



## Lavvar Tesis Artıklarının Flokülasyon ve Filtrasyonla Susuzlandırılması

### Dewatering of Coal Processing Plant Tailings by Flocculation and Filtration

Çağrı Çerik 

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı, İzmir, TÜRKİYE  
 Sorumlu Yazar / Corresponding Author : cagri.cerik@deu.edu.tr

#### Öz

Bu çalışmada, kömür zenginleştirme tesis atıklarının çeşitli flokülantlar ve dozajlarla ön koşullandırmasının, filtrasyon testleri ve filtre kekinin nem içeriği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, tesis artıkları üzerinde anyonik (Praestol 2540, Cyfloc A-150) ve noniyonik (Cyfloc N-100) flokülantlar kullanarak katıların çökeltme ve filtrasyon davranışları gözlemlenmiştir. Deney sonuçları incelendiğinde anyonik flokülantların lavvar tesis atıklarını susuzlandırma için daha etkili olduğu gözlemlenmektedir. Deneylerde susuzlandırma için en etkili flokülantın 100 g/t dozajda Praestol 2540 olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kömür tesis artıkları, flokülasyon, filtrasyon, susuzlandırma

#### Abstract

In this study, the effect of preconditioning of coal preparation plant tailings with various flocculants and dosages on filtration kinetics and moisture content of the filter cake was examined. For this purpose, anionic (Praestol 2540, Cyfloc A-150) and nonionic (Cyfloc N-100) treatments were used on the tailings. Sedimentation and filtration behaviors of solids were observed using flocculants. As a result, it is observed that anionic flocculants are more effective for dewatering. In the experiments, it was determined that the most effective flocculant for dewatering was Praestol 2540 at a dosage of 100 g/t.

**Keywords:** Coal preparation plant tailing, flocculation, filtration, dewatering

#### EXTENDED ABSTRACT

##### Introduction

Coal waste dewatering typically involves the use of thickeners and filters [1]. While filtration yields more water, it is an expensive process. Therefore, initially using thickeners and slightly increasing the solid content helps reduce dewatering costs [2].

The waste in coal washing plants contains minerals such as kaolin, illite, muscovite, and quartz. Due to the slow natural settling of these minerals, flocculants are required. Flocculants are used in most coal washing plants to separate fine wastes and water [3].

The effect of flocculants on dewatering varies significantly due to differences in clay content, mineral composition, and properties of the pulp water in coal wastes [4]. Surface charges of particles affect flocculation mechanisms, thus influencing floccule size and efficiency [5-7].

Flocculants increase operating costs. Therefore, it is essential to carefully select the type and amount of flocculant to be used when obtaining waste with low moisture content

##### Materials and Methods

In experimental studies 0.1% flocculant solutions were prepared, mixed with tailings and the settling was allowed, followed by measuring the interface height over time.

In filtration experiments, a solid content of 30% was used to simulate the plant thickener output. The pulp obtained from sedimentation tests was fed into the vacuum filter. The amount of water filtered over time in the vacuum filter was measured.

##### Results and Discussion

Results showed that higher sedimentation rates were achieved when Praestol 2540 and Cyfloc A-150 were used. Anionic flocculants form larger flocs compared to other types of flocculants, resulting in higher sedimentation rates [4].

The amount of flocculant added to cover half of the particle surface area is referred as the optimum dosage. When more flocculant is added than the optimum dosage, there is no space left on the particle surface for the flocculants to attach. In this case, the flocculant is prevented from bridging between particles, and adversely affecting the flocculation process [10-12]. To avoid exceeding the optimum dosage and to mitigate the cost of flocculants, a maximum of 200 g/t of reagent was used in the experiments.

The filtration process depends on the cake structure. Surface moisture can be removed by applied pressure, but removing absorbed and capillary water from the surface due to high internal capillary pressure is challenging [13,14]. As the particle size increases, the dewatering efficiency increases, so flocculants are used to reduce the moisture content of the filter cake [14].

