

İYTE
UKMK 2016



Kimya Mühendisliği
Bölümü

12. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi

23-26 Ağustos 2016
Wyndham Grand İzmir

Kimya Mühendisliği Temelleri

Biyoteknoloji

Çevre

Tasarım, Modelleme,
Optimizasyon ve Kontrol

Su, Hava, Toprak

Enerji

Kimya Sektöründeki Gelişmeler

Malzeme Mühendisliği ve Bilimi

Mühendislik Eğitimi

Proses Güvenliği



www.ukmk2016.org

ISBN:978-975-6590-08-9



ne
üretelim?

BİLDİRİLER KİTABI



12. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi

23-26 Ağustos 2016
Wyndham Grand İzmir



EDITÖRLER

Fehime ÇAKICIOĞLU ÖZKAN
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Urla İzmir Türkiye
fehimeozkan@iyte.edu.tr
+90 232 750 6642

Mehmet POLAT
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Urla İzmir Türkiye
mehmetpolat@iyte.edu.tr
+90 232 750 6693

Didem BERKÜN
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Urla İzmir Türkiye
che-events@iyte.edu.tr
+90 232 750 6603

Yayın Kurulu:

Canbike BAR	IYTE
Elif GÜNGÖRMÜŞ	IYTE
Gaye KANALTI	IYTE
Serkan KANGAL	IYTE
Efecan PAKKANER	IYTE
Elif Suna SOP	IYTE
Önder TEKİNALP	IYTE

Kongre Organizasyon:

EGE KONGRE VE TURİZM HİZMETLERİ
1402 Sokak No:8 Alsancak – İzmir (232) 464 13 51 (232) 464 29 25 ukmk2016@
egekongre.com info@egekongre.com

ISBN No: 978-975-6590-08-9

UKMK2016

KONGRE BAŞKANLARI

Prof. Dr. Fehime ÇAKICIOĞLU ÖZKAN (Bölüm Başkanı)
Prof. Dr. Mehmet POLAT

KONGRE ONURSAL BAŞKANI

Timur ERK (TKSD Yönetim Kurulu Başkanı)

NE ÜRETELİM PROJE YARIŞMASI ONURSAL BAŞKANI

Prof. Dr. Semra ÜLKÜ (1998-2006 Dönemi IYTE Rektörü)

KONGRE SEKRETERİ

Uzman Didem BERKÜN

KONGRE DÜZENLEME KOMİTESİ

Prof. Dr. Sacide ALSOY ALTINKAYA
Prof. Dr. Selahattin YILMAZ
Doç. Dr. Ekrem ÖZDEMİR
Yard. Doç. Dr. Ayben TOP
Yard. Doç. Dr. Aslı YÜKSEL ÖZŞEN

IYTE ORGANİZASYON

Ar. Gör. Canbike BAR
Ar. Gör. Elif GÜNGÖRMÜŞ
Ar. Gör. Gaye KANALTI
Ar. Gör. Serkan KANGAL
Ar. Gör. Efcan PAKKANER
Ar. Gör. Elif Suna SOP
Ar. Gör. Önder TEKİNALP

KONGRE ORGANİZASYON

EGE KONGRE VE TURİZM HİZMETLERİ

egekongre

Adres:1402 Sokak No:8 Alsancak – İzmir
Tel: (232) 464 13 51
Faks: (232) 464 29 25
ukmk2016@egekongre.com
info@egekongre.com

UKMK2016 DANIŞMA KURULU

AKADEMİK DANIŞMA KURULU

Doç. Dr. Meltem DİLEK	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Süleyman KAYTAKOĞLU	Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. Burhanettin ÇİÇEK	Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Osman Nuri ATA	Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Atilla CİHANER	Atılım Üniversitesi
Doç. Dr. Seyma Ö. AYDINOĞLU	Baykent Üniversitesi
Doç. Dr. Çağlayan AÇIKGÖZ	Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
Prof. Dr. Türkan HALILOĞLU	Boğaziçi Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet ÇOPUR	Bursa Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan Hüseyin DURMAZUÇAR	Cumhuriyet Üniversitesi
Prof. Dr. Osman Nuri ŞARA	Çankırı Karatekin Üniversitesi
Prof. Dr. Şerife Ş. HELVACI	Ege Üniversitesi
Prof. Dr. Fethi KAMIŞLI	Fırat Üniversitesi
Prof. Dr. M. Atilla MURATHAN	Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Zümriye AKSU	Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Satılmış BASAN	Hitit Üniversitesi
Prof. Dr. Hüseyin KARACA	İnönü Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet BİLGİN	İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Güllü Nasün SAYGILI	İstanbul Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Jülide ERKMEN	Kafkas Üniversitesi
Prof. Dr. A. Nilgün AKIN	Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Perviz SAYAN	Marmara Üniversitesi
Prof. Dr. Ayla ÖZER	Mersin Üniversitesi
Prof. Dr. Halil KALIPÇILAR	ODTÜ
Prof. Dr. Turan KAYA YAZICILAR	19 Mayıs Üniversitesi
Prof. Dr. Ayşegül AŞKIN	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Doç. Dr. Gülnare AHMETLİ	Selçuk Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Hacer İÇEN	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Doç. Dr. Hasalettin DELİGÖZ	Pamukkale Üniversitesi
Doç. Dr. Halil DEMİR	Siirt Üniversitesi
Doç. Dr. Sıtkı BAYTAK	Süleyman Demirel Üniversitesi
Doç. Dr. Menderes LEVENT	Uşak Üniversitesi
Prof. Dr. Cahit ENSARI	Yalova Üniversitesi
Doç. Dr. Şeyda MALTA	Yeditepe Üniversitesi
Prof. Dr. Hanifi SARAÇ	Yıldız Teknik Üniversitesi

