

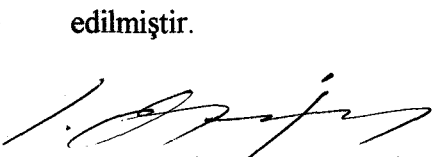
T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


MEŞE PALAMUTUNDAN (VALONİA) ELDE EDİLEN  
TANİN'İN SU ARITIMINDA DOĞAL POLİELEKTROLİT  
OLARAK KULLANILMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA


DOKTORA TEZİ  
Mahmut ÖZACAR

Enstitü Anabilim Dalı : KİMYA

Bu tez 12 / 01 / 1998 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

  
Prof. Dr. İ. Ayhan ŞENGİL

  
Prof. Dr. Hüseyin GÜLENSOY

  
Prof. Dr. Osman TUTKUN

Jüri Başkanı

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı titizlikle yöneten, çalışma süresince her türlü teşvik ve fedakarlığı esirgemeyerek çalışma imkanı sağlayan, bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim kıymetli hocam Sayın Prof.Dr. İ. Ayhan ŞENGİL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarına yakın ilgi ve alaka gösteren, değerli fikirleriyle beni her zaman destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof.Dr. Osman TUTKUN, Sayın Doç.Dr. Ali Osman AYDIN, Sayın Doç.Dr. Oktay ARSLAN, Sayın Yrd.Doç.Dr. Ahmet ALP, Sayın Yrd.Doç.Dr. Murat TEKER ve Sayın Yrd.Doç.Dr. M. Şahin DÜNDAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma boyunca çeşitli yardım ve desteklerini gördüğüm; Kimya Blm. Uzm. Mustafa GÜLFEN, Çev. Yük. Müh. Recep Ali KUMBASAR, Arş.Gör. Kubilay ÜLKÜ, Arş.Gör. Hüseyin KOCAMAN, Arş.Gör. H. Ahmet YILDIRIM, Çevre Yük. Müh. Haluk GEZBUL, Çevre Yük. Müh. Erdoğan ŞENOL, Kimya Blm. Uzm. Selahattin SERT, Toprak İlaç Fabrikası'ndan Kimya Blm. Uzm. Sedat KULAÇ, SÜMER HOLDİNG A.Ş. Salihli Palamut ve Valeks İşletmesi'nden İşletme Müd. Sadettin ÖZLÜK ve Teknik Müd. Mustafa ÖZDEMİR, İSKİ Su Arıtma Daire Başkanı İsmail TÜRKMEÑOĞLU, İSKİ Feriköy Su Arıtma Müd. Füsun ÖZAY, TÜVASAŞ'tan Mak. Müh. Vedat TUNÇBİLEK'e ve mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım esnasında her türlü destek ve teşviklerini esirgemeyerek bana anlayış gösteren aileme teşekkür ederim.

Mahmut ÖZACAR

## İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	IX
TABLolar LİSTESİ.....	XXXIX
ÖZET.....	XLV
SUMMARY.....	XLVI

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
------------	---

### BÖLÜM 2.

TANİNLER.....	4
2.1. Taninlerin Bulunduğu Kaynaklar ve Biyosentezi.....	4
2.2. Taninlerin Yapıları.....	6
2.3. Taninlerin Ekstraksiyonu ve Ekstraktların Fraksiyonlanması.....	12
2.4. Türkiye’de Tanin Üretimi.....	13
2.5. Tanin Analiz Metodları.....	15
2.5.1. Protein ve alkaloid çöktürme metodları.....	15
2.5.2. Fenolik halkalar ile reaksiyon verme esasına dayanan metodlar.....	16
2.5.2.1. Toplam fenol tayini için reaktifler.....	16
2.5.2.2. m-Difenoller için reaktifler.....	17
2.5.2.3. o-Difenollerin tayini için reaktifler.....	18
2.5.3. Depolimerizasyon esasına dayanan metodlar.....	18
2.5.3.1. Hidroliz olabilen taninler.....	18
2.5.3.2. Proantosyanidinler.....	19
2.6. Taninlerin Kullanım Alanları.....	19

### BÖLÜM 3.

KOAGÜLASYON ve FLOKÜLASYON.....	22
3.1. Kolloidal Çözeltiler ve Kolloidal Taneciklerin Özellikleri.....	22

3.2. Sakin Çökme	26
3.3. Koagülanlar	27
3.4. Doğal Polielektrolit Olarak Tanınlar	28
3.5. Koloidlerin Destabilizasyonu	30
3.5.1. Metal koagülanlar ile destabilizasyon	30
3.5.2. Polielektrolitler ile destabilizasyon	30
3.5.2.1. Kolloidlerin yük nötralizasyonu ile destabilizasyonu	31
3.5.2.2. Partiküller arası köprü oluşumu ile destabilizasyon	32
3.5.2.3. Yük nötralizasyonu/çökme modeli	33
3.6. Koagülasyona Etki Eden Faktörler	33
3.7. Destabilize Olmuş Kolloidlerin Flokülasyonu	36
3.8. Koagülasyon Yoluyla Fosfat Giderme	37
3.9. Koagülasyon ve Flokülasyonun Önemi	37

#### BÖLÜM 4.

DENEYSEL ÇALIŞMA METODLARI	39
4.1. Kimyasallar ve Koagülanlar	39
4.2. Deneylerde Kullanılan Aletler	40
4.3. Analiz Metodları	41
4.4. Jar-Test Deneylerinde Kullanılan Sentetik Suların Hazırlanması	44
4.5. Deneylerde Kullanılan Jar-Test Cihazının Devir Sayısı ile Hız Gradienti Arasındaki İlişki	45
4.6. Deneylerde Kullanılan Hız Gradientinin Seçimi	46
4.7. Kolonda Sakin Çökme Deneyi	47
4.8. Jar-Test Deneyleri	47
4.9. Özgül Direnç Tayini	48
4.10. Yumaklaşmış Çamurların Çökme Hızlarının Tayini	49

#### BÖLÜM 5. BULANIKLIK GİDERME DENEYLERİNİN

SONUÇLARI ve DEĞERLENDİRİLMESİ	50
5.1. Süspansiyonların Sakin Çökme Deneyi Sonuçları	50
5.1.1. Çökme hızlarına ait frekans dağılımının hesabı	53
5.1.2. Çökme veriminin yüzeysel hidrolik yük ile değişimi	54
5.2. Flokülasyonla Bulanıklık Giderme	55



5.2.1. Bulanıklık gidermede pH ve bulanıklık miktarının etkisi .....	55
5.2.1.1. Aluminyum sülfat ile yapılan deneyler .....	55
5.2.1.2. Tanin ile yapılan deneyler .....	63
5.2.1.3. AN913 ile yapılan deneyler .....	68
5.2.1.4. Aluminyum sülfat, AN913 ve Tanin ile yapılan deneylerin pH ya göre mukayesesi .....	74
5.3. Bulanıklık Gidermeye Karıştırma Hızının Etkisi .....	92
5.4. Bulanıklık Gidermeye Karıştırma Süresinin Etkisi .....	93
5.5. Bulanıklık Gidermeye Çeşitli İyonların Etkisi .....	95
5.5.1. Aluminyum sülfat ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkisi .....	95
5.5.2. Tanin ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkisi .....	98
5.5.3. AN913 ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkisi .....	101
5.5.4. $Al_2(SO_4)_3$ , AN913 ve tanin ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkilerinin iyon türüne göre mukayesesi .....	105
5.6. Özgül Direnç Deneylerinin Sonuçları .....	113
5.7. Flok İlk Oluşum Zamanları .....	121
5.8. Çökme Hızı Çalışmalarının Sonuçları .....	122

## BÖLÜM 6.

TANİNİN FLOKÜLANT YARDIMCISI OLARAK KULLANILMASI .....	127
6.1. Taninin Flokülant Yardımcısı Olarak Kullanılması .....	127
6.2. AN913 ün Flokülant Yardımcısı Olarak Kullanılması .....	128
6.3. Özgül Direnç Ölçümleri .....	132
6.4. Flok İlk Oluşum Zamanları .....	137
6.5. Çökme Hızları .....	137
6.6. Optimum Koagülant, Flokülant Yardımcısı Dozlarının Tesbiti ve Ekonomik Mukayesesi .....	142

## BÖLÜM 7.

FOSFAT GİDERME ÇALIŞMALARININ SONUÇLARI ve DEĞERLENDİRİLMESİ .....	146
7.1. Bulanıklık ile Birlikte Fosfat Giderme .....	146
7.1.1. Bulanık sularda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan fosfat giderme çalışmaları .....	146
7.1.2. Bulanık sularda tanin ile yapılan fosfat giderme çalışmaları .....	158

7.1.3. Bulanık sulardan AN913 ile yapılan fosfat giderme çalışmaları .....	164
7.1.4. Bulanık sularda $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak yapılan fosfat giderme çalışmaları.....	170
7.1.5. Bulanık sularda $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak yapılan fosfat giderme çalışmaları .....	181
7.1.6. $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 ün bulanıklıkla birlikte fosfat giderme yeterliliklerinin mukayesesi .....	192
7.2. Bulanık Olmayan Sulardan Fosfat Giderme.....	219
7.2.1. $Al_2(SO_4)_3$ ile fosfat gidermeye pH nın etkisi .....	219
7.2.2. Bulanık olmayan sulardan $Al_2(SO_4)_3$ ile fosfat giderme çalışmaları.	220
7.2.3. Bulanık olmayan sulardan $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak fosfat giderme çalışmaları.....	222
7.2.4. Bulanık olmayan sulardan $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak fosfat giderme çalışmaları.....	224
7.2.5. Bulanık olmayan sulardan $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 ün fosfat giderme yeterliliklerinin mukayesesi .	226

## BÖLÜM 8.

SONUÇLAR.....	230
---------------	-----

## BÖLÜM 9.

TARTIŞMA ve ÖNERİLER.....	233
---------------------------	-----

KAYNAKLAR.....	239
----------------	-----

ÖZGEÇMİŞ.....	248
---------------	-----

## SİMGELER LİSTESİ

A	Pedalın alanı, m <sup>2</sup>
A <sub>f</sub>	Filtre kağıdı alanı, m <sup>2</sup>
b	Herhangi bir t zamanındaki bulanıklık miktarı, FTU
b <sub>0</sub>	t = 0 zamanındaki bulanıklık miktarı, FTU
b <sub>0</sub>	Özgül direnç katsayısı, Sabit
C <sub>D</sub>	Sürüklenme katsayısı, sabit
F <sub>D</sub>	Dönen pedal üzerinde suyun sürüklenme kuvveti, kg.m/s <sup>2</sup>
G	Hız gradienti, s <sup>-1</sup>
M	Molarite, mol/L
μ	Dinamik vizkozite, kg.m <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup>
P	Karıştırma esnasında suya verilen güç, kg. m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>
P <sub>v</sub>	Vakum basıncı, N.m <sup>-2</sup>
pH	Çözeltideki hidrojen iyonu molar derişiminin eksi logaritması
ρ	Suyun yoğunluğu, kg.m <sup>-3</sup>
r	Çamur özgül direnci, m.kg <sup>-1</sup>
TL	Türk Lirası
t	Zaman, dakika ve saniye
V	Flokülatör hacmi, m <sup>3</sup>
V <sub>r</sub>	Karıştırma kanatlarının çevresel hızı, m.s <sup>-1</sup>
W	Kektaki toplam katı madde, kg
\$	Amerika Birleşik Devletleri para birimi, Dolar

### Kısaltmalar

AA	Amino asitler
AN913	Sentetik anyonik polielektrolit
A.Ş.	Anonim Şirketi
Bkz.	Bakınız
BSA	İnek Serum Albumini
CHO	Karbonhidratlar
cP	Vizkozite birimi, cantipoise

ÇOC	Çözünmüş organik karbon
dk	Dakika
EDTA	Etilendiamin tetra asetik asit
ET	Ellagitanin
et al.	Ve diğerleri (yabancı kaynaklara ait)
FTU	Bulanıklık birimi, Formazin turbidity unit
G	Galloil grubu
GT	Gallotanin
g	Gram
HC	Hidrokarbonlar
HHDF	Hegzahidroksidifenol
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İşletmesi
KOI	Kimyasal oksijen ihtiyacı
L	Litre
M	Molarite
Me	Metil grubu
m	Meta
mg/L	Miligram/litre
mL	Mililitre
µm	Mikrometre
N-C-A	Noniyonik-Anyonik-Katyonik
o	Orto
PA	Proantosiyanidin
POC	Partikül organik karbon
ppm	Milyonda bir kısım
rpm	Devir/dakika
T	Tanin
UV	Ultraviyole
w/v	Ağırlık/hacim oranı
YA	Yağ asitleri

## ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 2.1. *Quercus cerris* L. (Meşe), (1) Palamut taşıyan dal; (2) Dişi çiçek; (3) Erkek çiçek durumunun bir kısmı; (4) Genç palamuttan boyuna kesit; (5) ve (6) Yaprak şekilleri; (7) Dişi çiçek diyagramı (Yakar, 1964) ..... 5
- Şekil 2.2. (1) gallik asid, (2) hegzahidroksidifenik asid, (3) flavon 3,4-diol ün yapısı (Lewis and Yamamoto, 1989)..... 7
- Şekil 2.3. (1)  $\beta$ -glikopentagallin ve (2) meta-depsit esterlerine sahip gallotaninin yapısı (Haslam, 1966) ..... 8
- Şekil 2.4. (1) 3,4,5-tri-O-metil gallik asid ve (2) 3,4-di-O-metil gallik asidin oluşumu (Haslam, 1966)..... 8
- Şekil 2.5.  $\beta$ -penta-O-galloil-D-glikozun yapısı (Haslam, 1966) ..... 9
- Şekil 2.6. İki ellagitanin yapısı (Lee, et al., 1992)..... 9
- Şekil 2.7. Valonik asid dilakton (Haslam, 1966)..... 10
- Şekil 2.8. (1) Quersetin, (2) mirisetin, (3) kateşin, (4) epikateşin ve (5) epigallokateşin yapıları (Lewis and Yamamoto, 1989)..... 10
- Şekil 2.9. Prosiyanidin dimerleri; (1) prosiyanidin B-1, (2) B-2, (3) B-3, (4) B-4, (5) B-5, (6) B-6 (Haslam, 1989)..... 11
- Şekil 2.10. Bazı prosiyanidin trimerleri; (1) prosiyanidin C-1, (2) prosiyanidin C-2 (Haslam 1989)..... 12

Şekil 3.1. Sudaki partiküllerin büyüklük spektrumu ve filtre porları (Gölhan ve Aksoğan, 1970; Bratby, 1980; Bolto, 1995) .....	23
Şekil 3.2. Kolloidal partiküllerin taşıdığı potansiyelle birlikte çift tabaka modeli (Bratby, 1980).....	26
Şekil 3.3. Yük nötralizasyonu ile elektrostatik çekim modeli (Bolto, 1995) .....	31
Şekil 3.4. Polielektrolitlerle kolloid destabilizasyonu için O'Melia köprü oluşum modeli (Edzwald, 1981) .....	34
Şekil 3.5. Polietilenimin ile humik asidin destabilizasyonu ve agregasyonunun şematik gösterimi (Bolto, 1995) .....	35
Şekil 4.1. Jar-test cihazı .....	41
Şekil 4.2. Sakin çökeltme kolonu .....	47
Şekil 4.3. Çamur özgül direnci tayini için düzenek [Şengil, 1982].....	49
Şekil 5.1. 400 mg/L kaolin için çökeltme süresi ile bulanıklığın değişimi .....	51
Şekil 5.2. 800 mg/L kaolin için çökeltme süresi ile bulanıklığın değişimi .....	52
Şekil 5.3. 400 mg/L için çökeltme hızlarına ait frekans eğrileri .....	53
Şekil 5.4. 800 mg/L için çökeltme hızlarına ait frekans eğrileri .....	53
Şekil 5.5. Çökeltme veriminin yüzeysel hidrolik yük ile değişmesi .....	54
Şekil 5.6. 10 FTU bulanıklıktaki sentetik suda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan jar-test deneyleri.....	57

Şekil 5.7. 10 FTU bulanıklıktaki sentetik suda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan jar-test deneyleri.....	57
Şekil 5.8. 20 FTU bulanıklıktaki sentetik suda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan jar-test deneyleri.....	58
Şekil 5.9. 20 FTU bulanıklıktaki sentetik suda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan jar-test deneyleri.....	58
Şekil 5.10. 50 FTU bulanıklıktaki sentetik suda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan jar-test deneyleri.....	59
Şekil 5.11. 50 FTU bulanıklıktaki sentetik suda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan jar-test deneyleri.....	59
Şekil 5.12. 100 FTU bulanıklıktaki sentetik suda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan jar-test deneyleri.....	60
Şekil 5.13. 100 FTU bulanıklıktaki sentetik suda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan jar-test deneyleri.....	60
Şekil 5.14. 200 FTU bulanıklıktaki sentetik suda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan jar-test deneyleri.....	61
Şekil 5.15. 200 FTU bulanıklıktaki sentetik suda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan jar-test deneyleri.....	61
Şekil 5.16. 300 FTU bulanıklıktaki sentetik suda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan jar-test deneyleri.....	62
Şekil 5.17. 300 FTU bulanıklıktaki sentetik suda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan jar-test deneyleri.....	62
Şekil 5.18. 10 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ile yapılan jar-test deneyleri....	65

Şekil 5.19. 20 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ile yapılan jar-test deneyleri ....	65
Şekil 5.20. 50 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ile yapılan jar-test deneyleri ....	66
Şekil 5.21. 100 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ile yapılan jar-test deneyleri ..	66
Şekil 5.22. 200 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ile yapılan jar-test deneyleri ..	67
Şekil 5.23. 300 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ile yapılan jar-test deneyleri ..	67
Şekil 5.24. 10 FTU bulanıklıktaki sentetik suda AN913 ile yapılan jar-test deneyleri.....	70
Şekil 5.25. 20 FTU bulanıklıktaki sentetik suda AN913 ile yapılan jar-test deneyleri.....	70
Şekil 5.26. 50 FTU bulanıklıktaki sentetik suda AN913 ile yapılan jar-test deneyleri.....	71
Şekil 5.27. 100 FTU bulanıklıktaki sentetik suda AN913 ile yapılan jar-test deneyleri.....	71
Şekil 5.28. 200 FTU bulanıklıktaki sentetik suda AN913 ile yapılan jar-test deneyleri.....	72
Şekil 5.29. 300 FTU bulanıklıktaki sentetik suda AN913 ile yapılan jar-test deneyleri.....	72
Şekil 5.30. 10 FTU bulanıklığı pH = 6.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	75
Şekil 5.31. 10 FTU bulanıklığı pH = 7.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	75



Şekil 5.32. 10 FTU bulanıklığı pH = 8.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	76
Şekil 5.33. 10 FTU bulanıklığı pH = 9.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	76
Şekil 5.34. 10 FTU bulanıklığı pH = 10.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	77
Şekil 5.35. 10 FTU bulanıklığı pH = 11.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	77
Şekil 5.36. 20 FTU bulanıklığı pH = 6.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	78
Şekil 5.37. 20 FTU bulanıklığı pH = 7.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	78
Şekil 5.38. 20 FTU bulanıklığı pH = 8.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	79
Şekil 5.39. 20 FTU bulanıklığı pH = 9.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	79
Şekil 5.40. 20 FTU bulanıklığı pH = 10.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	80
Şekil 5.41. 20 FTU bulanıklığı pH = 11.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	80
Şekil 5.42. 50 FTU bulanıklığı pH = 6.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	81

Şekil 5.43. 50 FTU bulanıklığı pH = 7.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	81
Şekil 5.44. 50 FTU bulanıklığı pH = 8.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	82
Şekil 5.45. 50 FTU bulanıklığı pH = 9.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	82
Şekil 5.46. 50 FTU bulanıklığı pH = 10.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	83
Şekil 5.47. 100 FTU bulanıklığı pH = 6.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	83
Şekil 5.48. 100 FTU bulanıklığı pH = 7.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	84
Şekil 5.49. 100 FTU bulanıklığı pH = 8.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	84
Şekil 5.50. 100 FTU bulanıklığı pH = 9.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	85
Şekil 5.51. 100 FTU bulanıklığı pH = 10.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	85
Şekil 5.52. 200 FTU bulanıklığı pH = 6.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	86
Şekil 5.53. 200 FTU bulanıklığı pH = 7.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	86

Şekil 5.54. 200 FTU bulanıklığı pH = 8.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	87
Şekil 5.55. 200 FTU bulanıklığı pH = 9.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	87
Şekil 5.56. 200 FTU bulanıklığı pH = 10.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	88
Şekil 5.57. 300 FTU bulanıklığı pH = 6.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	88
Şekil 5.58. 300 FTU bulanıklığı pH = 7.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	89
Şekil 5.59. 300 FTU bulanıklığı pH = 8.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	89
Şekil 5.60. 300 FTU bulanıklığı pH = 9.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	90
Şekil 5.61. 300 FTU bulanıklığı pH = 10.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi.....	90
Şekil 5.62. Karıştırma hızlarının 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi (Hızlı karıştırma hızı 200 dev/dak, hızlı karıştırma süresi 1 dakika, yavaş karıştırma süresi 15 dakika, çökme süresi 15 dakika).....	92
Şekil 5.63. Karıştırma hızlarının 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi (Hızlı karıştırma hızı 200 dev/dak, hızlı karıştırma süresi 1 dakika, yavaş karıştırma süresi 15 dakika, çökme süresi 15 dakika).....	93

Şekil 5.64. Karıştırma sürelerinin 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi (Hızlı karıştır. hızı 200 dev/dak, hızlı karıştırma süresi 1 dakika, yavaş karıştırma hızı 45 dev/dak, çökme süresi 15 dakika).....	94
Şekil 5.65. Karıştırma sürelerinin 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi (Hızlı karıştır. hızı 200 dev/dak, hızlı karıştırma süresi 1 dakika, yavaş karıştırma hızı 45 dev/dak, çökme süresi 15 dakika).....	94
Şekil 5.66. $Al_2(SO_4)_3$ ile 10 FTU bulanıklığı gidermeye $SO_4^{2-}$ , $CO_3^{2-}$ , $Cl^-$ ve $PO_4^{3-}$ iyonlarının etkileri.....	96
Şekil 5.67. $Al_2(SO_4)_3$ ile 10 FTU bulanıklığı gidermeye $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ ve $Fe^{3+}$ iyonlarının etkileri ( $Fe^{3+}$ iyonunun ilave edilen miktarı grafik çizerken 10 kat büyütülmüştür).....	96
Şekil 5.68. $Al_2(SO_4)_3$ ile 20 FTU bulanıklığı gidermeye $SO_4^{2-}$ , $CO_3^{2-}$ , $Cl^-$ ve $PO_4^{3-}$ iyonlarının etkileri.....	97
Şekil 5.69. $Al_2(SO_4)_3$ ile 20 FTU bulanıklığı gidermeye $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ ve $Fe^{3+}$ iyonlarının etkileri ( $Fe^{3+}$ iyonunun ilave edilen miktarı grafik çizerken 10 kat büyütülmüştür).....	97
Şekil 5.70. Tanin ile 10 FTU bulanıklığı gidermeye $SO_4^{2-}$ , $CO_3^{2-}$ , $Cl^-$ ve $PO_4^{3-}$ iyonlarının etkileri.....	99
Şekil 5.71. Tanin ile 10 FTU bulanıklığı gidermeye $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ ve $Fe^{3+}$ iyonlarının etkileri ( $Fe^{3+}$ iyonunun ilave edilen miktarı grafik çizerken 10 kat büyütülmüştür).....	100
Şekil 5.72. Tanin ile 20 FTU bulanıklığı gidermeye $SO_4^{2-}$ , $CO_3^{2-}$ , $Cl^-$ ve $PO_4^{3-}$ iyonlarının etkileri.....	100

