

Seyitömer Termik Santrali Uçucu Küllerinin Tuğla Katkı Hammaddesi Olarak Kullanımı

İ. Bentli, A.O. Uyanık, U. Demir & O. Şahbaz

Dumlupınar Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Merkez Kampus. Kütahya, Türkiye

M.S. Çelik

İTÜ, Maden Fakültesi, Cevher-Kömür Hazırlama ABD, İstanbul, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, Seyitömer termik santral uçucu küllerinin kimyasal ve mineralojik özellikleri tespit edilmiş ve inşaat tuğlası yapımında katkı maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Seyitömer termik santralinden alınan uçucu baca külü ile endüstriyel çaptaki tuğla fabrikasında dört farklı reçetede %2.5, %5, %10, %15 baca küllü tuğlalar hazırlanmıştır. Uçucu kül katkılı tuğla reçeteleri ile fabrikada üretilen referans tuğlanın fiziksel ve mekanik testleri laboratuvarında yapılmıştır. Bu testler sonucunda referans tuğlaya göre uçucu kül ilavesi birim hacim ağırlığını çok az miktarda arttırırken, kuruma, pişme ve toplam küçülmede belirgin bir değişime neden olmamıştır. Uçucu kül ilavesi, üretilen tüm reçete tuğlalarda su emme miktarını referans tuğlaya göre azaltmış, buna karşılık tuğlaların hiçbirinde referans tuğlada elde edilen dayanım değerine ulaşamamıştır.

ABSTRACT: In this study, chemical and mineralogical properties of Seyitömer power plant fly ashes was determined and its use in making construction brick has been investigated. Four different recipes (2,5%, 5%, 10% , 15% with fly ashes) of construction bricks were produced from the Seyitömer power station fly ashes. Physical and mechanics tests were performed in the laboratory for both the reference brick produced by industry and four new brick recipes prepared from the fly ashes of Seyitömer Power PlanL. From the results of these tests, the addition of fly ashes to the bricks resulted in a small increase in die density of brick, while drying, firing and total shrinkage properties were not affected significantly. It was observed that the addition of fly ashes to constructions brick caused reduction in water absorption. Finally, the strength values of produced of the bricks remained below the reference brick.

1 GİRİŞ

Ülkemizdeki elektrik enerjisinin halen büyük bir bölümü kömüre dayalı termik santrallerde üretilmektedir. Termik santrallerde enerji üretmek amacıyla yakıt olarak kullanılan öğütülmüş kömür, farklı özellik ve tipte kül ile cüruf meydana getirmektedir. Ülkemiz termik santralleri, her yıl 15 milyon tonun üzerinde uçucu kül ortaya çıkarmakta ve bu da işletmeler için önemli stok ve çevre problemleri meydana getirmektedir. Dünya genelinde ise 1998 yılına kadar yaklaşık olarak 360 milyon ton uçucu külün depolandığı bildirilmektedir. Dolayısıyla uçucu küller önemli bir kaynak olarak görülmektedir (Baba, 1999, Bahranowski vd 1998).

Termik santrallerde öğütülmüş kömürün yüksek sıcaklıklarda yakılması sonucu baca gazlarıyla sürüklenen çok ince partiküllere "uçucu kül", baca gazlarıyla birlikte yükselemeyerek tabanda biriken İri partiküllere ise "cüruf veya taban külü" adı verilmektedir. Elektrostatik ve mekanik yöntemler sayesinde atmosfere çıkışları engellenen uçucu küller, filtrelerin alt kısmında bulunan haznelere biriktirilir ve santral dışında depolanırlar. Taban külleri ise toplam külün %20-25'ini oluştururlar ve kazan altında su ile uzaklaştırılırlar (Kızıgut, 2001). Uçucu küller içi boşluklu ve boşluksuz camsal kürecikler, süngerimsi mineral parçacıklar ve yanmamış taneciklerden meydana gelir. Kimyasal yapılarında İse temel element olarak Si, Al, Ca, Fe ve S bulunur. Uçucu küllerin matrisi esas olarak alimüna silikatlardan ve bunlarla birlikte bulunabilen

