

## Seyitömer Killerinin Çökeltme Davranışları

B.Öteyaka, A.Yamık, A.Uçar, O.Şahbaz & B.Yılmaz  
Dumıupmar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye

**ÖZET:** SLİ linyitlerinin yıkanabilirliğinin araştırılması ile ilgili araştırmada, ortaya çıkarı artıttaki killerin çökeltme davranışları incelenmiştir. Çalışmada farklı tipte ve miktarlarda anyonik, kationik ve iyonik olmayan flokülantlar ile koagülantlar kullanılmıştır. En etkili flokülant tipinin anyonik yapıdaki Hidroflocc 7170 ve miktarının da 13 gr/ton olduğu belirlenmiştir. Farklı katı oranlarında olabilecek pülplerdeki katıların sıcaklık değişimlerinden etkilenmeksizin en hızlı şekilde çökeltilemek için çeşitli koagülantlar denenmiş ve en iyi çökeltme hızını  $6.4 \times 10^{-3}$  M konsantrasyonunda CaO ile elde edildiği saptanmıştır.

**ABSTRACT:** In this research washability characteristic of SLİ lignites, precipitation characteristic of clays occurring in wastes have been investigated. In the study, different quantity and type of anionic, cationic and non-ionic flocculants and coagulants have been used. The most effective flocculant type was determined as Hidroflocc 7170 in the amount of 13 gr/t. To obtain the fastest precipitation, various coagulants have been tested and CaO was found to be the best with  $6.4 \times 10^{-3}$  concentration has supplied suitable precipitation velocity.

### 1. GİRİŞ

Cevher hazırlama ve diğer endüstriyel tesislerin en büyük sorunlarından biri de proses sonrası ortaya çıkan ve süspansiyon halinde ince tanecikler içeren artıklardır. Taze su ihtiyacını azaltmak ve oluşacak çevre sorunlarını gidermek amacıyla tesislerin çoğu artıklarından ince katı tanecikleri ayıracak ek ilave tesisler yapmışlardır. Bu tesislerde taneciklerin boyutuna bağlı olarak farklı yöntem ve aletlerle katı-sıvı ayırımı yapılmaktadır.

İnce taneli, özellikle 50 mikron altı katı taneciklerin katı-sıvı ayırımında yüksek çökeltme hızı ve dolayısıyla yüksek katı oranı elde etme açısından normal sedimentasyon yöntemleri istenilen başarıyı göstermemektedir. Bunun nedenleri ise, % katı oranı, iane şekli, yüzey özellikleri ve yoğunluk gibi katının özellikleri ile sıvının viskozitesi ve yoğunluğudur (Svarovsky, 1981; Mpofo, 2005). Böyle sorunların çözümünde koagülasyon ve flokülasyon başarı ile kullanılabilir. Bu, cevher hazırlama, kağıt üretimi ve su temizleme gibi birçok endüstriyel prosesin önemli bir parçasını oluşturmaktadır

(Aixing, 2000; Bajza, 2005; Hogg, 2000; Mpofo, 2005; Pearse, 2001 ve 2005. Sabah, 2004).

Flokülasyonda organik reaktiflerden yaygın olarak polielektrolitler (polyerolomide) kullanılır. Polielektrolitlerin özellikleri; Poli akrilamid zinciri kationik ve anyonik fonksiyonel gruplu mono-minerallikten mu İti-mineral I iğe kadar pü İpi erde etkilidir. Düşük ve yüksek katı oranları ve pH'larda kullanılabilir. 5 den 25 milyona kadar molekül ağırlığına sahiptir. Berrak laştırıcı lar, tikinerler, filtreler ve bütün tip santrifüjler gibi bütün katı-sıvı ayırımı ekipmanlarında başarıyla uygulanabilirler (Pearse, 2005).

Genel olarak flokülantların molekül ağırlıkları arttıkça, flokülasyon kabiliyetleri de artmaktadır. Daha yüksek molekül ağırlıklı flokülantlar, aynı anda bir çok partikül yüzeyine adsorbe olarak üç boyutlu bir matris meydana getirebilirler (İpekoğlu, 1997).

