

CAM SANAYİ ATIKLARININ UÇUCU KÜL İLE KOAGÜLASYONU

The Coagulation of Glass Industry Tailings with Fly Ash

Oktay BAYAT^(*)
Belgin BAYAT^(**)
Hüseyin VAPUR^(***)
Volkan ARSLAN^(****)
Metin UÇURUM^(****)

ÖZET

Bu çalışmada; Trakya Cam Sanayi (Mersin-Tarsus) flotasyon tesisinden alınan atık üzerinde koagülasyon/flokülasyon deneyleri yapılmıştır. Koagülant olarak Afşin-Elbistan uçucu külü ve alüm kullanılmış ve süspansiyon Jar-Test deney aletinde 30 dakika süreyle karıştırılmıştır. Daha sonra 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 dakikalık zaman aralıklarındaki çökme davranışları araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda koagülant olarak uçucu külün alümün yerine kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: atık, koagülasyon, uçucu kül, alüm, Jar-Testi.

ABSTRACT

In this study; coagulation/flocculation tests were carried out using solid tailings taken from flotation plant of Trakya Glass Industry (Mersin-Tarsus). Alum and fly ash were used as coagulants and the pulp was mixed in Jar-Test apparatus for 30 minutes. Then, sedimentation behavior of the particles was investigated at 5, 10, 15, 20, 25 and 30 minutes periods. After the experiments, it was determined that fly ash can be used instead of alum in the plant as a coagulant.

Key Words: tailings, coagulation, fly ash, alum, Jar-Test.

^(*) Doç.Dr., Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana, obayat@cu.edu.tr

^(**) Yrd.Doç.Dr., Çukurova Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana

^(***) Araş.Gör.Dr., Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana

^(****) Araş.Gör., Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana

^(****) Öğr.Gör.Dr., Çukurova Üniversitesi, Karaisalı M.Y.O., Adana

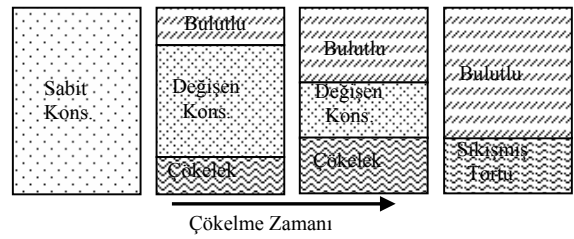
1. GİRİŞ

Uçucu küller genellikle termik santral yakınlardaki atık depolama alanlarına yığılmaktadır. Dünyada oluşan uçucu külün %10'dan daha azı dolgu maddesi, yol, baraj ve köprü yapımı, briket, tuğla ve çimento imalatı, atık su arıtımında koagülant ve adsorbant olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda katkı maddesi uçucu kül olan çimentolar yüksek kaliteli ürün olarak endüstride kullanılmaktadır (Reed ve diğ., 1976; Rudolf & Savo, 2004.). Uçucu kül; yüksek karbon içeriği, birim hacimdeki geniş yüzey alanı ve içerdiği Al, Fe, Ca, Mg ve Si gibi elementlerden dolayı birçok organik kirleticiyi uzaklaştırma kabiliyetine sahiptir. Bu nedenle uçucu küller etkili bir koagülant ve adsorbant olarak kullanılmaktadır (Cheremisinoff, 1988; Vandenbusch ve Sell, 1992). Endüstride kullanılan başlıca koagülantlar; alüminyum sülfat $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$, alüminyum klorit $[AlCl_3 \cdot 6H_2O]$, ferrik klorit $[FeCl_3 \cdot 6H_2O]$, ferro sülfat $[FeSO_4 \cdot 7H_2O]$ ve polialüminyum klorittir $[Al(OH)_{15}(SO_4)_{0.125}Cl_{1.25}]_n$. Bunların dışında sodyum alüminat $(NaAlO_2)$, sönmüş kireç $[Ca(OH)_2]$ ve magnezyum karbonat (Mg_2CO_3) tuzları da koagülant olarak kullanılmaktadır (Douglas, 1974; İpekoğlu, 1997).