UKMK2016 DANIŞMA KURULU

ENDÜSTRİ / KAMU DANIŞMA KURULU

Ahmet Abdullah AKÇASIZ	Viking Kağıt ve Selüloz A.Ş. Genel Müdürü
Bülent AKGERMAN	AKG Holding Yönetim Kurulu Başkanı
Mustafa AKSOY	Kimpeks Kimya Sanayi Genel Müdürü
Murat AKYÜZ	İKMB Yönetim Kurulu Başkanı
Bülent ATAMER	EFCE Yönetim Kurulu Üyesi
Nurgün AY	Ege Seramik Fabrika Müdür Yardımcısı
Saadet ÇAĞLIN	TMMOB Kimya Mühendisliği Odası Ege Bölge Şube
Türsen DEMİR	Çukurova Kimya Sanayi Genel Müdürü
Mehmet KANAT	Kanat Boya Genel Müdürü
Güngör KAVADARLI	Diper Kimya Endüstrisi Genel Müdürü
Sadettin KORKUT	Petkim Petrokimya Holding AS Genel Müdürü
Ali UĞURLU	TMMOB Kimya Müh. Odası Yönetim Kurulu Başkanı
Faik ÖNALDI	Polinas A.S. Genel Müdürü
Dr. Tahsin ÖZBEK	Akdeniz Kimya Genel Müdürü
Dr. Necip TERZİBAŞIOĞLU	Batçim Genel Müdürü

UKMK2016 BİLİM KURULU

Prof.Dr. M.Muhtar Kocakerim	Çankırı Karatekin Üniversitesi
Yrd.Doç.Dr. M.Bora Akın	Çankırı Karatekin Üniversitesi
Yrd.Doç.Dr. Ö.Faruk Dilmaç	Çankırı Karatekin Üniversitesi
Yrd.Doç.Dr.Nesibe Dilmaç	Çankırı Karatekin Üniversitesi
Yrd.Doç.Dr.Zehra Gülten Altun	Çankırı Karatekin Üniversitesi
Yrd.Doç.Dr.Bariş Şimşek	Çankırı Karatekin Üniversitesi
Yrd.Doç.Dr.Zehar Özbaş	Çankırı Karatekin Üniversitesi
Prof.Dr.Süheyda Atalay	Ege Üniversitesi
Prof.Dr.Zafer Ayvaz	Ege Üniversitesi
Prof.Dr. Şerife Şeref Helvacı	Ege Üniversitesi
Prof.Dr.Günseli Özdemir	Ege Üniversitesi
Prof.Dr.Saadet Yapar	Ege Üniversitesi
Prof.Dr.Sevgi Ulutan	Ege Üniversitesi
Yr.Doç.Dr.Canan Uraz	Ege Üniversitesi
Yrd.Doç.Dr.Nilay Gizli	Ege Üniversitesi
Yrd.Doç.Dr.Gülün A.Ersöz	Ege Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Alime Çıtak	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Doç. Dr. Belgin Karabacakoğlu	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Prof. Dr. Ayşegül Aşkın	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Uğur Selengil	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Doç. Dr. Duygu Kavak	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Doç. Dr. İlker Kıpçak	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Doç. Dr. İlknur Demiral	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Prof. Dr. Neşe Öztürk	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Prof. Dr. Sevgi Şensöz	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Prof. Dr. Mine Özdemir	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Prof. Dr. Fethi Kemişli	Fırat Üniversitesi
Prof. Dr. Cevdet Akosman	Fırat Üniversitesi
Doç. Dr. Filiz Kar	Fırat Üniversitesi
Prof. Dr. Fikret Tümen	Fırat Üniversitesi
Prof. Dr. Dursun Özer	Fırat Üniversitesi
Prof. Dr. Gülbeyi Dursun	Fırat Üniversitesi
Prof. Dr. Dursun Pehlivan	Fırat Üniversitesi
Prof. Dr. Nurhan Arslan	Fırat Üniversitesi
Prof. Ahmet Özer	Fırat Üniversitesi
Prof.Dr.İrfan Ar	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Suna Balcı	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr.Ayla Altınten	Gazi Üniversitesi