Pol i elektrolit kombinasyonların flokülant olarak endüstrilerde kullanımı giderek artmasına rağmen, kompleks proseslerin iyi olarak anlaşılması halen sağlanamamıştır. Örneğin flokülasyon prosesinde polimer uyumu ve polimerin moleküler ağırlığının



100 ve N 300 tip polimerler ile  $CaCO_3$ ,  $CaO$ ,  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ,  $NaCl$  ve  $CaCl_2$  koagülant olarak kullanılmıştır. pH ise  $NaOH$  ve  $HCl$  ile ayarlanmıştır.

Flokülasyon deneylerinde yüksekliği 32 cm olan bir litrelik mezür kullanılmıştır.

## 2.2. Yöntem

Deneylerde, katı halde bulunan flokülantlar tamamen çözününceye kadar karıştırılarak %0,1 stok çözeltisi olarak hazırlanmış ve seyreltilerek kullanılmıştır. Koagülantlar ise karıştırılarak çözülmüş ve %20'lik stok çözelti olarak hazırlanarak gerekli konsantrasyonlara ayarlanarak kullanılmışlardır.

Çökeltme deneyleri için; belirli katı oranındaki numune mezüre konarak birkaç defa ters çevrilerek homojen bir karışım elde edilmiştir. Daha sonra değişik miktarlarda reaktifler eklenerek lekrar mezür 3-4 defa ters çevrilerek iyi bir karışımın ve dolayısıyla tane reaktif temasının olması sağlanmıştır. Bu işlemlerden sonra, ara yüzey yüksekliğinin zamana bağlı olarak değişimi, belirli zaman aralıklarında kaydedilmiştir.

## 3 DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

### 3.1. Değişik Sıcaklıklarda Flokülant Cinsinin Belirlenmesi

Flokülantlar, sıcaklığa bağlı olarak daha çok aktifleşirler. Böylece, taneleri bir araya getirerek çökeltme hızını etkilerler. Bu nedenle, en etkin çökeltmeyi, sıcaklık artışına bağlı olarak veren flokülant cinsini tesbit etmek amacıyla yapılan deneylerin sonuçları Şekil 1, 2 ve 3'de verilmiştir.

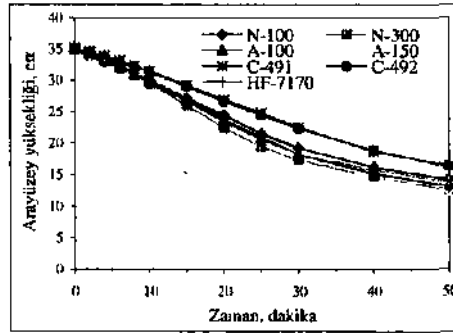
Değişik flokülantlarla 10, 18 ve 26 °C sıcaklıklarında, %10 katı oranında, 10 gr/ton flokülant miktarında ve pH=8'de (doğal pH) yapılan deneyler sonucunda;

Sıcaklığa bağlı olarak çökeltmede, flokülantların daha etkin olduğu ve çökeltme hızını arttırdıkları görülmektedir.

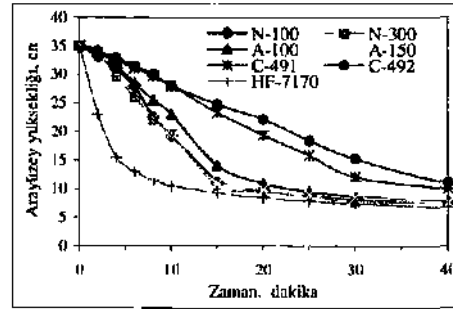
10 °C sıcaklıkla A-150 daha iyi çökeltme hızı verirken, 18 °C ve 25 °C sıcaklıklarında en iyi sonuçları HF-7170 ve A-150 vermiştir. Ayrıca, anyonik flokülantlarla daha iyi çökeltme hızları elde edilirken katyonikler düşük çökeltme hızları vermişlerdir.

