

## SULARDAKİ FOSFATIN KİMYASAL ATIK MADDELER KULLANILARAK ADSORPSİYONU

Ayşen Yeğen, Nevin Yalçın

**Özet** – Bu çalışmada, uçucu kül kullanılarak sulu çözeltilerden adsorpsiyon yöntemi ile fosfat iyonlarının giderilmesi çalışılmıştır. Çalışmada adsorpsiyon üzerinde, fosfat konsantrasyonu, uçucu kül konsantrasyonu, karıştırma hızının etkisi, pH, karıştırma süresi ve sıcaklığın etkisi incelenmiştir. Böylece sulu çözeltilerde bulunan fosfat iyonunun uçucu kül ile maksimum adsorbansları farklı parametrelerde araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** – Fosfat giderimi, uçucu kül adsorpsiyonu.

**Abstract** – In this study, removal of phosphate from aqueous solutions has been examined with adsorption method by using fly ash. In the experiments, the effects of parameters such as initial phosphate concentration, fly ash concentration, stirring speed, pH, mixing time and temperature on the adsorption efficiency were investigated. Thus, maximum adsorptions of phosphate ions in aqueous solutions with fly ash were investigated at different parameters.

**Keywords** – Phosphate removal, fly ash adsorption.

### I. GİRİŞ

Fosfor canlılara gerekli temel besin maddelerindedir. Hücrelerde nükleik asitlerin, enerji aktarımlarını sağlayan ATP maddelerinin, hücre zarının yapısında, ayrıca diş ve kemiklerde bulunur. Fosforun temel kaynağı yer kabuğundaki temel kayalar, ikinci büyük rezervi sulardır. Fosfor döngüsünün temelini fosfor kayalardan denizlere, denizlerden de yine karalara taşınması teşkil eder.[1]

Fosil yakıtların içerdiği maddelerin büyük bir yüzdesini karbon ve hidrojen oluşturur. İçlerinde az da olsa kükürt, yanmayan maddeler ve radyoaktif maddeler de bulunur. Petrol, kömüre kıyasla daha az kirliliğe yol açar. Fosil

yakıtlar yakıldığında ortaya doğal olarak CO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> gazlarının yanı sıra, radyoaktif maddeler ve kül çıkar [2].

Termik elektrik santrallerinde kömür 0,09 mm inceliğe kadar öğütülmekte ve su ile yakma fırınına püskürtülmektedir. Fırın içinde ortalama 1100-1200 °C sıcaklıkta yanan kömür tanecikleri, kısmen adi kül (curuf) şeklinde kazan altında toplanmakta ve su ile uzaklaştırılmaktadır. Külün geri kalan ve daha ince olan diğer bir kısmı da baca gazları ile sürüklenerek önce siklonlarda, daha sonra da elektrofiltrelerde tutulur. Baca gazları ile sürüklenen ve hava ile temas ederek ani soğuma ile puzolanik özellik kazanan bu küllere “ uçucu kül “ denir [3].

Düşük maliyetli materyallerin atıksu arıtımında kullanımını son yıllarda bilim adamlarının ilgisini daha fazla çekmektedir. Temelde adsorpsiyon ve kimyasal çökeltme kinetiğine dayanan bu arıtım mekanizmalarında aktif alümin, toz alüminyum oksit, fırın cürufu, aktif kırmızı çamur uçucu kül ve diğer birkaç materyal gibi pek çok madde adsorban olarak kullanılarak, atıksudan çeşitli kirleticilerin giderimi sağlanmıştır. Özellikle toz alüminyum oksit, cüruf, uçucu kül, yarı yakılmış dolomit ve fındık kabuğundan hazırlanan aktif karbon ile yapılan çalışmalarda atıksudan fosfat gideriminde oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Kömürle çalışan termik santrallerde çok fazla üretilmesi sonucu ortaya çıkan çok ciddi uzaklaştırma ve boşaltma sorunlarının bulunması, uçucu küllerin atıksu arıtımında kullanımını cazip hale getirmektedir [4].

Sabit basınç altında tutulan bir gaz veya buhar ısıtılarak yüzeyi temizlenmiş bir katı ile temasa getirilirse, gaz veya buharın hacminin küçüldüğü görülür. Eğer aynı işlem sabit hacim altında yapılırsa gaz veya buharın basıncının düştüğü gözlenir. Öyleyse gaz veya buharın bir kısmı katı tarafından tutulmaktadır. Bu tutulma iki türlü olabilir. Birincisi gaz veya buhar moleküllerinin katı içinde homojen olarak çözünmesi, ikincisi ise katı yüzeyinde tutunmasıdır. Birinci olguya adsorpsiyon, ikinciye ise adsorpsiyon adı verilir. Her iki olgu da birlikte varsa sorpsiyon deyimi kullanılır [5].