UKMK2016 BİLİM KURULU

Prof.Dr.Sena Yaşyerli	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr.H. Canan Cabbar	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr.Nursel Dilsiz	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr.Ö. Murat Doğan	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr.Ibrahim Tükenmez	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr.F.Çiğdem Güldür	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Ufuk Gündüz	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Metin Gürü	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Atilla Murathan	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Ayşe Murathan	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Kurali Mürtezaoğlu	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Nuray Oktar	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. B. Zühtü Uysal	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Göksel Özkan	Gazi Üniversitesi
Prof.Dr. Nail Yaşyerli	Gazi Üniversitesi
Doç.Dr. Muzaffer Balbaşı	Gazi Üniversitesi
Doç.Dr. Meltem Doğan	Gazi Üniversitesi
Doç.Dr. N. Alper Tapan	Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Hüseyin Karaca	İnönü Üniversitesi
Doç. Dr. A.Mehmet Yüceer	İnönü Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Yunus Önal	İnönü Üniversitesi
Yrd.Doç. Dr. Adil Koç	İnönü Üniversitesi
Prof. Dr. Gülhayat Nasün Saygılı	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ayşe Erdem	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Birgül Tantekin Ersolmaz	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Hasancan Okutan	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Hüsnü Atakul	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Nuran Daveci Aksoy	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Seniha Güner	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Tuncer Erciyes	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Yüksel Avcıbaşı Güvenilir	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof.Dr.Mehmet Bilgin	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr.Ismail İnci	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr.Süheyla Çehreli	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Hüseyin Deligöz	İstanbul Üniversitesi
Prof.Dr.Gamze Güçlü	İstanbul Üniversitesi
Doç.Dr.Işıl Acar	İstanbul Üniversitesi
Doç.Dr.Lutfullah Sevgili	İstanbul Üniversitesi

UKMK2016 BİLİM KURULU

Doç.Dr. Dilek Özmen	Istanbul Üniversitesi
Doç.Dr.Serkan Emik	Istanbul Üniversitesi
Y. Doç.Dr.Nevra Ercan	Istanbul Üniversitesi
Prof.Dr. Muhsin Çiftçioğlu	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Prof.Dr. Funda Tihminlioğlu	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Doç. Dr. Erol Şeker	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Doç. Dr. Fikret İnal	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Prof. Dr. Aysun Sofuoğlu	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Doç. Dr. Sait Sofuoğlu	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Doç. Dr. Ekrem Özdemir	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Yard.Doç.Dr.Sevgi Kılıç Özdemir	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Yard. Doç. Dr. Özgünç Ebil	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Prof. Dr. Sacide Alsoy Altinkaya	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Prof. Dr. Selahattin Yılmaz	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Doç. Dr. Ekrem Özdemir	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Yard. Doç. Dr. Ayben Top	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Yard. Doç. Dr. Aslı Yüksel Özşen	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Prof.Dr. Ayşe Nilgün Akın	Kocaeli Üniversitesi
Prof.Dr. Osman Bozdağ	Kocaeli Üniversitesi
Doç.Dr. Nilüfer Hilmioğlu	Kocaeli Üniversitesi
Doç.Dr. Güralp Özkoç	Kocaeli Üniversitesi
Doç.Dr. Ayşe Aytaç	Kocaeli Üniversitesi
Doç.Dr. Bağdadül Karaağaç	Kocaeli Üniversitesi
Doç.Dr. Oğuzhan İlgen	Kocaeli Üniversitesi
Yrd.Doç.Dr. Nurcan Kapucu	Kocaeli Üniversitesi
Arş.Gör. Merve Ercan Kalkan	Kocaeli Üniversitesi
Arş.Gör. Derya Ünlü	Kocaeli Üniversitesi
Arş.Gör. Togayhan Kutluk	Kocaeli Üniversitesi
Arş.Gör. Emel Çakırca	Kocaeli Üniversitesi
Arş.Gör. M.İmge Şenoymak	Kocaeli Üniversitesi
Prof.Dr. Perviz SAYAN	Marmara Üniversitesi
Prof.Dr. Sibel Titiz Sargut	Marmara Üniversitesi
Prof.Dr. Neşat Kadırgan	Marmara Üniversitesi
Prof. Dr. Emin Arca	Marmara Üniversitesi
Doç. Dr. Kurtul Küçükada	Marmara Üniversitesi
Prof. Dr. Ayla Özer	Mersin Üniversitesi
Doç. Dr. Bahadır K. Körbaht	Mersin Üniversitesi
Doç. Dr. Nimet Karagülle	Mersin Üniversitesi

