



# SOMA TERMİK SANTRALİ UÇUCU KÜL VE POLİPROPİLEN ATIKLARININ YENİ BİR MALZEME ÜRETİMİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

**Tülay YILDIZ\* Cengiz YILDIZ\*\***

\*Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Eğitimi Bölümü, 23279/Elazığ

\*\*Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 23279/Elazığ

Geliş Tarihi : 26.02.2002

## ÖZET

Türkiye’ de termik santrallerde yılda 10 milyon tonun üzerinde üretilen uçucu kül ve çevreye atılan polipropilen atıkları çevre kirliliğine neden olmaktadır. Yarattığı çevresel problemlerin yanında, hammadde kaynaklarına olan talebin hızla artması ve buna karşılık doğal kaynakların kısıtlı olması, uçucu küllerin ve atık polipropilenin yeniden kullanılabilirliğinin araştırılmasını gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, Soma Termik Santrali uçucu küllerinin ve polipropilen atıklarının yeni bir kompozit malzeme üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaç ile % 10 - %90 hacim oranlarda Soma Termik Santrali uçucu külü içeren dokuz çeşit kompozit malzemelerin üretilmiştir. Üretilen kompozit numunelerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin tespiti için ısı iletkenlik, basma dayanımı, su emme kapasitesi, aşınma deneyleri yapılmıştır. Böyle bir uygulama ile, bu iki atık malzeme, hem çevre probleminin azaltılmasında hem de enerji tasarrufu yoluyla ekonomiye kazanç sağlanmasında değerlendirilebilecektir.

**Anahtar Kelimeler :** Uçucu kül, Polipropilen, Kompozit malzemeler

## THE UTILIZATION OF SOMA THERMAL POWER PLANT FLY ASH AND POLYPROPYLENE WASTES IN THE PRODUCTION OF A NEW METERIAL

## ABSTRACT

The fly ash that is produced in the amount of up to 10 million tons annually in power stations in Turkey and waste polypropylene cause environmental pollution. In addition to environmental problems, the increasing demand for raw materials and limited availability of natural resources are the reasons to investigate fly ash and polypropylene wastes for their possible reuse. In this study, possible use of Soma Thermal Power Plant fly ash and propylene wastes in a new composite material was investigated. For this purpose, nine kinds of composite materials containing 10%-90% Soma thermal power plant fly ash were produced. Thermal conductivity, compressive strength, water absorption and abrasion tests were applied to investigate the mechanical and physical properties of the fabricated composite material specimens. In this application, these two waste materials can be utilized together, both to eliminate environmental problems and to get economical gains by saving energy.

**Key Words :** Fly ash, Polypropylene, Composite materials

## 1. GİRİŞ

Uçucu kül ve polipropilen atıkları, diğer endüstriyel atıklar gibi sorun oluşturmakta ve doğal dengeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Türkiye'de Termik Santrallerde yılda 10 milyon tonun üzerinde oluşan uçucu küllerin santralden atılarak depolanması problemlere yol açmakta ve çevre kirliliğine neden olmaktadır (Erdoğan ve ark., 1982). Bu nedenle mevcut atıkların çevre kirliliğini azaltıcı ve ekonomiye katkıda bulunacak şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde üretilen milyonlarca ton uçucu külün çok az bir miktarı çimento fabrikalarında ve barajlarda betona katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Baykal ve ark., 1993). Seyitömer, Tunçbilek, Soma termik santrallerinde üretilen uçucu küller, kül parklarına ve kül havuzlarına atılmakta ve suni dağcıklar oluşmaktadır. Gelişmiş ülkelerde uçucu küller çimento ve betonda katkı maddesi, gaz beton üretiminde dolgu maddesi gibi değişik alanlarda genişçe kullanım alanı bulmaktadır (Digioia and Nuzzo, 1972; Ghodrati et al., 1995; Rohatgi and Guo, 1998; Xuequan et al., 1999).