A.Yeğen, 42 Evler mah.. Şehit Ali Çavuş Sokak, No: 20, Kat: 3, 41040, İzmit – Kocaeli. [aysenyegen@hotmail.com](mailto:aysenyegen@hotmail.com)  
N. Yalçın, Sakarya Üniversitesi, Kimya Bölümü, Mithatpaşa – Sakarya.

Bu çalışmanın amacı, sulu çözeltilerden fosfat iyonu gideriminde adsorban olarak uçucu külün kullanılabilirliğini araştırmaktır. Başlangıç konsantrasyonu, karıştırma süresi, karıştırıcı hızı, pH, sıcaklık, adsorban madde miktarı etkisi parametreler değiştirilerek, uçucu külün adsorpsiyon üzerindeki etkisi incelenmiştir.

## II. MATERYALVE METOD

Bu çalışmada kullanılan uçucu kül, sarsıntılı elek kullanılarak üç farklı tane boyutuna ayrılmış ve 100 mesh elek üzerindeki orta tane boyutlu olanlar deneylerde kullanılmıştır.

Numuneler, 250' lik cam erlenler içerisinde, kontrollü ısıtma yapılabilen manyetik karıştırıcılar kullanılarak hazırlanmış ve mavi bant süzgeç kağıtlarından süzülerek, elde edilen berrak çözeltiler, UV Spektrofotometresi' nde, 325 nm dalga boyunda okutulmuştur.