Yaz ve kış aylarındaki sıcaklıklar düşünülürse, yazın sıcaklık (18-20 °C) koşullarında uygun çökeltme hızları elde edilebilir. Fakat kışın düşük

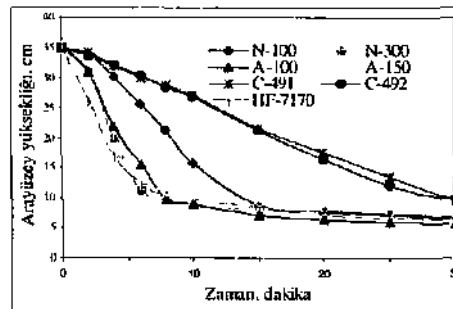
sıcaklıklarda 10 °C'nin altında uygun çökeltme hızları elde edilememiştir.



Şekil 1. Farklı tipteki polimerlerin 10 °C'de çökeltmeye etkisi



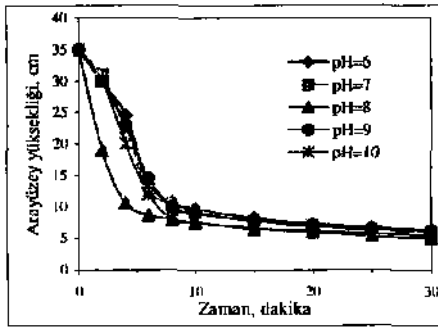
Şekil 2. Farklı tipteki polimerlerin 18 °C'de çökeltmeye etkisi



Şekil 3. Farklı tipteki polimerlerin 25 °C'de çökeltmeye etkisi



Şekilde görüldüğü gibi en hızlı çökeltme pH=8 (doğal pH)'de elde edilmiştir.



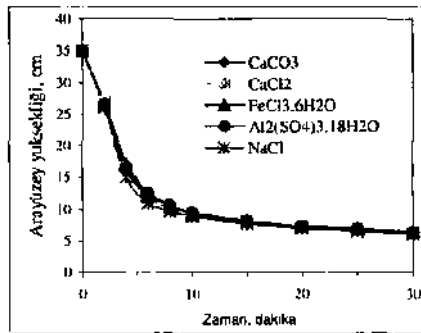
Şekil 7. pH değişiminin çökeltme hızına etkisi

### 3.5. Koagülant Cins ve Konsantrasyonunun Çökeltme Hızına Etkisi

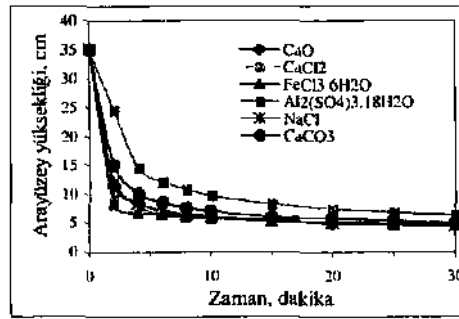
Fİ okü lantlarla çok kısa sürelerde (2 dakika) istenilen yüksek çökeltme hızlarına ulaşamadığı için, koagülantların çökeltmeye olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, kullanılan koagülantların cinsi kadar miktarları da çok önemlidir.

Koagülant cinslerinin ve konsantrasyonlarının çökeltmeye etkilerini bulmak için flokülantlı ve flokülantsız olarak deneyler yapılmıştır.

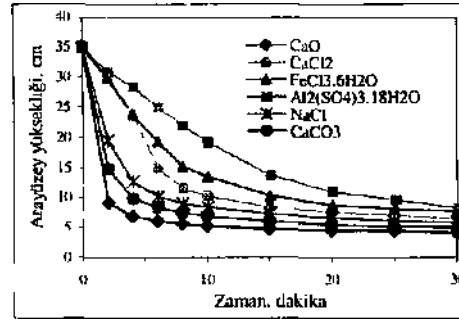
1.Oxlf<sup>+</sup>, 4.0x10<sup>-3</sup>\*, 1.6x10<sup>-4</sup>\ 6.4X10<sup>-1</sup> ve 2.56x10<sup>-2</sup> M konsantrasyonlarında, 13 gr/ton HF-7170. 18 °C sıcaklık, %10 katı oranı ve pH=8'de yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Şekil 8, 9, 10, II ve I2\*de verilmiştir.



