilir. Örnek olarak buna, matematiksel modeller, Yapay sinir ağı tabanlı modeller, genetik algoritma tabanlı modeller, bulanık mantık tabanlı modeller vb. gösterilebilirler.

Bu çalışmada, tüm bu farklı model ve sınıflandırmalar içinde beton gerilme şekilgeştirme eğrilerinin tahmini için bulanık mantık yaklaşımı benimsenmiştir. Bu yaklaşım kullanılarak oluşturulan tek bir model ile aynı anda hem geleneksel (Normal dayanımlı $f_{ck} < 50$ MPa) hem de yüksek dayanımlı ($f_{ck} \geq 50$ MPa) betonların gerilme şekilgeştirme eğrilerinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bulanık mantık yaklaşımı daha önce sadece yüksek dayanımlı betonların gerilme şekilgeştirme eğrilerini elde etmek için Güler ve diğerleri tarafından başarıyla kullanılmıştır[6]. Literatürdeki bu çalışmada, beton gerilme şekilgeştirme grafiğinin elde edilebilmesi için beton gerilmesi ve beton şekilgeştirmesi sırasıyla maksimum beton gerilmesine ve bu gerilmedeki şekilgeştirmeye bağlı olarak hesaplanan oranlara göre elde edilmiştir[6]. Bulanık mantık beton, betonarme gibi birçok konuda inşaat mühendisliğinde kullanımının dışında birçok farklı alanlarda da yaygınca kullanılmaktadır. Özellikle otomatik kontrol sistemleri, veri depolama, uzman sistemler, görüntü tanımlama, optimizasyon gibi alanlarda etkili olarak kullanılmaktadır. [7]

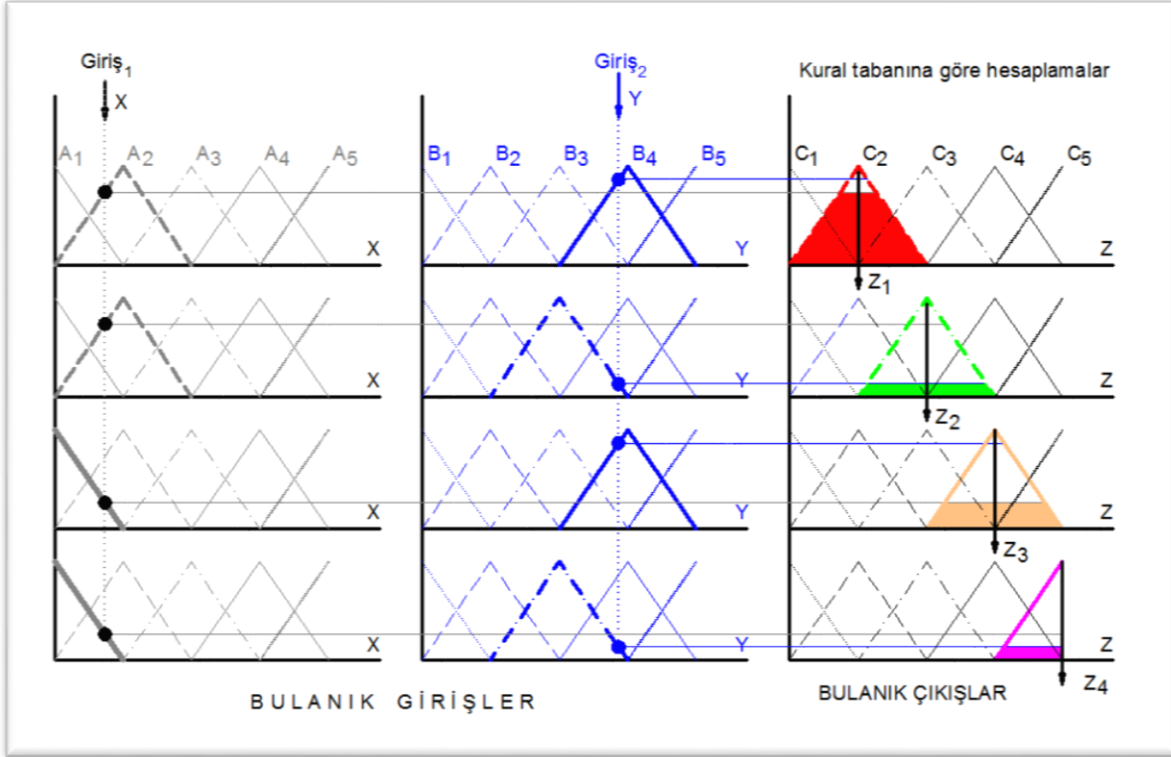
2. BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI

Büyüklüğü ifaden eden ancak yeteri kadar netlik veya kesinlik ifade etmeyen birçok kelime ve/veya kelime grupları ile insanoğlu günlük yaşantısını yönetmekte ve çevresindeki insanlar la etkili ve verimli bir biçimde iletişim kurabilmektedir. Günlük yaşantıda “sıcak, çok soğuk, yaşlı, kısa, hızlı, şiddetli, derin, kötü, güzel, çirkin vb.” gibi sayısal olarak ifade edilmeyen ve net olmayan ifadeler kullanılmaktadır. Bu tür kelimeler sayısal olarak net bir değer ifade etmediklerinden ve içlerinde belli bir miktarda esnekliğin olduğu kabul edildiğinden bulanık kavramlar olarak nitelendirilmektedirler.

Lutfi Zadeh tarafından 1965 yılında bulanık küme kavramının geliştirilmesinden yaklaşık 10 yıl sonra, Mamdani vd. tarafından bulanık mantık ve bulanık küme teorisinin mühendislik uygulamalarında kullanılabileceği ortaya konulmuştur[8, 9].

Bulanık mantık yaklaşımında problemi oluşturan değişkenler önce bulanıklaştırılırlar. Bu bulanıklaştırma için bulanık kümeler teorisinden yararlanılır. Bu teoriye göre bir değişkenin bulanık değeri en fazla 1 en az 0 olabilir ve bu iki sınır arasında sonsuz sayıda olabilir. Bu durum bulanık kümeler teorisinde üyelik olarak adlandırılmaktadır. Eğer bir değişkenin bulanık değeri 1 ise o değişkenin bulunduğu kümeye üyeliği tamdır. Aksine, eğer bir değişkenin bulanık değeri 0 ise o değişkenin bulunduğu kümeye üyeliği yoktur denir. Aradaki bulanık değerler için ise mevcut değer, değişkenin bulunduğu kümeye üyelik derecesini gösterir.

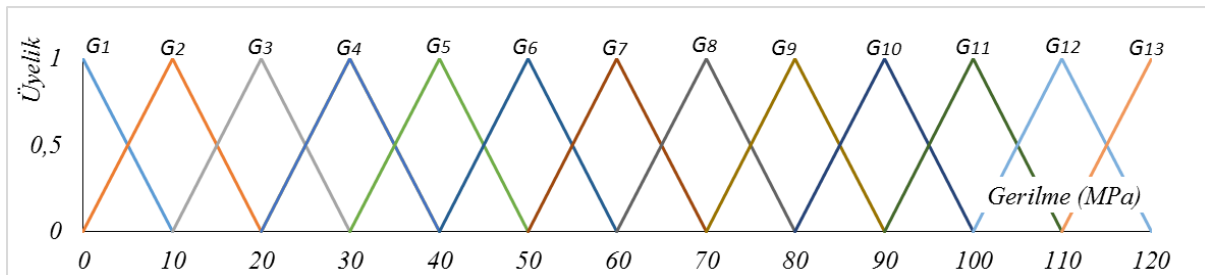
Mühendislik problemlerindeki değişkenlerin bulanıklaştırılması için adına üyelik fonksiyonu denilen basit fonksiyonlar kullanılmaktadır. Genellikle üçgen üyelik fonksiyonu ile yamuk (trapez) üyelik fonksiyonu en çok tercih edilenlerdendir. Bulanıklaştırma için değişkenin alabileceği maksimum alt ve üst sınır değerleri arasında, istenilen değer aralıklarını içerisine alan bulanık kümeler oluşturulur. Bu işlem tüm problem değişkenlerine ve problem çıktılarına uygulandıktan sonra, kural tabanı oluşturulur. Kural tabanında her bir değişkene ait bulanık ifadelerin kombinasyonu için problemin bulanık sonuçları basit koşullar (if...then...else...) ile birlikte tanımlanır. Tüm bulanık hesaplamalar kural tabanına göre gerçekleştirilir. Bulanık hesaplamalardaki işlemler ve bu işlemlerin mantığı, basit küme işlemlerinin aynıdır. Bulanık işlemlerin bulanık kümeler ile gerçekleştirilmesi Şekil 1 de şematize edilmiştir. Bu şekilde de anlaşılacağı gibi bir değişkenin aldığı herhangi bir değer o değişken için oluşturulmuş çeşitli bulanıklara kümelerde farklı üyeliklere sahip olabilir. Kural tabanına göre yapılan işlemlerden sonra problem her bir çıktısı için ayrı ayrı bir veya birden fazla bulanık çıktı elde edilebilmektedir. Bu bulanık çıktılar mühendislik için yeterli birer sonuç olamazlar. Kesinlik ve net bir sayısal değer elde etmek için, bulanık çıktıların durulaştırılması veya berraklaştırılması gerekmektedir. Dünyada durulaştırma veya başka bir deyişle berraklaştırma için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kabul görenleri; Alanların Merkezi yöntemi, iki bölge yöntemi, maksimumun ortalaması, maksimumun en küçüğü, maksimumun en büyüğü gibi yöntemleridir [10].



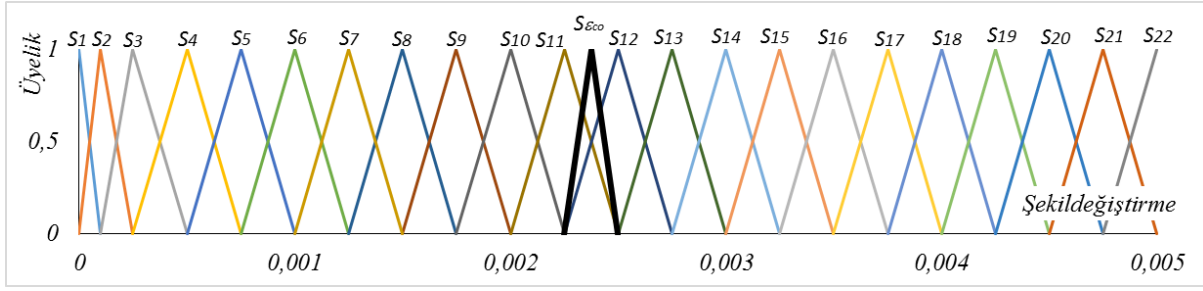
Şekil 1. Bulanık Girişler, Kural tabanına göre hesaplama ve bulanık çıkışlar [10]

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Yapısal analizlerde kullanılan malzemelere ait modeller genellikle iki parametre ile oluşturulurlar. Bu iki parametre Gerilme ve şekildeğiştirmedir. Bulanık mantık ile yapılan hesaplamalarda probleme ait değişkenler ve problem çıktıları için üyelik fonksiyonları ile bulanık kümeler oluşturulurlar. Bu çalışmada değişken olarak beton karakteristik dayanımı ile şekildeğiştirme ve problem çıktısı olarak beton gerilmesinin beton dayanımına oranı için bulanık kümeler oluşturulmuştur. Bunlar Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4 te gösterilmektedir.



Şekil 2. Beton karakteristik dayanımı için oluşturulan bulanık kümeler



Şekil 3. Şekildeğiştirme için oluşturulan bulanık kümeler



Şekil 4. Gerilme/Karakteristik Dayanım için oluşturulan bulanık kümeler

Bu şekillerden de görülebileceği gibi beton karakteristik dayanımı 0-120 MPa arasında her bir 10 MPa için 13 tane bulanık küme oluşturulmuştur. Beton şekildeğiştirmesi için ise 22 tane sabit bulanık küme oluştururken 1 tane de değişken bulanık küme tanımlanmıştır. Sabit bulanık kümeler 0 ile 0.005 arasında her bir 0.00025 için ve 0.0001 için bir bulanık küme oluşturulmuştur. Değişken küme ise maksimum gerilmeye tekabül eden şekildeğiştirme değeri ϵ_{co} için oluşturulmuştur. Üçgen üyelik fonksiyonu ile oluşturulan bu kümenin ϵ_{co} için üyelik derecesi 1 tanımlanmıştır. Bu fonksiyonun soldan sıfır üyelik derecesinin apsis değeri denklem 1 ile, sağdan sıfır üyelik derecesinin apsis değeri ise denklem 2 ile hesaplanmıştır.

$$X_{sol} = \left\| \frac{\epsilon_{co}}{0.00025} \right\| \epsilon_{co} \quad (1)$$

$$X_{sağ} = \left\| 1 + \frac{\epsilon_{co}}{0.00025} \right\| \epsilon_{co} \quad (2)$$

Bu iki denklemde kullanılan ϵ_{co} ise;

$$\epsilon_{co} = 9.292 \cdot 10^{-6} f_{ck} + 0.00159 \quad (3)$$

denklemini kullanılmıştır.

Gerilme/karakteristik dayanım oranı için ise 0 ile 1 arasında her bir 0,01 lik değer için toplam 101 adet bulanık küme oluşturulmuştur. Beton gerilmesi ve şekildeğiştirmesi için oluşturulan bu bulanık kümelerin, bulanık mantık algoritması içinde işlemlerde kullanılması için Tablo 1 de verilen kural tablosu oluşturulmuştur. Bu tabloda, bulanık gerilme ve şekildeğiştirme

kümelerinin tüm kombinasyonlarının her biri için Gerilme/Karakteristik Dayanım oranlarının hesaplanmasında kullanılacak olan bulanık kümeler verilmektedir.

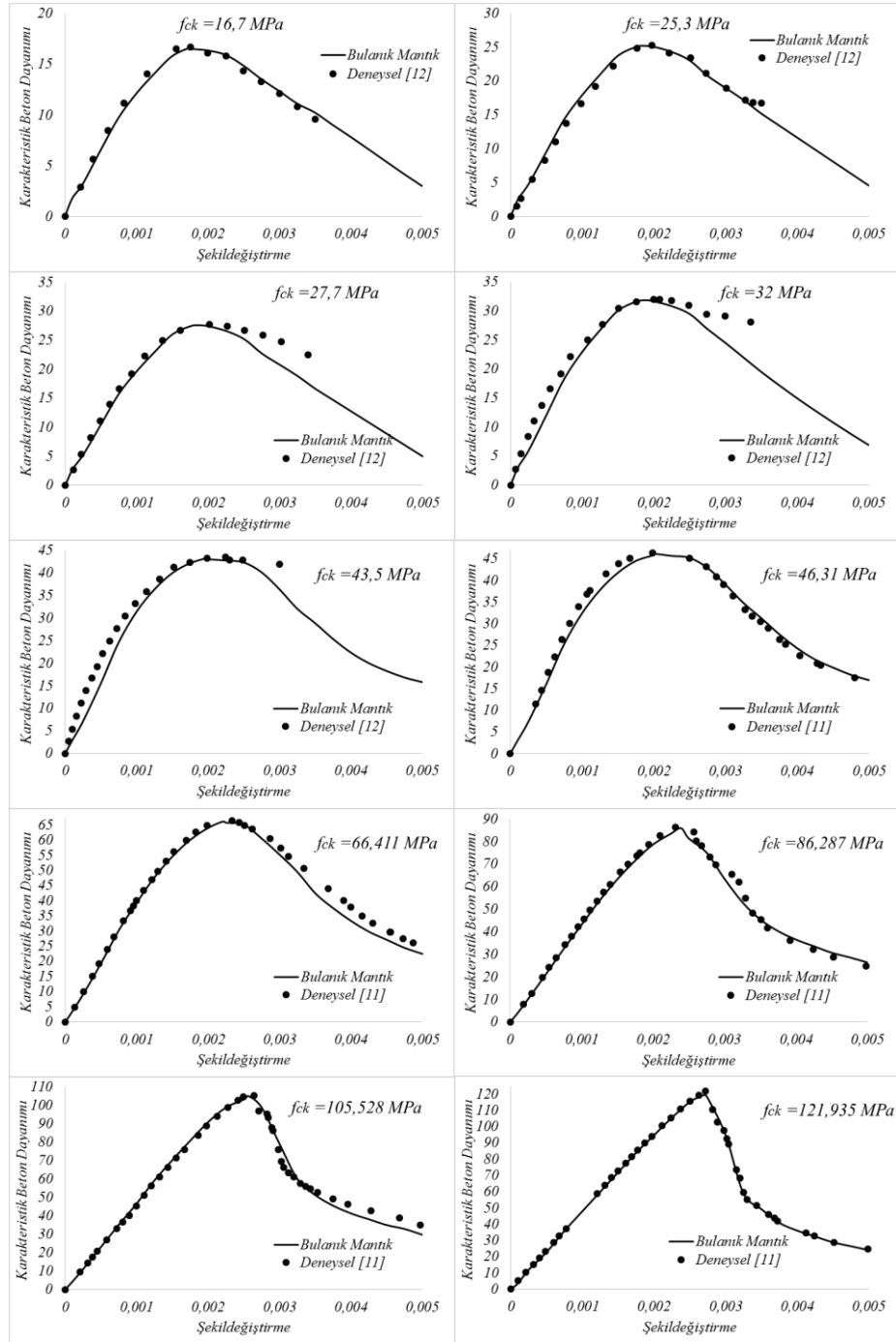
Tablo 1. Kural Tablosu

	<i>G1</i>	<i>G2</i>	<i>G3</i>	<i>G4</i>	<i>G5</i>	<i>G6</i>	<i>G7</i>	<i>G8</i>	<i>G9</i>	<i>G10</i>	<i>G11</i>	<i>G12</i>	<i>G13</i>
<i>S1</i>	<i>R1</i>	<i>R1</i>	<i>R1</i>	<i>R1</i>	<i>R1</i>	<i>R1</i>	<i>R1</i>	<i>R1</i>	<i>R1</i>	<i>R1</i>	<i>R1</i>	<i>R1</i>	<i>R1</i>
<i>S2</i>	<i>R1</i>	<i>R13</i>	<i>R11</i>	<i>R10</i>	<i>R8</i>	<i>R7</i>	<i>R7</i>	<i>R6</i>	<i>R6</i>	<i>R5</i>	<i>R5</i>	<i>R5</i>	<i>R4</i>
<i>S3</i>	<i>R1</i>	<i>R21</i>	<i>R20</i>	<i>R25</i>	<i>R18</i>	<i>R16</i>	<i>R16</i>	<i>R14</i>	<i>R14</i>	<i>R12</i>	<i>R12</i>	<i>R11</i>	<i>R11</i>
<i>S4</i>	<i>R1</i>	<i>R43</i>	<i>R39</i>	<i>R45</i>	<i>R38</i>	<i>R34</i>	<i>R34</i>	<i>R28</i>	<i>R28</i>	<i>R24</i>	<i>R24</i>	<i>R22</i>	<i>R20</i>
<i>S5</i>	<i>R1</i>	<i>R62</i>	<i>R58</i>	<i>R62</i>	<i>R60</i>	<i>R53</i>	<i>R53</i>	<i>R43</i>	<i>R43</i>	<i>R36</i>	<i>R36</i>	<i>R33</i>	<i>R31</i>
<i>S6</i>	<i>R1</i>	<i>R77</i>	<i>R72</i>	<i>R75</i>	<i>R76</i>	<i>R68</i>	<i>R68</i>	<i>R56</i>	<i>R56</i>	<i>R48</i>	<i>R48</i>	<i>R43</i>	<i>R41</i>
<i>S7</i>	<i>R1</i>	<i>R88</i>	<i>R84</i>	<i>R86</i>	<i>R87</i>	<i>R80</i>	<i>R80</i>	<i>R69</i>	<i>R69</i>	<i>R60</i>	<i>R60</i>	<i>R55</i>	<i>R51</i>
<i>S8</i>	<i>R1</i>	<i>R97</i>	<i>R95</i>	<i>R94</i>	<i>R95</i>	<i>R89</i>	<i>R89</i>	<i>R80</i>	<i>R80</i>	<i>R71</i>	<i>R71</i>	<i>R65</i>	<i>R61</i>
<i>S9</i>	<i>R1</i>	<i>R100</i>	<i>R100</i>	<i>R98</i>	<i>R99</i>	<i>R96</i>	<i>R96</i>	<i>R89</i>	<i>R89</i>	<i>R81</i>	<i>R81</i>	<i>R75</i>	<i>R71</i>
<i>S10</i>	<i>R1</i>	<i>R97</i>	<i>R100</i>	<i>R100</i>	<i>R100</i>	<i>R100</i>	<i>R100</i>	<i>R96</i>	<i>R96</i>	<i>R90</i>	<i>R90</i>	<i>R85</i>	<i>R80</i>
<i>S11</i>	<i>R1</i>	<i>R95</i>	<i>R97</i>	<i>R99</i>	<i>R99</i>	<i>R100</i>	<i>R100</i>	<i>R100</i>	<i>R99</i>	<i>R97</i>	<i>R97</i>	<i>R93</i>	<i>R89</i>
<i>S12</i>	<i>R1</i>	<i>R86</i>	<i>R92</i>	<i>R97</i>	<i>R98</i>	<i>R99</i>	<i>R99</i>	<i>R99</i>	<i>R91</i>	<i>R98</i>	<i>R100</i>	<i>R98</i>	<i>R97</i>
<i>S13</i>	<i>R1</i>	<i>R80</i>	<i>R83</i>	<i>R90</i>	<i>R93</i>	<i>R94</i>	<i>R94</i>	<i>R91</i>	<i>R83</i>	<i>R91</i>	<i>R91</i>	<i>R98</i>	<i>R99</i>
<i>S14</i>	<i>R1</i>	<i>R73</i>	<i>R76</i>	<i>R81</i>	<i>R84</i>	<i>R86</i>	<i>R86</i>	<i>R83</i>	<i>R74</i>	<i>R75</i>	<i>R75</i>	<i>R77</i>	<i>R80</i>
<i>S15</i>	<i>R1</i>	<i>R65</i>	<i>R69</i>	<i>R72</i>	<i>R73</i>	<i>R78</i>	<i>R78</i>	<i>R74</i>	<i>R62</i>	<i>R63</i>	<i>R63</i>	<i>R54</i>	<i>R50</i>
<i>S16</i>	<i>R1</i>	<i>R65</i>	<i>R61</i>	<i>R64</i>	<i>R66</i>	<i>R70</i>	<i>R70</i>	<i>R62</i>	<i>R55</i>	<i>R53</i>	<i>R53</i>	<i>R47</i>	<i>R42</i>
<i>S17</i>	<i>R1</i>	<i>R57</i>	<i>R54</i>	<i>R57</i>	<i>R58</i>	<i>R62</i>	<i>R62</i>	<i>R55</i>	<i>R49</i>	<i>R47</i>	<i>R47</i>	<i>R42</i>	<i>R35</i>
<i>S18</i>	<i>R1</i>	<i>R50</i>	<i>R47</i>	<i>R49</i>	<i>R51</i>	<i>R55</i>	<i>R55</i>	<i>R49</i>	<i>R44</i>	<i>R43</i>	<i>R43</i>	<i>R38</i>	<i>R31</i>
<i>S19</i>	<i>R1</i>	<i>R42</i>	<i>R40</i>	<i>R44</i>	<i>R46</i>	<i>R49</i>	<i>R49</i>	<i>R44</i>	<i>R40</i>	<i>R40</i>	<i>R40</i>	<i>R35</i>	<i>R28</i>
<i>S20</i>	<i>R1</i>	<i>R34</i>	<i>R33</i>	<i>R39</i>	<i>R42</i>	<i>R45</i>	<i>R45</i>	<i>R40</i>	<i>R36</i>	<i>R37</i>	<i>R37</i>	<i>R32</i>	<i>R25</i>
<i>S21</i>	<i>R1</i>	<i>R26</i>	<i>R26</i>	<i>R35</i>	<i>R39</i>	<i>R41</i>	<i>R41</i>	<i>R36</i>	<i>R33</i>	<i>R35</i>	<i>R35</i>	<i>R30</i>	<i>R23</i>
<i>S22</i>	<i>R1</i>	<i>R19</i>	<i>R19</i>	<i>R31</i>	<i>R37</i>	<i>R38</i>	<i>R38</i>	<i>R33</i>	<i>R31</i>	<i>R32</i>	<i>R32</i>	<i>R27</i>	<i>R21</i>
<i>S_{eco}</i>	<i>R1</i>	<i>R101</i>	<i>R101</i>	<i>R101</i>	<i>R101</i>	<i>R101</i>	<i>R101</i>	<i>R101</i>	<i>R101</i>	<i>R101</i>	<i>R101</i>	<i>R101</i>	<i>R101</i>

Tüm bulanık mantık hesaplamaları için Visual Basic programlama dilinde bir bilgisayar programı yazılmıştır. Bu program, probleme ait tüm değişkenlerin üyelikleri için daha önceden hazırlanmış data dosyalarını kullanarak bulanık mantık algoritmasıyla sonuçlar üretmektedir. Bu çalışmada tüm değişkenler için üçgen üyelikler kullanılmıştır. Program, ürettiği çıktıları bir dosyada saklamak üzere yazılmıştır. Program tarafından üretilen sonuçlar berraklaştırılmış veya başka bir deyişle durulaştırma işleminden sonra elde edilen net sonuçlardır. Program 7 farklı durulaştırışı için hesap yapabilmektedir.

4. BULGULAR VE İRDELEME

Bu çalışmada beton gerilme şekil değiştirme grafiklerinin tahmini için oluşturulan bulanık mantık modelinin geçerliliğinin ortaya konulması için literatürden Wee ve diğerleri ve Anis tarafından gerçekleştirilmiş çalışmalarda [11,12] verilen deneysel beton gerilme şekil değiştirme eğrileri kullanılmıştır. Deneysel bu eğriler ile bu çalışmada oluşturulan bulanık mantık modeli ile elde edilen eğriler karşılaştırmalı olarak Şekil 5 de verilmektedir.



Şekil 5. Deneyselden ve Bulanık Mantık Hesaplamalarından elde edilen gerilme-Şekildeğiştirme Eğrileri

Bu şekilden anlaşılacağı üzere, bu çalışma kapsamında normal ve yüksek dayanımlı betonların gerilme-şekildeğiştirme eğrilerini tahmini olarak belirleyebilmek için bulanık mantık ile geliştirilmiş model deneysel sonuçlara oldukça yakın değerler üretmiştir. $f_{ck}=27,7 MPa$ ve $f_{ck}=32 MPa$ için grafiğin azalan kısmında bir farklılık ortaya çıkmıştır. Aslında bu durum farklı deneysel çalışmalar arasındaki farklılığın sonucudur. Bu çalışmada oluşturulan bulanık mantık modeli bu iki deneysel çalışma gözlemlenerek oluşturulmuştur. Yaklaşık olarak $f_{ck}=27-45 MPa$ arasındaki dayanım düzeyleri için bu iki çalışmanın ortalaması dikkate alındığından geliştirilen bulanık mantık modelinin her iki çalışmanın deneysel sonuçlarına tam uygun olarak sonuçların elde edilmesi beklenilmemelidir. Beklenilmesi de anlamsız olacaktır. Diğer taraftan

tüm grafiklerde gerilmenin artış gösterdiği sol tarafta sonuçlar deneysel veriler ile oldukça uyumludur. Buda bu çalışmada oluşturulan modelin geçerliliğın ortaya koymaktadır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada normal ve yüksek dayanımlı beton ayırımı yapmadan, bulanık mantık algoritması ile bir model oluşturulmaya çalışılmıştır. Oluşturulan bulanık modelin bulanık üyelik kümeleri ve kural tablosu açıkça verilmiştir. Bu bulanık üyeler ve bulanık kurallar ile oluşturulan modelin deneysel sonuçlara gerçekten çok yakın değerler ürettiği görülmüştür.

Bu çalışmada temel olarak 2 farklı deneysel çalışmanın deney dataları dikkate alınarak oluşturulan bulanık modelin geçerliliği ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu nedenle geliştirilen bulanık mantık modelinin daha fazla deneysel veri ile test edilmesi ile oluşturulan modelin iyi veya eksik yanları daha iyi ortaya çıkacaktır. Bu vasıta ile modelin iyileştirilmesi kural tabanında yapılacak değişikliklerle mümkün olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- [1] Hognestad E. A study of combined bending and axial load in reinforced concrete elements. Bull. Ser. No. 399. Champaign (IL): University of Illinois, Engineering Experimental Station; 1951.
- [2] Carreira DJ, Chu KH. Stress–strain relationship for plain concrete in compression. ACI J 1985;83(6):797–804.
- [3] CEB high performance concrete. Bull. D’information No. 228. Lausanne; 1995. 46p.
- [4] J. B. Mander, M. J. N. Priestley, and R. Park, “Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete,” Journal of Structural Engineering-ASCE, Vol. 114, No. 8, August 1988, p.p.1804-1825
- [5] Saatcioglu, M., Razvi, S.R., “Strength and Ductility of Confined Concrete”, Journal of Structural Engineering-ASCE, v.118, ST6, June 1992, p.p. 1590-160.
- [7] Altaş, İ.H., Bulanık Mantık : Bulanıklılık Kavramı, Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, Temmuz 1999, Sayı 62, Sayfalar:80-85, Bilesim yayıncılık A.Ş., İstanbul
- [8]- L.A. Zadeh, "Fuzzy sets", Information and Control 8, 338-353, 1965.
- [9] E.H. Mamdani, "Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant", Proc. Iee, Vol.121, No.12, 1585-1588, December 1974, pp.
- [10] Bulanık Mantık : Bulanık Denetim, Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, Eylül 1999, Sayı 64, Sayfalar:76-81, Bilesim Yayıncılık A.Ş., İstanbul
- [11] Wee TH, Chin MS, Mansur MA. Stress–strain relationship of high-strength concrete in compression. J Mater Civ Eng ASCE 1996;8(2):70–6.
- [12] Anis, M.A, Farid, B.J, Al-Janabi, A.J.M, Stress-Strain Relationship for Concrete in Compression Madel of Local Materials, JKAU: Eng. Sci., Vol. 2, pp. 183-194 (1410 A.H. 11990 A.D.)

BİR UZABULUM (TELEPRESENCE) ROBOTUN TASARIMI VE GERÇEKLENMESİ

Tuğrul ÇAVDAR^a, Şeyma AYMAZ^b

^aKaradeniz Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Trabzon, ulduz@ktu.edu.tr

^bKaradeniz Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Trabzon, seymademir@ktu.edu.tr

Uzabulumum (telepresence) robotlar, kullanıcılarının uzaktaki insanlarla karşılıklı iletişimini kolaylaştırmak ve uzak yerleri sanal olarak gezabilmelerine imkan sunmaktadır. Çalışmamızda uzaktan kontrol edilebilen, eşzamanlı karşılıklı görüntü transferi sağlayan uzabulumum robot geliştirilmiştir. Uzabulumum robot, internete bağlı herhangi bir bilgisayar tarafından uzaktan kontrol edilmektedir. Aynı zamanda robot manipulatörü üzerinde internet bağlantısı olan bir bilgisayar bulunmaktadır. Uzakta bulunan bilgisayara daha önceden kurulu olan arayüz, soket haberleşme yöntemi ile robot manipulatörü üzerindeki bilgisayara erişmektedir. Kullanıcı, robot manipulatörü üzerindeki bilgisayarın kamerası sayesinde uzak ortamı görebilmektedir. Kullanıcı gözlemlerine bağlı olarak robotu arayüz programı sayesinde istediği yöne yönlendirebilmektedir. Robotun sağ, sol, ön ve arka kısmında dört adet ultrasonik mesafe sensörü bulunmaktadır. Sensörler yardımıyla robotun engelle arasındaki mesafe bilgisi ölçülmekte ve santimetre (cm) cinsinden arayüzde gösterilmektedir. Belirlenen kritik mesafeye ulaşılması durumunda, motorun o yöne hareketi engellenmektedir. Mesafe bilgileri ve motor hareketleri Arduino kart sayesinde gerçekleşmektedir. Arduino kart ile robot manipulatörü üzerindeki bilgisayar USB Port ile haberleşmektedir. Arayüz tasarımı, Visual Studio programında C# programlama dili kullanılarak yapılmıştır. Çalışmamızda yapılan uzabulumum robotun engel algılaması, kullanıcı kolaylığı, uygun maliyetli olması gibi avantajları bulunmaktadır. Yapılan uzabulumum robot, yöneticilerin ofislerinde bulunmadığı zamanlarda çalışanlarını uzaktan yönlendirebilmeleri, eğitim kurumlarında öğretmenlerin uzaktan eğitim verilebilmeleri, sağlık kurumlarında branşında uzmanlaşmış uzaktaki doktorların hastalarını yüz yüze tedavi edebilmeleri için ve benzer örneklerde kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Uzabulumum robot, Arduino, soket

Abstract

Telepresence robots enable their users ease mutual communication with remote people and virtually visit remote places. In our study, telepresence robot was developed remotely controlled and concurrent mutually transfer image. The telepresence robot is controlled remotely from any computer connected to the internet. At the same time, there is a computer that has internet connection on the robot's manipulator. Interface that has been established previously the remote computer enter the computer on the robot's manipulator with socket communication method. The user can see the remote environment through the computer on the robot's manipulator. Based on user observation, the robot is directed in the direction user wanted through interface program. The robot has four ultrasonic distance sensors, they are located the robot's right, left, front and back. The distance information between the robot and obstacle is measured by the sensors and is shown in interface as centimeter (cm). When the robot reaches the specified

critical distance, the motor is prevented from moving in that direction. Distance informations and motor movements are performed thanks to the Arduino board. The computer on the robot's manipulator and Arduino board communicates with a USB port. Interface design is done via Visual Studio program using C# programming language. In our study, the telepresence robot has the advantage of obstacle detection, ease of use, cost-effective. The telepresence robot can be used in circumstances such as: administrators can direct their employees remotely when they are not in their offices, teachers can give distance education in educational institutions, specialized doctors far away can treat their patients face to face in health institutions, etc...

Keywords: *Telepresence robot, Arduino, socket*

1.GİRİŞ

Her geçen gün nüfusu artan ülkemizde, halka yaygın ve eşit sağlık hizmeti sunabilmek büyük önem taşımaktadır. Bundan dolayı ülkemizde yeni ve modern hastaneler yapılmakta ve hastaların çağa uygun sağlık hizmetlerinden yararlanmaları sağlanmaktadır. Ancak Türkiye'deki hekim sayısındaki yetersizlik sağlık hizmetlerinin istenilen verimlilik ve kalitede gerçekleştirilmesinin en önemli engellerinden biridir. Diğer ülkelere bakıldığında uzabulunum robotların bu engelleri kaldırdığını görülmektedir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki mesafe ve imkansızlıklardan dolayı doktora gidememiş Afrika'nın Gabon köyündeki hastalar, mobil bir uzabulunum robot sayesinde Harvard Üniversitesi doktorlarından sağlık hizmeti alabilmişlerdir. Bu süreçte kullanılan donanımlar uzabulunum robot, mobil internet ve gönüllü bir pratisyen hekim ile sınırlandırılmıştır. Uzabulunum robot hastayı mesafeler ne kadar uzak olursa olsun, alanında uzman bir hekim ile buluşturup soruna çözüm bulabilmektedir [1]. Bu türden uygulamaların ülkemizde de hayata geçirilebilmesi ile nitelikli hasta-doktor etkileşimleri sağlanabilecektir.

Tıp biliminin ilerlemesi daha spesifik konularla ilgilenen grupların oluşmasına neden olmakta ve bu durum da gerek bu kişilerin sayısında yetersizliğe gerekse bu kişilere erişimi gittikçe zorlaştırmaktadır. Günümüz şartları ve mevcut imkanlar dikkate alındığında bu noktada izlenebilecek çözüm yollarından birisi merkezi hastanelerde yetişmiş insan gücünün diğer perifer hastanelerde kısmi zamanlı görevlendirilmesidir. Ancak bu durum beraberinde farklı sorunları getirmekte ve benzer sorunlara hemen her ülkede rastlanmaktadır. Örneğin erken doğum oranı dünya genelinde hızla artarken beraberinde ortaya çıkan bebek rahatsızlıklarına müdahale edebilecek uzmanlar yalnızca belli merkezlerde hizmet verebilmektedirler. Bu uzman hekimlere ulaşılabilmesi durumunda büyük oranda ölümle sonuçlanan rahatsızlıklar tespit edilememektedir. Bahsi geçen merkezlerden biri olan Boston Çocuk Hastanesinde belirtilen türden sorunların çözümü için uzabulunum robotlar kullanılmıştır. Farklı hastanelerde erken doğum gelişmesi halinde erken doğan bebek, bir sağlık personeli ve uzabulunum robot eşliğinde ambulansa transfer edilmekte ve alanında uzman hekimlerin direktifleri doğrultusunda hastanın merkeze sağlıklı biçimde ulaştırılması sağlanmaktadır. Bu sayede transferdeki gecikme ve transferi sağlayan sağlık personelinin yetersiz bilgisinden kaynaklanan kayıpların önüne geçilmektedir [2].

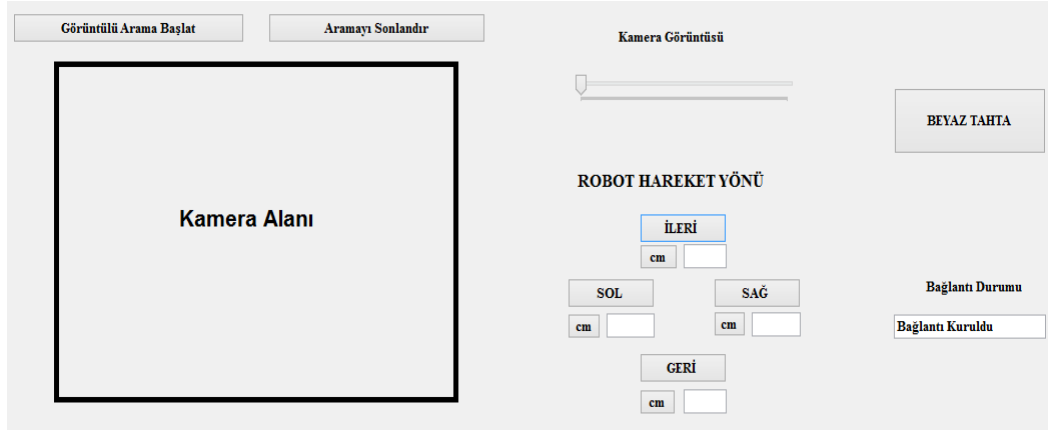
Literatürdeki farklı çalışmalarda uzabulunum robot üzerine yerleştirilen çift taraflı görüntü aktarımı yapan kamera kullanımının hastayı hekimiyle yüz yüze görüşüymüş hissi uyandırdığı ve bu sürecin hasta-hekim arasında oluşan güven duygusunu artırdığına vurgu yapılmıştır [3, 4]. Bu süreçte tespit edilen bir diğer bulgu ise hastaların insansı bazı özellikler içeren uzabulunum robotlar ile farklı biçimlerde muhatap olduklarında morallerinin yükseldiği ve daha az agresif davrandıkları yönündedir [4, 5]. Evde bakım hizmetlerinde ve rehabilitasyon hizmetlerinde de kullanılan uzabulunum robotlarının bu süreçte etkin biçimde kullanılabilirdiği, orta düzeyde bilişsel problemi olan yaşlı hastaların evde kendi kendini idame edebilme sürelerinin uzadığı, aile fertlerine hasta bakım hizmetleri konusunda yardımcı olduğu tespit edilmiş, çalışma sonucunda herhangi bir yan etkiye rastlanmamıştır [6, 7]. Bu sonuçlar uzabulunum robotun hastane ortamında çeşitli birimlerde de rahatlıkla kullanılabilirdiği görüşünü desteklemektedir. Tüm bu katkılarına ek olarak uzabulunum robotların kullanıldığı çalışmalarda hastane maliyetlerinin azaldığı, yatak kapasitesinin efektif kullanıldığı, yanlış teşhis ve alanında uzman hekim eksikliğinden kaynaklanan olumsuzlukların azaldığı, hastanın uzman hekimle buluşma süresinin kısaldığı, kaliteyi ve hasta memnuniyetini artırdığı, yan etkiye sebep olmadığı ve zaman kaybının en aza indiği vurgulanmaktadır [3, 4, 8]. Hastane ve ev ortamında rahatlıkla kullanılabilen uzabulunum robot ofislerde de etkin şekilde kullanılmaktadır. Şirket yöneticileri, uzakta bulunan şirketlerle işbirliği yapabilmek için gerekli olan sunum ve eğitim seminerleri gibi aktiviteleri uzabulunum robot kullanarak yapabilirler. Aynı zamanda ofiste bulunmadığı zamanlarda da çalışanlarını denetlemek isteyebilirler [9].

Uzabulunum robot uygulamasının gerçekçi veriler sağladığı, ara personele ihtiyacı azalttığı, kullanıcıları için zamanın etkili kullanıldığı ve uygulamanın memnuniyet verici olduğu görülmüştür. Ortaya çıkan tüm bu veriler ışığında tasarlanan uzabulunum robotun görüntü ve veri aktarımını sağlaması, kullanımı kolay arayüz tasarımı içermesi, sensörler yardımıyla hareketinin özgürleştirilmesi hedeflenmiştir.

Bildirinin 1. bölümünde kullanım kolaylığı sağlayan arayüz hakkında bilgi verilmiştir. Uzabulunum robotun fiziksel özellikleri ve içerdiği elemanlar bölüm 2' de anlatılmıştır. Bölüm 3' te terminal ve robot arasındaki görüntü ve veri aktarımı sunulurken, bölüm 4'te robotun gezinimi hakkında bilgi sunulmuştur. Son olarak 5. bölümde sonuçlardan bahsedilmiştir.

2.UZAKTAN DENETİM ARAYÜZÜ

Çalışmamızda tasarlanan uzabulunum robotun, internete bağlı herhangi bir bilgisayar tarafından uzaktan kontrol edilebilmesi planlanmıştır. Uzakta bulunan kullanıcının, robot manipulatörünü (gövdesini) denetleyebilmesi için kameraya sahip bir bilgisayara ihtiyacı vardır. Robot manipulatörü üzerindeki bilgisayar ise kullanıcının, klavye ve fare yardımıyla denetleyebileceği şekilde cihaz yazılımlarını gerçekleştirmektedir. Kullanıcı, robot manipulatörü üzerindeki bilgisayar kamerası sayesinde uzak ortamı görebilecek ve robotu istediği yöne hareket ettirecektir.

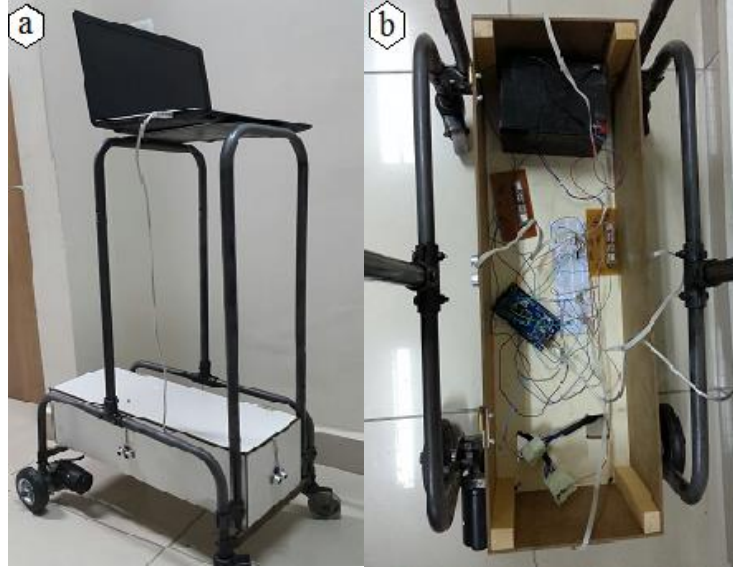


Şekil 1. Kullanıcı tarafındaki terminal bilgisayarda bulunan arayüz.

Kullanıcının bulunduğu bilgisayara daha önceden kurulu olan Şekil 1'deki arayüz, soket haberleşme tekniği ile robot manipulatörü üzerindeki bilgisayara erişecektir. Terminal tarafındaki arayüzde (kullanıcı bilgisayarı) kamera/beyaztahta alanı, motor hareketi için butonlar, mesafe algılayıcı bilgileri, yakınlaştırma/uzaklaştırma seçeneği ve soket bağlantı durumu bulunmaktadır. Kullanıcı, robot üzerindeki kamera sayesinde uzak ortamı görebilmekte ve robotu yönlendirmektedir. Motor hareketi butonları kullanıcının robotu elle kumanda etmesini sağlamaktadır. Mesafe algılayıcılarıyla robotun herhangi bir engele çarpması önlenmiştir. Sağ, sol, ön ve arka kısımda bulunan ultrasonik mesafe sensörlerinin engelle arasındaki mesafe bilgisi cm cinsinden arayüzde gösterilmektedir. Belirlenen kritik mesafeye ulaşılması durumunda, o yöne ait motor hareketi engellenmektedir. Yakınlaştırma/uzaklaştırma seçeneğiyle robot üzerindeki kameranın odağı ayarlanacaktır. Beyaztahta butonu ile not defteri uygulaması aktif olmakta ve kullanıcının gerek duyduğu notları yazması sağlanmıştır. Bağlantı durumu ise robot manipulatörü üzerindeki bilgisayar ile gerçekleştirilen soket haberleşme yönteminin durumunu göstermektedir. Arayüz tasarımı, Visual Studio programında C# programlama dili kullanılarak yapılmıştır.

3.ROBOT ANATOMİSİ

Tasarlanan uzabulunum robotun dıştan görünüşü Şekil 2.a' da verilmiştir. Robot gövdesi ortalama bir insan boyundadır. Robot manipulatörü üzerindeki bilgisayar, robotun merkezi işlem birimidir. Tüm haberleşme ve görüntü işleme yazılımları bu bilgisayarda çalışmaktadır. Arduino geliştirme kartı, akü, motor sürücü devreleri ve gerekli diğer elektronik devreler robotun taban kısmında kapalı bir alanda tutulmaktadır. Uzabulunum robot için gerekli devre elemanlarının bulunduğu, robot manipulatörü tabanındaki, kapalı alan Şekil 2.b' de verilmiştir. Ayrıca manipulatörün tabanında ultrasonik mesafe sensörleri, motorlar ve tekerlekler bulunmaktadır. İki adet önde ve iki adet arkada olmak üzere dört adet tekerlek bulunmaktadır. Öndeki tekerlekler robotun dengede kalması için kullanılmıştır. Arkadaki tekerlekler, iki adet motor ve iki adet motor sürücü devre ile kontrol edilmiştir. Motor sürücü devreler çift yönlü çalışmaktadır. Motor sürücü devreler ve ultrasonik mesafe sensörleri Arduino geliştirme kartının sağladığı USB desteğiyle manipulatör üzerindeki bilgisayara bağlanmıştır. Robotun güç kaynağı aküdür. Akü ağırlığı sebebiyle, robotun dengesine katkıda bulunması için tabanda bulunmaktadır.



Şekil 2. a) Tasarlanan uzabulum robot b) Robot manipulatörünün tabanı.

4. TERMİNAL VE ROBOT ARASINDA GÖRÜNTÜ VE VERİ AKTARIMI

Robot manipulatörü üzerindeki bilgisayar ile terminaldeki bilgisayar arasında iki yönlü görüntü aktarımı sağlanabilmektedir, yani her iki taraf da birbirini görebilmektedir. Bilgisayar, robotun en üst bölümü manipulatörün kafasına yerleştirilmiştir. Böylece kullanıcı karşı tarafta iletişim kurabileceği insanları daha rahat görebilecektir. Terminaldeki kullanıcı görüntüde istediği noktayı yakalayabilmek için yakınlaştırma/uzaklaştırma seçeneğini kullanabilir.

Robot bünyesinde bulunan ultrasonik mesafe sensörlerinden gelen veriler Arduino geliştirme kartı sayesinde USB port üzerinden robotun baş kısmında bulunan bilgisayara gönderilecektir. Sensörler yardımıyla robotun engelle arasındaki mesafe bilgisi ölçülmekte ve santimetre (cm) cinsinden arayüzde gösterilmektedir. Belirlenen kritik mesafeye ulaşılması durumunda, motorun o yöne hareketi engellenmektedir.