Larger flocs reduce the available surface area, thereby reducing the amount of surface water.

## Conclusion

In this study the dewatering of fine-sized coal preparation plant tailings through flocculation and filtration was investigated. It was observed that anionic flocculants increased both

sedimentation and filtration rates. Experiments conducted with Praestol 2540 at a dosage of 100 g/t yielded a sedimentation rate of 570 mm/min and filtration was completed in approximately 10 minutes. On the other hand, experiments with Cyclof A-150 with a dosage of 200 g/t resulted in a sedimentation rate of 545 mm/min and a filtration time of approximately 13 minutes. Due to its lower dosage requirement and higher effectiveness, Praestol 2540 was determined to be more suitable for this material.

## 1. Giriş

Son yıllarda kazı mekanizasyonunun gelişmesiyle ve çevresel etkileri nedeniyle daha kaliteli kömür talebinin artmasıyla ince malzeme üretimi artmıştır. Endüstri ve termik santral kullanımı için, kömürün düşük nem, kül ve kükürt değerlerine ve yüksek kaloriye sahip olması gerekmektedir. Kaliteli kömür üretmek için malzeme ufalanarak kül ve diğer gang mineralleri serbest hale getirilmelidir. Fakat tane boyutunun azalmasıyla aynı zamanda elde edilen artıklarda daha ince olmakta ve susuzlandırılması bir sorun hale gelmektedir.

Kömür artıklarının susuzlandırmasında genellikle tkiner ve filtreler kullanılmaktadır [1]. Filtrasyon ile daha fazla su kazanılmasına rağmen pahalı bir işlemdir. Bu nedenle öncelikle tkiner kullanılması ve katı oranının bir miktar artırılması susuzlandırma maliyetlerinin azalmasını sağlamaktadır [2].

Kömür yıkama tesislerindeki atıklar içerisinde kaolin, illit, muskovit ve kuvars gibi mineraller bulunmaktadır. Bu minerallerin doğal çökeltme süresi çok yavaş olduğundan flokülantlara ihtiyaç duyulmaktadır. Flokülantlar çoğu kömür yıkama tesisinde ince artıklar ve suyun ayrılmasında kullanılmaktadır [3].

Kömür artıklarındaki kil oranı, mineral yapısı ve pülpü oluşturan suyun özelliklerinin farklı olması nedeniyle flokülantların susuzlandırmaya etkisi oldukça değişkendir [4]. Tanelerin yüzey yükleri, flokülasyon mekanizmalarını etkilemekte ve böylece flokülasyonunu ve flokülasyon verimliliğini etkiler [5-7].

Flokülantlar işletme maliyetlerini artırmaktadır. Bu nedenle düşük nem oranına sahip tesis atığı elde ederken kullanılacak flokülant türünü ve miktarını iyi belirlemek gerekmektedir.

Bu çalışmada farklı miktarda ve türde flokülantların susuzlandırmaya etkisi araştırılmıştır. Kömür artıklarına çöktürme ve sonrasında filtrasyon işlemi yapılarak nihai ürünün nem oranı incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan kömür zenginleştirme artıkları Soma bölgesinde faaliyet gösteren bir lavvar tesisinden elde edilmiştir. Numuneler %10 katı oranına sahip pülp şeklinde alınmıştır. Numuneye ait elek analizi sonuçları Tablo 1'de verilmektedir.

Çöktürme testler için standart 1 lt'lik mezür kullanılırken filtrasyon testlerinde vacuubrand rs8 vakum filtre (Şekil 1) kullanılmıştır. Flokülant olarak Praestol 2540 (Solenis), Cyfloc A-150 ve Cyfloc N-100 (Cytec) kullanılmıştır.