UKMK2016 BİLİM KURULU

Yrd. Doç. Dr. Ferda Gönen	Mersin Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Rûkan Genç	Mersin Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Onur Döker	Mersin Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. İnci Ayrancı	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Erhan Bat	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ufuk Bölükbaşı	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Göknur Bayram	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Pınar Çalık	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Y. Doç. Dr. Zeynep Çulfaz Emecen	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Çerağ Dilek Hacıhabiboğlu	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Timur Doğu	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Damla Eroğlu	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. İnci Eroğlu	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Halil Kalıpçılar	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Gürkan Karakaş	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Y. Doç. Dr. Serkan Kincal	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Y. Doç. Dr. Harun Koku	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Görkem Külah	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Naim Sazgi	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Yusuf Uludağ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Levent Yılmaz	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ölkü Yılmaz	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Hasalettin Deligöz	Pamukkale Üniversitesi
Doç. Dr. Sıtkı Baytak	Süleyman Demirel Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet Gönen	Süleyman Demirel Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Sibel Yiğirtaslan	Süleyman Demirel Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Gamze Erzençi	Süleyman Demirel Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Güler NARIN	Uşak Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Yavuz ERGÜN	Uşak Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Pınar DEMİR	Uşak Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Fulya TAKTAK	Uşak Üniversitesi
Doç. Dr. Şeyda Malta	Yeditepe Üniversitesi
Prof. Salih Dincer	Yeditepe Üniversitesi
Prof. Mahir Arikol	Yeditepe Üniversitesi
Prof. Fahir Borak	Yeditepe Üniversitesi
Prof. Ali Nezihi Bilge	Yeditepe Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Betül Unlusu	Yeditepe Üniversitesi
Meta Goknel	Yeditepe Üniversitesi - Sektör

Mika/Polyester Kompozit Malzemeye Organik Takviye Kullanımının Etkisi

Alev Akpınar Borazan ^{1a}, Duygu Gökdağ ¹, Mustafa Sener ¹,

¹Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

Kimya ve Süreç Mühendisliği Bölümü, Bilecik, TÜRKİYE

^aYazışma yapılacak yazar: alev.akpinar@bilecik.edu.tr

ÖZET: Günümüzde artan nüfusla birlikte çevre kirliliği problemleri ön plana çıkmış ve yükselen hayat standardına bağlı değişen tüketim alışkanlıkları, ambalajlı ürün satışlarının artmasına bu da katı atık kompozisyonunun farklılaşmasına yol açmıştır. Yoğunlukla su, meşrubat, sıvı yağ, sirke gibi sıvı gıdaların piyasaya sürülmesi amacıyla kullanılan PET ambalajı, geri dönüşüm tesislerinde kurma, yıkama, kurutma vb. bir dizi işlem kademesi sonrasında PET talaşları olarak geri kazanılabilmektedir. Türkiye’de çam ormanları önemli bir yer tutmaktadır. Mevsimsel olarak dökülen kozalak ya toprak üzerinde kalmakta ya da toplam yakılmaktadır. Ancak yaşam döngüsü açısından, hammadde kaynaklarının daha verimli kullanılması ve zamanla ortaya çıkan yeni ihtiyaçların uygun maliyetlerle karşılanması için oldukça yüksek miktardaki PET ambalaj atıkları ve kozalak atıkları için alternatif kullanım alanlarının yaratılması bu kapsamda katma değeri yüksek kompozit malzeme üretimi hem ekonomik bir fırsat hem de çeşitlilik sağlayacaktır.

Bu çalışmada inorganik bir malzeme olan mika farklı oranlarda dolgu olarak kullanıldığı polyester matrisli kompozite organik takviye örneği olarak iki farklı malzemenin; öğütülmüş çam kozalağı (P) ve PET şişe talaşının (B) aynı anda takviye edilmesinin mekanik özelliklere etkisi araştırılmıştır. Kompozit malzemede dolgu maddesi mika ve takviyeler (P/ B) arasında % ağırlıkça (6:0, 9:0, 12:0, 6:6, 9:6 ve 12:6) oranı sağlanmıştır. Farklı oranlarda yapılan mika katkısının hem çam kozalağı hem de PET şişe talaşıyla aynı anda üretilmiş kompozit malzemeye etkisi eğme, darbe direnci, sertlik, yoğunluk gibi testlerle belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Mika, Organik atık, Kompozit, Kozalak, PET