az miktarda alkali, metal, ağır metal ve nadir toprak elementlerinden oluşur. Uçucu of an ve uçucu oksitleri oluşturan As, Cd, Ga, Mo, Pb, Se, ve Zn gibi elementler ise matrikse girme eğilimi göstermeyerek uçucu küllerin yüzeyinde toplanırlar (Özdemir&Çelik, 2002, Bayat 1994, Kurama, 1999). Ülkemizde termik santrallerde çıkarı uçucu küllerin özelliklerini BayaY (1998) ve Bayat&Toraman (1995) ayrıntılı bir şekilde araştırmışlardır.

Uçucu küller ASTM C618'c göre F ve C olmak üzere iki genel sınıfa ayrılırlar. F sınıfı uçucu küller taş kömürünün yakılması sonucu elde edilirler ve %10'dan daha az CaO içerdikleri için düşük kireç küllü olarak da isimlendirilirler. Bu küllerin bünyesinde serbest kireç (CaO) bulunmadığından kendi kendine sertleşme özelliğine sahip değildirler ve ancak sulu ortamda kireçle reaksiyona girerek sertleşme gösterirler. Puzolanik reaksiyonlar (çimentolaşma) normal koşullarda çok yavaştır. C sınıfı uçucu küller ise linyit kömürünün yakılması sonucu elde edilmekte olup, bünyesinde %10'dan daha fazla CaO bulundurulur ve bundan dolayı da yüksek kireçli uçucu kül olarak da tanımlanmaktadır. C sınıfı uçucu küller serbest kireç nedeniyle kendi kendine çimentolaşma özelliğine sahiptirler (Alkaya vd 2002, Zor 1986).

Kimyasal bileşimi sayesinde yapay puzolan olarak elde edilen en modern malzeme olarak bilinen uçucu küller, başta inşaat sektörü olmak üzere seramik, plastik, atık su arıtımı, çimento, beton, tuğla, hafif agrega, gaz beton ve karayolları gibi bir çok alanda kullanılabilirler (Alkaya vd 2002, Çakır 1999, Ergüt vd, 1994). Ayrıca uçucu küller taşkın önlenmesinde, döküm kumu olarak, duvar harçlarında, metal yüzeylerinin püskürtme ile temizlenmesinde, asfalt yol yüzeylerinde kaymayı önleyici olarak, cam üretiminde, petrol kuyuları sondajlarında, dolgu ve enjeksiyon işlemlerinde, seramik karo üretiminde, zirai amaçlarla, plastik ve bitümlü malzemelerde katkı maddesi olarak da kullanım alanı bulmaktadır (Ay&Eşmeliler 1998, Duman&Özgen 1996, Atış vd 2002). Uçucu küller çok ince taneli olmaları, sertleştikleri zaman yüksek dayanım verebilmeleri ve tuğlanın hammaddesi olan, kilin yapısındaki oksitleri içermeleri nedeniyle tuğla üretiminde kullanılabilirler (Alkaya vd 2002). Bu konu ile ilgili yurt içi ve yurt dışında çalışmalar yapılmış ve olumlu sonuçlara ulaşılmıştır (Öztürk 2002, Cumpston 1992).

Tuğla, kil veya killi toprağın ayrı ayrı veya harmanlanarak su, kum vb. malzeme ile karıştırılarak, presleme sonrası kurutulup, fırınlarda pişirilmesi ile elde edilen yapı malzemesidir. Tuğla üretiminde kullanılan ideal kil, içerisinde %15'den fazla kalker ve bitkisel artıklar bulundurmayan, yan