5. GEZİNİM

Manipulatör üzerine yerleştirilen ultrasonik sensörler yardımıyla, gezinirken insanlara veya duvarlara çarpmaması sağlanmıştır. Robotun önünde, arkasında, sağında ve solunda olmak üzere dört adet ultrasonik mesafe sensörü bulunmaktadır. Robot manipulatörü üzerindeki bilgisayar sensörlerden gelen verileri Arduino geliştirme kartı ile okumaktadır. Robot manipulatörü üzerinde yer alan bilgisayardaki yazılım, gövdenin insana benzer manevralar yapabilmesini sağlayacak şekilde tekerleklerin motor denetimini yapmaktadır. Gövdenin konum kontrolü, terminaldeki kullanıcı tarafından ayarlanabilmektedir. Robotun tabanında dört adet tekerlek yer almaktadır. Arka iki tekerlek, iki adet sonsuz dişli redüktörlü dc motor tarafından sürülmektedir. Sol ve sağ arkada bulunan dc motorlar, robotun sağ, sol, ileri ve geri hareketlerini sağlamaktadır. Bu motorların sürücülere robot manipulatörü üzerinde bulunan bilgisayar tarafından kumanda edilmektedir. Bilgisayar ile kumanda edebilmek için kolay kullanılabilir, esnek bir donanım/yazılım mimarisine sahip, açık kaynaklı elektronik geliştirme kartı olan Arduino Mega ile çalışılmıştır. Ön iki tekerlek ise pasif, her yöne dönebilen (büro sandalyesi tekeri gibi)

şekildedir ve robotun dengede durmasını sağlama işlevini üstlenmiştir. Motor sürücü devreler, Arduino Mega kart ve gerekli diğer elektronik devreler, robotun taban kısmında kapalı bir alanda tutulmaktadır. Böylece hem devrelerin zarar görmeleri engellenmiş olmakta hem de daha estetik bir görüntü oluşmaktadır.

6.SONUÇLAR

Robot manipulatörü üzerinde bilgisayar, robot manipulatörünün tabanında ise tekerlekler, motorlar, motor sürücü devreleri, Arduino geliştirme kartı, ultrasonik mesafe sensörleri ve akü bulunmaktadır. Gerçekleştirilmiş uzabulunum robot Şekil 2.a' da verilmiştir. Çalışmamızda yapılan uzabulunum robotun engel algılaması, kullanım kolaylığı sağlayan arayüz içermesi, uygun maliyetli olması gibi avantajları bulunmaktadır. Yapılan uzabulunum robot, yöneticilerin ofislerinde bulunmadığı zamanlarda çalışanlarını uzaktan yönlendirebilmeleri, eğitim kurumlarında öğretmenlerin uzaktan eğitim verilebilmeleri, sağlık kurumlarında branşında uzmanlaşmış uzaktaki doktorların hastalarını yüz yüze tedavi edebilmeleri için ve benzer örneklerde kullanılabilir.

7.KAYNAKLAR

- [1] https://vsee.com/blog/vsee-telemedicine-kit-in-africa/?utm_source=VSee+Monthly+Newsletter&utm_campaign=81854bd45c-July_Newsletter_Active_7_28_2013&utm_medium=email&utm_term=0_debaf02f21-81854bd45c-306987441&ct=tJuly_Newsletter_Nobel_7_28_2013 (Erişim tarihi: 01.09.2015)
- [2] <http://video.mit.edu/watch/neonatal-care-through-mobile-medical-telepresence-12086/>(Erişimtarihi:27.08.2015)
- [3] Sucher J.F., Todd S.R., Jones S.L., Throckmorton T., Turner K. L., Moore F.A., Robotic Telepresence: A Helpful Adjunct That Is Viewed Favorably By Critically Ill Surgical Patients, The American Journal of Surgery, 202, 843-847, (2011).
- [4] Tsui KM, Norton A, Brooks DJ, McCann E, Medvedev MS, Yanco HA, Design and Development of Two Generations of Semi-Autonomous Social Telepresence Robots, UMass Lowell Robotics Lab, 2013
- [5] Evrard P, Mansard N, Stasse, O, Kheddar A, Schauss, T, Weber C, Peer A, Buss M, "Intercontinental, multimodal, wide-range tele-cooperation using a humanoid robot", Intelligent Robots and Systems, 2009. IROS 2009. IEEE/RSJ International Conference, 5635 – 5640
- [6] Tiberio, L., Cesta, A., Cortellessa, G., Padua, L., Pellegrino, A.R., Assessing affective response of older users to a telepresence robot using a combination of psychophysiological measures, The 21st IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Paris- Fransa, (2012) pp: 833-8.
- [7] Boissy, P., Corriveau, H., Michaud, F., Labonte, D., and Royer, M.-P. 2006. A qualitative study of in-home robotic telepresence for home care of community-living elderly subjects. Journal of Telemedicine and Telecare.
- [8] Gandsas A, Parekh M, Bleech MM, Tong DA, Robotic Telepresence: Profit Analysis in Reducing Length of Stay after Laparoscopic Gastric Bypass, Journal of the American College of Surgeons,2007;205(1):72-77
- [9] <http://www.extremetech.com/extreme/157602-irobot-ava-500-the-first-ever-self-driving-telepresence-robot> (Erişim tarihi: 27.08.2015)

FARKLI TİP KANATÇIKLARA SAHİP ÇAPRAZ AKIŞLI (HRV) ISI DEĞİŞTİRİCİSİNDE İKİNCİ KANUN ANALİZİ

İsak KOTÇİOĞLU, Mansour Nasiri KHALAJİ, Alperen Buğra ÇOLAK,
Mohammed ALLAHYARİ

Bu çalışmada dikdörtgen kesitli kanal içerisine yerleştirilen farklı kanatçıklı ve çapraz akışlı (Heat Recovery Ventilation) ısı değiştiricisine ait ısı transferi ve akışla ilgili ikinci kanun analizi yapılmıştır. Çalışma akışkanı olarak hava-su çifti kullanılmıştır. Farklı hava giriş sıcaklığı ve soğuk su kütleli debisi için enerji verimi, tersinmezlik ve ekserji verimi değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen veriler grafiklerle gösterilmiş ve değerlendirilmiştir. Entropi üretim metoduna göre sistemin performansı ile ilgili dizayn parametreleri ve kanat geometrisinin optimizasyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Mevcut sisteme ait optimizasyon modeli entropi üretim minimizasyon (EGM) yöntemine göre geliştirilmiştir. Bu yöntemle tersinir bir sistemin termodinamik yasalara göre yapabileceği maksimum iş yani exerjisi belirlenir. Nusselt sayısı ve Colburn faktörü gibi ısı transferi büyüklükleri hesaplanmıştır. Her bir kanat geometrisine ait ısı transfer artış faktörü (Nu/Nu_0) ile ilgili korelasyonlar elde edildi. Yine her bir kanat modeli için ısı performans faktörü (η), etkinlik (ϵ) ve ϕ_0 nin çeşitli değerleri için entropi analizi yapılarak entropi üretim sayıları (N) Termodinamiğin II. Kanununa göre analizleri yapılarak belirlenmiştir. Akış hızı arttırılarak ısı transfer miktarı artarken ısı transferi ile ilgili tersinmezlikler azaldığı belirlenmiştir. Deneysel sonuçları Reynolds sayısının büyük değerleri için düzensizliklerin iyileştirilebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yönlendirici kanatçıklar, çapraz akışlı ısı değiştiricisi, (ϵ) –NTU, Entropi üretimi, Enerji, Ekserji

SECOND LAW ANALYSIS IN A CROSS-FLOW (HRV) HEAT EXCHANGER WITH DIFFERENT TYPE FINS

In this study a second law analysis of a cross-flow heat exchanger (HRV) is studied in the presence of a balance between the entropy generation due to heat transfer and fluid friction. As working fluid, air-water pair is used. Energy efficiency, irreversibility and exergy efficiency are calculated for different temperatures of hot air which is input and cold water's mass flow rate. Obtained results are shown by graphics and evaluated. Optimization of design parameters and winglet geometry concerned with the performance of the system were determined by the entropy production methods. The optimization model of existing system was developed on the basis of the entropy generation minimization (EGM). According to this method, maximum work which is exergy can be determined which is based on thermodynamic laws of system which is reversible. Heat transfer indicators such as Nusselt number and Colburn factor were calculated. Correlations about heat transfer increasement factor (Nu/Nu_0) which is relative to each winglet geometry are obtained. Also for each wing model which made entropy analysis thermal performance factor (η), efficiency (ϵ) and of ϕ_0 for various values the entropy production numbers (N) have been determined by II. law analyzes. It was found that increasing the cross-flow fluid velocity enhances the heat transfer rate and reduces the heat transfer's

irreversibility. The experimental results demonstrate that the winglets are potential candidate procedure to improve the disorderly mixing in channel flows of the cross-flow type HRV for large values of the Reynolds number.

Keywords: Vortex generators, Cross-flow heat exchanger, (ϵ) -NTU, Entropy generation, Energy, Exergy

GİRİŞ

Enerji, yeryüzündeki sınırlı kaynakları ve farklı biçimlere dönüştürülmesindeki güçlüklerin yanı sıra verimli kullanımıyla ilgili problemlerden dolayı, günümüzde teknolojik ilerlemenin en temel ve etkili bileşenlerinden birisidir. Bu nedenle ısı sistemlerin yaygın olarak kullanıldığı yerlerde enerji dönüşümü ve aktarımının yapıldığı ısı sistemlerin tasarımı, enerjinin verimli kullanımı önem taşımaktadır.

Isıtma ve soğutma ile ilgili termal sistemler çok sayıda teknik bileşenlerin bir araya getirilmesi ile oluşmaktadır. Bu tür sistemlerde en önemli bileşen ısı geçişi sağlayan elemana *ısı değiştirici* adı verilmektedir. Bu nedenle, mühendislik uygulamalarında ısı geçişi sağlayan ısı değiştiricisi tasarımı ve performans ile ilgili olarak enerjinin verimli bir şekilde kullanımı önemlidir. Genel olarak, bir sistemin ısı analizi yapılırken sisteme ait enerji dengesinin belirlenmesi ve bir sistemin verimliliğinin değerlendirilmesi için termodinamiğin birinci yasasına göre inceleyerek karar vermek gerekir. Çünkü bir sistemdeki enerji değişimi, enerjinin bir biçimden diğerine dönüşüm miktarı enerji dengesine göre hesaplanır. Enerji dönüşüm sistemlerinin ikinci yasa verimine göre incelenmesi kullanılabilirlik yada ekserji incelemesi olarak ifade edilmektedir. Termodinamiğin birinci yasası ile sistemin verimliliğinin yanı sıra enerji dönüşümünün niteliği ise Termodinamiğin ikinci yasasından yola çıkarak belirlenir. Buda sistemin entropisi (tersinmezlikleri) ve ekserjisi (enerjinin gerçek değeri) incelenerek belirlenir.

Literatürde, bu konuda çok sayıda entropi ve ekserji analizini konu alan araştırma vardır. Tersinmezliği belirlemek için, ısı değiştiricilerindeki entropi üretiminin incelenmesi ile ilgili çalışmalardır. Bir ısı değiştiricisinde, ısı transferi ve basınç kayıplarından dolayı oluşan tersinmezlikler, literatürde ilk olarak Bejan (1977, 1978, 1982, 2001) tarafından irdelenmiş ve ısı değiştiricilerinin entropi ve ekserji analizleri için bir temel oluşturmuşlardır. Çalışmalarında Minimum Entropi Üretimi kavramı ve Entropi Üretimi Sayısı gibi yeni kavramların yanı sıra Entropi Üretimi kavramı tanımlamıştır. Entropi üretimi, ısı sistemden ısı geçişi ile çevre sıcaklığının oranına bölünerek elde edilir. Bu konuda, London(1983), Witte ve Shamsundar (1983), Natalini ve Sciubba E.(1986), ve Sekulic D.P., Herman (1986), gibi araştırmacılar tarafından boyutsuz entropi üretim sayısını, ısı geçişi tersinmezliğinin toplam tersinmezliğe oranı olan Bejan sayısını kullanmışlardır. Yani entropi üretimini minimum ısı kapasiteye bölerek entropi üretimi sayısı elde edilir.

Hesselgreaves (2000) çalışmasında tersinmezlikleri, etkenlik ve ısı geçiş birimi sayısına göre ifade etmiş ve tersinmezliklerin bu parametreler ile değişimini incelemişlerdir. Ekserji verimi, ısı değiştirici performansını belirlemek için kullanılan bir başka parametredir.

Khan (2004) yaptığı tez çalışmasında entropy üretimi minimizasyonu yöntemini kanat geometrilerinin toplam performansını optimize etmek için kullanmış ve akış alanı civarında ısı direnç ve basınç düşüşünün etkilerini incelemiştir. Kontrol hacmi yaklaşımı ile kütle enerji ve entropy dengelerini kullanarak entropy üretim miktarı için yeni ifadeler geliştirmiştir. Seçilmiş olan nümerik çözümler mevcut analitik modelleri geçerli kılabilmek için yürütülmüş bunların mevcut nümerik simülasyonlarla uyumlu olduğunu çalışmasında bulmuştur.

(Kotcioglu et al. 2010), (Kotcioglu et al. 2011) ve Kotcioglu et al. (2012), yaptıkları çalışmalarında TAGUCHİ yöntemi ile belirlenen ve farklı deney şartlarında, farklı kanat özellikleri ve kanatların farklı dizilişlerine göre tasarlanmış olan HRV özelliklerine sahip çapraz akışlı ısı değiştiricisi ile akış ve ısı transfer karakteristiklerini veren korelasyonlar elde etmişlerdir. Çalışmasında farklı olarak benzer geometrilerden yola çıkarak farklı parametreler ele alınmış ve deneyler yapılmış olup elde edilen sonuçlara göre nümerik çözümler CFD ile ANSYS-FLUENT version 14.0 hazır paket programı yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Entropy üretimi minimizasyonu yöntemini kanat geometrilerinin toplam performansını optimize etmek için kullanmış ve akış alanı civarında ısı direnç ve basınç düşüşünün etkilerini incelemiştir.

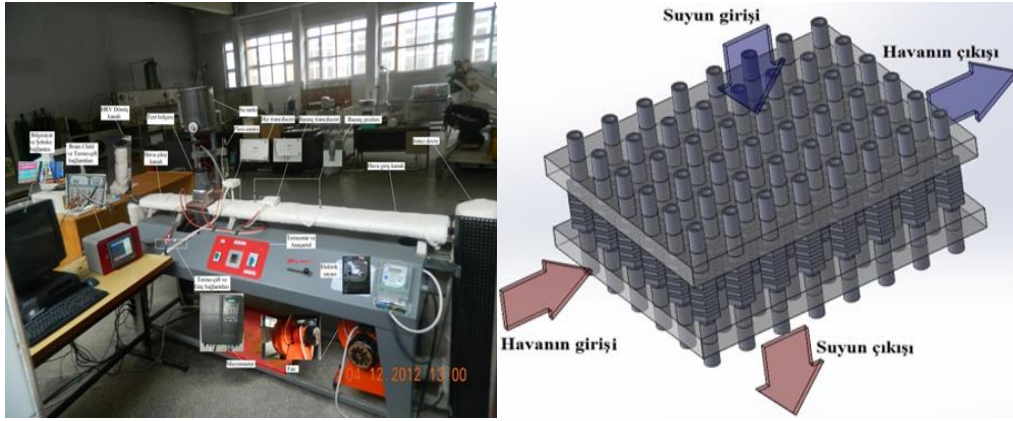
Nabati (2008), Durmaz (2009) çalışmalarında sayısal analizlerde FLUENT programı kullanmışlar,keza akışkanların ısı transfer sınır şartları ve Prandtl (Pr) sayılarının etkilerini, hava için, $0.707 < Pr < 0.71$ ve su için, $2 < Pr < 4.35$ ve etilen glikol için, $94 < Pr < 138$ incelemiştir.

Sahin et al. (2005) ve Yakut et al. (2006) yaptıkları deneysel çalışmalarında TAGUCHİ deneysel dizayn metodunu kullanarak üzerine levha tipi daralan-genişleyen yönlendiricilerin kanat açısı, yüksekliği, genişliği, ısı transferi ve basınç düşüşü gibi karakteristikleri incelemiştir. Performans parametreleri olarak Nu sayısı ve friction faktör dikkate alınmıştır. Sonuçlara göre optimize sonuçlar, hız 4 m/s, kanatçık genişliği 15 mm yüksekliği 100mm ve açısı 15° için elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada seçilen her bir parametre optimize edilmiştir. En etkin parametre olarak kanatçık yüksekliği, genişliği ve hız olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara göre optimize sonuçlar, hız 4 m/s, kanatçık genişliği 15 mm yüksekliği 100mm ve açısı 15° için elde edilmiştir

Metzger et al. (1982; 1984), Vanfossen (1982), Sparrow et al. (1978; 1980), Tanda (2001), Tahat et al. (1994; 2000), You et al. (1997), Goldstein et al. (1994), Zhukauskas et al. (1985), Kays et al. (1980), Kays and London (1998), Sparrow et al. (1980; 1984), Al-Jamal et al. (1988), Lawson et al. (2011), Chang et al. (2008), Jeng et al. (2007), Rao et al. (2007), Joardar et al. (2008), Wen ve Ho (2009), Moores et al. (2009), Sertkaya et al. (2011) farklı ve kısa boylu, çap ve boy oranları esas alınarak farklı tip kanatçıkların kanal içerisindeki düzgün sıralı ve kaydırılmış levha dizilişleri arasındaki çalışmalarının basınç düşüşü ısı transferi üzerine etkilerine göre ısı transferinde %20, basınç düşüşünde ise %100, f faktörü için yaklaşık %30, j faktörü için yaklaşık %20 civarında bir artış olduğunu belirtmişlerdir. Yüksekliklerine bağlı olarak %29 ve %87.5 arasında değişen oranlarda yönlendiricilerin performansları her iki düzenleme için karşılaştırılmıştır. Yine bu çalışmalarda kanatçıklı ve kanatçiksiz kanal için performansları değerlendirmiştir. Kanal içerisine yerleştirilen optimum kanat adımlarını belirlemişlerdir. Sonuçta altıgen şekilli kanatlarda ısı transferi %4.4 oranında artarken gerekli olan pompa gücü ise %1.65 oranında artmış olduğunu göstermiştir. Bu araştırmalarda gerekli analiz yapılırken ısı transferi, boyutu, şekli ve gerekli olan pompa gücü arasında birbirleri ile

olan ilişkileri bakımından araştırmalar yapılmış ve nümerik hesaplamalar yapmışlardır. Hesaplamalar ile ilgili olarak çeşitli ampirik ifadeler ve korelasyonlar grafikleri ile birlikte regresyon analizi yapmışlar ve geniş bir literatür verilmiştir.

Şekil-1 de görülen çapraza kışlı ısı değiştiricisinde çalışmanın amacına yönelik olarak, silindirik borulu farklı kanat profilli yönlendiriciler içeren HRV özelliklerinde tasarlanmış çapraz akışlı ısı değiştiricisinde farklı tasarım parametrelerinin her iki akışkanın farklı hız ve sıcaklıklarda incelenerek her bir ısı değiştiricisine ait termal performanslarını belirlemektir. Isı değiştiricisinin temel prensibi sıcak akışkandan soğuk akışkana verimli bir şekilde ısı akışını aktarmaktır.



Şekil 1. a) Deney sisteminin fotoğrafik b) Isı değiştiricisinin şematik resmi

Bu ısı akışı ısı transfer alanının, akışkanın iletim ve taşınım özelliklerinin, akışın durumunun ve her iki akışkanın sıcaklık farkının direkt fonksiyonudur. Endüstriyel proseslerde ısı transfer artışı için kullanım yerine göre giderek artan kompakt ısı değiştiricilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaca yönelik literatürde çok sayıda çalışma mevcuttur. Yukarıda yazılı olan literatür taramasının ışığında ele alınan bu deneysel ve teorik çalışmada farklı kanatçık parametreleri alınarak çapraz akışlı kompakt ısı değiştiricisinde farklı debilerde ve farklı sıcaklıklarda iki ayrı akışkanla çalışarak deneyler yürütülmüştür.

Termodinamiğin I ve II. Kanununun analizi

Termodinamiğin birinci yasası sistemin ısı verimini inceleyip enerjinin niceliği ile ilgili olup enerjinin korunum ilkesine göre hareket eder. Madde ve enerji ile ilgilidir. Termodinamiğin ikinci yasası enerjinin niteliğini incelemektedir ki bu da entropi üretimi ile yakından ilgilidir. II.yasa entropi ve ekseji ile ilgilidir. Entropinin korunumu ilkesi yoktur. Entropi yoktan var olur, ekseji var iken yok olur. Dolayısı ile enerji ve entropi bilimi olan termodinamik, sanayi devrimiyle beraber makinelerin verimini artırma çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır. Genel olarak enerji dönüşümünü ve ısının hareketini incelenirken bir ısı değiştiricide karşılaşılabilecek tersinmezlikler sonlu bir sıcaklık farkında ısı transferi, basınç düşüşleri, çevre ile ısı veya iş alışverişi ve akış yönünde ısı değiştirici duvarlarında ısı iletimi olarak sıralanabilir. Tersinmezlik, kayıp iş olarak da adlandırılıp, bir süreç boyunca tersinmezlikler sonucu kaybedilen iş potansiyelidir. İşe dönüştürülebilecekken dönüştürülemeyen enerjiyi gösterir.

Sonlu bir sıcaklık farkından kaynaklanan tersinmezlikler, yüksek sıcaklıktaki daha kaliteli enerjinin düşük sıcaklıktaki daha kalitesiz enerjiye dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Enerjinin verimli bir şekilde kullanılması (*Kullanılabilirlik*) diğer türlere ve uygulamaya en üst seviyede dönüştürülmesine kullanılabilir *enerji* veya *ekserji* denir. Kullanılabilirlik bir kez harcandıktan sonra tekrar kazanılmaz. Geriye kalan yani kalitesi düşen enerji israf edilmiş demektir. Ancak tümü yok edilemez. Çünkü çalışan bir sistemde enerji korunurken entropi üretilmekte aksine ekserji ise tüketilmektedir. Kıt kaynakları itibari ile enerjinin etkin kullanılması gerekir. Yani belirli bir çevre koşulunda verilen durumda sistemden elde edilebilecek maksimum kullanılabilir iştir. Ekserji, enerji gibi bir korunum kanunu değildir, aksine herhangi bir gerçek prostedeki tersinmezliklerden dolayı ekserjinin tüketileceğini veya kaybolacağını ifade eder. Amaç ekserjinin minimize edilmesi edilmesidir. Ekserji, sadece sistemin değil sistem-çevre birleşiminin bir özelliğidir. Kullanılabilir enerjinin bir başka türe dönüştürülemeyen kısmına ise *Anerji* denir

$$Enerji = Kullanılabilir + kullanılmayan Enerji = Ekserji + Anerji$$

Termodinamiğin II.kanununa (T.D.II.K) göre, sadece tersinir proseslerde ekserji miktarı sabittir. Bu tür proseslerde ekserji *Anerji*ye dönüşür. *Anerjinin* ise ekserjiye dönüşmesi imkansızdır. Ekserji analizi yapılırken sistemdeki kinetik, potansiyel ve kimyasal ekserjiler ihmal edilerek kütle, enerji ve ekserji denge denklemleri giren ısıyı, ekserji kaybı oranı ve enerji verimini bulurken kullanılır. Ekserji denkliği aşağıdaki şekilde yazılır

$$\dot{E}_Q - \dot{E}_w = \sum_c \dot{m}\varepsilon - \sum_g \dot{m}\varepsilon + T_o S_{\dot{u}retim} \quad (1)$$

Burada \dot{E}_Q ve \dot{E}_w sırasıyla ısı transferi ve mekanik enerjiye karşılık gelen birim zamandaki ekserjileri, ε özgül ekserjiyi, T_o çevre sıcaklığını, $S_{\dot{u}retim}$ entropi üretimini ve \dot{m} akışkanın kütleli debisini temsil etmektedir. Birim zamanda kaybolan ekserji yani tersinmezlik

$$I = T_o S_{\dot{u}retim} \quad (2)$$

eşitliği ile yazılır. (1) eşitliğindeki ısı ve iş ekserjileri sıra ile aşağıdaki eşitliklerle verilmiştir.

$$\dot{E}_Q = \dot{Q} \left(\frac{T_w - T_o}{T} \right) \quad (3)$$

ve

$$\dot{E}_w = \dot{W} \quad (4)$$

Burada T_w yüzeysıcaklığını göstermektedir. Açık sistemde ısı değıştircilerinde özgül ekserji ise aşağıdaki eşitlikle verilir.

$$\varepsilon = (h_{cg} - T_o s_{cg}) + (h_{hg} - T_o s_{hg}) - (h_{hç} - T_o s_{hç}) + (h_{hç} - T_o s_{hç}) \quad (5)$$

Açık sistemde ısı değıştircilerinde meydana gelen ekserji kaybı

$$\dot{E}_{kayıp} = \dot{m}_c (h_{cg} - T_o s_{cg}) + \dot{m}_h (h_{hg} - T_o s_{hg}) - \dot{m}_c (h_{hç} - T_o s_{hç}) + \dot{m}_h (h_{hç} - T_o s_{hç}) \quad (6)$$

eşitliği ile verilmiştir. Sistemde dolaşan sıcak ve soğuk akışkanların entropi değişimi, sabit basınçtaki özgül ısıları cinsinden ekserji kaybı aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$\dot{E}_{kayıp} = \dot{m}_c(T_o \Delta S_c) + \dot{m}_h(T_o \Delta S_h) \quad (7)$$

Birim zamandaki tersinmezlikler ($T_o \Delta S$) ve akışın kullanılabilirliği ($\Delta\Psi = \Delta h - T_o \Delta S$) dikkate alınırsa ekserji kaybı için,

$$\dot{E}_{kayıp} = \dot{m}_c(\Delta h_c - \Delta\Psi_c) + \dot{m}_h(\Delta h_h - \Delta\Psi_h) \quad (8)$$

eşitliği yazılır. Aynı şekilde sisteme ait boyutsuz ekserji kaybı ise aşağıdaki eşitlikle verilmiştir.

$$e = \frac{\dot{E}_{kayıp}}{\dot{m}_h(\Delta\Psi_h)} \quad (9)$$

ekerjetik verim aşağıdaki eşitlikle Bu eşitliğin her iki tarafı sıcak akışkana ait [$\dot{m}_c(\Delta\Psi_h)$] tersinir işe bölünürse Şekil-1 de verilen çapraz akışlı ısı değiştirici için ikinci yasa verimi aşağıda verilen eşitlikle

$$\eta = \frac{\dot{m}_c \left[\frac{\Delta\Psi_{cç} - \Delta\Psi_{cg}}{\Delta\Psi_{hg} - \Delta\Psi_{hc}} \right]}{\dot{m}_h} \quad (10)$$

bulunur. Aynı şekilde sisteme ait ekerjetik verim aşağıdaki eşitlikle

$$\eta = \frac{\dot{E}_Q}{\dot{W}} \quad (11)$$

verilmiştir. Kullanılan ısı değiştiricisinin toplam veriminin kullanılan teknikte artıp artmadığının belirlenmesi önemlidir. Çünkü Nu sayısının artmasına neden olan teknikler, (f) sürtünme katsayısını da arttırmaktadır. Kullanılan teknikte eğer Nu sayısında olan artma hızı, (f) sürtünme katsayısında olan artma hızından fazla ise bu teknik avantajlıdır. Kullanılan tekniğin verimliliğini araştırmak için bilinen yöntemlerden biri de Burck tarafından önerilen verimlilik oranı tanımıdır. Bu tanım gereği verimlilik η_v ,

$$\eta_v = \frac{\frac{Nu_a}{Nu_o}}{\frac{f_a}{f_o}} \quad (12)$$

eşitliği ile verilmiştir. Burck'a göre, bu eşitlikte eğer $\eta_v > 1$ ise kullanılan teknik tamamıyla avantajlıdır ve kullanılmalıdır. Eğer $\eta_v < 1$ ise kullanılan tekniğin verimlilik oranı düşük olduğundan Nu sayısındaki artışa bakılmaksızın kullanılmaz. Burada (A) ve (B) gibi iki ayrı tekniğin karşılaştırılması aynı metotla yapılabilir. Eğer $\eta_{vA} > \eta_{vB}$ ise (A) tekniği (B) tekniğinden daha iyidir demektir. Onun için η_v metodu iyi bir değerlendirme yöntemidir. Isı sistemler için en optimum tasarım kriteri, ilgili sistemlerin içindeki entropi üretimini en aza indirerek başarılabilir (Kotcioglu et al. 2010). Tersinmezlik, entropi üretiminin belirlenmesi olarak tanımlanabilir. Kullanılabilir enerjinin korunması entropi üretimini minimize etmekle analog

olduğundan burada önerilen değerlendirme yöntemi Bejan tarafından kullanılan entropi üretimini minimize etme yöntemidir. Entropi üretiminden dolayı, ısı transfer proseslerinde termodinamik tersinmezlikler söz konusudur. İkinci kanun ve entropi üretimi analizi, sistemdeki akış sürtünmesi ve sıcaklık farklarından dolayı termodinamik kayıpları ölçerek kanatçık dizilerinin geometrisini optimize etmek için kullanılan metottur. Bir sistemin verimli olup olmadığını anlamak için ikinci kanun analizi gereklidir. Isı değiştiricisinin etkinliği, genellikle geçiş birim sayılarının (NTU) ve kütsel akış kapasitesinin fonksiyonu olarak ifade edilir.

Entropi Üretimi Metodunda (EGM), ısı değiştiricisinde oluşan toplam entropi üretimi sıcaklık ve sürtünme kayıplarından kaynaklanan ısı transferini artırıcı teknik kullanarak standart şekildeki toplam entropi üretimi ilk önce karşılaştırılır. Genelde ısı transfer alanı ve basınç düşüşü arasında değişim söz konusudur. Taşınım ısı transfer işlemlerinde iki tip kayıp karakterize edilir; birisi akış sürtünmesinden dolayı diğeri ise sonlu sıcaklık farkında ısı transferinden dolayıdır. Bu kayıplar tersinmezliğin büyüklüğünü gösterir. Isı değiştiricisinin toplam tersinmezliği işlevsel ve materyal kullanımından dolayıdır. Isı transfer ekipmanının daha iyi tasarlama işlemi olan Entropi Üretimi Metodu (EGM), gerçek sistemlerde faydalı enerjinin kaybolmasını minimize etmek veya termodinamik tersinmezliklerin minimizasyonudur. EGM sistemlerin termodinamik tersinmezliklerin derecesini ve sistemin seviyesini ölçmektir. Termodinamiğin II.kanunu (T.D.II.K) ısı sistemlerin tasarımı için enerji bozulması olarak tanımlanan enerji dengesi kullanımınıdır. Enerji bozulması gerçek sistemlerin tersinmezliklerinden dolayıdır. Sistemin toplam entropi üretim oranı, hem sıcak hem de soğuk akışkanının entropi oranlarının toplamıdır. Buda aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$(\dot{S}'_{gen}) = (\dot{S}'_{gen,h}) + (\dot{S}'_{gen,c}) \quad (13)$$

Birim uzunlu için entropi oranı, $(\dot{S}'_{gen} = d\dot{S}_{gen}/dx)$ şeklinde akış sürtünmesi ve ortalama ısı transferini içeren genel korelasyonlara dayalı olarak yazılabilir. Optimum geometride bu oran (\dot{S}'_{gen}) minimumdur. Termodinamiğin II.kanununa (T.D.II.K) göre bu çalışmada sıcak(hava) ve soğuk(su) akışkan için birim uzunluk için entropi üretim oranı (\dot{S}'_{gen}) ayrı ayrı aşağıdaki eşitliklerle sıra ile verilmiştir.

$$\dot{S}'_{gen,h} = (\dot{S}'_{gen,h})_{\Delta T} + (\dot{S}'_{gen,h})_{\Delta P} \quad (14)$$

$$\dot{S}'_{gen,c} = (\dot{S}'_{gen,c})_{\Delta T} + (\dot{S}'_{gen,c})_{\Delta P} \quad (15)$$

Çapraz akışlı ısı değiştiricisi için birim uzunlukta Entropi Üretim Oranı

$$\dot{S}'_{gen} = \dot{m}C_p \ln \frac{T_{h,o}}{T_{h,i}} + \dot{m}C_p \ln \frac{T_{s,o}}{T_{s,i}} - \dot{m}R \ln \frac{P_{h,o}}{P_{s,i}} - \dot{m}R \ln \frac{P_{s,o}}{P_{s,i}} \quad (16)$$

Bu ifade kanal kesit alanı içerisinde geçen akışkan kütleli debisine göre her iki akışkan arasında ısı transferini gerçekleşmesi durumunda ortalama ısı transferi ve sürtünme katsayısına bağlı olarak entropi üretimi aşağıdaki eşitlikle de tanımlanabilir.

$$(\dot{S}')_{gen} = \frac{q'^2}{4T_{ort}^2 mC_p} \frac{D_h}{St} + \frac{2\dot{m}}{\rho^2 T} \frac{f}{D_h A^2} \quad (17)$$

Bu eşitlikte c_p, ρ akışkanın ortalama T_{ort} sıcaklığına göre özgül ısı ve yoğunluk, St Stanton sayısı değerleridir. Eşitliği ile bulunur. Bu eşitlikte $(\dot{m}C_p)$ sıra ile sıcak ve soğuk akışkanların ısı kapasiteleri $P_{h,o} = P_{h,i} - \Delta P_h$ ve $P_{s,o}$ ve $P_{s,i} - \Delta P_s$ yine her iki akışkanın çıkış basınçlarıdır. Eğer giriş ve çıkış basınçları arasında $P_{h,o} \leq P_{h,i}$ ve $P_{s,o} \leq P_{s,i}$ ilişkisi varsa entropi üretim oranı pozitiftir. Denklem (14,15) nin sağ tarafındaki ilk iki terim ısı transfer tersinmezliklerini hesaba katan $(\dot{S}'_{gen, \Delta T})$ entropi oranı, son iki terim ise akış sürtünmesini hesaba katan $(\dot{S}'_{gen, \Delta P})$ entropi oranıdır. Son iki oranın birbirine oranına, yani sürtünme nedeniyle oluşan tersinmezliğin sıcaklık farkından kaynaklanan tersinmezliğe oranı olan boyutsuz formda tersinmezlik dağılım oranı,

$$C_s = \dot{m}_c C_{pc} \quad (18)$$

$$\phi = (\dot{S}'_{gen, \Delta P}) / (\dot{S}'_{gen, \Delta T}) \quad (19)$$

veya

$$\phi_0 = \left[\frac{\dot{m}T}{\Delta T q \rho} \left(\frac{-dp}{dx} \right) \right]_0 \quad (20)$$

eşitlikleri ile ifade edilir. Bu eşitliğe göre daha sonra çeşitli $\phi = \phi_0 = 0, 0.1, 0.5, 1, \dots$ değerleri için entropi üretim sayısı bulunur. İki akışkanlı ısı değiştiricilerinin performansını değerlendirmek için entropi üretim sayısı (N_s) kullanılır. Sürtünme tersinmezliği arttıkça tersinmezlik dağılım oranı artar. Tersinmezliklerden dolayı kayıpları minimize etmek için en çok entropi üretim sayısı kullanılır. Entropi üretim oranının minimum ısı kapasitesine oranına $(C^* = \dot{m}C_p)$ bölünmesi ile elde edilir. $(C^* = \dot{m}C_p)$ minimum ısı kapasite oranı, her bir Re sayısı için akışkanların özgül ısı kapasitesi ve kütleli debilerinin çarpımına eşittir. Entropi üretim sayısı,

$$N_s = \frac{\dot{S}'_{gen}}{(\dot{m}_c C_p)_{min}} \quad (21)$$

eşitliği ile elde edilir. Sıcak akışkanın ısı kapasitesi oranı soğuk akışkanın ısı kapasitesine göre oldukça yüksektir. Entropi üretim sayısı ($N_s \rightarrow 0$) kayıplar sıfıra yaklaşır, ($N_s \rightarrow \infty$) sayısı arttıkça ısı transfer tersinmezlikleri artar. Benzer şekilde entropi üretim sayısı N_s , 0 ve ∞ arasında değişen ϕ için Re sayısına göre değişir. Re sayısı arttıkça, entropi üretim sayısı da

artar. Entropi üretim oranı sıcaklık farkları ve basınç düşüleri ihmal edilmediği zaman (akışkanın ısı kapasitesi $C^* = 1$) çapraz akışlı ısı değiştiricisi için yazılabilir. Reynold ve Stanton sayıları, hidrolik çaplar, kesit alanı ve sürtünme kayıp katsayıları kullanılarak entropi üretim katsayısı sıcaklık farkı ve basınç düşüşü için sıra ile aşağıdaki eşitliklerle verilir.

$$N_T = \frac{St_0 D_a}{St_a D_0} \quad \text{ve} \quad N_P = \frac{f_a D_0}{f_0 D_a} \left(\frac{A_0}{A_a} \right)^2 \quad (22)$$

Son iki eşitlikten yola çıkarak entropi üretim sayısı aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$N_s = \frac{N_T + \phi N_P}{1 + \phi} \quad (23)$$

Bu eşitlikteki boyutsuz formda tersinmezlik dağılım oranı (ϕ) farklı bir şekilde aşağıdaki gibide yazılabilir. Bu denklemlerin elde edilmesinde çeşitli kabuller yapılmıştır. Isı değiştiricisi elemanları incelenirken (dx) boyunca ΔT sıcaklık farkının sabit olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca kütleli debinin (\dot{m}) ısı transferi ve kullanılan akışkanın standart durumu ile iyileştirme tekniği kullanılmış durumda olan akışkanla aynı olduğu kabul edilmiştir. Eğer ısı transferi arttırıldığı durumda entropi üretim sayısı ($N_s > 1$) (verilmiş bir ϕ_0 değeri) için daha çok entropi üretilir veya diğer bir ifade ile daha çok kullanılabilir enerji harcanır. Dolayısıyla bu durum tavsiye edilmez. Eğer ($N_s < 1$) ise entropi üretimi azaltılmış olur, bu durum ise tavsiye edilir. Şayet iki ayrı sistemin birbirine göre iyileştirme tekniğinden bahsedilirse yani sabit bir ϕ_0 değeri için ($N_x < N_y$) ise (x) tekniği (y) tekniğine tercih edilir. Entropi üretim metodunun (EGM) uygulanmasında, iyileştirme tekniği için (N) değerinin ϕ_0 'ın değerine bağlı olarak değiştiği unutulmamalıdır. Bu bağıntı Bejan (1982) tarafından verilmiştir. İyileştirme tekniği kullanılmış durumdaki entropi üretimine oranı (N) Re sayısının fonksiyonu olduğunda (N) değerleri alınan her bir farklı iyileştirme tekniği için belirli ϕ_0 değerleri kullanılarak ($N - Re$) grafikleri vardır. ϕ_0 'ın alt ve üst limitleri ile ara değerleri (ki bunlar da sırasıyla $N_s = N_P$ ve $N_s = N_T$ olmaktadır) kullanılarak grafikler çizilmiştir. $N_s - Re$ grafikleri bize ϕ_0 'nin işletme şartları ve geometrinin ne derecede uygun olduğu ve ne kadar verim artışı olduğu hakkında bilgi verir. Burada $N_T (lim_{\phi_0 \rightarrow 0} N_s)$ verimliliği arttırmada herhangi bir tekniğin maksimum kullanılabilir enerjinin korunması miktarını belirler. Deney elemanında gösterilen kanal içine yerleştirilen farklı geometrik kanatçıklı yönlendiriciler için uygulanmıştır. Kanatçıklı ve boş kanal için sürtünme kayıp katsayıları sırasıyla

$$f_a = a.Re^b \quad \text{ve} \quad f_0 = a.Re^b \quad (24)$$

eşitlikleri ile ifade edilmiştir, yine aynı kanallar için ortalama Nu sayıları,

$$Nu_a = \frac{a Re^b Pr^c}{Re Pr} \quad \text{ve} \quad Nu_0 = \frac{a Re^b Pr^c}{Re Pr} \quad (25)$$

eşitlikleri ile hesaplanır. Test kanalı için hidrolik (eşdeğer) çap olarak $D_0 = D_a$ ve $A_0 = A_a$ yaklaşık olarak aynı alınmıştır. Buna göre (23) ve (25) eşitliklerinden yola çıkarak,

$$N_p = \frac{f_a}{f_0} \quad \text{ve} \quad N_T = \frac{St_0}{St_a} \quad (26)$$

eşitlikleri yeniden (26) eşitliğindeki gibi tanımlanmıştır. (26) eşitliğindeki St_0 ve St_a sayıları sırası ile,

$$St_0 = \frac{Nu_0}{Re Pr} \quad \text{ve} \quad St_a = \frac{Nu_a}{Re Pr} \quad (27)$$

eşitlikleri ile yeniden ifade edilir. Bu eşitlikteki boyutsuz Stanton sayısı ($St = h / CpG$) olup, G kütle hız ve h ortalama ısı transfer katsayısıdır. (23) ve (27) bağlantıları (23) eşitliğinde yerine yazılırsa, boyutsuz olarak entropi üretim sayısı,

$$N_s = \frac{a.Re^b + \phi_0.cRe^d}{1 + \phi_0} \quad (28)$$

eşitliği ile yazılır. Bu eşitliğe göre daha sonra çeşitli $\phi_0 = 0, 0.1, 0.5, 1, \dots$ değerleri için entropi üretim sayısı bulunur. Bu çözüm boş kanal ve kanatçıklı yönlendirici içeren akış sistemine uygulanarak entropi üretim sayıları her bir deney için bulunmuştur. Bulunan entropi üretim (N_s) sayıları ile Re sayısı arasında grafikler şekillerde ayrı ayrı verilmiştir. Isı değiştiricisinin verimi kullanılarak entropi üretim sayısı hesaplanabilir. $\varepsilon - NTU$ metodu ısı değiştiricisinin performansını analiz etmek için kullanılmaktadır (Khan 2004). Bu tanıma göre $(1 - \varepsilon)$ terimi aşağıdaki eşitlikle verilmiştir.

$$1 - \varepsilon = 0.477(NTU)^{-0.4} \quad (29)$$

Boyutsuz sıcaklık farkı ve toplam basınç düşüşü tanımından yola çıkarak entropi üretim sayısı

$$N_s = 0.477(NTU)^{-0.4} (\Delta T^{*2}) + \frac{R}{C_p} \left(\frac{\Delta P}{P} \right)_{h,s} \quad (30)$$

eşitliği ile bulunur. (27) eşitliklerinden hareketle St ($St = h / CpG$) sayısı ve hidrolik çap (D_{ch}) esas alınarak NTU geçiş birim sayısı,

$$NTU = \frac{4L}{D_{ch}} \quad (31)$$

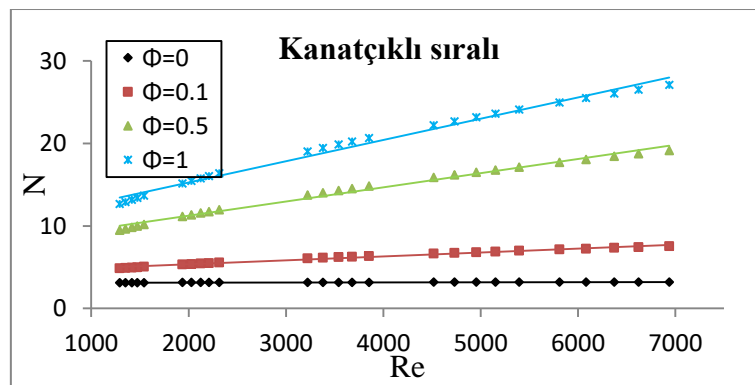
eşitliği ile hesaplanır. Entropi üretim sayısı ısı transfer kayıplarını azaltmak için minimize edilmesi gerektiğinden dolayı, herhangi bir ısı değiştiricisinin konstrüksiyon boyutlarının dikkate alınması gerekir.

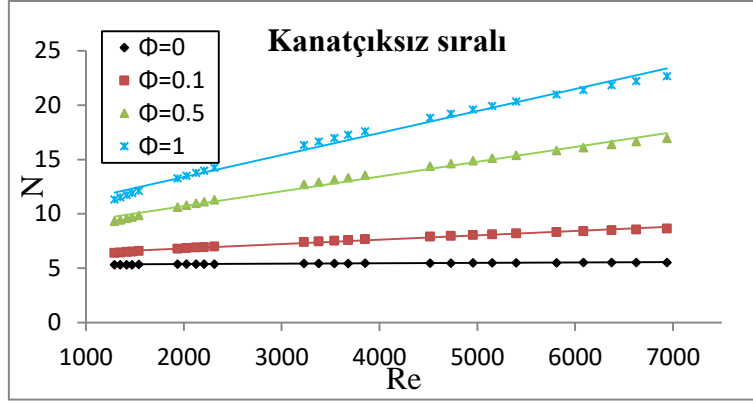
SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Çapraz akışlı ısı değiştiricisinde ısıtma ve soğutma sistemlerinin analizinde Termodinamiğin II.kanunu (T.D.II.K) analizi, tersinmezlikleri değerlendirmek için kullanılır. Bu analizde amaç enerjinin verimliliğinin artırılması yanı sıra yeni çalışmalara ışık tutması açısından da önemlidir. Isı transferini iyileştirmek için yapılan yeni bir işlemdeki amaç, ısı transfer miktarını daha da arttıracak ve ısı transferi ile ilgili tersinmezlikleri en aza indirmek yeni dizaynların geliştirilmesine imkan tanımaktır.. Özellikle ısı ve güç değiştirici sistemlerde enerji tüketiminin minimuma indirgenebilmesi için ekserji analizi büyük bir önem taşımaktadır. Tersinir adyabatik bir proses sıfır entropi değişimiyle ifade edilirken sonlu sıcaklık farkları boyunca ısı transferi gerçekleşen tersinmez bir sistemde ise entropi değişimi ΔS , ya entropi transferine eşittir ya da büyüktür. Entropi üretim miktarı, enerji transferinin kalitesini nitelendiren bir büyüklüktür ve sifıra yaklaştıkça enerji transferinin kalitesi artar. Tüm gerçek proseslerde ise her zaman entropi üretimi sıfırdan büyüktür.

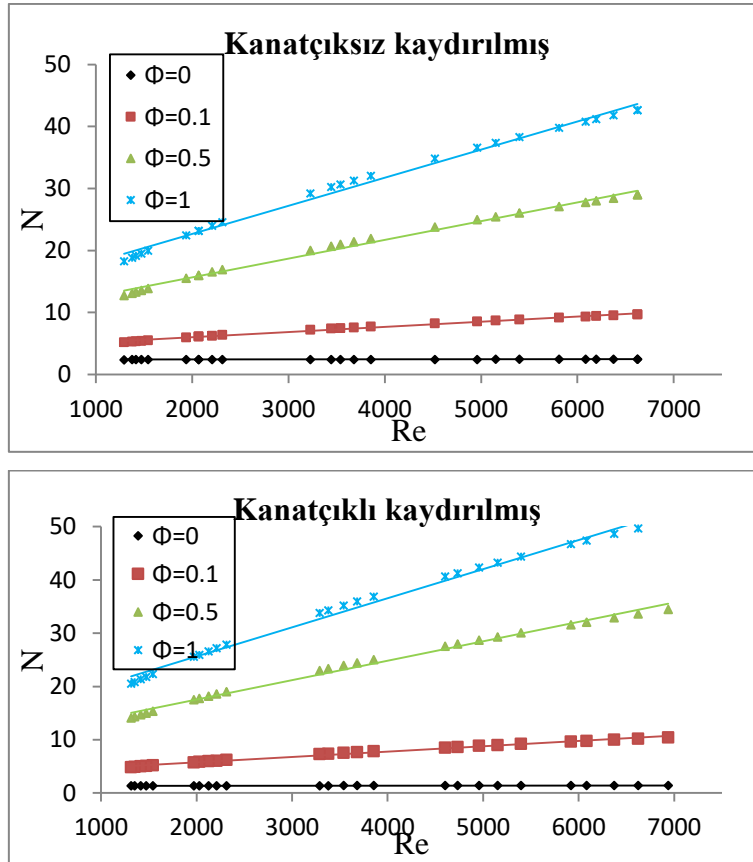
Kanatçıklı düzgün sıralı ve kanatçıksız düzgün sıralı levha düzeninde yönlendiriciler içeren çapraz akışlı bir ısı değiştiricisinde entropi üretim sayısı ve Re sayısı arasındaki ilişki çeşitli $\phi = \phi_0 = 0,0.1,0.5,1$ değerleri için şekil.2 de gösterildiği gibidir. Grafikte görüldüğü üzere Re sayısı arttıkça entropi üretim sayısı artmaktadır. Yine kanatçıklı düzgün sıralı levha düzeninde yerleştirilen yönlendiricilerde kanatçıksız düzgün sıralı levha düzeninde yerleştirilen yönlendiricilere göre Re sayısı arttıkça entropi üretim sayısı dahada çok artmıştır.

Benzer şekilde şekil.3 de ki grafiklerde, kanatçıklı kaydırılmış ve kanatçıksız kaydırılmış levha düzeninde yönlendiriciler içeren çapraz akışlı bir ısı değiştiricisinde entropi üretim sayısı ve Re sayısı arasındaki ilişki çeşitli $\phi = \phi_0 = 0,0.1,0.5,1$ değerleri için şekil.2 de gösterildiği gibidir. Grafikte görüldüğü üzere Re sayısı arttıkça entropi üretim sayısı artmaktadır. Yine kanatçıklı kaydırılmış levha düzeninde yerleştirilen yönlendiricilerde kanatçıksız kaydırılmış levha düzeninde yerleştirilen yönlendiricilere göre Re sayısı arttıkça entropi üretim sayısı dahada çok artmıştır. Artan yüzey geometrisinden dolayı hidrodinamik olarak tersinmezlikler sürtünme katsayısını arttırmaktadır. Şekil.2 ve Şekil.3 deki grafikler birlikte değerlendirilirse kanatçıklı kaydırılmış levha düzeninde tasarlanmış olan ısı değiştiricisinde bu oran diğerlerinden daha yüksektir. Artan yüzey geometrisinden dolayı hidrodinamik olarak tersinmezlikler sürtünme katsayısını arttırmaktadır. Ayrıca çalışma açısından minimal entropi üretimi arzu edilen sonuçtur. Burda kanatçıklı akış yönlendiricilerin geometrilerinin akış doğrultusu yönünde önemli etkisinin olduğu belirtilmelidir.