1. GİRİŞ

Malzeme üretim süreçlerinde hammaddenin kaynaklarının istenilen miktarda bulunmaması, üretim ve kullanım aşamalarında çevreye verilen zararın minimum düzeye indirme isteği, ürünlerin üretimi ve bertaraf edilmesi sırasında oluşan zararların azaltılması ve üretim sürecinde harcanan enerjinin ve kaynakların korunması, geri dönüşüm ile ilgili yapılan çalışmaların artmasına neden olmuştur [Erdem, 2013]. Polimer yapı malzemelerin doğada uzun bir süre bozulmadan kalabildikleri için kirletici özellikte olması ve atık polimerlerin arasında PET şişelerin önemli bir paya sahip olması nedeniyle bu polimer bazlı malzemelerin kompozit malzeme olarak geri dönüşümünün sağlanması atıkların değerlendirilmesi adına önem arz etmektedir [May-Pat ve ark., 2012]. Kompozitler temelde bir sürekli bir de süreksiz olmak üzere iki temel fazdan oluşmaktadır. Takviye elemanı olarak adlandırdığımız süreksiz faz lifi veya parçacık yapıda; organik veya inorganik olabilmektedir. Günümüzde kozalağın ve PET atığının kompozit malzemelerde kullanımına ait çeşitli çalışmalar mevcuttur. Ayrılmış ve ark. atık çam kozalaklarını termoplastik kompozit üretiminde takviye elemanı olarak kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada çam kozalağı ile katılanmış polipropilen kompozitlerin mekanik ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Yapıdaki kozalak miktarı arttıkça su emme ve eğilme özelliklerinin negatif yönde etkilendiği gözlemlenmiştir [Ayrılmış ve ark., 2010]. Gökdağ ve ark. mermer tozu ve çam kozalağı atığı katkısının polyster matrisli kompozit malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Kozalak mermer takviye oranı arttıkça mukavemet ve sertlik değerlerinin azaldığı görülmüştür [Gökdağ ve ark., 2015]. Won ve ark. PET atıklarının çimento kompozitlerindeki kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Donma ve erime testi sonuçları geri dönüşümlü PET fiber takviyeli çimento bileşiminin mükemmel dayanıklılık özellikleri olduğunu göstermiştir [Won ve

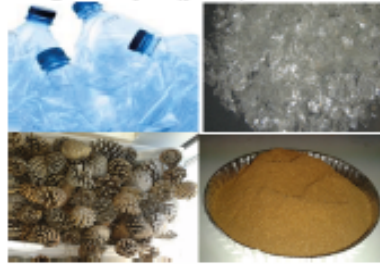
ark., 2010]. PET-halloysit nanotüplerin sentezi ve karakterizasyonu Gorrasi ve ark. tarafından araştırılmıştır. Mekanik analizler PET matrisin düşük oranlarda halloysit ile güçlendirilmesinde kopma anında uzamada azalma göstermiştir [Gorrasi ve ark., 2014]. Ahrabi ve ark. PET atıkları kullanarak kompozit malzeme üretmişlerdir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda katkı maddesi ilavesiyle malzeme dayanımında ve mukavemetinde azalma gözlemlenmiştir. Ayrıca malzeme sertliğinin dolgu maddesi oranı ve boyutuyla ciddi şekilde değişime gösterdiği saptanmıştır [Ahrabi ve ark., 2012].

Yapılan bu çalışmada ise mükemmel farklı oranlarda dolgu olarak kullanılan polyster matrisli kompozite çam kozalağı ve PET şişe talasının aynı aynı takviye edilmesinin malzemenin mekanik özelliklere etkisi araştırılmıştır.

2. Malzeme ve Yöntem

2.1. Malzemeler

Deneysel çalışmalarda artan oranlar da kullanılan ana dolgu maddesi Mika ($KAl_2(Al_2 Si_3 O_{10})(OH)_2$) Mikron'S Mikronize Mineral End.Tic.A.S'den mikrokristal muskovit(serisit) formda Mika 20 ticari ismiyle temin edilmiştir. Organik takviye etkisinin belirlenmesi amacıyla kullanılan PET (Polietilen tereftalat) atıklardan elde edilen kırıntı parçacıklar (flake), bir geri dönüşüm firması olan Plaspak Kimya San. Tic. A.Ş.'den, temin edilmiş ve diğer organik takviye malzemesi olarak kullanılan çam kozalakları Bilecik yöresinden toplanmış ve öğütülmüştür (şekil1).