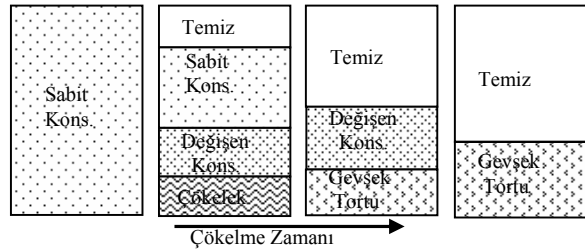
Son yıllarda atık çamurlarının uzaklaştırılması ve arıtılmasında önemli araştırmalar yapılmaktadır. Atık çamurlarının arıtılmasında koagülant olarak alüm çok yaygın bir şekilde kullanılmasına rağmen alüm çamuru olarak bilinen tesis atık çamurlarının susuzlandırılmasında ciddi sorunlarla karşılaşmıştır. Uçucu küller genellikle küresel parçacıklar içerirler ve taneciklerin boyut aralıkları 0.5-0.1 mm arasındadır. Yapısal özelliklerinden dolayı uçucu küllerin koagülant olarak polimer ile ya da tek başına kullanım olanakları hızlı bir biçimde artmaktadır (Zhao, 2004). Genel olarak flokülantların molekül ağırlıkları arttıkça daha iyi flokülasyon ve daha fazla çökeltme hızları elde edilmektedir. Mineral süspansiyonları flokülant olma derecelerine göre Şekil 1-3'de belirtilen farklı rejim ve zonlarda çökeltirler (Gaudin, 1967; İpekoğlu, 1997).

Bu çalışmada Afşin-Elbistan Termik Santrali uçucu külünün Trakya Cam Sanayi (Tarsus-Mersin) flotasyon tesisi katı atıklarında koagülant olarak etkinliği, ticari olarak kullanılan alüminyum sülfat (alüm) ile karşılaştırılmıştır. Uçucu külün düşük

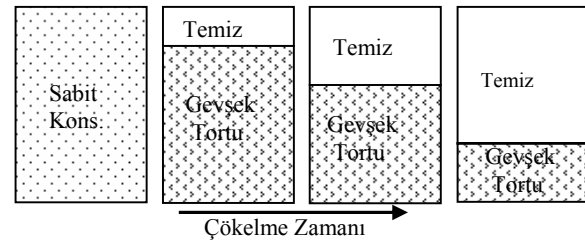
maliyette olması ve kimyasal yapısı nedeniyle koagülant olarak kullanımı incelenmiştir. Konu ile ilgili olarak Bayat ve Kılıç (1999) Trakya Cam sanayi atık sularındaki partiküllerin çökeltmesini elektriksel ortamda incelemişlerdir. Ayrıca Fan ve diğ. (2003) yaptıkları araştırmada sülfirik asit ile uçucu kül katkılı koagülant kullanımını bulanıklık gidermek amacıyla araştırmışlardır.



a) Yüksek katı içeren flokülant olmamış bir süspansiyon



b) Yüksek katı içeren kısmen flokülant olmuş bir süspansiyon



c) Yüksek katı içeren flokülant olmuş bir süspansiyon

Şekil 1. Çökeltme ve flokülant etkisi (Gaudin, 1967; İpekoğlu, 1997).

2. MATERYAL VE METOT

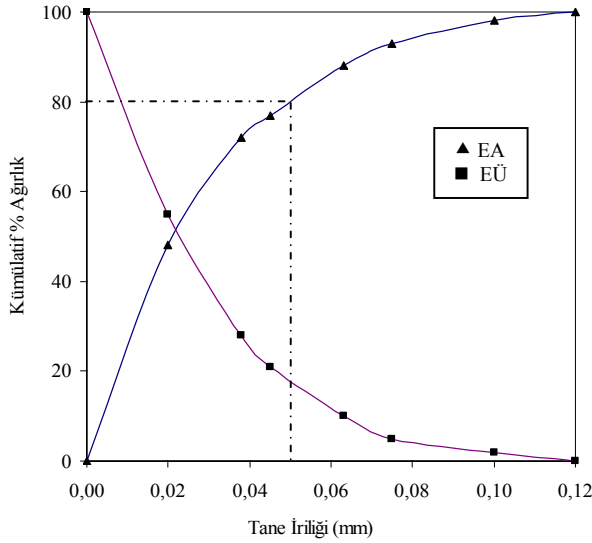
2.1. Materyal

Bu çalışmada halihazırda çalışmakta olan Trakya Cam Sanayi flotasyon tesisi katı atığı kullanılmıştır. Tesisten çıkan pH değeri 7.4, %3-4 katı içerikli, tane boyutu 0.075 mm'nin altında olan atık, lamelli

tiknerlerde çöktürme işlemine tabi tutulmakta ve daha sonra tesis atığı Larox filtrede susuzlandırılıp (max. %25-30 nem) stok sahasına gönderilmektedir. Buradan da çimento veya tuğla sanayine verilmektedir. Ancak susuzlandırma maliyeti yüksektir. Kullanılan numunenin kimyasal bileşimi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Trakya Cam Sanayi flotasyon tesisi katı atığının kimyasal bileşimi

