

## **ZONGULDAK BİTÜMLÜ KÖMÜRÜNE İGEPAL CA-630'UN ADSORPSİYONU**

### **ADSORPTION OF İGEPAL CA-630 TO ZONGULDAK BITUMINOUS COAL**

**Filiz AKTI**, Cumhuriyet Üniversitesi, Müh. Fak., Kimya Müh., 58140 Sivas  
**İlkay ÜNAL**, Cumhuriyet Üniversitesi, Müh. Fak., Kimya Müh., 58140 Sivas

#### **ÖZET**

Zonguldak bitümlü kömürüne ve aktif karbona, İgepal CA-630 yüzey aktif maddesinin adsorpsiyonu incelenmiş, adsorpsiyona; çalkalama hızının, sıcaklığın, parçacık boyutunun ve pH'ın etkisi belirlenmiştir. Adsorpsiyon verileri Giles adsorpsiyon modelleri bakımından değerlendirilmiştir. Kömüre düşük, aktif karbona ise yüksek çalkalama hızında adsorplanan miktarın daha fazla olduğu gözlenmiştir. Sıcaklığın artırılması ile kömüre adsorplanan miktarda düzgün bir artma ya da azalma olmamıştır. Kömürün parçacık boyutu küçüldükçe adsorpsiyon kapasitesi de artmıştır. pH'ın azalması ile adsorplanan miktar artmıştır. Ayrıca orijinal kömür, yağ aglomerasyonu tekniği ile minerali giderilmiş kömüre göre daha fazla madde adsorplamıştır.

#### **ABSTRACT**

The adsorption of İgepal CA-630 surface active agent on Zonguldak bituminous coal and active carbon was investigated and the effect of shaking speed, temperature, particle size and pH on the adsorption was determined. The adsorption data were evaluated from the point of view of Giles adsorption models. It was observed that the amount of adsorption was higher at low shaking speed for the coal, but at high shaking speed for the active carbon. No regular increase or decrease in the amount of adsorption to the coal took place by increasing the temperature. The adsorption capacity was increased by decreasing the particle size of the coal. The amount of adsorption was increased with the decrease in pH. Additionally, the original coal adsorbed more substance than the coal freed from its mineral by oil agglomeration technique.

## 1 GİRİŞ

Katılardaki ve içme suyundaki organik kimyasal maddeler, çevresel pek çok problemi beraberinde getirmektedir. Özellikle organik maddelerin emisyonu canlı yaşamını önemli ölçüde etkilemektedir. Güç ayrışabilen maddelerden biri olan yüzey aktif maddeler (süfaktan), pek çok endüstriyel ve ticari ürünlerde ve proseslerde genişçe kullanılmaktadır. Süfaktan uygulamaları atık su işleme tesisleri için problem yaratmakta ve çevresel kirlenmeye neden olmaktadır (Pendieton et al., 2001). Sıvı ve gaz fazlardan organik bileşiklerin adsorplanmasında çoğunlukla adsorplama kapasitesi yüksek olan aktif karbon kullanılır (Bagreev and Bandosz, 2001). Aktif karbonun çok pahalı bir madde olması nedeniyle son yıllarda pek çok düşük fiyatlı doğal maddeler, etkili fakat pahalı ticari sentetik adsorplayıcıların yerini almaktadır (Chu and Hashim, 2002). Bu nedenle doğal maddelerden (silika, kömür, katı, mineraller vb.) ve atık maddelerden (uçucu kül, pirinç kabuğu, biyogaz karışımı, silika dumanları, testere tozu, vb.) türetilmiş değişik adsorplayıcılar aktif karbonun yerine kullanılmaktadır (Mohan et al., 2002).

'Kömür temizleme' işlemleri, ham kömürden mineral maddenin uzaklaştırılmasıdır. Mineral maddeleri kömürden ayırmak için, fiziksel yöntemlerden biri olan yağ aglomerasyonu kullanılmaktadır. Yağ aglomerasyonu organik ve mineral parçacıkların yüzey özelliklerindeki farka dayandırılarak yapılan ayırma tekniğidir. Bu teknik su içinde ince öğütülmüş kömür taneciklerinin bir yağ ile yüksek hızda etkileştirilmesine dayanır. Böylece hidrofobik kömür taneciklerinin kül yapıcı maddelerden ayrılması sağlanır (Capes and Germain, 1982, Garcia et al., 1998, Ünal and Aktaş, 2001).