Şekil 2. Kanatçıklı ve kanatçıksız sıralı levha düzeninde N-Entropi üretimi sayısı ile Re sayısı arasındaki değişim

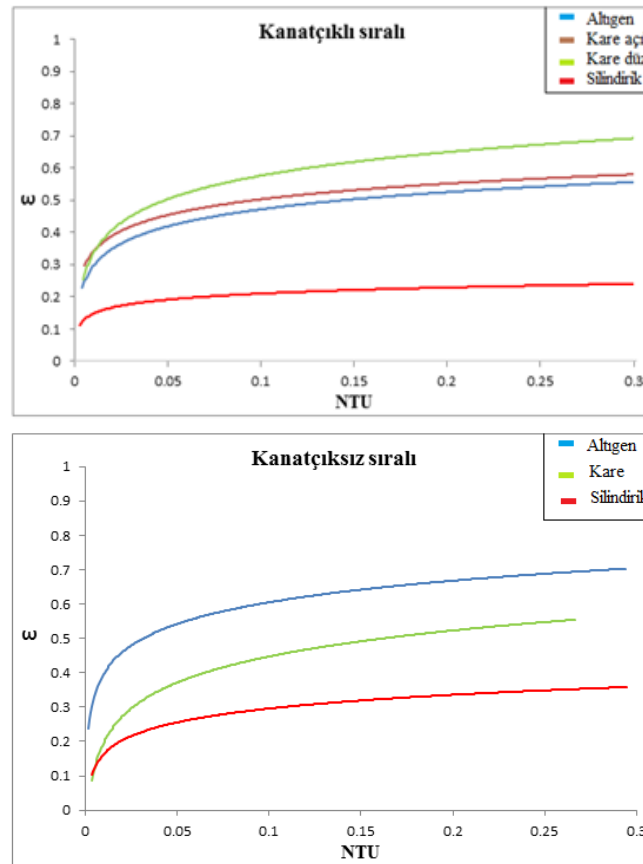


Şekil 3. Kanatçıklı ve kanatçıksız kaydırılmış levha düzeninde N-Entropi üretimi sayısı ile Re sayısı arasındaki değişim

Şekil.4 ve şekil.5 deki grafiklerde silindirik borulu, farklı kanatçıklı akış yönlendiricilerinin yine farklı levha düzenlerinde $\varepsilon - NTU$ değişimi verilmiştir. Şekil.4 de kanatçıklı düzgün sıralı levha düzeninde kare kanatçıklımın düz pozisyonda yerleştirilmiş olanının değerinin ($\varepsilon = 0.69$), diğerlerinden yüksek olduğu görülmektedir ve kanatçıksız düzgün sıralı levha düzeninde ise altıgen kanatçıklı olanın değerinin ($\varepsilon = 0.71$), diğerlerinden yüksek olduğu görülmektedir.

Şekil.5 deki grafiklerde kanatçıklı kaydırılmış levha düzeninde silindirik borulu, farklı kanatçıklı akış yönlendiricilerinin farklı levha düzenlerine göre ($\varepsilon - NTU$), değişimi verilmiştir. Şekil.5 de kanatçıklı kaydırılmış levha düzeninde kare kanatçıklımın açılı

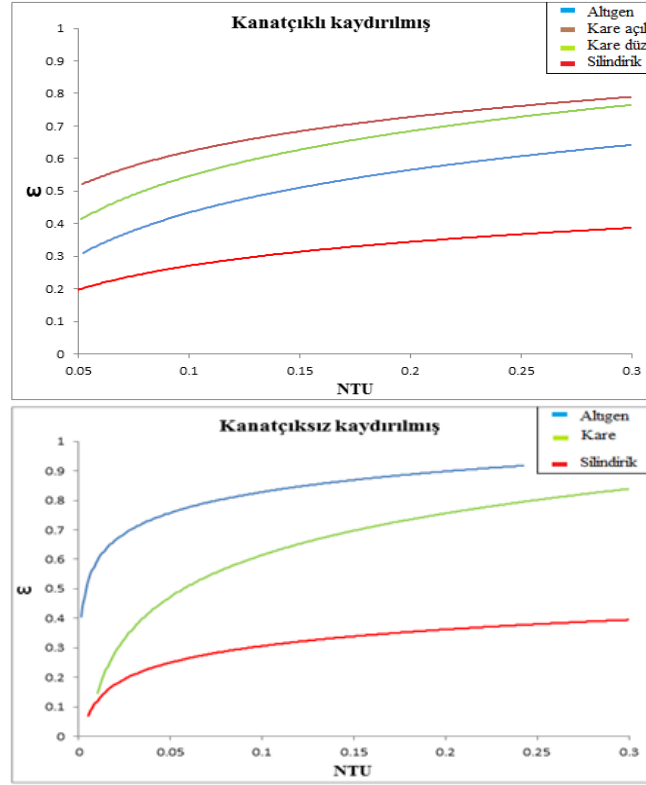
pozisyonda yerleştirilmiş olanının değerinin ($\varepsilon = 0.8$), diğerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Yine kanatçiksız kaydırılmış levha düzeninde ise altıgen kanatçıklı olanın değerinin ($\varepsilon = 0.94$), diğerlerinden yüksek olduğu görülmektedir. Şekil.4 ve Şekil.5 ten tümü birden değerlendirildiğinde kaydırılmış levha düzeninde altıgen kanatçıklı akış yönlendiricisine sahip çapraz akışlı ısı değiştiricisinin ε değeri diğer kanatçık geometrisi ve yerleştirme düzenlerine olanlardan daha yüksek değere sahip olduğu görülmektedir. Buda aynı boyuttaki ısı değiştiricisinde kanatçıklı ve kanatçiksız farklı geometrik özelliklere sahip akış yönlendiricilerinin, kaydırılmış ve düzgün sıralı levha düzeninde tasarlanmış, bu ısı değiştiricilerinde St sayısı ve hidrolik çapı ile onların fonksiyonlarına bağlı olarak tasarım tekniği açısından önemlidir. Ayrıca kanat geometrisinin ve ikincil akışların kanatlar arasında akış davranışı, sınır tabaka oluşumu ile birlikte basınç düşüşü ve ısıl davranışı açısından önemlidir.



Şekil 4. Sıralı düzlemde kanatçıklı ve kanatçiksız yönlendiricilerde değişimi

Performans analizi

Şekil.6'da Reynolds sayısı ile ısıl artış faktörünün (Thermal Enhancement Factor TEF) değişimi gösterilmiştir. Isıl artış faktörü, ısı transfer artış faktörünün sürtünme kayıp katsayılarının oranına eşittir.



Şekil 5. Kaydırılmış düzlemde kanatçıklı ve kanatçıksız yönlendiricilerde değişimi

Bu eşitlik aşağıda verildiği gibi tanımlanmıştır.

$$TEF = (\overline{Nu} / Nu_0) / (f / f_0)^{1/3} \quad (26)$$

Bu eşitlikte Nu_0 ve f_0 sıra ile boş dikdörtgen kesitli kanal için Nusselt sayısı ve sürtünme kayıp katsayısı $\overline{Nu} = \frac{1}{A} \int Nu_x dA$ ve f ise ortalama Nusselt sayısı ve sürtünme kayıp

katsayısıdır. Yukarıda bu çalışmada kullanılan kanat geometrileri dikkate alınarak çapraz akışlı ısı değiştiricisi için performans değerlendirilmesi yapılmış ve Eşitlik (26)'dan yola çıkarak hesaplamalar yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Şekil.6'daki grafiklerden görüldüğü üzere kanatçıklı sıralı ve kaydırılmış levha düzenlerinde aynı Reynolds ayısına göre ısı artış faktörün (TEF) deki değişimi (1.6-3.8) arasında olup en yüksek kare açılı ve altıgen geometrik modellerin değerleri her birisinde diğerlerinden yüksek olduğu gözlenmektedir. Yine kanatçıksız kaydırılmış levha düzenlerinde en yüksek ısı transfer artış faktörün (TEF) altıgen geometrilide, sıralıda ise ısı transfer artış faktörün (TEF) kare açılı geometrilide en yüksek olduğu gözlenmiştir. Her ikisinde de Re sayısının en büyük değerleri için bu değer yaklaşık $TEF=7.5$ civarlarındadır. Aynı Reynolds sayıları için her iki levha düzeninde silindirik geometrilide en düşüktür.

Benzer şekilde aynı çapraz akışlı ısı değiştiricisi tipleri için verimlilik (η) analizi yapılmış ve Reynolds sayısına veya pompa gücüne göre değişimi Şekil.7'de verilmiştir. Verimlilik ifadesi aşağıdaki eşitlikle tanımlanmıştır.

$$\eta = (Nu / Nu_0) / (f / f_0) \quad (27)$$

Nu/Nu_0 boyutsuz oranı için ilgili korelasyonlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo.1 Farklı Geometrilere Sıralı ve Kaydırılmış Levha Düzeninde Kanatçksız ve Kanatçıklı Yönlendiriciler İçin Nu/Nu_0 Korelasyonlar

Geometrik Model (Denk.27)		Nu / Nu_0	a	b
Sıralı	Altıgen kanatçıklı	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.0381	0.5102
	Kare açılı kanatçıklı	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.0433	0.5460
	Kare düz kanatçıklı	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.0517	0.4802
	Silindirik kanatçıklı	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.6414	0.1499
	Altıgen kanatçksız	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.1824	0.4537
	Kare kanatçksız	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.0289	0.7042
	Silindirik kanatçksız	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.0272	0.5415
Kaydırılmış	Altıgen kanatçıklı	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.0227	0.6424
	Kare açılı kanatçıklı	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.0093	0.6758
	Kare düz kanatçıklı	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.01	0.6687
	Silindirik kanatçıklı	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.0157	0.5953
	Altıgen kanatçksız	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.0226	0.7379
	Kare kanatçksız	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.0125	0.7928
	Silindirik kanatçksız	$Nu / Nu_0 = a Re^b$	0.0050	0.7955

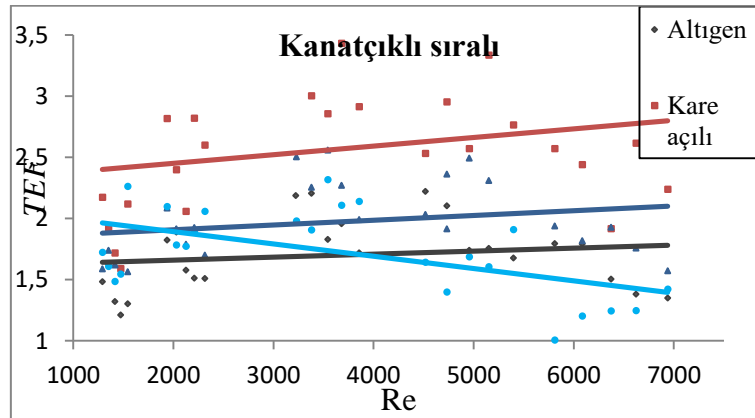
Şekil.7’de verilen (η) ve Re grafiklerinde bu çalışmada kullanılan bütün kanat geometrileri dikkate alınarak çapraz akışlı ısı değıştircisi için ısı transferi ve sürtünme kayıp katsayısının aynı akış şartlarında verim (ısı performans faktör-Thermal Performance Faktör) analizi yapılmış ve Eşitlik (27)’den yola çıkarak hesaplamalar yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Tablo 2. Farklı Levha Düzenleri ve Kanatçıklı ve Kanatçksız Yönlendiriciler İçin Sürtünme Kayıp Katsayısı (f) Korelasyonları ve Katsayıları

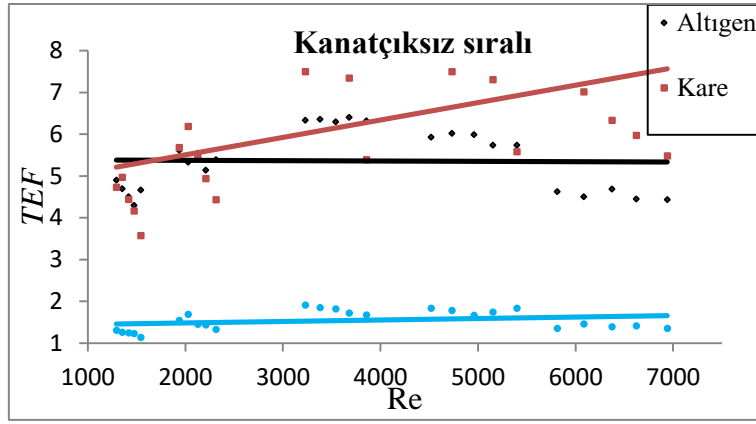
Geometrik Model (Denk.24)		f	a	b
Sıralı	Altıgen kanatçıklı	$f = a Re^b$	0.2071	-0.5054
	Kare açılı kanatçıklı	$f = a Re^b$	0.3887	-0.6002
	Kare düz kanatçıklı	$f = a Re^b$	0.3064	-0.565

	Silindirik kanatçıklı	$f = a Re^b$	1.0240	-0.739
	Altıgen kanatçüksüz	$f = a Re^b$	0.0494	-0.3354
	Kare kanatçüksüz	$f = a Re^b$	0.0440	-0.3136
	Silindirik kanatçüksüz	$f = a Re^b$	0.0418	-0.3038
Kaydırılmış	Altıgen kanatçıklı	$f = a Re^b$	0.0418	-0.3038
	Kare açılı kanatçıklı	$f = a Re^b$	0.0440	-0.3136
	Kare düz kanatçıklı	$f = a Re^b$	0.0366	-0.2776
	Silindirik kanatçıklı	$f = a Re^b$	0.1237	-0.4883
	Altıgen kanatçüksüz	$f = a Re^b$	0.0112	-0.1243
	Kare kanatçüksüz	$f = a Re^b$	0.0875	-0.3650
	Silindirik kanatçüksüz	$f = a Re^b$	0.0117	-0.1565
	Blasius Eşitliği	$f = a Re^b$	0.31	-0.25

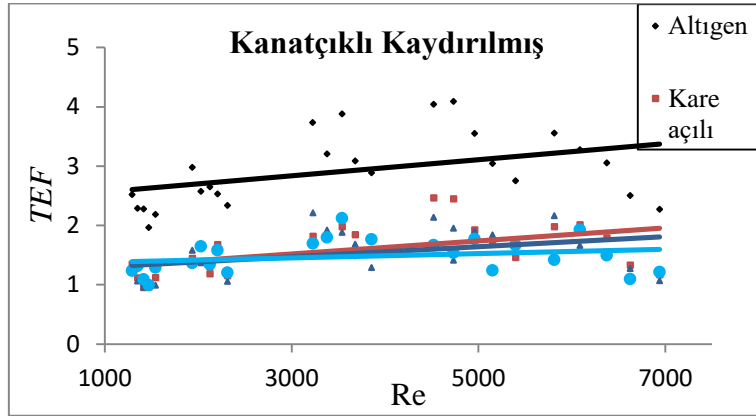
Şekil 7'deki grafiklerden en iyi performansı, kanatçüksüz levha düzenlerinde kendi aralarında aynı Reynolds sayısına veya pompa gücüne göre kare açılının ısı performans faktörün (η) 'deki değişimin daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Yine kanatçıklı kaydırılmış levha düzenlerinde kendi aralarında en iyi performansı en yüksek ısı performans faktörü (η) ile altıgen geometrilide, sıralıda ise en iyi performansı, ısı performans faktörü (η) kare geometrilide en yüksek olduğu gözlenmiştir.



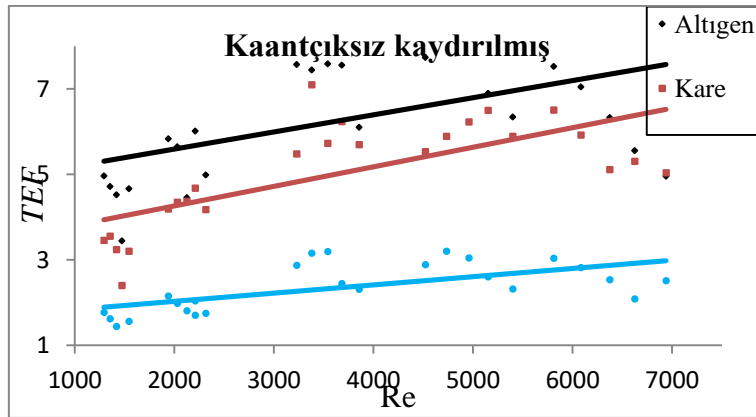
(a)



(b)

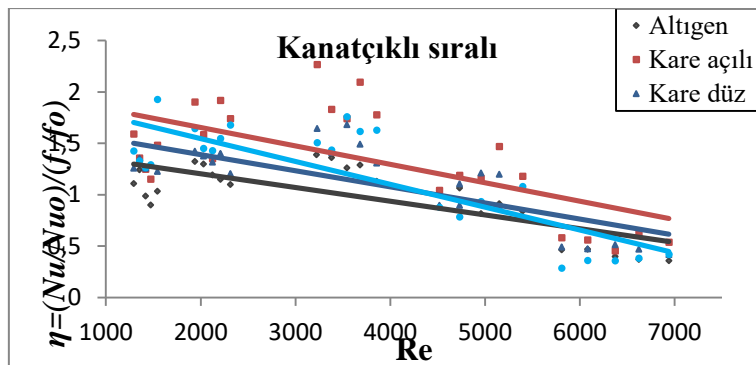


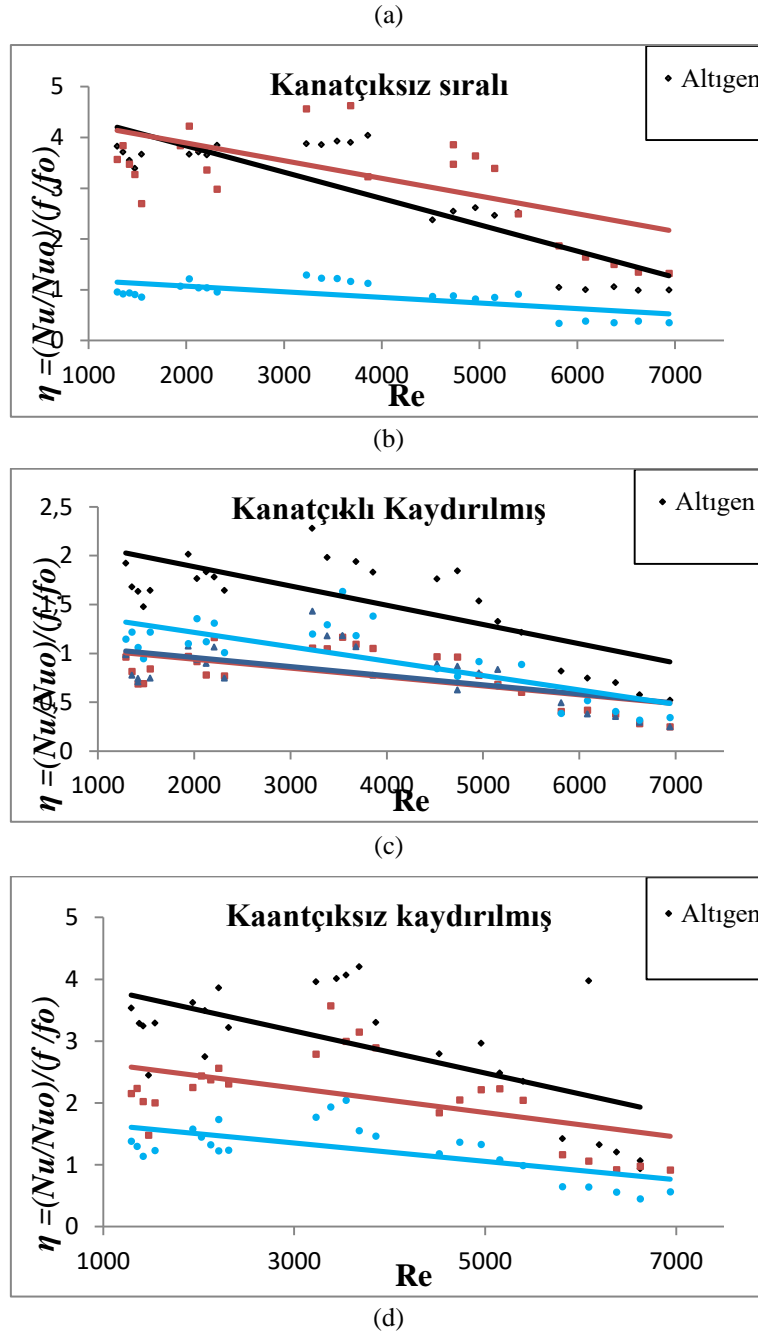
(c)



(d)

Şekil 6. Farklı levha düzenleri ve kanatçıklı ve kanatçksız yönlendiriciler için Reynolds sayısı ile Isıl artış faktörünün (Thermal Enhancement Factor TEF) değişimi





Şekil 7. Farklı levha düzenleri ve kanatçıklı ve kanatçksız yönlendiriciler için Reynolds sayısı ile Isıl performans faktörü (η) arasındaki değişim

Keza bunlar en yüksek ısı artış faktörü (TEF) içinde aynı olduğu söylenebilir. Aynı Reynolds sayıları için her iki levha düzeninde silindirik geometride en düşüktür. Reynolds sayısı arttıkça ısı performans faktörünün (η) eğimi giderek azalma eğilimindedir. Şekil 6 ve Şekil. 7'deki grafiklerden görüleceği üzere (TEF) ısı artış faktörü ve ($\eta \geq 1$) ısı performans faktörü ile Reynolds sayısı arasındaki ilişkiden tasarlanan farklı geometrilerin düşük Reynolds sayılarında, enerji tasarrufu açısından performanslarının uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca düşük Reynolds sayısında pompa gücü açısından ideal olduğu söylenebilir. Buda büyük pompa ve

pompa gücüne ihtiyaç olmadığını göstermektedir.

SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada, dikdörtgen kesitli düzgün sıralı ve kaydırılmış levha düzeninde kanal içerisine yerleştirilmiş içi borulu silindirik, altıgen ve kare kanatçıklı ve kanatçıksız geometriye sahip akış yönlendiriciler içeren HRV özelliklerinde tasarlanmış çapraz akışlı ısı değiştiricisinde akış ve ısı transferi ve deneysel olarak incelenmiş ve analizleri yapılmıştır. Bu akış yönlendiricilerinin ısı transferi ve sürtünme karakteristiklerini belirlemeye yönelik deneysel ve sayısal bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçların ve sayısal hesaplamaların sonuçları birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Isı değiştiricilerinin termodinamik kanunlara göre, tersinmezlikler ve entropi üretimi bakımından analizin sunulduğu bu çalışmada; sonlu sıcaklık farkı, karışım ve akış sürtünmesinden kaynaklanan temel tersinmezlik prensiplerinin irdelenmesinin ardından maksimum entropi üretimi ve sıcaklık kesişimi olguları örnek durumlar belirtilerek açıklanmıştır. Isı değiştiricisindeki maksimum ısı transferi, mevcut çalışma şartları altındaki ısı değiştiricisinde elde edilen yerel minimum entropi üretim noktasında meydana gelir, Sonuç olarak ısı değiştiricisi tasarımında entropi üretiminin ısı transferine olan etkisi dikkate alınmalıdır. NTU değeri tek başına bir tasarım parametresi olarak ele alınmamalıdır. Bazı durumlarda NTU değerinin artırılmasının sıcaklık etkenliğini azaltacağı bilinmelidir. Böyle bir durumla karşılaşıldığında sıcaklık kesişimi oluşumu, ısı değiştiricisi geometrisi ve akış düzenlemelerinde yapılan değişikliklerle giderilmelidir.

SEMBOLLER

C_p	Özgül Isı (kJ/kgK)
C^*	Minimum Isı Kapasite Oranı (kJ/Ks)
E	Toplam Enerji
$\dot{E}_{kayıp}$	Ekserji kaybı
f	Sürtünme Katsayısı
h_e	Özgül Entalepi
I	Tersinmezlik
\dot{m}_s	Kütleli Debi
N	Entropi Üretim Sayısı
NTU	Birim Geçiş Sayısı
Nu	Nusselt Sayısı
Nu_0	Boş Boru İçin Nusselt Sayısı
Pr	Prandtl Sayısı
$S_{üretim}$	Entropi üretimi
\dot{S}_{gen}	Entropi Üretim Oranı
\dot{S}'_{gen}	Entropi Oranı

St	Stanton Sayısı
TEF	Thermal Enhancement Factor
ϕ	Sürtünme Nedeniyle Oluşan Tersinmezliğin Sıcaklık Farkından Kaynaklanan Tersinmezliğe Oranı Olan Boyutsuz Formda Tersinmezlik Dağılım Oranı
ε	Etkenlik
η	Verim
η_v	Verimlilik Oranı
HRV	Isı Geri Kazanım
\dot{W}	İş
$\Delta\Psi$	Akışın kullanılabilirliği

KAYNAKLAR

- Bejan A, 1977, "The Concept of Irreversibility in Heat Exchanger Design: Counterflow Heat Exchangers for Gas-to-Gas Applications", Journal of Heat Transfer, Vol 99,pp. 374-380.
- Bejan A., 1978, "General Criterion For Rating Heat Exchanger Performance", Int. J. Heat Mass Transfer, Vol. 21, pp. 655-658.
- Bejan, A., 1982. Entropy Generation through Fluid Flow, Wiley, New York, 98-134.
- Bejan, A. 2001. "Thermodynamic Optimization of Geometry in Engineering Flow Systems," Exergy Int. J. 1(4), pp. 269- 277.
- Hesselgreaves J.E., 2000, "Rationalisation of second law of heat exchangers", Int. J.Heat and Mass Transfer, Vol 43, pp. 4189-4204.
- London A.L., Shah R.K, 1983, "Cost of irreversibilities in heat exchanger design",Heat Transfer Engineering, Vol.4, pp.59-73
- Natalini G., Sciubba E., 1999, "Minimization of the local rates of entropy production in the design of air-cooled gas turbine blades, J. Engrg. Gas T. Power, Vol 121.
- Sekulic D.P., Herman C.V.,1986, "One Approach To Irreversibility Minimization In Compact Crossflow Heat Exchanger Design", Int. Comm. Heat Mass Transfer, Vol. 13,pp. 23-32.
- Wen, M.Y. and Ho, C.Y., 2009, Heat-transfer enhancement in fin-and-tube heatexchanger with improved fin design, Applied Thermal Engineering, 29, 1050– 1057
- Witte L.C., 1988, "The Influence of Availability Costs on Optimal Heat Exchanger Design ", Journal of Heat Transfer, Vol. Pp.1057
- Khalaji, M.N. ve Kotcioğlu, İ. (2013),"Çapraz Akışlı (HRV) Sisteminde Isı ve Akışın Deneysel ve Sayısal İncelenmesi", Y.L.Tezi Atatürk Üniversitesi
- Kays, W. M. and London, A. L., 1964. "Compact Heat Exchangers". 2nd edition, NewYork, McGraw Hill.
- Kotcioglu, I., Caliskan, S. and Baskaya, S., 2011. Experimental study on the heat transfer and pressure dropof a cross-flow heat exchanger with different pin–fin arrays. Heat Mass Transfer, 47, 1133-1142.

Kotcioglu, I., Cansiz, A. and Khalaji, M.N., 2013. Experimental investigation for optimization of design parameters in a rectangular duct with plate-fins heat exchanger by Taguchi method. *Applied Thermal Engineering*, 50, 604-613.

Kotcioglu, I., Caliskan, S., Cansiz, A. and Baskaya, S., 2010. Second law analysis and heat transfer in a cross-flow heat exchanger with a new winglet-type vortex generator. *Energy*, 35, 3686-3695.

Ömeroglu, G. and Kotcioglu, I., 2007. Farklı tipte kanatçıkların çapraz akışlı ısı değiştiricisinde deneysel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Shah, R.K. and Sekulic, D.P., 2003. *Fundamentals of heat exchangers design*. New Jersey, John Wiley & Sons Inc.

Sahin, B., Yakut, K., Kotcioglu, I. and Celik, C., 2005. Optimum design parameters of a heat exchanger, *Applied Energy*, 82, 90-106.

Sparrow, E.M., Ramsey, J.W. and Altemani, C.A.C., 1980. "Experiments on in-line pin fin arrays and performance comparison with staggered arrays". *ASME J. Heat Transfer*, 102, 44-50.

Yakut, K., Alemdaroglu, N., Kotcioglu, I. and Celik, C., 2006. Experimental investigation of thermal resistance of a heat sink with hexagonal fins" *Applied Thermal Engineering*, 26, 2262-2271.

T/M YÖNTEMİ ile ÜRETİLEN KAMIN KİMYASAL YAPISININ İRDELENMESİ

Burhan SELÇUK^a, Tahsin ÜNLÜ^b, Ahmet YÜCEL^c, Hakan UYGUNUÇARLAR^d

^aCumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Sivas

^bBayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği, Bayburt

^cCumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Sivas

^dTCDD 4. Bölge Loko Bakım Atölyesi, Sivas

Özet

Otomotiv sektöründe kullanılan hareketli parçalardan biri olan kamın ağırlığının hafifletilmesi amacıyla B₄C, SiC ile Fe ve Co tozları, alüminyum fosfat ve fenolik reçine bağlayıcıları kullanılarak T/M yöntemi ile kam üretildi. Farklı kimyasal kompozisyonlarda hazırlanan tozlar sabit basınçta pres altında sıkıştırılarak üretilen kamların sinterleme çalışmaları yapılmıştır. Üretilen kamların SEM görüntüleri yardımıyla mikro yapı EDX analizleri ile elementlerin ve bileşiklerin karakterizasyonu incelendi. Bu çalışmada B₄C ve kobalt tozu alüminyumfosfat veya fenolik reçine gibi bağlayıcılarla uyumlu ve çok iyi kompozit malzeme olacağı görüldü.

Anahtar Kelimeler: Kam, Borkarbür, Seramik tozu, Toz Metalürjisi, Presleme, Sinterleme

Abstract

In order to decrease the weight of a cam lobe which is one of moving part in an engine, it has been produced with P/M (Powder Metallurgy) method including B₄C, SiC and Fe and Co powders, aluminum phosphate and phenol resin lubricants. The powders prepared with the different chemical compositions have been sintered under the constant pressure. It has been analyzed on the characterizations of elements and composites by the help of SEM images and EDX analyses of these produced cam lobes. In this study, it has been approved that B₄C and cobalt powder is one of the composite materials that are more likely to be compatible with aluminum phosphate and phenol resin lubricants.

Keywords: Cam lobe, Powder metallurgy, Pressing, Sintering

1. GİRİŞ

İki ya da daha fazla sayıdaki, aynı veya farklı gruptaki malzemelerin en iyi özelliklerini, yeni ve tek bir malzemedeki toplamak amacıyla, makro düzeyde birleştirilmesi ile elde edilen malzemelere kompozit malzemeler denir (Şahin, 2000). Kompozit malzemeler ikinci fazın şekline göre tanecikli, elyafı, tabakalı ve karma şeklinde sınıflandırılırlar. Parçacıklı kompozitler toz metalürjisi (T/M) yöntemi ile üretilirler.

Toz metalürjisi, çeşitli metal işleme teknolojileri arasında en farklı üretim tekniğidir. Toz şeklindeki malzemelerin preslenmesi ve takiben yüksek sıcaklıkta sinterlenmesi ile parça imalatını kapsamaktadır. İnce partikül şeklindeki saf metaller, alaşımlar, karbon, seramik ve plastik malzemeler birbirleri ile karıştırılarak özel hazırlanmış çelik kalıp içinde basınç altında şekillendirilir. Daha sonra bu parçalar ana bileşenin ergime sıcaklığının altında bir sıcaklıkta

sinterlenerek partiküllerin temas yüzeyleri arasında kuvvetli bir bağ oluşturulup istenilen özellikler elde edilir (Sarıtaş, 2003).

Metal tozların birleştirilmesi iki temel teori üzerine kuruludur. Bunlardan ilki, metal tozların kalıp içinde sıkıştırılması da dâhil tozların mekaniğiyle, ikincisi ise tozlar arasında yüksek sıcaklıkta koruyucu bir atmosfer altında koherant bağ (sinter bağ) oluşturan sinterleme işlemi ile ilgilidir. Sinterleme sıcaklığı tek metal tozun veya homojen alaşım tozlarının ergime sıcaklığının altındadır. Sinterleme sıcaklığı gibi, sinterleme süresi de kullanılan malzemeye göre değişir. Sinterleme sıcaklığı yükseldikçe sinterleme zamanı kısalır (Lenel, 1984).

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI VE ÇALIŞMA KONUSU

Günümüzde T/M yöntemiyle seramik takviyeli kompozit malzeme üretimine yönelik pek çok çalışma mevcuttur. Burada B₄C, SiC, Al₂O₃, TiB, TiC ile takviyeli edilmiş kompozit üretimine yönelik güncel örnek çalışmalar verilmiştir.

Göktaş (1995), alüminyum ve borkarbür bazlı kompozitlerin sinterlenmesi ve karakterizasyonunu incelemiştir. Bu çalışmada her iki malzemenin sinterleme esnasındaki davranışları ortaya konulmuştur.

Selçuk ve arkadaşları (2002), borkarbür ve seramik tozların farklı oranlardaki karışımı sabit basınç altında şekillendirilmiş, sinterlenmiş ve karakterizasyonları, yoğunlukları, sertlikleri incelenmiştir.

Cerit (2010) ve Karamış ve ark. (2012), toz metalürjisi ile farklı tane boyutuna sahip SiC, B₄C ve Al₂O₃ ile takviye edilmiş AA2124 matris malzemesi kullanarak MMK üretmiştir. Toz karışımların presleme işlemleri, 600 MPa basınç altında ve 615°C'de 30 dakika boyunca Ar atmosferde bekletilmesiyle yapılmıştır. Bu kamların tribolojik testleri yapılmış ve aşınma dirençlerini incelemişlerdir.

Çanakçı ve ark. (2013), iki farklı boyut ve farklı oranlarda B₄C partikülü içeren alüminyum alaşım matrisli kompozit elde etmek üzere bir karıştırılmalı döküm sistemi geliştirmiştir. Bu amaçla, A2024 alüminyum alaşımının eritilmesi sırasında B₄C partiküllerinin karışımını artırmak amacıyla, karıştırılmalı döküme geçilmeden önce yeni bir ön işlem yapılmış ve önemli bir iyileşme elde edilmiştir. Bu sistem ile oksitlerin ortamdaki uzaklaştırılmasıyla bor karbürün yüzey şartlarının iyileştiği gözlenmiştir.

Vadayar ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada T/M yöntemiyle ürettikleri titanyum matrisli kompozitte takviye elemanı olarak kullandıkları bor karbürün boyut ve hacimsel oranının kırılma üzerine etkisini araştırmışlardır. Hazırladıkları Ti-B₄C toz karışımını sinterleyerek TiB ve TiC ile takviyelendirilmiş titanyum kompozit elde etmiştir.

Thiyagarajan ve ark. (2015), B₄C takviyeli alüminyum alaşımının aşınma direncini artırmak için B₄C takviyesinin optimum düzeyini belirlemeye yönelik bir çalışma yapmışlardır.

Yücel (2015), bor karbür takviyeli metal matrisli kompozitten (MMK), toz metal (T/M) yöntemiyle kam üretmiş ve içten yanmalı motorlardaki kam-takipçi mekanizmasının

uyarlandığı bir test sisteminde, aşınma dayanımları araştırmıştır. B₄C ve Fe tozu ile bağlayıcı (Distaloy DC + Grafit UF4 + LubeE) içeren MMK kamların aşınma dayanımlarının iyi olduğunu belirlemiştir.

Bu çalışmada, B₄C ve SiC takviyeli kompozitten kam üretimi farklı bağlayıcılar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen kamlar mikro yapı özellikleri araştırılmıştır. Çalışmaya konu olan asıl unsur kam üretimidir.

Dairesel hareket yaparak kam iticisinin değişik hızlarda ve boylarda alternatif hareket yapmasını sağlayan özel biçimli makine elemanına kam denir. Kamlar makinelerdeki otomatik düzeneklerin çalıştırılmasında önemli rol oynarlar. Özellikle patlamalı ve yanmalı motorlarda gaz giriş ve çıkışını sağlayan supapların hareketinin sağlanmasında kullanılır (Meneghetti ve Maggiore, 2011).

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Toz Metalürjisi Yöntemi ile Kam İmalatı

Cumhuriyet Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan kam kalıbı (Şekil 1) kullanılarak toz metalürjisi yöntemi ile kam imalatı yapıldı (Şekil 2; Uygunuçlar, 2010). Kam üretiminde kullanılacak tozlar ve bağlayıcılar temin edilerek kam üretimi özel bir laboratuvarında gerçekleştirildi. Tozları aynı boyuta getirmek ve homojen karışımı sağlamak için bir öğütme-karıştırma değirmeni, hazırlanan tozların şekillendirilmesi için bir pres (Şekil 3) ve sinterlemek için de Lenton marka bir fırın (Şekil 4) kullanıldı. Üretilen kamların mikro yapısını incelemek için SEM görüntüsü ve kimyasal bileşimini belirlemek için EDX analizi alındı.



Şekil 1. Üretilen kam kalıbı ve parçaları



Şekil 2. Üretilen kam



Şekil 3. Prese bağlı kam kalıbı ve ısıtıcı



Şekil 4. Sinterleme fırını

3.2. Tozların Hazırlanması ve Karıştırılması

Kam üretimi için Sivas ESTAŞ firmasından bor karbür (B_4C), silisyum karbür (SiC) tozları, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünden demir tozu, Yrd. Doç. Dr. Tahsin ÜNLÜ Bey'den kobalt tozu ve Çukurova Kimya firmasından fenolik reçine temin edildi. Kam üretiminde kullanılacak tozların sıkıştırılması sırasında birbirleri ile tutunmaları için potasyum silikat (K_2OSiO_2), alüminyum fosfat ($Al_2O_3P_2O_5nH_2O$) ve fenolik reçine gibi bağlayıcılar kullanıldı. Fenolik reçine, metil alkol-izopropial alkol karışımı içinde çözündürülüp içine hegzametiltetramin $[(CH_2)_6N_4]$ ile kalsiyum stearat $[(C_{17}H_{35}COO)_2Ca]$ ilave edilerek bakalit yapısı hazırlandı. Kam üretiminde kullanılacak tozlar beş değişik oranda (Çizelge 1) hazırlandı.

3.3. Kamın Üretimi (Tozların Şekillendirilmesi) ve Sinterleme İşlemi

Kam üretimi için gerekli karışımlar Çizelge 1'de verildiği şekli ile hazırlandı. Bu toz karışımları, öğütme ve karıştırma değirmeninde takriben aynı tane boyutuna getirildikten sonra 1ci karışıma potasyum silikat, 2ci ve 3ci karışıma Alüminyum Fosfat, 4cü ve 5ci karışıma Fenolik Reçine ilave edildi ve karışım 30-60 dakika süre ile karıştırılarak homojen hale getirilmeye çalışıldı. Şekil 1'de görülen kalıp prese bağlandı ve kalıbın dış yüzeyi harici bir ısıtıcı ile çepeçevre sarıldı (Şekil 3). Bu ısıtıcı, işlem sırasında sadece iç tarafa, yani kalıba ısı vermektedir. Daha sonra ön ısıtılmış (yaklaşık $150^\circ C$ 'de) kalıp içerisine hazırlanan toz karışımları kondu ve 150 bar basınçla kamlar şekillendirildi (Şekil 2). Ön ısıtmanın amacı hem toz karışımındaki nemi almak hem de bağlayıcı tozların iyi bağlanmasını sağlamaktır.

Çizelge 1. Metal tozların karışım oranları

Toz Çeşitleri	1	2	3	4	5
Demir (Fe) Tozu (gr)	50	40	50	50	-----
Kobalt (Co) Tozu (gr)	-----	-----	-----	-----	50
Silisyum Karbür (SiC) Tozu (gr)	50	40	-----	-----	-----
Bor Karbür (B_4C) Tozu (gr)	-----	20	50	50	50
Potasyum Silikat (K_2OSiO_2)	10	-----	-----	-----	-----
Alüminyum Fosfat ($Al_2O_3P_2O_5nH_2O$) (gr)	-----	10	10	-----	-----
Fenolik Reçine (gr)	-----	-----	-----	15	15

Şekillendirilen tüm kamlar, sinterlemek amacıyla gruplar halinde Şekil 4'de görülen fırında 22 saat süre ile 1ci karışım $960^\circ C$, diğerleri $1060^\circ C$ sıcaklığa ısıtıldılar ve 30-60 dakika beklendikten sonra fırın oda sıcaklığına soğutuldu. Sinterlemenin amacı; ergime noktası düşük malzemelerin sinterleme esnasında ergiyerek, yüksek ergime noktasına sahip tozların arasındaki boşlukları doldurması ve ayrıca sinterleme esnasında ön ısıtmada tam olarak ortamı terk etmemiş olan bağlayıcının hava ile yakılarak ortamdaki uzaklaştırılmasını sağlamaktır.

Çizelge 1'de verilen karışımlarda yer alan ıslatıcı maddeler, ön ısıtma ve sonra sinterleme işlemi ile tozların hidrojen bağlarıyla bağlanarak kamların rijitlik kazanmasını sağlamaktadır. Ön ısıtma karıştırılan tozların birbirini sarması ve tozları bir arada tutması için gerekli sıcaklıktır. Sinterleme, ergime sıcaklığı düşük bir bağlayıcı toz ile ergime sıcaklığı çok yüksek malzeme tozları arasında birleşmeyi sağlayarak kompozit elde etme işlemidir. Gerek ön ısıtma gerekse

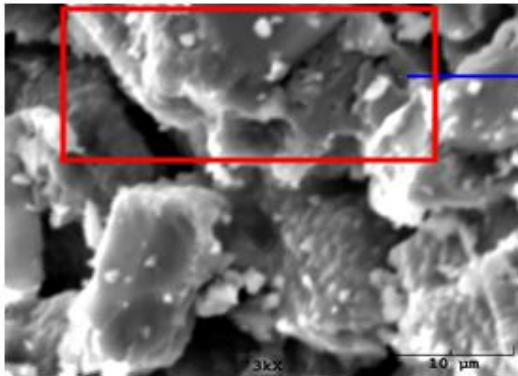
sinterleme sırasında ortaya çıkan bağa sinter bağı denir. Sinter bağı metalik bağdan daha serttir (aşınmaya dayanıklı) ve mukavemetlidir (Lenel 1984; Sarıtaş, 2003).

Kalıplama işlemi tamamlandıktan sonra kam numuneler kalıptan çıkarıldılar. Bu kamlar, 300°C sıcaklığa ön ısıtılmış fırına (Şekil 4) konarak 1ci karışım 960°C, diğer dört karışımda 1060°C sıcaklıkta sinterlendiler. Bu işlemden sonra kamlar fırın içinde bırakılarak oda sıcaklığına soğutuldu. Sinterleme işlemi sırasında ise fenol reçineden arta kalan nem ve oksijenin kamlardan uzaklaşması sağlandı. Daha sonra fırından alınan bu numunelerin (Şekil 2), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Laboratuvarlarında SEM görüntüleri ile EDX grafikleri ve analizleri alındı (Şekil 5-17).

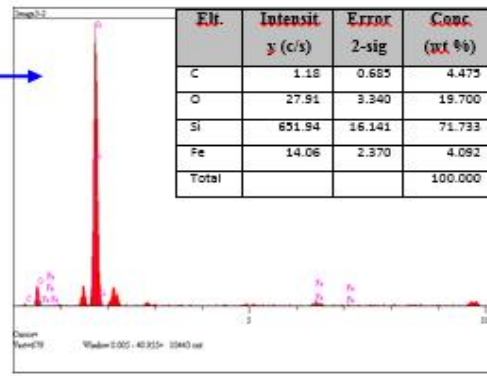
3.4. İmal Edilen Malzemelerin SEM-EDX Görüntüleri ve Kimyasal Analizleri

3.4.1. Demir Tozu ve Silisyum Karbür Tozu Karışımı

%50 SiC tozu ve %50 Fe tozu ile %10 potasyum silikat (K_2OSiO_2) bağlayıcısının karışımından (1ci karışım) üretilen ve 960°C sinterlendikten sonra oda sıcaklığına soğutulan kamin SEM görüntüsü Şekil 5’de ve EDX analizi sonuçları Şekil 6 ve içindeki çizelgede verilmiştir. EDX analizi, SEM görüntüsü üzerinde görülen dörtgen alan içinden alınmıştır. EDX grafiğinde ve içindeki çizelgede, karıştırılan tozlarda yer alan elementler görülmektedir. Gerek grafikte gerekse çizelgede oksijen görülmektedir. Bağlayıcıda yer alan O (oksijen)’in sinterleme esnasında tam olarak giderilemediği sonucuna götürmektedir. Ayrıca Si pikinin yüksek olması, analiz alınan noktada Si’un yoğun bulunduğunu göstermektedir. Bu da toz karışımının istenen homojen yapıda olmadığı sonucunu göstermektedir.



Şekil 5. Fe ve SiC tozları karışımının SEM görüntüsü



Şekil 6. Şekil 5’deki dörtgen alana ait EDX grafiği ve ilgili alandaki element çizelgesi

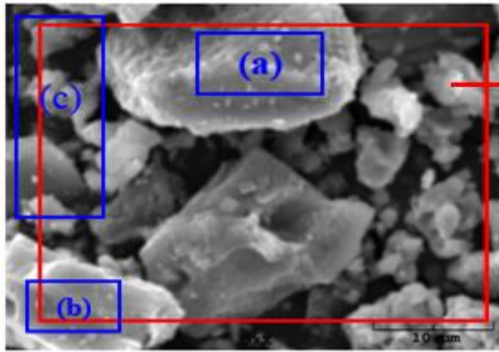
3.4.2. Demir Tozu ve Silisyum Karbür Tozu ve Bor Karbür Tozu Karışımı

%40 SiC tozu, %40 Fe tozu ve %20 B_4C tozu ile %10 alüminyum fosfat ($Al_2O_3P_2O_5nH_2O$) bağlayıcısı karışımından (2ci karışım) üretilen ve sinterlenen kamdan alınan SEM görüntüsü Şekil 7’te ve EDX analiz grafiği Şekil 8’de görülmektedir. Şekil 8 ve içindeki çizelgede yer alan elementler Şekil 7 içindeki kırmızı dörtgen bölgesi taranarak alınmıştır. Farklı bölgelerden (a, b, c alanları) alınan EDX analiz sonuçları ise Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11’de ilgili alanlara ait elementlerin ağırlıklarını gösteren çizelgelerde aynı şekiller içinde verilmiştir.

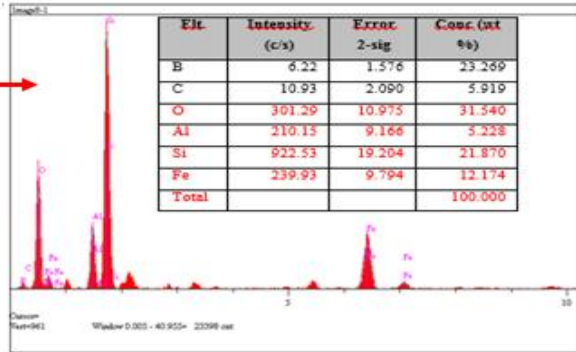
Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10 ve Şekil 11’de Fe-SiC-B₄C tozları karışımında ve bağlayıcıda yer alan elementler (B, C, O, Al, Si, Fe) görülmektedir. Bu elementlerden Al ve O bağlayıcıda buldukları için yapıda yer almışlardır. Bu nedenle Al bulunması normaldir. Ancak oksijen son sinterleme sırasında yapıdan uzaklaşması gerekirdi. Sinterleme sırasında oksijenin yapıdan uzaklaşması için yeterli bir zamanın verilmediğinden yapıda kaldığı söylenebilir.

Şekil 7’deki a, b ve c bölgelerinden alınan EDX analiz sonuçlarında dikkat çeken bir husus; Şekil 9, Şekil 10 ve Şekil 11’de C’un ve Şekil 9’da ise Fe’in bulunmamasıdır. Bu durum ise toz karışımının homojen olmadığını göstermekte ve bu bölgelerde C’un oksijen ile birleşerek gaz halinde yapıdan uzaklaştığı da söylenebilir.