Bileşen	%
SiO ₂	81.6
Al ₂ O ₃	9.8
Fe ₂ O ₃	1.0
TiO ₂	0.6
CaO	2.6
MgO	0.8
Na ₂ O	0.1
K ₂ O	3.5
Kızdırma kaybı	0.8



Şekil 4. Trakya Cam Sanayi flotasyon tesisi katı atığının tane boyutu dağılımı

Şekil 4'de numunenin elek analizi sonuçları aşağıda verilmiş olup numunenin tane boyutu (d_{80}) 0.05 mm'dir. Tesiste tiknere beslenen pülpün katı-sıvı oranı %15'i geçmediği için serbest çökme işlemi gerçekleştirilmektedir. Laminer akış koşullarında gerçekleştirilen çökme işleminde

Stokes kanunu geçerlidir. Çökelen tanenin hızı sabit ve ivmesi sıfırdır. Çökeltmede tanecik hızları önemlidir ve tanecik yoğunluklarına bağlı olarak aşağıdaki formül ile çökeltme katsayısı (d_B/d_A) hesaplanabilir. Burada ρ_A =ağır mineral yoğunluğu, ρ_B =hafif mineral yoğunluğu, ρ = akışkan yoğunluğu ve $s=1/2$ alınır. Girdaplı akım şartlarında ise $s=1$ alınır (Gaudin, 1967; İpekoğlu, 1997).

$$d_B/d_A = \left(\frac{\rho_A - \rho}{\rho_B - \rho} \right)^s \quad (1)$$

Koagülant olarak alümin ve Afşin-Elbistan Termik Santrali uçucu külü kullanılmıştır. Uçucu külün içerisindeki CaO oranı ve su içindeki çözünme oranı en önemli parametreler olup her iki oranında artması koagülasyon işleminin veriminin artmasında önemli etkiye sahiptir. Bu çalışmada kullanılan uçucu külün kimyasal bileşimi Çizelge 2'de verilmiştir. Atık başlıca kuvars, kil ve feldspat minerallerini içermektedir.

Çizelge 2. Afşin-Elbistan Termik Santrali uçucu külü kimyasal bileşimi (Bayat, 1998).

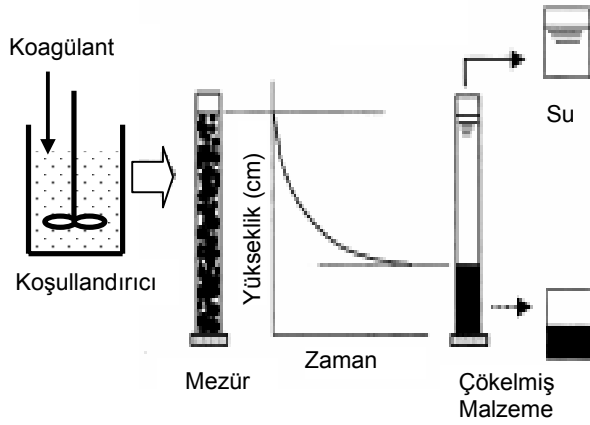
Element	(%)
SiO ₂	15.14
Al ₂ O ₃	7.54
Fe ₂ O ₃	3.30
CaO	23.66
MgO	4.50
K ₂ O	0.28
Na ₂ O	0.57
TiO ₂	1.03
SO ₃	13.22
Cd*	8
Pb*	80
Zn*	80
Cu*	40
Cr*	298
Ni*	119
Mn*	219
Kızdırma Kaybı	2.31