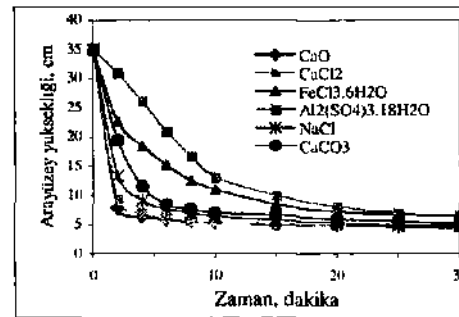
Şekil 8. 10 M koagülant konsantrasyonunun çökeltmeye etkisi



Şekil 9.4.0x10<sup>-3</sup> M koagülant konsantrasyonunun çökeltmeye etkisi

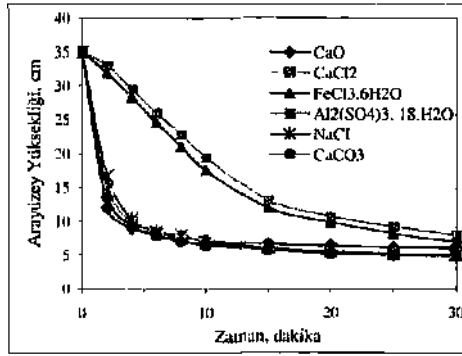


Şekil 10. 1.6x10<sup>-4</sup> M koagülant konsantrasyonunun çökeltmeye etkisi



Şekil 11. 6.4x10<sup>-1</sup> M koagülant konsantrasyonunun çökeltmeye etkisi

Şekil 9'dan görüldüğü gibi 1.0x 1(T M koagülant konsantrasyonunda çökeltme hızında önemli bir değişiklik olmamıştır .



Şekil 12.  $2.56 \times 10^{-4}$  M koagülant konsantrasyonunun çökelmeye etkisi

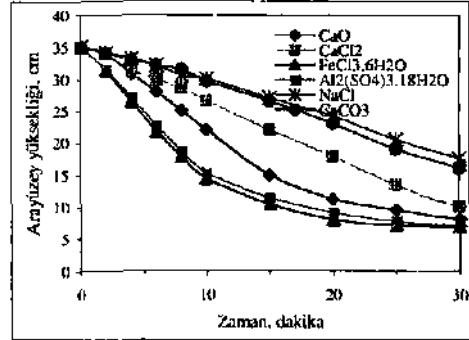
Konsantrasyondaki artışa bağlı olarak  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$   $4.0 \times 10^{-4}$  M'da yüksek çökeltme hızı vermesine rağmen daha sonraki değerlerde bu hız oldukça düşmüştür. Bu nedenle  $Fe^{3+}$  iyonlarının parça yüzeyine adsorplanarak, konsantrasyon artışına bağlı olarak yüzey yükünü negatiften pozitifte değiştirdiği söylenebilir. Negatif ve pozitif yüklerin fazla olduğu konsantrasyonlarda süspansiyon kararlılığı artmaktadır.

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  ise yine  $4.0 \times 10^{-4}$  M konsantrasyona kadar çökeltme hızını azda olsa artırmış, daha sonra ise oldukça azaltmıştır. Bunun nedeni ise Bajza (2005)'ya göre,  $Al^{3+}$  iyonları doğal pH civarında özellikle koloidal çökeltme durumunda yüzey yüklerini pozitif yaptığundan koloidal stabildir. pH yükseldiğinde (IEP'de artar) stabilite azalır, parçacıklar geniş oranda birleşir ve kütsel olarak çökerler.