Şekil 5.73. Tanin ile 20 FTU bulanıklığı gidermeye $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ ve $Fe^{3+}$ iyonlarının etkileri ( $Fe^{3+}$ iyonunun ilave edilen miktarı grafik çizerken 10 kat büyütülmüştür).....	101
Şekil 5.74. AN913 ile 10 FTU bulanıklığı gidermeye $SO_4^{2-}$ , $CO_3^{2-}$ , $Cl^-$ ve $PO_4^{3-}$ iyonlarının etkileri.....	103
Şekil 5.75. AN913 ile 10 FTU bulanıklığı gidermeye $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ ve $Fe^{3+}$ iyonlarının etkileri ( $Fe^{3+}$ iyonunun ilave edilen miktarı grafik çizerken 10 kat büyütülmüştür).....	103
Şekil 5.76. AN913 ile 20 FTU bulanıklığı gidermeye $SO_4^{2-}$ , $CO_3^{2-}$ , $Cl^-$ ve $PO_4^{3-}$ iyonlarının etkileri.....	104
Şekil 5.77. AN913 ile 20 FTU bulanıklığı gidermeye $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ ve $Fe^{3+}$ iyonlarının etkileri ( $Fe^{3+}$ iyonunun ilave edilen miktarı grafik çizerken 10 kat büyütülmüştür).....	104
Şekil 5.78. $SO_4^{2-}$ iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi .....	106
Şekil 5.79. $SO_4^{2-}$ iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi .....	106
Şekil 5.80. $CO_3^{2-}$ iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi.....	107
Şekil 5.81. $CO_3^{2-}$ iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi.....	107
Şekil 5.82. $Cl^-$ iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi .....	108
Şekil 5.83. $Cl^-$ iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi .....	108
Şekil 5.84. $PO_4^{3-}$ iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi .....	109

Şekil 5.85. $PO_4^{3-}$ iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi .....	109
Şekil 5.86. $Ca^{2+}$ iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi .....	110
Şekil 5.87. $Ca^{2+}$ iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi .....	110
Şekil 5.88. $Mg^{2+}$ iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi .....	111
Şekil 5.89. $Mg^{2+}$ iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi .....	111
Şekil 5.90. $Fe^{3+}$ iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi .....	112
Şekil 5.91. $Fe^{3+}$ iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi .....	112
Şekil 5.92. Bulanıklığı 10 FTU olan su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	114
Şekil 5.93. $Al_2(SO_4)_3$ ile bulanıklık gidermede, 10 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	114
Şekil 5.94. Bulanıklığı 10 FTU olan ve $Al_2(SO_4)_3$ için 20, AN913 için 60, tanin için 10 mg/L $PO_4^{3-}$ içeren su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	115
Şekil 5.95. Bulanıklığı 10 FTU olan ve $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin) için 5 mg/L $Mg^{2+}$ içeren su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	115
Şekil 5.96. Bulanıklığı 10 FTU olan ve $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin için 0.5 mg/L $Fe^{3+}$ içeren su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	116
Şekil 5.97. Bulanıklığı 20 FTU olan su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	116
Şekil 5.98. $Al_2(SO_4)_3$ ile bulanıklık gidermede, 20 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	117

Şekil 5.99. Bulanıklığı 20 FTU olan ve $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin için 10 mg/L $PO_4^{3-}$ içeren su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	117
Şekil 5.100. Bulanıklığı 20 FTU olan ve $Al_2(SO_4)_3$ için 3 ve tanin için 5 mg/L $Mg^{2+}$ içeren su üzerinde özgül direnç ölçümleri.....	118
Şekil 5.101. Bulanıklığı 20 FTU olan ve $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin için 0.5 mg/L $Fe^{3+}$ içeren su üzerinde özgül direnç ölçümleri.....	118
Şekil 5.102. 10 FTU bulanıklıkta $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	123
Şekil 5.103. 10 FTU bulanıklıkta $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	124
Şekil 5.104. 20 FTU bulanıklıkta $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	124
Şekil 5.105. 20 FTU bulanıklıkta $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	125
Şekil 5.106. 10 FTU bulanıklıkta tanin ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	125
Şekil 5.107. 20 FTU bulanıklıkta tanin ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	126

Şekil 6.1. 10 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde giderilen bulanıklıklar .....	128
Şekil 6.2. 20 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde giderilen bulanıklıklar .....	129
Şekil 6.3. 50 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde giderilen bulanıklıklar .....	129
Şekil 6.4. 100 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde giderilen bulanıklıklar .....	130
Şekil 6.5. 200 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde giderilen bulanıklıklar .....	130
Şekil 6.6. 300 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde giderilen bulanıklıklar .....	131
Şekil 6.7. Tanin ve AN913 ile bulanıklık gidermede, 10 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	132
Şekil 6.8. Tanin ve AN913 ile bulanıklık gidermede, 20 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	133
Şekil 6.9. Tanin ve AN913 ile bulanıklık gidermede, 50 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	133



Şekil 6.10. Tanin ve AN913 ile bulanıklık gidermede, 100 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	134
Şekil 6.11. Tanin ve AN913 ile bulanıklık gidermede, 200 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	134
Şekil 6.12. Tanin ve AN913 ile bulanıklık gidermede, 300 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri .....	135
Şekil 6.13. Özgül direnç-giderilen bulanıklık ilişkisi .....	136
Şekil 6.14. 10 FTU bulanıklıkta tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanılması ile yapılan jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	139
Şekil 6.15. 20 FTU bulanıklıkta tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanılması ile yapılan jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	139
Şekil 6.16. 50 ve 100 FTU bulanıklıkta taninin flokülant yardımcısı olarak kullanılması ile yapılan jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	140
Şekil 6.17. 200 ve 300 FTU bulanıklıkta taninin flokülant yardımcısı olarak kullanılması ile yapılan jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	140
Şekil 6.18. Flokülant yardımcıları için giderilen bulanıklık-çökme hızı ilişkisi .....	141
Şekil 6.19. Farklı bulanıklıktaki sulardan bulanıklığın giderilme maliyetleri .....	143
Şekil 7.1. $Al_2(SO_4)_3$ ile 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	149

Şekil 7.2. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 10 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $\text{PO}_4^{3-}$ miktarları .....	149
Şekil 7.3. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 10 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	150
Şekil 7.4. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 10 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $\text{PO}_4^{3-}$ miktarları .....	150
Şekil 7.5. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 20 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	151
Şekil 7.6. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 20 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $\text{PO}_4^{3-}$ miktarları .....	171
Şekil 7.7. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 20 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	152
Şekil 7.8. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 20 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $\text{PO}_4^{3-}$ miktarları .....	152
Şekil 7.9. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 50 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	153
Şekil 7.10. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 50 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $\text{PO}_4^{3-}$ miktarları .....	153
Şekil 7.11. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 50 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	154

Şekil 7.12. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 50 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $\text{PO}_4^{3-}$ miktarları .....	154
Şekil 7.13. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 100 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	155
Şekil 7.14. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 100 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $\text{PO}_4^{3-}$ miktarları .....	155
Şekil 7.15. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 100 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	156
Şekil 7.16. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ile 100 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $\text{PO}_4^{3-}$ miktarları .....	156
Şekil 7.17. Tanin ile 10 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	160
Şekil 7.18. Tanin ile 10 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $\text{PO}_4^{3-}$ miktarları .....	160
Şekil 7.19. Tanin ile 10 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	161
Şekil 7.20. Tanin ile 10 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $\text{PO}_4^{3-}$ miktarları .....	161
Şekil 7.21. Tanin ile 20 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	162

Şekil 7.22. Tanin ile 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	162
Şekil 7.23. Tanin ile 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	163
Şekil 7.24. Tanin ile 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	163
Şekil 7.25. AN913 ile 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	166
Şekil 7.26. AN913 ile 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	166
Şekil 7.27. AN913 ile 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	167
Şekil 7.28. AN913 ile 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	167
Şekil 7.29. AN913 ile 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	168
Şekil 7.30. AN913 ile 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	168
Şekil 7.31. AN913 ile 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları .....	169

Şekil 7.32. AN913 ile 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	169
Şekil 7.33. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	173
Şekil 7.34. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	173
Şekil 7.35. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	174
Şekil 7.36. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	174
Şekil 7.37. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	175
Şekil 7.38. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	175
Şekil 7.39. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	176

Şekil 7.40. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	176
Şekil 7.41. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	177
Şekil 7.42. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	177
Şekil 7.43. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	178
Şekil 7.44. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	178
Şekil 7.45. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	179
Şekil 7.46. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	179
Şekil 7.47. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	180

Şekil 7.48. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	180
Şekil 7.49. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	184
Şekil 7.50. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	184
Şekil 7.51. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	185
Şekil 7.52. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	185
Şekil 7.53. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	186
Şekil 7.54. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	186
Şekil 7.55. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	187

Şekil 7.56. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	187
Şekil 7.57. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	188
Şekil 7.58. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	188
Şekil 7.59. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	189
Şekil 7.60. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	189
Şekil 7.61. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	190
Şekil 7.62. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarları .....	190
Şekil 7.63. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları.....	191



Şekil 7.64. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $\text{PO}_4^{3-}$ miktarları .....	191
Şekil 7.65. 10 FTU bulanıklıkta 1 mg/L $\text{PO}_4^{3-}$ içeren sentetik sudan bulanıklık ve $\text{PO}_4^{3-}$ in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - tanin ve $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	193
Şekil 7.66. 10 FTU bulanıklıkta 1 mg/L $\text{PO}_4^{3-}$ içeren sentetik sudan bulanıklık ve $\text{PO}_4^{3-}$ in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - tanin ve $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	193
Şekil 7.67. 10 FTU bulanıklıkta 3 mg/L $\text{PO}_4^{3-}$ içeren sentetik sudan bulanıklık ve $\text{PO}_4^{3-}$ in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - tanin ve $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	194
Şekil 7.68. 10 FTU bulanıklıkta 3 mg/L $\text{PO}_4^{3-}$ içeren sentetik sudan bulanıklık ve $\text{PO}_4^{3-}$ in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $\text{PO}_4^{3-}$ miktarlarının $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - tanin ve $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	194
Şekil 7.69. 10 FTU bulanıklıkta 5 mg/L $\text{PO}_4^{3-}$ içeren sentetik sudan bulanıklık ve $\text{PO}_4^{3-}$ in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - tanin ve $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	195

- Şekil 7.70. 10 FTU bulanıklıkta 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 195
- Şekil 7.71. 10 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 196
- Şekil 7.72. 10 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 196
- Şekil 7.73. 10 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 197
- Şekil 7.74. 10 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 197
- Şekil 7.75. 10 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 198

- Şekil 7.76. 10 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 198
- Şekil 7.77. 20 FTU bulanıklıkta 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 199
- Şekil 7.78. 20 FTU bulanıklıkta 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 199
- Şekil 7.79. 20 FTU bulanıklıkta 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 200
- Şekil 7.80. 20 FTU bulanıklıkta 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 200
- Şekil 7.81. 20 FTU bulanıklıkta 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 201

- Şekil 7.82. 20 FTU bulanıklıkta 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 201
- Şekil 7.83. 20 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 202
- Şekil 7.84. 20 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 202
- Şekil 7.85. 20 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 203
- Şekil 7.86. 20 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 203
- Şekil 7.87. 20 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 204

Şekil 7.88. 20 FTU bulanıklıkta 20 mg/L $PO_4^{3-}$ içeren sentetik sudan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarlarının $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	204
Şekil 7.89. 50 FTU bulanıklıkta 1 mg/L $PO_4^{3-}$ içeren sentetik sudan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	205
Şekil 7.90. 50 FTU bulanıklıkta 1 mg/L $PO_4^{3-}$ içeren sentetik sudan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarlarının $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	205
Şekil 7.91. 50 FTU bulanıklıkta 3 mg/L $PO_4^{3-}$ içeren sentetik sudan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	206
Şekil 7.92. 50 FTU bulanıklıkta 3 mg/L $PO_4^{3-}$ içeren sentetik sudan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarlarının $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	206
Şekil 7.93. 50 FTU bulanıklıkta 5 mg/L $PO_4^{3-}$ içeren sentetik sudan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	207

- Şekil 7.94. 50 FTU bulanıklıkta 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....207
- Şekil 7.95. 50 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....208
- Şekil 7.96. 50 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....208
- Şekil 7.97. 50 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....209
- Şekil 7.98. 50 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....209
- Şekil 7.99. 50 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....210

- Şekil 7.100. 50 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....210
- Şekil 7.101. 100 FTU bulanıklıkta 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....211
- Şekil 7.102. 100 FTU bulanıklıkta 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....211
- Şekil 7.103. 100 FTU bulanıklıkta 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....212
- Şekil 7.104. 100 FTU bulanıklıkta 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....212
- Şekil 7.105. 100 FTU bulanıklıkta 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....213