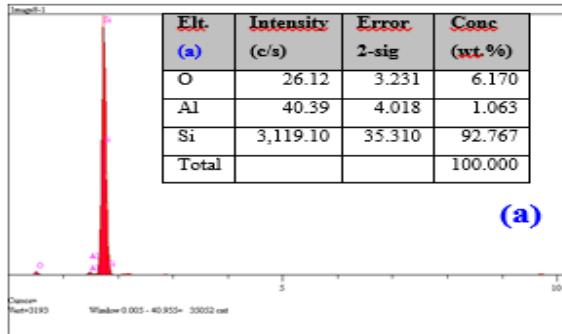
Ayrıca 2ci karışımın değişik noktalarından alınan EDX analizlerinde B (Şekil 7) ve Si’un (Şekil 9), bazı noktalarda da Si ile Fe’in yoğun bulunduğu görülmektedir (Şekil 8, Şekil 10, Şekil 11). Bu ise toz karışımının istenen homojen yapıda olmadığı sonucunu göstermektedir.



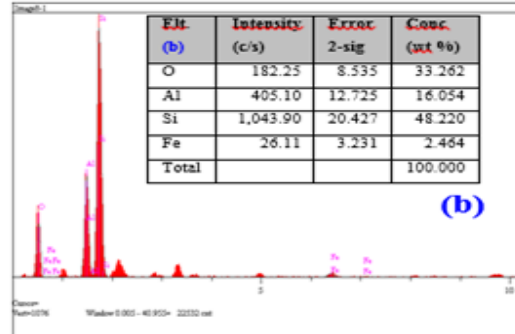
Şekil 7. Fe-SiC-B₄C tozları karışımının görüntüsü



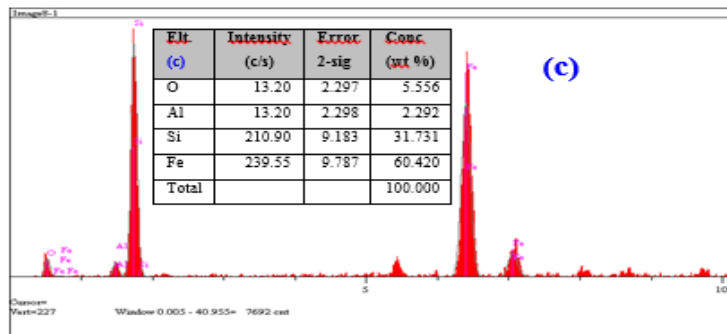
Şekil 8. Şekil 7’deki SEM görüntüsündeki kırmızı SEM dörtgen içinden alınan EDX grafiği ve çizelgesi



Şekil 9. Şekil 7’deki (a) alanına ait EDX grafiği ve ilgili alandaki element çizelgesi



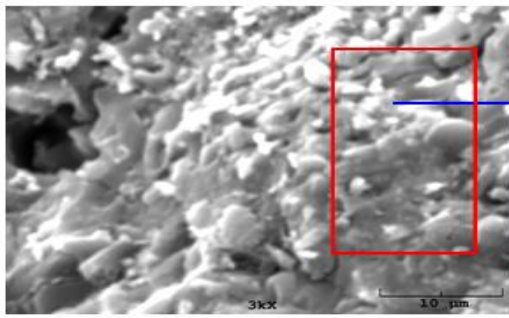
Şekil 10. Şekil 7’deki (b) alanına ait EDX grafiği ve ilgili alandaki element çizelgesi



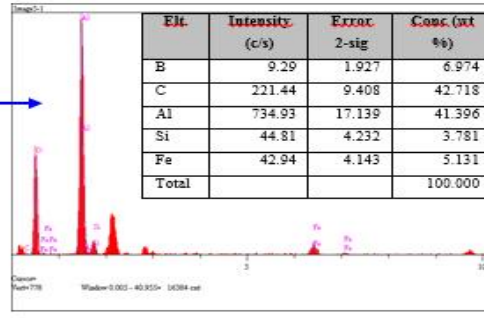
Şekil 11. Şekil 7’deki (c) alanına ait EDX grafiği ve ilgili alandaki element çizelgesi

3.4.3. Demir Tozu ve Bor Karbür Tozu Karışımı

%50 Fe tozu ve %50 B₄C tozu ile %10 alüminyum fosfat (Al₂O₃P₂O₅nH₂O) bağlayıcısı karışımından (3c karışım) üretilen ve sinterlenen kamdan alınan SEM görüntüsü Şekil 12’de ve EDX analizi sonuçları ise Şekil 13 ve içindeki çizelgede verilmiştir. EDX analizi SEM görüntüsü üzerinde görülen dörtgen alan içinden alınmıştır. EDX grafiğinde ve içindeki çizelgede, karıştırılan tozlarda yer alan elementler ve karışımda olmayan Si görülmektedir. Normalde karışımda olmayan Si elementinin, 2ci karışımdan sonra değirmenin iyi temizlenmemesi sonucu değirmen içinde kalan artık tozlardan karışıma girdiği düşünülmektedir. Şekil 13 ve içindeki çizelgede görülen Al elementi ise bağlayıcıdan arta kaldığı ve yapıda yer aldığı, bağlayıcıda yer alan O (oksijen)’in sinterleme sırasında yapıdan uzaklaştığı kabul edilmektedir. Ayrıca Al ve C’ün yoğun bulunduğu (Şekil 13) toz karışımının homojen olmadığını işaret etmektedir.



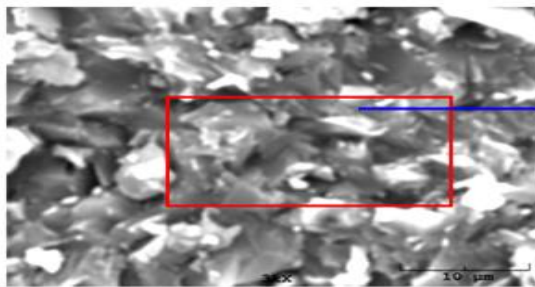
Şekil 12. Fe ve B₄C tozları karışımının SEM görüntüsü



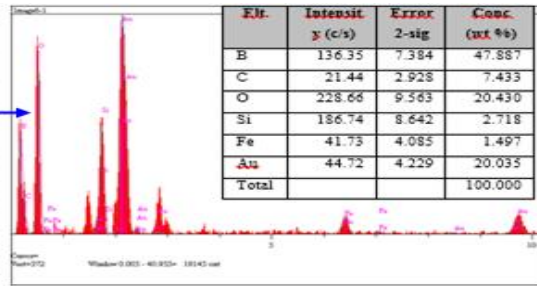
Şekil 13. Şekil 12’deki dörtgen alana ait EDX grafiği ve ilgili alandaki element çizelgesi

3.4.4. Demir Tozu ve Bor Karbür Tozu Karışımı

%50 Fe tozu ve %50 B₄C tozu ile %15 fenolik reçine bağlayıcısı karışımından (4cü karışım) üretilen ve sinterlenen kamdan alınan SEM görüntüsü Şekil 14’de ve EDX analizi sonuçları ise Şekil 15 ve içindeki çizelgede verilmiştir. EDX analizi, SEM görüntüsü üzerinde görülen kırmızı dörtgen alan içinden alınmıştır. EDX grafiğinde ve içindeki çizelgede, karıştırılan tozlarda yer alan elementler ve karışımda olmayan Si, O ve Au görülmektedir. Normalde karışımda olmayan bu elementlerden Si, 2ci karışımdan sonra değirmenin iyi temizlenmemesi sonucu değirmen içinde kalan artık tozlardan karışıma girdiği düşünülmektedir. Şekil 15 ve içindeki çizelgede görülen oksijenin bağlayıcıdan geldiği ve sinterleme esnasında giderilemediği ve altın (Au) elementinin ise, EDX analizi için yapılan altın kaplamadan yapıya karıştığı sanılmaktadır.



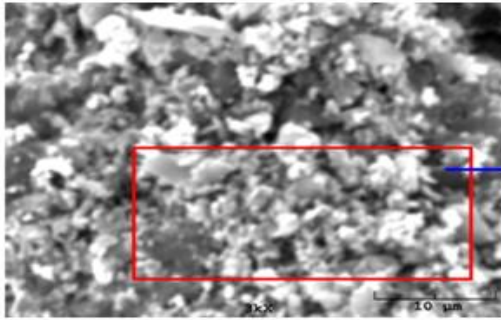
Şekil 14. Fe ve B₄C tozları karışımının SEM görüntüsü



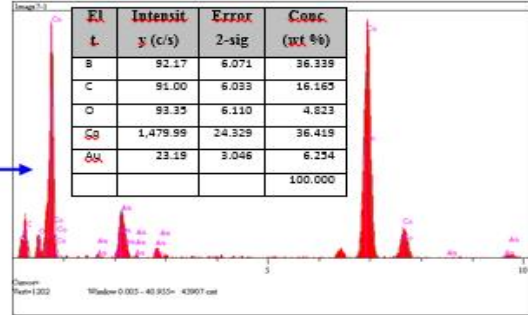
Şekil 15. Şekil 14’deki dörtgen alana ait EDX grafiği ve ilgili alandaki element çizelgesi

3.4.5. Kobalt Tozu ve Bor Karbür Tozu Karışımı

%50 Co tozu ve %50 B₄C tozu ile %15 fenolik reçine bağlayıcısı karışımından (5cü karışım) üretilen ve sinterlenen kamdan alınan SEM görüntüsü Şekil 16'de ve EDX analizi sonuçları ise Şekil 17 ve içindeki çizelgede verilmiştir. EDX analizi, SEM görüntüsü üzerinde görülen dörtgen alan içinden alınmıştır. EDX grafiğinde ve içindeki çizelgede, karıştırılan tozlarda yer alan elementler ve karışımda olmayan altın (Au) ve oksijen (O) elementi görülmektedir. Normalde karışımda olmayan altın, EDX analizi için yapılan altın kaplamadan yapıya karıştığı, oksijenin ise bağlayıcıdan geldiği ve son sinterleme esnasında giderilemediği düşünülmektedir. Ayrıca analiz bölgesinde yoğun olarak Co'ın bulunması toz karışımının istenilen homojen yapıda olmadığını göstermektedir.



Şekil 16. Co ve B₄C tozları karışımının SEM görüntüsü



Şekil 17. Şekil 16'daki dörtgen alana ait EDX grafiği ve ilgili alandaki element çizelgesi

4. SONUÇ

Bu tip çalışmalarda mükemmel fiziksel özelliklere sahip borkarbürün şekillendirilmesinde sıcak iş presi (hot press), vakum ve ark fırını gibi ileri teknoloji gerektiren sistemleri kullanmak yerine mevcut basit teknolojik imkânlar çerçevesinde şekillendirme yoluna gidilerek, maliyeti düşürmek ve kullanım alanlarını artırmaktır. Toz metalürjisinde bağlayıcı, tozların tane boyutu ve homojen karışım önemlidir. B₄C ve kobalt tozu alüminyumfosfat veya fenolik reçine gibi bağlayıcılar kompozit malzeme için uygun olduğu görülmüştür. Ancak B₄C, SiC gibi seramik tozları ile demir tozlarının yan reaksiyonlara açık olduğu için kompozit malzeme üretiminde pasif bir ıslatıcı tercih edilerek önlem alınmalıdır.

Sinterleme sıcaklığı bağlayıcı özelliğine bağlı olarak seçilmeli, öğütme ve karıştırma değirmenleri çok iyi temizlenmelidir. Değişik bağlayıcılar kullanılmalı, gözeneklilik ve aşınma testleri de yapılmalıdır.

TEŞEKKÜR

Toz temininde yardımcı olan kuruluşlara ve Yrd. Doç. Dr. Tahsin ÜNLÜ Bey'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Cerit, A., (2010), “Metal Matrisli Kompozitlerin Kam Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı* (Doktora Tezi), 238s, Kayseri
- Çanakçı, A., Arslan, F., Varol, T., (2013), “Effect of volume fraction and size of B₄C particles on production and microstructure properties of B₄C reinforced aluminium alloy composites” *Materials Science and Technology*, Volume: 29 Issue: 8, 954-960
- Göktaş, A., (1995), “Al₂O₃-B₄C Kompozit Seramiklerin Sinterlenmesi Ve Karakterizasyonu” *8. Uluslar Arası Metalurji Ve Malzeme Kongresi*, 6-9 Haziran, İstanbul
- Karamis, M. B., Cerit, A.A., Selcuk, B., Nair, F., (2012), “The effects of different ceramics size and volume fraction on wear behavior of Al matrix composites (for automobile cam material)”, *Wear*, Vol, 289, pages 713-81
- Lenel Fritz Z. (1984). ‘Mechanical Fundamentals of Consolidation’, *Metals Handbook Ninth Edition, Vol.7, Powder Metallurgy, American Society of Metals*, pp. 296-308.
- Meneghetti, U., Maggiore, A., (2011), “Antique Applications of Cam Mechanism” *13th World Congress in Mechanism and Machine Science*, Guanajuato, Mexico, 19-25 June
- Sarıtaş, S., (1994), “Toz Metalürjisi”, *Makina Mühendisliği El Kitabı, Cilt 1, Makina Mühendisleri Odası*, Ankara, , 2-64/2-82
- Selçuk, B., Ünlü, T., Yücel, A., Namlı, N. (2002), “Bor Karbürün Seramik Tozu ile Şekillendirilmesi ve Karakterizasyonu”, *3th International Powder Metallurgy Conference, Turkish Powder Metallurgy Association, Gazi University*, pp 886-895, 4-8 September, Ankara, Turkey
- Şahin, Y., (2000), “Kompozit Malzemelere Giriş”, Gazi Üniversitesi, Gazi Kitapevi, Ankara
- Thiyagarajan, T., Subramanian, R., Dharmalingam, S., Radika, N., Gowrisankar, A., (2015), “Wear Behaviour of B₄C Reinforced Hybrid Aluminum-Matrix Composites”, *Materiali in Tehnologije*, Volume: 49 Issue: 1, 9-13
- Uygunçar, H., (2010), “Toz Metalürjisi ile Kam İmalatı ve İmal Edilen Kamın Kimyasal Yapısının İncelenmesi” *Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 98s, Sivas
- Vadayara, K.S., Devaki, S., Rani, S.D., Bhanu V.V., (2014), “Effect of boron carbide particle size and volume fraction of TiB-TiC reinforcement on Fractography of PM processed Titanium matrix Composites”, *Procedia Materials Science* 6, pp1329 – 1335
- Yücel, A., (2015), “Metal Matrisli Kompozitlerden Kam Üretiminin Araştırılması”, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı* (Doktora Tezi), 97s, Sivas

KİLİTLİ PARKE TAŞ KAPLAMALARIN BAKIM VE KORUMA REHBERİ

Atakan AKSOY, Erol İSKENDER
Karadeniz Teknik Üniversitesi

Özet

Kilitli beton parke taş kaplamalar; iyi tasarlandıklarında, düşük bakım gereksinimi oluşturmaktadır. Dokusal özellikleriyle, uzun yıllar boyunca, kent mobilyaları bağlamında, estetik özellikler ortaya koymaktadır. Yaya trafiği ve araç trafiği etkisi altında, kilit taş kaplamalar; kirlenmeye, leke oluşumuna ve aşınmaya maruz kalmaktadırlar. Bu araştırma, kilit parke taş kaplama tasarımını ifade etmekte, kirlenen ve aşınan yüzeylerin orijinal estetiğine ulaşması için, kirden arındırma, temizleme ve yüzey kaplanması için bir rehber tanımlaması yapmaktadır. Yüzey kaplanması ve derzlerin korunması anlamında, uygun malzemeler tanımlanmakta, bu malzemelerin dokusal, renksel, derz dolgu özellikleri, ultraviyole ışık direnci bakımından etkileri tartışılmaktadır. Kilit parke taş kaplamaların profesyonel olarak temizliği konusunda bir rehber çalışması önerilmektedir. En iyi sonuca ulaşmak için, doğru kir çıkarıcı malzemelerin kullanılması ve bu rehberde belirtilen solventler ve su bazlı izolasyon, silan ve siloksanlar, akrilikler, üretanlar gibi malzemelerin uygulama biçimleri ve özellikleri sunulmaktadır. Kilit parke taş kaplamalar üzerindeki kirlilik sınıflandırması yapılmakta, kirlilik biçimlerine bağlı olarak doğru kir çıkarma yöntemleri tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Kilit beton parke taş kaplama, kir ve leke temizliği, temizleme yöntemi, yüzey kaplama, solventler ve su bazlı izolasyon, silan ve siloksanlar, akrilikler, üretanlar*

1. GİRİŞ

Amerika’da yapılan araştırma, kaplama yüzeylerinin daima suyun sızmasına imkan verdiğini göstermektedir. Araç trafiğine maruz olan beton parke kaplamalarda, her zaman, derzlerin araç tekerleklerinin vakum etkisiyle kırıntı malzemelerle dolmasına müsaade etmemekte yapıştırma etkisi oluşmaktadır. Düşük vizkoziteli bir polimerik kaplama malzemesi, bu erozyon problemleri ile başa çıkabilmektedir. Derz kumlarının erozyonu için dört formasyon tanımlanmıştır. Derz kumları stabilize edilirken sızdırmazlık maddesi aynı zamanda, kaplama dayanımını artırmakta, kaplama derzlerine petrol atıklarının ve suyun penetrasyonuna direnç oluşturmakta, derzlerde kir kaplanması ve ot gelişimine karşı direnç oluşturmaktadır [1].

Derz kumlarının erozyonu için, dört biçim tanımlanmıştır. Jet motorları ve pervane rüzgarlarının oluşturduğu yıkamalar, vakum süpürücüler, yüksek basınçlı temizleyiciler, yüksek hızlı su akımları, alttaki tabakalardan basınç etkisiyle malzeme pompalanması ve ayrışma etkileri derz kumlarının erozyonuna neden olmaktadır [2].

2. KAPLAMA TEMİZLEME MALZEMELERİ ve KİRLİK TÜRLERİ

Üç tür kaplama malzemesi genellikle kilit parke kaplamalar için kullanılmaktadır. Su bazlı, solvent bazlı akrilikler ve nem kür edici üretiler kullanılan bu malzemelerdir. Deneyimler; üretiler kaplayıcıların kaplamanın absorpsiyon yeteneğinin azaltılmasında ve derz kumlarının korunmasında en etkili olduğunu göstermektedir. Bu tür sızdırmazlık maddelerinin etkinliği, yürüyüş yollarından ağır endüstriyel kaplamalara kadar birçok uygulamada uzun süreli etkinliği kanıtlanmıştır. Yüzey boşlukları azaltılmakta, kirlerin penetrasyonuna karşı önlem alınmakta ve temizlenme etkisine böylece katkıda bulunmaktadır. Dayanım artırılmakta ve performans sürdürülmektedir. Kayma gerilmelerinin komşu ünitelere iletimi sağlanabilmekte, derzlerdeki kum korunabilmektedir. Derzlere kumun ve kirlerin girmesi engellenmekte, derz kumları stabilize edilmekte, havaalanı kaplamalarında jet motorlarının kavurucu etkilerinden derz kumlarının erozyonu önlenmektedir. Birçok bu amaçlı maddenin bazı zararlı içerikleri barındırmasından dolayı, sıkı bir biçimde, üreticinin açıklamaları sağlık ve güvenlik bakımından dikkate alınmalı ve özel itina gösterilmelidir [3].



Şekil 1. Parke kaplama - kum temizlemesi [4]

Tablo 1. Beton kaplamalar için kaplama (sealer) malzemeleri [3]

	Patika, yürüyüş yolları, havuz kenarları	Konut ve ticari alan kısımları	Garlar, istasyonlar, havaalanları	Klorine, ağır buz çözücülere maruz alanlar	Cilalama, düzleştirme	Renk güçlendirme	Derzler ve stabilizerler	UV direnci	Yeniden kaplama	Kalıntıların temizlenmesi	Fiyat
Silan	Evet	Evet		Evet	Düzleştirme	Azalma		Evet	Evet	Orta	++
Siloksan	Evet	Evet		Evet	Düzleştirme	Azalma		Evet	Evet	Zor	++
Akrilik	Evet	Evet			Perdah	Evet	Evet	Evet	Evet	Zor	+
Üretiler	Evet	Evet	Evet	Evet	Perdah	Evet	Evet	Değişken	Hayır	Çok zor	++

Kaplamalar üzerinde çeşitli şekillerde kirlilikler – lekeler oluşabilmektedir. Bunlar aşağıda genel hatları ile verilmiştir.

Asit yağmurları: Betonların renk pigmentlerini çözmekte, kaplamaların yüzeyini erozyona uğratmakta, mat bir hale getirmekte, oyuklu, dokusal kaybı oluşmuş bir durum oluşturmaktadır.

UV Işınları/klor tabanlı yüzme havuzu kimyasalları: dramatik bir biçimde, renklendirilmiş betonları, taşları zamanla rengini karartmaktadır.

Donma-çözülme döngüleri: betonun boşluklarında yağmur suyunun emilmesi ve donma çözülme döngüleri ile betonun hücreleri ve bütünlüğü zarar görmektedir. Zamanla, beton kalınlığı azalmaktadır. 5,10,15,20 yıllarında yürüyüş yollarının yeni inşa edilenlerle karşılaştırıldığında kalınlık farklı belirgin biçimde kendini göstermektedir.

Buz çözücü tuzlar, betonun düzgün yüzeyini çukurlaştırmaktadırlar. Bir kış yılı içinde korunmasız betonda etkisi gözlenebilmektedir.

Tozlanma çiçeklenme kalıntıları: Beton yüzeyinde beyazımsı bir bulanıklık oluşturmakta, kaplamanın gerçek rengini gizlemekte, nem buharlaşmasını engellemekte, yüzey boşluklarında kirleri yüzeye yapıştırmakta, beton yüzeyine kaplama yapmadan önce bu tabaka kaldırılmalıdır.

Otlar, ve diğer sebzeler: Kaplamanın arasında yetişmekte, derzlerin altlarında kirlerle birlikte kökleşme ile kaplama bütünlüğü bozulmaktadır.

Kum kaybı: Rüzgar, yağmur yıkaması ile kum kaybı oluşmaktadır. Temel tabakası stabilize malzeme kaybı oluşmakta, derzlere kum stabilizasyonu ivedilik gerektirmektedir.

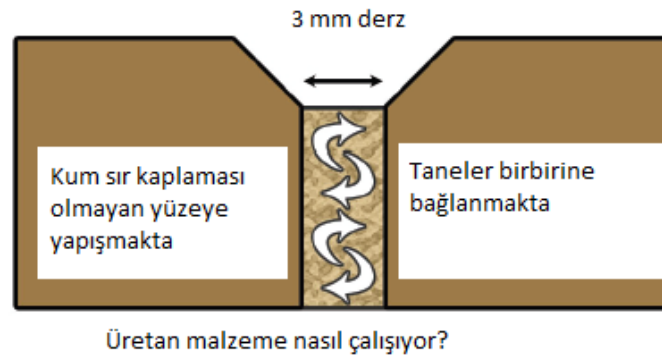
Lekeler: Bazı kaplama sızdırmazlık malzemeleri ile su geçirmez püskürtme boyalar ile hasar ve lekeler önlenmektedir.

Akrilikler: Akrilik kaplamalar, solvent bazlı ya da su bazlı olabilirler. Kaplama renklerini güçlendirirler. Yüzeylerde parlaklık oluşturmaktadırlar. Kirlere karşı akriliklerin direnci iyidir. Durabiliteleri, trafiğe, akrilik kalitesine ve katı madde içeriklerine bağlı olmaktadır. Solvent bazlı akrilikler daha iyi penetre olmaktadır. Bu nedenle yüzey aşınmasına karşı daha dirençli olmaktadır. Beton kaplamalar için geliştirilmiş akrilikler, zamanla sararmaya karşı daha dirençli olmaktadır. Akrilikler, yüksek aşınmaya maruz kalan alanlarda uygulanmamalıdır. Yüksek aşınma özelliği gösterecek endüstriyel kaplamalarda veya döşemelerde kullanılmamalıdır. Su bazlı akrilikler, iç uygulamalarda iyi sonuç vermektedir.

Silanlar-Siloksanlar: Durabil malzemelerdir. Betona iyi derecede penetre olabilmektedir. Silanlar daha basit formdadır, nemle buluştuklarında diğer silan malzemelere bağlanmaya başlarlar. Siloksanlar aynı bağlanmayı oluştururlar. Bu kimyasalların hepsi, polimer olmasına karşın, betonun boşluklarında kür olmaları bakımından, suyun girişine imkan vermemekte ancak nemin dışarı çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle kaplamaların nefes almasına katkı yapmaktadır. Silan ve siloksanlar, betona nemin girmesine imkan vermezken, beton kaplamaların yüzeylerindeki çiçeklenme-beyazlaşmaları önlemektedir. Cilalı bir yüzey oluşmasının önüne geçmektedir. Petrol kirlerine karşı koyamamaktadırlar. Birçok silan ve

siloksan malzemeler solvent bazlıdır. Bazı imalatçılar, su bazlı olanları da üretmektedir. Suyla seyreltildikten sonra kısa bir raf ömrüne sahip olmaktadır.

Üretanlar: Renkleri güçlendirmekte olup, cilalı bir yüzey oluşumuna neden olurlar. Solvent ya da su bazlı olabilirler. Aromatik üretanlar, zamanla sararmayı önleyen bir ultraviyole önleyici içerebilir. Ürün etiketleri, UV dayanımlı olduğunu belirtmelidir. Akiriklerden, kimyasallara karşı çok daha dayanıklıdır. Alifatik üretanlar, kaplama yüzeylerinin kaplanması için kullanılmalıdır ancak elastomerik (aromatik veya alifatik) üretanlar ise başlıca gereksinimin derz kumlarının stabilizesi olduğunda kullanılmalıdır. ASTM D2370 standardı uygulanmalıdır. Bu maddeler, buz çözücü kimyasallara ve petrol ürünleriyle ayrılmaya karşı dayanıklıdır. Ağır endüstriyel alanlar ve havaalanları ve gaz istasyonları için üretanlar uygun olmaktadır. Üretanların sökülmesi durumunda metilen diklorit kullanılmalıdır.



Şekil 2. Üretan malzemenin etkinliği [5]

3. KAPLAMA TEMİZLEME YÖNTEMLERİ

Doğru temizleme ve kaplama adımları için, belli alanlardaki kirlerin kaldırılması, çiçeklenme-tozlanma biçimlenmesi yoksa ticari bir deterjanla kaplamanın temizlenmesi, eğer çiçeklenme ve tozlanma etkileri varsa asit bazlı bir temizleyici ile kaplamanın temizlenmesi, kısımların durulanması, sonra bütün alanın temiz suyla yıkanması gerekir. Hidroklorik asit kesinlikle kullanılmamalıdır. En azından 24-48 saat süre ile kaplamanın tamamen kurulanmasına özen gösterilmelidir. Daha sonra süpürge silindiri ile düşük basınçlı sipreyleme şeklinde kaplama kaplanmalıdır. Birçok temizleyici ve kaplayıcı malzeme bulunmaktadır. Uyarılar dikkate alınarak malzeme kullanılmalıdır. Kaplama oranları üreticiye göre değişebilmektedir [6].

Betondan kirleri kaldırmanın yaygın yöntemleri aşağıda listelenmiştir. Çoğu yöntem evsel kimyasalların kullanımını içermektedir. Verilen bilgiler yazım zamanında mevcut olan en iyi bilgilerdir. ICPI verilen bilgilerin kullanımından doğan sorumlulukları kabul etmemektedir. Kullanıcılara, beton kaplamalarda sıkça oluşan lekeleri temizlemek için kullanmaları tavsiye edilmektedir. Bunlar muhtemelen daha etkili olacaktır [3].

Asfalt ve emülsifiye asfalt - buz ile soğut (eğer hava ılıman ise), kazıyarak çıkart ve yüzeyi fırçalayarak veya aşındırıcı tozlarla temizle.

Katbek asfalt ve çatı katranı - ince silisli toprak veya talktan yapılmış toz kullan. Kerosen ile karıştır, ovala, kurula ve fırça ile tozunu al. Gerektiği kadar tekrar et.

Kan, şeker, ketçap, hardal, yiyeceklerden dökülen yağlar – inatçı lekeler için, sıvı deterjan uygulaması yap ve penetre etmesi için 20-30dk bekle. Fırça ile ovala ve sıcak su ile durula. Eğer bu çizgisel şekilde olan lekeler hemen temizlenirse, temizleme işlemi kolaydır.

Silikon – kaba kısmını kazı ve denatür alkol tozu kullanarak fırçala. Sıcak suyla hafif yıkayarak durula. Akriatik lateks silikonlar için lateks boyalarının temizleme yöntemini kullan.

Sakız – silikondaki yöntemi kullan veya nafta ile fırçala.

Killi toprak – kuru malzemeyi kazı, fırçala ve sıcak su ve güçlü deterjanla yıkayarak durula.

Ağır yağlar – boya inceltici ve talk ile karışım hazırlayarak uygula. Fırçala ve kurumaya bırak. Kazıyarak çıkar, ovma tozu ile fırçala ve su ile durula.

Yaprak, ağaç kökü veya sigara kirleri – çamaşır suyu uygula ve sert fırça ile fırçala.

Hamur – sertleştir, sertleşmiş parçaları mala, spatula veya ıskarpela ile dikkatlice çıkar.

İs – 1:5 oranında seyreltilmiş çamaşır suyu ve talk ile karışım hazırlayarak fırçala. Su ile durula.

Kaplamaya işlemiş yağ ve gres – üstübu ile fazlalık yağı sil. Alanı yağ emici ile ört. Talk, fuller toprağı, ince silisli toprak kullanılabilir. Bir gün boyunca bekle ve sonra süpür.

Boya – taze boyanın acilen üstübu, kağıt havlu vb. malzemelerle silinmesi gerekir. Silerken daha geniş bir alana yaymamaya dikkat et. Eğer boya lateks ve su bazlı ise ıslat ve sonra sıcak su, temizleme tozları ve sert fırça ile alanı mümkün olduğunca fırçala. Kalan boyayı kurut ve aşağıda belirtildiği gibi temizle.

Kuru boya – yüzeydeki yağ bazlı boya, vernik veya su bazlı lateks boyanın fazlalığını kazı. Ticari boya temizleyici kullan ve 20-30dk. bekle. Yumuşak fırça ile gevşet. Ovalama yapma bunun yerine yumuşatılmış boya veya incelticiyi silerek temizle. Gerektiğince tekrar et.

Tekerlek fren izi – su, deterjan ve ovalama tozları ile kararan alanı fırçalayın.



Temizleme ve kaplama işleminden önce



Temizleme ve kaplama işleminden sonra

Şekil 3. Parke kaplama temizliği [7]

4. SONUÇLAR

Genellikle üç tür kaplama temizlik malzemesi (sealer) kilit parke beton kaplamalar için kullanılmaktadır. Bu maddeler, su bazlı kaplama malzemeleri, solvent bazlı akrilikler ve nem kür edici üretilerdir. Deneyimler, üretilerin kaplamaların absorpsiyonu azaltmada ve derz kumlarını korumada en etkin maddeler olduklarını göstermektedir. Bu maddelerin basit sürüş yollarından endüstriyel alanlara kadar birçok kısımda bu özelliklerini gösterdiği birçok projede kanıtlanmıştır. Üretiler, yüzey porozitesini azaltmakta, kirlerin penetrasyonunun önlemekte ve ilave temizliği desteklemektedir.

Kaplama koruyucu maddeler, derz kumlarının korunmasına katkı yapmakta ve kaplamamaların yük aktarım özelliklerini iyileştirmektedir. Suyun ve kirleticilerin derzlere girişi engellenmektedir. Derzler arasında bitki oluşumunu engellemektedirler. Vakumlu süpürme işlemlerine karşı, hızlı su akımlarına karşı ve jet motorlarının kavurma etkilerine karşı derz kumlarının stabilizasyonu sağlanmaktadır. Maddelerin sağlığa zararlı etkileri nedeni ile mutlaka üretici tavsiyeleri sıklıkla uygulanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Smith DR, Hade JD. Permeability of concrete block pavements, Proceedings of 3rd International Conference on Concrete Block Paving, 1988 pp, 217-223 - Pavitalia, Rome.
- [2] Emery J. Erosion of Jointing Sand from Concrete Block Paving, Proceedings, 4th International Conference on Concrete Block Paving, Vol. 2 - pp.295-299, New Zealand. 1992.
- [3] Cleaning and Sealing Interlocking Concrete, Pavement—A Maintenance and Protection Guide, 1995 ICPI Tech Spec No. 5 Interlocking Concrete Pavement Institute, P.O. Box 1142 Sterling, VA 20167
- [4] <http://crystaller.com/>
- [5] <http://www.blocksealer.co.uk/pdfs/info/differences-of-polyurethane-and-acrylic-sealers.pdf>
- [6] Pavers By Ideal, A Contractor's Guide to Installing Interlocking Concrete Pavers, Ideal Concrete Block Company, Inc. 45 Power Road, Westford, MA 01886 232 Lexington Street, Waltham, MA 02452 (781) 894-3200 • Westford Fax (978) 692-0817 • Waltham Fax (781) 894-8526
- [7] <http://www.pavingexpert.com/sealants.htm>

POLİMER ATIK KATKILI BETONLARIN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Atakan AKSOY, Erol İSKENDER, Eray ÇOLAK
Karadeniz Teknik Üniversitesi

Özet

Bu çalışmada; kauçuk, polietilen, polipropilen, polistiren, polietilen tereftalat, polyamid, polivinil klorid, poliviniliden klorid gibi doğada atık olarak bulunabilen polimer malzemelerin granül olarak betonda kullanımı konusu değerlendirilmektedir. Kapsamlı literatür araştırması ile, atık polimer malzemelerin kullanımı üzerine, betonun basınç, eğilme, tokluk, yalıtım, deprem dayanımı gibi konular bakımından irdelemesi yapılmakta ve ulaşılan bilgiler bir sentez altında sunulmaktadır. Kullanım oranının artmasıyla betonun basınç mukavemetinin azaldığı, işlenebilirlik özelliklerinin azaldığı, düşük kullanım oranlarında tokluk özelliğinin iyileştiği, depreme dayanıklı elemanların üretiminde kullanılabileceği, yalıtım bakımından üstün özellik kazandırılabileceği gibi sonuçlar, literatür senteziyle sunulmaktadır.

1. GİRİŞ

Plansız endüstrileşme ve sağlıksız kentleşme, nükleer denemeler, bölgesel savaşlar, verimi artırmak amacıyla tarımda kimyasal maddelerin bilinçsizce kullanılmasıyla birlikte, gerekli çevresel önlemler alınmadan ve arıtma tesisleri kurulmadan yoğun üretime geçen sanayi tesisleri, çevre kirliliğini tehlikeli boyutlara çıkarmıştır. Yapılan araştırmalar dünyadaki mevcut çevre kirliliğinin % 50'sinin, son 35 yılda meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Diğer bir açıdan, hızlı nüfus artışı çevre sorunlarına önemli bir kaynak teşkil etmektedir. Türkiye, OECD ülkeleri arasında en yüksek nüfus artış oranına sahiptir. Birleşmiş milletlerin yaptığı nüfus tahminlerine göre, Türkiye nüfusunun 2025 yılında 92 milyona yükselmesi beklenmektedir. Bu durum ülkemizin bugün olduğu kadar, gelecekte de çevre sorunları ile karşılaşacağına bir göstergesidir. Bu amaçla atık politikaları geliştirilmiş ve özellikle plastik endüstrisinde kullanılan malzemelerin yıllar boyu çevrede yok olmaması ve gün geçtikçe bu atıkların birikmesiyle oluşan atık sahaları nedeniyle bu atıkların geri dönüşümle tekrar uygulamaya kazandırılması şeklinde atık yönetimi çalışmaları yapılmaktadır. Ülkemizde ve dünyadaki katı atıkların yönetiminin üç temel prensibi vardır [1]:

- Daha Az atık üretilmesi (less waste production),
- Atıkların geri kazanılması (recycle wastes),
- Atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi (disposal wastes without hazardous).

Beton; çimento, beton agrega, su ve katkı maddelerinin belirli bir oranda homojen olarak karıştırılmasıyla elde edilen, başlangıçta plastik kıvamda olup zamanla çimentonun hidrasyonu sebebiyle katılaşıp, istenilen şekli alarak sertleşen kompozit bir yapı malzemesidir. Özel amaçlı beton sınıfına giren polimer betonlar, yüksek mukavemet özelliği gösteren, su geçirimsizliğine sahip, kimyasal etkilere dayanıklı betonlardır [2].

Polimer esaslı üretilen betonların performansı birden fazla etkene bağlıdır. Bunlar; polimerin türü, mineral tipi ve partikül boyutu, faz malzemenin matris malzeme ile karışım oranı, kür koşulu, kimyasal ortamların etkisi, reaksiyon sürecini sağlamak için kullanılan kimyasalların özellikleri vb. etkenlere bağlıdır. Bu nedenden dolayı, polimer beton dizaynı yapılmadan önce kullanılacağı yer ve karşılaşılabilecek sorunlar saptanmalı, karışım dizaynında karşılaşılabilecek sorunlar çerçevesinde yön verilmelidir [3-4].

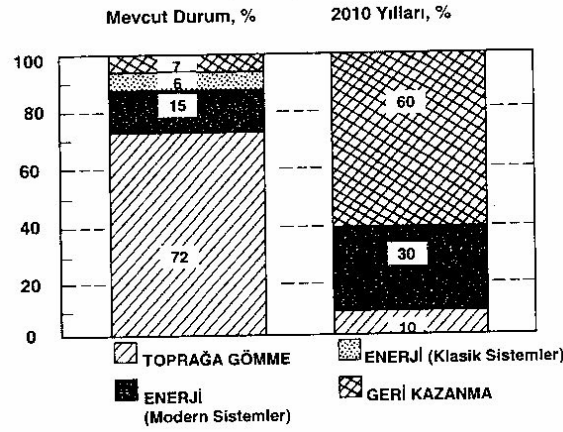
2. PLASTİKLERDE GERİ DÖNÜŞÜM

Plastiklerin geri dönüşüm işlemi ile, hammadde ihtiyacının azalacağı, tüketimin doğal deneyi bozmasının önüne geçileceği, çevre kirliliğinin bertaraf edileceği, enerji tasarrufu sağlanacağını dile getirilmekte, Tablo 1 sunulmaktadır [5]. Görüldüğü üzere, özellikle inşaat alanında plastiklerin kullanım oranı dünya ölçeğinde zayıf kalmıştır. Atık polimerlerin donatısız beton elemanlarda başarılı olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Tablo 1. Plastik malzemeler için Dünyada ve Türkiye’de kullanım oranları [5]

Endüstri Dalı	Kullanım payı (%)	
	Dünya	Türkiye
Paketleme	21	43
İnşaat	25	13
Elektrik-Elektronik	15	8
Boya/Kaplama	10	5
Otomobil	7	2
Mobilya	5	2
Tarım	4	15
Diğer	10	12

Nüfusun artmasıyla, ihtiyaçlar ve tüketim artmaktadır. Bu bağlamda, atık malzeme miktarı da artmaktadır. Atıkların mutlaka geri dönüşüm prosesine tabi tutulması gerekmektedir. Betondan imal edilen prefabrik elemanların varlığı, sağladığı avantajlar nedeni ile artmaktadır. Şehiriçi yollarda, bahçe, otopark gibi işlerde kullanılmaktadır. Tercih edilme nedenleri olarak, sürekli kalite kontrolünün sağlanabilmesi, üretim hızı, kapasite yüksekliği, boyutsal hassaslık, bakım sürelerinin çok uzun olması (25 yıl), en pahalı malzemesinin çimento olması ancak bununla birlikte yerli bir kaynak olması, trafiğe açılma kolaylığı, trafikte yatay kayma gerilmelerini kolayca aktarabilmeleri, altyapı çalışmalarının malzeme kaybı olmadan yapılabilmesi, renk ve geometri zenginliği, personel kolaylığı sıralanabilir [6].



Şekil 2. Batı Avrupa için katı atıklardan plastiklerin geri kazanılması hedefleri [5]

Şekil 1' den görüldüğü üzere, 2010 yıllarında Batı Avrupa katı atıklardan plastiklerin geri kazanım konusunda 2010 yılı için %60 geri dönüşüm çitasını öngörerek konuyu son derece hassas bir noktaya taşımıştır. Bu hedef, Avrupa Birliği müzakerelerini yürüten Ülkemiz için de önemli bir çita oluşturmaktadır.

Plastikler doğada parçalanma süresi en uzun olan maddelerdir, bu nedenle bu maddelerin mümkün olduğunca ayrı biriktirilip geri kazanılmaları sağlanmalıdır. Plastiklerin çoğunu geri kazanmak mümkündür. Fakat toplama, kaba temizleme, ayırma, yıkama ve tekrar işleme zorluğundan dolayı genelde mevcut durumda 3 tür plastik geri kazanılmaktadır. Bunlar; yüksek yoğunlukta polietilen (HDPE), polivinil klorür (PVC), polietilen teraftalat (PET)'dir [7].

Araba atık kauçuk lastikleri ve PET gibi polimerik atıkların hacmi hızlı oranda artmaktadır. Tahmini olarak, her yıl 1000 milyon atık lastik ömrünü tamamlamakta ve 2030 yılında düzenli bir gelişimle bu oranın 5000 milyona ulaşacağı öngörülmektedir [8].

3. POLİMER ve HAZIR BETON

Son yıllarda betonlarda; atık polimer katkılarının kullanımına ilişkin performans araştırmaları gerçekleştirilmektedir.

Polimer beton, faz malzeme ile monomer veya reçinenin karıştırılıp, daha sonra katalizör ve hızlandırıcı ilavesini takiben oda sıcaklığında polimerizasyon işleminin gerçekleşmesi sonucu sertleşmesi ile elde edilir. Polimer betonda, kullanılan en önemli malzemelerden biriside liflerdir. Literatürde lif takviyeli polimer betonlar olarak ta adlandırılmaktadırlar. Lif, bir boyutu, diğer boyutuna göre çok büyük olan, doğal yollarla veya insan eliyle üretilen, dayanımları ve elastisite modülleri aynı malzemenin büyük hacimli formuna göre çok büyük olan yapı malzemeleri olarak tanımlanır. Liflerin ana fonksiyonu çatlakları azaltırken, aynı zamanda tokluğu artırmaktır. Lifler üretildikleri malzemelerin farklı özelliklere sahip olmasından dolayı çeşitlilik açısından zengindir [9].

Kaynaklarımızın sınırlı olduğu dünyamızda geri dönüşüm uygulamalarının özellikle inşaat sektöründe potansiyel bir hammadde kaynağı olduğu unutulmamalıdır. Dünyadaki en büyük hammadde ihtiyacı olan sanayilerin başında inşaat sektörü gelmektedir. Dolayısıyla geri

dönüşümden; enerji, hammadde tüketilmesinin azaltılması, atık sınırlanması ve faydalanılması bakımından en büyük oranda yarar sağlanacak sektör inşaat sektörüdür. Ülkemizde kağıt-kartonun %42'si, camın %28'i, metalin %7'si, plastiklerin ise %23'ü geri toplanmaktadır [10]. Bu oran artırılmalıdır.

Plastik atıklar önemli bir problemdir. Şimdilere kadar küçük bir kısım geriye kazanılmakta ve milyonlarca lastik depolanmakta, gömülmekte ya da yakılmaktadır. PET şişelere gelince yıllık tüketim 300000 milyon birimden daha fazladır ve çoğunluğu arazilere gömülmektedir. Günümüzde, atık lastiklerin ve PET atıkların betondaki performansı sorgulanmaktadır. Bununla birlikte atıkların iyileştirme özelliği, atık parçacıklarının boyut özelliklerinin etkisi ve taze ve sertleşmiş betondaki atık yer değiştirme hacminin etkisi tartışılmaktadır [11].

Araştırmalar; atık lastikli betonların bugüne kadar deprem riskinin yüksek olduğu alanlarda ve yüksek dinamik etkilere maruz demiryolu traverslerinde önerildiğini belirtmektedir. Bu malzemeler taşıyıcı olmayan amaçlarla da gürültü azaltan bariyerler olarak da kullanılabilir. Atık kauçuk betonların performansı atık toplanmasına son derece bağımlı olmaktadır. Betonun performansını yükseltmek üzere karakteristiklerin belirlenmesine yönelik başkaca araştırmaların yapılması gerektiği bildirilmektedir. Şimdilerde PET beton tamir karışımların su altında yüksek erozyona maruz kaldığı belirtilmesine rağmen çelik fiberlerin yerine yer değiştirme yöntemiyle kullanılmaktadır. Gelecek araştırmalar hangi iyileştirmelerin en düşük çevresel etkiye neden olacağı noktasında sürdürülmelidir [12].

Günümüzde PET şişeler çoğunlukla su, meşrubat ve yağ şişelerinin ambalajlanmasında kullanılmaktadır. Üretiminin ucuz olması, istenen şekilde üretilebilmesi, hafif ve dayanıklı olmaları nedeniyle kullanım alanı giderek genişleyen PET şişeler Avrupa ve ABD'de soda ve bira ambalajı olarak da kullanılmaktadır. Suyu şişelemekte kullanılan ve ham petrolden üretilen Polietilen tereftalat (PET) malzemesi için, sadece ABD'de yılda 1.5 milyon varil ham petrol harcanmaktadır ve bu miktar yüz bin otomobilin bir yıllık yakıt harcamasına eşittir. Tüm dünyada PET şişe üretimi için kullanılan plastik 2.7 milyon ton civarındadır. Bununla birlikte ortaya katı atık sorunu da çıkmaktadır. PET şişelerin doğada tamamen yok olması için yüz yıldan fazla bir süre gerekmektedir. Bu sebeple, çöp alanlarında toplanan plastik atıkları ve buna bağlı olan çevresel kirliliği azaltabilmek için uygulanabilecek akılcı yöntemlerden biri, bu malzemeleri diğer endüstrilerde kullanmaktır. Genel olarak atık malzemelerin yeniden kullanımındaki en önemli alan, malzemelerin büyük çoğunluğunun geri dönüşümde değerlendirilebildiği inşaat uygulamalarıdır. Atık PET'lerin eritilip tekrar işlenerek, yeniden kullanımının maliyeti oldukça yüksektir. Ancak, atık PET şişelerin parçalanıp hafif agrega olarak kullanılması; diğer geri dönüşüm yöntemlerinde kullanılan temizleme ve renk içeriğinin değiştirilmesi gibi uygulamalara gerek olmadığından dolayı, yeniden işleme maliyetini düşürmek açısından oldukça avantajlıdır. Beton üretimi için çok miktarda doğal agregaya ihtiyaç vardır. Bu yüzden, PET atıkların beton üretiminde agrega olarak kullanılması, atıkların güvenli bir şekilde yok edilmesinin yanında doğal agrega elde etmek için çevreye verilen zararların azaltılmasını da sağlayacaktır [13].

Kaynaklarımızın sınırlı olduğu dünyamızda geri dönüşüm uygulamalarının özellikle inşaat sektöründe potansiyel bir hammadde kaynağı olduğu unutulmamalıdır. Dünyadaki en büyük

hammadde ihtiyacı olan sanayilerin başında inşaat sektörü gelmektedir. Dolayısıyla geri dönüşümden; enerji, hammadde tüketilmesinin azaltılması, atık sınırlanması ve faydalanılması bakımından en büyük oranda yarar sağlanacak sektör inşaat sektörüdür. Ülkemizde kağıt-kartonun %42'si, camın %28'i, metalin %7'si, plastiklerin ise %23'ü geri toplanmaktadır [14]. Bu oran artırılmalıdır.

1980'li yılların başında ülkemizde ilk kez Polietilen tereftalat (PET) şişeler üretilmeye başlanmıştır. Su ambalajlarında kullanılmaya başlanan PET şişeler çok kısa süre içinde sıvı gıda maddelerinin ambalajlanmasında yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir. Günümüzde PET şişeler çoğunlukla su, meşrubat ve yağ şişelerinin ambalajlanmasında kullanılmaktadır. Üretiminin ucuz olması, istenen şekilde üretilebilmesi, hafif ve dayanıklı olmaları nedeniyle kullanım alanı giderek genişleyen PET şişeler Avrupa ve ABD'de soda ve bira ambalajı olarak da kullanılmaktadır. Suyu şişelemekte kullanılan ve ham petrolden üretilen Polietilen tereftalat (PET) malzemesi için, sadece ABD'de yılda 1.5 milyon varil ham petrol harcanmaktadır ve bu miktar yüz bin otomobilin bir yıllık yakıt harcamasına eşittir. Tüm dünyada PET şişe üretimi için kullanılan plastik 2.7 milyon ton civarındadır. Bununla birlikte ortaya katı atık sorunu da çıkmaktadır. PET şişelerin doğada tamamen yok olması için yüz yıldan fazla bir süre gerekmektedir. Bu sebeple, çöp alanlarında toplanan plastik atıkları ve buna bağlı olan çevresel kirliliği azaltabilmek için uygulanabilecek **akılcı yöntemlerden biri, bu malzemeleri diğer endüstrilerde kullanmaktır**. Genel olarak atık malzemelerin yeniden kullanımındaki en önemli alan, malzemelerin büyük çoğunluğunun geri dönüşümde değerlendirilebildiği **inşaat uygulamalarıdır**. Atık PET'lerin eritilip tekrar işlenerek, yeniden kullanımının maliyeti oldukça yüksektir. Ancak, atık PET şişelerin parçalanıp hafif agregaya olarak kullanılması; diğer geri dönüşüm yöntemlerinde kullanılan temizleme ve renk içeriğinin değiştirilmesi gibi uygulamalara gerek olmadığından dolayı, yeniden işleme maliyetini düşürmek açısından oldukça avantajlıdır. Beton üretimi için çok miktarda doğal agregaya ihtiyaç vardır. Bu yüzden, PET atıkların beton üretiminde agregaya olarak kullanılması, atıkların güvenli bir şekilde yok edilmesinin yanında doğal agregaya elde etmek için çevreye verilen zararların azaltılmasını da sağlayacaktır [15].