Bu çalışmada, noniyonik yüzey aktif madde olan Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonu incelenmiştir. Kömürün adsorplama kapasitesi yapay adsorplayıcı olan aktif karbon ile karşılaştırılmıştır. Adsorpsiyona; çalkalama hızının, sıcaklığın, parçacık boyutunun ve pH'ın etkisi incelenmiştir. Ayrıca yağ aglomerasyonu ile minerali giderilmiş Zonguldak bitümlü kömürü, orijinal kömür ile karşılaştırılmak üzere adsorpsiyonu araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

### 2.1 Deneylelerde Kullanılan Kömür ve Boyut Küçültme

Zonguldak bitümlü kömür örnekleri kırma, öğütme ve eleme işlemleri sonunda -250 µm parçacık boyutuna indirilmiştir. Parçacık boyutunun adsorpsiyona etkisini incelemek amacıyla, -250 µm parçacık boyutundaki örneklerin tekrar öğütülmesinden, -200µm, -150 (im, -106 µm, -75 (im, -63 µm, -53 µm ve -45 (im parçacık boyutunda örnekler hazırlanmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan Zonguldak bitümlü kömürünün kısa analizi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Zonguldak bitümlü kömürünün kısa analizi.

Kömür	( % havada kurutulmuş temel)				( % kuru temel)			( % kuru külsüz temel)	
	Nem	Kül	UM	SC	Kül	UM	SC	UM	SC
Zonguldak	0,83	28,57	24,00	46,60	28,81	24,20	46,99	33,99	66,01

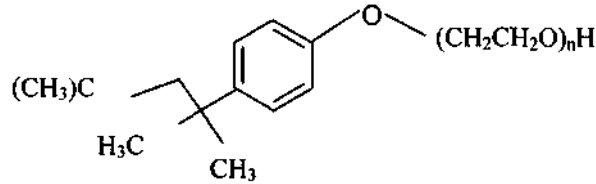
UM: uçucu madde SC: sabit karbon

## 2.2 Aktif Karbon

Zonguldak bitümlü kömürünün adsorpsiyon davranışlarını çok iyi bir adsorplayıcı olan aktif karbon ile karşılaştırmak üzere deneylerde toz aktif karbon (Merck) kullanılmıştır.

## 2.3 Adsorplanan Yüzey Aktif Madde

Adsorplanan olarak molekül ağırlığı 580,71 g/mol noniyonik yüzey aktif madde olan Igepal CA-630 (Sigma) kullanılmıştır.



Igepal CA-630 yüzey aktif maddesi (polietoksietanol), n=9

## 2.4 Igepal CA-630'un Katı Yüzeyine Adsorpsiyon İşlemi

Adsorplanan organik kimyasal maddenin sudaki çözeltileri istenen derişimlerde hazırlanmıştır, istenen derişimde bir litre stok çözelti, hem farklı derişimlerde standart çözeltilerin hazırlanmasında hem de adsorpsiyonda kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda önce denge adsorpsiyonu için gerekli süre belirlenmiş, daha sonra adsorpsiyon gerçekleştirilmiştir. Kinetik ve denge adsorpsiyonu çalışmalarında % 1 adsorbent içerikli katı-sıvı karışımları kullanılmıştır. Karıştırma işlemi orbital çalkalayıcıda (Selecta Abrera Unitronic Orbital Sheaker) yapılmıştır. Denge adsorpsiyon süresini belirlemek için yapılan kinetik çalışmalarda farklı sürelerde adsorpsiyon gerçekleştirilmiştir. Farklı derişimlerdeki sıvıyı içeren 250 ml hacimli kapaklı şişelerde % 1 katı içeriğinde 24 saat süre ile adsorpsiyon gerçekleştirilmiştir. Adsorpsiyona sıcaklığın, çalkalama hızının, parçacık boyutunun ve pH'ın etkisi incelenmiştir. Ayrıca yağ aglomerasyonu ile minerali giderilmiş Zonguldak bitümlü kömürü, orijinal Zonguldak bitümlü kömürü ile karşılaştırılmak üzere adsorpsiyon deneylerinde kullanılmıştır. Aktif karbona Igepal CA-630'un adsorpsiyonuna sıcaklığın ve çalkalama hızının etkisini araştırmak amacıyla da deneyler gerçekleştirilmiştir. Kömür ve aktif karbonun kullanıldığı adsorpsiyon süreçlerinin sonunda adsorbent-çözelti karışımı filtrasyon işlemine tabi tutulmuştur, işlemde membran filtrelerden yararlanılmıştır. Cam şırınga yardımı ile çekilen katı/sıvı karışımı filtre tutucunun giriş