yağlı olarak tanımlanan kildir. Kullanılan kilin mekanik yapısı çok önem taşımaktadır ve kullanılacak tuğla malzemesi suyla yoğrulduğunda kolayca şekil alabilmeli ve içindeki suyu kaybettiğinde bu özelliğini koruyabilmelidir (Kızgut, 2001, Demir&Orhan 2002, Ediz&Özdağ 1995). Tuğla üretiminde uçucu küller iki farklı amaca yönelik olarak kullanılırlar. Bunlardan ilki uçucu küllerin, kilin fazla suyunu emerek plastik küllerin çatlamasını, şişmesini ve çiçeklenmesini önlemek amacıyla yardımcı ve düzeltme malzemesi olarak, ikincisi ise küllün puzolanik özelliği ve inceliği nedeniyle pişmiş malzemede mukavemetin artırılması ve plastik özelliği olmadığı için bağlayıcı görevi görmesi amacıyla ana malzemede kullanılmasıdır. Ayrıca uçucu küllerin pişme sırasında enerji tasarrufu sağladığı bildirilmektedir (Öztürk 2002, Alkaya vd 2002).

2 MALZEME VE YÖNTEM

2.1 Malzeme

Bu çalışma Seyitömer termik santrali atık uçucu küllerinin inşaat tuğlası üretiminde katkı hammaddesi olarak kullanılabilirliğini kapsamaktadır. Uçucu kül numuneleri Seyitömer termik santrali dördüncü ünite son temizleme birinci kademe elektro filtresinden temin edilmiştir. Tuğla yapımında temel hammaddeyi oluşturan kil numuneleri, Kütahya'da bir tuğla fabrikasının kullandığı kendi kil mmmunesidir.

Deneyel çalışmalarda kullanılan kil ve uçucu küllün kimyasal analiz sonuçları çizelge 1'de verilmektedir. Uçucu küllerin XRD analizleri Rİgaku Miniflex difraktometresinde CuKa radyasyonu ile yapılmış ve kaolen, illit, montmorillonit, anortit, kuvars ve demir mineralleri tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Tuğla yapımında kullanılan kil ve uçucu küllün kimyasal analiz sonuçları.

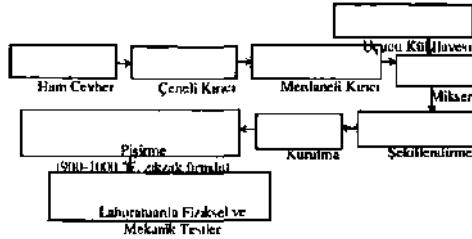
Kimyasal Bileşimi (%)	Kil	Uçucu Kül
SiO ₂	55.66	53.69
Al ₂ O ₃	21.57	20.29
FeO	12.21	11.83
MgO	1.34	4.09
CaO	1.05	3.45
Na ₂ O	1.30	0.30
K ₂ O	3.94	2.53
TiO ₂	0.93	0.61
Ateş Zayıtı	2.00	2.31

2.2 Yöntem

Tuğla Fabrikasında uçucu kül numuneleri 4 farklı oranda mikserde kille karıştırılarak (T1, İZ T3, T4) hazırlanmıştır. Çizelge 2'de reçeteler ve % uçucu kül içerikleri verilmektedir. Kül ilave edilmeyen standart reçete çalışmada referans tuğla (RT) olarak isimlendirilmiştir. Tuğlalar vakumlu ekstrüzyon pres ile kesit ölçüleri 190x135x190 mm olacak şekilde ve %35 delikli olarak kesilmiştir. Deneysel çalışmaların gerçekleştirildiği tuğlaların endüstriyel akım şeması Şekil 1'de gösterilmektedir. Endüstriyel fırınlarda pişirme sıcaklığı 900-1000 °C gibi geniş bir aralıkta olup, sıcaklık kontrolü iyi yapılamamaktadır.

Çizelge 2. Reçetelerin uçucu kül içerikleri.

	RT	T1	T2	T3	T4
Uçucu Kül (%)	-	2.5	5	10	15
Kil(%>	100	97.5	95	90	85



Şekil 1. Endüstriyel ölçekte yapılan tuğla üretim akım şeması.