Türkiye Hazır beton Birliği Toplam hazır beton üretimini 2010 yılında 79680000m³, 2011 yılında 90450000m³, 2012 yılında 93050000m³ olarak belirtmiştir. Hazır beton üretimi artış eğilimindedir. Coğrafi Bölgelere göre hazır beton üretimi 2011 yılında aşağıdaki tabloda olduğu gibidir. Hazır beton tesis ve üretim alan sahası artmıştır.2012 yılında yaklaşık 1000 adet tesis söz konusudur. Artık 2010-2011-2012 yıllarında betonun %45'i C25, %40'ı C30 olmuş durumdadır. Doğu Karadeniz Bölgesi, beton üretiminde kapasite artışı ortaya koyabilmelidir. Bu anlamda Arge çalışmaları önem taşımaktadır [16].

Tablo 2. Coğrafi Bölgelere göre hazır beton üretimi [16]

	Bölge	Üretim	Bölge oranı
Hazır beton üretiminde bölgesel oran durumu	Marmara	34300000	37.9
	Ege	9050000	10
	Akdeniz	11920000	13
	İç Anadolu	15250000	17
	Karadeniz	9980000	11
	Doğu Anadolu	4440000	4.9
	Güneydoğu Anadolu	5600000	6.2

Türkiye Hazır Beton Birliği; dünya ülkeleri için kişi başına beton tüketimlerini ve ilgili parametreleri sınıflandırmıştır. Tablo 3 bu sınıflandırma biçimlerini sunmaktadır. Türkiye’de kişi başı beton tüketimleri Avrupa ülkeleri ortalamasının çok altındadır. Türkiye son yıllarda beton sınıflarında yaşadığı iyileştirmeye rağmen dünya ortalamalarından geridedir. Bunun nedenleri arasında, toplum bilincinin ve kullanıcı isteklerinin çok gelişmemiş olması, yapılar için dayanıklılık (durabilite) gereğinin çok fazla düşünülüyor oluş gösterilmektedir [16].

Tablo 3. Dünyada Hazır Beton [16]

	Kişi Başı GSMH (\$)	Tesis Sayısı	Üretim (milyon m3)	Tesis Başı Üretim (bin m3)	Kişi Başı Hazır Beton Tüketimi (m ³ /kişi)	Çimento Tüketimi (milyon ton)	Kişi Başı Çimento Tüketimi (ton/kişi)	Tüketilen Çimentonun Hazır Betonda Kullanılma Oranı	Ortalama Çimento Dozajı
Türkiye-2003	3.383	439	25,8	58,9	0,38	28,1	0,41	25,7	280
Almanya	24.100	1982	46,9	23,7	0,57	28,7	0,3	46,7	285
Avusturya	25.500	250	9,6	38,4	1,18	4,7	0,6	-	260
Belçika	23.700	300	9,9	33,0	0,96	5,4	0,5	52,0	275
Birleşik Krallık	26.400	1250	23,0	18,4	0,39	12,5	0,2	60,0	280
Çek Cumh.	6.800	350	5,5	15,7	0,54	3,0	-	-	-
Danimarka	32.100	106	2,3	21,7	0,43	1,5	0,3	35,0	230
Finlandiya	25.300	200	2,6	13,0	0,50	1,7	0,3	51,0	350
Fransa	23.400	1663	34,5	20,7	0,58	20,7	0,3	46,8	284
Hollanda	25.900	196	8,1	41,3	0,50	5,4	0,3	44,0	312
İrlanda	31.100	-	7,5	-	1,92	3,0	0,8	90,0	300
İspanya	16.200	1500	73,5	49,0	1,81	44,0	1,1	48,0	285
İsveç	27.000	210	2,4	11,4	0,27	1,6	0,2	54,0	350
İsviçre	37.400	242	10,0	41,3	1,37	3,9	0,5	71,4	287
İtalya	20.400	2500	71,5	28,6	1,24	41,4	0,7	47,0	265
Norveç	42.000	202	2,2	10,9	0,48	1,3	0,3	65,2	336
Polonya	5.000	650	8,7	13,4	0,23	11,3	0,3	25,0	330
Portekiz	11.800	270	10,5	38,9	1,01	10,8	1,0	26,0	260
Slovakya	4.500	100	1,9	19,0	0,35	1,7	0,3	42,0	350
Toplam / Ortalama (Avrupa)	18.658	12411	357,4	28,7	0,71	226,3	0,5	47,0	277
İsrail		210	8,0	38,1	1,3	4,4		58,0	280
Rusya			35,0		0,3				
ABD	36.100	7000	300,0	42,9	1,1	106,0		74,0	300
Küba		40	0,3	7,5	0,0	0,2		40,0	300

4. POLİMER MODİFİYE BETONLARDA PERFORMANS SORGULAMASI

Atık plastikli taze betonda işlenebilirlik araştırıldı. Düşük kauçuk içeriğinde, işlenebilirlik bakımından kabul kriterleri içerisinde kalan beton elde etmek üzere maksimum boyutu 20mm olan uzun ve köşeli kaba kauçuk agrega kullanıldı. Yüksek kauçuk içerikleri için işlenebilirlikte azalmaya işaret edildi. %50 kauçuk içeriğinin sıfır çökme değerinde betona neden olduğu vurgulandı [17].

Betonda silika dumanı, parçalanmış kauçuk ve lastik parçalarının kullanıldığı çalışmada, artan kauçuk oranıyla slump değerinde azalma görüldü. %50 kauçuk içeriği işlenebilirliği olmayan bir beton üretimine neden oldu [18].

%5 ve %10 oranında parçalanmış kauçuk (0.29mm-0.59mm) atık ince agrega ile betonda yer değiştirildi. Betonda %88 slump azalmasına neden oldu [19].

Kendiliğinden yerleşen beton tasarımında, (0.5mm-2mm) hurda ve (0.05mm-0.7mm) parçalanmış kauçuk %22.2 ve %33.3 oranlarında ince agregalarla yer değiştirildi. Süper akışkanlaştırıcı oranının artmasıyla bu yer değiştirmenin işlenebilirliği etkilemediği görüldü [20].

Tablo 4. Parçalanmış kauçuk içeriğine göre slump performansı [21]

Kauçuk (rubber) içeriği	Slump (mm)
0	75
20	61
40	36
60	18
80	10
100	5

Tablo 5. Kauçuk parçacıklarıyla agregaların yer değiştirildiği taze betonda slump testleri [22]

Karışım	Slump (mm)
Referans betonu-atık kauçukla kaba agrega yer değiştiriliyor [W/B=0.52]	180
%25 kauçuk hacmi	220
%50 kauçuk hacmi	215
%75 kauçuk hacmi	215
Referans betonu-atık kauçukla ince agrega yer değiştiriliyor [W/B=0.62]	180
%15 kauçuk	220
%30 kauçuk	220
%50 kauçuk	215
%75 kauçuk	225

Atık plastiklerin sertleşmiş betona etkisi araştırıldı. %15 atık kauçuğun basınç dayanımında %50 azalmaya neden olduğu, düşük boyutlu kauçuğun kullanılması durumunda dayanım kaybının azaldığı görüldü [23]. %15 atık kauçuk kullanılması durumunda basınç dayanımının %48.3 azaldığı görüldü [24].

Tablo 6. Kauçuk parçacıkları yer değiştirilmiş agregalarla betonun basınç dayanımı [22]

Karışım	Basınç dayanımı (MPa)	Basınç dayanımı (%)
W/B=0.52 kaba agrega yer değiştirilmiş referans betonuyla	45.8	-
%25 kauçuk hacmi	23.9	47.8
%50 kauçuk hacmi	20.9	54.4
%75 kauçuk hacmi	17.4	61.9
W/B=0.60 ince agrega yer değiştirilmiş referans betonuyla	27.1	-
%15 kauçuk	24	11.6
%30 kauçuk	20.4	24.7
%50 kauçuk	19.5	28.3
%75 kauçuk	17.1	37.1

Tablo 7. Kauçuk parçacıkları yer değiştirilmiş agregalarla betonun çekme dayanımı değişimi [22]

Karışım	Çekme dayanımı (MPa)	Çekme dayanımı (%)
W/B=0.52 kaba agregaya yer değiştirilmiş referans betonuyla	3.51	-
%25 kauçuk hacmi	2.93	16.6
%50 kauçuk hacmi	2.52	28.2
%75 kauçuk hacmi	2.52	28.2
W/B=0.60 ince agregaya yer değiştirilmiş referans betonuyla	5.34	-
%15 kauçuk	5.10	4.49
%50 kauçuk	5.03	5.81
%75 kauçuk	4.95	7.30

Atık kauçuk lastikleri içeren beton kompozitleri yüksek tokluk özellikleriyle bilinmektedir. Bu yönleriyle yüksek enerji absorpsiyon kapasitelerine sahip olmaktadır [25]. ASTM C 1018-97 çeşitli tokluk indeksleri tanımlamaktadır (I5, I10 ve I20) [26]. %20 kauçuk parçacıklarının kullanıldığı durumda vibrasyonlara karşı titreşim sönümlenme yeteneğinin %63.2 oranında arttığı bildirilmektedir [27-29]. Parçalanmış kauçuk (%8) kullanılan prefabrik beton elemanlarda beton örneklerde darbe direncinin %300 arttığı gözlenmiştir [30]. Elastisite modülünün PET kompozitlerin %20'ye kadar kullanılması durumunda hafif azalmayla sonuçlandırıldığı görüldü. Bu değerlerin ötesinde elastisite modülünün atık artışıyla hızlı azaldığı görüldü. %40 yer değiştirme elastisite modülünü %21.4 azalttı [31-32].

Sabit su/çimento oranında (0.55) ve iki farklı çimento tipi (CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N ve CEM I 42.5 R) kullanılarak hazırlanmış karışımlarda polipropilen fiberlere (PPF) alternatif olarak endüstriyel atık olan polietilen tereftalatların (PET) betonda kullanılabilirliği araştırıldı. Üretilen betonlarda, agregaya yerine farklı oranlarda kullanılan PET'lerin betonun taze ve sertleşmiş özellikleri üzerindeki etkisi PPF'li betonlarla karşılaştırmalı olarak incelendi. Elde edilen sonuçlara göre PET kullanım miktarına bağlı olarak betonun mekanik ve fiziksel performansını düşürdüğü, fakat piyasada kullanılan PPF'lere göre alternatif olarak kullanılabilirliği görüldü. Atık PET ilavesi ile elde edilen betonların mekanik ve fiziksel özelliklerindeki azalmalar, PPF'li betonlardaki azalmalara göre daha az değerlerdedir. Atık PET'ler bu özellikler açısından kullanılabilir olduğu gibi, PET'lerin çevreye verdiği zararını azaltmak, geri dönüşüm maliyetini azaltmak ve beton maliyeti düşürmek için beton imalatlarında kullanılabilir durumdadır. Gelişen yapı sektörü ve teknoloji ile beraber betondan beklenen ihtiyaçlar her geçen gün artmaktadır. Bu ihtiyaçlar beton içinde katkı maddelerin kullanılmasıyla karşılanmaya çalışılmaktadır. Endüstriyel atıkların oluşturduğu çevre kirliliğinin yanı sıra, bunların imhası ve geri dönüşümü de çeşitli mali ve teknolojik problemlere neden olmaktadır. Bu endüstriyel atıkların inşaat sektöründe kullanılması, atıkların güvenli bir şekilde yok edilmesinin yanında hammadde elde etmek için çevreye verilen zararların azaltılmasını da sağlamaktadır [33].

5. SONUÇ

Polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), polietilen tereftalat (PETE), polyamid (PA), polivinil klorid (PVC), poliviniliden klorid (PVDC) yaygın plastik malzemeleridir. Atıkları doğada önemli bir çevre problemidir. Atıkların; öğütülerek, bireysel homojenitede ve farklı seçeneklerde beton peyzaj elemanları üretiminde kullanılması, atık probleminin bertarafına katkıda bulunulması, ekonomiklik sağlanması ve katma değer oluşturulması önen taşımaktadır. Bu farklı atıkların beton bordür üretiminde karışım malzemesi olarak kullanılması ve karışım granülünün üst kullanım sınırının, boyutunun belirlenmesi, kullanılabilirlik pratiğinin ortaya konulması araştırmaları yürütülmelidir. Atık katkıların kullanılmadığı kontrol beton bordür karışımların ve atık polimer modifiye karışımların kullanıldığı karışımların, stabilite, su emme, aşınma, pürüzlülük, darbelenme gibi açılardan incelemesi ve kabul kriterleri bakımından sorgulaması gerçekleştirilmelidir.

6. KAYNAKLAR

- [1] Tayyar AE, Üstün S. Geri Kazanılmış Pet'in Kullanımı, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi Cilt 16, Sayı 1, 2010, Sayfa 53-62
- [2] Özel C, Topsakal A. Süreksiz Fazlı Lifli Polimer Betonların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Suleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Science 19(2), 1-7, 2015.
- [3] Feldman, D., 1989. Polimeric Building Materials. Elsevier Science Publishers, 575p, London/New York. Mehdi, A., 2011. Structural Reinforcement of Building Materials Using Polymer Concrete. American Journal of Scientific Research, 23, 135-143.
- [4] Ateş, E., 1994. Epoksi Polimer Betonun Makine Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 195s, Balıkesir.
- [5] Eker AA. Plastik Malzemelerin Geri Kazanımı, 28.04.2009.
- [6] Tunç A. Yol Malzemeleri ve Uygulamaları, 840 s, Atlas yayın Dağıtım, 2001.
- [7] Tan, E., Tarakçılar, A. R., Yurtseven,, R., Plastik Geri Kazanımları ve Plastik Atıklardan Plastik Geri kazanım Teknolojileri, Metal Dünyası, 2007.
- [8] World Bussiness Council for Sustainable Development – WBCSD. End-of-life tyres: a framework for effective management systems; 2010.
- [9] Yıldırım, S.T., Ekinci, C.E., 2006. Çelik, Cam ve Polipropilen Lifli Betonlarda Donma-Çözünme Etkilerinin Araştırılması. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18 (3), 359-366.
- [10] Gürer, C., Akbulut, H., Kurklu, G., İnşaat Endüstrisinde Geri Dönüşüm ve Bir Hammadde Kaynağı Olarak Farklı Yapı Malzemelerinin Yeniden Değerlendirilmesi, 5 Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon (2004), 29 s.
- [11] Tan, E., Tarakçılar, A. R., Yurtseven,, R., Plastik Geri Kazanımları ve Plastik Atıklardan Plastik Geri kazanım Teknolojileri, Metal Dünyası, 2007.
- [12] Torgal, F.P., Ding, Y. ve Jalali, S. Properties and durability of concrete containing polymeric wastes (tyre rubber and polyethylene terephthalate bottles): An overview. Construction and Building Materials, 30 (2012) 714–724.
- [13] Ozel C, Filiz M, Sevinç A, Kıran C. Betonda Fiber Katkı Olarak Polietilen Tereftalatın Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Constructional Technology, SDU International Technologic Science Vol. 3, No 2, February

2011, 17-28

- [14] Gürer, C., Akbulut, H., Kurklu, G., İnşaat Endüstrisinde Geri Dönüşüm ve Bir Hammadde Kaynağı Olarak Farklı Yapı Malzemelerinin Yeniden Değerlendirilmesi, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon (2004).
- [15] Akçaözoğlu, S., Atık Pet Şişe Kırıklarının Hafif Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2008)
- [16] Türkiye Hazır beton Birliği, Nisan 2013-2012 yılı hazır beton sektörü istatistikleri, www.thbb.org
- [17] Cairns R, Kew H, Kenny M. The use of recycled rubber tyres in concrete construction. Final Report. The Onyx Environmental Trust, University of Strathclyde, Glasgow; 2004.
- [18] Guneyisi E, Gesoglu M, Ozturan T. Properties of rubberized concretes containing silica fume. J Cem Concr Res 2004;34:2309–17.
- [19] Albano C, Camacho N, Reyes J, Feliu J, Hernandez M. Influence of scrap rubber addition to Portland concrete composites: destructive and non-destructive testing. Compos Struct 2005;71:439–46.
- [20] Bignozzi M, Sandrolini F. Tyre rubber waste recycling in self-compacting concrete. Cem Concr Res 2006;36:735–9.
- [21] Batayneh M, Marie I, Asi I. Promoting the use of crumb rubber concrete in developing countries. J Waste Manage 2008;28:2171–6.
- [22] Aiello M, Leuzzi F. Waste tyre rubberized concrete: properties at fresh and hardened state. Waste Manage 2010;30:1696–704.
- [23] Valadares F. Mechanical performance of structural concretes containing rubber waste from waste tires. Master Dissertation in Civil Engineering, ISTUTL, Lisbon; 2009.
- [24] Freitas C, Galvao J, Portella K, Joukoski A, Filho C. Desempenho fisico-quimico e mecanico de concreto de cimento Portland com borracha de estireno-butadieno reciclada de pneus. Quimica Nova 2009;32:913–8.
- [25] Li G, Garrick G, Eggers J, Abadie C, Stubblefield M, Pang S. Waste tire fiber modified concrete. Composites: Part B 2004;35:305–12.
- [26] ASTM C1018-97. Standard test method for flexural toughness and first-crack strength of fibre-reinforced concrete. Pennsylvania; 1997.
- [27] Balaha M, Badawy A, Hashish M. Effect of using ground waste tire rubber as fine aggregate on the behaviour of concrete mixes. Indian J Eng Mater Sci 2007;14:427–35.
- [28] Zheng L, Huo S, Yuan Y. Experimental investigation on dynamic properties of rubberized concrete. Constr Build Mater 2008;22:939–47.
- [29] Zheng L, Huo X, Yuan Y. Strength, modulus of elasticity, and brittleness index of rubberized concrete. J Mater Civ Eng 2008;20:692–9.
- [30] Fioriti C, Ino A, Akasaki J. Concrete paving blocks with tyre wastes. Revista Internacional Construlink 2007;15(5):56–67.
- [31] Marzouk O, Dheilily R, Queneudec M. Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites. Waste Manage 2007;27:310–8.
- [32] Kim S, Yi N, Kim H, Kim J, Song Y. Material and structural performance evaluation of recycled PET fiber reinforced concrete. Cem Concr Compos 2010;32:232–40.
- [33] Ozel C, Filiz M, Sevinç A, Kiran C. Betonda Fiber Katkı Olarak Polietilen Tereftalatın Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Constructional Technology, SDU International Technologic Science Vol. 3, No 2, February 2011 pp. 17-28

NUMUNE ALMA SIRASINDA KUM ZEMİNLERDE SIKILIĞI BELİRLEYEBİLEN YENİ BİR PENETROMETRE TASARIMI

Osman KARA

*Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü / GÜMÜŞHANE,
drosankara@yandex.com.tr*

Zemine itilerek yada çakılarak zemin hakkında bilgi edinilmesine yarayan cihazlara penetrometre denilmektedir. Kullanım biçimleri ve işlevleri bakımından çok farklı penetrometreler geliştirilmiştir. Türkiye’de zemin etüt raporlarının, numune alınarak ve en az bir yerinde deney yapılarak gerçekleştirilmesinin mevzuat gereği zorunlu olması zemin araştırma maliyetleri yanında araştırma sürelerini de artırmaktadır.

Bu araştırmada deney sırasında numune alabilen ve zeminin bazı özelliklerini yerinde belirlemeye yarayacak verileri sağlayabilen bir penetrometre (zemin kaşığı) tasarlanmıştır. Dışta, farklı çaplarda iki bölümden oluşan zemin kaşığı çift cidarlı olarak tasarlanmıştır. Kaşık zemine itilme sırasında zeminin kaşık ucuna gösterdiği uç direncini, daha geniş çaplı bölgesinin girmesi sırasında zeminin genişlemeye karşı gösterdiği genişletme direncini, alt ve üst bölümlerin çevrelerine gelen sürtünme dirençlerini ve çevreden gelen basınç değerlerini ölçecek şekilde tasarlanmıştır.

Penetrometre üç farklı kum çeşidiyle farklı sıklıklarda hazırlanan deneysel zemin ortamlarına itilerek bir dizi deney gerçekleştirilmiştir. Deneylerde çevre basınçları ve çevre sürtünmeleri yeterli hassaslıkta belirlenememiştir fakat uç direnci ve genişletme direnci istenen düzeyde belirlene bilmiştir. Deneyle, kumların sıklığının penetrometrenin uç direnci ve genişletme direnci ile sıkı ilişkisi olduğu gösterilmiştir. Deneylerde kaşık uç direnci ve genişletme direncinin, kum sıklığından (D_r) ve zemin tanelerinin yarısının geçtiği elek çapından (D_{50}) etkilendiği gösterilmiştir. Deney verileri işaretlenerek eğilim çizgileri geçirilmiş grafiklerde, üstel fonksiyonda yüzde 80 den daha yüksek korelasyonlar elde edilmiştir. Parametreler arası ilişkinin anlamlı ve literatürde yer alan verilerle çok uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Penetrometre, Numune Alma, Kum, Sıklık*

ISI TRANSFERİ UYGULAMALARINDA YAPAY SİNİR AĞLARININ KULLANILABİLİRLİĞİ

Ahmet TANDIROĞLU

Erzincan Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, 24109 ERZİNCAN, atandiroglu@erzincan.edu.tr

Bu çalışma yapay sinir ağlarının yasal lisanslı yazılım araç çubuğu kullanılarak ısı transferi uygulamalarında deneysel olarak elde edilen verilerin tahmin edilmesinde kullanımını kapsamaktadır. Bu anlamda yapay sinir ağı eğitim, öğrenme ve performans fonksiyonlarının test edilmesi ve doğrulanması süreçlerinde kullanılabilirliği ve tahmin başarı düzeyleri hakkında yazılım ekran görüntüleri kullanılarak genel bilgiler verilmiştir.

RF-PECVD TEKNİĞİ KULLANILARAK POLİANİLİN İNCE FİLMLEİN SENTEZİ VE KAREKTERİZASYONU

Önder ŞİMŞEK^a, Özkan BAYRAM^{a,b}, Mustafa Murat ÖZER^c, Mustafa Tolga YURTCAN^d, Erdal İĞMAN^{a,b}, Merefat Feizi KHANGHAH^a

^aNanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi

^bMalzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bayburt Üniversitesi

Sorumlu yazar e-mail: obayram@bayburt.edu.tr

^cFizik Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kuzey Kıbrıs Kampüsü

^dKazım Karabekir Eğitim Fakültesi, Fizik Bölümü, Atatürk Üniversitesi

Bu çalışmada, Anilin monomerinin RF plazma polimerizasyon yöntemiyle, cam alttaş üzerine polimerleştirilmesiyle elde edilen Polianilin ince film kaplamalarının optik ve elektronik özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada, alttaş olarak kullanılan camlar, sırasıyla organik çözücü, sıcak distile su ve ultrasonik banyoda yıkanıp temizlendikten sonra, sistemin vakum odasına yerleştirilmiştir. Vakum odasının basıncı 100 mTorr'a düşürüldükten sonra Anilin monomer'i ortama gönderilmiştir. Vakum odasının basıncı, 300 mTorr'da sabitlenmiş ve RF kaynağının gücü 20 Watt olarak belirlenmiştir. Elde edilen ince filmlerin moleküler yapısı, amorf fazı, optik ve yüzey morfolojileri özellikleri sırasıyla FTIR, XRD, UV-VIS spektroskopileri ve SEM kullanılarak araştırılmıştır. Karakterizasyon sonucunda elde edilen ince filmlerin; yüksek derecede çapraz-bağlı, amorf ve yarıiletken özellik gösterdiği ortaya konulmuştur. Enerji aralığı dikkate alındığında, elde edilen ince filmlerin yarıiletken aygıtlar endüstrisinde geniş uygulama potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: İnce filmler, polianilin, plazma polimerizasyon, organik yarıiletkenler

1.Giriş

Plazma Polimerizasyonu tekniği esasen, düşük sıcaklıkta termal dengede olmayan bir plazma içerisinde gerçekleşen ışmalı bir CVD (Kimyasal Buhar Biriktirme) metodudur. Plazma polimerizasyonu ile üretilen polimerik filmler; fiziksel ve kimyasal olarak kararlı, çözünmeyen ve büyük alana sahip olan yüksek kalitedeki filmlerdir. Filmlerin özellikleri kaplama şartları değiştirilmek sureti ile kontrol edilebilmektedir(Anderson & Jacob, 2010; Bazaka, Jacob, Truong, Crawford, & Ivanova, 2011).

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

2.1.1 Anilin

Anilin (C₆H₅NH₂), boya ve türevleri olarak ilaç yapımında kullanılan organik bir bileşiktir. Aromatik sınıfta yer alan primer aminbenzen halkasında bulunan karbonlardan birine bağlı H yerine, NH₂ amin grubu bağlanmasıyla oluşur. Anilin'e, Fenilamin (phenylamine) ve aminobenzen de denilmektedir.

2.2 Yöntem

Plazma destekli kimyasal buhar biriktirme (Rf-pecvd) polimerizasyon sistemi çalıştırılmadan önce temizlenen alttaşılar, vakum odasındaki alttaş tutucu bölmesine yerleştirilmiştir.

Alttaşlar yerleştirildikten sonra, vakum pompası çalıştırılıp, vakum pompası yardımıyla vakum odası içerisindeki yabancı atomların temizlenmesi sağlanmıştır.

Dolayısıyla vakum odası içerisindeki muhtemel yabancı atomların kaplama yapılacak alttaşların yüzeyinde kirliliğe sebep olmaları önlenmiştir.

Vakum işlemi, vakum odasının basıncı, literatürdeki çalışmalarda yüksek kalitede filmlerin elde edilmesi için önerilen, basınç değeri olan (Sureshkumar, Sankar, Mandal, & Neogi, 2010) 1 mTorr'a düşünceye kadar devam ettirilmiştir. Vakum odasının basıncını yaklaşık 1mTorr'a düşürdükten sonra ortama hassas bir vana yardımıyla argon gazı gönderildi.

Yine hassas bir vana yardımıyla monomer akış hızı kontrol edilerek, vakum odasına anilin monomeri gönderildi. Güç kaynağı çalıştırıldıktan sonra, RF enerjisi (13.56 MHz), iki elektrot vasıtasıyla vakum odasına uygulandı.

Filmlerin elde edilmesi esnasında elektrotlar arası mesafe 13 cm olarak ayarlanmıştır. Vakum odasının basıncı 300 mTorr ve RF kaynağının gücü 20 Watt'ta sabitlenerek, 45 dakika süre ile ince filmler üretilmiştir.

3. SONUÇLAR

Elde edilen ince filmlerin moleküler yapısı, amorf fazı, optik ve yüzey morfolojileri özellikleri sırasıyla XRD, UV-VIS spektroskopileri ve SEM kullanılarak araştırılmıştır. Karakterizasyon sonucunda elde edilen ince filmlerin; yüksek derecede çapraz-bağlı, amorf ve yarıiletken özellik gösterdiği ortaya konulmuştur. Enerji aralığı dikkate alındığında, elde edilen ince filmlerin yarıiletken aygıtlar endüstrisinde geniş uygulama potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Anderson, L. J., & Jacob, M. V. (2010). Effect of RF power on the optical and morphological properties of RF plasma polymerised linalyl acetate thin films. *Applied Surface Science*, 256(10), 3293-3298. doi: 10.1016/j.apsusc.2009.12.021
- Bazaka, K., Jacob, M. V., Truong, V. K., Crawford, R. J., & Ivanova, E. P. (2011). The effect of polyterpenol thin film surfaces on bacterial viability and adhesion. *Polymers*, 3(1), 388-404.
- Sureshkumar, A., Sankar, R., Mandal, M., & Neogi, S. (2010). Effective bacterial inactivation using low temperature radio frequency plasma. *International Journal of Pharmaceutics*, 396(1-2), 17-22. doi: 10.1016/j.ijpharm.2010.05.045

AZ61 MAGNEZYUM ALAŞIMININ FARKLI ORTAMLARDAKİ GERİLMELİ KOROZYON DİRENCİNİN SSRT YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Recep ÇATAR^a, Hikmet ALTUN^b

^aBayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, rcatar@bayburt.edu.tr

^bAtatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, haltun@atauni.edu.tr

Özellikle otomobil, havacılık, mikroelektronik ve telekomünikasyon sektörlerinde hafif malzemelere olan ihtiyaç, malzeme seçiminde mühendisleri daha yaratıcı olmaya yönlendirmektedir. Yoğunluğu çeliğin dörtte biri ve alüminyumun üçte ikisi kadar, özgül dayanımı ise (mukavemet/ağırlık) her ikisinden de fazla olan magnezyum ve alaşımları, “çok hafif” bir malzeme olarak bu rolü çok iyi derecede yerine getirebilecek özelliktedir. Magnezyum ve alaşımları yapısal metallerin en hafifi olması nedeniyle transport uygulamalarında araç ağırlığını en aza indirmek ve buna bağlı olarak egzoz gaz emisyonunu azaltmak için ideal malzemelerden biri olmuştur. Ayrıca magnezyum ve alaşımlarının hafif, biyo-çözünabilir ve yük taşıma kabiliyetine sahip ortopedik implantlar olarak kullanılması öngörülmektedir. Bu malzemeler yüksek özgül dayanım gibi önemli mekanik özelliklerine rağmen, başta kötü korozyon özellikleri olmak üzere birkaç dezavantajı, kullanılmalarını sınırlandırmaktadır.

Magnezyum alaşımları üzerine yapılan çalışmalar bu alaşımların korozyon direncini iyileştirmek üzerine durulmuştur. Oysa ki bu alaşımların kullanıldığı ve kullanılması düşünülen alanlara bakıldığı zaman bu malzemeler sadece korozif ortama maruz kalmayacak aynı zaman da gerilme etkisi altında çalışacaktır. Bu sebeple bu çalışmada AZ61 magnezyum alaşımı düşük deformasyon hızı testi (*slow strain rate test, SSRT*) yöntemi ile test edilmiş ve gerilmeli korozyon dirençleri asidik, bazik ve nötr ortamlarda belirlenmiştir. Çalışma sonucunda AZ61 magnezyum alaşımının gerilmeli korozyona karşı hassasiyetinin bulunduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Magnezyum alaşımları, gerilmeli korozyon, düşük deformasyon hızı deneyi

DÖKME DEMİRLERDE NİOBYUM KULLANIMININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Murat ÇOLAK^a, Emin USLU^b, Recep ÇATAR^c

^aBayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malz. Bil. ve Nanotek. Müh., mcolak@bayburt.edu.tr

^bBayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, euslu@bayburt.edu.tr

^cBayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, rcatar@bayburt.edu.tr

Dökme demirlerin çok geniş aralıkta değişen mukavemet, sertlik, korozyon direnci, kolay işlenebilme, aşınmaya dayanıklılık, titreşim sönümleme ve ekonomik olmasından döküm alaşımları arasında çok yaygın kullanılmaktadır. Üretim aşamasında dökme demir tipine bağlı olarak çeşitli alaşımlarla aşılama küreleştirme gibi işlemlere tabi tutularak kalitelerinin artırma yoluna gidilmektedir. İlave alaşım elementi olarak kullanılan malzeme üzerinde çalışmalar devam etmekte olup, yapılan araştırmalar sonucu yeni malzemelerin etkileri gözlenmektedir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda periyodik cetvelin VB grubunda yer alan ve Tantala benzer metalik özelliklere sahip olan Niobiyum elementi de dökme demirlere alaşım elementi olarak kullanılan ve etkileri araştırılan geçiş metali elementlerden biridir. Niobiyumun, özellikle ötektik üstü dökme demir üretiminde kullanılmasının incelendiği çalışmalarda birçok yararlı etkisi olduğu gözlenmiştir. Katılaşma sonrası dökme demir içyapısı incelendiğinde grafit yapısını, perlit matrisi lamel aralığını incelttiği, grafit çekirdeklenmesini etkileyerek aşılama destek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Nb ilavesi ile yapıda serbest C'un birleşerek oluşan NbC parçacıklarının malzemenin aşınma direncinde belirgin bir artışa sebep olmaktadır. Fren diski üretiminde Nb elementi ilavesinin malzeme özelliklerine olan faydalarının incelendiği çalışmalarda literatürde dikkat çekmektedir. Bu sebeple çalışmada dökme demir üretiminde yeni bir işlem alaşımı olarak ortaya çıkan Nb elementinin özellikleri, kullanımı, üretim yöntemi, üretiminde karşılaşılan zorluklar ve ilavesi ile malzeme üzerindeki etkileri üzerinde çalışmalar incelenecektir. Nb elementi her yönüyle ülkemiz döküm endüstrisinde kullanımı değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Niobiyum, Dökme Demir, Aşılama Elementi, Aşınma Direnci.

KALIPLA BÜKME İŞLEMİNDE DP600 SACININ GERİ YAYLANMA DAVRANIŞININ ARAŞTIRILMASI

Emin USLU^a, Nihat TOSUN^b

^a*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, euslu@bayburt.edu.tr*

^b*Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, ntosun@firat.edu.tr*

Sac metal malzemeler, otomotiv ve beyaz eşya gibi sektörlerde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu malzemeler bükme kalıplarıyla şekillendirilmektedir. Kalıplardan çıkan ürünün ölçü, biçim ve konum açısından belli toleranslar içerisinde olması gerekmektedir. Bu tolerans değerlerini yakalamada karşılaşılan en önemli problem, geri yaylanma davranışdır. Bu çalışmada, sac metal malzemelerin şekillendirilmesinde en sık kullanılan yöntemlerden biri olan V kalıpla bükme işleminde meydana gelen geri yaylanma davranışı deneysel ve sayısal olarak araştırılmıştır. Çalışmada, iş parçası malzemesi olarak 45x90 mm ebatlarında, 1, 1.5 ve 2 mm kalınlıklarında DP600 sacı kullanılmıştır. DP600 sacının geri yaylanma davranışı 60, 90 ve 120°'lik kalıp açılara sahip V bükme kalıpları kullanılarak deneysel olarak incelenmiştir. Ayrıca, Autoform programı kullanılarak sonlu elemanlar analiz yöntemiyle geri yaylanma davranışı sayısal olarak incelenmiştir. Deneyler ve sonlu elemanlar analizlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Geri Yaylanma, Sac, V bükme, Sonlu Elemanlar Analizi, Autoform.*

BİR DAĞITIM AĞINDA ÇAPRAZ YÜKLEME STRATEJİSİ KULLANILARAK ÖNCEDEN ATANMIŞ ARAÇ ROTALARININ YENİDEN OPTİMİZE EDİLMESİ

Özcan AYTAÇ^a, Elif AYTAÇ^b

^a*Bayburt Üniversitesi*

^b*Dokuz Eylül Üniversitesi*

Çapraz yükleme (Cross-Docking) stratejisi ürünlerin tedarikçiden üreticiye paketleme ve depolama süreçleri olmaksızın kısa zamanda tedarik edilmesinin amaçlandığı durumlarda kullanılan yeni bir yaklaşımdır. Bu çalışmada çapraz yükleme istasyonları yüklü araçların kendi aralarında yük değişimleri amacıyla kullanıp mevcut rotalarının yeniden optimize edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada gerçek veriler ele alınmış olup farklı problem büyüklükleri için karşılaştırmalı analizler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Araç rotalama, tedarik zinciri yönetimi, çapraz yükleme

GREYDER BIÇAĞI AŞINMA DAYANIMININ İNCELENMESİ, 12WC-CO ELEMENTİ İLE KAPLAMA YAPILARAK DAYANIM ÖMRÜNÜN ARTIRILMASI VE EKONOMİK AÇIDAN FAYDALI HALE GETİRME ÇALIŞMASI

Ümmet SAĞIR¹, Mehmet GAVGALI²,

¹*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, ummet.usagir@outlook.com*

²*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, mgavgali@bayburt.edu.tr*

Greyder bıçaklarının etek kısmında yer alan bıçakların çalışma esnasında taş, çakıl, toprak, kar, buz gibi maddelerle yük altında temas etmesi bıçakların aşınmasına neden olmaktadır. Bu proje kapsamında bıçakların temas yüzeylerinin sertliklerinin artırılması, aşınma dirençlerinin artırılması amacıyla tungusten karbür (WC-12Co) elementi ile kaplanarak hem aşınma direncinin artırılması, hem de taban malzemenin tokluğunun muhafaza edilmesi planlanmaktadır.

Döküm yöntemleriyle şekil vermede ürün içyapıları, dolayısıyla da mekanik özellikleri üzerinde katılma aşaması çok etkilidir. Bu yöntemler ışığında baron çelik özelliğine sahip döküm çelik greyder bıçaklarının yapısında Mg, Si, Cr gibi yüksek mukavemet dayanım özelliği olan elementler bulunmaktadır. İçyapıda aşınma dayanımı düşük olan elementlere 500 C⁰ de 4saat boyunca nitrüleme işlemi yapılmış 100,200,300,400 mikron tabaka kalınlığında plazma sprey yöntemi kullanılarak tungusten karbürle kaplanmış ve aşınma dayanımı sertlik ölçümleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Greyder Bıçağı, 12 WC-Co, Sertlik ölçümleri, Kaplanması,*

TAM SAYILI PROGRAMLAMA MODELİ İLE OTOBÜS ÇİZELGELEME OPTİMİZASYONU VE UYGULAMASI

Didem GÜLERYÜZ ÇİLİNGİR

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, dguleryuz@bayburt.edu.tr

Otobüs şirketleri hizmet sektöründe faaliyet gösterdiklerinden müşteri memnuniyeti olmazsa olmazlarındandır. Müşteri memnuniyetinde en dikkat çeken hususların başında ise servis kalitesi gelmektedir. Servis kalitesi müşteri yoğunluk ve beklentisine göre uygun kapasite ve zaman diliminde araç sefer taleplerinin karşılanması anlamına gelmektedir. Servis kalitesi artırılırken firmalara da ek maliyetler getirmeden otobüs çizelgeleme işi yapılması ilgili sektör için oldukça önemli bir problemdir. Bu problem ulaşım sektöründe karmaşıklığı ve zorluğu nedeniyle önemli bir yere sahiptir. Problemin çözümüne yönelik literatürde çeşitli çalışmalar olmakla birlikte daha çok sezgisel yöntemler kullanılan çalışmaların tam olarak çözüm sağlayamadığı gözlenmiştir.

Bu çalışmada otobüs çizelgeleme problemine yönelik, ilk olarak literatürdeki farklı çizelgeleme problemleri ve çözüm yaklaşımları incelenmiştir. Böylece problem tanımlanarak çözümü için Tam Sayılı Programlama modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen modelin farklı senaryolar için mantıklı cevaplar verip vermediğini görmek amacıyla dört farklı rassal veri setiyle oluşturulan problemler LINDO programı ile çözülmüş ve sonuçları analiz edilmiştir. Yapılan bu testlerle modelin farklı verilerden oluşan problemleri çözebilme kapasitesi değerlendirilmiştir. Modelin cevap verebilme kapasitesi ölçüldükten sonra New Horizon Travel Ltd. (İngiltere) şirketinin otobüs çizelgeleme problemi, geliştirilen Tam Sayılı model ile şirketin gerçek verileri üzerinde Lindo optimizasyon programı yardımıyla çözülmüştür. Elde edilen sonuçlarla; belirli rotalar ve zaman dilimleri için gerekli sefer sayıları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Araç Çizelgeleme, Otobüs Çizelgeleme, Tam Sayılı Programlama.*

Salmonella Braenderup'UN GIDA GÜVENLİĞİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Sebahat ÖZAKÇA^a, Funda KARBANCIOĞLU- GÜLER^b

^aBayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bayburt, sozakca@bayburt.edu.tr

^bİstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya- Metalürji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul

Salmonella, gram negatif, çubuksu, spor oluşturmeyen, tifo, paratifo ve gıda zehirlenmelerine neden olan fakültatif anaerobik enterik bir patojendir. *Salmonella* enfeksiyonları tüm dünyada yaygın olarak görülmekte, hem gelişmiş ülkelerde hem de sosyoekonomik durumu iyi olmayan, hijyen kurallarına yeterince uyulmayan ülkelerde önemli bir sağlık sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Salmonella çok sayıda konakçıyı enfekte etme özelliğine sahiptir ve yetiştiriciliği yaygın olan bütün çiftlik hayvanlarında (kanatlı, sığır ve domuz) bulunur. Özellikle su kaynaklarının kanalizasyon ile kirlenmesi, mikroorganizmaların gıda üretim ve tüketim zincirini rahatlıkla etkilemesine yol açar. *Salmonella* türlerine ait patojenler salmonellozis adı verilen bir hastalığa neden olmaktadır. WHO (Dünya Sağlık Örgütü), insan ve hayvan kaynaklı izolatlardan elde edilen *Salmonella*'ların ilaç dirençlerinde endişe verici bir artış olduğunu bildirmektedir.

Salmonella Braenderup ise *Salmonella enterica subsp. enterica serovar Braenderup serotipine* dâhil edilmiştir. *Salmonella* serotipleri içerisinde *S. braenderup*'a nadiren rastlanmaktadır ancak literatürde *S. Braenderup* kaynaklı salgın vakalarına son zamanlarda artan şekilde yer verilmektedir. *Salmonella braenderup* vakalarına daha çok mango, domates ve marul gibi meyve-sebze ürünlerinde, kırmızı ve kanatlı et ürünlerinde ve havayolunda servis edilen gıdalarda rastlanmıştır. *Salmonella Braenderup*'un salgın kaynağını ve kapsamını araştırmak için epidemiyolojik, mikrobiyolojik ve çevresel araştırmalar multidisipliner olarak kombine edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gıda Güvenliği, *Salmonella Braenderup*

İNSAN OMURGASINA SANAL CERRAHİ İLE YERLEŞTİRİLEN MİKROÇATLAKLI PEDİKÜL VIDALARDAKİ MEKANİK DAVRANIŞIN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Abdullah Tahir ŞENSOY^a, İrfan KAYMAZ^b, Akgün ALSARAN^b

^aBayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, 69000, Bayburt, tahir.sensoy@atauni.edu.tr

^bAtatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, 25240, Erzurum

Pedikül vidalar, omurgada meydana gelen boyun ve bel fitiği, disk kayması, spinal kırıklar gibi anomalileri gidermek amacıyla kullanılan implantlardır. Literatürdeki omurga biyomekaniği alanındaki sonlu elemanlar analizi çalışmaları incelendiğinde, genel yaklaşımın idealleştirilmiş hatasız implantların kullanılması yönünde olduğu görülmüştür. Ancak, gerçekte değişken yük altında zorlanan pedikül vidalarda yorulma mekanizmasıyla özellikle vida diş diplerinde süreksizlik meydana gelmesi olası bir durumdur. Bu sebepten ötürü implant yüzeyinde mikroçatlak olduğu varsayımıyla analizlerin gerçekleştirilmesi, yorulma kaynaklı spinal implant hasarlarının minimize edilmesi adına araştırmanın ilk basamağını oluşturacaktır. Bu çalışmada Mimics® (Materialise, Leuven, Belgium) yazılımında modellenen insan omurgasına, SolidWorks® (SolidWorks Corp., MA, U.S.) programında modellenen pedikül vida sistemi sanal cerrahi ile yerleştirilerek elde edilen implant-kemik kompleksi Ansys® (Ansys Inc., Canonsburg, PA, USA) yazılımında analiz edilmiştir. İdeal implantlarda çatlak, maksimum gerilmenin elde edildiği bölgeden çekirdekleneyeceği varsayımıyla, bu lokasyonlara mikroçatlak tanımlanmış ve gerilme değerlerinin ciddi anlamda yükseldiği görülmüştür. Analizler sonucunda pedikül vidalarda özellikle çeki zorlanmasıyla yüklenen mikroçatlakların en kritik bölgeler olduğu, çatlak bu bölgelerden çekirdeklenmeye başlayacağı karşılaştırmalı analizler sonucunda belirlenmiştir. Gelecek çalışmada gerçekleştirilmesi planlanan dinamik analizler ile değişken yüklere maruz standart pedikül vida sistemlerinin risk durumu belirlenerek, hasar riskinin minimum olduğu konumlandırmalar için cerraha öneriler sunulacaktır.

GÖRSEL KALİTE DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASINDA REALTIME LANDSCAPING PHOTO PROGRAMININ KULANIMI

Elif ÖNAL^a, Serkan ÖZER^b

^aAtatürk Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 25030, Türkiye, elifonall@hotmail.com,

^bAtatürk Üniversitesi/Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Erzurum, 25030, Türkiye, sozer@atauni.edu.tr

Özet

Görsel kalite değerlendirmesi, herhangi bir görsel bilginin, bir gözlemci tarafından idealize edilmesi ve değerlendirildiği ölçütler doğrultusunda uygunluğunun ölçülmesidir. Görsel analizi yapılacak olan materyalin çalışma öncesi mevcut durumu ve sonrasında ortaya çıkabilecek olumlu /olumsuz yönleri test edilip değerlendirilir. Realtime Landscaping Photo program kullanımı ile yeni yaklaşımlar sunulur, görsel kalite amaçları doğrultusunda yapılacak düzenleme ve uygulamalar yönlendirilip, geliştirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Görsel kalite, değerlendirme, analiz

USING REALTIME LANDSCAPING PHOTO PROGRAM FOR VISUAL QUALITY EVALUATION

Abstract

Visual quality evaluation is an analysis of any visual information idealized by an observer and incorporates the applicable criteria as a measure of suitability. The state of the material will be analyzed visually before and after the result and positive and negative outcome of the visual analysis will be tested and evaluated. By presenting new approaches with the use of the Realtime Landscaping Photo program, settings and applications can be redirected and improved for purposes of visual quality evaluation.

Keywords: Visual quality, evaluation, analysis

1. GİRİŞ

Bir yerin ne derece çekici veya zevk verici olduğu, o kaynağın görsel kalitesini verir [1]. Görsel kaynak yönetiminin doğru yapılabilmesi için öncelik görsel kaynakların kalitesinin ölçümü ve değerlendirilmesidir [2]. Görsel kalite değerlendirme, peyzaja ait görsel bilginin, bir gözlemci tarafından, idealize edilmesi, peyzaja uygunluğunun ölçülmesidir. Kalite ölçümü ve değerlendirilmesinde izlenen yöntem, kaynağa ait niteliklerin ilişkilendirilmesi, sınıflandırılması, alanın analizinin yapılması ve buna bağlı olarak peyzaj değerinin belirlenmesi, alan kullanım kararlarının alınması ve önerilerin getirilmesinde temel oluşturmaktadır [3].

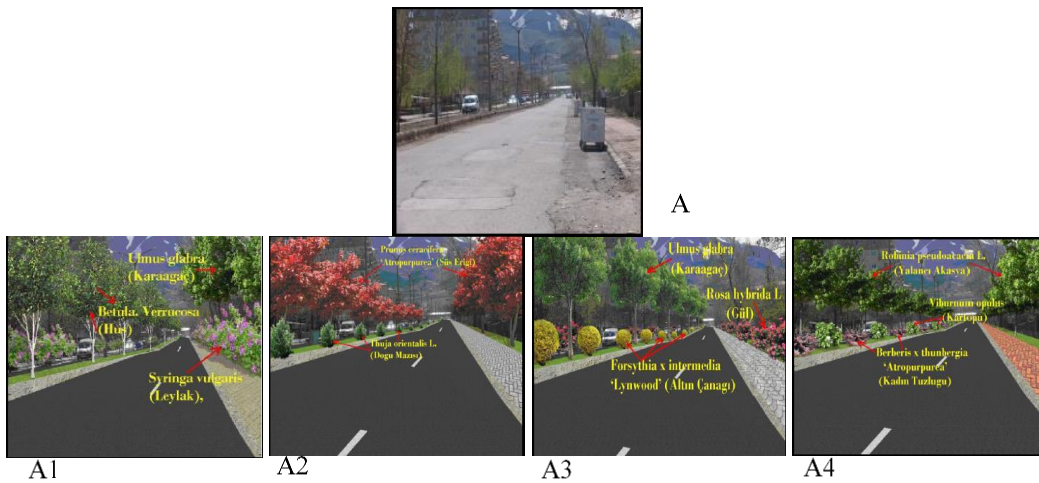
Görsel etki değerlendirme, kentlerde fiziksel çevreye yapılacak herhangi bir müdahale öncesinde ve sonrasında, fiziksel çevre öğelerinin görsel ve diğer (sosyal çevreye ilişkin değerler gibi) değerlerin arasındaki olumlu/olumsuz yönlerini test eder, değerlendirir. Görsel etki değerlendirme çalışmalarının ortak amacı, planlama ve tasarlama süreçlerinde kullanılabilecek görsel ölçüt ve modelleme süreçleri geliştirerek, çevre koruma ve geliştirme

için gerekli çevresel veriler dizisini genişletmektir. Değerlendirme çalışmaları ile çevrenin görsel ve ekolojik yapısının korunmasının yanı sıra, gerek çalışmalar sırasında ve gerekse daha sonra ortaya çıkacak masraflarında en aza inmesi sağlanacaktır [1].