## III. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

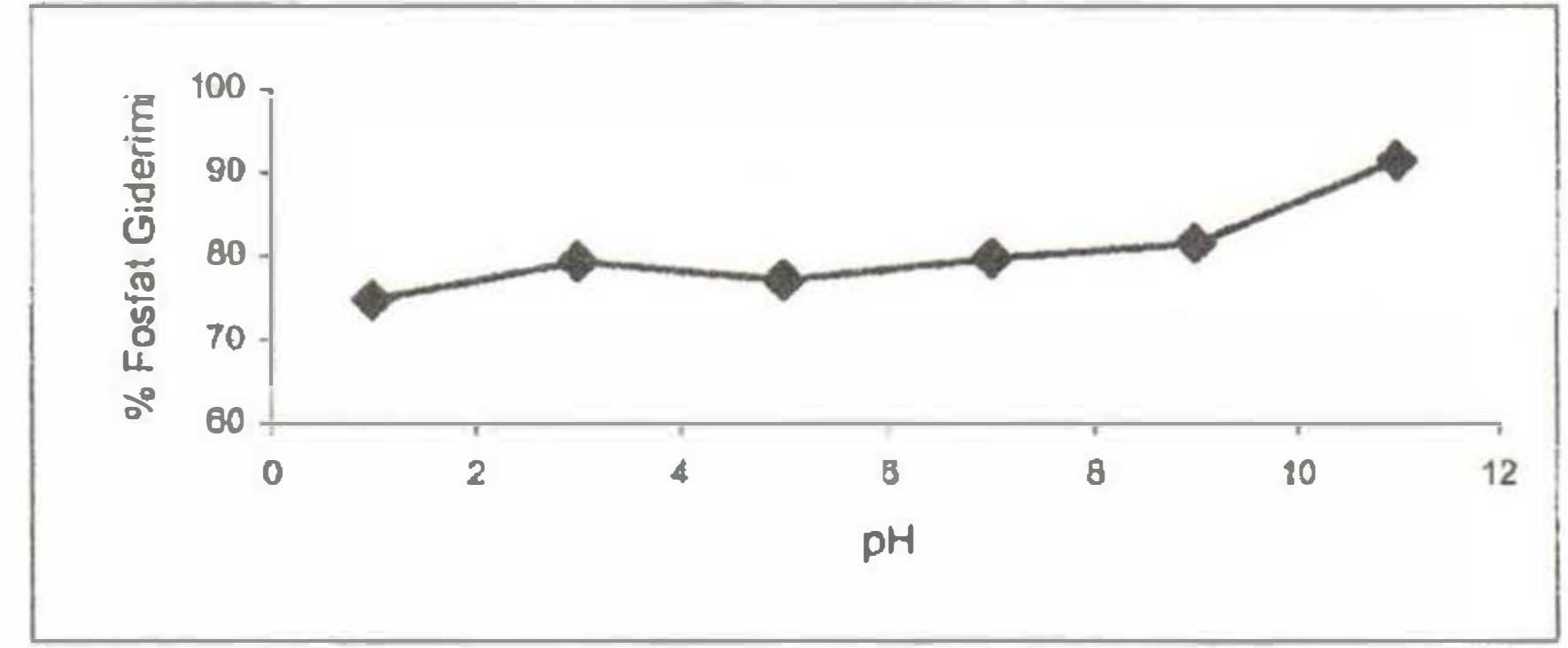
### III.1. Adsorpsiyona pH' ın Etkisi

Adsorpsiyona, pH' ın etkisi incelenirken; 0,5 g numune, 250 ml' lik erlen içerisinde, 100 ml hacimde, 20 mgP/l konsantrasyonunda hazırlanmış  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  içerisine katılarak manyetik karıştırıcı ile oda sıcaklığında karıştırılmış ve bu süre sonunda çözelti, mavi bant süzgeç kağıdından süzülerek berrak kısım UV Spektrofotometresi' nde okutulmuştur. Bu işlemler pH 1, 3, 5, 7, 9 ve 11 için yapılmıştır. pH ölçümleri sırasındaki ayarlamalar 0,1 N HCl veya NaOH çözeltileri ile yapılmıştır.

Bunun sonucunda, uçucu kül ile fosfat gideriminde, verimin pH' a bağlı olduğu görülmüştür. pH değerinin 11 olduğu aralıkta fosfat gideriminin oldukça yükseldiği ve maksimuma yaklaştığı gözlenmiştir.

Tablo 1. pH değerlerine karşılık gelen kons. ve % adsorpsiyon değerleri

pH	konsant. (mg/l)	% fosfat giderimi
1	5,05670	74,7165
3	4,12678	79,3661
5	4,56526	77,1737
7	4,06504	79,6748
9	3,68529	81,5736
11	1,67591	91,6205



Şekil 1. pH değerinin, fosfat iyonlarının uçucu kül üzerine adsorpsiyonuna etkisi. ( Karış. süresi: 30 dak., uçucu kül kons. 0,5 g/100 ml, karıştırıcı hızı 100 rpm, fosfat kons. 20 mgP/l )

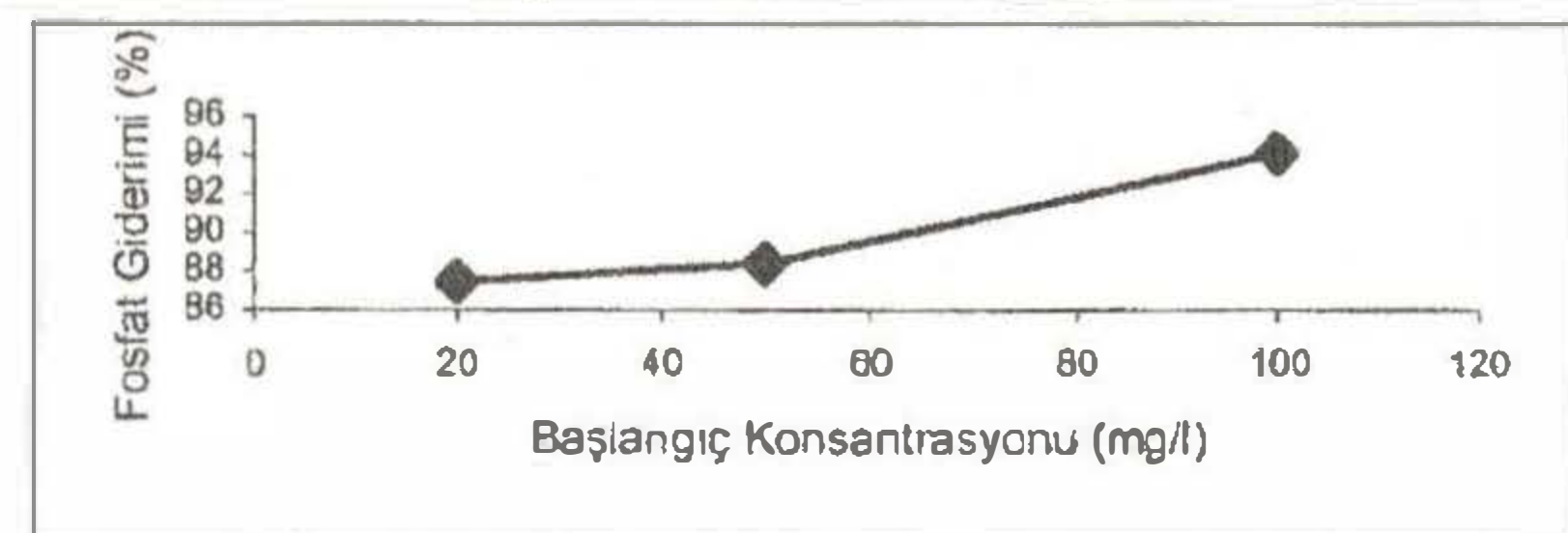
### III.2. Başlangıç Konsantrasyonunun Etkisi