Şekil 1:Takviye malzemeleri PET Şişe ve Kozalak

Ana matrikste yoğunluğu 1.076 ± 0.05 g/cm^3 olan ve Poliya Composite Resins and Polymers Inc.'den temin edilen ve polyester reçine kullanılmıştır (Polipol383-G). Metil etilketonperoksit (MEKP, Akzo Nobel Products) polyester reçine katalizörü, sertleştirici olarak seçilmiş, Kobalt'ın %1,5'lik çözeltisi polyester reçinenin kurlenme sürecinde hızlandırıcısı olarak yer almıştır. Öğütülmüş kozalak, atık PET talaşı, mika dolgusuna ait teorik yoğunluklar Micromeritics marka Accupyc II 1340 model He-gaz piknometresiyle ölçülerek bulunmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1: Dolgu ve Takviye malzemeleri Teorik yoğunluk ve hacimleri

Takviye Malzemesi	Ort. Yoğunluk (g/cm^3)	Ort. Hacim (cm^3)
Mika	$2,7111 \pm 0,0017$	$1,7857 \pm 0,0011$
Öğütülmüş Kozalak	$1,4179 \pm 0,0008$	$1,9555 \pm 0,0011$
Atık PET Talaşı	$1,3387 \pm 0,0005$	$2,4295 \pm 0,0009$

2. 2. Yöntem

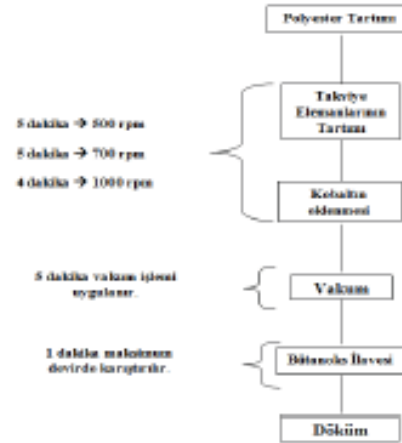
3 farklı mika(M) dolgu:polyester oranında döküm yapılmıştır. Bu çalışma da yer alan organik takviyeler; öğütülmüş çam kozalağı (P) ve atık PET talaşı (B) kullanılarak hazırlanan diğer kompozit reçetelerin takviye-dolgu ve polyester oranları Çizelge 2'de verilmiş, reçete dökümleri buna göre gerçekleştirilmiştir. Ayrıca her reçete farklı kompozisyona sahip olduğu için farklı miktarlarda sertleştirici ve hızlandırıcı karışıma eklenmiştir.

Çizelge 2. Ağırlıkça % takviye-dolgu: polyester oranı

Kod	Kozalak	Mika	PET	Polyester
MC1	0	6	0	94
MC2	0	9	0	91
MC3	0	12	0	88
MPC1	6	6	0	88
MPC2	6	9	0	85

MPC3	6	12	0	82
MBC1	0	6	6	88
MBC2	0	9	6	85
MBC3	0	12	6	82

Karışınlar mekanik karıştırıcıda (Stuart scientific stirrer SS3, UK) karıştırılmıştır. Karışım hazırlama ve döküm süreci Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2: Kompozit Karışım Hazırlama Üretim Akım Şeması

DeneySEL çalışmalarda kullanılan kalıp boyutları $10mm \times 4 mm \times 100 mm$ 'dir. Kompozit numunelerinin 3 noktalı eğme dayanımı Shimadzu AG IC100 kN cihazında, izod darbe testi DVT CD, Devotrans Quality Control Test Instruments Ltd., Turkey cihazıyla yapılmıştır.

Numuneye üç noktadan uygulanan dakikada 2 mm hızdaki yük ile eğme mukavemeti, elastik modül ve belirli alana uygulanan maksimum kuvvet hesaplamaları için gerekli veriler bulunmuştur. Sonuçlar 3 numunenin ortalaması alınarak ve aşağıdaki eşitliklere uygun olarak hesaplanmıştır.

$$\sigma = (3LP)/(2bd^2) \quad E.1$$

$$E_f = (L^3m)/(4bd^3) \quad E.2$$

σ = Eğilme mukavemeti (N/mm^2), E_f = Elastik modülü (MPa), L= destekler arası

mesafe,(mm), P= maksimum yük,(N), b= kompozit numune genişliği, (mm), d= kompozit numune kalınlığı, (mm), m = Eğim

Eğme testi sonucunda her bir numune iki parçaya ayrılmıştır. Bu ayrılan kompozit numuneler sabit ağırlığa ulaşuncaya kadar etüvde (110°C) de kurutulduktan sonra, oda sıcaklığına ulaştığında hassas terazide tartılmış ve kuru ağırlıkları (W_K) belirlenmiştir. Daha sonra kaynayan su içerisinde, 2 saat süresince kaynatma işlemi uygulanmıştır, bunu takiben 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Numunelerin hassas terazide Arşimet yoğunluk kiti kullanılarak hazırlanmış düzenekte su içerisinde asılı ağırlıkları tartılmıştır (W_A). Daha sonra numune sudan çıkarılıp, yüzeyindeki su havluyla silinmiş ve hızlı bir şekilde terazide tartılarak su emdirilmiş numunenin havadaki ağırlığı (W_D) kaydedilmiştir. Aşağıdaki eşitlikler kullanılarak su emme, yağın yoğunluğu ve % açık porozite değerleri hesaplanmıştır.