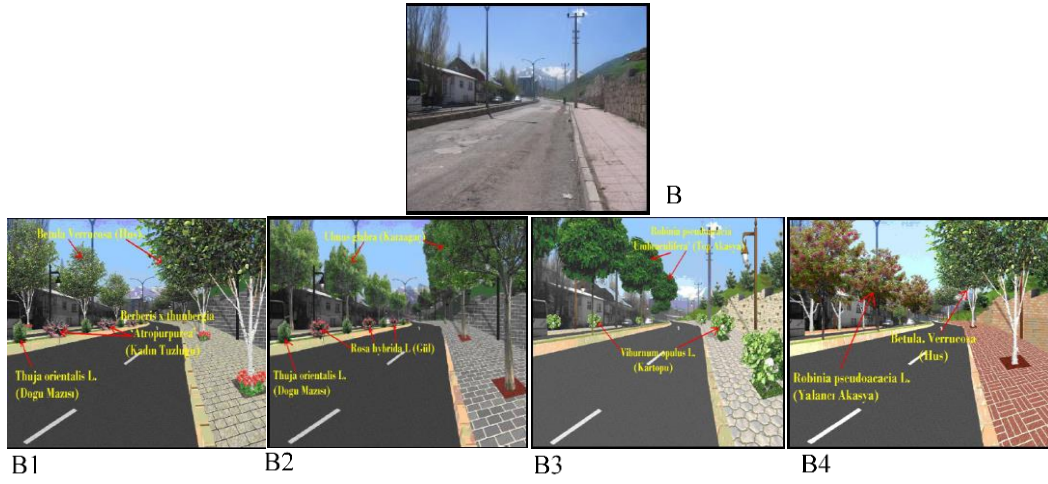
Yapılan bir çalışmada son on yıllık peyzaj çalışmalarında, planlamacıların bir ihtiyacı olarak, tasarlanan peyzajın, mevcut peyzaj içinde değerlendirmesinde görsel özelliklerin değerlendirilmesini incelenmiştir. Tasarımcı ve uzmanların estetik değerlerinin toplumdan ileride olduğu ve bu nedenle toplumun bu değerleri anlayacak kapasite olamamasının istikrarlı sonuçların alınmasında kullanıcılarla oluşturulan grupların daha istikrarlı sonuçlar çıkaracağı irdelenmiştir. Kullanıcı ve uzmanların değerlendirmesiyle sosyal faydanın ve kullanımın estetik özelliklerinin daha iyi sonuçlar oluşturacağı belirlenmiştir [4]. Kemaliye örneğinde, Peyzaj görsel özelliklerinin görsel kalite değerlendirme metodu ile belirlenmesi makalesinde, peyzaj görsel kaynak yönteminde, kaynak değerlerinin belirlenmesi ve peyzaj önerilerinin oluşturulmasında bir yöntem olarak görsel kalite değerlendirme yöntemi araştırılmıştır [5]. Bu çalışmada ise 2011 yılı Universiade kış olimpiyat oyunlarına ev sahipliği yapmış olan Erzurum kentinin, kullanım yoğunluğu yüksek olabilecek önemli mekanları saptanarak görsel etki değerlerinin artırılmasına yönelik analizler yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

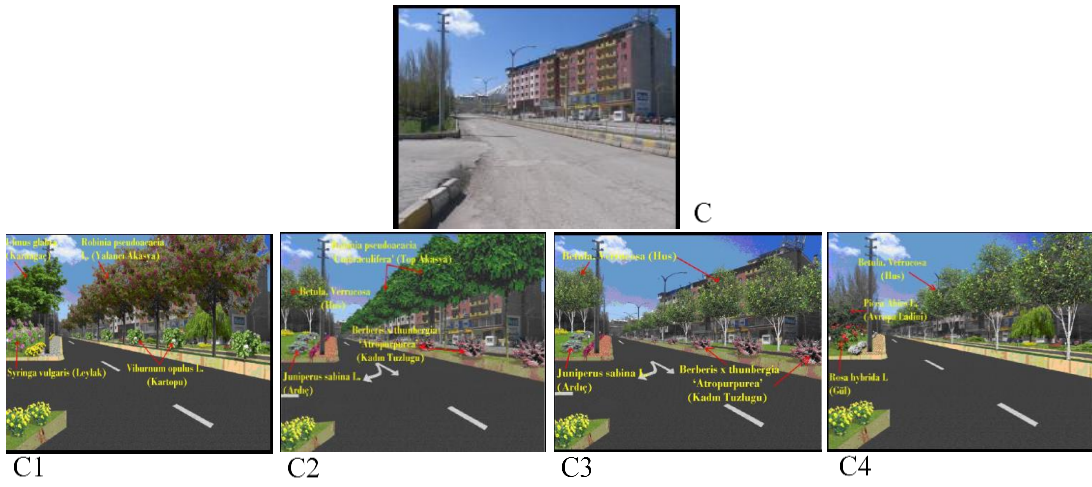
Alanda yapılan gözlem ve analizler doğrultusunda alanı tanımlayabilecek algı noktalarından çeşitli görüntüler alınmıştır. Görüntüler alınırken alternatif olarak oluşturulacak tasarımları en iyi şekilde gösterecek görüntülerin alınmasına özen gösterilmiştir. Bilgisayar ortamına aktarılan görüntülerden en uygun olanları seçilmiştir. Seçim sonrasında her bir görüntü için AdobePhotoshop CS2 ve RealtimeLandscaping Photo programlarında görsel kalite artırımlarına yönelik dört adet öneri olabilecek görüntü hazırlanmıştır [6]. AdobePhotoshop CS2 programında fotoğrafların netlik ve ışık ayarları yapılmıştır. RealtimeLandscaping Photo programında ise öneri tasarımlar oluşturulmuştur. Mevcut fotoğraf üzerine ağaç, çalı ve yer örtücüler ile değişik yer döşemeleri, donatı ve aydınlatma elemanları konularak tasarımlar yapılmıştır.



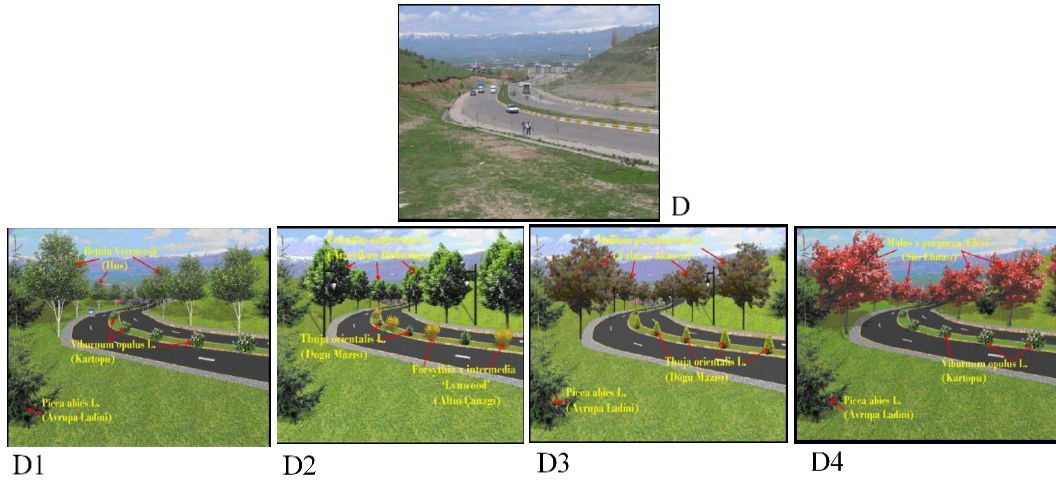
Şekil 1. 12 Mart caddesi ve öneri tasarımları



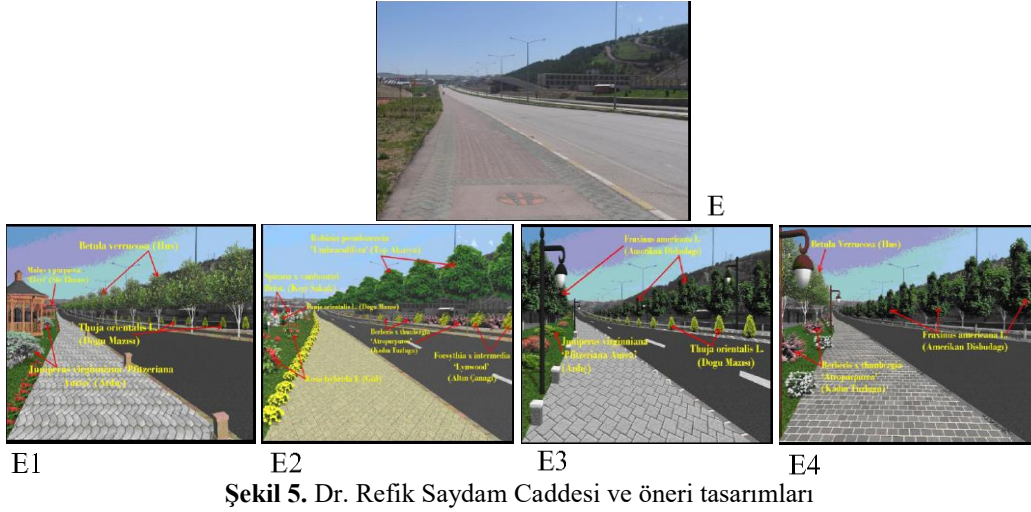
Şekil 2. Mevlana caddesi ve öneri tasarımları



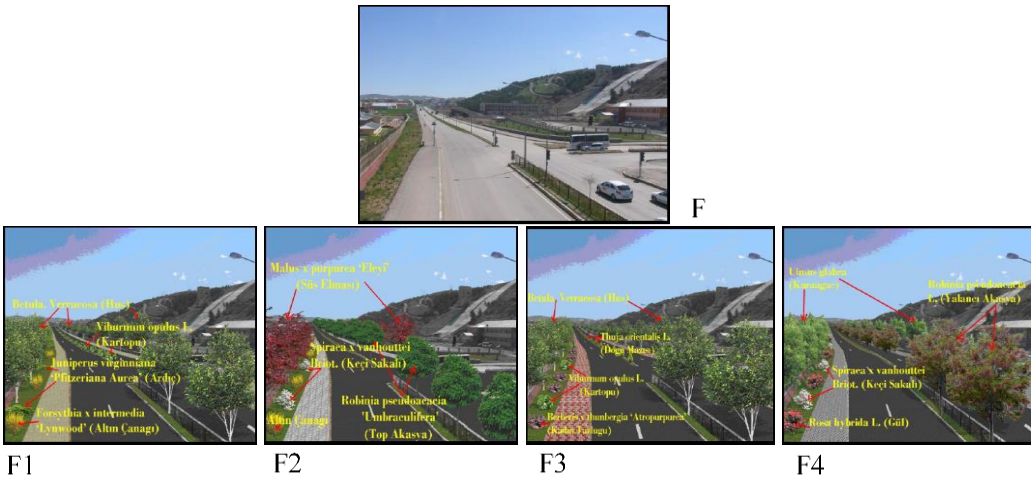
Şekil 3. Mevlana caddesi ve öneri tasarımları



Şekil 4. Mevlana caddesi ve öneri tasarımları



Şekil 5. Dr. Refik Saydam Caddesi ve öneri tasarımları



Şekil 6. Dr. Refik Saydam Caddesi ve öneri tasarımları

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Seçilen mekânlarda peyzaj, Smardon, (1979), Smardon *et al.* (1988), çalışmalarındaki gibi düzlem, bitki ve yapı olarak bölümlenerek incelenmemiştir. Düzenleme alanları yol güzergâhlarında olduğu için ve yapı elemanları değerlendirilecek yoğunlukta olmadığından yapı elemanı düzeyinde incelemeyi engellemiştir. Diğer elemanlar (bitki ve zemin) içinde test anketlerinde anket uygulanan kişilerde tek düze bakım gözlemlendiği için mevcut alan ve öneri görüntüleri bir bütün olarak incelenmiştir [7,8]. Değerlendirme yapılırken her bir görüntüdeki peyzaj elemanları (bitki, zemin ya da yapı olarak) ayrı ayrı değil de mekânda bütün olarak ele alınarak her bir mekânın öneri ve mevcut peyzaj elemanları görsel etki değerleri açısından karşılaştırılarak, en yüksek puanlamayı alan görüntüleri belirlenmiştir. Tasarım öğeleri ışığında çevresel tanımlama değişkenlerine göre her bir mevcut görüntü ve onlara sunulan öneri görüntülerinin arasında yapılan değerlendirmeler arasında beğeni sırası ortaya konması amaçlanmıştır.

Çalışma konusuna ve amacına uygun olarak belirlenen çalışma alanlarında yöntem doğrultusunda öneri tasarımları yapılmış ve anket uygulaması ile değerlendirilmiştir. Olimpiyat tesislerine ulaşım ağında bulunan, yoğun ziyaret alabilecek caddelerin görsel analizleri

sonucunda görsel kalitelerinin yeterli olmadığı belirlenmiş ve yapılan bu çalışmayla görsel kalitesinin artırılması amaçlanarak alternatif düzenlemeler yapılmış, değişik gruptaki kullanıcıların fikirleri alınmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında kent imajını yenilemeye yönelik yapılacak olan peyzaj mimarlığı çalışmalarında yetkili kurumlara öneriler sunulması amaçlanmıştır.

Uygulanan yöntem ile tüm öneri görüntülerde mevcut alana göre görsel ölçüt değerlerinde olumlu artış gerçekleşmiştir. Katılımcıların yaptığı değerlendirmeye göre görsel değerlendirme yapılırken her çevre tanımlama değişkeni için ayrı beğeni olabileceği sonucuna varılmıştır. Yani mekâna bakıldığında güzel ancak mekân hissi yaratmaması gibi değerlendirmeler yapılabilmektedir. Bu değerlendirme farklılıklarını göz önüne alarak tasarım yapılacak alanda önce beklentilerin belirlenmesi için ön çalışma yapılması gereği, ardından o doğrultuda tasarım yapılması sonucuna ulaşılmıştır. Bu yöntem ile zaman ve ekonomik yönden kayıpların önüne geçilebilmektedir.

4. KAYNAKLAR

[1] Özgüç, İ.M., 1999. TEM Hadımköy-Kınalı arası peyzaj planlaması üzerinde görsel araştırmalar, (Doktora Tez Özeti), İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri A.49(2): 115-132.

[2] Erdönmez M.,Ö. ve Kaptanoğlu, A.Y.Ç., 2007. Peyzaj Estetiği ve Görsel Kalite Değerlendirmesi İ.Ü. Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Peyzaj planlama ve Tasarımı Ana Bilim Dalı, Bahçeköy, İstanbul. İ.Ü. Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Peyzaj Teknikleri Ana Bilim Dalı, Bahçeköy, İstanbul.

[3] Kaptanoğlu, A., 2006. Peyzaj Değerlendirmesinde Görsel Canlandırma Tekniklerinin Kullanıcı Tercihine Etkileri. Doktora Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

[4] Laurie, I., 1975. Aesthetic Factors in Visual Evaluation, E.H. Zube, R.O.Brush, J.G.Fabos, Landscape assessment: Values, Perceptions, and resource.Dowden Hutchingon & Ross,inc. Stroudsburg, Pennsylvania.

[5] Bulut Z. and Yılmaz H., 2007. Determination Of Landscape Beauties Through Visual Quality Assessment Method: A Case Study For Kemaliye (Erzincan / Turkey) Received: 18 April 2007 / Accepted: 11 July 2007 Springer Science + Business Media B.V. 2007

[6] Hepcan, C., 2003. Urla(İzmir) Kent Merkezi ve Yakın Çevresi Örneğinde Görsel Etki Değerlendirme Çalışması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir.

[7] Smardon, R. C.,1979. Prototype Visual ImpactAssessment Manual, School of landscapearchitecture, University of New York.

[8] Smardon, R.C.,Palmer J. F., Knopf A., Grinde K., Henderson J. E. and Peyman-Dove L. D.,1988. Visual ResourcesAssessmentProcedurefor US ArmyCorps of Engineers. Instruction Report EI-88-1, EnvironmentalLab, US ArmyWaterwaysExp. Stn.,Vicksburg, Miss. 5-80 pp. plusappendices. Nowavailable on line at <http://www.esf.edu/es/via>

MÜHENDİSLİK PROSESLERİNDE TANELİ HAMMADDE/ÜRÜNLERİN SINIFLANDIRILMASINDA KULLANILAN SENSÖR TEMELLİ AYIRMA TEKNOLOJİLERİ

Metin UÇURUM

*Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü, Bayburt ,mucurum@bayburt.edu.tr*

Özet

Sensör temelli ayırma teknolojileri, mühendislik proseslerinde taneli hammadde ve/veya ürünlerin farklı özelliklerine göre sınıflandırılmasında son yıllarda kullanımı giderek artan bir özelliğe sahiptir. Söz konusu teknoloji gıda, madencilik ve geri dönüşüm sanayi başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Bu bildiride, sensör temelli ayırma teknolojileri ve kullanım alanları hakkında bilgi verilmektedir.

SENSOR BASED TECHNOLOGIES USED CLASSIFICATION OF GRAIN RAW/PRODUCTS IN THE ENGINEERING PROCESS

Abstract

In recent years, sensor-based sorting technology is use for classifying of grain raw and/or products according to its characteristics in engineering process. These technologies are utilized in many fields such as mining, food and recycling industries. This paper provides information on sensor-based separation technologies and application areas.

1. Giriş

Bir yığın içinde bulunan farklı özelliklerdeki tanelerin sensörler aracılığıyla analiz edilip, kullanılan sensörün algıladığı özellikler açısından seçilen tanelerin mekanik yolla veya basınçlı hava ile yığın içinden uzaklaştırılması işlemine sensör temelli ayırma denir. Sensör temelli ayırma, bir yığını oluşturan tanelerin görüntülerindeki göz ile ayırt edilebilen veya edilemeyen farklılıklara bağlı olarak birbirlerinden ayrılmasını sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntemde, kullanılan sensöre bağlı olarak algılanan farklılıklar da değişmektedir. Örneğin optik sensör kullanıldığında gözle görülen farklar algılanabilmekte, NIR sensör kullanıldığında iki tane arasında gözle görülemeyen farklılıklarda algılanabilmektedir (Gülcan ve Gülsoy, 2013).

1970’li yıllarda gıda sektöründe kamera sistemiyle siyah ve beyaz tanımlayarak malzemeyi ikiye ayırması ile piyasaya giren ayırıcılar, günümüzde gıda, geri dönüşüm, özel ürünler ve madencilik sektörlerinde çok yüksek ilgi görmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle çok yüksek çözünürlükteki kameralar ile çok hassas renk tanımlama yapılabilmenin yanı sıra, aynı renk malzemede yüzeysel tanımlama yapılabilmesi için kızılötesi ve lazer sistemleri, cevherin içine nüfuz edip tanımlama yapılabilmesi için ise de X-Ray, Elektromanyetik gibi sensör sistemleri

geliştirilmiştir. Gelişen elektronik ve mekanik teknolojiler ile sensör temelli ayırıcılar özellikle madencilikte son beş yılda çok büyük ilerleme gösterip çok yüksek randımana ve kapasitelere ulaşmayı başarmıştır (Uras, 2014).

Bu çalışmada, sensör temelli ayırma teknolojilerinin esasları ve kullanım alanları hakkında bilgi verilmektedir.

2.Sensör Temelli Ayırma Teknolojileri ve Uygulaması

Sensör temelli ayırıcıların performansı, sisteme bağlı bulunan sensör/sensörlerden alınacak gerçekçi veriler ile geliştirilebilir. Alınan görüntülerin işleme hızı ve etkin tanımlama burada birbirine bağlı iki önemli faktör olarak göze çarpmaktadır. Sensör temelli ayırma sistemlerinde besleme ve ayırma tabii tutulacak malzemenin sisteme sunulması yüksek bir ayırım verimine ulaşmak açısından önemlidir. Taneler sensörün görüş alanına girmeden (sisteme sunulmadan) önce besleme oluştuktan geçerler. Besleme oluştuktan tasarımı malzeme içerisindeki tanelerin hızlanmasının denetlenmesi ve sabitlenmesi sağlayacak şekilde yapılmalıdır. Bu sayede tanelerin zıplama, sıçrama, birbirini perdeleme veya kendi yörüngesinden sapma benzeri verimi düşürücü davranımının önüne geçilmiş olur. Bu anlamda en ideal tane davranışı, eğer besleme bant ile gerçekleştiriliyorsa, tanelerin besleme haznesini bant hızında terk etmesidir (Udoudo, 2010). Bazı sensör tipleri hakkında aşağıda kısaca bilgi verilmiştir.

Renk sensörü: Bu sensörde en son teknoloji çok yüksek çözünürlük ile gözle görebileceğimiz renkleri algılayabilen kameralar ve bu kameralara bağlı elektronik sistem ve mekanik yapı mevcuttur. Renk Sensörleri yirmi yılı aşkın süredir araştırılmakta ve ilk çıktığı zaman sadece siyah ve beyazı ayırabilmekte idi. Fakat günümüzde göz yanılığısına düştüğümüz renkleri bile çok net bir şekilde algılayabilmektedir.

NIR sensörü: Yakın kızılötesi diye adlandırılan bu sensör, gözle görülemeyen renkleri algılayabilmemizi sağlamaktadır. Her maddenin ayrı parmak izi mevcuttur. Bu parmak izleri gönderilen kızılötesi ışınları farklı şekilde geri yansıtır. Bu yansıyan kızılötesi ışınları algılayan algılayıcılar da verileri elektronik ortama taşır. Kızılötesi dalga boyu $10^{-3} - 10^{-6}$ arasında, yakın kızılötesi ise 10^{-6} civarındadır.

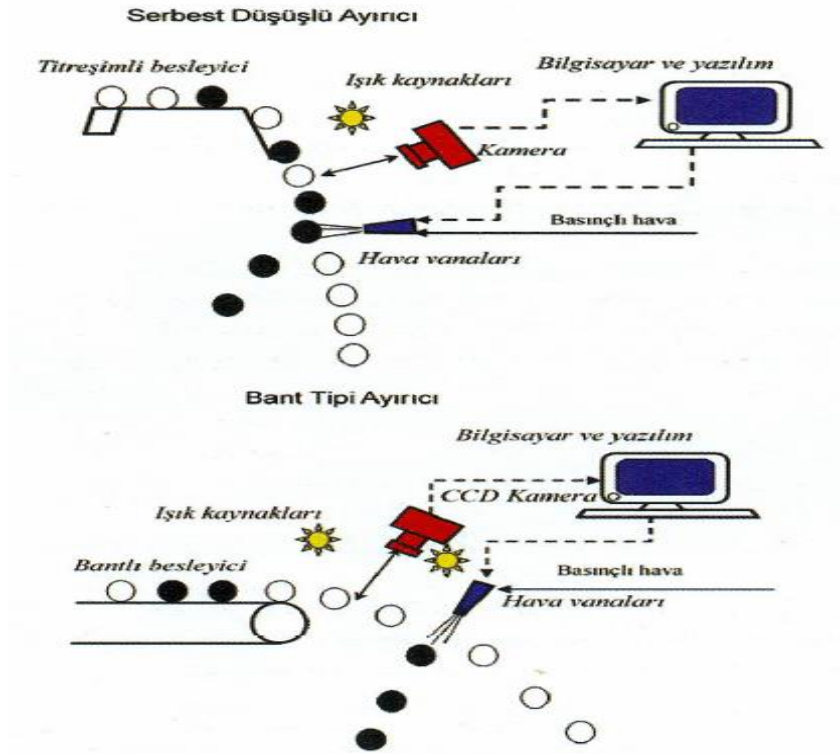
EM sensörü: Elektromanyetik sensör elektromanyetik alana sahip madenleri ayırmak için kullanılır. Manyetik bir alan oluşturan sensörler içinden geçen manyetik özelliklere sahip mineralleri algılayarak manyetik özelliğine göre ne olduğunu belirler. Bu alanın herhangi bir çekim gücü yoktur, cevheri algılamak için kullanılır. EM sensörleri başka sensörler ile kombine edilerek çok daha yüksek randıman alınması mümkündür.

X-RAY sensörü: Havaalanlarındaki X-Ray makineleri veya hastanelerdeki röntgen sistemlerine benzer bir sistemdir. X-ışınları maddenin içinden geçerek maddenin içeriğini tespit eder. Bu da maddenin atomik numarasına bağlı bir olaydır. Rengiyle veya yüzeysel özellikleriyle herhangi bir alakası yoktur. Bu yüzden maddenin etrafı başka bir madde ile kaplı olsa bile içindekini tespit edebilmektedir (Uras, 2014).

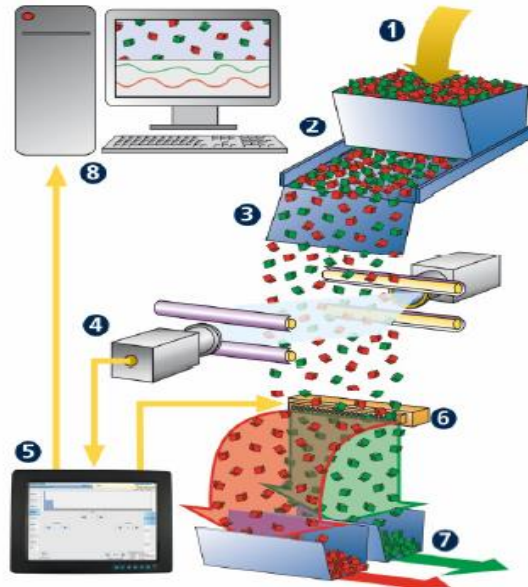
Çizelge 1’de bilinen bazı sensör temelli ayırıcı üreticileri ve kullanım alanları ile ilgili bilgi verilmiştir. Burada da görüleceği üzere gıda, madencilik ve geri dönüşüm sektörleri bu teknolojinin yoğun kullanıldığı alanlar olarak ön plana çıkmaktadır. Şekil 1’de sensör temelli ayırıcıların genel bileşenleri Şekil 2’de ise söz konusu ayırma teknolojisine ait genel bir görünüş verilmiştir.

Çizelge1. Bilinen sensör temelli ayırıcı üretici firmalar (Gülcan, 2013)

No	Firma	Yer	Uygulama	Bölge
1	Commo DaS	22880 Wedel	Görüntü analizi (Mogensen, MikroSort)	Almanya , ABD
2	Mogensen	22880 Wedel Kronskamp 126	Mineraller, metaller, plastik, kaya tuzu	Almanya, Avrupa
3	BTW Binder	8200 Gleisdorf Austria	Geri dönüşüm, endüstriyel mineraller	Avrupa
4	Binder & Co. AG	8200 Gleisdorf, Avusturya	Cam	Dünya genelinde
5	Reimelt Optical Control	D-63322, Rödermark	Plastikler (renkli kamera)	Almanya
6	BARCO	Belçika	Gıda	Almanya, Avrupa
7	Key	İngiltere	Gıda	ABD, Almanya, Avrupa
8	UltraSort	Sydney, Avustralya	Mineraller	Avustralya
9	AutoSort	Norveç	Geri dönüşüm, plastikler	Dünya genelinde
10	SEA	İtalya	Gıda, plasticler, metaller	Avrupa, Asya, Güney Afrika
11.	Sortex	Londra, İngiltere	Gıda, plastikler	Dünya genelinde
12	ESM Ltd.	Cheshire, İngiltere	Gıda, plastikler	Dünya genelinde
13	Elexso AG	Hans- Duncker- Str., 21035 Hamburg	Gıda	Dünya genelinde
14	Rhewum	Almanya	Endüstriyel mineraller	Dünya genelinde
15	FlowSort	Güney Afrika	Elmas, x-ışını	Güney Afrika
16	Debtec	Güney Afrika	Elmas, x-ışını	Güney Afrika



Şekil 1. Sensör temelli ayırıcıların genel bileşenleri (Gülcan ve Gülsoy 2013).



Şekil 2. Sensör temelli ayırmaya ait genel bir görünümü (www.mogensen.de).

- (1. Malzeme besleme; 2. Dağıtım ve taşıma; 3. Hızlanma ve izolasyon; 4. Çeşitli optik sistemle malzeme tarama; 5. Data işleme; 6. Basınçlı hava valfları ile seperasyon; 7. Konsantre ve artık; 8. Merkez kontrol sistemi)

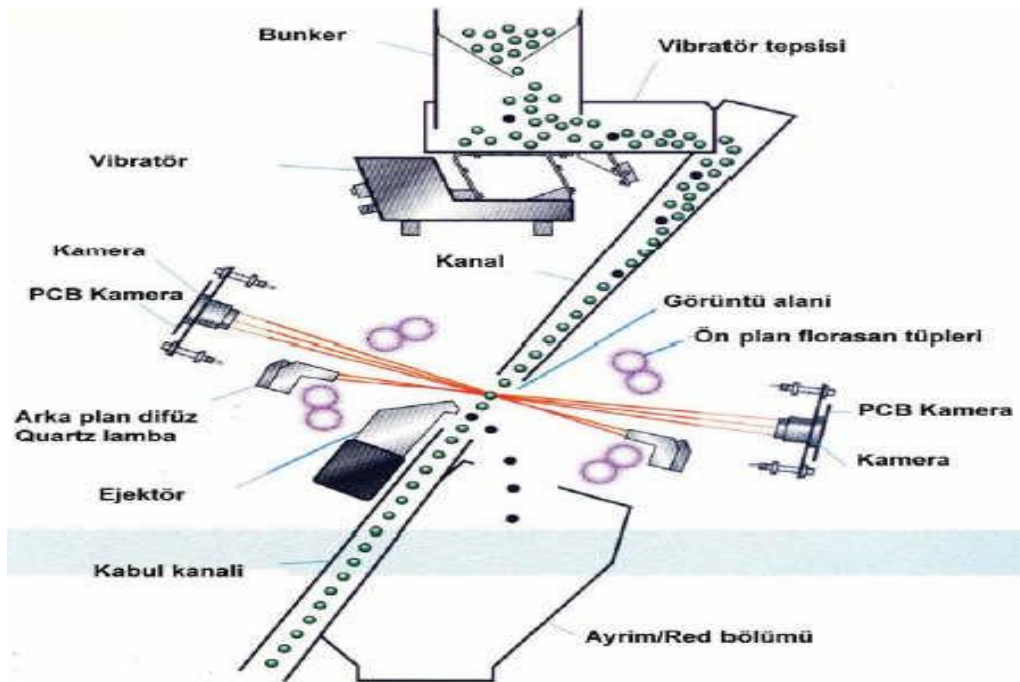
3 ile 250 mm arasındaki tane boyutlarının ayırma prensibi aşağıdaki koşullar sağlandığında daha verimli olarak gerçekleştirilebileceği öngörülmektedir.

1. Ayrılacak olan malzemelerin, renk ve ton değişikliklerinin fark edilebilir olması gerekir. Bunun için çok az bir renk farkı dahi yeterli olur, fakat söz konusu beslenecek

malzemenin belli bir standart içinde da olması önemli katkılar sağlar. (örneğin; tanecik dağılımı, yıkama, havalandırma, drenaj ve kurutma).

2. Malzemeyi oluşturan tanecikler tek tek ayrılacak durumda olmalıdır.
3. Malzeme ayırma işlemine, olabildiğince dar tane aralıklarında beslenerek girmelidir. Böylelikle ayırım parametreleri, tazyikli hava ve ayırım alanı ürün için en uygun hale getirilir (<http://koasltd.com>).

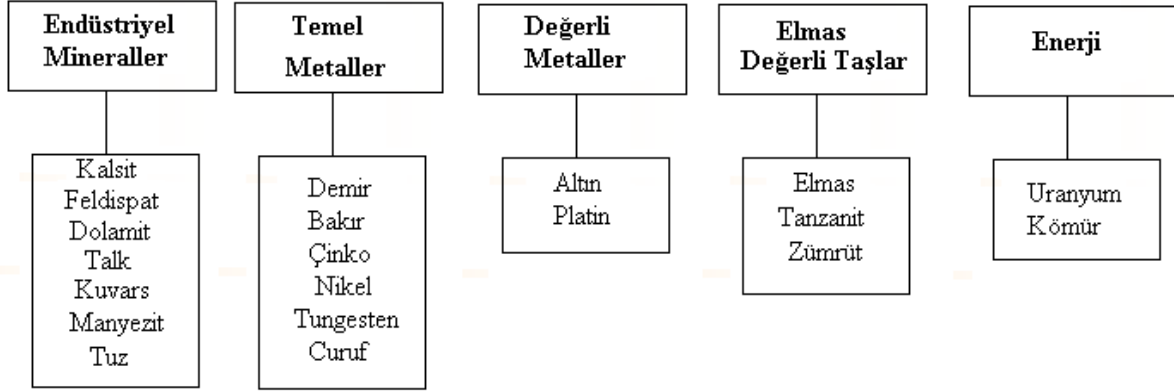
Küçük taneli katı gıda maddelerinde kullanılan renk ayıklama sisteminde temel olarak, homojen renkte, yabancı madde bulunmayan ve üretim basamaklarından kaçan yan ürünlerin renklerdeki farklılıklar baz alınarak ayrılmasında kullanılmaktadır. Sistem temel olarak mikroprosesör (mikroişlemci) kontrol ekipmanlarının yardımı ile yüksek hızda geçen maddeleri renklerine göre ayırmaktadır. Elektronik renk seçme makineleri renk esasına göre çalışmaktadır. Ayıklanacak olan ürün makine üzerine monte edilmiş bir bunkerden makineye vibratörler vasıtasıyla düzenli bir şekilde beslenmektedir. Makineye beslenen ürün akış kanallarından akarak optik sistem üzerinden geçmektedir. Optik sistem, aydınlatma üniteleri, kameralar ve diğer yardımcı sistemlerden oluşmaktadır. Optik sistem, ayıklanacak olan ürün içerisinde olabilecek farklı renkteki istenmeyen yabancı madde veya tohumları belirlemektedir. İstenmeyen yabancı maddeler, yüksek basınçta ve çok kısa süreli hava tatbik edebilen hava tabancaları (ejektör) vasıtasıyla akış dışı kalmakta ve makinenin reject (ret) çıkışından atılmaktadır. İyi ürünler ise herhangi bir etkiye maruz kalmadan accept (kabul) çıkışından alınmaktadır (MEGEP 2010). Şekil 3’de bir uygulama görüntüsü verilmiştir.



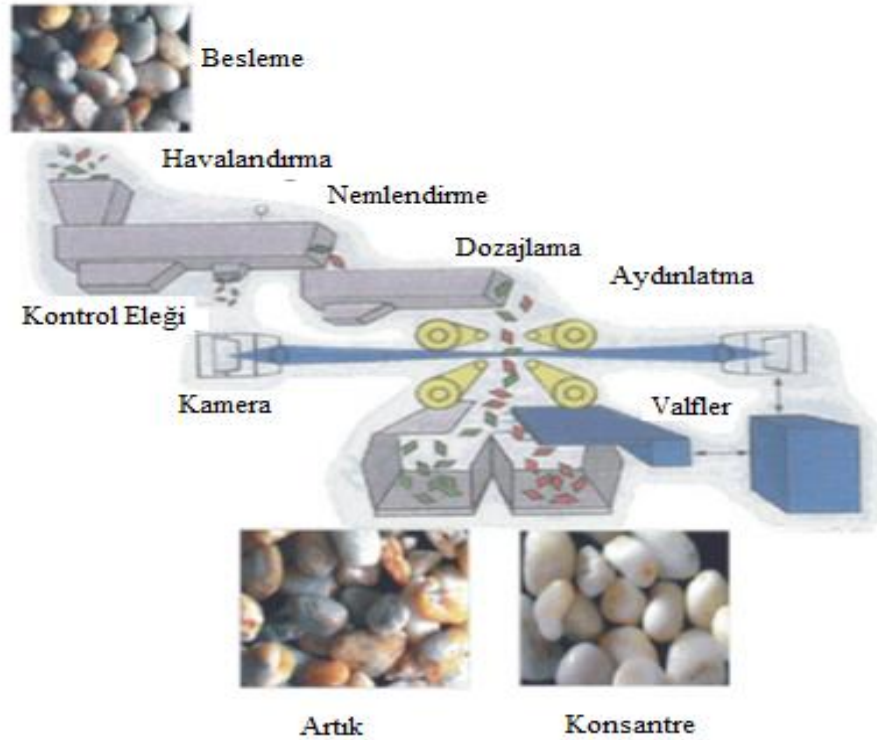
Şekil 3. Sensör temelli ayırmanın gıda için tasarlanmış bir versiyonu (MEGEP 2010)

Sensör tabanlı zenginleştirme tekniği, mevcut geleneksel işleme metodlarıyla karşılaştırıldığında birçok avantaja sahiptir. Bu teknik ile düşük maliyetli ayırma ve farklı materyal üretimi mümkündür (Çelik ve Yıldırım, 2010). Günümüzde madencilik sektöründe

sensör temelli ayırıcıların kullanıldığı uygulamaların bir listesi Şekil 4’de verilmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere söz konusu teknoloji birçok mineral için kullanılmaktadır. Bu kullanım uygulamasına ait bir örnekte Şekil 5’de verilmiş bulunmaktadır. Burada renkli ve beyaz taneler sensör temelli ayırıcı ile verimli bir şekilde artık ve konsantre olarak sınıflandırıldığı görülmektedir.



Şekil 4. Madencilik sektöründe sensör temelli ayırıcıların kullanıldığı alanlardan bazıları (Bergmann, 2009)



Şekil 5. Sensör temelli ayırma teknolojisine ait bir uygulama (Optosort,.....)

Geri dönüşüm, potansiyel olarak yararlı maddelerin israfının önlenmesi için, çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemler uygulayarak yeni ürün ve malzemeler oluşturmak için yapılan imalat sürecinin tümüdür. Geri dönüşümde amaç taze hammadde tüketimini ve enerji kullanımını azaltmak, hava, su ve toprak kirliliğini önlemenin yanında çöp ve atık malzeme miktarını minimum düzeye düşürmek olarak sıralanabilir. Geri dönüşüm modern atık azaltma yönteminin

en önemli bileşenidir. Başlıca geri dönüştürülebilir malzemeler ise cam, kâğıt, metal, plastik, tekstil ve elektronik çeşitlerinin tümüdür (<http://www.elektrikport.com>). Sensör temelli ayırıcıların gelişim sürecinde geri dönüşüm endüstrisinin payı büyüktür. Günümüzde optik, NIR (near infrared), X-ışını dedektörleri ve metal sensörleri ile çalışan otomatik sensör temelli ayırıcılar, geri dönüşüm endüstrisinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Atık kâğıt kazanımında kullanılan optik ayırıcılar, metal geri dönüşümünde kullanılan indükleyici (inductive) sensörler, plastik geri dönüşümünde kullanılan NIR sensörler ile yapılan uygulamalar her geçen gün daha başarılı olmaktadır (Gülcan ve Gülsoy 2013).

2.Sonuçlar

Her geçen gün mühendislik proseslerinde, gerek verim artırıcı gerekse maliyet düşürücü özelliklere sahip yeni teknolojiler kullanılmaktadır. Bunlardan birisi de başta gıda, geri dönüşüm ve madencilik sektörü olmak üzere birçok sanayi dalında kullanımı giderek artan sensör esaslı ayırma teknolojileridir. Bu teknoloji sayesinde proseslere daha kaliteli hammadde sunumu ve daha nitelikli ürünlerin eldesi mümkün olabilmektedir. Ancak söz konusu teknolojinin ilk yatırım masrafının yüksek olması gibi sebeplerden dolayı ülkemizde kullanım oranı Dünya ortalamasının altında olduğu öngörülmektedir. Bu nedenle, sensör esaslı ayırma teknolojilerinden ülkemizde daha geniş olarak yararlanılabilmesi için yerli üretime ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

Kaynaklar

1. Bergmann C., 2009. Developments in ore sorting technologies”, Councilfor Mineral Technology, 75 Mintek.
2. Çelik, C. Yıldırım, B.G. 2010. Cevher zenginleştirmede gelişen teknolojiler: optik zenginleştirme, Madencilik Türkiye-Sayı 4
3. Gülcan E., Gülsoy Ö.Y., 2013. Sensör temelli ayırma sistemleri-optik ayırma, Madencilik-Türkiye, s. 84-92.
4. Gülcan E., 2013. Minerallerin optik ayırma ile ayrılabilirliğinin araştırılması, Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin Maden Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü Yüksek Lisans Tezi.
5. MEGEP, 2010. Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Kuru bakliyatları ve tahıl tanelerini ayıklama.
6. Optosort tanıtım kataloğu, mbH · Rheinallee 19 · D-53173 Bonn · Germany
7. Udoudo O.B., 2010, Modelling the efficiency of an automated sensor based sorter, Doktora Tezi, The University of Exeter Earth Resources Department, İngiltere, 215s.
8. Uras O. 2014. Cevher hazırlama teknolojileri ile ilgili yeni teknolojiler, <https://groups.google.com/forum/#!msg/madenportal/CWixEaIRq1Y/oVkJTQ8fPeLoJ> (Alınma tarihi: 15.09.2015).
9. <http://www.mogensen.de/de/sortiertechnik-farbsortierungs-loesungen.htm> (Alınma tarihi: 15.09.2015).
10. <http://koasltd.com/MogensenGmbH.aspx> (Alınma tarihi: 15.09.2015).
11. <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/geri-donusum-ve-turkiyedeki-durumu/10152#ad-image-0> (Alınma tarihi: 15.09.2015).

TERMOELEKTRİK ve SOĞUTMA DESTEKLİ PV-CELL TERMODİNAMİK VERİM ANALİZİ

Ahmet Numan ÖZAKIN^a, Süleyman KARSLI^b, Ferhat KAYA^c, Hüseyin GÜLLÜCE^d

^a*Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 25100 Erzurum,
ahmet.ozakin@atauni.edu.tr*

^b*Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 25100 Erzurum,
skarsli@atauni.edu.tr*

^c*Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 25100 Erzurum,
ferhat.kaya@atauni.edu.tr*

^d*Atatürk Üniversitesi Erzurum Meslek Yüksekokulu Gaz Tesisatı ve Tek. Pr., 25100 Erzurum,
hgulluce@atauni.edu.tr*

Enerji arz-talep zincirinin tamamlanabilmesi için yeni arayışlara girilen dünyamızda yenilenebilir enerji sistemleri çözüm olarak görülmektedir. Bu bağlamda kabul görmüş, doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılabilir en önemli kaynak ise güneştir ve güneşten dünyamıza büyük miktarlarda enerji transferi gerçekleşmektedir. Güneş pili hücresi (PV Cell) günümüzde güneş enerjisi dönüşüm elemanı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Mevcut PV Cell sistemlerinin verimi yaklaşık olarak %17 kadardır.

Günümüzde kullanılan klasik PV Cell sistemini termoelektrik ve havalandırma kanal sistemiyle birleştirerek dönüşüm sürecinde değerlendirilmeden çevreye atılan ısı enerjisinin yararlı hale dönüştürülmesi ve böylece sistemin toplam veriminde bir iyileştirme yapılması çalışmanın genel amacı olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda üçlü deney sistemi oluşturularak deneysel ve sayısal çalışmalar yapılacak ve sistemin veriminde sağlanabilecek verim artışları etüt edilecektir. Havalandırma kanalına değişik geometri ve adımlara sahip kanatçıklar yerleştirerek ideal kanatçık konfigürasyonunun tespit edilmesine çalışılacaktır. Böylelikle birim alana düşen güneş enerjisinden iki şekilde elektrik enerjisi çıktısı alınacak aynı zamanda soğutmada kullanılan hava ek bir enerji kaynağı olarak kullanılacaktır.

SÜT İŞLEMEDE YÜKSEK BASINÇ KULLANIMI

Emin MERCAN, Nihat AKIN^b

^a*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bayburt, 69000, Türkiye*

^b*Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya, 42049, Türkiye*

Gıda endüstrisinde modern teknolojiler arasında en önemli olanları ürünün ısılmayan işlemlerle işlenmesidir. Isılmayan işlemlerden biri olan yüksek basınç (YB) uygulamalarının süt ve süt ürünlerinde kullanılması son zamanlarda giderek artmaktadır. 300-600 MPa basınç gıda kaynaklı patojenler dahil mikroorganizmaları inaktive etmekte etkin bir metottür. Mikrobiyal tahribatın yanı sıra, YB sütün tat, aroma, vitamin ve besinsel bileşenleri gibi önemli kalite özelliklerine zararlı etki vermeksizin renin veya asitle pıhtılaşmasını geliştirmektedir. YB uygulanması sütün bileşiminde bulunan kazein misellerinin yapısının değişmesi, serum proteinlerinin denatürasyonu, sütün mineral dengesinin değişmesi ve süt yağının kristalizasyonunda etkili olmaktadır. Ayrıca sütün viskozitesi ve pH'sında artışa yol açmaktadır. Peynir veriminin artması, yoğurdun raf ömrünün uzatılması ve serum ayrılmasının azaltılması ve ayrıca yağın kristalizasyonu ile dondurma miksinin ve tereyağının olgunlaştırılmasının sağlanmasında da etkisi bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Yüksek basınç, ısılmayan işleme teknolojileri, süt*

NANOELYAF KATKILI KOMPOZİT YAPILAR

Emin USLU^a, Mehmet GAVGALI^b, Mehmet Okan ERDAL^c

^a*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, euslu@bayburt.edu.tr*

^b*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, mgavgali@bayburt.edu.tr*

^c*Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir MYO, moerdal@konya.edu.tr*

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte nano boyutta malzemelerin üretilmesi ve üretim yöntemlerinin gelişmesi de hız kazanmıştır. Nano malzemeler ailesinde bulunan ve çapı 1 µm'den daha küçük olan nanoelyaf lar üstün performansları sayesinde tıp, tekstil, enerji ve tarım gibi sektörlerde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Elektro-eğirme yöntemi nanoelyaf üretiminde etkili bir teknik olarak kabul edilmiştir ve son yıllarda nanoelyaf lar çoğunlukla bu yöntemle, solvent solüsyonu ve erimiş haldeki çeşitli polimerlerden başarılı bir şekilde üretilmektedir. Nanoelyaf katkılı kompozit uygulamalarında fiber yapılar takviye olarak kullanıldığında yapının mekanik özelliklerini geliştirmektedir. Bu gelişim kompozit uygulamalarının yaygın olarak kullanıldığı uçak ve uzay çalışmaları, savunma teknolojileri, sağlık ürünleri gibi önemli alanlarda vazgeçilmez bir yenilik olmaktadır. Bu çalışmada, elektro-eğirme yöntemiyle üretilen nanoelyaf ların imali, yapı ve özellik karakterizasyonu ve uygulamaları ile alakalı gelişmeler üzerine kapsamlı bir araştırma çalışması sunulmuştur. Nanoelyaf ların elektro-eğirme yöntemiyle üretilmesi için gerekli olan işlem koşulları ve polimer bilgileri bu çalışmada özetlenmiştir. Ayrıca teknolojik sınırlamalar, araştırma zorlukları ve gelecekteki eğilimler ile ilgili diğer konular tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Nanoelyaf, Elektro-eğirme, Kompozit.*

BASINÇLI KAPLARDA UYGULANAN HİDROSTATİK VE PNÖMATİK TESTLERDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLARIN İNCELENMESİ

Tahsin ÜNLÜ^a, Erdal İĞMAN^a, Özkan BAYRAM^a, Recep ÇATAR^b, Emin USLU^b

^a*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malz. Bil. ve Nanotek. Mühendisliği*

^b*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği*

İç basıncı 0,5 bardan büyük olan kap ve ekipman basınçlı kap olarak adlandırılmaktadır. Temel olarak basınçlı kaplar; kazanlar, kompresörler, buhar ve sıcak su kapları, asit tankları, gaz tankları, petrol gazı tankları ve tüpleri, asetilen tankları ve tüpleri, içinde zehirli ve zararlı gazların bulunduğu kaplardır. Basınçlı kapların imalatı sonrasında endüstride uygulamaya sunulmadan önce; hidrostatik ve pnömatik olarak çeşitli testlere tabi tutulmaktadır. Uygulanan testler kapların dikişli ve dikişsiz olma durumuna göre değişkenlik göstermektedir.