Adsorpsiyona başlangıç konsantrasyonunun etkisi incelenirken; 0,5 g numune, 250 ml' lik erlen içerisinde, 100 ml hacimde, 20 mgP/l konsantrasyonunda hazırlanmış  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  içerisine katılarak manyetik karıştırıcı ile oda sıcaklığında karıştırılmış ve bu süre sonunda çözelti, mavi bant süzgeç kağıdından süzülerek berrak kısım UV Spektrofotometresi' nde okutulmuştur. Bu işlemler 20 mgP/l, 50 mgP/l ve 100 mgP/l için yapılmıştır.

Bunun sonucunda, uçucu kül ile fosfat gideriminde, verimin büyük oranda başlangıç konsantrasyonuna bağlı olduğu gözlenmiştir. Başlangıç fosfat konsantrasyonunun artışıyla giderimin de artması, uçucu külün yüksek fosfat konsantrasyonlarında da adsorpsiyonunun yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Başlangıç konsantrasyonuna karşılık gelen fosfat kons. ve % adsorpsiyon değerleri

baş.kons.(mg/l)	konsant. (mg/l)	% fosfat giderimi
20	0,9829	87,4605
50	2,3163	88,3996
100	2,3595	94,0904



Şekil 2. Başlangıç konsantrasyonunun fosfat iyonlarının uçucu kül üzerine adsorpsiyonuna etkisi. ( Karış. süresi: 30 dak., uçucu kül kons. 0,5 g/100 ml, karıştırıcı hızı 100 rpm, fosfat kons. 20 mgP/l )

### III.3. Karıştırma Hızının Etkisi

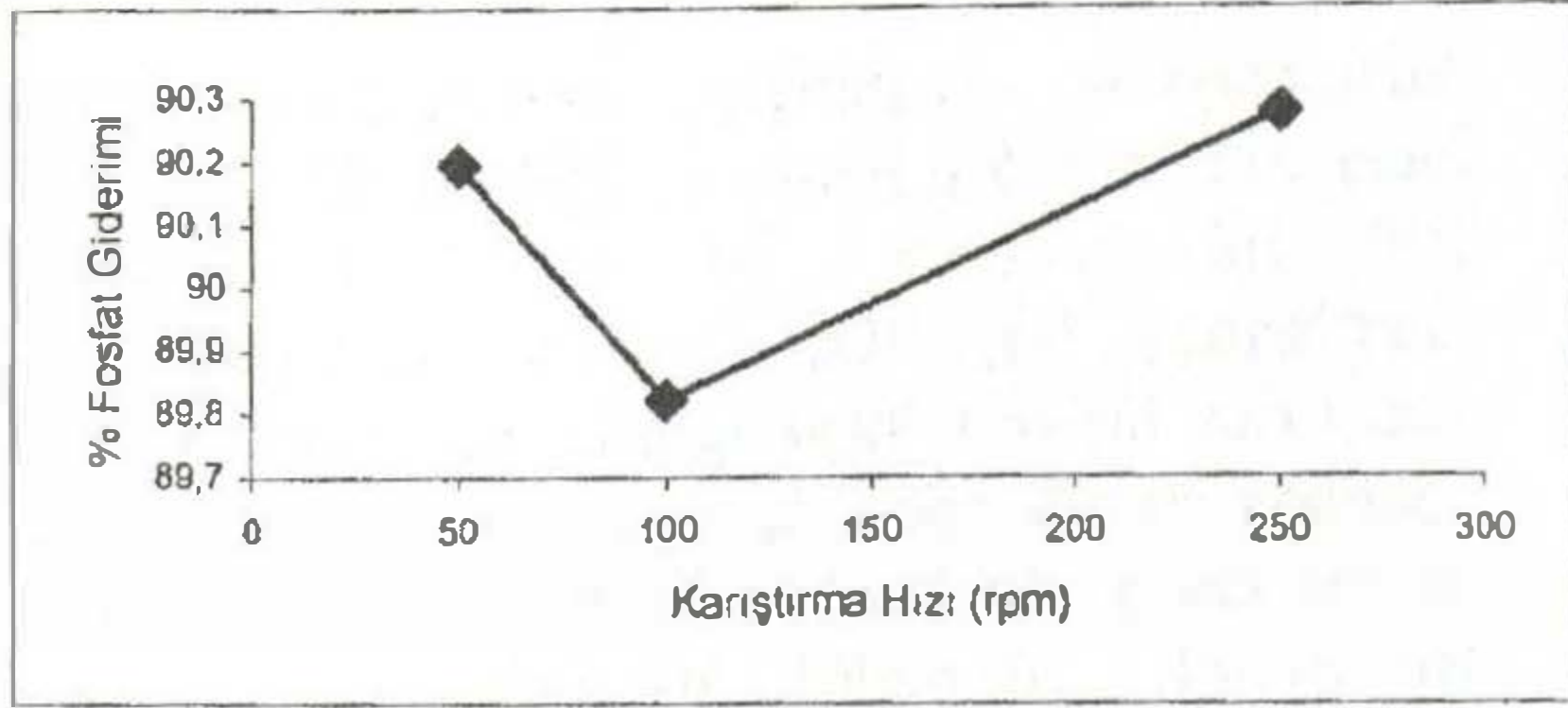
Adsorpsiyona, karıştırma hızının etkisi incelenirken; 0,5 g numune, 250 ml' lik erlen içerisinde, 100 ml hacimde, 20 mgP/l konsantrasyonunda hazırlanmış  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  içerisine katılarak manyetik karıştırıcı ile oda sıcaklığında karıştırılmış ve bu süre sonunda çözelti, mavi bant süzgeç kağıdından süzülerek berrak kısım UV