$$\% A = (W_D - W_K) / W_K * 100 \quad E.3$$

$$B = [W_K / (W_D - W_A)] * \rho_{su} \quad E.4$$

$$\% P = [(W_D - W_K) / (W_D - W_A)] * 100 \quad E.5$$

% A= Su Emme yüzdesi, B=Yıgım(bulk) yoğunluk: numune kütlesi/yıgımsal hacim, % P =Görünür porozite yüzdesi: (açık porların hacmi / bulk hacmi)*100

3. Sonuçlar ve Tartışma

Eğme testiyle elde edilen sonuçlar, organik takviyeler (P) ve (B)'nin mika dolgu polyster kompozitlerin eğme testinde mukavemet gösterdiği kuvvet değerleri Çizelge 3.'de verilmiştir.

Artan oranlarda ilave edilen mika dolgu polyster kompozite eğme mukavemetini ve elastik modülü artırmıştır. Çalışmada kullanılan diğer iki organik takviyenin bu teste göre kompozit malzemeye etkilerinin farklı olduğu görülmüştür.

Çizelge 3:Kompozit numunelerin eğilme özellikleri

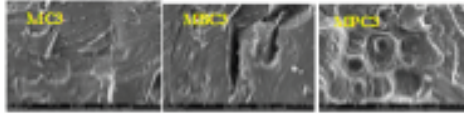
Kod	Max. Kuvvet (N)	Eğilme Mukavemeti (N/mm ²)	Elastik Modül (MPa)
MC1	140,65	63,19	4.244,46
MC2	143,75	68,60	4.521,86
MC3	146,88	73,59	4.833,96
MPC1	140,63	66,28	4.636,70
MPC2	153,13	64,48	4.567,78
MPC3	137,51	61,15	4.459,85
MBC1	90,63	42,27	4.265,78
MBC2	125,00	56,37	4.415,31
MBC3	137,50	59,96	4.500,32

3 nokta eğme testi sonuçları, geri dönüşümde öğütülmüş PET atıklarının, eğilme mukavemetini ortalama %18 oranında düşürdüğünü göstermiştir. Artan mika dolgu karşısında sabit orandaki PET takviyesinin mukavemeti düşürücü etkileri azalmıştır ve mukavemet değeri artmıştır. Kompozit malzemeye PET atıklarının katılmasıyla Elastik modül test sonuçlarında da olumsuz etki gözlenmiştir. Bu durum SEM görüntüleri incelenerek değerlendirilebilir.

Öğütülmüş kozalak ilavesi mika /polyester kompozit değerlerinden daha düşük eğilme mukavemetinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ancak eğilme mukavemetinin, diğer organik katkı (B) ile elde edilen sonuçtan farklı olarak, artan mika tozu ve sabit oranda kullanılan kozalak karşısında azalması kozalak takviyesinin aslında kompozite olumlu etki edebileceğini ve dolgu-takviye ile matriks arasında kaynaşmanın sağlandığını göstermiştir. Ayrıca lifli yapıdaki öğütülmüş kozalak takviyeli numunelerin, diğer numunelere göre daha yüksek kuvvetlerde koptuğu gözlemlenmiştir. Kompozit malzemeye Kozalak tozunun katılmasıyla lifli yapı elastikiyeti de artırmış ve elastik modül sonuçlarında nispi bir artış gerçekleşmiştir.

Üretilen kompozit numuneler de takviye-dolgu malzemeleri ve polyster matriks arayüzey özelliklerinin belirlenmesi için taramalı elektron

mikroskobu(SEM, Zeiss Supra 40VP, Germany) ile görüntüler ve gözenek oluşumundaki değişimler SEM görüntüleri ile de tespit edilmiştir. Şekil 3'de PET atığı ve öğütülmüş kozalak takviyeli kompozitlerin kırık yüzeyden alınmış SEM görüntüleri verilmektedir. Görüntüler incelendiğinde P takviyeli kompozitlerin porozite miktarı lifli yapıdaki fibriller nedeniyle daha fazladır. PET talaşı ise keskin oluşumlara sahiptir ve tabakalar arası uyumsuz yapı göstermiştir.



Şekil 3: Mika dolgusunun en fazla kullanıldığı kompozit numunelerinin 2.00kx büyütme SEM görüntüleri

Kompozit numunelerin İzod darbe direnci ve Shore D sertlik sonuçları eğme testinde elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.).