* mg L⁻¹

2.2. Metot

Statik çökeltme deneyleri Şekil 5'de şematik olarak verilmiştir. Tüm deneysel çalışmalarda aynı anda 6

adet 1L'lik beheri karıştırabilen ve karıştırma hızı 0-120 dev/dk aralığına ayarlanabilen Jar-Test düzeneği (Six Paddle Stirrer-Phipps & Bird Inc.) kullanılmıştır (Şekil 6). Deneysel çalışmalarda %2, %3 ve %4 katı içerikli Trakya Cam Sanayi cevher hazırlama tesisi atıkları kullanılmıştır. Her deney için 6 adet 0.9 L'lik süspansiyon hazırlanarak 1 L'lik beherlere konulmuştur. Koagülant olarak kullanılan uçucu kül miktarları sırası ile 1.0 g/L, 3.0 g/L, 5.0 g/L, 7.0 g/L, 9.0 g/L, 11.0 g/L hazırlanarak beherlere ilave edilmiştir. Deney numuneleri Jar-Test cihazında 30 dakika karıştırıldıktan sonra cihaz durdurularak 30 dakika serbest çökelmeye bırakılarak 5'er dakikalık aralıklarda çökelme durumları izlenerek kaydedilmiştir. Aynı işlemler alümin için de tekrarlanmıştır. Alümin konsantrasyonları için ise 50 g alümin 1 litre saf



Şekil 5. Statik çökelme deney düzeneği

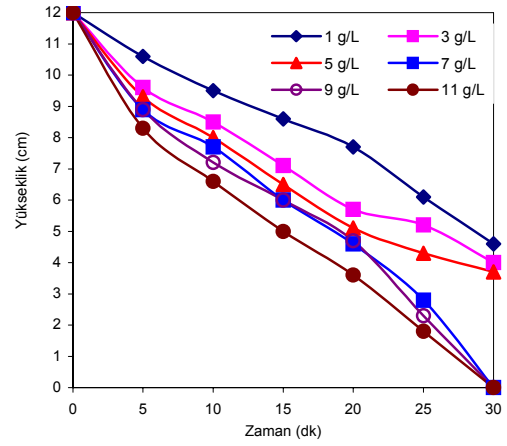


Şekil 6. Jar-Test Cihazı

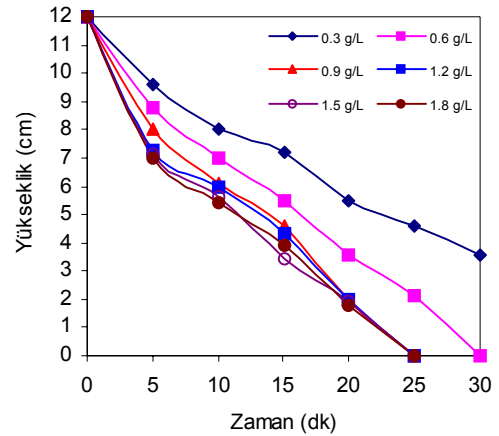
suda çözülerek stok çözelti hazırlanmıştır. Daha sonra beherlere sırası ile 0.3 g/L, 0.6 g/L, 0.9 g/L, 1.2 g/L, 1.5 g/L ve 1.8 g/L konsantrasyonlarında alümin ilave edilmiştir. Benzer şekilde ve sürelerde karıştırma ve çökelme işlemleri yapılmıştır.

3. SONUÇLAR

%2 katı konsantrasyonlu uçucu kül ve alümin ilaveli süspansiyonun yükseklik zaman eğrileri incelendiğinde alümin ilaveli süspansiyonun çökelme süresi 25-30 dakika aralığında değişirken uçucu kül ilaveli süspansiyonun çökelme süresi 30 dakikada gerçekleşmektedir (Şekil 7-8).



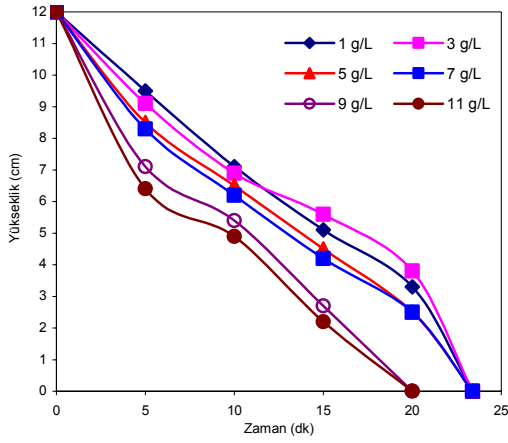
Şekil 7. %2 katı konsantrasyonlu uçucu kül ilaveli süspansiyonun yükseklik-zaman grafiği