Spektrofotometresi' nde okutulmuştur. Bu işlemler 50, 100 ve 250 rpm hızları için yapılmıştır.

Bunun sonucunda, karıştırma hızının artması halinde fosfat konsantrasyonunun 100 rpm' lik karıştırma hızına kadar azalma gösterdiği, bunun üzerindeki hızlarda gittikçe arttığı ve en iyi fosfat giderme veriminin de 250 rpm karıştırma hızında elde edildiği gözlenmiştir.

Tablo 3. Karıştırıcı hızı değişimine karşılık gelen fosfat kons. ve % adsorpsiyon değerleri

karıştırma hızı	konsant. (mg/l)	% fosfat giderimi
50	1,96086	90,1957
100	2,03556	89,8222
250	1,94472	90,2764



Şekil 3. Karıştırma hızının fosfat iyonlarının uçucu kül üzerine adsorpsiyonuna etkisi. ( Karış. süresi: 30 dak., uçucu kül kons. 0,5 g/100 ml, fosfat kons. 20 mgP/l )

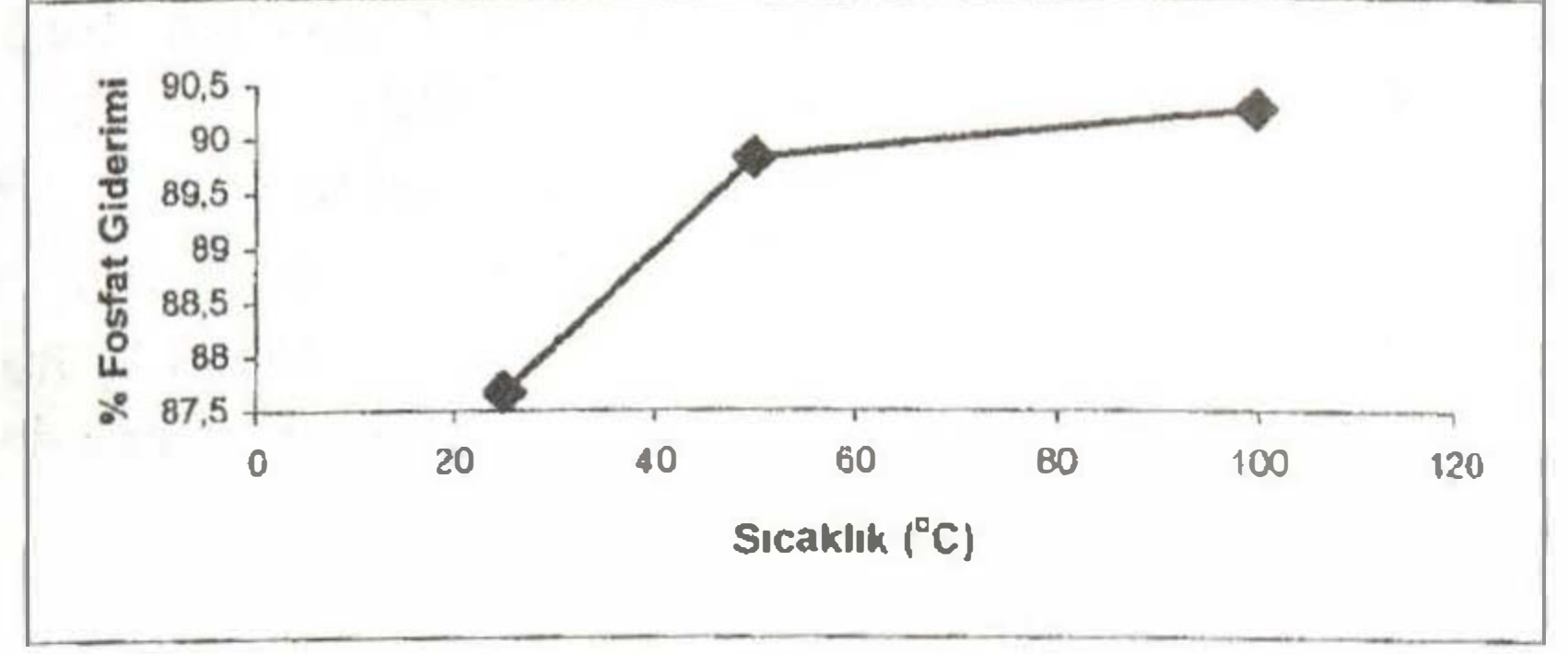
#### III.4. Sıcaklığın Etkisi

Adsorpsiyona sıcaklığın etkisi incelenirken; 0,5 g numune, 250 ml' lik erlen içerisinde, 100 ml hacimde, 20 mgP/l konsantrasyonunda hazırlanmış Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> içerisine