Gerek endüstriyel ve gerekse ambalaj sektöründe atık hale gelen plastik maddelerden biri de polipropilendir. Çevre kirliliğinin azaltılması ve atıkların yeniden ekonomiye kazandırılması açısından polipropilen atıklarının da değerlendirilmesi gerekmektedir. 20. Yüzyılın ikinci yarısında çeşit ve üretim sayısı bakımından artış gösteren plastikler uçak, makina, elektronik, elektrik, mobilya, tekstil, ambalaj malzemesi, inşaat sanayii gibi birçok alanda metallerin yerini almıştır (Tobolsky and Mark, 1971; Brydson, 1993). Özellikle polipropilen lif katkılı betonlar; eğilme, donma, çözülme, aşınma, çarpma olaylarına karşı dayanıklılık gerektiren yerlerde kullanılabilir (Evans, 1970; Kaya, 1983)

Plastik ürünlerinin geleneksel diğer ürünlere nazaran fiyatlarının ucuz olması, iyi ve rahat işlenebilme özellikleri, hafif ve kolay taşınabilir olması, asit ve baz gibi maddelere karşı dayanıklı olması, kohezyona uğramamaları, boya vb. koruyucu kaplama malzemesine ihtiyaç duyulmaması, sert ve esnek yapıda bulunabilmeleri, iyi optik ve mukavim özelliklerine sahip olması ve büyük yatırımlar gerektirmeyen tesislerde imal edilebilmeleri bu ürünlere olan talebin süratle artmasına neden olmaktadır (Sears and Darby, 1982; Morawetz, 1985).

Yapılan çalışmada çevre kirliliğine neden olan uçucu kül ve polipropilen atık malzemelerinin

yeniden ekonomiye kazandırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla Soma Termik Santrali'nden temin edilen uçucu küller ile polipropilen atıkları eritilerek değişik oranlarda karıştırılıp yeni bir kompozit malzeme elde edilmiştir. Üretilen kompozit malzemenin ısı ve mukavemet özellikleri belirlenmiş ve neme karşı dayanımı incelenerek yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

## 2. KULLANILAN MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİ

### 2. 1. Uçucu Kül

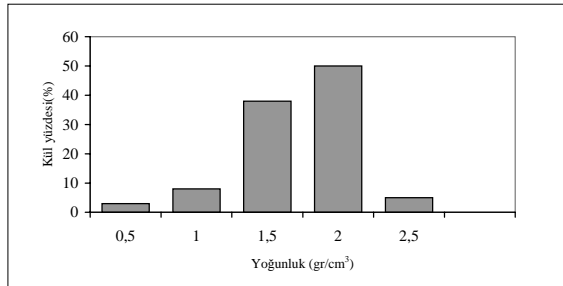
Termik güç santrallerinde düşük kalorili kömür 0.09 m inceliğe kadar öğütülmekte ve su ile yanma fırınına püskürtülmektedir. Fırın içinde ortalama 1100-1600 °C sıcaklıkta yanan kömür tanecikleri, kısmen adi kül (curuf) şeklinde kazan altında toplanmakta ve su ile uzaklaştırılmaktadır. Bu kazan altı curufu ( $20 \cdot 10^{-6} - 3 \cdot 10^{-3}$ ) m büyüklüğündeki taneciklerden ibarettir. Külün geri kalan ve daha ince yapılı kısmı baca gazları ile sürüklenerek önce siklonlar daha sonra da elektrofilitrelerde tutulur. Baca gazları ile sürüklenen ve hava ile temas ederek, ani soğuma sonucu puzolanik özellik kazanan bu küllere hafif olmaları nedeniyle uçucu kül (fly-ash) adı verilir (Bayat, 1998). Uçucu küller kimyasal yapılarına göre siliko alüminaz, sülo-klasik uçucu küller, tiplendirilemeyen ve yapısı muntazam olmayan uçucu küller olarak üç sınıfa ayrılırlar. Uçucu küller, elde edildikleri kömürün tipine göre de linyit uçucu külü ve taş kömürü uçucu külü şeklinde de ikiye ayırmak mümkündür (Indraratna et al., 1991).