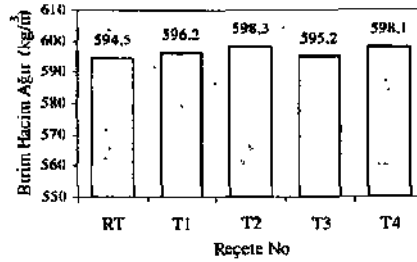
2.3 Fiziksel ve Mekanik Testler

Farklı uçucu kül içeren karışımlar, endüstriyel ölçekte tuğla olarak üretildikten sonra Dumlupınar Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarında fiziksel ve mekanik testlere tabi tutulmuştur. Farklı kül içerikli tuğlalar sırasıyla birim hacim ağırlık, kuru, pişme ve toplam küçülme, su emme ve mukavemet testlerine tabi tutulmuş ve referans tuğla ile karşılaştırılmış Test sonuçlarının tamamı 5 adet tuğlanın ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Uçucu kül içeren tuğlalar ile referans tuğlalara uygulanan testler TS 705, 4633 ve 4897 standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

2.3.1 Birim hacim ağırlık testleri

Sert tuğlalarda birim hacim ağırlığının az olması istenir. Farklı uçucu kül içerikli tuğlaların birim hacim ağırlık değişimleri Şekil 2'de gösterilmektedir. Uçucu kül ilavesi birim hacim ağırlığı çok az miktarda artırmaktadır. Referans

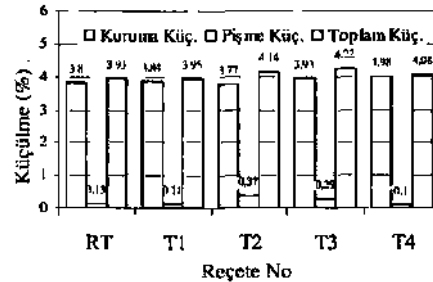
tuğlanın birim hacim ağırlığı 594,5 kg/m³ iken buna en yakın T3 reçetesinin birim hacim ağırlığı 595,2 kg/m³ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 2. Farklı uçucu kül içerikli tuğlaların birim hacim ağırlık (kg/m³) değişimleri.

2.3.2 Kuruma, pişme ve toplam küçülme testleri

Tuğlaların kurutulması sonucu bünye yapılarının küçülmesi, şekillendirme suyunun bünyeden uzaklaşması olarak açıklanabilir. Hammaddenin tanecikleri arasında yer alan su kilden uzaklaştıkça, taneler birbirine yaklaşır ve küçülme meydana gelir. Bir kil ne kadar çok su ile şekillendirilmiş ise küçülme o kadar fazladır. Pişme sıcaklığı ile pişirme küçülmesi doğrudan ilgilidir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen kuruma, pişme ve toplam küçülme değerleri Şekil 3'de verilmektedir. Toplam küçülme değeri seramik malzemeler için istenen %10 küçülme değerinin çok altındadır (Sümer 1988, Sönmez ve Yorulmaz 1995).

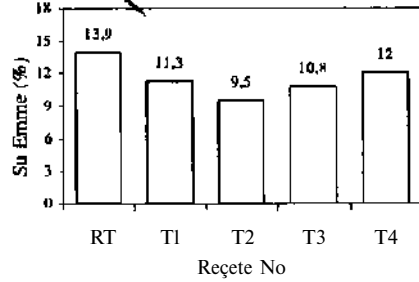


Şekil 3. Farklı uçucu külüli tuğlaların kuruma, pişme ve toplam küçülme değişimleri.