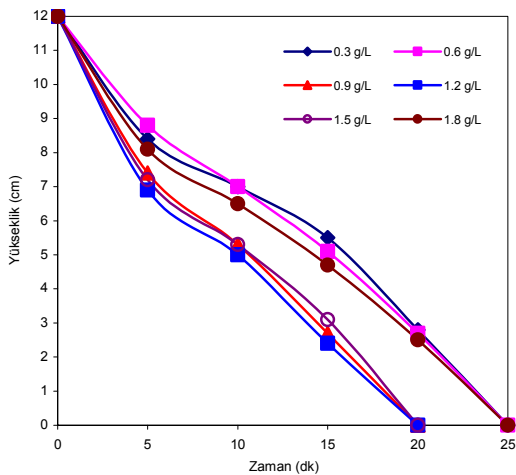
Şekil 8. %2 katı konsantrasyonlu alümin ilaveli süspansiyonun yükseklik-zaman grafiği

Bu nedenle daha yüksek %katı oranlarında denemelerin yapılması gerekli görülmüştür. Uçucu kül miktarının ise 5 g/L'lik değerin üzerinde olduğu değerlerde çökme zamanlarında önemli azalmalar görülmüştür. Uygun çökme süresini saptamak için %3 ve %4 katı konsantrasyonlarında da çökme deneyleri yapılmıştır. Her iki koagülant için de çökme süreleri 20–25 dakika aralığında ve birbirine yakın değerlerde gerçekleşmiştir. %3 katı madde oranında uçucu kül ile yapılan deneyde 9 g/L uçucu kül ilavesi ile çökme süresinde önemli azalmalar görülmüştür (Şekil 9–12).

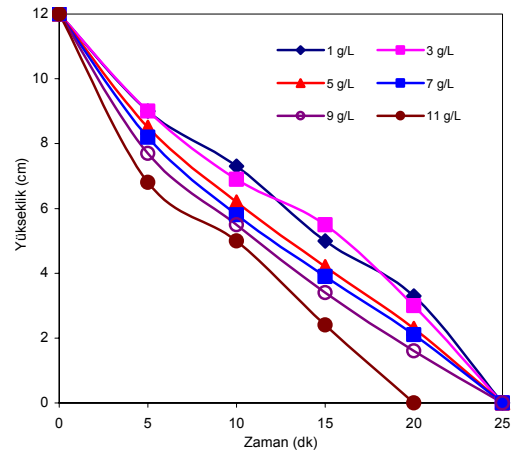
Uçucu kül ile yaklaşık 11 g/L katkı değerinde 20 dakikada çökme sağlanırken, 1.8 g/L alüm ilavesi ile aynı sürede çökme sağlanmıştır. Uçucu külün koagülant özelliği göstermesinin nedeninin yapısında bulunan yüksek miktardaki demir ve alüminyum içeriğine bağlı olduğu düşünülmektedir. Özellikle ucucu külde çözünen Fe^{+3} ve Al^{+3} iyonlarının çökme işleminde etkili olduğunu belirtmişlerdir.



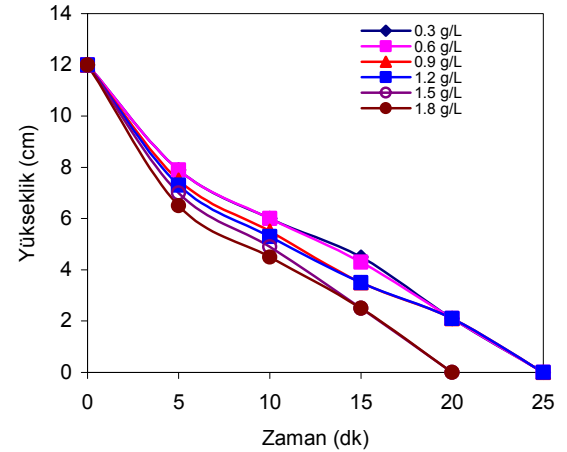
Şekil 9. %3 katı konsantrasyonlu uçucu kül ilaveli süspansiyonun yükseklik-zaman grafiği



Şekil 10. %3 katı konsantrasyonlu alüm ilaveli süspansiyonun yükseklik-zaman grafiği



Şekil 11. %4 katı konsantrasyonlu uçucu kül ilaveli süspansiyonun yükseklik-zaman grafiği



Şekil 12. %4 katı konsantrasyonlu alüm ilaveli süspansiyonun yükseklik-zaman grafiği

Elde edilen deney verilerine göre; ticari koagülant olarak kullanılan alüm yerine uçucu kül kullanımı durumunda aynı çökeltme davranışının elde edilebileceği ve alüme nazaran daha ekonomik olacağı öngörülmektedir.