Uçucu küller amorf(camsı) yapıda içi boşluklu veya dolu yapıda kürecikler ile mineral parçacıklardan ve yanmamış taneciklerden meydana gelir. Minerolojik olarak, uçucu küldeki silikanın bir kısmı kuartz kristalleri halinde, bir kısmı mullit ( $2SiO_2 \cdot 3Al_2O_3$ ) ve geriye kalanı da camsı fazda bulunur. Uçucu külün içerisindeki karbon miktarları çok değişmektedir. İyi yanma olan termik santrallerde karbon yüzdesi çok düşük olmaktadır (Erdoğan, 1993).

Uçucu kül çimentodan daha koyu gri renkte, çok küçük taneli, akıcı, yumuşak bir malzemedir. Çeşitli şekil ve büyüklükte, genellikle küresel, şeffaf, bazen açık renkli, bir kısmı siyah, çok az esmer kırmızı renkte taneciklerden meydana gelir. Uçucu külün inceliği özellikle termik santrale verilen kömürün öğütülme derecesine bağlıdır. İnceliğe etkili olan ikinci faktör de ince küllerin mümkün olduğunca

bacadan kaçmasına mani olunarak tutulmasıdır. Bacadan kaçan kısım azaldıkça incelik artar. Ayrıca incelik külün elde edildiği kömüre de bağlıdır. Genellikle taşkömürü uçucu külü linyit uçucu külünden, elektrolitlerde toplanan uçucu küller ise siklonlarda toplanandan daha incedir. Uçucu külün inceliği genellikle 1 ile  $200 \cdot 10^{-6}$  m arasındadır.

Uçucu kül içerisinde, farklı yoğunlukta kül vardır. Bunların miktarları da birbirinden farklıdır. Şekil 1'de uçucu kül içerisindeki farklı yoğunluktaki uçucu küllerin yüzdeleri görülmektedir.



Şekil 1. Uçucu kül içerisindeki farklı yoğunlukta tanecik yüzdesi

Uçucu küllerin incelikleri arttıkça yoğunlukları da artmaktadır. Tablo 1'de inceliğe göre yoğunluk değişimi görülmektedir.

Tablo 1. İncelikle Hacimsel Yoğunluk Değişimi

Spesifik Yüzey (cm²/g)	Yoğunluk (g/cm³)
690	1.64
740	1.74
1080	1.77
1110	1.82
1180	1.83
2690	2.08
3720	2.19
3990	2.28
4740	2.33
5280	2.42

Uçucu külün mekanik dayanımı; içerisindeki boşluklu malzeme yüzdesine bağlı olarak değişmektedir. Bu sebeple uçucu külün puzolanik aktivitesi önemlidir. Puzolanlar tek başına bağlayıcı özeliği bulunmayan veya çok az bulunan ancak öğütüldüklerinde oda sıcaklığında ve sulu ortamlarda kalsiyum hidroksit ile reaksiyona girerek bağlayıcı özeliği bulunan bileşikler verebilen maddelerdir. Puzolanlar çimento gibi hidrolik özellik göstererek dayanım kazandılarından, çimento ve harca katılarak beton yapımında kullanılırlar (Ölmez, 1988; Öztekin ve Sümer, 1993; Tokyay, 1993). Puzolanik özeliğe sahip olan uçucu kül, sulu ortamda kireçle  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  reaksiyona

girerek çimentolaşabilir ve bağlayıcı özellik kazanır.

## 2. 2. Polipropilen ve Özellikleri

Saf propilenin (% 95.5) polimerizasyonu ile üretilen polipropilenin izoaktik polipropilen olarak elde edilebilmesi için reaksiyon özel katalizörlerle başlatılır. Polimerizasyon ve saflaştırmadan sonra polipropilen tane olarak elde edilir. Polimerin ataktik bölgelerinin yer ve miktarının değiştirilmesiyle plastiğin özellikleri de değiştirilebilir (Lee and Jang, 1999).