### 2.2. Metot

Deneylerde kullanılmak üzere %0,1 flokülant çözeltileri hazırlanmıştır. Miktarı göre flokülant çözeltisi ve pülp numunesi mezürde karıştırılmıştır. Numunelerin karışması için mezürün

ağı kapatılarak 10 kez aşağı yukarı çevrilmiş ve çökeltmeye bırakılıp süreye bağlı arayüz yüksekliği ölçülmüştür.

Filtrasyon deneylerinde tesis tkiner çıkışını simüle etmek için %30 katı oranında çalışılmıştır. Çökeltme testlerinden elde edilen pülp vakum filtreye beslenmiştir. Vakum filtrede zamana bağlı olarak süzülen su miktarı ölçülmüştür.

Flokülasyon ve filtrasyon testleri doğal pH değeri olarak 7,8 de yapılmıştır.

**Tablo 1.** Numunenin tane boyut dağılımı

**Table 1.** Particle size distribution of the sample

Tane Fraksiyonu (µm)	Ağırlık (%)
106-75	4,48
75-53	7,52
53-38	3,24
38-25	5,25
-25	79,51
Toplam	100



**Şekil 1.** Laboratuvar tip vakum filtre

**Figure 1.** Laboratory vacuum filter

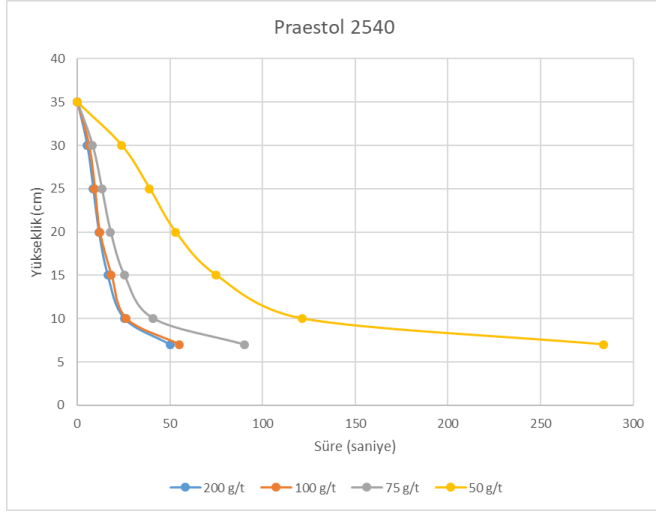
## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Flokülasyon Testleri

Lavvar tesis atıklarının susuzlandırılmasında anyonik flokülant olarak Praestol 2540 ve Cyfloc A-150 non-iyonik flokülant olarak Cyfloc N-100 kullanılmıştır. Deneylerde doğal pH değeri olan 7,8'de çalışılmıştır. Praestol 2540, Cyclof A-150 ve N-100 ile yapılan deneylere ait zamana ve dozaja bağlı çökeltme grafikleri sırasıyla Şekil 2, 3 ve 4'de verilmektedir.

Praestol 2540 kullanılarak yapılan deneyler incelendiğinde 100 g/t kullanımdan sonra çökeltme hızında anlamlı bir artış gözlemlenmemiştir. Sabit çökeltme hızı, grafiğin başlangıcındaki

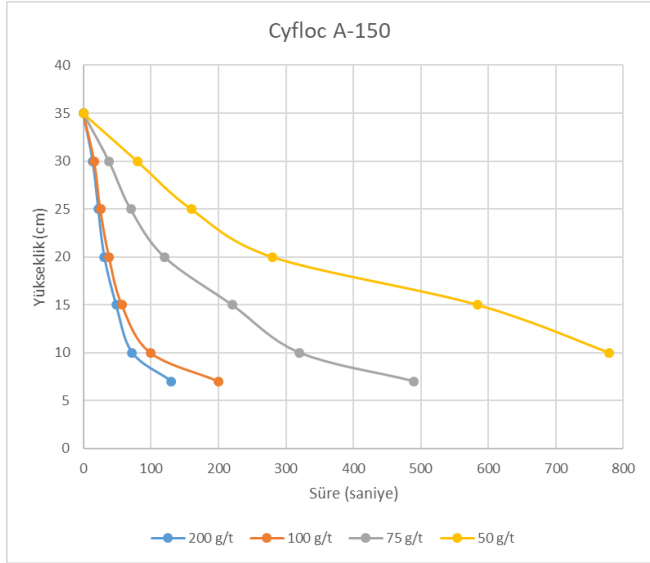
lineer kısımdan hesaplanabilir [8]. 100 g/t ve 200 g/t dozajlardaki çökme hızları sırasıyla 570 mm/dk ve 592 mm/dk olarak bulunmuştur. Bu nedenle bu flokülant için 100 g/t dozajın yeterli olduğuna karar verilmiştir.