4. ÖNERİLER

Ülkemizde özellikle Afşin-Elbistan termik santralinden yüksek miktarlarda uçucu kül atık malzeme olarak açığa çıkmaktadır. Cevher hazırlama tesislerinde nakliye haricinde hiçbir masrafı olmayan uçucu külün koagülant olarak kullanılması susuzlandırma maliyetlerini düşürmede önemli katkılar sağlayacaktır.

Uçucu kül oldukça hafif ve porozitesi yüksek (pozolan) özellikte bir maddedir. Bu özelliğinde dolayı yüksek SiO₂ içerikli cam sanayi atıkları ile karıştırıldığında çimento ve betona katkı maddesi olarak yada yol-zemin iyileştirmede kullanılabilir. Ayrıca uçucu külün içinde bir miktar organik kökenli madde olması ve bunların ağır metalleri adsorbe etme özelliğinden dolayı çevresel açıdan uygun özelliklerde göstermektedir. Benzer bir çalışma Bayat (2002) tarafından uçucu kül kullanılarak yapılmıştır.

Genellikle atık sularını doğrudan alıcı ortama deşarj eden cevher hazırlama tesislerinin koagülant olarak uçucu külün kullanılması çevre kanunlarındaki standartlara uygun çalışma koşulları sağlayabilecektir.

Camiş Madencilik A.Ş.'de halihazırda %4 katı içerikli flotasyon tesis atığının koagülasyonunda 100 gr/ton alüm kullanılmaktadır. Alümün birim fiyatı (Merck) 30 Euro/kg'dır. Uçucu külün ise nakliye masrafı dışında herhangi bir masrafı söz konusu değildir.

5. TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde destek olan Camiş Madencilik (Trakya Cam Sanayi A.Ş.) yetkililerine teşekkür eder.

6. KAYNAKLAR

Bayat, B., 2002. "Comparative study of adsorption

properties of Turkish fly ashes I. The case of nickel(II), copper(II) and zinc(II)", Journal of Hazardous Materials B95,251-273

Bayat, O., 1998. "Characterization of Turkish Fly Ashes" Fuel, 77, (9/10), 1059-1066.

Bayat, O., Kılıç, Ö., 1999." Dewatering of glass-sand processing plant tailings with direct current". VIII Balkan Mineral Processing Conference, Belgrade, Yugoslavia, 797-804.

Cheremisinoff, P., 1988. "Coal Fly Ash: Power Plant Waste or By-Product", Power Engineering, July, 40-41.

Douglas M. C., 1974. "Waste Treatment", Chemical and Process Technology Encyclopedia, McGraw-Hill Book Company, 1141-1146.

Fan, M., Brown, R. C., Leeuwen, J., Nomura, M., Zhuang, Y., 2003 "The kinetics of producing sulfate-based complex coagulant from fly ash", Chemical Engineering and Processing, 42, 1019-1025

Gaudin, A.M.,1967."Principles of Mineral Dressing" McGraw-Hill Book Company, 483-487.

İpekoğlu, Ü., 1997. "Susuzlandırma (Katı-Sıvı Ayrımı) ve Yöntemleri", II. Baskı, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 179, 38-41.

Reed, G.D., Mitchel, D.T. and Parker, D.G., 1976. "Water Quality Effect of Aqueous Fly Ash Disposal", Proceedings of 31st Ind. Waste Conf., 337-345.

Rudolf, T., Savo, T., 2004. "Fly Ashes as a Building Material"., Ore Dressing, 6, (1), 31-40.

Vandenbusch, M.B. and Sell, N.J., 1992. "Fly Ash as a Sorbent for The Removal of Biologically Resistant Organic Matter", Resources Conservation and Recycling, 6, 95-116.

Zhao, Y.Q., 2004. "Settling behaviour of polymer flocculated water-treatment sludge I: analyses of settling curves.