Polipropilen moleküllerinin dizilişine göre homo, blok kopolimer, random kopolimer olarak üçe ayrılır. Polipropileni oluşturan moleküllerin ağırlığı, yapısı, moleküller arasındaki bağ ve fonksiyonel gruplar polipropilenin özelliklerini oluştururlar. Polipropilenin birçok yönden tercih edilen üstün özellikleri olmakla birlikte bazı katkı maddeleriyle daha değişik özellikler de kazandırılabilir (Ferreira, et al., 1997; Mulder and Bras, 1998).

Polipropilen yarı şeffaf beyaz bir madde olup, çoğu renksizdir. Bu yüzden renk verici maddelerle istenen renk elde edilir. Diğer plastik malzemelerde olduğu gibi polipropilenin yüzeyinin yumuşaklığı ve çizilmeye karşı direncinin az olması dezavantajdır. Cam, seramik ve metallere göre sertliği çok azdır. Polipropilen, polietilene göre daha serttir ve onun kadar bükülemez. Soğuk organik çözeltilerde çözünmez, sıcak çözücülerde yumuşar. Bir kaç bükülmeden sonra sertliğini korur. Bu malzemenin önemli bir özeliği ince kesitlerinin kırılmaksızın çok geniş açılarla bir çok kez bükülebilmesidir.

Ticari olarak kullanılan tüm plastik malzemeler arasında polipropilen en düşük özgül ağırlığa sahiptir. Plastiklerin gittikçe önem kazanmalarının bir nedeni de yapısal malzemeler olarak hafiflikleridir. Polipropilenin özgül ağırlığı birden küçüktür (Tablo 2).

Tablo 2. Çeşitli Plastiklerin Özgül Ağırlıkları

PLASTİKLER	$\rho$ (gr/cm³)
Polipropilen	0.900 - 0.910
Düşük Yoğunluklu PE	0.910 - 0.925
Yüksek Yoğunluklu PE	0.941 - 0.965
Polistiren	1.041 - 1.065
Stiren-Akrilonitril Kopolimeri	1.05 - 1.10
ABS	0.99 - 1.10
Metal Metakrilat	1.17 - 1.20
PVC(polivinilklorür)	1.35 - 1.45
Selüloz Asetat	1.23 - 1.34
Naylon	1.08 - 1.14
Polikarbonat	1.20
Poliasetat	1.38

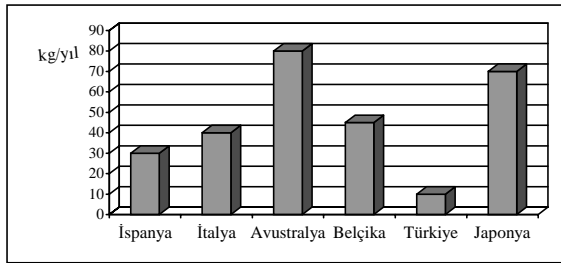
Plastikler kırılabilirlik, süneklik ve sertlik gibi mekanik özellik gösteren maddelerdir. Metal ve seramik gibi malzemelere göre dış etkenlere karşı daha duyarlıdır. Plastik maddelerin mekanik özellikleri arasında yer alan çekme, uzama ve kopma dirençleri en önemli özellikleridir. Yumuşama noktası 145 °C -150 °C arasındadır. Bu nedenle çalışma sıcaklığı 100 °C ve daha yüksek uygulamalar açısından elverişlidir. Plastiklerin mekanik özellikleri aşağıdaki Tablo 3’de verilmiştir (Tobolsky and Mark, 1971).

Tablo 3. Plastiklerin Mekanik Özellikleri

Çekme dayanımı	27-35 N/ mm <sup>2</sup>
Elastisite modülü	980-1225 N/ mm <sup>2</sup>
Kopmadan uzama	% 100-250
Isıl bozulma noktası	91-114 °C

Plastiklerin ısı iletimlerinin düşük olması, onlara ısı yalıtımı uygulamalarında üstünlük sağlar. Bir çoğunun ısı iletim katsayısı 0.8 W/mK civarında olup, ısı iletim katsayısı diğer yapı malzemelerine göre oldukça düşüktür. Bu yüzden polipropilen ısı yalıtım maddeleri arasında yer alır.