Şekil 2. Praestol 2540 zamana ve dozaja bağlı çökme eğrileri.

Figure 2. Praestol 2540 settling curves against time and dosage.

Cyfloc A-150 HMW kullanılarak yapılan deneyler incelendiğinde çökme hızı 200 g/t reaktif miktarına kadar artış göstermektedir. 200 g/t dozajdaki çökme hızları sırasıyla 545 mm/dk olarak bulunmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Cyfloc A-150 zamana ve dozaja bağlı çökme eğrileri.

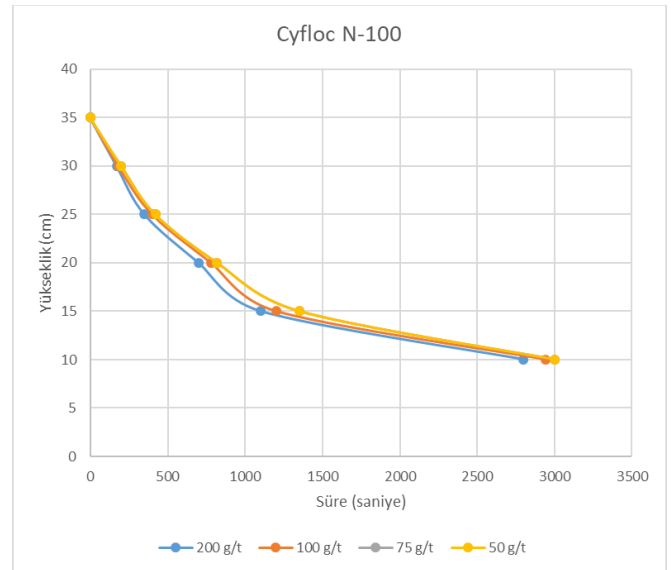
Figure 3. Cyfloc A-150 settling curves against time and dosage.

Cyfloc N-100 reaktifine ait çökme grafiği Şekil 4'de verilmektedir. Reaktif miktarının artmasına rağmen çökme hızında anlamlı bir artış gözlemlenmemiştir. Çökme hızı en yüksek 200 g/t dozajda 13 mm/dk olarak elde edilmiştir. Bu değer diğer anyonik reaktiflerle karşılaştırıldığında çok yavaş olduğundan sonraki testlerde kullanılmamıştır.

Taneler ve non-iyonik flokülantlar arasındaki etkileşimler asidik süspansiyonlarda daha güçlü, hidroliz reaksiyonlarından dolayı alkali süspansiyonlarda daha zayıftır. Yüksek pH değerlerinde, non-iyonik flokülantların aktif grupları, bir anyonik yapı oluşturmak üzere kısmen veya tamamen hidrolize olur [9].

Sonuçlar incelendiğinde, Praestol 2540 ve Cyfloc A-150 kullanıldığında daha yüksek çökme hızlarına ulaşıldığı görülmektedir. Anyonik flokülantlar diğer flokülant türlerine göre daha büyük flok oluşturduğu için daha yüksek çökme hızlarına sahiptir [5].