Çizelge 4: Kompozit numunelerin İzod Darbe Direnci Ve Sertlik Değeri

Kod	Sertlik Shore D	İzod Darbe Direnci (μ/mm^2)
MC1	92	4,7
MC2	95	5,18
MC3	96	5,81
MPC1	94	5,36
MPC2	94	5,16
MPC3	93	5,03
MBC1	92	4,98
MBC2	93	5,31
MBC3	94	5,47

Atık PET talaşlarının takviye edilmesi, SEM görüntülerinde de izlenebilen keskin köşeli sivri uçları nedeniyle kompozitin mikro yapısında keskin tabakalar meydana getirmiş bu da izod darbe direncini etkilemiştir. Artan mika oranı karşısında PET atıklarının miktarı azaldığından malzemeyi kırmak için gereken enerji

artmış, kompozit malzemenin gösterdiği darbe direnci yükselmiştir.

Sabit oranda öğütülmüş kozalak takviyesi ve artan orandaki mika dolgulu polyester kompozitler de, izod darbe direnci olumlu etkilenmiştir. Bu durum kozalığın SEM görüntülerinde belirgin olarak takip edilebilen lifli yapısı ile ilişkilendirilebilir. Kompozit tabakaları arasında, lifli yapıyla gerçekleştirilen bağlantı kompozitin daha fazla güçlenmesini sağlamış görülmektedir. Ancak artan mika oranı karşısında lif etkisi azalmış malzemenin izod darbe direnci düşmüştür. Kozalak katkısı kompozit malzemenin soğurduğu enerji miktarına etkili olmuştur. Lifli yapı olumsuz bir nokta olarak açık porozite miktarının artmasına bu da kompozitlerin eğme dayanımının azalmasına yol açmıştır.

Çizelge 5'te sunulan sonuçlara göre en yüksek açık porozite öğütülmüş kozalak takviyesi kullanılan kompozit numunelerinde görülmüştür (1,78-2,14).

Çizelge 5: Kompozit numunelerinin Su Emme, Açık Porozite, Bulk Yoğunluğu değerleri.

Kod	Bulk Yoğunluğu (gr/cm^3)	Su Emme (%)	Açık Porozite (%)
MC1	1,24	0,83	1,02
MC2	1,26	0,75	0,94
MC3	1,28	1,20	1,53
MPC1	1,23	1,45	1,78
MPC2	1,26	1,41	1,78
MPC3	1,28	1,67	2,14
MBC1	1,24	1,05	1,29
MBC2	1,26	1,12	1,41
MBC3	1,28	0,86	1,10

PET atığı takviyeli kompozitlerin de sadece mika dolgusu kullanılan kompozitlere kıyasla açık porozite miktarının yüksek olduğu görülmüştür. PET atığının keskin kenarları ve mika partiküllerinin yapraklı lamelli yapıda oluşu (Şekil 3.) kompozit malzemelerin homojen karışım oluşturmalarının daha

zorlaştırdığını göstermiştir. Kompozit numunelerinde su emme genel olarak %açık poroziteye bağlı değişim göstermiştir.

Sonuç olarak organik atıklar, takviye orama ve yapısal özelliklerine bağlı olarak Mika/ polyester kompozitlerini farklı düzeyde etkilemiştir. Öğütülmüş kozalak mekanik özelliklerde kısmen olumlu etki gösterirken su emmeyi artırmış, yoğunluk üzerinde önemli bir etki göstermemiştir. PET talaşı ise hiçbir özellik üzerinde olumlu bir gelişme sağlamamıştır.

KAYNAKLAR

Ahrabi A.Z., Bilici, İ. and Bilgesu A.Y., 2012. PET Atıkları Kullanılarak Kompozit Malzeme Üretiminin Araştırılması, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 27, No 3, 467-471.

Aynılmaz, N., Büyüksarı Ü. and Dündar, T., 2010. Waste pine cones as a source of reinforcing fillers for thermoplastic composites, Journal of Applied Polymer Science, Vol:117, Issue:4, 2324-2330.

Erdem, S. 2013. Geri Dönüştürülmüş PET Lifi-Alçı Kompozitlerin Özelliklerinin Belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2-3.

Gorrasi, G., Senatore, V., Vigliotta, G., Belviso, S. and Pucciariello, R., 2014. PET-halloysite nanotubes composites for packaging application: Preparation, characterization and analysis of physical properties, European Polymer Journal, Volume:61, 145-156.

Gökdağ, D., Akpınar Borazan, A. and Açıkbaş, G., 2015. Effect Of Marble: Pine Cone Waste Ratios On Mechanical Properties Of Polyester Matrix Composites, Proceedings of the 14th International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes, Greece.

May-Pat, A., Aviles, F., Toro, P., Yazdani-Pedram, M. and Cauch-Rodríguez, J.V., 2012. Mechanical properties of PET composites using multiwalled carbon nanotubes functionalized by inorganic and itaconic acids, eXPRESS Polymer Letters Vol.6, No.2, 96-106.

Won, J., Jang, C., Lee, S., Lee, S. and Kim, H. Long-term performance of recycled PET

fibre-reinforced cement composites, Construction and Building Materials, Vol:24, Issue:5, 660-665.