Bütün malzemeler arasında plastik malzemeler, son 15-20 yılda büyük üretim ve tüketim artışı göstermişlerdir. Şekil 2’de Türkiye’de kişi başına plastik tüketimi diğer ülkelerle mukayeseli olarak verilmektedir.



Şekil 2. Ükelere göre plastik tüketimi

### 3. DENEYSEL YÖNTEM VE YAPILAN DENEYLER

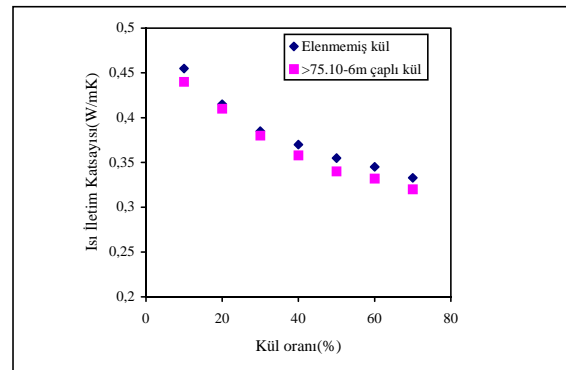
Deneysel çalışmada Soma Termik Santral’inden temin edilen uçucu küller, elenmemiş (tabii) ve elenerek elekte kalanlar (>75.10<sup>-6</sup> m.) olmak üzere iki sınıfta ele alınmış ve bağlayıcı olarak da atık propilen maddeler kullanılmıştır. Atık polipropilen maddeleri uçucu küle ağırlıklı yüzde olarak 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 oranlarında katılmıştır. Atık polipropilen yaklaşık olarak 200 °C sıcaklıkta ısıtılarak eritilmiş ve karışımın akıcı bir hale gelmesi sağlanarak, karışım için uygun kıvam elde

edilmiştir. Belirlenen oranlarda polipropilen ile uçucu kül karışımı geliştirilen bir mikser yardımıyla homojen olarak karıştırılarak metal kalıplara dökülmüştür. Numunelere presle 5000 N’luk basınç uygulanarak boşluksuz, düzgün bir malzeme elde edilmesi sağlanmış ve her numuneye kod verilmiştir. Buna göre, elenmemiş uçucu kül + polipropilen (SPO) kodu ile, elenmiş ve 75.10<sup>-6</sup> m’den büyük uçucu kül+polipropilen ise, (SP1) kodu tanımlanmıştır. Hazırlanan numuneler üzerinde ısı iletkenlik, su emme, basınç ve aşınma deneyleri yapılmıştır.

Ayrıca, elde edilen numunelerin porozite tayini için gözenek hacminin toplam hacme oranından faydalanılmıştır (Biçer ve Yıldız 1995).

#### 3. 1. Isıl İletkenlik

Malzemelerin ısı iletim katsayıları DIN51046 ya uygun olarak “Hot-Wire” yöntemine göre ölçme yapan cihaz kullanılarak ölçülmüştür. Cihaz 0.02-10 W/mK aralığında ( $\pm$  % 5) basamak duyarlılıkla ölçme yapabilmektedir. Ölçülen ısı iletim katsayılarının ortalama değerleri tablo ve grafiklere aktarılmıştır (Tablo 4, Şekil 3). Buna göre ısı iletim katsayısı numunelerdeki kül oranının artmasıyla düştüğü görülmüştür. Ayrıca, elenmemiş külden üretilen kompozitlerin porozitesi, elenmiş külden elde edilen kompozitlerin porozitesinden daha yüksek olduğundan dolayı tabii külden elde edilen malzemelerin ısı iletim katsayısı daha düşük çıkmıştır.