2.3.3 Su emme testleri

Tuğlalarda su emme özelliği donanın bakımından önemlidir. Bu da tuğlanın sahip olduğu porozite oranına bağlıdır. Kurutma sonunda bünye suyunun uzaklaşması ile oluşan boşluklar su emme

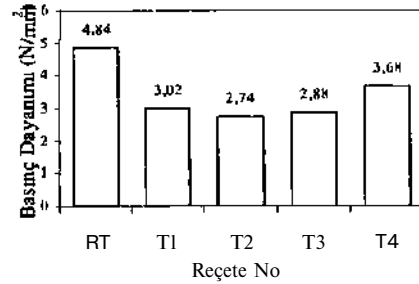
Özellikliğini arttırmaktadır. Kilin Özlük ve pişirme sıcaklığı arttıkça su emme yeteneği azalmaktadır. Şekil 4'den görüldüğü gibi tüm reçetelerin su emme değerleri tuğla-kiremit malzemeler için istenen %18 su emme değerinin altındadır (Sümer 1988, Sönmez vd 1993), Bu durum uçucu kül ilavesi ile görülen camsı yapıya bağlanabilir.



Şekil 4. Farklı uçucu kül içerikli tuğlaların su emme değişimleri.

2.3.4 Mukavemet testleri

Şekil 5'de tuğlalardan elde edilen mukavemet test sonuçları gösterilmektedir. Basınç dayanım sonuçları TS 705 standartlarında verilen ortalama 5,9 N/mm² değerinin altında gerçekleşmiştir. Aslında %2.5 uçucu kül ilavesinin basınç dayanımını %35 oranında düşürmesi beklenen bir sonuç değildir (Ergüt vd 1994). Bunun nedenleri olarak endüstriyel ölçekte yeterli pişirme sıcaklığına ulaşamadığını ve şekillendirme ve kurutma gibi üretim hataları olduğunu akla getirmektedir. Referans tuğlada kırma sırasında üretim hatası gözlenmemiştir.



Şekil 5. Tuğlaların basınç dayanım değişimleri.

Uçucu kül ilaveli tuğlalar gözle incelendiğinde daha sert ve camsı yapıda olduğu görülmektedir. Ancak basınç dayanımlarının düşük çıkması bu duruma bir

tezat teşkil etmektedir. Ergüt vd (1994) Seyitömer uçucu külleri ile yaptıkları çalışmada pişirme sıcaklığının dayanıma etkisinin önemini açıkça ortaya koymuşlardır.

3 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Termik santral uçucu baca küllerinin değerlendirilmesi çevresel, ekonomik ve stok problemleri bakımından önem arz etmektedir. Seyitömer termik santrali uçucu küllerin tuğla sanayinde kullanılabilirliğinin tespiti amacıyla endüstriyel çapta farklı reçetelerde üretilen tuğlalar fiziksel ve mekanik testlere tabi tutulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Uçucu kül ilavesi birim hacim ağırlığını çok az miktarda arttırmaktadır.
- Kül ilavesi ile toplam küçülmede belirgin bir değişim gözlenmemiştir.
- Tüm reçetelerin su emme değerleri referans tuğlaya oranla düşüktür.
- Reçetelerin basınç dayanımları referans tuğlaya göre azalmaktadır. Basınç dayanımına yönelik ayrıntılı çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Alkaya, D., Erken, A., Alyanak, t., İnançlı, G., 2002; Uçucu küllerin toprak sanayinde kullanılabilirliği, *II. Uluslararası Pişmiş Toprak Sempozyumu*, Tepebaşı Belediyesi, Eskişehir, s 287-295.
- Atiş, CD., Tartıcı, H., Sevim. U.K., Özcan, F., Akçaözöğlü, K., Yüzgeç, C. 2002; Afşin-Elbistan uçucu külünün beton katkısı olarak kullanılabilirliği, *5. Uluslararası Hısaçı Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi*, Eds: Pala&İlki, İstanbul, s 161-168.
- Ay, N., Esmeliler, S., 1998; Uçucu küllerin sofa yapımında kullanılması, *IV. Seramik Kongresi, Türk Seramik Yayınları No: 20*, s 131-135.
- Baba. A., 1999; Türkiye'de termik santral atıklarının çevre jeolojisi, 1. Batı Anadolu Hammade Kaynakları Sempozyumu. İzmir, s 130-135.
- Bahranowski, K. and et al., 1998; Mobility of some chemical elements of fly ash in water suspension. *2nd International Symposium on Environmental Engineering*, Brunei University, U.K., pp 71-87.
- Bayat, O., 1994; Tane boyutuna göre sınırlandırılmış uçucu külün morfolojisi, *Çukurova Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Dergisi*, Özel sayı, Adana, s 435-446.
- Bayat, O., 1998; Characterisation of Turkish fly ashes. *Fuet*, V: 77, pp 1059-1066.
- Bayat, O., Toraman, O.Y., 1995; Physical and chemical properties of some Turkish fly ashes. *Yerbilimleri*, S: 26, s 187-194.