kısmına yerleştirilerek, şırınga pistonuna basınç uygulanmış ve süzme işlemi gerçekleştirilmiştir. Filtre edilmiş süzüntüdeki yüzey aktif madde konsantrasyonu UV (Shimadzu 240IPC) spektrofotometresi kullanılarak belirlenmiştir. Bu işlem için 190 ile 800 nm dalga boyu aralığında tarama yapılarak en uygun dalga boyu belirlenmiştir (Igepal CA-630 için 195 nm).

### **3. DENEYSEL SONUÇLAR ve TARTIŞMA**

#### **3.1 Parçacık Boyut Dağılımları**

Adsorpsiyonda kullanılan kömür örneğinin parçacık boyut dağılımı Lazer Parçacık Boyut Analizörü (Malvern Hydro 2000 MU) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

##### **Örnek Hazırlama**

Parçacık boyut dağılımı yaş yönteme göre yapıldığından, katı-su karışımının hazırlanması önemlidir. Katı-su karışımı yüksek hızlı karıştırıcı yardımıyla hazırlandığı gibi doğrudan analizörün sirkülasyon beherine karıştırılarak da hazırlanabilmektedir. Her iki durumda da parçacıkların mükemmel dağılmasını sağlamak için cihazda bulunan ultrasonik sistemle zaman zaman zaman 10'ar saniye etkileşime tabi tutulmuştur. Böylelikle mükemmel bir dispersiyon (dağılım) sağlanmıştır.

##### **Analiz**

Ölçümler için hazır hale getirilmiş su-katı karışımı, lazer ışın demetinin geçtiği hücrede güçlü bir pompa yardımıyla döngüleştirilmiştir. Böylece ışın demeti parçacıklar üzerinden geçerken kırılmalara uğrayarak, enerjilerindeki değişiminden parçacık boyutu saptanmıştır. Bu amaçla cihazla birlikte gelen geliştirilmiş bir yazılım programı kullanılmıştır. Analiz sırasında belirli boyut üstündeki parçacıkların boyutlarını belirlemek için lazer ışın demeti kullanılırken, çok küçük boyutlu parçacıklar için mavi ışın (blue light) cihaz tarafından otomatik olarak kullanılmıştır.

##### **Sonuç**

Geliştirilen yazılım programı değişik sonuçları grafiksel veya tablo halinde sunmaktadır. Bunlardan en yararlı olanı parçacık boyut dağılımı değeridir.

Adsorpsiyon deneylerinde kullanılan adsorplayıcının parçacık boyut parametreleri Çizelge 2'de ve parçacık boyut dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir.

#### **3.2 Igepal CA-630'un Zonguldak Bitümlü Kömürüne Adsorpsiyon Kinetiği**

Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonunda, adsorpsiyon kinetik verileri Çizelge 3'de derişimin zamanla değişimi de Şekil 2'de verilmiştir.

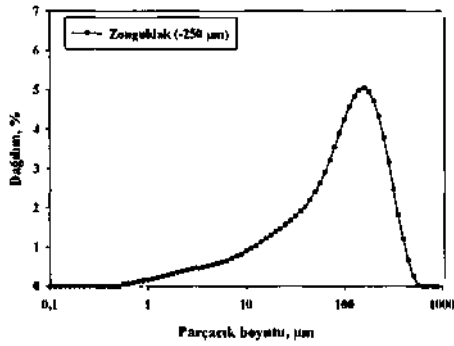
Çizelge 2. Adsorplayıcının parçacık boyut parametreleri.