Şekil 3. Soma termik santrali uçucu küllü numunelerin kül oranı-ısı iletim katsayısı ilişkisi

#### 3. 2. Su Emme

Su emme deneyinin amacı su ile direkt ilişkili olacak yapı malzemelerinin donma sonucu bünyesindeki buz kristallerin genişleme imkanı bulabileceği kuru hacim varlığının araştırılmasıdır. Bu özellik malzemeye donmaya karşı güvence sağlamaktadır. Suya doyurulmuş kütle ( $W_d$ ) ile kuru

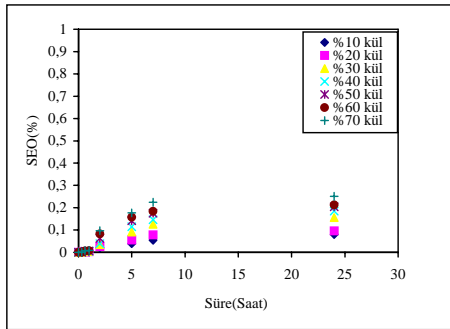
Tablo 4. Soma Uçucu Kül + Polipropilen Bağlayıcı Numunelere Ait Özellikler

ELENMEMİŞ UÇUCU KÜL + POLİPROPİLEN BAĞLAYICILI NUMUNELER						
Sıra No	Malzeme Kodu	Ağır. Kül Oranı (%)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Porozite (%)	Isıl İletim kats (W/mK)	
1	SP0-1	10	1.310	4.8	0.455	
2	SP0-2	20	1.430	9.1	0.415	
3	SP0-3	30	1.394	13.1	0.385	
4	SP0-4	40	1.418	16.7	0.370	
5	SP0-5	50	1.450	20.1	0.355	
6	SP0-6	60	1.494	23.2	0.345	
7	SP0-7	70	1.527	26	0.333	
>75.10 <sup>-6</sup> m. TANE ÇAPLI KÜL+POLİPROPİLEN BAĞLAYICILI NUMUNELER						
Sıra No	Malzeme Kodu	Ağır.Kül Oranı (%)	Yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> )	Porozite (%)	Isıl İletim kats (W/mK)	
1	SP1-1	10	1.110	5.4	0.440	
2	SP1-2	20	1.230	10.2	0.410	
3	SP1-3	30	1.344	14.6	0.380	
4	SP1-4	40	1.388	18.6	0.358	
5	SP1-5	50	1.410	22.3	0.340	
6	SP1-6	60	1.454	25.6	0.332	
7	SP1-7	70	1.487	28.6	0.330	

numune küte( $W_k$ ) miktarı dikkate alınarak su emme yüzdesi aşağıdaki şekilde tespit edilmektedir. Buna göre su emme oranı(SEO)

$$SEO = (W_d - W_k) \cdot 100 / W_k$$

eşitliği ile ifade edilebilmektedir. Deneysel çalışma sonucunda elde edilen su emme oranları Şekil 4'de gösterilmiştir. Numuneler üzerinde yapılan su emme deneylerinde su emme oranının % 30 kritik değerinin çok altında kaldığı görülmüştür. Böylece, elde edilen numunelerde donma sonucu malzemede çatlama yüzeyde tozlanma ve kabuk halinde dökülme söz konusu olmayacaktır. Ayrıca, Şekilden numunelerin kütlelerinde bulunan nemin zamanla azaldığı dolayısıyla az da olsa tenneffüs kabiliyetinin olduğu görülmektedir.

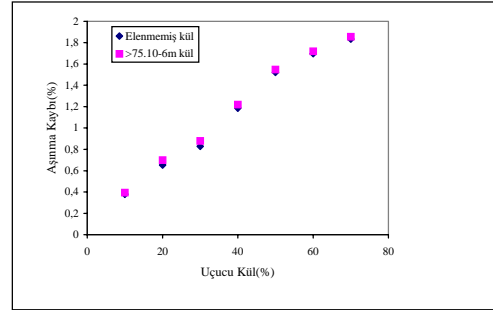


Şekil 4. Soma termik santrali uçucu küllü numunelerin su emme deneyinde zamana bağlı olarak su emme oranının (seo) değişimi