katılarak manyetik karıştırıcı ile karıştırılmış ve bu süre sonunda çözelti, mavi bant süzgeç kağıdından süzülerek berrak kısım UV Spektrofotometresi' nde okutulmuştur. Bu işlemler 25°C, 50°C ve 100°C sıcaklıklar için yapılmıştır.

Bunun sonucunda, uçucu kül ile fosfat gideriminde, sıcaklığın çok belirgin bir etkisi olmadığı, sıcaklığın artmasıyla çözeltideki fosfat iyonu konsantrasyonunun bir miktar azaldığı görülmüştür. Fosfat iyonlarının uçucu kül ile adsorpsiyonu sıcaklıkla yok denecek kadar az miktarda artmaktadır.

Tablo 4. Sıcaklık değişimine karşılık gelen fosfat kons. ve % adsorpsiyon değerleri

sıcaklık °C	konsant. (mg/l)	% fosfat giderimi
25	2,46693	87,6654
50	2,03556	89,8222
100	1,94472	90,2764



Şekil 4. Sıcaklık değişiminin fosfat iyonlarının uçucu kül üzerine adsorpsiyonuna etkisi. ( Karış. süresi: 30 dak., uçucu kül kons. 0,5 g/100 ml, karıştırıcı hızı 100 rpm, fosfat kons. 20 mgP/l )

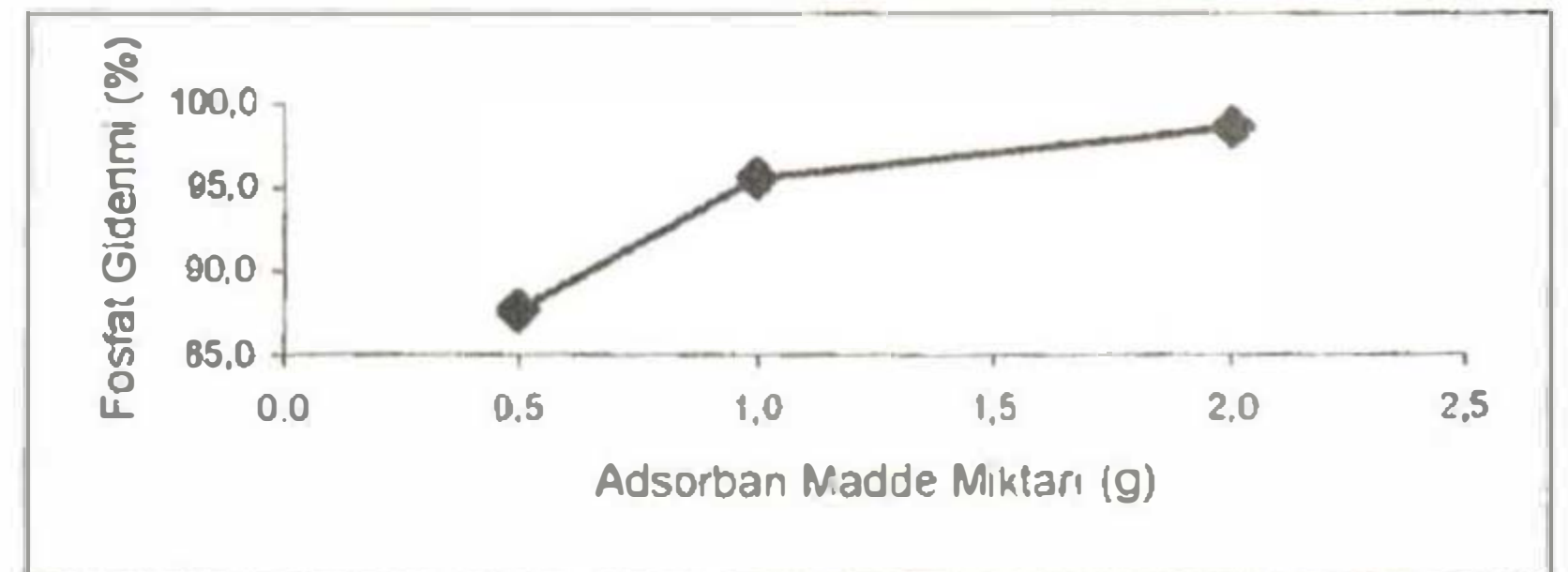
#### III.5. Adsorban Madde Miktarının Etkisi