- Şekil 7.106. 100 FTU bulanıklıkta 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 213
- Şekil 7.107. 100 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 214
- Şekil 7.108. 100 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 214
- Şekil 7.109. 100 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 215
- Şekil 7.110. 100 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 215
- Şekil 7.111. 100 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi..... 216



Şekil 7.112. 100 FTU bulanıklıkta 20 mg/L $PO_4^{3-}$ içeren sentetik sudan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan $PO_4^{3-}$ miktarlarının $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	216
Şekil 7.113. Farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının $Al_2(SO_4)_3$ ile giderilmesi.....	221
Şekil 7.114. Farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının $Al_2(SO_4)_3$ ile giderilmesi.....	221
Şekil 7.115. Farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak giderilmesi.....	223
Şekil 7.116. Farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak giderilmesi.....	223
Şekil 7.117. Farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak giderilmesi.....	225
Şekil 7.118. Farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak giderilmesi.....	225
Şekil 7.119. 1 mg/L $PO_4^{3-}$ içeren sentetik sulardan $PO_4^{3-}$ gidermenin $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	226
Şekil 7.120. 3 mg/L $PO_4^{3-}$ içeren sentetik sulardan $PO_4^{3-}$ gidermenin $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	227
Şekil 7.121. 5 mg/L $PO_4^{3-}$ içeren sentetik sulardan $PO_4^{3-}$ gidermenin $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	227
Şekil 7.122. 10 mg/L $PO_4^{3-}$ içeren sentetik sulardan $PO_4^{3-}$ gidermenin $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 e göre mukayesesi.....	228

Şekil 7.123. 15mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sulardan  $PO_4^{3-}$  gidermenin  $Al_2(SO_4)_3$  ,  
 $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....228

Şekil 7.124. 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sulardan  $PO_4^{3-}$  gidermenin  $Al_2(SO_4)_3$  ,  
 $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi.....229



## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Tanin bileşimi .....	14
Tablo 2.2. Tanin tayini için kullanılan başlıca metodlar (Scalbert, 1992).....	20
Tablo 3.1. Tanecik büyüklüğünün çökme süresine etkisi (Bratby, 1980; Şengil, 1982) .....	27
Tablo 4.1. AN913 ün spesifikasyonları (SNF Floerger, 1993).....	39
Tablo 4.2. Palamut hülâsasında tanin analizi sonuçları.....	40
Tablo 4.3. Sentetik suların hazırlanmasında kullanılan musluk suyu.....	44
Tablo 4.4. Sentetik suların hazırlanmasında kullanılan kilin bileşimi.....	44
Tablo 4.5. Sentetik suların hazırlanmasında kullanılan kilin boyut dağılımı.....	45
Tablo 4.6. Jar-test deneylerinde kullanılan pedal için devir sayısı ile hız gradientinin değişimi .....	46
Tablo 5.1. 400 mg/L kaolin için kolonda değişik çökme süreleri ile farklı yüksekliklerdeki bulanıklık değişimleri.....	50
Tablo 5.2. 800 mg/L kaolin için kolonda değişik çökme süreleri ile farklı yüksekliklerdeki bulanıklık değişimleri.....	50
Tablo 5.3. Çökme veriminin yüzeysel hidrolik yük ile değişimi .....	54

Tablo 5.4. Alüminyum sülfat ile bulanıklık gidermeye pH ve bulanıklık miktarının etkisi.....	56
Tablo 5.5. Tanin ile bulanıklık gidermeye pH ve bulanıklık miktarının etkisi .....	64
Tablo 5.6. AN913 ile bulanıklık gidermeye pH ve bulanıklık miktarının etkisi.....	69
Tablo 5.7. $Al_2(SO_4)_3$ , AN913 ve tanin için optimum dozlar .....	73
Tablo 5.7 (Devam). $Al_2(SO_4)_3$ , AN913 ve tanin için optimum dozlar .....	74
Tablo 5.8. Karıştırma hızlarının bulanıklık gidermeye etkisi.....	92
Tablo 5.9. Karıştırma sürelerinin bulanıklık gidermeye etkisi .....	93
Tablo 5.10. $Al_2(SO_4)_3$ ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkileri.....	95
Tablo 5.11. Tanin ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkileri .....	99
Tablo 5.12. AN913 ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkileri.....	102
Tablo 5.13. Jar-test deneylerinde optimum dozlarda giderilen bulanıklıklar ve çamurların özgül dirençleri .....	119
Tablo 5.14. Jar-test deneylerinde optimum dozlarda koagülanların ilk flok oluşturma zamanları.....	121
Tablo 5.15. 10 FTU bulanıklıkta $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	122
Tablo 5.16. 20 FTU bulanıklıkta $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	122

Tablo 5.17. Tanin ile yapılan jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	123
Tablo 5.18. $Al_2(SO_4)_3$ ve taninin optimum dozlarda ve iyon miktarlarında oluşturdukları flokların çökme hızları.....	126
Tablo 6.1. Tanin flokülan yardımcı olarak kullanıldığında giderilen bulanıklıklar .	127
Tablo 6.2. AN913 flokülan yardımcı olarak kullanıldığında giderilen bulanıklıklar .....	128
Tablo 6.3. Tanin ve AN913 ün flokülan yardımcı olarak optimum dozları.....	132
Tablo 6.4. Tanin ve AN913 ün flokülan yardımcı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde optimum dozlarda giderilen bulanıklıklar ve çamurların özgül dirençleri .....	135
Tablo 6.5. Tanin ve AN913 ün flokülan yardımcı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde optimum dozlarda ilk flok oluşturma zamanları.....	137
Tablo 6.6. Taninin flokülan yardımcı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	138
Tablo 6.7. AN913 ün flokülan yardımcı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi .....	138
Tablo 6.8. Flokülan yardımcıların çökme hızları .....	141
Tablo 6.9. $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ miktarına dönüştürülmüş optimum dozlar .....	142
Tablo 6.10. Koagülant ve flokülan yardımcıların fiyatları.....	143

Tablo 6.11. Farklı bulanıklıklardaki 1 m <sup>3</sup> sudan bulanıklığı gidermek için maliyetler.....	143
Tablo 6.12. Bakiye Al <sup>3+</sup> miktarları.....	145
Tablo 7.1. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ile 10 FTU bulanıklıkta farklı PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarları.....	147
Tablo 7.2. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ile 20 FTU bulanıklıkta farklı PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarları.....	147
Tablo 7.3. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ile 50 FTU bulanıklıkta farklı PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarları.....	148
Tablo 7.4. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ile 100 FTU bulanıklıkta farklı PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarları.....	148
Tablo 7.5. Tanin ile 10 FTU bulanıklıkta farklı PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarları.....	159
Tablo 7.6. Tanin ile 20 FTU bulanıklıkta farklı PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarları.....	159
Tablo 7.7. AN913 ile 10 FTU bulanıklıkta farklı PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarları.....	165
Tablo 7.8. AN913 ile 20 FTU bulanıklıkta farklı PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> miktarları.....	165

Tablo 7.9. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ miktarları .....	171
Tablo 7.10. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ miktarları .....	171
Tablo 7.11. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ miktarları .....	172
Tablo 7.12. $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ miktarları .....	172
Tablo 7.13. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ miktarları .....	182
Tablo 7.14. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ miktarları .....	182
Tablo 7.15. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ miktarları .....	183
Tablo 7.16. $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı $PO_4^{3-}$ miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve $PO_4^{3-}$ miktarları .....	183

Tablo 7.17. $Al_2(SO_4)_3$ ile fosfat gidermeye pH'nın etkisi .....	219
Tablo 7.18. Başlangıç pH'sı 7.5 olan ve 10 mg/L $PO_4^{3-}$ ihtiva eden suyun $Al_2(SO_4)_3$ ile fosfat giderme işleminden sonraki $Al_2(SO_4)_3$ miktarı-pH ilişkisi .....	220
Tablo 7.19. Bulanık olmayan sulardan $Al_2(SO_4)_3$ ile fosfat giderme çalışmalarının sonuçları .....	220
Tablo 7.20. Bulanık olmayan sulardan $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak fosfat giderme çalışmalarının sonuçları .....	222
Tablo 7.21. Bulanık olmayan sulardan $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak fosfat giderme çalışmalarının sonuçları .....	224



## ÖZET

Anahtar kelimeler: Doğal polielektrolit, sentetik polielektrolit, tanin, AN913, aluminyum sülfat, koagülasyon, flokülasyon, bulanıklık giderilmesi, fosfat giderilmesi.

Bu çalışmada, doğal polielektrolit olan taninin su arıtımında koagülant ve flokülant yardımcısı olarak kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır. Bu maksatla, tanin koagülasyon ve flokülasyon prosesine tatbik edilmiş ve elde edilen sonuçlar aluminyum sülfat ve sentetik polielektrolit AN913 ile mukayese edilmiştir.

Farklı bulanıklık ve pH değerlerindeki su numuneleri üzerinde tanin, AN913 ve aluminyum sülfat ile yapılan deneylerde elde edilen süpernatant bulanıklığı ve koagülant dozları arasındaki ilişkiler pH ya göre incelenmiştir. Optimum dozlarda karıştırma hızının ve süresinin etkisi incelenmiştir. Optimum deney şartlarında bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkileri incelenmiş ve tanin ile bulanıklık gidermeye bilhassa  $Mg^{2+}$  ve  $Fe^{3+}$  iyonlarının etkili olduğu bulunmuştur.

Farklı bulanıklıktaki sentetik su numuneleri üzerinde  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ile yapılan deneylerde bulunan süpernatant bulanıklığı ve flokülant yardımcısı dozları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Ekonomik açıdan da mukayese yapılarak;  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin karışımının, aluminyum sülfattan ~%50 ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ten ~%25 daha ucuz olduğu gösterilmiştir. Sağlık açısından da  $Al_2(SO_4)_3$  - taninin kullanılmasının,  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 karışımından daha yararlı olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca, üç koagülantın ve flokülant yardımcılarının optimum dozlarda meydana getirdikleri çamurların özgül dirençleri, flokül ilk oluşum zamanları ve çökme hızları da incelenmiştir.

Gerek bulanık sudan süspansiyonla birlikte ve gerekse bulanık olmayan sudan tek başına fosfatın giderilmesi incelenmiştir. Farklı miktarlarda fosfat ihtiva eden süspansiyonlardan bulanıklığın giderilmesinde; düşük bulanıklıklarda  $Al_2(SO_4)_3$  in etkili, yüksek bulanıklıklarda  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ün benzer sonuçlar verdiği bulunmuştur. Bulanık sulardan fosfat gidermede ise  $Al_2(SO_4)_3$  in etkili olduğu bulunmuştur. Ancak ikili kullanımlarda, tanin ve AN913 ün, benzer davranış göstererek  $Al_2(SO_4)_3$  tan daha iyi sonuçlar verdikleri belirlenmiştir. Bulanıklık içermeyen sulardan fosfat gidermenin  $Al_2(SO_4)_3$  miktarı ile ilişkili ve  $Al_2(SO_4)_3$  in polielektrolitlerden daha etkili olduğu tesbit edilmiştir. Yine ikili kullanımlarda, polielektrolitlerin,  $Al_2(SO_4)_3$  tan daha iyi neticeler verdiği bulunmuştur.

# A STUDY ON THE USE OF TANNINS, OBTAINED FROM OAK ACORNS (*VALONIA*), AS NATURAL POLYELECTROLYTE IN WATER TREATMENT

## SUMMARY

Keywords: Natural polyelectrolytes, synthetic polyelectrolytes, tannin, AN913, aluminium sulphate, coagulation, flocculation, turbidity removal, phosphate removal.

In this study, it was investigated whether or not a tannin, a natural polyelectrolyte, can be used as a coagulant and flocculant aid in the water treatment process. For this purpose, tannin was coagulated and flocculated and thus the results obtained were compared with aluminium sulphate and synthetic polyelectrolyte AN913.

The relation between supernatant turbidity and coagulant dosage obtained from the experiments done on the water samples which have different turbidity and pH with tannin, AN913 and aluminium sulphate was investigated according to pH level. The effect of stirring velocity and time were investigated for the optimum dosage. At the optimum experimental conditions the effects of various ions on turbidity was investigated and it was shown that  $Mg^{2+}$  and  $Fe^{3+}$  ions were effective in the removal of turbidity by tannin.