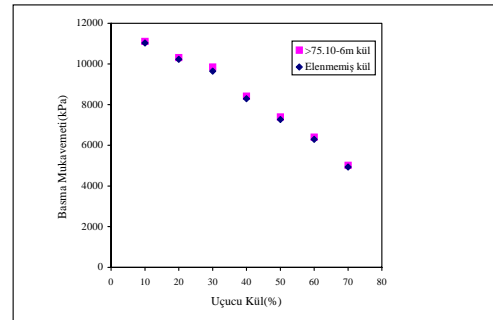
### 3. 3. Mekanik Dayanım

Hazırlanan numuneler üzerinde TS 699 standartlarına uygun basma mukavemeti, aşınma

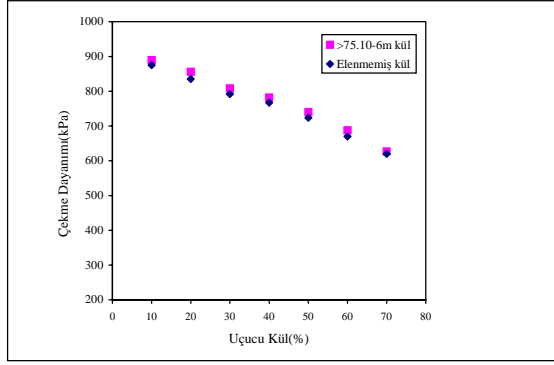
kayı ve çekme dayanımı deneyleri yapılmıştır (Anon.,1985; 1987). Elde edilen sonuçlar grafiksel olarak Şekil 5, 6 ve 7'de verilmiştir. Şekillerden polipropilen oranlarının artmasıyla basmaya, aşınmaya ve çekmeye karşı dayanımın arttığı görülmüştür. Ayrıca, elde edilen kompozit malzemelerin testere ile düzgün yüzey verecek şekilde kesilebildiği, matkap ile delinebilir olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5. Soma termik santrali uçucu küllü numunelerin aşınma kaybı-kül oranı ilişkisi



Şekil 6. Soma uçucu küllü numunelerin basma mukavemeti-kül oranı ilişkisi



Şekil 7. Soma uçucu küllü numunelerin çekme dayanımı-kül oranı ilişkisi

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada farklı türde iki atık malzeme olarak Soma Termik Santrali Uçucu Külü ile atık polipropilen kullanılarak yeni bir kompozit malzeme elde edilmiştir. Üretilen yeni malzemede kül oranı arttıkça ısı iletim katsayısının küçüldüğü görülmüş ve en küçük ısı iletim katsayısı kül oranı % 70 olan numunelerde tespit edilmiştir. Ayrıca iri taneli küllerde gözeneklilik oranı yüksek olduğundan külün yoğunluğunun düşük olması nedeniyle ısı iletim katsayıları daha küçük çıkmıştır.

Su emme oranı düşük olup % 0.1-% 0.3 arasında değişmektedir. Bu oran TSE 704 ve 705'de verilen % 30'luk üst limit değerinden oldukça düşüktür. Bu nedenle bu çalışmada göz önüne alınan kompozit malzemeler bu tür malzemelerin çatı yalıtımında, su ile direkt ilişkili bina cephe kaplamasında kullanılabilirliği anlaşılmıştır. Ayrıca, numunelerde polipropilen oranı arttıkça basınç ve aşınmaya karşı dayanımın da arttığı görülmüştür. Numunelerin aşınma değerlerinin çok küçük ve basınç dayanımının büyük olması nedeniyle marley türü döşeme kaplaması olarak kullanılabilirliği saptanmıştır.

Sonuçta, elde edilen kompozit malzemenin gerek dış duvar kaplaması, gerek döşeme kaplaması olarak kullanılmasının mümkün olabileceği böylece, hem ısı kazanç açısından hem de çevre kirliliğini azaltması açısından yarar sağlayacağı tespit edilmiştir

#### 5. KAYNAKLAR

Anonim, 1985. TSE (704, 705), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Anonim, 1987. TSE (699), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Bayat, O. 1998 "Characterisation of Turkish Fly Ashes", Fuel 77, p. 1059-1066.