Adsorpsiyona adsorban madde miktarının etkisi incelenirken; 0,5 g numune, 250 ml' lik erlen içerisinde, 100 ml hacimde, 20 mgP/l konsantrasyonunda hazırlanmış Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> içerisine katılarak manyetik karıştırıcı ile oda sıcaklığında karıştırılmış ve bu süre sonunda çözelti, mavi bant süzgeç kağıdından süzülerek berrak kısım UV Spektrofotometresi' nde okutulmuştur. Bu işlemler adsorbanın 0,5, 1,0 ve 2,0 gramlık miktarları için yapılmıştır.

Bunun sonucunda, uçucu kül ile fosfat gideriminde, verimin büyük oranda adsorban miktarına bağlı olduğu görülmüştür. Adsorban miktarının artışıyla fosfat giderimi miktara bağlı olarak gittikçe artmaktadır.

Tablo 5. Adsorban madde miktarına karşılık gelen fosfat kons. ve % adsorpsiyon değerleri

adsorban mik. (g)	konsant. (mg/l)	% fosfat giderimi
0,5	2,46693	87,6654
1	0,87340	95,6330
2	0,26791	98,6605



Şekil 5. Değişik adsorban miktarlarına karşılık gelen fosfat kons.değişimi. ( Karış. süresi: 30 dak., karıştırıcı hızı 100 rpm, fosfat kons. 20 mgP/l )