Adsorplayıcı	d(0,1), um	d(0,2), um	d(0,5), um	d(0,8), um	d(0,9), (im	D(3,2), (im	Spesifik yüzey alanı, m <sup>2</sup> /g
Zonguldak Orijinal (-250um)	10,318	26,680	103,163	212,174	279,336	20,721	0,1997
Zonguldak (-200um)	9,619	23,469	83,576	169,351	222,568	19,289	0,2145
Zonguldak (-106um)	6,467	15,188	53,720	101,563	129,904	14,118	0,2931
Zonguldak (-45um)	2,532	4,576	13,831	30,167	42,256	6,183	0,6692
Zonguldak aglomeratı	23,805	45,161	120,037	219,852	279,888	52,642	0,0786

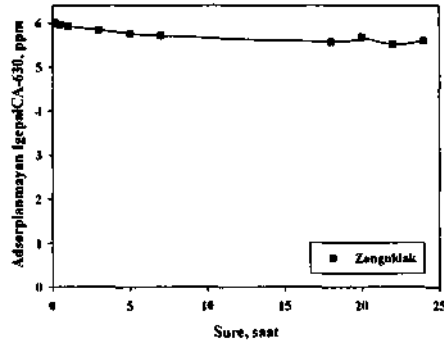
d(0,1),d(0.2),d(0.5),d(0.8), d(0,9) %10, %20, %50, %80, %90 noktalarındaki parçacık çapları, D(3,2) Sauter ortalama çapı

Çizelge 3. Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna derişimin zamanla değişim verileri.

Süre, dk	10	30	60	180	300	420	1080	1200	1320	1440
Denge derişimi, ppm	6,006	5,962	5,930	5,842	5,764	5,715	5,578	5,674	5,519	5,597



Şekil 1. Zonguldak bitümlü kömürünün (-250um) parçacık boyut dağılımı.



Şekil 2. Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna derişimin zamanla değişimi (-250 µm, 25°C, 50 U/dk).

### 3.3 Adsorpsiyon İzotermeleri

#### 3.3.1 Kömüre Igepal CA-630'un Adsorpsiyonu

Materyal ve yöntem bölümünde açıklandığı gibi adsorpsiyon deneyleri gerçekleştirilip UV spektrofotometresinde analizler yapılmıştır. Taze hazırlanmış standart çözelti derişimlerine karşı absorpsans değerleri grafiğe geçirilerek çalışma doğrusu elde edilmiştir. Elde edilen doğru denkleminde derişimi bilinmeyen örneğin absorpsans değeri yerleştirilerek derişim hesaplanmıştır.

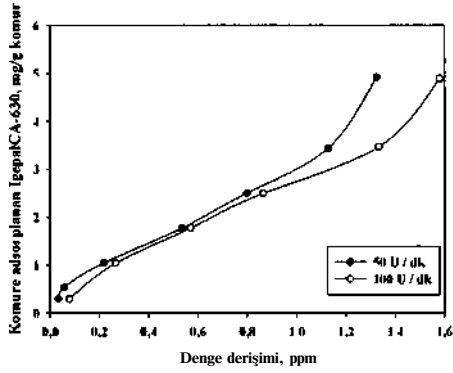
#### Çalkalama hızının etkisi

Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna çalkalama hızının etkisini belirlemede, adsorpsiyon sıcaklığı olarak 25°C, çalkalama hızı olarak 50 ve 100 U/dk seçilmiştir (Şekil 3). Yüksek çalkalama hızında (100 U/dk) adsorplanan miktarın azaldığı görülmektedir. Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna, ortamın hidrodinamik koşullarının etkili olmadığı sonucuna varılabilir.