The relation between supernatant turbidity and flocculant aid dosage found from the experiments carried out with  $Al_2(SO_4)_3$  - tannin and  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 on synthetic water samples which have different turbidity was investigated. Economically, it was shown that  $Al_2(SO_4)_3$  - tannin was 50% cheaper than  $Al_2(SO_4)_3$  and was 25% cheaper than  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913. For human health purposes  $Al_2(SO_4)_3$  - tannin usage was recommended when compared with  $Al_2(SO_4)_3$  and AN913.

And also the sludge specific resistance, time first floc and settling rate were investigated for three coagulant and for flocculant aid dosage at optimum dosage.

The removal of phosphate from turbidity water with suspension and that from non-turbidity water was investigated. For low turbidity water, to remove turbidity from suspensions including phosphate,  $Al_2(SO_4)_3$  was shown to be effective. For high turbidity water the effects of  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tannin and  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 were the same. To remove phosphate from turbidity water, it was seen that  $Al_2(SO_4)_3$  was effective. However, when tannin and AN913 were used with  $Al_2(SO_4)_3$  respectively shown that those were better than the results obtained from single usage of  $Al_2(SO_4)_3$ .

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Kirlenmenin dev boyutları, insanoğlunun yanlış bir düşünce ve dünya görüşüne sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Sınırsız farzedilen dünya kaynakları, bugüne kadar ölçsüz bir tüketim arzusuyla harcanmıştır [1].

20. yüzyıla kadar doğanın tükenmez kaynaklarla yüklü olduğu sanılarak, "dünyaya hakim olmak" sloganı, onu kıyasıya sömürmek ile eş anlamda kullanılmıştır. Yeraltı kaynakları, ormanlar, topraklar, akarsular, göller ve denizler değişik yol ve yöntemlerle kirlenmiş ya da yok edilmiştir [2].

Sanayideki üretimin artıkları özel çevresinde olduğu kadar; yollar, akarsular, göller, denizler ve hava gibi bütün insanlığın paylaştığı sosyal çevreyi de büyük ölçüde kirlenmektedir. Bunun sonucu olarak su, toprak ve hava kirlenerek, insan sağlığı ile birlikte yeryüzündeki bütün canlıların varlıklarını sürdürmelerini zorlaştırmakta ve belli bir noktadan sonra da imkansız hale getirmektedir.

Çevre kirlenmesi günümüzde, Çernobil nükleer enerji santralında olduğu gibi, uluslararası bir boyut kazanmıştır. Kaza Çernobil'de oldu, fakat etkileri komşu ülkelerden başlamak üzere, neredeyse tüm dünyada ortaya çıktı. Meyveler, sebzeler ve sulardaki canlılar radyoaktif madde taşıyıcıları haline geldi.

Günümüz insanı, içinde yaşadığı tabiata karşı hiç bir sorumluluk taşımıyor. Oysa amaç tabiata egemen olmak değil, onunla uyum içinde olmaktır. Tabiatı maliyetini hiç hesaba katılmadığı sınırsız bir kaynak olarak değil de, çok önemli bir özsermaye gibi görmek gerekir [3]. Bilim ve teknolojiyi; doğayı yok etmek ve sömürü aracı olarak kullanmak yerine, insanoğlunun mutluluğu için faydalı hale getirmek gerekir [2].

Doğal olarak kirlenen su, tabii çevrimlerden geçerken kendi kendisine temizlenebilmektedir. Ancak sanayileşme ve kent yoğunluğunun gelişmesi, yeraltı su kaynaklarına kadar ulaşabilen ve günden güne artan bir su kirliliğine yol açmaktadır. Öyleki bu kirlilik kısa sürede temizlenemeyecek düzeylere ulaşmaktadır [4].

1956 yılında Japonya'nın Kyushu adasının Minimata koyu kıyılarında oturanlarda sebebi bilinmeyen bir merkezi sinir sistemi hastalığı ortaya çıkmıştır. 1971 de 121 kişi metil civa ile hastalanmıştır. Bunun sebebi araştırıldığında denizin, asetaldehit imal eden bir fabrikanın atıkları ile kirletildiği ortaya çıkmıştır. Bu zehirlenmeye, fabrikanın imalatta katalizör olarak kullandığı civanın sebep olduğu belirlenmiştir [4, 5].

Su kaynaklarına kirlilikler büyük ölçüde; değişik sanayi kollarından, evsel atıksulardan, tarımda kullanılan kimyasal gübreler ve ilaçlardan ileri gelmektedir [5, 6].

Bütün hayat formlarının temel taşı olan su, en hayati doğal kaynaklarımızdan birisidir. Şimdiye kadar suyun yerine geçebilecek başka bir kaynak bulunamadığına göre, suyun kirlenmesi doğrudan doğruya yaşantımıza etki eder. Su kirlenmesini ortadan kaldırmanın yollarını araştırmak zorundayız [5].

Yaşamın temel kaynaklarından biri olan suyun artırılması için bir çok yöntem geliştirilmiş ve daha etkin yöntemlerin geliştirilmesi zorunluluğu doğmuştur. Bu yöntemlerden bugün en çok uygulananlardan biri koagülasyon prosesidir. Bu proseste genellikle koagülant olarak, anorganik esaslı olanlar - alüminyum tuzları - ve polimerik esaslı olanlarla bugüne kadar sayısız çalışma yapılmıştır [7, 8].

Koagülasyon prosesinde alum ve sentetik polielektrolitlerin kullanılmasının bazı mahzurları ortaya çıkmıştır. Bilhassa içme suyu artımında bakiye alum vücutta birikerek Alzheimer hastalığına yol açmaktadır. Sentetik polielektrolitlerde ise polimerize olmamış monomer türleri, büyük ölçüde toksiktir. Fareler, kobaylar, tavşanlar, kediler ve maymunlar üzerinde bu konuda çalışmalar yapılmıştır. Akrilamid enjekte edilen deneklerde; arka bacaklarda zayıflık ve ilerleyen bir sertlik, gene arka

bacakların kontrol kabiliyetinde zayıflama, idrar tutulması, ön ayakların adale kontrolünde bozukluk ve ayakta duramama gibi endikasyonlar görülmüştür [9].

Bu maksat için kullanılan bitkisel orijinli tabii polielektrolitler; bazı sentetik ürünlere nisbetle daha az etkiye sahip olmalarına rağmen, bu polielektrolitler içme suyu arıtımında kullanıldıkları zaman gerçek anlamda nontoksik özelliğe sahiptirler [10-14].

Bu çalışmada, meşe palamutundan (Valonia) elde edilen taninlerin direkt olarak bir koagülasyon prosesinde kullanılıp kullanılmayacağı ve flokülasyon prosesinde  $Al_2(SO_4)_3$  a yardımcı olarak kullanılması bir sentetik polielektrolitle (AN913) mukayeseli olarak incelenmiştir. Tanin ve AN913 ün etkinlikleri ve ekonomik olup olmadıkları irdelenmiştir.

Bu maksatla önce Manisa-Salihli de bulunan SÜMER HOLDİNG A.Ş. Salihli Palamut ve Valeks İşletmesinden tanin temin edilmiştir. Bu taninin, toplam polifenol içeriği analiz edilmiştir.  $Al_2(SO_4)_3$  , tanin ve AN913 ile laboratuarda sentetik olarak hazırlanan değişik özellikteki sularda koagülasyon ve flokülasyon testleri mukayeseli olarak yapılmıştır. Bu çalışmalar tanin ve AN913,  $Al_2(SO_4)_3$  a yardımcı olarak kullanıldığında; bulanıklık giderme, bulanıklık ve fosfat birlikte giderme ve tek başına fosfat giderme şeklinde tekrar edilmiştir.  $Al_2(SO_4)_3$  , tanin ve AN913 le yapılan çalışmalarda, flok ilk oluşum zamanı, flokların çökme hızları ve özgül direnç ölçümleri de yapılarak; arıtılan suyun filtre edilebilirlik özellikleri de mukayese edilmiştir.

## **BÖLÜM 2. TANİNLER**

### **2.1. Taninlerin Bulunduğu Kaynaklar ve Biyosentezi**

Taninler bitki alemi boyunca geniş dağılıma sahip, suda çözünen kompleks organik bileşikler olup, oldukça farklı aromatik yapıların karışımından meydana gelen çoğu glikozitleşmiş maddelerdir [15-17]. Hemen hemen bütün bitkiler veya ağaçlar değişik tanin formlarını içerir [17]. Taninler; erimiş olarak hücre vakuolünde [15, 18] veya amorf yapıda tanecikler ya da farklı büyüklükte kümeler halinde stoplazmaya yayılmış olarak bulunur. Bazı hallerde hücre çeperine de nüfuz edebilir. Taninlere farklı bitki gruplarındaki bitkilerin değişik dokularında rastlamak mümkündür. Özellikle koruyucu dokulardan mantarlarda fazla miktarda tanin bulunmaktadır [15].

Tanin içeren yüzlerce bitki mevcut olup [17], Türkiye’de tanin ihtiva eden bitkilerden 37 tanesi tesbit edilmiştir [19]. Tanin muhtevası yüksek olan bazı bitkiler şöyle sıralanabilir; Meşe, Kestane, Huş ağacı, Akasya, Nar, Çam, Kayın ve bunların bir çok değişik türleri [17-20]. Ayrıca çay yaprakları, kahve tohumları, üzüm, elma vs. de tanin ihtiva etmektedir [15]. Ticari bitkisel tanin materyalleri; ağaçlar, yapraklar, odun, meyvalar, kabuklar ve köklerden elde edilir [17-21].

Meşenin meyvası olan palamut [19, 21, 22] ile mazıları, narın meyva kabukları ve sumak yaprağı bol tanin ihtiva etmektedir [19, 23]. Meşe palamutunun yapısı Şekil 2.1 de gösterilmiştir [24]. Meşe palamutlarının sınıflandırılması, özellikleri ve tanin miktarları TS 1016 da detaylı şekilde verilmiştir [25].

Bitkilerde taninlerin nasıl sentezlendikleri üzerinde çok sayıda çalışma yapılmış, fakat bu konudaki bilgiler hala yeterli olmayıp, verilmiş olan mekanizmalarda bazı ara kademeler net olarak aydınlatılamamıştır.





Şekil 2.1. *Quercus cerris* L. (Meşe), (1) Palamut taşıyan dal; (2) Dişi çiçek; (3) Erkek çiçek durumunun bir kısmı; (4) Genç palamuttan boyuna kesit; (5) ve (6) Yaprak şekilleri; (7) Dişi çiçek diyagramı (Yakar, 1964)

Değişik tanin ekstraktlarında glikoz, şikimik asid ve quinik asidlerin bulunması, taninlerin başlangıç maddesinin şikimik asid olabileceğini ortaya koymuştur. Bazı kondanse taninlerin de gallik asid bileşenleri içerdiği gözlemlendikten sonra taninlerin her

iki sınıfının da şikimat/kroşimat yolundan sentezlendiği kabul edilmiştir [26]. Nitekim, glikozdan şikimik asid yoluyla gallik asid biyosentezlerinin muhtemel yolları ve bazı ara kademeleri aydınlatılmıştır [23, 26].

Gallo- ve ellagitaninler, asidlerle hidrolitik olarak bozunurlar. Bu özellik, söz konusu taninlerin şeker veya alkolün (glikoz) gallik asid veya onun oksidasyon ürünü olan ellagik asidle biyoesterifikasyonu sonucu oluştuğunu göstermektedir. Serbest gallik asidin, bitki dokularındaki gallat esterlerinin enzimik veya kimyasal dekompozisyonu sonucunda oluştuğu bulunmuştur. Bununla beraber dikkatli analizlerin sonucu genellikle gallik asidin ester yapısında bulunmasının yanında, bazı bitkilerde serbest gallik asid halinde de bulunabileceğini göstermiştir. Ancak yine de bazı ara kademelerin mekanizmaları hala net olarak bilinmemektedir [23, 26].

Kondanse taninlerin biyosentezlerinde flavonun A ve B halkalarının oluşumunda iki yol bulunduğu; A halkasının asetat ve B halkasının şikimik asid yoluyla meydana geldikleri çok sayıda araştırmalar sonucunda ortaya konmuştur. Ancak bu yolların detaylarında da yine eksiklikler vardır [23, 26].