$CaCl_2$ ,  $CaCO_3$  ve  $NaCl$  çökeltme hızını hemen hemen aynı oranda etkilemişler, yani çökeltme hızında fazla bir değişiklik meydana getirmemişlerdir.  $CaO$  ise çökeltme hızını  $6.4 \times 10^{-3}$  M konsantrasyonuna kadar artırmış daha sonra ise azaltmıştır. Buna göre  $4 \times 10^{-4}$  M konsantrasyonda  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  tercih edilebilir. Fakat ekonomiklik göz önüne alındığında, daha ucuz olan  $CaO$   $6.4 \times 10^{-4}$  M konsantrasyonunda yüksek çökeltme sonuçları verdiği için, bu konsantrasyonda uygun koagülant olarak kullanılabilir (Şekil 8, 9, 10, 11 ve 12).

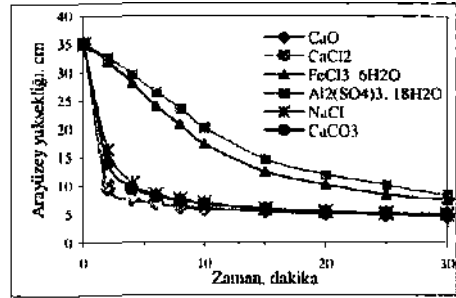
Aynı şartlarda flokülantsız olarak  $6.4 \times 10^{-4}$  M koagülant konsantrasyonunda yapılan deney sonuçları Şekil 13'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi flokülant olmadan kısa sürede istenilen çökeltme hızı değerleri elde edilememiştir. Çökeltme hızına iyon etkisi ise  $Fe^{3+} > Al^{3+} > Ca^{2+} > Na^+$  şeklinde olmuştur. Flokülant kullanılarak yapılan deneylerde ise  $4.0 \times 10^{-4}$  M konsantrasyonda

$Fe^{3+} > Ca^{2+} = Na^+ > Al^{3+}$  iken daha sonraki konsantrasyonlarda  $Ca^{2+} > Na^+ > Fe^{3+} > Al^{3+}$  şeklindedir. Buna göre flokülantın iyon etkisini tersine çevirdiği söylenebilir.  $CaO$  ve  $CaCO_3$ 'ün kullanıldığı konsantrasyonlarda  $Ca^{2+}$  iyonlarının yanında  $OH^-$  iyonlarının etkisinin de göz önünde tutulması gerekir.



Şekil 13. Flokülantsız  $6.4 \times 10^{-4}$  M koagülant konsantrasyonunun çökelmeye etkisi

$10^\circ C$  sıcaklıkta, 13 gr/ton HF-7170 miktarında. %10 katı oranında ve  $6.4 \times 10^{-3}$  M koagülant konsantrasyonunda yapılan deney sonuçlarına göre, düşük sıcaklıklarda da çökeltme hızı artarak yüksek sıcaklıklarda elde edilen değerlere yaklaşmıştır (Şekil 14).



Şekil 14.  $10^\circ C$  sıcaklıkta  $6.4 \times 10^{-4}$  M koagülant konsantrasyonunun çökelmeye etkisi

Değişik sıcaklık ve katı oranlarının çökeltme hızına etkisini saptamak için aşağıdaki şartlara göre yapılan deney sonuçları Şekil 15'de görülmektedir.

Deney şartları;

Flokülant miktarı ve cinsi: 13gr/ton HF-7170

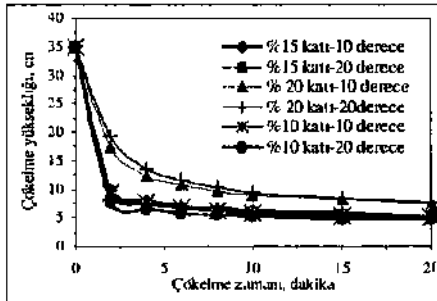
Sıcaklık:  $10^\circ C$  ve  $18^\circ C$

Katı oranı: %15 ve %20

pH:8

Koagülant miktarı ve cinsi:  $6.4 \times 10^{-4}$  M CaO

Şekil 15'ten sıcaklık değişiminin serbest çökeltme şartlarında, çökeltme hızında önemli bir değişiklik meydana getirmediği görülmektedir. Bu duruma göre çökeltme hızı 15 m/dakika olarak tespit edilmiştir.