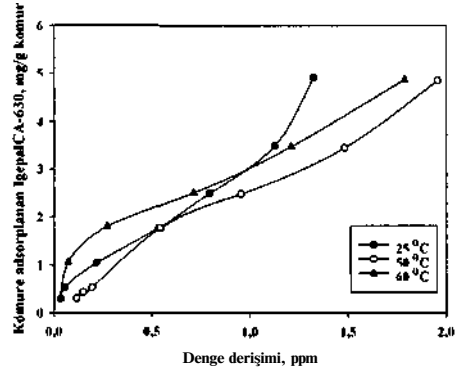
Şekil 3'de sunulan izotermelerin Giles sınıflandırmasında Langmuir tipinin üçüncü alt sınıfına (L3) ve Tip2'ye uyduğu söylenebilir. L tipi, adsorplanan moleküllerin yüzeyde yatay olarak (düz) yerleştiğini ya da kuvvetli moleküller arası etkileşim olduğunda adsorplanan moleküllerin düşey olarak da yönlenebileceğini göstermektedir. Eğride görülen ilk bükülme adsorplayıcıda bulunan aktif merkezlerin dolu olduğunu ve sonradan gelen çözünenlerin boş merkezler bulmasının güç olduğunu göstermektedir. Bu da adsorplanan moleküllerin düşey olarak yönlendiğini ve çözücü ile bir yarışmanın söz konusu olmadığını göstermektedir. Bu tek tabakalı yüzeyi oluşturan moleküllerin yönlendirmeleri nedeniyle yeni yüzey, çözültide bulunan çözünen moleküllerin arasında zayıf bir etkileşim olduğunda eğride uzun bir plato görülür. Yüksek bir etkileşim olduğunda ise eğri hızla yükselir ve bir plato görülmez. Tip2, fiziksel adsorpsiyonda çok sık karşılaşılan bir izotermdir ve çok tabakalanmayı açıklamaktadır (Giles et al., 1960). Buradan Zonguldak bitümlü kömürüne Igepal CA-630'un yatay olarak adsorplandığı ve su ile bir yarışmanın söz konusu olmadığı sonucuna varılabilir. Ayrıca eğrideki hızlı yükselme, her iki kömür ile Igepal CA-630 arasında kuvvetli bir etkileşimin olduğunu göstermektedir.

#### Sıcaklığın etkisi

Zonguldak bitümlü kömürüne Igepal CA-630'un adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi, 50 U/dk çalkalama hızında, 25, 50 ve 60°C olmak üzere üç değişik sıcaklık kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 3. İgepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna çalkalama hızının etkisi.



Şekil 4. İgepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi.

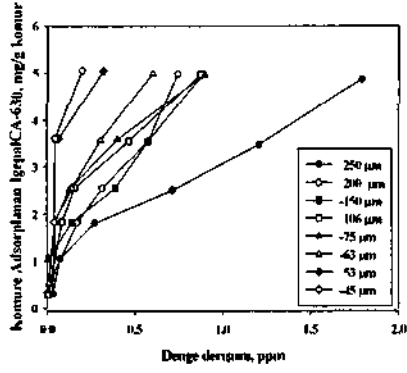
Sıcaklığın artırılması ile adsorpsiyonda düzgün bir artma ya da azalma görülmemiştir. Buna neden Zonguldak bitümlü kömürü ile İgepal CA-630 arasındaki etkileşimin doğasına bağlı olarak değişme göstermesi olabilir. Elde edilen izotermin, Giles izotermelerinden L3 (Tip2)'ye uyduğu görülmektedir.

### Parçacık boyutunun etkisi

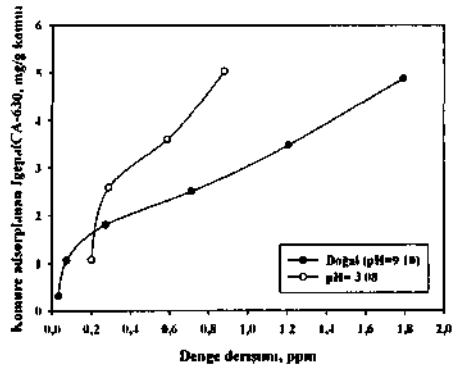
Farklı boyutlardaki örneklerin adsorpsiyona etkisini belirlemek için 60°C, 50 U/dk'da deneyler yapılmıştır. Zonguldak bitümlü kömürünün farklı boyutlardaki fraksiyonlarına adsorpsiyonun etkisi Şekil 5'de görülmektedir. Elde edilen izoterm Giles izotermelerinden L3 (Tip2)'ye benzemektedir. Parçacık boyutunun azalması adsorplanan İgepal CA-630 miktarında artışlara neden olmuştur. Zonguldak kömürünün Çizelge 2'de görülen parçacık boyut parametreleri göz önüne alındığında, parçacık boyutu azaldığında kömürlerin yüzey alanları artmaktadır. Parçacık boyutunun azalmasıyla yüzey alanının artması adsorpsiyonu artırır (Treybal, 1980, Yavuz ve Küçükbayrak, 2001, Tursun, 2002).