## 2.2. Taninlerin Yapıları

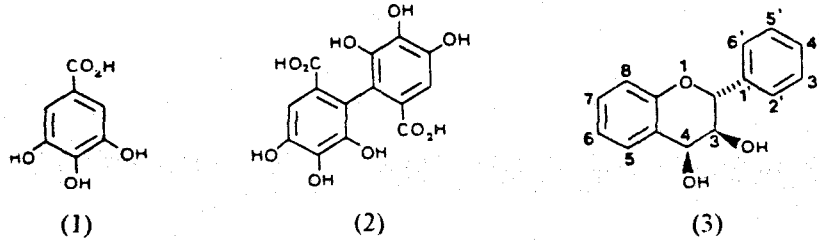
Taninler genel olarak hidroliz olabilen taninler ve kondanse taninler olmak üzere iki ana gruba ayrılarak incelen(egel)miştir. Hidroliz olabilen taninler; gallik asidin glikoz ile esterleşmesiyle oluşan gallotaninler ve ellagik asid ile glikozun esterleşmesi sonucu oluşan ellagitaninlerdir [17, 21, 23, 26-29].

Gallotaninlerde molekül genellikle düzdür ve fenolik gruplar kenarlara doğru dağılmış bir disk gibidir. Buna karşılık ellagitaninlerde molekül daha çok küresel bir şekildedir ve fenolik gruplar küre yüzeyinde düzenlenmiştir [27].

“Hidroliz olabilen” ve “kondanse” taninler terimleri; Şekil 2.2 de verilen, gallik veya hegzahidroksidifenik (HHDF) asid türevleri (hidroliz olabilen) ve başlıca flavon 3,4-diol türevleri (kondanse) taninler olarak isimlendirilen bitkisel taninlerin iki önemli



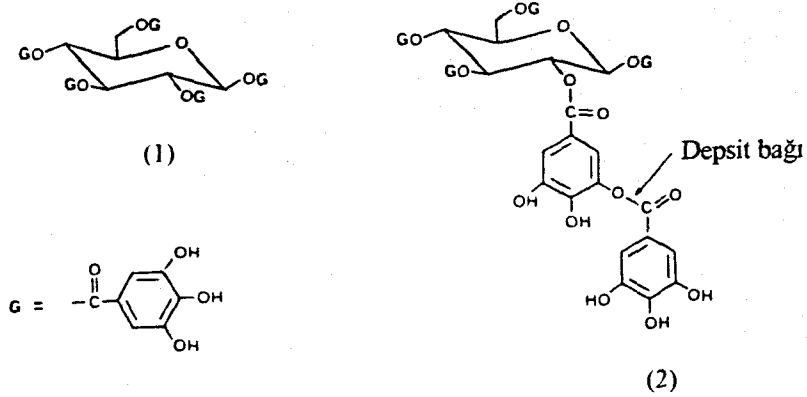
sınıfı arasındaki farkı ayırt etmek için kullanılmıştır [26]. Doğada, her sınıf için büyüleyici yapısal değişimler sayısız bir düzende meydana gelmektedir. Her iki tipin örnekleri de asitle bozunmaya uğradığı için ne hidroliz olabilen ne de kondanse terimleri çok anlamlıdır. Böylece önceleri “kondanse” olarak sınıflandırılan taninler şimdi proantosiyanidinler olarak veya poliflavonoidler olarak daha geniş bir sınıflandırmaya tabi tutulmaktadır. Hidroliz olabilen taninler ise gallotaninler ve ellagitaninler veya onların türevleri olarak belirtilmektedir [26].



Şekil 2.2. (1) gallik asid. (2) hegzahidroksidifenik asid. (3) flavon 3.4-diol ün yapısı (Lewis and Yamamoto, 1989)

Gallotaninler, beş gallik asidin glikoz ile esterleşmesinden ibarettir. En sık bulunan üye  $\beta$ -glikopentagallindir [21]. Ayrıca, meta-depsit esterlerinde [22] olduğu gibi depsit bağlanmasıyla galloil birimleri ilave edilebilir. Böylece oluşan poligalloil zincirinin, şimdiye kadar araştırılan gallotaninlerde, glikozun 2. ve 6. karbonlarına bağlanmış olduğu düşünülebilir. Haslam, gallotaninlerdeki heterojenliğin poligalloil zincirindeki galloil gruplarının sayısındaki değişimden ileri geldiğini tahmin etmiştir [27].  $\beta$ -glikopentagallin ve meta-depsit esterinin yapısı Şekil 2.3 de görülmektedir.

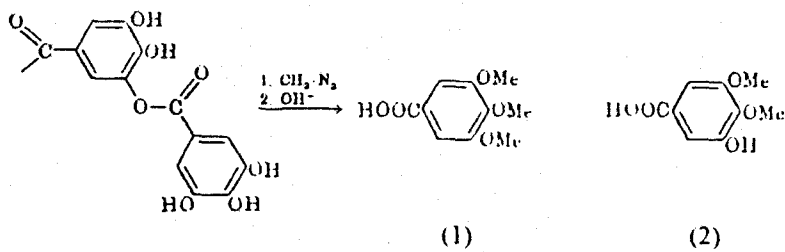
Fischer, Freudenberg ve arkadaşlarının çalışması, Çin ve Türk (*Quercus infectoria*) gallotaninlerinin, poligalloil glikoz türevleri olduğunu göstermiştir. Bu iki gallotaninde glikozun, gallik aside molekül oranı sırasıyla 1:9 (veya 10) ve 1:5 (veya 6) dır. Galloil gruplarının belirli bir yüzdesine sahip yukarıda sözü edilen gallotaninler, diazometanla metillenerek hidroliz edildikten sonra, 3,4,5-tri-O-metil gallik asid ve 3,4-di-O-metil gallik asid izole edilebildiğinden dolayı, molekülde depsit bağlarının olduğu anlaşılmıştır [23].



Şekil 2.3. (1)  $\beta$ -glikopentagaloin ve (2) meta-depsit esterlerine sahip gallotaninin yapısı (Haslam, 1966)

Aynı zamanda Fischer, Türkiye'deki meşe (*Quercus infectoria*) tanininin  $\beta$ -penta-O-galloil-D-glikoza bir çok benzerliklerinin olduğunu bulmuştur. Fakat metillenmiş taninin hidrolizinden 3,4-di-O-metil gallik asidin küçük miktarlarının izolasyonu, tanindeki galloil gruplarının bazılarının depsit şeklinde bağlandığını göstermiştir [23].

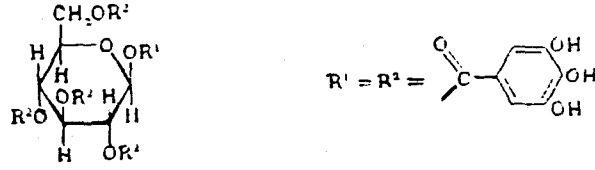
Depsit bağlarının kırılarak 3,4,5-tri-O-metil gallik asid ve 3,4-di-O-metil gallik asidin oluşumu Şekil 2.4 de verilmiştir.  $\beta$ -penta-O-galloil-D-glikozun yapısı ise Şekil 2.5 de görülmektedir.



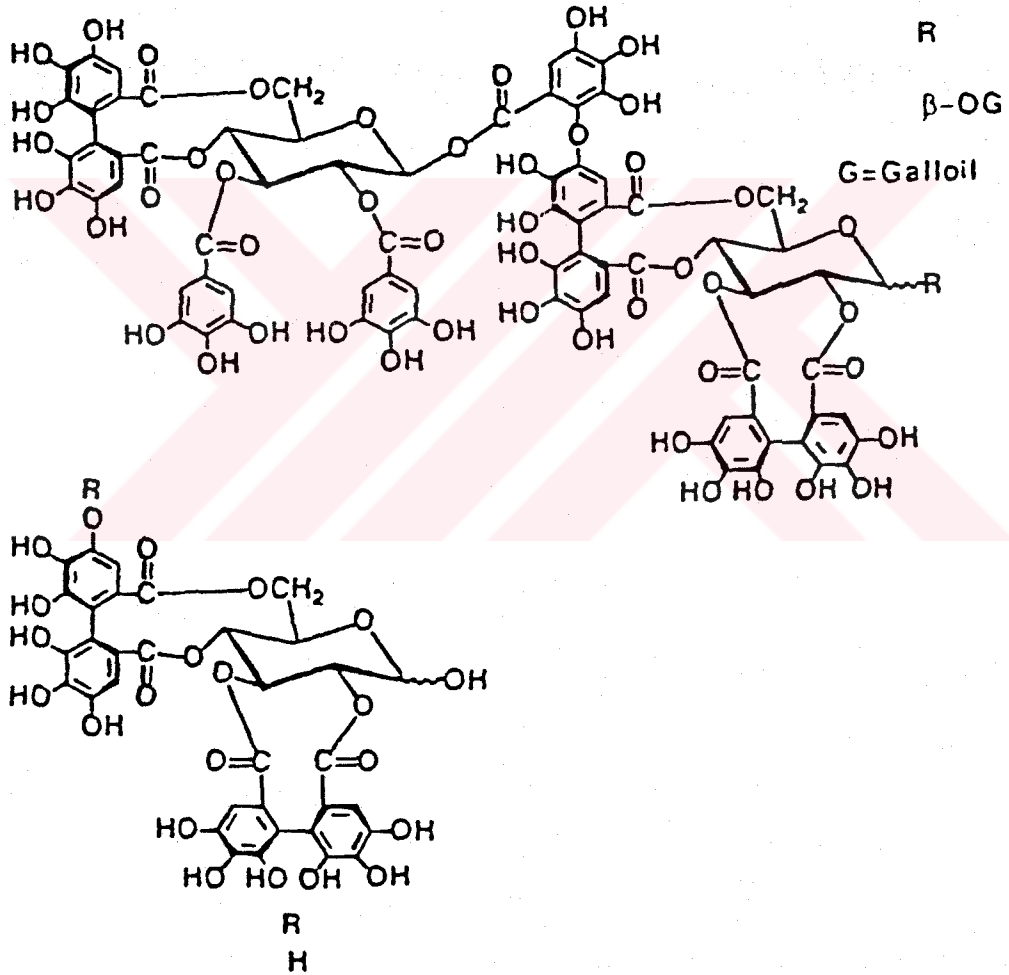
Şekil 2.4. (1) 3,4,5-tri-O-metil gallik asid ve (2) 3,4-di-O-metil gallik asidin oluşumu (Haslam, 1966)

Ellagitaninler asidik ortamda hidroliz edildiğinde, ellagik asid ve biyogenetik olarak ellagik aside benzer asitlerin oluşması gallotaninlerden farklı olduğunu gösterir [23, 27]. Ellagitaninlerin glikoz hidroksilleriyle esterleşen grupları; ya farklı galloiller arasında kovalent bağlarla köprüleşmişlerdir ya da hegzahidroksidifenol türevleri şeklinde bulunurlar [23, 26]. Köprüleşen grup asimetrik merkezler içerir ve D-

glikozun geriye kalan kısmının yeniden düzenlenmesine imkan sağlar [27]. Ellagitaninlerin en önemli kaynakları Valonia, Mirobalan, Divi-divi ve Algarobilladır [10]. Ellagitanin yapıları Şekil 2.6 da verilmiştir [30].