Tane yüzey alanının yarısını kaplayacak şekilde eklenen flokülant miktarı, optimum dozaj olarak ifade edilmektedir. Optimum dozajdan daha fazla flokülant eklendiğinde tanelerin yüzeyinde flokülantların tutunabilmesi için hiç boşluk kalmamaktadır. Bu durumda flokülantın taneler arasında köprü kurması engellenmekte ve flokülasyon işlemini olumsuz yönde etkilemektedir [10-12]. Flokülantların pahalı olması ve optimum dozajı aşmaması için deneylerde en fazla 200 g/t reaktif kullanılmıştır.

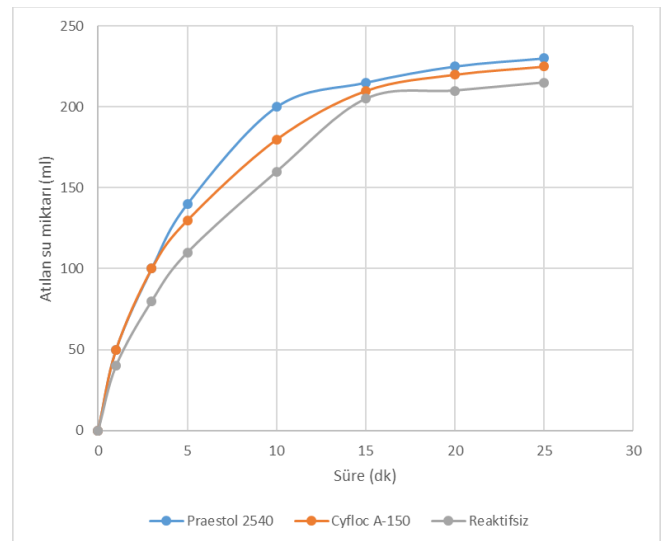


Şekil 4. Cyfloc N-100 zamana ve dozaja bağlı çökme eğrileri.

Figure 4. Cyfloc N-100 settling curves against time and dosage.

### 3.2. Filtrasyon Testleri

Filtrasyon testleri, flokülasyon testlerinde iyi sonuç veren Praestol 2540 ve Cyfloc A-150 kullanılarak %30 katı oranında yapılmıştır. Flokülantların filtrasyona etkisini gözlemlemek amacıyla reaktif kullanmadan da deney yapılmıştır. Deney sonuçları Şekil 5'de verilmektedir.



Şekil 5. Zamana ve reaktifte bağlı susuzlandırma eğrileri.

### Figure 5. Dewatering curves against time and reagent.

Filtrasyon testleri incelendiğinde 200 ml su atıldıktan sonra filtrasyon hızının önemli ölçüde düştüğü gözlemlenmektedir. Bu da %50 katı oranına denk gelmektedir. 100 g/t Praestol 2540 ve 200 g/t Cycfloc A-150 kullanıldığında, Praestol 2540'ın daha etkili sonuç verdiği görülmektedir. Ayrıca reaktif kullanılmadan yapılan test ile karşılaştırıldığında, flokülasyon işleminde kullanılan reaktiflerin filtrasyon işlemine de etki ettiği görülmektedir.

Filtreleme işlemi kekin yapısına bağlıdır. Yüzey nemi, uygulanan basınçla uzaklaştırılabilirken, yüksek iç kılcal basınç nedeniyle yüzeye adsorbe olan ve kapiler suyun çıkarılması zordur [13,14]. Tane boyutunun artmasıyla susuzlaştırma verimliliği arttığından filtre kekinin nem içeriğini azaltmak için flokülant kullanılmaktadır [14]. Daha büyük floklar mevcut yüzey alanının azalmasına sebep olmakta ve bu nedenle yüzey suyu miktarı azalmaktadır.

### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada ince boyutlu lavvar artıklarının flokülasyon ve filtrasyon ile susuzlandırılması araştırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde anyonik flokülantların, çökeltme hızı ve filtrasyon hızını arttırdığı gözlemlenmiştir. Praestol 2540 ile yapılan deneylerde 100 g/t dozajda 570 mm/dk çökeltme hızı ve yaklaşık 10 dk sürede filtrasyon işlemi tamamlanmıştır. Cycfloc A-150 ile yapılan deneylerde ise, 200 g/t dozajda 545 mm/dk çökeltme hızı ve yaklaşık 13 dk filtrasyon süresi değerleri elde edilmiştir. Bu malzeme için hem daha düşük dozajlarda kullanılması hem de daha etkili olması nedeniyle Praestol 2540'ın daha uygun olduğu belirlenmiştir.

### Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### Kaynaklar

- [1] Hogg, R., 2000. Flocculation and Dewatering. *International Journal of Mineral Processing*, Cilt. 58, s. 223-236.
- [2] Lockhart, N.C., Veal, C.J., 1996. Coal Dewatering: Australian R&D Trends. *Coal Preparation*, Cilt. 17, s. 5-24. DOI: 10.1080/07349349608905254.
- [3] Das, B., Prakash, S., Biswal, S.K., Reddy, P.S.R., 2006. Settling Characteristics of Coal Washery Tailings Using Synthetic Polyelectrolytes with Fine Magnetite. *The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, Cilt. 106, s. 707-716.
- [4] Alam, N., Ozdemir, O., Hampton, M.A., Nguyen, A.V., 2011. Dewatering of Coal Plant Tailings: Flocculation Followed by Filtration. *Fuel*, Cilt. 90, s. 26-35.
- [5] Sabah, E., Cengiz, I., 2004. An Evaluation Procedure for Flocculation of Coal Preparation Plant Tailings. *Water Research*, Cilt. 38, s. 1542-1549.
- [6] Sabah, E., Erkan, Z.E., 2006. Interaction Mechanism of Flocculants with Coal Waste Slurry. *Fuel*, Cilt. 85, s. 350-359.
- [7] Nasser, M.S., James, A.E., 2006. The Effect of Polyacrylamide Charge Density and Molecular Weight on the Flocculation and Sedimentation Behaviour of Kaolinite Suspensions. *Separation and Purification Technology*, Cilt. 52(2), s. 241-252.
- [8] Hoşten, Ç., 2010. Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme Temel İşlemlerinin Tasarımı. 2. Baskı, ODTÜ Basım İşliği, Ankara, 450s.
- [9] Alptekin, A.M., 2006. Doğal Taş Atık Sularının Flokülasyon/Koagülasyon Yöntemiyle Arıtılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77s., Afyonkarahisar.
- [10] Somasundaran, P., Das, K.K., 1998. Flocculation and Selective Flocculation - An Overview. In: *Innovations in Mineral and Coal Processing*, Atak, S., Önal, G., Çelik, M.S. (Eds.), Balkema, Rotterdam, s. 185-203.
- [11] Çiftçi, H., Işık, S., 2017. Farklı Anyonik, Katyonik ve Noniyonik Flokülantların İnce Boyutlu Lavvar Tesisi Atıklarının Çökeltme Davranışlarına Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt. 21, Sayı. 1, s. 13-19.

- [12] Tao, D., Groppo, J.G., Parekh, B.K., 2000. Effects of Vacuum Filtration Parameters on Ultrafine Coal Dewatering. *Coal Preparation*, Cilt. 21(3), s. 315-335. DOI: 10.1080/07349340008945624.
- [13] Selomulya, C., Liao, J.Y.H., Bickert, G., Amal, R., 2006. Micro-Properties of Coal Aggregates: Implications on Hyperbaric Filtration Performance for Coal Dewatering. *International Journal of Mineral Processing*, Cilt. 80(2-4), s. 189-197.
- [14] Tao, D., Parekh, B.K., Liu, J.T., Chen, S., 2003. An Investigation on Dewatering Kinetics of Ultrafine Coal. *International Journal of Mineral Processing*, Cilt. 70(1-4), s. 235-249.