Baykal, G., Özturan, T., Savaş, M., Ramadan, K. 1993, "Uçucu Külün İnşaat Mühendisliğinde Bazı Kullanım Olanakları", Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu, S. 89-102, Ankara.

Biçer, Y., Yıldız, C. 1995 "Katı Malzemelerde Gözenekliliğin Tayini", F. Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, 7 (1), 24-31.

Brydson, J. A. 1993."Plastics Materials" Fifth Edition, Butter Worths, London.

Digioia, A. M., Nuzzo, W. C. 1972. "Fly Ash as Structural Fill", ASCE, J. Power Div, 98, p.72-92

Erdoğan, T. 1993. "Atık Malzemelerin İnşaat Endüstrisinde Kullanımı-Uçucu Kül ve Yüksek Fırın Cürufu", Bildiriler Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, s.1-8, Ankara.

Erdoğan, T., Ar, G., Koman, K. 1982. "Türkiye Uçucu Külleri( Üretim, Kullanma Alanları, Sorunlar, Öneriler)", EİE, Yayın No. 82-19, Ankara.

Evans, V. 1970. Çev. Çiğdemoğlu, M. "Korozyona Karşı Plastikler" MMO, Yayın No 59

Ferreira, J. A. M., Costa, J. D. M. and Richardson, M. O. W., 1997, "Effect of Notch and Test Conditions on the Fatigue of A Glass-Fibre-Reinforced Polypropylene Composite", Composites Science and Technology, Vol. 57, Issues 9-10, p. 1243-1248

Ghodrati, M., Sims, J. T., Vasilas, B. L. 1995."Evaluation of Fly Ash As A Soil Amendment for the Atlantic Coastal Plain: I, Soil Hydraulic Properties and Elemental Leaching", Water, Air, Soil Pollut 81, p.349-361.

Indraratna, B., Nutalaya, P., Koo, K. S., Kuganenthira, N. 1991. "Engineering Behaviour of A Low Carbon, Pozzolan Fly Ash and its Potential as A Construction Fill", Can Geotech J 28, p. 542-555.

Kaya, F. 1983. "Plastikler, katkı Maddeleri ve İşleme Metotları", İstanbul.

Lee, N. J., and Jang, J. 1999. "The Effect of Fibre Content on the Mechanical Properties of Glass Fibre Mat/Polypropylene Composites", Composites Part

A: Applied Science and Manufacturing, Vol. 30, Issue 6, p. 815-822

Morawetz, H. 1985. "Polymers: The Origins and Growth of A Science", New York: John Wiley.

Mulder, K., Bras, R. 1998. "Technology, Networks, and the Management of Transformation Chains: Plastic Packaging and the Environment", Technology Studies, 4 (2), p. 251-82.

Ölmez, H. 1988. "Endüstriyel ve Tarımsal Atıkların Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi", Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Samsun.

Öztek, E., Sümer, M. 1993. "Uçucu Küllü ve Fiberle Betonların Bazı Karşılaştırmalı Özellikleri", Bildiriler Kitabı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, s. 23-28, Ankara.

Rohatgi, P. K. and Guo, R. Q. 1998. "Opportunities of Using Fly Ash Particles for Synthesis of Composites", Fuel And Energy Abstracts, Vol. 39, Issue 1, p. 28

Sears, J. K., Darby, J. R. 1982. "The Technology of Plasticizers", New York : John Wiley and Sons.

Tobolsky, A. V., Mark, H. F. 1971."Polymer Science and Materials", Wiley-Interscience.

Tokyay, M. 1993. "Betonda Uçucu Kül Kullanımı", Bildiriler Kitabı TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, s. 29-36, Ankara.

Xuequan, W., Hong, Z., Xinkai, H. and Husen, L., 1999. "Study on Steel Slag and Fly Ash Composite Portland Cement, Cement and Concrete Research", Volume 29, Issue 7, p. 1103-1106.