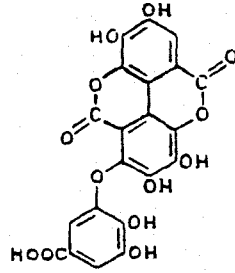
Şekil 2.5.  $\beta$ -penta-O-galloyl-D-glikozun yapısı (Haslam. 1966)



Şekil 2.6. İki ellagitanin yapısı (Lee. et al.. 1992)

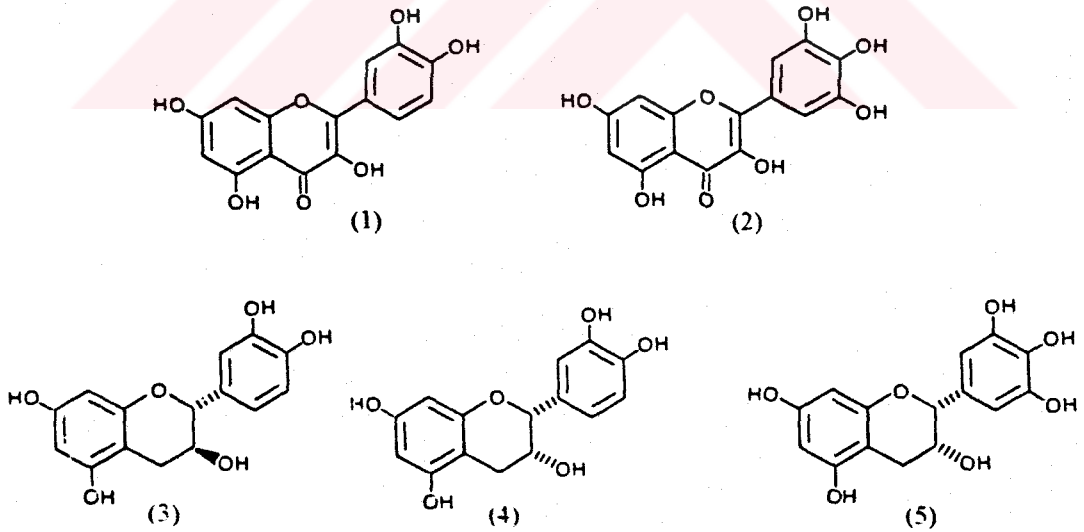
Sakallı meşede (*Quercus valonea*) bulunan meşe palamutu kadehlerinin asetondaki ekstraksiyonu sonucunda valonia tanini elde edilir. Bu tanin hidroliz edilirse, önemli

miktarda ellagik asitle birlikte fenolik asid özelliği gösteren valonik asid dilaktonu ele geğer [23]. Valonik asid dilaktonun yapısı Şekil 2.7 de verilmiştir.



Şekil 2.7. Valonik asid dilakton (Haslam, 1966)

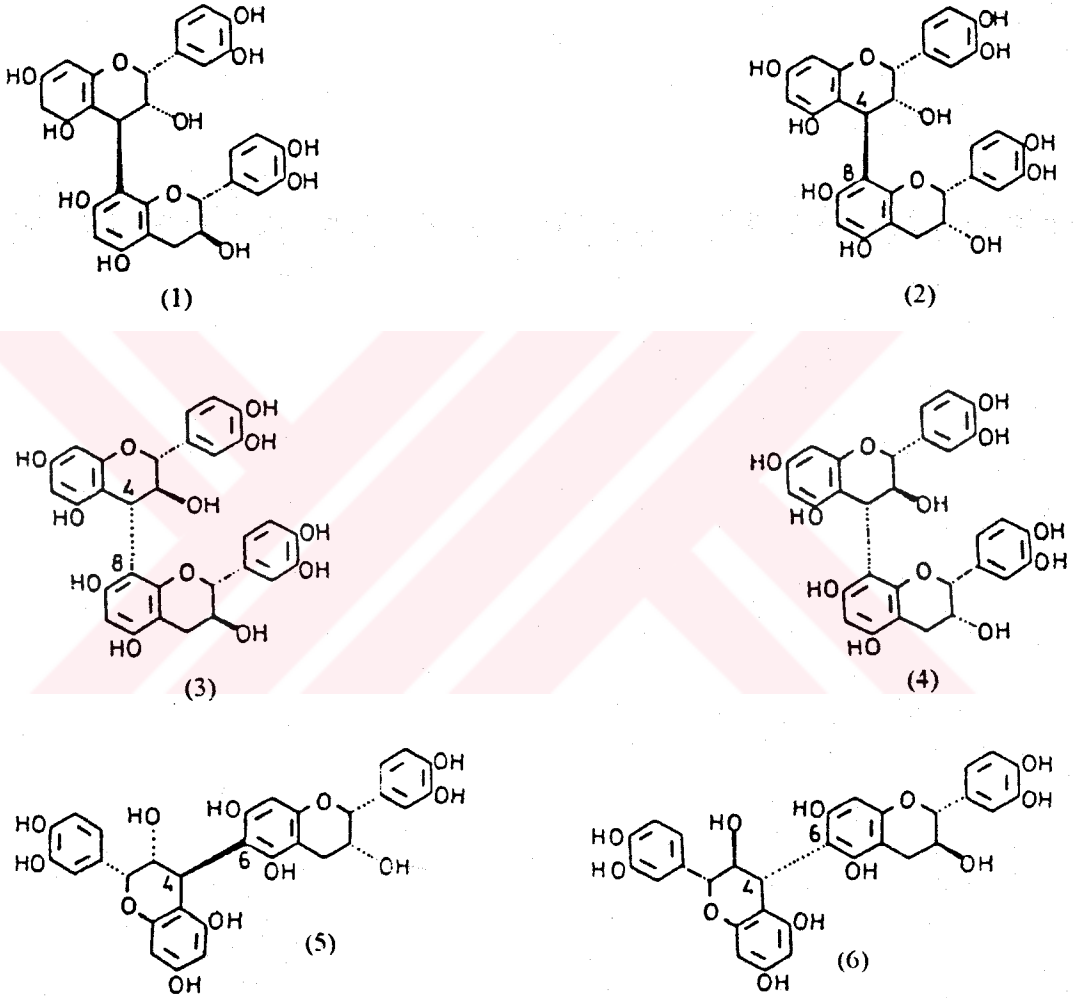
Kondanse taninler; proantosiyanidin olarak adlandırılan iki monomerin asid-katalizli kondenzasyonuyla oluşur. Proantosiyanidinler heterosiklik halkanın 3 pozisyonunda ya da 3 ve 4 pozisyonlarında hidrosillenmiş flavon yapılarıdır [27]. Proantosiyanidinler; kondanse taninlerin değişik sınıfları için esas teşkil eden doğal ürünlerin önemli bir sınıfıdır [31]. Monomerik proantosiyanidin türlerinden bazıları; quersetin, mirisetin, kateşin, epikateşin ve epigallokateşin Şekil 2.8 de verilmiştir [32, 33].



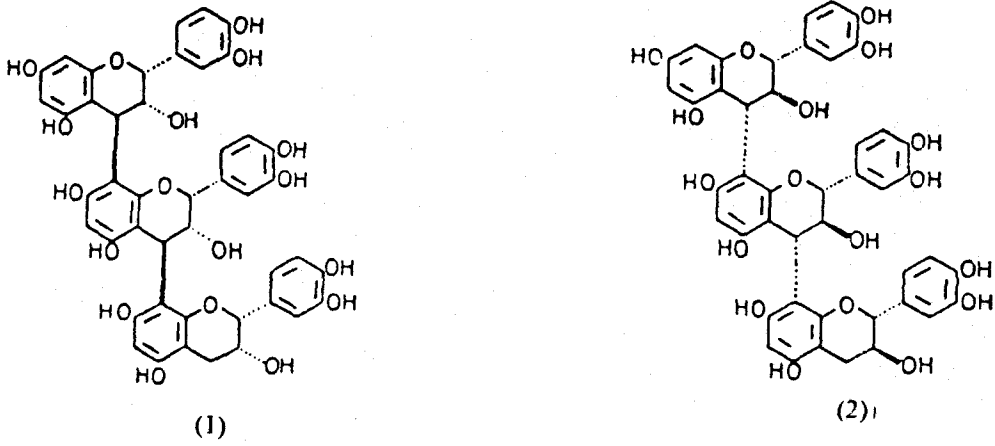
Şekil 2.8. (1) Quersetin. (2) mirisetin. (3) kateşin. (4) epikateşin ve (5) epigallokateşin yapıları (Lewis and Yamamoto, 1989)

Dimerik proantosiyanidinler; prosiyanidin B-1 (epikateşin-(4 $\beta$ →8)-kateşin), prosiyanidin B-2 (epikateşin-(4 $\beta$ →8)-epikateşin), prosiyanidin B-3 (kateşin-(4 $\alpha$ →8)-

kateşin), prosiyanidin B-4 (kateşin-(4 $\alpha$ →8)-epikateşin), prosiyanidin B-5 (epikateşin-(4 $\beta$ →6)-epikateşin) ve prosiyanidin B-6 (kateşin-(4 $\alpha$ →6)-kateşin) dir. Prosiyanidin trimerleri; prosiyanidin C-1 (epikateşin-(4 $\beta$ →8)-epikateşin-(4 $\beta$ →8)-epikateşin), prosiyanidin C-2 (kateşin-(4 $\alpha$ →8)-kateşin-(4 $\alpha$ →8)-kateşin) dir. Proantosiyandinlerin dimerleri; prosiyanidin B-1, B-2, B-3, B-4, B-5 ve B-6 Şekil 2.9 da ve prosiyanidin trimerleri; prosiyanidin C-1 ve C-2 Şekil 2.10 da verilmiştir [27, 33].



Şekil 2.9. Prosiyanidin dimerleri: (1) prosiyanidin B-1. (2) B-2. (3) B-3. (4) B-4. (5) B-5. (6) B-6 (Haslam, 1989)



Şekil 2.10. Bazı prosiyanidin trimerleri: (1) prosiyanidin C-1. (2) prosiyanidin C-2 (Haslam 1989)

### 2.3. Taninlerin Ekstraksiyonu ve Ekstraktların Fraksiyonlanması

Çözünürlük, ekstraktaki taninlerin çözünürlüğüne kısmen bağlıdır. Su taninlerin çoğu için iyi bir çözücüdür. Analitik maksatlar için, en iyi çözücüler sulu organik çözücü karışımlarıdır. Yaygın olarak kullanılan çözücüler su-metanol ve su-aseton karışımlarıdır. Bu karışımların etkisi tek başına su, metanol veya asetondan çok daha etkilidir. Karışımların değişik oranları kullanılmakla beraber %50 lik karışımlarda iyi neticeler alınmıştır. Sulu karışımlardaki bu çözücüler artan yeterlilik derecesine göre şöyle sıralanmıştır; metanol, izopropanol, aseton ve dioksan [34, 35].

Tanin ekstraksiyonu için bazen %1 lik HCl ihtiva eden metanol kullanılmıştır. Metanol ekstraksiyonuna kıyaslandığında, asidik çözücü bazı Sorgum türlerinin tohumlarından çözünebilir proantosiyandinlerin ürünlerini arttırmıştır. Aynı ekstraktant meşe ve akça ağaç yapraklarına uygulandığında, ekstrakt ürünleri sulu metanol veya sulu aseton ile elde edilenden karakteristik olarak düşüktür. Ekstraksiyon işlemlerinde; ekstraksiyon şartları, ekstraktın doğası ve ekstraksiyon sıcaklığı önemli faktörlerdir [34, 35].

Meşe (*Quercus Incana*) yapraklarındaki taninlerin ekstraksiyonu için; değişik organik çözücüler, alkaliler, yükseltgenler, kompleks oluşturucu metaller, su ve asid kullanılmıştır. Meşe yaprakları 60°C de fırında kurutulmuş ve 2 mm elekten elenmiş,

katı/sıvı oranı 1 g/10 mL ve 25°C de 20 dakika karıştırılarak ekstrakte edilmiştir. Aseton, etanol ve metanol taninin yaklaşık %70 ini, NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ve NaHCO<sub>3</sub> yaklaşık %70-90, KMnO<sub>4</sub> ve K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> yaklaşık %95, su %43 ve FeSO<sub>4</sub> %85 ini ekstrakte etmiştir [36].

Pilot tesis mahiyetindeki Gülbaran ekstraktörü ile de, Valonia [37] ve Çam kabuğundan [38] tanin ekstraksiyonu yapılmıştır. Bu ekstraktörde, ekstrakte edilecek olan madde bir yatak üzerine yayılır ve çözücü belirli bir sıcaklıkta hareketli halde yayılmış madde üzerine spreylenebilir. Ekstraktör hem kesikli hem de sürekli olarak çalıştırılabilmektedir. Optimum şartlarda tanin ekstraksiyon verimi; Valonia için %93.15 ve Çam kabuğu için %94.56 bulunmuştur [37, 38].

Bitki dokularının kompleks bileşimlerinden dolayı, taninler genellikle diğer fenolik maddeler, proteinler veya polisakkaritler gibi nonfenolik bileşikler ile birlikte ekstrakte olurlar. Bu nontaninler, tanin analiz metodları ile girişim yapabilirler. Bitki materyalleri ve araştırma bilgisine bağlı olarak, analiz etmeden önce taninler için ekstraktın fraksiyonlanması gerekebilir. Proteinler fenol tayini için kullanılan metod ile girişim oluşturmaz. Bu BSA (İnek serum albumini) gibi çözünmeyen proteinlerin kullanılmasıyla başarılmıştır [34].