- Cumpston, B , Shadman, F, Rısbud, S , 1992. Utilization of Coal Ash minerals for technological Ceramics, J Materials Sei. 27, pp 1781-1784
- Çakır, M 1999, Uçucu Kül İle Zemin Stabilizasyonu. *TW İnşaat Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul
- Demir, I ve Orhan, M . 2002. Volkanik luf katkının yapı tuğlası üretiminde kullanılması. *5 Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi*. Eds Pala&Ukı, İstanbul, s 179-188
- Duman, N. Özgen S 1996, Termik santral uçucu küllerinin karo üretiminde değerlendirilmesi, *3 Seramik Kongresi, Turk Seramik Derneği Yayınları No /Ö. Cilt I*, s 204-209
- Ediz, N & Özdağ, H, 1995. Kıta boraks işletmesi atık küllerinin tuğla yapımında kullanılabilirliğinin araştırılması. *Madencilik*. C 24. S 4, s 27-34
- Ergui, Ş , Günay, V , Sevinç, V ve Özkan, O T, 1994. Bentonit katkılı termik santral atık uçucu küllerinin sinterleşme karakteri *2 Uluslararası Seramik Kongresi*. Turk Seramik Derneği Yayınları No II, Cilt 2, s 319 326
- Kızılgut, S. Çuhadaroğlu, D ve Çolak, K, 2001, Çatalağzı termik santral uçucu küllerinden tuğla üretim olanaklarının araştırılması. *Türkiye 17 Uluslararası Madencilik Kongresi*. TUMAKS 2001, Ankara s 81-85
- Kurama, H 1999, Tunçbilek termik santral uçucu küllünden metallerin lıç edilebilirliği ve Ni kazanımı. *DPU Fen Bilimleri Dergisi*, S 1 Kütahya, s 167 178
- Özdemir, O Çelik, M S , 2002. Characterization and recovery of lignitic fly ash byproducts from the Tunçbilek Power station, *Canadian Me I Quarterly*, V 41. No 2, pp 143 150
- Ozturk, A.Ç . 2002, Tuğla üretiminde termik santral atığı puzolonik uçucu küllerin değerlendirilmesi, *1 Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi Bildirisi* m1u.ahmeti.aziz/rna.zemedosya.si/duvar_elemanlari/sempozyum/hildun2.htm
- Sönmez E Yorulmaz, S , 1995 Kıta boraks işletmesi atık küllerinin tuğla yapımında kullanılabilirliğinin araştırılması. *I Endustnye! Hammaddeler Sempozyumu*. Dokuz Eylül Üniversitesi. İzmir, s 163-168
- Sönmez, E. Özdağ, H, Özler, A, Sümer, G . 1993 Kıta boraks işletmesindeki atık küllerinin seramik endüstrisinde kullanılabilirliğinin araştırılması, *Türkiye 7 7 Madencilik Kongresi*. İstanbul, s 561-566
- Sümer G, 1988, Seramik Sanayi El Kitabı, Anadolu Üniversitesi Yayınları No 308. Eskişehir
- TS 705, 1985. Fabrika tuğlaları Duvarlar içm dolu ve düşey delikli. *TSE*, Ankara
- Zor, T. 1986, Uçucu küller ve betonda kullanımı, *Eskişehir Çimento Fabrikası*, Eskişehir