### pH'in etkisi

Daha önce yapılan deneyler ortamın doğal pH (9,10)'nda gerçekleştirilmiştir. Zonguldak bitümlü kömürünün pH'ı 0,1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kullanılarak düşürülmüştür. İgepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna pH'ın etkisi Şekil 6'da verilmiştir. Sonuçlar, Giles adsorpsiyon izotermelerinden L3 (Tip2)'ye benzemektedir. Ortamın pH'ının 9.10'dan 3.08'e düşürülmesi sonucu, yüzeye adsorplanan İgepal CA-630 miktarında artma gözlenmiştir. Yavuz and Küçükbayrak (2001), benzer sonuçları vermiştir. Diğer bütün koşullar aynı olmasına rağmen sadece pH'daki değişimin adsorplanan madde miktarını artırması dikkate değerdir. Adsorplanan miktardaki artış adsorplanan moleküllerin



Şekil 5. İgepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna parçacık boyutunun etkisi.



Şekil 6. İgepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonuna pH'in etkisi.

yönlenmesi (orientation) veya katı parçacıkların yüzey yükünün (surface charge) asidik ortamda değişmesinden kaynaklanabilir. Kullanılan İgepal CA-630 yüzey aktif maddesi noniyonik olduğundan yüzey yükünü pratik olarak değiştirmez. Parçacıkların zeta potansiyelleri ölçülemediğinden kesin olarak bir şey söylemek mümkün olmamaktadır.

### 3.3.2 Minerali giderilmiş kömüre İgepal CA-630'un adsorpsiyonu

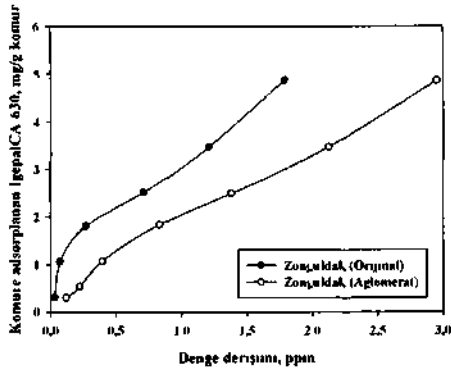
Yağ aglomerasyonu tekniği kullanılarak minerali giderilen Zonguldak bitümlü kömürü ile orijinal Zonguldak bitümlü kömürüne adsorbe olan İgepal CA-630'un miktarı karşılaştırmalı olarak da Şekil 7'de verilmiştir. Elde edilen izoterm, Giles adsorpsiyon izotermilerinden L3 (Tip2)'ye uymaktadır ve aglomere olmuş Zonguldak kömürünün İgepal CA-630'u adsorplama miktarı orijinal Zonguldak bitümlü kömüründen daha düşük çıkmıştır. Buna neden olarak aglomere olmuş Zonguldak bitümlü kömürünün, orijinal Zonguldak bitümlü kömüründen daha küçük yüzey alanına sahip olması gösterilebilir.

### 3.3.3 Aktif karbona İgepal CA-630'un adsorpsiyonu

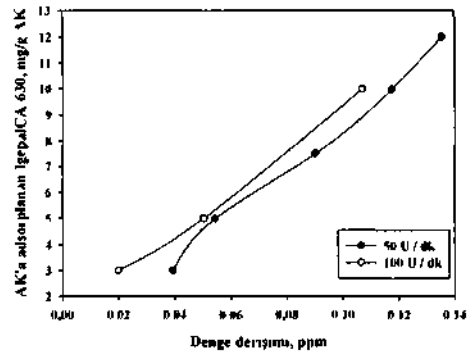
#### Çalkalama hızının etkisi

Karşılaştırma amacıyla aktif karbona İgepal CA-630'un adsorpsiyonuna çalkalama hızının etkisini belirlemek için yapılan deneyler 25°C'de, 50 ve 100 U/dk çalkalama hızında gerçekleştirilmiştir (Şekil 8). Adsorpsiyon süresi 24 saat olarak alınmıştır (Pendleton et al., 2001). Çalkalama hızının artırılması ile adsorplanan İgepal CA-630 miktarında artma görülmektedir. Burada, Zonguldak bitümlü kömüründen farklı olarak aktif karbona İgepal CA-630'un adsorpsiyonuna ortamın hidrodinamik koşullarının etki ettiği söylenebilir. Adsorplanan madde göz önüne alındığında aktif karbon, Zonguldak bitümlü kömürüne göre daha fazla madde adsorplamıştır.