Dikişsiz ve kaynaklı basınçlı kapların hidrostatik testleri uygulanırken test öncesi ve test sonrası çevresel ölçüm yapılmaktadır. Ancak dikişli basınçlı kaplarda hidrostatik test esnasında çevresel ölçüm yapılmamaktadır. Test esnasında kaplar işletme basıncının (16-17 bar) 1,5 katı kadar test basıncı (25-26 bar) uygulanmaktadır. Test esnasında uygulanan bu basıncın kaplarda bazen elastik sınırlar içerisinde bazen de plastik şekil değişimine sebep olacağı düşünülmektedir. Uygulanan basıncın kap üzerinde; elastik şekil değişim sınırını geçip plastik şekil değişimine sebep olması durumunda üretilen kapların performansı ve kullanım ömrü oldukça azalacaktır. Böylece normal şartlarda 125 bar basınçta bile dayanım göstermesi beklenen kapların 25-50 bar basınç aralıklarına kadar düşük basınçlarda bile dayanım gösteremeyeceği bilinmektedir. Ayrıca hidrostatik testlerde kullanılan suyun temiz ve saf su olması oldukça önemlidir. Çünkü testlerde kullanılan suyun safsızlık içermesinden dolayı uygulanan basınç ile su içerisindeki partiküller kap iç çeperine yapışarak korozyona ve kap ömrünün ve performansının azalmasına sebep olmaktadır. Basınçlı kaplara uygulanan pnömatik testlerde ise mevcut olarak hava ile sızdırmazlık testi yapılmaktadır. Ancak testlerde molekül çapları havadan çok daha küçük olan azot ve helyum gazlarının uygulanması ile basınçlı kapta yer alan çok ince boşluklarda tespit edilebilecektir. Böylece testin doğruluğu ve basınçlı kabın performansı artırılabilir.

Bu çalışmada basınçlı kapların imalatı ve sonrasında uygulanan testle ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca basınçlı kaplara uygulanan hidrolik ve pnömatik testlerde dikkat edilmesi gereken hususlar ve bunların etkileri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Basınçlı kap, hidrostatik test, pnömatik test, korozyon.*

DÜZ DİŞLİ ÇARK SİSTEMİNDE HATA TESPİTİ İÇİN TİTREŞİM VERİLERİNİN İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLÜ

Sinan MARAŞ

“Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Bayburt, smaras@bayburt.edu.tr

Düz dişli çarklar hareket ve güç iletimi için endüstride yaygın olarak kullanılan makine elemanlarından biridir. Bu elemanlarda meydana gelebilecek hataların tespit edilmesi, oluşabilecek daha büyük hasarları önleyebilmek açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada amaç, düz dişlilerdeki aşınma hatasından kaynaklanan titreşimlerin kaydedilerek, titreşim analizi ve istatistiksel proses kontrol yöntemi ile dişli kusurunun varlığını tespit etmektir. Bu amaçla düz dişli çark sistemi deney düzeneği kurulmuş, öncelikle sağlam dişliler takılarak referans spektrumları elde edilmiştir. Daha sonra deney düzeneğindeki karşılıklı dişlilerde suni olarak aşınma hatası oluşturulmuştur. Sistem çeşitli ön yük ve devir şartlarında çalıştırılarak rulmanlı yataklar üzerinden radyal (x) yöndeki titreşimler kaydedilmiştir. Elde edilen titreşimlerin frekans spektrumları ve istatistiksel proses kontrol grafikleri çizdirilmiştir. Sağlam dişlilerden elde edilen verilerin grafikleri ile kusurlu dişlilerden elde edilen verilerin grafikleri karşılaştırıldığında, aşınmış dişli hasarının tespiti gerçek zamanlı deneysel çalışma ile grafiksel olarak gösterilebilmiştir.

SÜT TEKNOLOJİSİNDE YÜKSEK HİDROSTATİK BASINÇ UYGULAMALARI

Ayla ARSLANER

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bayburt

Gıda endüstrisi, daha besleyici, yüksek duyusal kalitede, güvenilir gıda ürünlerine artan talebi karşılamak amacıyla son yıllarda ısı işlemlere alternatif olarak, non-thermal inaktivasyon teknikleri üzerine yoğunlaşmıştır. Yüksek Hidrostatik Basınç (YHB), yüksek sıcaklık uygulaması sonucu oluşan besin kayıpları ve şok dondurmanın getirdiği yüksek maliyet gibi dezavantajları ortadan kaldırmayı amaçlayan yeni tekniklerden biri olarak her geçen gün önem kazanmaktadır.

Gıdaları oda sıcaklığında işleme ve koruma metotlarının en önemlilerinden biri olan YHB işlemi, katı ve sıvı gıdaların ambalajlı veya ambalajsız olarak, 100 ve 1000 MPa arasında basınca maruz bırakılmasını içeren bir uygulamadır. Temelde bir gıda koruma metodu olarak ortaya çıkan YHB uygulamasının, son zamanlarda gıdaların tekstürünü geliştiren, enzimatik reaksiyonları kontrol altına alan ve kaliteli gıdaların üretilmesine imkân tanıyan bir yöntem olduğunun farkına varılmıştır.

Süt ürünlerinde YHB uygulamalarını konu alan çalışmalar sonucunda, hammadde süte uygulanan YHB'nin yoğurt jelinin tekstürü ve viskozitesini iyileştirdiği, peynir randımanını artırdığı, peynirde olgunlaşma süresini kısalttığı ifade edilmiş; sütün 400-600 MPa altında basınçlanması ile mikrobiyal kalite açısından pastörize süt ile (75°C/15s) kıyaslanabilecek seviyeye eriştiği ifade edilmiştir. Uzun raf ömrü ve duyusal nitelikleri yüksek içme sütü üretimi için YHB ve ısı uygulamalarının kombine kullanılması tavsiye edilmektedir.

Isıl olmayan bu yeni tekniklerin ülkemiz süt endüstrisinde ticari anlamda kullanılabilirliği yoğun ve detaylı bilimsel çalışmalarla araştırılarak; her bir süt ürünü için uygun işlem parametreleri belirlenmelidir.

Anahtar Kelimeler: *Yüksek Hidrostatik Basınç, Süt, Yeni teknikler*

EKSTRÜZYON TEKNOLOJİSİNİN HUBUBAT ve BAKLAGİLLERDE KULLANIMI

Şule BAŞAR^a, M. Murat KARAOĞLU^b

^a Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bayburt

^b Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Makarna, kahvaltılık gevrek, çerez gıdalar gibi çeşitli ürünlerin üretilmesinde kullanılan ekstrüzyon, mekanik ve ısıl işlemlerin kombinasyonunu içeren kompleks bir gıda işleme prosesidir. Ekstrüzyon-pişirme teknolojisi, nişasta ve protein içeren ham maddelerin son gıda ürününe dönüştürülmesinde kullanılan çok yönlü ve etkili bir yöntemdir.

Ekstrüzyon teknolojisi, başlangıçta nem miktarı oldukça az olan materyale su ilave ederek esneklik kazandırıp, son aşamada ise ürünün genleşmesini sağlayan ve aynı zamanda nişastayı jelatinize, proteinleri denatüre ve enzimleri de inaktive eden tek proses olması nedeniyle giderek diğer geleneksel gıda üretim teknolojilerinin yerini almaktadır. Ayrıca ekstrüzyon-pişirmenin düşük üretim maliyeti, yüksek verimlilik, farklı ürünlerin üretilmesine imkan vermesi ve hemen hemen hiç proses atığı oluşturmaması gibi üretim avantajları sağlaması, son yıllarda hububat ve baklagil içerikli çerez tipi veya benzeri gıdaların üretiminde popüleritesinin artmasına zemin hazırlamıştır.

Yurt dışında farklı baklagil ve karışımlarının ekstrüde edilmesiyle ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış olmasına rağmen ülkemizde hububat ve baklagillerin ekstrüde gıda üretiminde kullanımı ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Ekstrüzyon uygulaması özellikle hububat ve baklagil bazlı ürünlerin üretimi ile ilgili üzerinde durularak yeni araştırmaların yapılmasına ihtiyaç duyulan bir çalışma alanıdır.

Anahtar Kelimeler; Ekstrüzyon, ekstrüzyon pişirme, tahıl, baklagil

RİYO-DASİTİK BİLEŞİMLİ VİTRİK TÜF (BAYBURT TAŞI TOZU) TAKVİYESİNİN EPOKSİ REÇİNESİNİN MUKAVEMETİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Tahsin ÜNLÜ^a, Mehmet Okan ERDAL^b, Lokman GEMİ^c, Şakir YAZMAN^d

^a*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malz. Bil. ve Nanotek. Müh., tunlu@bayburt.edu.tr*

^b*Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir MYO, moerdal@konya.edu.tr*

^c*Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir MYO, lgemi@konya.edu.tr*

^d*Selçuk Üniversitesi, Ilgın MYO, syazman@selcuk.edu.tr*

Bayburt yöremizde rastlanan beyaz renkli kayaç içinde volkanik malzemeden oluşan bir matriks ve bu matriks içerisinde kuvars, plajyoklaz, biyotit ve düşük oranlarda MgO, Fe₂O₃, CaO, Al₂O₃ gibi seramikler bulunmaktadır. Bu çalışmada riyo-dasitik bileşimli vitrik tüf (Bayburt Taşı Tozu) epoksi reçine içerisine ağırlıkça % 1-3-5 oranlarda katılarak mekanik özellikleri incelenmiştir. Hasar bölgeleri SEM resimleri alınarak hasar mekanizmalarının analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Bayburt taşı, Riyo-dasitik vitrik tüf, Epoksi reçinenin mekanik özellikleri.*

KARAYOLLARINDA KULLANILAN İŞARET LEVHALARININ KOMPOZİT MALZEMEDEN İMALATI

H. AKBULUT, Y. ERBAY, V. ACAR, F. Azimpour SHISHEVAN

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Otobanlar, otoyollar, caddeler, sokaklar, kavşaklar ve şehir içi yollarında kullanılan yatay ve düşey işaretlemeler, bulunduğu yer çevresinin genel özelliklerini, gerekli ikaz ve mesajları bunları kullananlara aktarırlar. İkaz mahiyetindeki trafik işaret levhaları, rehberlik, yönlendirme ve yaklaşan tehlikeyi önceden belirterek yolu kullananların daha tehlikeyi görmeden gerekli tedbirleri almalarını yardımcı olur. Trafiğin düzenlenmesi için kullanılan işaretler ile, trafiğin düzenli ve güvenli biçimde seyri sağlanmaktadır. Bu işaret levhaları ve bunları taşıyan direkler genellikle çelik veya alüminyum gibi metallere yapılmaktadır. Ancak kompozit teknolojinin gelişmesiyle birlikte, hafiflik, düşük maliyet gibi bazı avantajlarından dolayı, kompozit malzeme kullanımı daha uygun olabilmektedir. Bu çalışmada, kompozit trafik direk ve levhaları üzerine odaklanılmıştır. Çalışmada, sonlu elemanlar yöntemi (SEY)'ni baz alan ANSYS paket programı kullanılarak, kompozit trafik direk ve levhalarının gerilme analizleri yapılmış ve alüminyum ve çelikten üretilmiş olan trafik direk ve levhalarıyla mukayese edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kompozit trafik direk ve levhalarının daha uygun olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Trafik levha ve direkleri, Kompozit malzeme, Gerilme analizi, Sonlu elemanlar yöntemi*

ET ÜRÜNLERİNDE NİTROZAMİNLERİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN KROMATOĞRAFİK TEKNİKLER

S. SALLAN, G. KABAN, M. KAYA

^a *Serhat Kalkınma Ajansı, Kars, selen.sallan@serka.gov.tr*

^b *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum*

^c *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum*

Yüksek sıcaklık ve asidik ortamda sekonder aminlerin nitröz asitle reaksiyona girmesi sonucu oluşan nitrozaminler, kanserojenik ve teratojenik etki gösterebilmektedir. Et ürünlerinde nitrozamin oluşumunda nitrit konsantrasyonu doğrudan etkili olabildiği gibi pişirme yöntemi, pişirme sıcaklığı ve süresi, ürünün pH değeri ve mikroflorası, aminlerin mevcudiyeti gibi faktörler de oldukça etkili olmaktadır. Söz konusu faktörlerin nitrozamin oluşumdaki etkilerini ortaya çıkarmak ve son üründe nitrozamin seviyelerin belirlemek amacı ile çeşitli araştırmalar yürütülmüş ve halen de bu araştırmalara devam edilmektedir.

Nitrozaminlerin belirlenmesinde kromatografik, spektrofotometrik, spektrofluorometrik ve elektro analitik yöntemler kullanılmaktadır. Günümüzde nitrozaminlerin analizinde uygulanan ve araştırılan en yeni yöntemler, yüksek ayırma gücüne sahip olması, yapıların tanımlanmasında üstünlük sağlaması ve hassas analizlere uygun olması sebebiyle kromatografik yöntemlerdir. Bu çalışmada et ürünlerinde nitrozamin belirlenmesine yönelik uygulanan ekstraksiyon çeşitleri ile kromatografik yöntemler açıklanmış, uygulanan yöntemlerin metod etkinlikleri ve performansları tartışılmıştır.

MEVCUT BETONARME BİNALARIN RİSKLİ YAPI TESPİT ESASLARI'NA GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yavuz Selim HATİPOĞLU^a, Oğuz Akın DÜZGÜN^b

^aİnşaat Müh. Bölümü, Bayburt Üniversitesi, 69000, Bayburt, E-mail: yhatipoglu@bayburt.edu.tr

^bİnşaat Müh. Bölümü, Atatürk Üniversitesi, 25240, Erzurum, E-mail: oaduzgun@atauni.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun kapsamında deprem etkisi altında riskli binaların tespit edilmesinde kullanılacak esasları içeren Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTE, 2013)'a göre mevcut betonarme binaların performanslarının değerlendirme yöntemleri üzerinde durulmuş ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY, 2007) hükümleriyle karşılaştırmalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler; Riskli Yapı, Risk Analizi, Hasar Tahmini, RYTE 2013.

1. Giriş

Türkiye’de meydana gelen şiddetli depremlerin önemli oranda can ve mal kayıplarına neden olması hatta orta büyüklükteki depremlerde bile can ve mal kayıplarının meydana gelmesi yapıların yeterli güvenliğe sahip oldukları konusunda soru işaretleri oluşturmaktadır. Ülkemiz topraklarının yaklaşık %92'sinin deprem bölgeleri üzerinde olması, nüfusunun da yaklaşık %96'sının bu bölgeler üzerinde yaşaması, yapıların depreme dayanıklı bir şekilde tasarlanmasının önemini daha da artırmaktadır. Yapılan araştırmalar, binaların deprem etkisi altındaki davranışının, depremlerde meydana gelen can ve mal kayıpları üzerinde asıl etken olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla can ve mal kayıplarını en aza indirebilmek için özellikle mevcut binaların deprem etkisi altındaki davranışının, yani performansının belirlenmesi, daha sonra da muhtemel bir yetersizlik durumunda da gereken tedbirlerin alınması gerekmektedir. Son yıllarda ortaya çıkan bir kavram olan performans kavramı, başlangıçta her ne kadar mevcut binaların deprem etkisi altındaki davranışını belirlemek üzere geliştirilmiş olsa da, sonraları bu yaklaşımın yeni binaların tasarımında da kullanılması mümkün olmuştur [2].

Ülkemizde yaşanması muhtemel depremlerin sonucunda can ve mal kayıplarını en aza indirmek düşüncesi, mevcut binaların performanslarının belirlenmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Özellikle kentsel dönüşüm çalışmalarının da yaygınlaşması böyle bir çalışmanın önemini daha da artırmıştır. Bu amaçla 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik [1] içeriğine, “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi” başlığıyla yeni bir bölüm ilave edilmiştir. Bu yeni bölümde mevcut binaların değerlendirilmesinde uygulanacak hesap ilkeleri ve güçlendirme çalışmalarında esas alınacak tasarım ilkeleri verilmiştir.

Ülkemizdeki mevcut yapı stoğu dikkate alındığında, binaları DBYBHY (2007)'e göre incelemek uzun zaman almakta, önemli bir maliyet getirmekte ve çok sayıda yetişmiş personel ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu sebeplerden dolayı mevcut yapı stoğunu güvenilir, hızlı ve ekonomik bir şekilde incelemek için çeşitli hızlı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiş ve önerilmiştir. Bununla birlikte, geliştirilen bu yöntemlerin kullanılmasında dikkat edilmesi gereken husus, bu yöntemler sadece riskli olabilecek binaların ayırt edilmesi ve detaylı inceleme için öncelik sıralandırması yapmak amacıyla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, DBYBHY (2007)'e göre nispeten daha hızlı bir değerlendirme yöntemi olan Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar'a [3] göre mevcut betonarme binaların performanslarının değerlendirilmesine yönelik esaslar ve yöntemler incelenmiştir. Bununla birlikte, RYTE (2013)'te verilen esasların sadece DBYBHY (2007) Tablo 7.7'de belirtilen "Diğer Binalar" (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.) kapsamındaki binalardan yüksekliği 25 m veya zemin döşemesi üstü sekiz katı geçmeyen betonarme veya yığma binaların risk belirlemesi için kullanıldığı göz önünde tutulmalıdır [3]. Bunun haricindeki tüm binalarda DBYBHY (2007) hükümleri uygulanır.

2. Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTE, 2013)

RYTE (2013)'e göre riskli bina, bulunduğu bölge için DBYBHY (2007)'de tanımlanan "Tasarım Depremi" altında yıkılma veya ağır hasar görme riski bulunan binadır. Bununla birlikte RYTE (2013)'e göre riskli bulunmayan binaların DBYBHY (2007)'de belirtilen can güvenliği performans seviyesini sağladığı sonucu çıkarılamaz [3].

2.1. Bina Rölöve ve Bilgi Düzeyi

Binanın mevcut taşıyıcı sistem özelliklerini belirlemek için kritik kat rölövesi çıkarılır. Kritik kat, rijitliği diğer katlara oranla çok düşük olan veya yanal ötelenmesi zemin tarafından tutulmamış en alt bina katıdır. Rölöve de bina geometrisi; kolon, perde, kiriş boyutları ve eksen açıklıkları taşıyıcı özelliği olmayan dolgu duvar yerleşimleri belirlenir. Ayrıca binanın kat adet ve yükseklikleri rölövede belirtilir. Kritik kattaki olumsuzluklar olan kısa kolon ve konsollar rölöveye işlenir [3].

İki çeşit bilgi düzeyi tanımlanmıştır. Bunlar asgari ve kapsamlı bilgi düzeyleridir. Yapının taşıyıcı sistem projeleri mevcut ve yapılan imalat ile uyumlu ise kapsamlı bilgi düzeyidir. Uyumlu değil ise asgari bilgi düzeyi olarak kabul edilir (Tablo 2.1), [3]. DBYBHY (2007)'de ise sınırlı, orta ve kapsamlı olmak üzere üç adet bilgi düzeyi tanımlanmıştır.

Tablo 2.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Asgari	0.90
Kapsamlı	1.00

2.2. Betonarme Binalarda Donatı Tespiti ve Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi

Binada mevcut donatı durumunu belirlemek için kritik katta en az 6 adet olmak üzere perde ve kolonların minimum % 20'sinde boyuna donatı türü, miktarı ve düzeni belirlenmelidir. Bu işlem, seçilen elemanların en az yarısının pas payları sıyrılıp, diğer yarısı içinde donatı tespit cihazları kullanılıp boyuna ve enine donatı türü, miktarları belirlenir. Eğer donatılarda korozyon oluşmuşsa hesaplarda dikkate alınır [3].

Binanın girişlerinde açıklıkta alt ve mesnetlerde üst donatı olarak, taşıyıcı sistem çözümünde TS 500 (2000)'de tanımlanan (1.4G + 1.6Q) yüklemesinden hesaplanan donatının bulunduğu, giriş alt mesnet donatısının ise üst mesnet donatısının 1/3'ü olarak kabul edilebilir [3].

Mevcut beton dayanımını belirlemek için kritik kat kolon ve perdelerinden en az 10 elemanda tahribatsız yöntemler kullanılmalı ve en düşük sonucun alındığı 5 yerden karot alınmalıdır. Kat alanı 400 m²'den fazla ise bu alanı aşan her 80 m² için alınacak karot sayısı bir adet arttırılır. Deneylemlerden elde edilen ortalama beton dayanımının % 85'i mevcut beton dayanımı olarak kabul edilir [3].

Riskli bina kontrolünde yapının oturduğu zemin için etütler yapılabilir. Ayrıca yakın yerlerde yapılan etüt sonuçları dikkate alınabilir. Genel olarak bölge hakkında bilgi yoksa en olumsuz senaryoya göre zemin sınıfı Z4 olarak hesaplamalarda kullanılır [3].

2.3. Betonarme Bina Taşıyıcı Sisteminin Analizine İlişkin Genel Kurallar

Yapıya etkileyen deprem yükü hesaplanırken, yönetmelikte belirlenen elastik ivme spektrumu kullanılır. Hesaplamalarda Bina Önem Katsayısı I=1,0 alınır [3].

Binanın risk durumu binaya etkileyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin bileşik etkileri altında planda her iki doğrultu ve bu doğrultuların her iki yönü (G+nQ ± E) dikkate alınarak belirlenir [3].

Betonarme kesitlerin veya elemanların kapasiteleri TS 500 (2000)'de verilen kurallar kullanılarak, mevcut malzeme dayanımları ve bilgi düzeyi katsayısı dikkate alınarak hesaplanır [3].

Taşıyıcı sistemin deprem analizinde Etkin Eğilme Rijitlikleri (EI)_e için şu değerler kullanılmalıdır:

$$\text{Kirişler ve perdelerde} \quad : (EI)_e = 0.30(E_{cm}I)_0$$

$$\text{Kolonlarda} \quad : (EI)_e = 0.50(E_{cm}I)_0 \quad (E_{cm}: \text{Betonun Elastisite Modülü})$$

2.4. Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi

Hesaplarda, binanın riskli olup olmadığını belirlemek için Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi kullanılır. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 m'yi ve toplam kat sayısı sekizi aşmayan, ayrıca ek dış merkezlik dikkate alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} \leq 1.4$ olan binalarda uygulanabilir. Bu binalarda $\eta_{bi} > 1.4$

olması durumunda Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmalıdır. Her iki yöntemle hesapta $R_a = 1$ alınacaktır. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde deprem yükü λ katsayısı ile çarpılmalıdır. Bu katsayı bodrum kat hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınmalıdır [3].

Bina için risk değerlendirme hesapları sadece kritik kat dikkate alınarak yapılır. Fakat yapılan hesaplarda kat öteleme miktarı diğer katlardan her hangi birinde kritik kattaki değerden fazla ise belirlenen kat için, kat ötelenme sınır değeri kontrolleri yapılır [3].

Kolonlar V_e/V_r oranı ile sarılma bölgesi donatı detayına göre üç gruba ayrılır (Tablo 2.2):

- A grubu : Eğilme güç tükenmesi
 B grubu : Eğilme-kesme güç tükenmesi
 C grubu : Kesme güç tükenmesi

Tablo 2.2. Kolonların gruplandırılması

V_e/V_r	Aralığı $s \leq 100mm$ olan, her iki ucunda 135° kancalı etriyesi bulunan ve toplam enine donatı alanı $A_{sh} \geq 0.06s b_k (f_{cm}/f_{ywm})$ denklemini sağlayan kolonlar	Diğer durumlar
$V_e/V_r \leq 0.7$	A	B
$0.7 < V_e/V_r \leq 1.1$	B	B
$1.1 < V_e/V_r$	B	C

Perdeler ise V_e/V_r ve H_w/ℓ_w oranlarına göre iki gruba ayrılır (Tablo 2.3):

- A grubu : Eğilme güç tükenmesi
 B grubu : Eğilme-kesme güç tükenmesi

Tablo 2.3. Perdelerin gruplandırılması

H_w/ℓ_w	$V_e/V_r < 1.0$	$1.0 \leq V_e/V_r$
$2.0 \leq H_w/\ell_w$	A	B
$H_w/\ell_w < 2.0$	B	B

Burada;

V_e : Kolon, kiriş veya perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti olup, DBYBHY (2007)'ye göre hesaplanır.

V_r : Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı olup, $(G+nQ \pm E/6)$ yükleme kombinasyonundan elde edilen N_K değeri için hesaplanır.

N_K : Mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet.

H_w : Temel üstünden veya kritik kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği

ℓ_w : Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu

Betonarme elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kolon ve perde kesitlerinin deprem etkisi altında hesaplanan kesit momentinin kesit moment kapasitesine bölünmesiyle elde edilen

Etki/Kapasite oranı ($m = M_{G+nQ+E}/M_k$) kullanılır. M_k değeri ($G+nQ \pm E/6$) yükleme kombinasyonundan elde edilen N_k değeri için hesaplanır. Kritik kattaki kolon ve perde m değerleri ve δ kat öteleme oranı talepleri risk sınır değerleri ($m_{sınır}$) ve kat öteleme sınır değerleri ($(\delta/h)_{sınır}$) ile karşılaştırılır (Tablo 2.4 – 2.8). Herhangi bir sınır değer aşılması durumunda elemanın risk sınırını aştığı kabul edilecektir. Tablolardaki ara değerler için interpolasyon işlemi uygulanır [3].

$$m = M_{G+nQ+E}/M_k < m_{sınır}$$

$$(\delta/h) \leq (\delta/h)_{sınır}$$

Tablo 2.4. A grubu kolonlar için ($m_{sınır}$) ve ($(\delta/h)_{sınır}$) değerleri

$N_k / (f_{cm} A_c)$	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
≤ 0.1	5.0	0.035
≥ 0.6	2.5	0.0125

Tablo 2.5. B grubu kolonlar için ($m_{sınır}$) ve ($(\delta/h)_{sınır}$) değerleri

$N_k / (f_{cm} A_c)$	$A_{sh} / (s b_k)$	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
≤ 0.1	≤ 0.0005	2.0	0.01
	≥ 0.006	5.0	0.03
≥ 0.6	≤ 0.0005	1.0	0.005
	≥ 0.006	2.5	0.0075

Tablo 2.6. C grubu kolonlar için ($m_{sınır}$) ve ($(\delta/h)_{sınır}$) değerleri

$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
1.0	0.005

Tablo 2.7. A grubu perdeler için ($m_{sınır}$) ve ($(\delta/h)_{sınır}$) değerleri

$N_k / (f_{cm} A_c)$	$V_e / (b_w d f_{ctm})$	Başlık bölgesi(*)	$m_{sınır}$	$(\delta/h)_{sınır}$
< 0.1	≤ 0.9	Var	6.0	0.030
		Yok	4.0	0.015
	≥ 1.3	Var	3.5	0.015
		Yok	2.0	0.0075
> 0.25	≤ 0.9	Var	3.5	0.020
		Yok	2.0	0.010
	≥ 1.3	Var	2.0	0.010
		Yok	1.5	0.005

Tablo 2.8. B grubu perdeler için ($m_{sınır}$) ve ($(\delta/h)_{sınır}$) değerleri

$V_e / (b_w d f_{cm})$	$m_{sınır}$	$(\delta / h)_{sınır}$
≤ 0.9	4.0	0.020
≥ 1.3	2.0	0.010

2.5. Riskli Betonarme Binanın Belirlenmesi

İncelenen kat veya katlarda (G+nQ) yüklemesinde perde ve kolonlarda aksel basınç gerilmelerinin ortalaması ($0.65f_{cc}$) değerinden büyükse, o katta herhangi bir perde veya kolon elemanının Risk Sınırı aşıldığında bina riskli olarak değerlendirilir.

Kolon ve perde aksel gerilmesine bağlı olarak Tablo 2.9’da verilen kat kesme kuvveti oranı sınırlarını aşan bina Riskli Bina olarak kabul edilir [3].

Tablo 2.9. Perde/kolon aksel gerilme ortalamasına bağlı kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri

Perde ve kolon aksel gerilme ortalaması (=Perde ve kolon gerilmelerinin toplamı / Perde ve kolon sayısı)	Kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri
$\geq 0.65 f_{cm}$	0
$0.1f_{cm} \geq$	0.35

3. Örnek Bir Yapı Üzerinde Elde Edilen Sonuçlar

Analiz sonuçları Ebren (2015)’ten alınmıştır.

Bina Performans Düzeyi : Can Güvenliği (CG)

Toplam Kat Adedi : 3

Bina Bilgi Düzeyi : Orta

Bilgi Düzeyi Katsayısı : 0.90

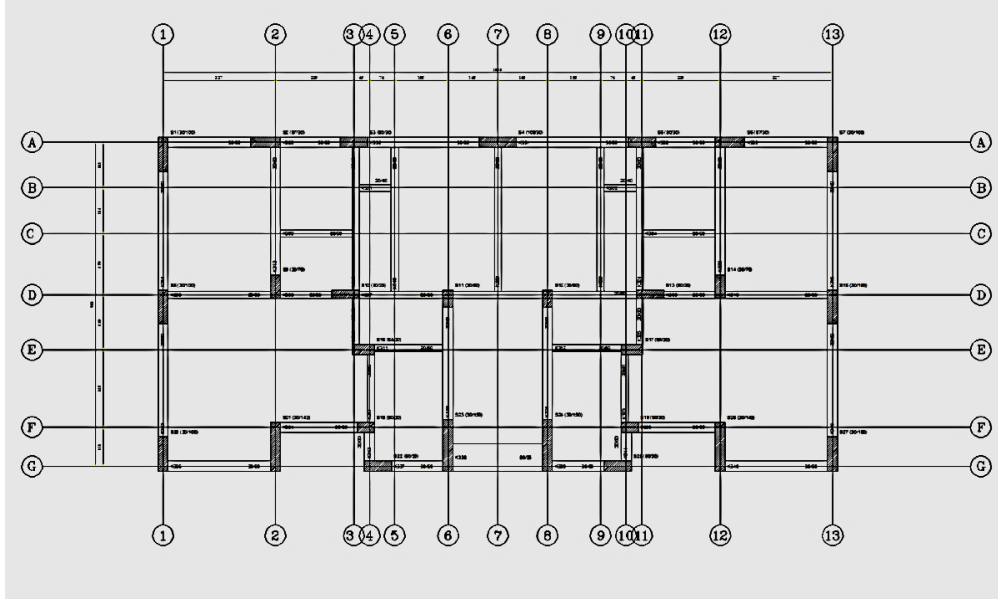
Korozyon Durumu : % 10

Donatı Gerçekleşme Oranı : 0,90

Zemin Sınıfı : Z1

Beton Sınıfı : 50 kgf/cm²

Çelik Sınıfı : St 220



Şekil 3.1. Örnek yapıya ait kalıp planı

Analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur:

A) DBYBHY (2007)'ye göre elde edilen analiz sonuçları:

- Deprem yönü +X olan deprem yükü etkisi altında

Kat	Eleman	Toplam	Sağlamayan	Sağlamayan	V- toplam (t)	V-Sağlmyn (t)	Sağlamayan	Limit
		Elm.Adedi	Elm.Adedi	Elm.Yuzdesi			V Yüzdesi	
1	Kolonlar	27	13	48.15	460.694	327.227	71.03	> 20.00 !
	Kirisler	24	19	79.17				> 30.00 !
2	Kolonlar	27	0	0	384.632	0	0	< 20.00
	Kirisler	22	17	77.27				> 30.00 !
3	Kolonlar	27	0	0	234.926	0	0	< 40.00
	Kirisler	22	2	9.09				< 30.00

Bu yapıdaki düşey elemanlar ve kirişler Can Güvenliği Performans düzeyini sağlamamaktadır. Bina bu deprem yönü için "**Riskli**"dir.

- Deprem yönü -X olan deprem yükü etkisi altında

Kat	Eleman	Toplam	Sağlamayan	Sağlamayan	V- toplam (t)	V-Sağlmyn (t)	Sağlamayan	Limit
		Elm.Adedi	Elm.Adedi	Elm.Yuzdesi			V Yüzdesi	
1	Kolonlar	27	12	44.44	460.694	315.948	68.58	> 20.00 !
	Kirisler	24	19	79.17				> 30.00 !
2	Kolonlar	27	0	0	384.632	0	0	< 20.00
	Kirisler	22	17	77.27				> 30.00 !
3	Kolonlar	27	0	0	234.926	0	0	< 40.00
	Kirisler	22	2	9.09				< 30.00

Bu yapıdaki düşey elemanlar ve kirişler Can Güvenliği Performans düzeyini sağlamamaktadır. Bina bu deprem yönü için "**Riskli**"dir.

- Deprem yönü +Y olan deprem yükü etkisi altında

Kat	Eleman	Toplam	Sağlamayan	Sağlamayan	V-	V-Sağlmyn	Sağlamayan	Limit
		Elm.Adedi	Elm.Adedi	Elm.Yuzdesi	toplam	(t)	V Yüzdesi	
1	Kolonlar	27	14	51.85	460.694	383.982	83.35	> 20.00 !
	Kirisler	17	13	76.47				> 30.00 !
2	Kolonlar	27	6	22.22	384.632	51.929	13.5	< 20.00
	Kirisler	17	13	76.47				> 30.00 !
3	Kolonlar	27	2	7.41	234.926	19.901	8.47	< 40.00
	Kirisler	17	8	47.06				> 30.00 !

Bu yapıdaki düşey elemanlar ve kirişler Can Güvenliği Performans düzeyini sağlamamaktadır. Bina bu deprem yönü için “**Riskli**”dir.

- Deprem Yönü -Y olan Deprem Yükü Etkisi Altında

Kat	Eleman	Toplam	Sağlamayan	Sağlamayan	V-	V-Sağlmyn	Sağlamayan	Limit
		Elm.Adedi	Elm.Adedi	Elm.Yuzdesi	toplam	(t)	V Yüzdesi	
1	Kolonlar	27	14	51.85	460.694	390.237	84.71	> 20.00 !
	Kirisler	17	9	52.94				> 30.00 !
2	Kolonlar	27	4	14.81	384.632	31.969	8.31	< 20.00
	Kirisler	17	12	70.59				> 30.00 !
3	Kolonlar	27	5	18.52	234.926	40.092	17.07	< 40.00
	Kirisler	17	8	47.06				> 30.00 !

Bu yapıdaki düşey elemanlar ve kirişler Can Güvenliği Performans düzeyini sağlamamaktadır. Bina bu deprem yönü için “**Riskli**”dir.

B) RBTE (2013)’e göre elde edilen analiz sonuçları:

- Deprem yönü +X olan deprem yükü etkisi altında

Kat		Toplam	Riskli	Ortalama	Gerilme	Gerilme	V-	V-riskli	Riskli	Limit
		Elm. Adedi	Elm. Adedi	Eksenel Gerilme (t/m2)	Alt Limiti (t/m2)	Üst Limiti (t/m2)	toplam (t)	(t)	Eleman Orani (%)	
1	Kritik Kat	27	14	68.65	50	325	383.508	299.571	78.11	> 32.63 Riskli !
2	Maks. Delta/H	27	0	45.49	50	325	320.19	0	0	< 35.00

Eşdeğer deprem yükü analizinde bina +X yönünde “**Riskli Bina**” olarak değerlendirilmiştir.

- Deprem yönü -X olan deprem yükü etkisi altında

Kat		Toplam	Riskli	Ortalama	Gerilme	Gerilme	V-	V-riskli	Riskli	Limit
		Elm. Adedi	Elm. Adedi	Eksenel Gerilme (t/m2)	Alt Limiti (t/m2)	Üst Limiti (t/m2)	toplam (t)	(t)	Eleman Orani (%)	
1	Kritik Kat	27	13	68.65	50	325	383.508	273.488	71.31	> 32.63 Riskli !
2	Maks. Delta/H	27	0	45.49	50	325	320.19	0	0	< 35.00

Eşdeğer deprem yükü analizinde bina -X yönünde “**Riskli Bina**” olarak değerlendirilmiştir.

- Deprem yönü +Y olan deprem yükü etkisi altında

Kat		Toplam Elm. Adedi	Riskli Elm. Adedi	Ortalama Eksenel Gerilme (t/m ²)	Gerilme Alt Limiti (t/m ²)	Gerilme Üst Limiti (t/m ²)	V-toplam (t)	V-riskli (t)	Riskli Eleman Oranı (%)	Limit (%)
1	Kritik Kat	27	12	68.65	50	325	357.66	287.093	80.27	> 32.63 Riskli !
2	Maks. Delta/H	27	0	45.49	50	325	298.61	0	0	< 35.00

Eşdeğer deprem yükü analizinde bina +Y yönünde “**Riskli Bina**” olarak değerlendirilmiştir.

- Deprem Yönü -Y olan Deprem Yükü Etkisi Altında

Kat		Toplam Elm. Adedi	Riskli Elm. Adedi	Ortalama Eksenel Gerilme (t/m ²)	Gerilme Alt Limiti (t/m ²)	Gerilme Üst Limiti (t/m ²)	V-toplam (t)	V-riskli (t)	Riskli Eleman Oranı (%)	Limit (%)
1	Kritik Kat	27	12	68.65	50	325	357.66	286.392	80.07	> 32.63 Riskli !
2	Maks. Delta/H	27	0	45.49	50	325	298.61	0	0	< 35.00

Eşdeğer deprem yükü analizinde bina -Y yönünde “**Riskli Bina**” olarak değerlendirilmiştir.

4. SONUÇLAR

- RYTE (2013)’te verilen esaslar sadece DBYBHY (2007) belirtilen “Diğer Binalar” kapsamındaki binalardan yüksekliği 25 m veya zemin döşemesi üstü sekiz katı geçmeyen betonarme veya yığma binaların risk belirlemesi için geçerlidir. Bununla birlikte bu yönetmelik ülkemizdeki mevcut yapı stokunun çoğunluğuna hitap edebilmektedir.
- RBTE (2013)’de binalardan toplanan bilgilerin hassasiyet seviyesi ve mevcut binalardan veri toplanması konusunda uygulamalar esas alınarak, mümkün olduğunca mühendislerin alışık olduğu bir inceleme ve analiz yöntemi geliştirilmesi hedeflenmiştir.
- RBTE (2013)’de sağlanması gereken asgari kurallar tanımlanmaktadır. Daha ayrıntılı inceleme ve analiz yapılmasının önünde bir engel bulunmamaktadır.
- RBTE (2013)’de önerilen yöntem sadece kritik kat rölövesi yapılarak bina modeli oluşturulmasına dayanmaktadır. Kritik kat rölövesinin yetersiz kalacağı durumlar için davranışa önemli ölçüde tesir edecek olan diğer bina özelliklerinin dikkate alınması gereklidir.
- “Kapsamlı Bilgi Düzeyi” taşıyıcı sistem projesi mevcut olan ve projeye uyumlu olarak inşa edildiği yerinde kontrol edilen binalar için geçerlidir. “Asgari Bilgi Düzeyi” ise, binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut olmadığı duruma karşılık gelmektedir.
- Kiriş donatılarının belirlenmesindeki zorluk sebebiyle 1.4G+1.6Q yüklemesinden ortaya çıkan sonuçların kullanılması benimsenmiştir.
- Taşıyıcı sistemin analizinde kullanılan etkin eğilme rijitlikleri DBYBHY (2007)’de verilen değerlerden farklı olarak önerilmiştir.
- $m_{sınır}$ ve $(\delta/h)_{sınır}$ sınır değerleri literatürde sunulan ve deneysel çalışmaların sonuçları kullanılarak elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. DBYBHY, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete
2. Ebre, Ö, 2015, Mevcut Betonarme Binaların Performanslarının Belirlenmesinde Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin Kullanılabilirliği, Y. Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum (Yönetici: Yrd. Doç. Dr. Oğuz Akın DÜZGÜN)
3. RYTE, 2013, Riskli Yapıların Tespitine İlişkin Esaslar, Afet Bölgesi Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanunun Uygulama Yönetmeliği, Resmi Gazete

KEMİĞE MONTE EDİLMİŞ FARKLI GEOMETRİLERE SAHİP SERVİKAL DİSK PROTEZLERDE GERİLME ANALİZİ

Ahmet SAMANCIOĞLU^a, Hojjat GHAHRAMANZADEH ASL^b, Akgün ALSARAN^b

^a*Bingöl Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Bingöl*

^b*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum*

Servikal disk hernisi ilaç ve ağrı tedavi yöntemleri ile giderilemediği durumlarda cerrahi olarak servikal disk protezleri kullanılır. Servikal disk protezleri farklı malzeme, geometri ve boyutlarda üretilmektedir. Başarılı bir cerrahi operasyon için vücuda yerleştirilen servikal disk protezlerin yük altındaki davranışları ve bu şartlarda kemiğin reaksiyonları önemlidir. Bu çalışmada, farklı geometriye sahip servikal disk protezlerin kemiğe yerleştirdikten sonra Sonlu Elemanlar Yöntemi ile yük altındaki davranışları incelenmiştir. Bu hedefe ulaşabilmek için servikal disk protezleri ve kemikler, SolidWorks 2014 yazılımı vasıtasıyla tasarlanmıştır. Daha sonra ANSYS WORKBENCH 15.0 yazılımı ile farklı şartlarda gerilme analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda Ti6Al4V alaşımından imal edilecek servikal disk protezi için en uygun tasarım belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Servikal disk protezi, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Ti6Al4V*

SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Muhammet YURDAKUL^a, Erdal ÖNER^b, Fatih YILMAZ^c

^a Bayburt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, myurdakul@bayburt.edu.tr

^b Bayburt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, eoner@bayburt.edu.tr

^c Bayburt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, fyilmaz@bayburt.edu.tr

Deprem ve depremin yapıyı nasıl etkilediği hakkında bilgiler arttıkça can ve mal kayıplarını önlemek amacıyla depreme daha dayanıklı yapılar yapılabilir fikri önem kazanmıştır. Bu nedenle depremin arzu edilmeyen bu etkisini azaltmak için farklı yöntemler geliştirme ihtiyacı duyulmuştur. Yapılan araştırmalar sonucunda yapı-zemin arasındaki etkileşimin azaltılmasıyla depremlerin yapılar üzerindeki etkilerinin azaltılabileceği anlaşılmıştır. Bu amaçla, zemin ve yapıyı kısmen birbirinden ayıran sismik izolasyon sistemleri fikri ön plana çıkmıştır. Bu sistemler, yapının temeli ve üst kısmı arasına yerleştirilen düşey yönde rijit yatay yönde esnek olan mesnetlerdir. Bu mesnetler, izolasyon sistemleri veya izolatörler olarak tanımlanırlar. Yapıyı zeminden ayırmak amacıyla kullanılan izolatörler, deprem hareketinin yapılar üzerindeki etkilerini oldukça azaltabilmektedirler. Bunlar depreme karşı dayanma kapasitesini artırmak (geleneksel yöntemler) yerine yapıya gelen sismik enerjiyi azaltma ilkesine dayanmaktadır. Geliştirilen bu yeni uygulamanın doğru hesaplanması ve uygulamada doğru montajı yapıldığı takdirde, yapılar şiddetli depremlerde rijit bir davranış gösterir ve elastik sınırlar içinde kalırlar.

Yapıların depreme karşı güçlendirilmesinde uygulanan geleneksel deprem güçlendirme yöntemleri yapının deprem yükü taşıma kapasitesini, rijitliğini, sünekliğini, stabilitesini ve elastik ötesi şekil değiştirmesini artırma ilkesine dayanmaktadır. Bu yöntem, depremden gelen enerjileri tüketebilecek güçte taşıyıcı sistemi güçlendirmek veya iyileştirmek olarak uygulanmaktadır. Oysa ki sismik izolasyon sistemleri yapının rijitliğini azaltıp, periyodunu ve sönümümü arttırır. Bunun sonucu olarak yapıdaki kesit etkileri azalarak deprem etkisi en aza indirgenmiş olur.

Bu sistemler günümüzde hastanelerde, havaalanlarında, müzelerde, kimyasal sıvı depolarında, viyadüklerde köprülerde, deniz platformlarında vb. alanlarda kullanılmaktadırlar.

Anahtar Kelimeler: Sismik izolasyon, Deprem, İzolatör Kauçuk mesnet sistemleri, Sürtünmeli sarkaç mesnet sistemleri.

MONTE CARLO OPTİMİZASYONU ve SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE TiN/Ti ALAŞIMLARINDAN KAPLANMIŞ KALIP TASARIMI

Hamid ZAMANLOU, Filiz KARABUDAK, Sadri SEN, Ruhi YEŞİLDAL

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 25240 Erzurum, Türkiye

TiN; yüksek sertlik, aşınma direnci ve termal kararlılık gibi üstün özelliklerinden dolayı bir yüzey kaplama malzemesi olarak metal şekillendirme endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Kalıp yüzeylerdeki maksimum gerilme ömrünü daha uzatır ve kaplama kalınlığı onun üzerine etki eden en önemli faktördür. Metal şekillendirmede kullanılan PVD, CVD gibi çeşitli yöntemlerle TiN kullanılarak kaplanması çeşitli endüstriyel uygulamalardan bir tanesidir. Bu çalışmada; kaplama kalınlığının optimizasyonu ile minimum gerilme dağılımını değerlendirmek için küresel bir çentikleme basıncı tarafından bir elastik deformasyon sertleşmesi katmanlı yarım aralıktaki çentiğin yer değişimi incelenmiştir. TiN/Ti çok katmanlı kaplama Monte Carlo simülasyonu için düşünülmüş ve kaplamasız çelik yüzeyi üzerine farklı kaplama kalınlıklarıyla TiN ve Ti kaplanmıştır. Sonuçlar ANSYS yazılımının sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Kaplama, Monte Karlo analizi, Çentik*

KOLOSTRUM TOZU

Halil İbrahim AKGÜL^a, Mustafa ŞENGÜL^b

^a*Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bayburt*

^b*Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum*

Doğumdan hemen sonra başlayıp ilk 24-48 saat boyunca annenin meme bezlerinden salgılanan sarımsı renkte, tuzlu tatta, koyu kıvamlı, bileşimi normal süte oranla farklı olan ve yavrunun sağlığı açısından son derece yararlı olan süte ‘kolostrum’ denilmektedir. Sadece protein, karbonhidratlar, yağ, vitamin ve mineraller gibi besinlerin kaynağı değil, aynı zamanda vücudun immun ve büyüme fonksiyonları için gerekli bazı biyolojik aktif molekülleri de içermektedir. İnsanlar için doğal bir gıda olan kolostrum, birçok hastalığın tedavisinde ve belirtilerin ortadan kaldırılmasında başarılı ve güvenilir bir şekilde kullanılabilir. Kolostrum ticari olarak kapsül, toz, tablet ve sıvı formda özellikle Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Japonya ve Avrupa Birliği ülkelerinde satılmaktadır. Ayrıca kefir, yoğurt ve protein içerikli gıda maddelerine kolostrum tozu eklenebilmektedir. Kolostrum, ısıya karşı çok duyarlı bir gıda olduğu için bu gıdayı en uygun kurutma yöntemi liyofilizasyondur. Liyofilizasyon düşük sıcaklıklarda gerçekleştirildiği için konsantre edilen ürünlerde renk, aroma ve besin kayıpları azalmakta, daha kaliteli konsantre ürün elde edilebilmektedir. Bu derlemede; kolostrumun günümüz piyasasında bulunduğu şekildeki gibi belli bileşenlerini bir ürün haline getirip gıda takviyesi olarak üretmekten ziyade sahip olduğu bütün bileşenleri ihtiva edecek, dayanımı ve tüketici tarafından beğenirliği yüksek bir gıda olarak nasıl üretilebileceği üzerine durulacaktır.

ARAÇ YANGIN ALGILAMA VE SÖNDÜRME SİSTEMİ TASARIMI

Esmâ GAVGALI^a, Kenan USTA^b, Fuat ÖZER^b

^aDokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fak. Mak. Müh. Bölümü

^bMaster Yangın Algılama ve Söndürme

Toplu taşıma araçlarında gerek can kaybının azaltılması gerekse mali hasarların azaltılması amacıyla son yıllarda geniş çaplı araştırmalar yapılmaktadır. Özellikle otomotiv sektöründe araçların mekanik ve elektrik tesisatından veya başka bir nedenden kaynaklanan ve kontrolü oldukça zor olan yangınlar bu sınıfta yer almaktadır. Araçlarda çıkan yangınlar incelenerek çıkış nedenlerine ve bölgelerine göre tasnif edilmiş, önem derecesine göre aracın hangi bölgelerine sensor konulması gerektiği tespit edilmiştir. Ayrıca standart bir belediye otobüsü motorunda çıkan bir yangın için kaç litrelik yangın tüpü kullanılması gerektiği hesaplanmıştır. Araç içine yayılan duman ve değişen ısı dikkate alınarak dokuz farklı (isteğe bağlı değişebilen) senaryo ile araç yangın algılama ve söndürme sistemi geliştirilmiştir.