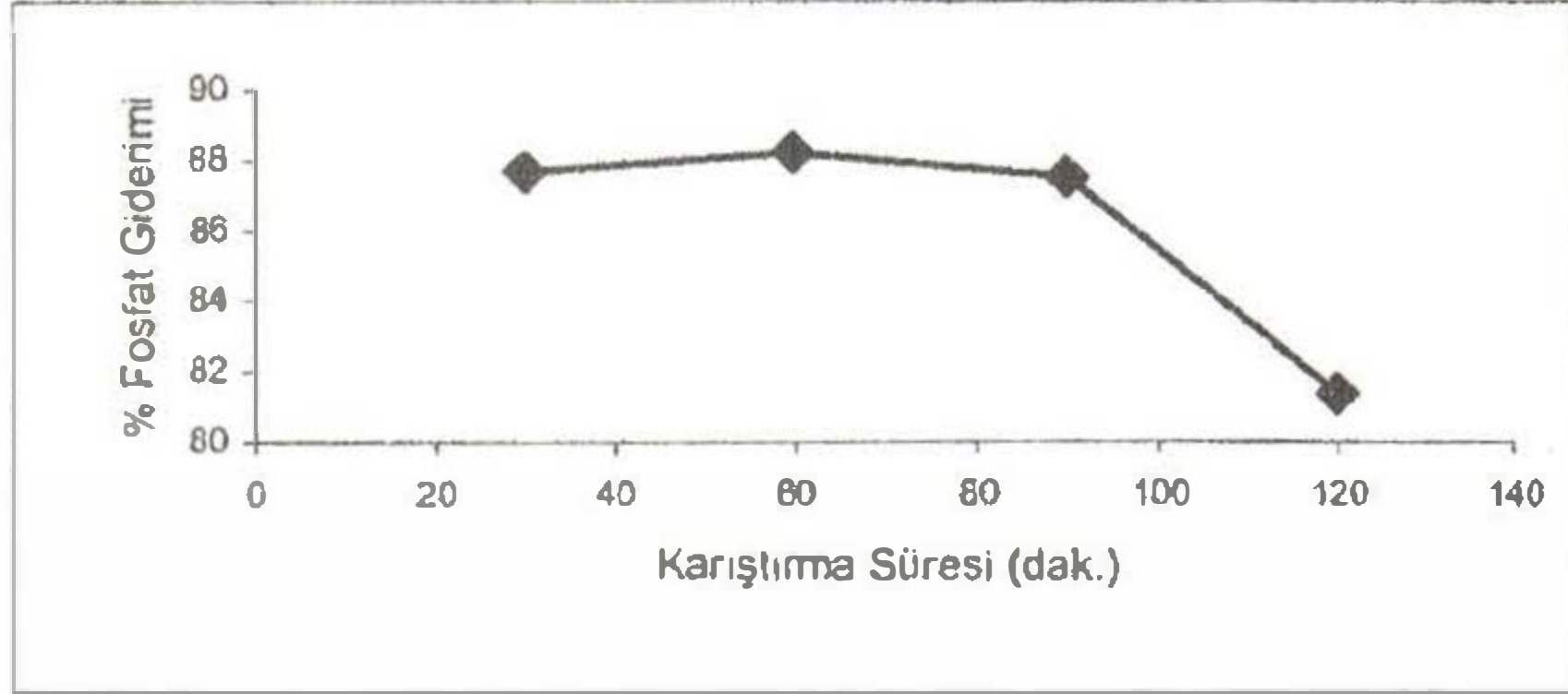
#### III.6. Karıştırma Süresinin Etkisi

Adsorpsiyona karıştırma süresinin etkisi incelenirken; 0,5 g numune, 250 ml' lik erlen içerisinde, 100 ml hacimde, 20 mgP/l konsantrasyonunda hazırlanmış Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> içerisine katılarak manyetik karıştırıcı ile karıştırılmış ve bu süre sonunda çözelti, mavi bant süzgeç kağıdından süzülerek berrak kısım UV Spektrofotometresi' nde okutulmuştur. Bu işlemler 30, 60, 90 ve 120 dakikalık karıştırma süreleri için yapılmıştır.

Bunun sonucunda, karıştırma süresinin 60 dakikaya kadar olan kısmında fosfat konsantrasyonunda hızlı bir gideriminin olduğu, ancak ilerleyen zamanlarda fosfat gideriminin yavaşladığı gözlenmiştir.

Tablo 6. Değişik karıştırma sürelerine karşılık gelen fosfat kons. ve % adsorpsiyon değerleri

karış.süresi (dak.)	konsant. (mg/l)	% fosfat giderimi
30	2,46693	87,6654
60	2,35748	88,2126
90	2,50082	87,4959
120	3,72570	81,3715



Şekil 6. Değişik karıştırma sürelerine karşılık gelen fosfat kons. Değişimi. . ( Uçucu kül kons. 0,5 g/100 ml, fosfat kons. 20 mgP/l, karıştırma hızı 100 rpm )

#### IV. SONUÇ

Sulardaki fosfatın uçucu kül kullanılarak giderimi üzerine yapılan çalışmaların sonucunda, uçucu küllerin fosfat uzaklaştırılmasında yüksek bir giderim kapasitesine sahip olduğu gözlenmiştir.

Yapılan çalışmalar neticesinde adsorbent konsantrasyonunun artmasının adsorpsiyon verimini arttırdığı, sıcaklık artışının belirgin bir etkisinin olmadığı, pH' ın artması ile fosfat gideriminin arttığı, başlangıç konsantrasyonunun artışıyla fosfat gideriminin düştüğü, karıştırma hızının verimi arttırdığı ve karıştırma süresinin 120 dakika civarında olduğu zaman adsorpsiyon miktarının maximuma yaklaştığı gözlenmiştir.

#### KAYNAKLAR

- [1] İrdemez, Ş., Yıldız, Y.Ş., Demircioğlu, N., "Ulusal Sanayii – Çevre Sempozyumu ve Sergisi", Mersin Üniversitesi, Müh. Fak., Çevre Müh. Böl.,119, Mersin, 25 – 27 Nisan, 2001.
- [2] Kadiroğlu, K.O., Sökmen, C.N., "Bilim ve Teknik Dergisi", Sayı 319, Haziran, 1994.
- [3] Ölmez, H., "Endüstriyel ve Tarımsal Atıkların Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi", Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, No: 47, Samsun, 1988.
- [4] Salman, B., Uğurlu, A., "Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Programı", Kırşehir, 3 – 5 Eylül, 1997.
- [5] Erdik, E., Sarıkaya, Y., "Temel Üniversite Kimyası", Cilt 1, 420, Ankara, 1984.