Şekil 15. Değişik sıcaklık ve katı oranlarında  $6.4 \times 10^{-4}$  M CaO konsantrasyonunun çökeltmeye etkisi

#### 4 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

SLİ kömürlerinde bulunan killerin, katı-sıvı ayrımının en etkili şekilde yapılabilmesi için optimum şartlar aşağıda verilmiştir.

Flokülanl cinsi : HF-7170  
Flokülanl miktarı : 13gr/10n  
Sıcaklık : Değişebilir  
Katı oranı : %10 (değişebilir)  
pH : 8 (doğal pH)  
Koagülant cinsi : CaO  
Koagülant miktarı:  $6.4 \times 10^{-4}$  M

Yapılan deneyler sonucunda;

- Doğal pH'larda anyonik flokülantların daha iyi çökeltme oluşturduğu,
- Çökeltme hızının serbest çökeltme koşullarında, 0,81 cm/dakikadan 15 cm/dakikaya arttığı,
- Sıcaklık arttıkça çökeltme hızının da arttığı, fakat düşük sıcaklıklarda koagülant olarak CaO kullanılmasıyla aynı çökeltme hızlarına yaklaşıldığı, aynı zamanda serbest çökeltme şartlarında katı konsantrasyonunun etkisinin de daha az olduğu,
- Flokülant kullanmadan koagülant iyon etkisinin  $Fe^{+++} > Al^{+++} > Ca^{++} > Na^{+}$  şeklinden  $6.4 \times 10^{-4}$  M flokülant kullanımıyla  $Ca^{*+} > Na^{*+} > Fe^{*+} > Ar^{*+}$  şekline dönüştüğü tespit edilmiştir.

- Ayrıca, çökeltme hızındaki artışla daha küçük alanlı tikiner tasarlanacağı için maliyetlerde azalmış olacaktır.
  - Çökeltme sonucu elde edilen berrak su, tesisin su ihtiyacı için kullanılabilir.
- Öneriler;
- Bu veriler ışığında uygun tikiner tasarımı yapılabilir.
  - Killerin yüzey yükünü tespit etmek için zeta potansiyel ölçümü yapılabilir.

#### KAYNAKLAR

- Aixing, F., Turro. N.J. ve Somasonduran. P., 2000, A study of dual polymer flocculation, colloids and surfaces, *Vol. 162, Issue 1-3, pp. 141-148. Colombia University, New York, USA.*
- Bajza, Z., Hitrec, P. ve Muzic, M., 2005. Influence of different concentrations of Al:(S<sub>0</sub>,b and anionic polyelectrolytes on tannery wastewater flocculation, *Desalination, 171, pp 13-21.*
- Hogg, R., 2000. Flocculation and dewatering. *International Journal of Mineral Processing, Vol.58, Issue 1-4, pp.223-236.*
- Hughes, M.A., 1981, Coagulation and Flocculation, *Solid-Liquid Separation- Second edition. Ed. LttisUi Svarovsky, pp. 65-84.*
- İpekoğlu, Ü., 1997, S usuz! andırma (Katı-Sıvı Ayrımı) ve Yöntemleri, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları, No: 179, İzmir.
- Mpofu.P., Mensah. J.A. ve Ralston. J., 2003, Investigation of the effect of the polymer structure type on flocculation. rheology and dewatering behaviour of kaolinile dispersions. *International Journal of Mineral Processing, Vol.71, pp. 247-268.*
- Pearse. M.J., Weir, S. Adkins. S.J ve Moody, G.M., 2001. Advanced in mineral processing, *Minerals Engineering, Vol.14, No II, pp 1505-1511.*
- Pearse, M.J., 2005, An overview of the use of chemical reagents in mineral processing. *Minerals Engineering, Article in Press.*
- Sabah, E., Yüzer, H. ve Çelik, M.S.. 2004, Characterization and dewatering of fine coal tailings by dual-flocculant systems, *bitematioaial Journal of Mineral Processing, 303-315.*
- Svarovsky, L., 1981, Characterization of Particles Suspended in Liquids, *Solid-Liquid Separation- Second edition, Ed. Ladiila Svarovsky, pp. 8-32.*