PEYNİR ALTI SUYUNUN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN MEMBRAN TEKNİKLERİ

Emine MACİT^a, İhsan BAKIRCI^b

^a*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bayburt, emacit@bayburt.edu.tr*

^b*Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum*

Peyniraltı suyu, peynir üretim işleminin bir yan ürünüdür. Laktoz, peyniraltı suyu proteinleri, kalsiyum, magnezyum ve fosfor gibi mineraller, vitaminler ve küçük süt yağı parçacıklarını içermektedir. Eskiden çoğunlukla hayvan yemi olarak kullanılır ve yüksek besin değerine rağmen atık olarak ortaya çıkardı. Oysaki organik yükünden dolayı çevreye atılamaz ve ekonomik olmasa dahi işlenmesi gerekmektedir. Çevre kirlenmesinin yanı sıra ekonomik açıdan bakıldığında yapısında süt kuru maddesinin yaklaşık yarısını bulunduran bu maddeyi değerlendirmeden dökmenin ne kadar büyük bir kayıp olduğu ortaya çıkmaktadır. Önceleri peyniraltı suyunun değerlendirilmesinde daha çok evapore etme ve kurutma teknikleri kullanılmaktayken günümüzde gelişen ultrafiltrasyon, ters osmoz, mikrofiltrasyon, nanofiltrasyon, elektrodializ gibi membran teknolojileri ile amaca yönelik ürünlere işlenebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Whey, nanofiltration, ultrafiltration, reverse osmosis*

BITKİSEL YAĞ RAFİNASYONUNDA MEMBRAN TEKNOLOJİSİ

Özlem YILMAZ^a, Mükerrerem KAYA^b

^a *Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, oyilmaz@bayburt.edu.tr*

^b *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, mkaya@atauni.edu.tr*

Bitkisel yağ rafinasyonu pek çok basamağı içeren kompleks bir uygulamadır. Yağ rafinasyon basamaklarından olan müsilaj giderme ve nötralizasyon işlemleri, membran teknolojisinin yağ endüstrisinde kullanım alanlarını oluşturmaktadır. Molekül ağırlığı veya molekül büyüklüğüne göre farklı basınç düzeylerinde ayırım yapabilen membranlar, ters osmoz, nanofiltrasyon, ultrafiltrasyon ve mikrofiltrasyon olarak sınıflandırılmakta olup membranların ayırma performansı, membranın kompozisyonu, sıcaklık, basınç ve akış hızı gibi faktörlerden etkilenmektedir.

Yağ rafinasyonunda membran uygulamaları geleneksel yönteme göre daha düşük enerji tüketimi, ortam sıcaklığında işlem yapabilme, kimyasal madde katılma zorunluluğu gerektirmeme, arzu edilen bileşiklerin tutulabilmesi gibi birçok avantajı sunan son derece basit işlemlerdir. Bu uygulamaların söz konusu avantajlarının yanı sıra yağ kalitesini iyileştirme potansiyelinin de olması yemeklik yağ işlemede membran teknolojisini uygun bir yöntem haline getirmektedir. Membran uygulamaları ile müsilaj giderme işleminin verimliliği üzerine yapılan çalışmalarda gözenekli ve gözeneksiz olmak üzere iki tip membranın kullanıldığı görülmektedir. Yağların çözgenle seyreltilerek ya da çözgensiz işlendiği çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmada yağ rafinasyonunun müsilaj giderme, nötralizasyon ve ağartma gibi aşamalarında membran teknolojisinin uygulamaları derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Membran filtrasyon, yağ rafinasyonu, nötralizasyon, müsilaj giderme*

ALDEHİT GRUBU UÇUCU YAĞLARIN SENTEZİ VE KAREKTERİZASYONU

Önder ŞİMŞEK^a, Özkan BAYRAM^{a,b}, Erdal İĞMAN^{a,b}

^aNanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi

^bMalzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bayburt Üniversitesi

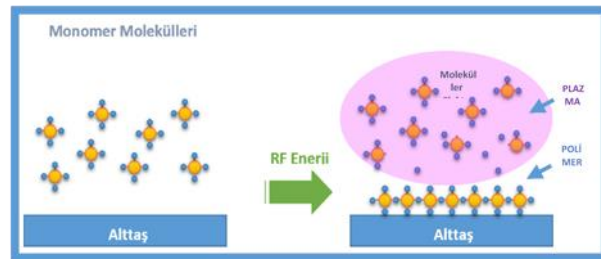
Bu çalışmada, monomer olarak seçilen Cinnamaldehyde uçucu yağ bileşeninden, cam alttaşlar üzerinde plazma polimerizasyon tekniği kullanılarak, ince filmlerin elde edilmiştir. Bu amaçla, basınç, RF gücü ve kaplama süresi gibi parametreler değiştirilerek elde edilen filmlerin; yüzey morfolojileri, optik özellikleri ve yüzeylerindeki fonksiyonel grupların tespiti yapılmıştır. 200 mTorr basınç, 20 watt RF gücü ve 15 dakikalık süre ile elde edilen ince filmlere ait SEM görüntüleri, FTIR spektrumu ve Uv-Visible spektrumları alınmıştır. İnce filmlere ait UV-Vis soğurma spektrumundan filmlerin band gap değerinin 2,75 eV olduğu belirlenmiştir. Bu durum elde edilen polimerik ince filmlerin yarıiletken özelliğe sahip olduklarını göstermektedir. Böylelikle bu sonuçlar elde edilen filmlerin, elektronik, optik ve biyoendüstri gibi alanlarda kullanılabilme potansiyellerinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: İnce film, organik yarıiletkenler, rf plazma, uçucu moleküller, FTIR

*Sorumlu yazar e-mail: obayram@bayburt.edu.tr

Giriş

Plazma ortamına konan bir materyal yüzeyinde, koşullara bağlı olarak kopmalar (ablation) olabileceği gibi birikme de (deposition) meydana gelebilir. Plazma koşullarının ayarlanmasıyla bu iki işlemden birinin etkin olması söz konusudur. Bu işlemlerden birikme (kaplama) işleminde, çeşitli alttaşlar üzerinde çok ince ve homojen filmler elde edilmesi mümkündür (D. Flosch, Clarotti, Geckeler, Schue, & Gopel, 1992). Plazma ortamında organik moleküllerin mevcudiyeti durumunda, molekül içi bağların (kovalent bağlar) homolitik parçalanması sonucu radikaller oluşur. Radikaller, eşleşmemiş elektronlara sahip atom veya moleküllere verilen genel addır. Radikaller eşleşmemiş elektronlarını eşleştirme eğiliminde oldukları için, kimyasal olarak aktiftirler ve bir zincir reaksiyona sebep olabilirler. Zincir reaksiyonun bir sonucu olarak polimer oluşumu gözlenir. Plazma ortamında oluşan bu polimerin bir alttaş üzerinde ince film şeklinde büyütülmesi, “Plazma Polimerizasyon Tekniği” olarak adlandırılmaktadır (Friedrich, 2011). Plazma destekli polimerizasyon oluşum mekanizması şematik olarak Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Plazma ile monomerlerin bir alttaş üzerinde polimerleşme mekanizması

Plazma polimerizasyonu ile bir ön koşul aranmaksızın tüm organik bileşikler kullanılarak çeşitli materyal yüzeylerinin değiştirilebilmesi, bu yöntemin en önemli avantajıdır. Diğer kaplama yöntemleriyle karşılaştırıldığında, bu yöntemle daha ince ve daha homojen kaplamalar yapılabilmektedir. Bu nedenle, plazma polimerizasyonu ile modifiye edilmiş yüzeyler birçok pratik uygulamada kullanım alanı bulabilmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Bu çalışmada, monomer olarak seçilen Cinnamaldehyde uçucu yağ bileşeninden, çeşitli altaşlar üzerinde plazma polimerizasyon tekniği kullanılarak, ince filmlerin elde edilmesi planlanmaktadır. Bu amaçla, basınç, RF gücü, kaplama süresi ve elektrotlar arası mesafe gibi parametreler değiştirilerek elde edilen filmlerin; yüzey morfolojileri, optik özellikleri ve yüzeylerindeki fonksiyonel grupların tespiti yapılmıştır.

2.2 Yöntem

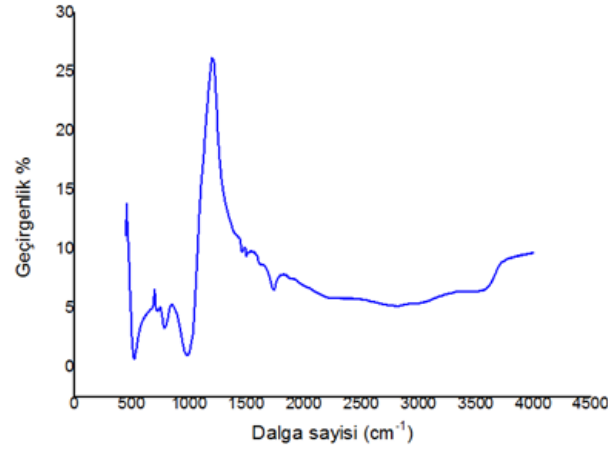
Bu çalışmada monomer malzeme olarak kullanılan Cinnamaldehyde uçucu yağ bileşeni, Sigma aldrich firmasından satın alınmıştır. Altaş malzeme olarak kuartz cam seçilmiştir. Altaş RF-PECVD sisteminin altaş tutucu bölümüne uygun boyutlarda kesimi yapılmış ve yüzey temizleme işlemlerine tabii tutulmuştur. Yüzey temizleme işleminin ardından altaş malzeme sistemin içerisine yerleştirilmiştir. Rf-Pecvd sisteminin işlem basıncı 200 mTorr olacak şekilde ayarlanmıştır. 200 mTorr basınç, 20 watt Rf gücü ve 15 dakikalık sürelerde filmler elde edilmiştir.

3. Sonuçlar

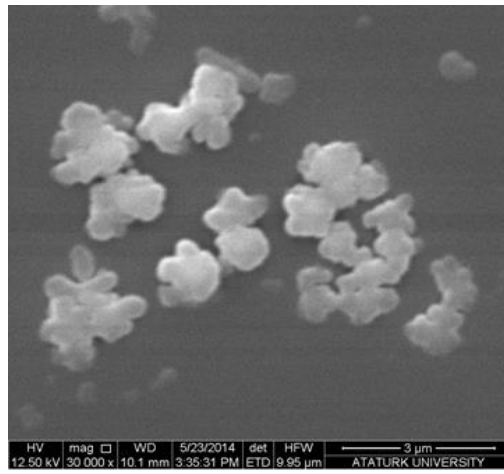
Elde edilen ince filmlerin SEM (Scanning Electron Microscope) analizi ile yüzey morfolojileri incelenmiştir. Bu filmlerin Sem analizleri sonucunda yüksek kaliteye sahip olması çalışmanın önemli bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu filmler, homojen, gözeneksiz ve kusursuz bir özellik taşımaktadır.

Monomer olarak kullanılan Cinnamaldehyde uçucu yağ bileşeni ve ondan elde edilen polimerik ince filmlerin FTIR analizi yapılarak monomerin moleküler yapısının polimer yapıda nasıl değiştiği araştırılmıştır. Bu kısımda Cinnamaldehyde monomerinin FTIR spektrumu alınmış ve monomerden elde edilen polimerik ince film için alınan FTIR spektrumlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Böylelikle, kullanılan monomerin kimyasal kararlılığının korunduğu görülmüştür.

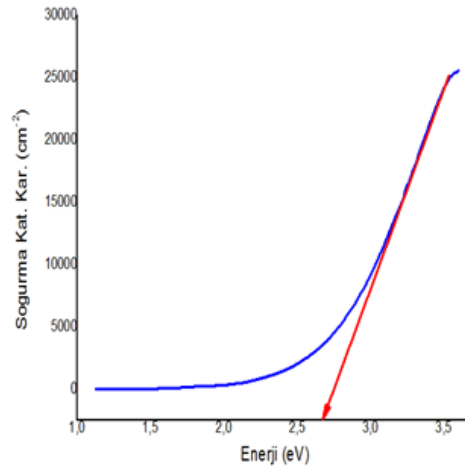
UV-VIS spektrofotometre deneyleri, 1000-200 nm aralığında ölçüm yapabilen Digilab Hitachi marka ve U-2800 model çift ışın yollu UV-VIS spektrofotometre ile yapılmıştır. Bu analizin sonucunda monomerden elde edilen ince filmlere ait soğurma değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken origin çizim programı kullanılmıştır. Originde, Uv-Visible analizleri sonucunda alınan dalgaboyuna karşılık soğurma değerleri kullanılarak yasak enerji değerleri belirlenmiştir. Bu değerler dikkate alındığında elde edilen ince filmlerin yarı iletken özellik gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 2. Polimerik filme ait FTIR spektrumu



Şekil 3. İnce filme ait SEM görüntüsü



Şekil 4. İnce filme ait UV-Vis spektrumu

KAYNAKÇA

Flosch, D., Clarotti, G., Geckeler, K. E., Schue, F., Gopel, W. 1992. "Characterization of plasma-treated poly (hydroxybutyrate) membrane surfaces by ESCA and contact angle measurements", Journal of Membrane Science, 73, 163-172.

Friedrich, J. 2011. "Mechanisms of Plasma Polymerization - Reviewed from a Chemical Point of View", Plasma Processes and Polymers, 8 (9), 783-802.

TEKNOLOJİK YÖNTEMLERLE YAPILANDIRILMIŞ YAĞ ÜRETİMİ VE SEKTÖR UYGULAMALARI

Tuğba ELBİR^a, Hasan H. KARA^b

^a*Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dede Korkut Kampüsü 69000, telbir@bayburt.edu.tr*

^b*Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dede Korkut Kampüsü 69000, kara@bayburt.edu.tr*

Yapılandırılmış yağlar, kimyasal veya enzimatik prosesler yardımıyla yağ asidi kompozisyonunu veya gliserol molekülündeki yağ asidi pozisyonunu değiştirmek suretiyle modifiye edilmiş trigliseritler olarak ifade edilmektedir. Yapılandırılmış yağlar, bazı hastalıkların tedavisini desteklemek (kolesterol düşürücü, bağışıklık sistemi güçlendirici, beyin gelişimini olumlu yönde etkileyici v.b.) amacıyla kullanılmakla birlikte, insan sağlığının sürdürülebilirliği için formüle edilmiş fonksiyonel gıdalar olarak da değerlendirilmektedir. Yapılandırılmış yağlar ayrıca yağların besin değerini artırmak, fiziksel ve kimyasal özelliklerini geliştirmek amacıyla da sentezlenmektedir. Yapılandırılmış yağ sentezi, kimyasal ve enzimatik interesterifikasyon, asidoliz reaksiyonları, mikrobiyal sentez, yağlı tohumların ıslahı veya genetik yapılarının değiştirilmesi gibi biyolojik yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir.

Yapılandırılmış yağ sentezi sayesinde yağların kullanım fonksiyonlarını artırmak mümkün olmaktadır. Anne sütünün yağ asitleri dizilimine benzer ideal formülasyonlu bebek mamaları, yüksek oranda yağ tüketiminin tehlikelerini azaltmak için kullanılan kalorisi azaltılmış yağlar, sağlık açısından üstün biyoaktif nitelikli yağ asitleri (EPA, DHA, KLA, GLA, v.b.) bakımından zenginleştirilmiş yağlar, gıda uygulamaları için daha uygun özellikli hale getirilmiş plastik yağlar ve stabilitesi yüksek kızartma yağlarının üretiminde yağ yapılandırılması yöntemleri kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Yağ, yapılandırma, yöntem.

MEYVE ve SEBZE KAYNAKLI DİYET LİFLERİNİN SÜT ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMI

Özlem ÇAKIR, Ayla ARSLANER

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bayburt

Düşük enerji değerine sahip ürünlerin temel bileşenini oluşturan diyet liflerinin çeşitli sağlık problemlerine karşı koruyucu etkilerinin yanı sıra, gıda formülasyonlarında kullanımlarının ürünlerin kalite niteliklerini iyileştirdiğine dair bilimsel çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Farklı lif kaynaklarının tespiti ve lif fonksiyonelliğinin geliştirilmesi liflerin gıda endüstrisinde kullanımını konusunda yeni olanaklar sağlamaktadır.

Diyet lifleri yenilebilir bitki hücresi kalıntısı, polisakkarit, lignin ve insana ait sindirim enzimleri tarafından sindirime dayanıklı maddeden meydana gelmektedir. Son yıllarda fonksiyonel gıdalar alanında çeşitliliğin artmasıyla diyet liflerinin fermente süt ürünlerine ilavesi üzerine yapılan araştırma sayısı da artış göstermiştir.

Farklı oranlarda ilave edilen meyve ve çeşitli sebze liflerinin, yoğurt ve dondurma gibi süt ürünlerinde kristalizasyonu kontrol etme, viskozite artırma, serum ayrılmasını azaltma gibi teknolojik yararları yanında; probiyotik bakterilerin gelişimini ve canlılığını destekleyici etkilerinden de bahsedilmektedir.

Bu derlemede, meyve ve sebze kaynaklı diyet liflerinin süt endüstrisinde kullanımının, ürünlerin kalite niteliklerine etkisini araştıran çalışmalara dikkat çekilecektir.

Anahtar Kelimeler: *Diyet lifi, süt endüstrisi, meyve ve sebze, probiyotik, yoğurt*

İKİ FAZLI SOĞUTUCU AKIŞKAN PÜSKÜRTMELİ ÇOK KADEMELİ DOYMUŞ BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVİRİMİNİN ENERJİ VE EKSERJİ ANALİZİ

Rabi KARAALİ

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Müh.– Bayburt, rabikar@gmail.com

Birçok sanayi kolu için özellikle gıda sanayinde soğutmaya harcanan enerji ve bunun maliyeti çok önemlidir. Dünya’da soğutma ve ısı pompaları için çok büyük miktarda enerji harcadığından gelecekte de bunların daha çok yaygınlık kazanacağını ortaya çıkması verimi yüksek ve daha az enerji harcayan teknolojilerin kritik önemde olacağını göstermektedir. Buhar sıkıştırma çevrimler soğutma sistemlerinde çok yaygın kullanılan çevrimlerdir. Kompresör, yoğuşturucu, kısma vanası ve buharlaştırıcıdan oluşan bu çevrimde COP değerini artırmak için birçok çalışma yapılmıştır. Çok kademeli, ejektörlü, aşırı soğutmalı (subcooling), SLHX, flash tanklı, çok kademeli doymuş buhar sıkıştırma gibi birçok COP değerini artıracak yöntemler geliştirilmiştir. Son yıllarda kompresör teknolojisinin gelişmesi ile kompresöre iki fazlı soğutucu akışkan püskürtme yolu ile kompresörde sıkıştırılan gazın sıcaklığının düşürülmesi ve mümkün mertebe doyma sıcaklığına yakın değerlerde tutulabilmesi sağlanmış olup bunun için P-T sensörü eklenmiştir. Böylece kompresöre harcanan enerjiyi ve yoğuşturucudan olan ısı kaybını azaltan çevrim olan iki fazlı soğutucu akışkan püskürtmeli çok kademeli doymuş buhar sıkıştırma çevrim elde edilmiş ve denenmiştir. Bu çalışmada birkaç yıl önce denemesi başarılı olan bu çevrimin iki kademelisi için enerji ve ekserji analizi yapılmıştır. Diğer buhar sıkıştırma soğutma çevrimlerine göre elde edilen COP değerleri daha yüksek, enerji ve ekserji kayıpları daha düşük bulunmuştur.

İNVERTER TEKNOLOJİSİ VE SOĞUTMA SİSTEMLERİNE UYGULANMASI

Uğur ÇAKIR^a, Murat BALCI^a, Nesimi AKPINAR^a, Recayi KAYMAKCI^b

^a *Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bayburt*

^b *Bayburt Üniversitesi, Bayburt Meslek Yüksekokulu, Elektrik Programı, Elektrik ve Enerji Bölümü, Bayburt*

İnverter teknolojisi günümüz klima ve soğutma teknolojilerinde çalışma şartlarını ve anlayışını değiştiren ve bu yolla hem konfor seviyesini hem de enerji tüketimini olumlu yönde etkileyen yeni bir kontrol sistemidir. Bu yeni teknoloji klima ve soğutma sistemlerinin yanı sıra birçok akış sistemlerinde de kullanılmaktadır. Bu teknolojiye sahip olmayan sistemler genellikle on-off sistemler olarak adlandırılmakta ve bu sistemler sadece maksimum çalışma yüklerine göre işleyiş sürdürmektedirler. Bu nedenle düşük kapasite ve yüklerde de fazla enerji harcamaktadırlar. Bu çalışma kapsamında eski sistem mantığıyla çalışan ve İnverter teknolojisi kullanan soğutma sistemleri karşılaştırılmış ve enerji kullanımı ve konfor seviyesi açısından değerlendirmeler yapılmıştır.

YAĞI ALINMIŞ ÇÖREK OTU (NİGELLA SATİVA) ATIKLARININ DİELEKTRİK ÖZELLİKLERİNİN FREKANS BAĞIMLILIĞI

Haziret DURMUŞ^a, Mehmet Okan ERDAL^b, Abdullah DERYAL^c, Hasan ATCEKEN^d

^a*Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, hdurmus@selcuk.edu.tr*

^b*Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir MYO, moerdal@konya.edu.tr*

^c*Konya Anadolu Lisesi, abdullahderyal@gmail.com*

^d*İlgın Şehit Musa Altın Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi/ Konya, hasan_atceken@hotmail.com*

Hakkında “Ölümden başka her şeye çare” folklorik algısına sahip çörek otunun, farmakolojik alanda sayısız kullanımı vardır. Literatürde çörek otunun medikal kullanımına yönelik yoğun sayıda çalışma bulunmaktadır. Diğer özellikleri üzerine yapılan çalışmalar nispeten çok az gözükmektedir.

Bu çalışmada amaç, endüstriyel nitelikli yağı alınan çörek otunun oldukça fazla miktarda olan bitkisel atıklarının elektriksel özellikleri incelenerek endüstriyel kullanım alanı açmaktır. Bu amaçla bitkisel katı atıklar toz haline getirilerek yüksek basınç altında disk peletler elde edilmiş, bu peletlerin oda sıcaklığında dielektrik özelliklerinin frekans bağımlılığı 5 Hz-13 Mhz aralığında incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Çörek Otu, Nigella Sativa, Dielektrik özellikler, Cole-Cole eğrileri.*

NİTRÜRLEME SONRASINDA UYGULANAN ISIL İŞLEMİN SAF TİTANYUMUN AŞINMA DAVRANIŞINA ETKİSİ

İlhan ÇELİK^a, Mehmet KARAKAN^b

^a*Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, ilh.celik@gmail.com, ilhancelik@gumushane.edu.tr*

^b*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum*

İlk olarak 1950’li yıllarda havacılık endüstrisinde kullanılmaya başlanan titanyum, ileriki dönemlerde medikal alanda da geniş bir kullanım alanına sahip olmuştur. Saf titanyum, mükemmel korozyon direncine ve yüksek biyouyumluluğa sahip hafif, dayanıklı ve grimsi renkte bir metaldir. Buna karşın, oda sıcaklıklarında bile yüzeyinde oluşan oksit tabakasının sürtünme ve temasın olduğu uygulamalarda oksidatif aşınmaya neden olmasından dolayı zayıf aşınma direncine sahiptir. Saf titanyumun bu kötü özelliğini iyileştirmek için çeşitli yüzey modifikasyon teknikleri uygulanmıştır. Bu çalışmada, 700°C’de plazma nitrürlenmiş saf titanyum numuneler 1 saat boyunca 400°C’de argon gazı ortamında ısıl işleme tabi tutulmuşlardır. Yapısal analizler için X ışını kırınımı (XRD) cihazı, yüzey görüntüleri için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve sertlik ölçümlerinde mikro-sertlik ölçüm cihazı kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, uygulanan işlemlerin saf titanyumun zayıf tribolojik özelliklerini iyileştirdiği ve 0.990µm³/Nm olan işlemsiz saf titanyumun aşınma oranının 0.012µm³/Nm seviyelerine kadar indiği tespit edilmiştir. Ayrıca saf titanyumun yüzey sertliğinin de önemli derece arttırdığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Saf titanyum, plazma nitrürleme, ısıl işlem, aşınma*

YÜZEY MODİFİKASYONU UYGULANMIŞ SAF TİTANYUMUN ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Mehmet KARAKAN^a, İlhan ÇELİK^b

^a*Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum.*

^b*Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, ilh.celik@gmail.com, ilhancelik@gumushane.edu.tr*

Bu çalışmada, 500°C ve 600°C’de plazma nitrülenmiş ticari saflıktaki titanyum numuneler 1 saat boyunca 400°C’de argon gazı ortamında ısıl işleme tabi tutulmuşlardır. Yüzey modifikasyonu sonrasında yapılan korozyon deneyleriyle işlemsiz ve yüzey işlemi görmüş saf titanyum numunelerin elektrokimyasal özellikleri tespit edilmiştir. Korozyon deneylerinde pH değeri 7.25 olan Ringer çözeltisi kullanılmış ve deneyler boyunca çözelti sıcaklığı ~37°C’de sabit tutulmuştur. Ayrıca yüzeyde oluşan modifikasyon tabakalarının yapısal analizleri SEM (taramalı elektron mikroskobu) ve XRD (x ışını kırınım ölçer) ile karakterize edilmiştir. Saf titanyumun plazma ile nitrülenmesi sonucunda malzeme yüzeyinde ϵ -Ti₂N ve δ -TiN fazlarından oluşan bir bileşik tabaka oluşmuştur. Bu tabaka aşınma direncinin artmasını sağlarken, bileşik tabakayı oluşturan ϵ -Ti₂N fazının korozyon açısından aktif bir karakterde olması korozyon akım yoğunluğunun yükselmesine sebep olmaktadır. Buna rağmen özellikle 600°C’de nitrülenmiş saf titanyuma ısıl işlem uygulandığında yüzey yapısındaki δ -TiN faz yoğunluğunun ϵ -Ti₂N fazıninkinden daha fazla artması nedeniyle korozyon direncinde artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Saf titanyum, plazma nitrüleme, ısıl işlem, korozyon*

HİBRİT ELEKTRİKLİ ARAÇLARDAKİ SON GELİŞMELER

Şükran EFE

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bayburt, sefe@bayburt.edu.tr

Artan dünya nüfusu ve gelişen teknolojiyle birlikte, enerji tüketimi de hızlı bir şekilde artmaktadır. Enerji tüketiminde özellikle fosil yakıtlar; depolama, taşıma, yüksek enerji potansiyeli gibi üstün özelliklerinden dolayı ön plana çıkmıştır. Ancak fosil yakıtların yoğun kullanımları, azalan rezerv miktarı ve artan çevre kirliliği problemlerini de beraberinde getirmiştir. Fosil yakıtların endüstri, ulaşım, taşımacılık amacıyla içten yanmalı motorlar da yaygın olarak kullanıldığı aşikârdır. Bu nedenle söz konusu problemlerin çözümü amacıyla, içten yanmalı motorlar üzerinde birçok çalışma (yanma iyileştirilmesi, motor veriminin artırılması, farklı yakıt kullanımı) yürütülmektedir. Bu çalışmaların başında içten yanmalı motorlarda fosil yakıt yerine, daha temiz ve bol bulunan alternatif yakıt (biyodizel, elektrik, hidrojen vs.) kullanımı gelmektedir. Elektrik kullanımı ise günümüzde ön plana çıkan çalışmaların başında yer almaktadır.

İçten yanmalı motorlar da elektrik enerjisinin kullanımını tümü elektrikli araç, hibrit elektrikli araçlar ve yakıt pilli elektrikli araç olmak üzere üç farklı kategoride karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada sadece hibrit elektrikli araçlar incelenecektir. Hibrit elektrikli araçlar, bir tanesi elektrik motoru olmak üzere ihtiyaç duyulan enerjinin iki ya da daha fazla tip enerji kaynağından elde edildiği araçlar olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada; araçlarda ilk kullanımı 18. yy.'da başlayan elektrik enerjisinin, günümüzdeki mevcut potansiyeli, gelişimi ve sistem eksikleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Hibrit elektrikli araçlar, güncel analiz*

LAKTİK ASİT BAKTERİLERİNİN ANTAGONİSTİK AKTİVİTELERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN TEKNİKLER

Kübra ÇİNAR^a, Aybike KAMILOĞLU^a, Güzin KABAN^b

^a*Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü*

^b*Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü*

Gıdaların üretiminde laktik asit bakterilerinin starter kültür olarak kullanımının yaygınlaşması ile birlikte bu mikroorganizmaların özellikleri daha detaylı bir şekilde incelenmeye başlanmıştır. Buna bağlı olarak starter kültür kavramının yanı sıra koruyucu, fonksiyonel ve probiyotik kültür kavramları da gelişmiştir. Son yıllarda özellikle gıda güvenliği üzerindeki olumlu etkileri nedeni ile koruyucu kültürler üzerine yapılan çalışmalarda önemli artışlar olmuştur. Laktik asit bakterileri, organik asitler (laktik asit ve asetik asit), CO₂, reuterin, H₂O₂, diasetil ve bakteriyosin gibi metabolitleri ile antimikrobiyal aktivite gösterebilmektedir. Bu bileşikler içerisinde ise özellikle bakteriyosinler, yüksek antagonistik aktiviteleri ile ön plana çıkmaktadır. Bu aktivite sayesinde gıda kaynaklı patojenler ile gıdalarda bozulmaya sebep olan mikroorganizmaların faaliyeti engellenebilmektedir. Laktik asit bakterilerinin antagonistik aktivitelerinin belirlenmesine yönelik çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu derlemede antagonistik aktivite belirleme teknikleri literatürler ışığında incelenmiş ve tartışılmıştır.

ISI POMPASI SİSTEMLERİNDE ÇEŞİTLİ SOĞUTUCULAR İÇİN AÇIK TİP PİSTONLU KOMPRESÖRLERİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Faraz AFSHARİ, Ömer ÇOMAKLI, Nesrin ADIGÜZEL, Hadi GHASEMİ

Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü

✉ *Corresponding Author Email* : faraz.afshari@atauni.edu.tr

Isı pompaları, birincil enerji tüketimi azaltması ve sera gazı yayması önleminde uygun bir teknoloji olarak tanımlanır. Isı pompasında veya soğutma sistemlerinin farklı bileşenleri arasında, kompresör enerji tüketiminde en çok etkiye sahiptir. Kompresör performansı farklı parametrelere bağlıdır ve ortam sıcaklığı, soğutucu gaz türü ve miktarı ve hatta yağ türü gibi çeşitli faktörlere göre değişir. Özellikle, soğutucu gaz türü ve miktarı, ısı pompalarında Kompresör performansını değişen en önemli faktörlerdendir.

Kompresör çalışma şartları farklı parametrelere göre dikkate alınmalıdır, bu çalışmada Kompresör verimi, güç tüketimi, giriş ve çıkış basıncı, sıcaklığı, entropi ve entalpi değişimleri deneylerde elde edilmiş ve hesaplanmıştır. Bu çalışmada R134a gazı ısı pompa soğutucu gazı olarak kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Kompresör, ısı pompa, soğutucu gaz, enerji tüketimi*

AİLE SAĞLIĞI MERKEZİ'NDEKİ MANYETİK ALAN SEVİYELERİ VE ETKİLERİ

Nurbanu MACİT, Sümeyra CİBA

Bayburt Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, {nmacit,sciba}@bayburt.edu.tr

Son yıllarda elektronik alanında mevcut durumda bulunan ve gelişen teknolojiler insanların ihtiyaçlarına çözüm sunarken, aynı zamanda yine insanlara ve çevreye zararlı sonuçlar doğurabilmektedir. Bu çalışmada, yapılan bazı araştırmalar neticesinde kullanılan teknolojik/elektronik aletler ve gelişim süreci devam eden yeniliklerin yaydıkları elektromanyetik alanlar ve bunun sonucunda oluşan elektromanyetik kirliliğin hangi boyutlarda olduğu ile ilgili genel bilgiler sunulmuştur.

Bu çalışmada; genel olarak hasta, hasta yakınları ve çalışanların sıklıkla ortamın elektromanyetik alanına maruz kalabilecekleri yerlerden biri olan Aile Sağlığı Merkezi, o ortamda bulunan bazı elektronik cihazların ve bu merkezin çevresinde bulunan baz istasyonları, trafo vb. sistemlerin elektromanyetik alan ölçümlerinin yapıldığı bir araştırma merkezi olarak belirlenmiştir. Genellikle bu merkezlerde bulunan cihazlar; bilgisayar, santrifüj cihazı, EKG cihazı, sterilizatör, nebülizatör gibi sağlık alanına kolaylıklar sağlayan ama çevreye ve canlılara elektromanyetik kirlilik gibi bazı zararlı etkileri bulunan elektronik aletlerdir.

Aile Sağlığı Merkezi'nde yapılan araştırmalar ışığında sunulan veriler elektromanyetik radyasyon tehlikesinin ciddi bir boyutta olduğunu göstermekte ve bununla ilgili düzenlemelerin artırılması yönünde adımlar atılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Dünya Sağlık Örgütü, Elektrik-Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE), Milletlerarası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komitesi (ICNIRP) gibi bazı kurum ve kuruluşlar bu konuyla ilgili mevcut düzenlemeler oluşturmuş ve güvenlik limitleri konusunda da bazı standartlar geliştirmiştir.

Yapılan çalışmada, Aile Sağlığı Merkezi içindeki ve çevresindeki cihaz ve sistemlerin manyetik alan seviyeleri ölçülmüş, bu değerler güvenlik limitleriyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Elektromanyetik Alan, Elektromanyetik Kirlilik*

T/M YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN DEMİR ESASLI MALZEMELERDE BORLAMA PARAMETRELERİNİN VE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN MİKROYAPIYA VE SERTLİĞE ETKİSİ

Demet ÖZAYDIN^a, Hakan ÇETİNEL^b

^a Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bayburt

^b Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Manisa

T/M yöntemiyle üretilmiş demir esaslı malzemeler, üretim sonunda hiçbir talaşlı işlem gerektirmeden son ürünün şeklini almasından dolayı endüstride yaygın kullanım alanına sahiptir. Düşük alaşımlı toz metalürjisi ürünleri sinterleme işleminden sonra kullanım alanının ihtiyacına göre karbürleme, nitrürleme, borlama gibi çeşitli yüzey sertleştirme işlemlerine tabi tutulurlar. Bu çalışmada farklı yoğunlukta üretilen Fe-4Ni-1.5Cu-0.5Mo kimyasal kompozisyonuna sahip toz metal parçaların borlanması sırasında borlama süresinin ve yüzey pürüzlülüğünün sertlik ve içyapıya etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda iki farklı yoğunluğa sahip olacak şekilde soğuk presleme ile hazırlanan ürün gruplarında sinterleme işleminden sonra farklı yüzey pürüzlülükleri oluşturulmuştur. Farklı yüzey pürüzlülüğüne sahip numune grupları 950°C’de 2, 4 ve 6 saat süreyle borlama işlemine tabi tutulmuştur. Hazırlanan numunelerde borlama süresinin, yüzey pürüzlülüğünün ve yoğunluğun sertliğe etkisi mikro sertlik ölçümü ile belirlenmiştir. Numune kesitleri optik mikroskop ile incelenip oluşan borür tabakaları ve kalınlıkları ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: T/M; Borlama; Yüzey Pürüzlülüğü; FeB

STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ (SPI) VE YENİDEN ÖRNEKLEME YÖNTEMİ İLE KURAKLIK DEĞERLENDİRMESİ

Deniz FETTAHOĞLU

Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, dfettahoglu@bayburt.edu.tr

Kuraklık, iklim değişikliğine bağlı olarak küresel ölçekte tüm ülkelerin ortak sorunudur. Artan dünya nüfusuna bağlı olarak gıda gereksinimindeki artış ve yenilenebilir enerji kaynaklarının azalması nedeniyle kuraklığın önemi giderek artmaktadır. Zaman ve alan ile rastgele oluşan hidrolojik ve meteorolojik kuraklık olayları kuraklığın oluşumu nedeniyle olasılık yöntemlerle çözümü mümkün olan olaylardır. Bu olaylara bağlı olarak kuraklık kaynaklı oluşumların şiddetinin belirlenmesinin önemi günümüzde artmaktadır. Bu alanda çok sayıda kuraklık indisi bulunmaktadır.

Bunlardan başlıcaları; PDSI (Palmer Drought Severity Index), SPI (Standardized Precipitation Index), PNI (Percent of Normal Index)'dir.

SPI, tüm dünyada kuraklık gözleme için en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Kuraklığın tanımlanması ve izlenmesi amacıyla McKee ve arkadaşları (1993) tarafından geliştirilen Standart Yağış İndisi (SPI), yağışın belirli bir zamanda ortalamadan çıkarılıp standart sapmaya bölünmesi ile elde edilen değerdir. SPI ile herhangi bir bölgede belirli bir zamanda kurak veya nemli olaylardaki değişimler belirlenebilmektedir. Bu yöntemle yapılan kuraklık değerlendirmesinde indeksin negatif değerler alması kurak dönem, pozitif değerlere yükselmesi kuraklığın bitimi olarak değerlendirilmektedir.

Son yıllarda ortaya çıkmış olan birçok istatistik yöntemden biri olan yeniden örnekleme (Resampling) yöntemi ise oldukça güçlü, kolay ve hesaplamaları uygulamada yaygın olarak kullanılmasından dolayı farklı alanlardaki araştırmacılar tarafından tercih edilmektedir. Bu yöntemle sentetik yağışlar türetilerek belli süreli kuraklıkların tekerrür aralıkları bulunmaktadır.

Bu çalışmada, SPI yöntemiyle Bayburt ilindeki kuraklık durumu incelenmiş, Resampling yöntemi ile kuraklıkların tekerrür aralıkları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Kuraklık, yağış, standart yağış indeksi (SPI), Resampling yöntemi, Bayburt*

FABRİKALARDA ÜRETİM ÖNCESİ VE SONRASI YÖNETİM OLGUSUNU KURUMSAL KAYNAK PLANLAMA (ERP) İLE BÜTÜNLEŞTİRMEK

Özkan OFLAZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Öğrencisi, ooflaz @bayburt.edu.tr

İnsanlık tarihi; avcılık (toplayıcılık), tarım (toprağı işleme), sanayi inkılabı (makineleşme) ve bilişim çağı gibi dönemleri yaşayarak günümüze gelmiştir. Özellikle makineleşme ve bilişim sektöründeki gelişmeler, beraberinde üretimdeki kaynakların daha verimli şekilde kullanılmasını, kalite ve müşteri memnuniyetindeki artışı sağlamıştır.

Ekonomide rekabetin ulusal sınırların dışına taşındığı ve küresel boyut kazandığı son dönemde Türkiye'nin Asya, Afrika ve Avrupa kıtalarındaki ihracat hamleleri büyük ve orta ölçekli Türk şirketlerin yeni rakiplerle tanışmasına olanak sağlamıştır. Bu rekabet ortamı firmaların geleneksel iş sürecinden sanal yönetime geçişini zorunlu kılmıştır. Ancak sanal yöntemler firmalara birçok fırsat sunarken içerisinde de çeşitli riskleri barındırmaktadır. Bu riskler doğru yönetilmediği takdirde firmalar açısından telafisi mümkün olmayan sonuçlara neden olabilir. Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) Sistemiyle riskler minimize edilmiş olur. Nitekim, Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) bir kurumun tüm bölümlerini tek bir Server (ana makine) üzerinden bilgileri toplayarak farklı departmanların (Üretim, İnsan Kaynakları, Finans, Muhasebe v.b.) ortaklaşa işlem yapma, analiz etme ve veri paylaşımı sağladığı için işletmenin kurumsal hafızasını oluşturur. Dolayısıyla, ERP sistemleri kurum içinden ve kurum dışından gelen verileri, üretim alanında kullanılan ilk madde ve malzemeleri, makinelerin üretim kapasite takibini, çalışan personelin kontrolünü ve muhasebe denetimlerini sağlayarak riskleri ortadan kaldırmayı amaçlar.

Anahtar Kelimeler: *Rekabet, sanal yöntem, Kurumsal Kaynak Planlama, risk.*

TÜRKİYE'DEKİ YENİLENEBİLİR ENERJİ DURUMU VE GELECEK İÇİN ÖNERİLER

Uğur SERENCAM^a, Deniz FETTAHOĞLU^b

^a*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, userencam@bayburt.edu.tr*

^b*Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, dfettahoglu@bayburt.edu.tr*

Enerji dünyada sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmada önemli bir faktördür. Dolayısıyla bu hedef doğrultusunda çalışan ülkeler sürdürülebilir kalkınma amaç ve hedeflerine yönelik enerji programları ve stratejilerini planlamak amacıyla kendi enerji sistemlerini yeniden değerlendirmek için çaba sarfetmektedirler. Enerji politikalarının esas amacı, rekabetçi ve şeffaf serbest piyasa ortamında sürekli büyüyen ekonomi ve artan nüfusun enerji ihtiyacını kaliteli ve güvenli şekilde öncelikle özel sektör yatırımlarıyla karşılamaktır. Bu anlamda enerji bütçe planlaması yaparken zamanında, kesintisiz, minimum maliyette gerekli enerjiyi tedarik etmek temel amaçtır. Tüm enerji erişimleri eldeki temel ve ekonomik bir dizi enerji kaynağını kullanan enerji hizmetlerini ve sera gazı salınımını, bu salınımın insan sağlığı ve ülkedeki diğer yerel ve bölgesel çevre etkileri üzerindeki olumsuzluklarını minimize eden yenilikçi dönüşüm teknolojilerini üretmeyi gerektirecektir. Bunu başarmak yönetimlerin, enerji endüstrisi ve toplumunun bir bütün olarak örneği görülmemiş ölçekte işbirliği yapmasını gerektirmektedir. Atmosferik sera gazlarının ve diğer gaz ve maddelerin salınımını kontrole duyulan ihtiyaç gittikçe ülkedeki enerji üretimi, transferi, dağıtımını ve tüketimindeki randımana dayalı olmayı gerektirecektir. Diğer taraftan dünyadaki politikacı ve yatırımcılar yaşam standartlarının iyileştirilmesi ve ekonomik gelişmenin sürdürülmesinde elektriğin öncelikli rolünü gitgide kabul etmekteyken gelişmekte olan birçok ülkedeki elektrik bütçe altyapısı hızlı bir şekilde genişlemektedir.

Bu çalışmada Türkiye'deki temiz ve sürdürülebilir enerji politikaları ortaya konmakta, su ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji durumu tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Yenilenebilir enerji, enerji talebi, enerji bütçesi, hidro elektrik*

GIDA İŞLEMEDE NANOENKAPSÜLASYON TEKNİKLERİ

Alime CENGİZ^a, Talip KAHYAOĞLU^{a,b}

^a*Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Kurupelit Kmpüsü, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 55139 Atakum/SAMSUN*

^b*Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa Kampüsü, Kimya- Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Bölümü, Esenler/İSTANBUL*

Nanoenkapsülasyon, biyoaktif gıda bileşenlerinin uygun kaplayıcı materyaller içine nano boyutta (< 100 nm) hapsedilmesi işlemidir. Gıda bilimi ve teknolojisinde nanoenkapsülasyon işlemi, gıdaların işlenmesi sırasında hassas biyoaktif bileşenlerin stabilitesini artırma ve çevresel faktörlere maruz kalmasını engelleme, uçucu bileşenlerin buharlaşma ve bozunma riskinin azaltılması, hoş olmayan tadı maskeleyme, fonksiyonel bileşenlerin suda çözünübilirliğini, termal stabilitesini ve biyoyararlılığı geliştirme amacıyla kullanılmaktadır. Nanoenkapsülasyon teknikleri kullanılan kaplayıcı materyal çeşidine göre yağ, protein ve karbonhidrat bazlı teknikler olarak sınıflandırılmaktadır. Gıda bileşenlerinin nanoenkapsülasyonu için, nanoemülsiyon, double-emülsiyon, lipozom, koaservasyon, süperkritik akışkan, elektroçekim, nanoçöktürme ve kurutma teknikleri vb. gibi farklı teknikler yaygın olarak kullanılmaktadır. Nanoenkapsülasyonun gıda alanında sağladığı bu avantajların yanısıra nano-boyutta materyallerin insan sağlığı ve çevreye olan etkilerinin tam olarak anlaşılammış olmasından dolayı güvenlik, çevresel, etik ve mevzuata ilişkin sorunlar baş göstermektedir. Nanoenkapsülasyon işleminin gıda alanında daha yaygın ve etkili bir şekilde kullanımına olanak sağlamak için çevre dostu ve daha verimli nanoenkapsülasyon tekniklerinin geliştirilmesine ek olarak nano partiküllerin insan vücudunda geçirdiği biyodönüşümü hakkında bilgi veren detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

GIDA ENDÜSTRİSİ ve İŞ GÜVENLİĞİ

İzzet ÖZHAMAMCI

Ardahan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği, izzetozhamamci@ardahan.edu.tr

Gıdaların tüketime hazır hale getirilmesi ve piyasaya sürülmesi esnasında birçok önemli işlemler bulunmaktadır. Bu süreç son derece önemli ve insan sağlığıyla doğrudan ilişkilidir. Gıda sektöründe en önemli faktörlerden biri sektörde çalışan insanlardır. Çalışanlar, sağlıklı ve emniyetli bir çalışma ortamına sahip olmalıdırlar. Çalışanların, iş kazalarına uğramalarını önlemek amacıyla güvenli çalışma ortamını oluşturmak için alınması gereken önlemler dizisine iş güvenliği denir. İş güvenliği konusu çalışma hayatının en temel ve en önemli konularından biridir. Her yıl dünya üzerinde yaklaşık 340 milyon çalışan iş kazası geçiriyor ve 160 milyon çalışan/eski çalışan da meslek hastalıklarına maruz kalıyor. Ülkemizde, gıda endüstrisinde meydana gelen iş kazalarının toplam iş kazalarının yaklaşık %10'luk bir kısmını oluşturduğu görülmektedir. Gıda endüstrisinde ölümlü iş kazası sayısı en fazla olan ilk 10 sektör içerisinde yer almaktadır. Sektörde meydana gelen kazaların yaklaşık %15'i büyük kaza olarak nitelendirilebilecek, hastanede tedavi gerektiren tipte kazalardır. İş kazalarının yanı sıra gıda sektöründe sıklıkla rastlanan meslek hastalıkları da (kronik iskelet-kas sistemi hastalıkları, solunum sistemi hastalıkları, enfeksiyonlar vb) bulunmaktadır. İş kazaları ve meslek hastalıkları özel sektör veya kamu olarak ayırt etmeden tüm işletmelerde görülen başlıca problemler haline gelmiştir.

Bu çalışma gıda sektöründe iş güvenliği kavramlarının önemini ortaya koymak ve bu konuda yapılan çalışmalar ışığında önerilerde bulunmak amacıyla taşınmaktadır. Günümüzde gıda sektörü, ticari hacmi bakımından son derece büyük sektörlerden biridir. Gıdaların işlenmesi sırasında kullanılan teknolojik ürünler, makineler ve üretim hatları çalışanların en ufak dikkatsizliğinde maddi ve manevi olumsuz sonuçlara yol açmaktadır. Bu olumsuz sonuçlar henüz ortaya çıkmadan tespit edilmeli ve gerekli tedbirler alınarak ortadan kaldırılmalı ya da en aza indirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: *Gıda sektörü, iş güvenliği, iş kazaları, meslek hastalıkları*

DETERMINATION OF PHENOLIC PROFILE AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF DIFFERENT MARMALADES

Memnune ŞENGÜL^a, Elif Feyza TOPDAŞ^a, Kadir BAYRAMBAŞ^b, Hanife DOĞAN^a

^a*Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, Erzurum, TURKEY*

^b*Tunceli University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Tunceli, TURKEY*

Fruit and vegetables play an important role in nutrition, because they are rich sources of different classes of antioxidant phytochemicals including polyphenols. Marmalade is a viscous fruit product that is prepared by adding sugar into the fruit pulp and boiling. Processes that expose foods to high levels of heat may cause some nutrient loss. Therefore, the aim of the present study was to determine antioxidant activity, phenolic profile, some physical and chemical properties of different marmalades (rosehip, wild yellow plum, cornelian cherry and fat pear) that are produced traditionally and commonly consumed in Artvin.

The dry matter (%), total soluble solids (°Brix), water activity (at 25 °C), pH, and titratable acidity (malic acid%) values of rosehip, wild yellow plum, cornelian cherry and fat pear marmalades were ranged from 56.45±0.40 to 66.76±0.36, 55.40±0.24 to 64.80±0.14, 0.79±0.11 to 0.90±0.08, 2.96±0.07 to 4.12±0.04, and 0.82±0.07 to 1.32±0.14, respectively. Glucose, fructose, total sugar (g 100g⁻¹) and HMF (mg L⁻¹) contents were analyzed with HPLC and were found between 9.68±0.11 and 32.58±0.12, 10.56±0.13 and 30.98±0.32, 47.24±0.13 and 61.41±0.10, 10.95±0.14 and 1094.11±2.85, respectively. Color measurements (L, a, b, °H and C values) were also measured by colorimeter. Antioxidant activity of marmalade samples were determined using DPPH assay and inhibition values (%) were 3.17±0.26, 2.45±0.16, 3.56±0.09 and 3.72±0.18, respectively. Total phenolic contents (µg GAE/g) were 581.89±2.36, 70.78±0.79, 64.67±1.57 and 205.75±0.33, respectively. When marmalade types were evaluated in terms of phenolic compounds profile which identified by using HPLC; it was observed that samples were contained gallic acid, catechin, epicatechin, vanillin, naringenin, chlorogenic acid, caffeic acid, coumaric acid, p-coumaric acid, hesperidin, naringin, rutin, ellagic acid and quercetin in different ratios. Consequently, wild yellow plum, cornelian cherry and fat pear marmalades can be considered a good source of biologically active components. However it is thought that the high HMF contents in the plum and pear marmalades could be resulted from long time boiling. So the manufacturing methods need to improving.

Keywords: *Antioxidant activity, phenolic profile, fat pear, rosehip, cornelian cherry*

Bayburt Üniversitesi Yayınları, Sayı No:13

ISBN:978-605-9945-07-3



BAYBURT ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ

www.bayburt.edu.tr