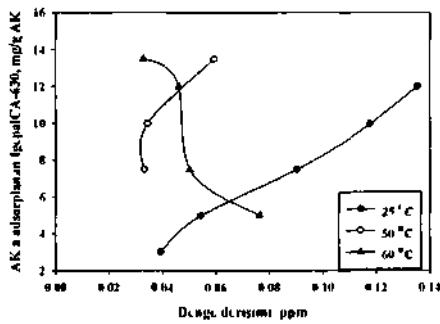
Şekil 7. İgepal CA-630'un orijinal Zonguldak bitümlü kömürüne ve minerali giderilmiş Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonu.



Şekil 8. İgepal CA-630'un aktif karbona adsorpsiyonuna çalkalama hızının etkisi (AK Aktif Karbon).

#### Sıcaklığın etkisi

Aktif karbona İgepal CA-630'un adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisini belirlemek için gerçekleştirilen deneyler 50 U/dk çalkalama hızında, 25, 50 ve 60°C sıcaklıkta yapılmış ve sonuçlar Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekil 9'da görüldüğü gibi başlangıçta sıcaklığın 25°C'den 50°C'e çıkarılmasıyla İgepal CA-630'un adsorplanma miktarında artma olmuş ancak sıcaklığın 60°C'e yükseltilmesi ile adsorplanan miktarda bir azalma olmuştur. Aktif karbon, 25 ve 50°C'de Zonguldak bitümlü kömürden daha fazla madde adsorplamasına rağmen 60°C'de adsorpladığı madde miktarı giderek azalmıştır, iki farklı yapıdaki adsorplayıcının karşılaştırılması amacıyla, 50 ppm başlangıç derişiminde yapılan adsorpsiyon deneyleri çalkalama hızının etkisi Çizelge 4'de ve sıcaklığın etkisi Çizelge 5'de verilmiştir.



Şekil 9. İgepal CA-630'un aktif karbona adsorpsiyonuna sıcaklığın etkisi (AK Aktif Karbon).

Çizelgelerden de görüldüğü gibi Zonguldak bitümlü kömürünün adsorplama miktarı ile aktif karbonun adsorplama miktarının birbirine oldukça yakın olduğu gözlenmektedir. Bu da kullanılan kömürün adsorplama kapasitesinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. Igepal CA-630'un adsorplayıcı maddelere, 50 U/dk ve 100 U/dk çalkalama hızındaki adsorpsiyon verileri (25°C).

Adsorplayıcı madde	Başlangıç derişimi, ppm		Denge derişimi, ppm		Igepal CA-630 mg/g adsorplayıcı madde	

Çizelge 5. Igepal CA-630'un adsorplayıcı maddelere, 25, 50 ve 60°C sıcaklıktaki adsorpsiyon verileri (50 U/dk).

Adsorplayıcı madde	Başlangıç derişimi, ppm			Denge derişimi, ppm			Igepal CA-630 mg/g adsorplayıcı madde		
	25°C	50 °C	60 °C	25°C	50 °C	60 °C	25°C	50 °C	60°C
Zonguldak	50,50	50,54	50,54	1,3230	1,9580	1,7890	4,918	4,858	4,875
Aktif karbon	49,97	-	50,02	0,0545	-	0,0764	4,992	-	4,994

#### 4. SONUÇLAR

- Igepal CA-630'un Zonguldak bitümlü kömürüne adsorpsiyonu düşük çalkalama hızında artarken, aktif karbona adsorpsiyonu yüksek çalkalama hızında artmıştır. Zonguldak bitümlü kömürüne Igepal CA-630'un adsorpsiyonunun, ortamın hidrodinamik koşullarından etkilendiği, aktif karbonun ise bunun aksine etkilenmediği sonucu çıkarılmıştır.
- Zonguldak bitümlü kömürüne Igepal CA-630'un adsorplanmasında sıcaklığın artışı, adsorplanan miktarda düzgün bir artma ve azalmaya neden olmamıştır. Aktif karbona Igepal CA-630'un adsorplanma miktarı başlangıçta sıcaklığın artmasıyla artarken, daha yüksek sıcaklıkta (60°C) azalmıştır. Aktif karbon, 25 ve 50 °C'de, Zonguldak bitümlü kömüründen daha fazla madde adsorplamış, fakat 60°C'de adsorpladığı Igepal CA-630 miktarı giderek azalmıştır. Bütün bunların nedeni, Zonguldak bitümlü kömürü ve aktif karbon ile Igepal CA-630 arasındaki etkileşimin doğasına bağlanmıştır.
- Zonguldak bitümlü kömürünün pH'ının 9,10'dan 3,08'e düşürülmesiyle adsorplanan Igepal CA-630 miktarında artma olmuştur. Adsorpsiyonun ortamın pH'ından etkilendiği belirlenmiş ve adsorplanan molekülün yönlendirilmesine neden olmuştur.
- Zonguldak bitümlü kömürünün parçacık boyutunun küçülmesiyle yüzey alanının artması adsorplanan Igepal CA-630'un miktarında artışa neden olmuştur.
- Orijinal Zonguldak bitümlü kömürü, minerali giderilmiş Zonguldak bitümlü kömüründen daha fazla madde adsorplamıştır. Bunun nedeni orijinal Zonguldak bitümlü kömürünün yüzey alanının daha fazla olmasıdır. Buradan parçacık boyutu ve yüzey alanının, Igepal CA-630'un adsorpsiyonunda önemli olduğu sonucu çıkarılmıştır.

- iki farklı yapıdaki adsorplayıcının Igepal CA-630'un adsorpsiyonuna, çalkalama hızının ve sıcaklığın etkisinin karşılaştırılması sonucunda, Zonguldak bitümlü kömürünün adsorplama miktarı ile aktif karbonun adsorplama miktarının birbirine oldukça yakın olduğu gözlenmiştir. Kullanılan kömürün adsorplama kapasitesinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

## 5. KAYNAKLAR

- Bagreev, A. and Bandosz, J.T.** (2001) H<sub>2</sub>S adsorption/oxidation on unmodified activated carbons importance of prehumidification, *Carbon*, Vol. 39, pp. 2303-2311.
- Capes, C. E. and Germain, R. J.** (1982) Selective oil agglomeration in fine coal beneficiation, in: physical cleaning of coal present and developing methods Liu, Y.A. (Ed.), Marcel Dekker Inc., N.Y., pp. 293-351, New York.
- Chu, K.H. and Hasbim, M.A.** (2002) Adsorption characteristics of trivalent on palm oil fuel ash, *Clean Technologies and Environmental Policy*, DOI 10. 1007/s10098-001-0128-5
- Garcia, A. B. Tarazona, M. R. M. Vega, J. M. G. and Wheelock, T. D.** (1998) On the role of oil wetting in the cleaning of high rank coals by agglomeration. *Fuel*, Vol. 77, No.5, pp. 387-392.
- Giles, C.H. MacEwan, T.H. Nakhwa, S.N. and Smith, D.** (1960) Studies in adsorption part xi. a system classification of solution adsorption isotherms and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and measurement of specific surface areas of solids, *J Chem Soc*, pp. 3973-3999.
- Mohan, S.V. Rao, N.C. and Karthikeyan, J.** (2002) Adsorptive removal of direct azo dye from aqueous phase onto coal based sorbents: a kinetic and mechanistic study, *Journal of Hazardous Materials B90*, pp. 189-204.
- Pendleton, P. Wu, S.H. and Badalyan, A.** (2002) Activated carbon oxygen content influence on water and surfactant adsorption, *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 246, pp. 235-240.
- Ünal, İ. and Aktaş, Z.** (2001) 'Effect of Various Bridging Liquids on Coal Fines Agglomeration Performance', *Fuel Processing Technology*, 69 141-155.
- Treybal, R.E.** (1980) *Mass Transfer Operations*, McGraw Hill, Kogakusha Ltd, Tokyo.
- Tursun, U.D.** (2002) Organik bileşiklerin farklı adsorbentlere adsorpsiyon davranışlarının incelenmesi, A.Ü. Mühendislik Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Yavuz, R. and Küçükbayrak, S.** (2001) An investigation of some factors affecting the dispersant adsorption of lignite, *Powder Technology*, Vol. 119, pp. 89-94.