Dietileter ile çözücü fraksiyonlanmasıyla taninlerden muhtemelen küçük molekül ağırlıklı fenoller de ayrılabilir. Bütün hidroliz olabilen taninler ve proantosiyanidin dimerleri veya oligomerleri su fazında kalırken, gallik asid veya kateşin gibi küçük molekül ağırlıklı fenoller eter fazına geçmektedir [21]. Antosiyanidinlerden, proantosiyanidinlerin ayrılması için kullanılan bir metod, proantosiyanidinlerin 1 M NaCl çözeltisindeki nisbeten düşük çözünürlüğü esasına dayanmaktadır [39].

#### 2.4. Türkiye'de Tanin Üretimi

Türkiye'de tanin üretimi ilk defa 1910 yılında İngilizler tarafından İzmir'de kurulan Valeks fabrikası ile başlamıştır. 1936 da yine İzmir'de 7000 ton/yıl kapasiteli ikinci bir fabrika kurulmuştur. Bu iki fabrika daha sonra kapanmıştır. Halen sektörde faaliyet

gösteren iki fabrikadan, 9000 ton/yıl kapasiteli Sümer Holding A.Ş. Salihli Palamut ve Valeks İşletmesi 1955 yılında Manisa Salihli'de kurulmuştur. 1993 yılında kurulan özel sektöre ait 4000 ton/yıl kapasiteli İzmir Palamut Sanayii A.Ş. yine Manisa Salihli'de bulunmaktadır [22]. Bu iki fabrikanın yıllık tanin üretimi yaklaşık 5000 ton civarındadır [38, 40].

Sümer Holding A.Ş. Salihli Palamut ve Valeks İşletmesinde tanin üretimi şu şekilde yapılmaktadır. Ekstraksiyon ünitesinde 23.5 m<sup>3</sup> hacminde 10 adet difüzyon kazanı bulunmaktadır. Bu kazanların her birine 4500 kg 2-6 mm boyutlarında kırılmış Palamut şarj edilmektedir. Ekstraksiyon 85<sup>0</sup>C deki sıcak su ile ters akım yöntemiyle yapılmakta olup, ekstraksiyon hızını arttırmak için her difüzyon kazanına ait pompa ile şerbet sirküle ettirilmektedir. Her 80 dakikada kazanlardaki palamut yenilenmektedir. En son kazandan alınan taninli şerbet filtre edilerek, sulu şerbet deposunda stoklanmaktadır. Sulu şerbet iki kazanlı üç kademeli evaporasyon kazanlarında vakum uygulanan borular sıcak su ile ısıtılarak koyulaştırıldıktan sonra koyu şerbet deposunda stoklanmaktadır. Bu stok deposundan alınarak tekrar filtre edilen koyu şerbet, pompayla 10 metre çap ve 20 m yüksekliğindeki kurutma kulesine basılmaktadır. Şerbet, buhar kulesinin çevresinde bulunan 10 adet püskürtme memesi ile kulenin ortasına çok ince olarak püskürtülmektedir. Kulenin altından, buhar santralından gelen 185-200<sup>0</sup>C deki kuru hava verilmektedir. Toz haline gelen tanin vantilatör ve aspiratörün oluşturduğu hava akımıyla siklonlarda tutulmaktadır. Siklonlardan alınan tanin valeks değirmeninden geçirildikten sonra partikülleri biraz daha küçültülmüş halde mamul madde deposunda stoklanmaktadır. Üretilen taninin bileşimi fabrikanın analiz neticelerine göre Tablo 2.1 de verilmiştir [40].

Tablo 2.1. Tanin bileşimi

Taninin bileşimi	%
Tanir:	68-70
Tanin olmayan	25-25.5
Çözünmeyen maddeler	1.10-1.15
Rutubet	4.05-5.50



## 2.5. Tanin Analiz Metodları

Bitki dokularına uygulanan herhangi bir analiz metodu, ağırlık yüzdesi olarak belirli bir bileşiğin veya bileşiklerin bir grubunun belirlenmesini mümkün kılar. Taninlerin (ellagitaninler, gallotaninler ve proantosiyanidinler) gibi heterojen molekülü bir grubun analizi; birden fazla tanin türünün bir arada bulunması ve diğer fenollerle girişimler oluşturması nedeniyle bir çok problemi beraberinde getirirler. Bitki dokularındaki taninlerin tayini için kullanılan farklı metodlar içerdikleri reaksiyon tipine göre üç grupta toplanabilirler. Proteinler veya alkaloidlerin çöktürülmesi, fenolik halkalarla reaksiyon ve depolimerizasyon esasına dayanan metodlardır [35].

### 2.5.1. Protein ve alkaloid çöktürme metodları

Protein çöktürmesi esasına dayanan değişik pek çok metod olmakla beraber, bir kaç tanesi büyük ölçüde biyoloji ve ekoloji çalışmalarıyla geliştirilmiştir. Bunların çoğu proteinlerin çözeltiden çöktürülmesi esasına dayanmaktadır. Bu metodların birbirinden farkı, çöktürme için seçilen protein ve kullanılan parametrelerin farklı olmasıdır [34]. Çökeltme, proteinin pI değeri yakınında maksimum değerde olduğu için pH dikkatli şekilde kontrol edilmelidir [27, 41]. Tanin ekstraksiyonu için kullanılan organik çözücüler çöktürmeyi etkileyebilir, bilhassa aseton kuvvetli bir inhibitördür [34].

Çöktürme polifenollerin doğasına ve protein konsantrasyonuna bağlıdır. Bu çöktürme metodları bir tanin tayin metodu olmaktan çok, bir tanin ekstraktının protein bağlama yeterliliğinin ölçülmesi olarak değerlendirilebilir [34]. Tanin tayini için bir protein bağlama metodu kullanıldığında protein konsantrasyonuna bağlı olması da başka bir zorluktur. Yüksek protein/tanin oranlarında, tanin muhtemelen protein-tanin kompleksleri olarak çözeltide kalır [27, 34].

Protein başlangıç konsantrasyonundan bağımsız olma avantajına sahip, jel içeren bir BSA içinde bir tanin çözeltisinin difüzyonundan ibaret olan bir metod da geliştirilmiştir [34].

Taninler sadece proteinlerle değil aynı zamanda selüloz, pektin, nişasta ve alkaloidlerle de kompleksler oluştururlar [12]. Bu metodlar protein çöktürme metodlarının gelişmesinden dolayı çok kullanılmamıştır. Alkaloidler ve taninler arasındaki etkileşimleri yürüten faktörler, kafeinler üzerinde detaylı şekilde incelenmiş ve proteinlerle olan etkileşimleri yürüten faktörlere çok benzer olduğu bulunmuştur [34].

### **2.5.2. Fenolik halkalar ile reaksiyon verme esasına dayanan metodlar**

Taninlerde fenolik halkaların bir kaç tipi bulunur. Hidroliz olabilen taninler çoğunlukla pirogallol halkaları ve kondanse taninler floroglisinol, resorsinol, kateşol, pirogallol veya fenol esaslı fenolik halkalar içerebilir. Bazı reaktiflerin, fenolik grubun herhangi bir tipi ile stokiometrik olarak daha etkili reaksiyon vermeleri taninlerin belirli bir grubunun tayinini mümkün kılar.

#### **2.5.2.1. Toplam fenol tayini için reaktifler**

Tanin ekstraktlarının toplam fenol içeriğini tayin etmek için bir çok kolorimetrik metod kullanılmıştır. Bu metodlar, metaller ile (demir (III) veya titanyum tuzları) renkli komplekslerinin oluşumu, demir (III) iyonlarının demir (II) iyonlarına indirgenmesi veya fosfotungstik-fosfomolibdik reaktifin indirgenmesi esasına dayanır [34, 35].

Demir (III) iyonları suda fenol, resorsinol veya floroglisinol ile metanolde ise kateşol ve pirogallol ile renkli kompleksler oluşturur. Muhtemelen redoks reaksiyonundan dolayı komplekslerin çoğu kararsızdır. Bu metod Folin-Denis metodundan yaklaşık sekiz kez daha az duyarlıdır [34, 35].

Fenollerin tayini için bir çok oksidasyon reaktifi kullanılmıştır. Permanganat (Löwenthal metodu) en erken geliştirilenlerden biridir, ancak fenoller için spesifikliği eksiktir [42]. Demir (III) iyonlarının demir (II) iyonlarına indirgenmesi ve sonra hegzasyanoferat (II) şelatının (Prusya mavisi) oluşumuyla demir (II) iyonları belirlenerek fenollerin tayini için geniş ölçüde kullanılmıştır. Bu reaksiyon fenollerin

kantitatif tayinine de uygulanmıştır [34, 35, 39]. Metod çok duyarlıdır. Daha sonraki yıllarda metodu ilişkili olarak, demir (II) yi belirlemek için 1,10-fenontrolin kullanılması önerilmiştir [29, 43]. Ancak bu reaktif prusya mavisi metoduna kıyaslanmamıştır.

Bugün fenollerin tayini için kullanılan metod, hafif alkali ortamda fosfotungstik-fosfomolibdik bir reaktifin indirgenmesi esasına dayanmaktadır. Metodun başlangıçtaki gelişimi (Folin-Denis metodu), çökeltilerin oluşumunu önlemek için reaktife lityum sülfatın ilavesiyle daha sonra modifiye edilmiştir (Folin-Ciocalteu metodu) [34, 35]. Bu metod, bitki ekstraktlarındaki kompleks fenolik karışımların mutlak konsantrasyonlarını tayin etmek için şimdiye kadar bilinen metodların en uygunu olarak görülmektedir. 0.5 den daha az absorbans için lineer bir cevap elde edilmiştir [21].

#### 2.5.2.2. m-Difenoller için reaktifler

m-difenollerin, asid çözeltilerinde benzaldehitler veya sinnamaldehitler gibi aldehitler ile reaksiyon verdikleri bilinmektedir. Bu reaksiyon onların A-halkaları gibi genellikle ya floroglusinol ya da resorsinol fonksiyonel gruplarına sahip proantosiyanidinler için kantitatif bir metod olarak geliştirilmiştir [34, 44].

Vanilin-hidroklorik asid metodu detaylı olarak incelenmiş ve metoda etki eden bir çok faktör gösterilmiştir. Sıcaklıktaki ve ışık şiddetindeki artış absorbansta değişmelere neden olmuştur [45-47]. Hidroklorik ve sülfürik asidlerin her ikisi de katalizör olarak kullanılmıştır [45]. Rengin şiddeti hidroklorik asid konsantrasyonu ile artar. HCl in metanoldeki ya %4 lük ya da %30 luk konsantrasyonları kullanılmıştır. Asidler vanilinin yarı (kendi) reaksiyonunu ilerleteceği için daha yüksek konsantrasyonlardan kaçınılmalıdır [30]. HCl katalizör olarak kullanıldığı zaman genellikle tekrarlanabilirliği sınırlar. Bu nedenle bir çok araştırmacının vanilin-sülfürik asid metodunu, vanilin-hidroklorik asid metoduna tercih etmesine sebep olmuştur. (+)-kateshin lineer bir cevap verir ve bir standart olarak kullanılabilir [21]. Gallik asidin,

pirogallol halkasının aktif olmayan karboksiliyle vanilin reaksiyon vermez, böylece, hidroliz olabilen taninler proantosiyanidin metodlarıyla girişim oluşturmaz [34].

### 2.5.2.3. o-Difenollerin tayini için reaktifler

Nitröz asid, mor veya maviye yavaşça değişen ani bir kırmızı veya pembe renk vererek ellagitaninler için bir reaktif olarak bu yüzyılın başından beri kullanılmıştır. Bu mavi renk azotun yokluğunda oldukça kararlı olarak bulunmuştur ve kantitatif bir metod geliştirilmiştir (Bate-Smith metodu) [34]. Çok duyarlı olmamakla beraber, ellagitaninlerin hegzahidroksidifenol grupları için spesifiktir. Bu metod, ellagitaninler ve proantosiyanidinlerin her ikisini de içeren bir çok odun ekstraktlarında test edilmiş ve ellagitaninler için spesifikasyonu teyid edilmiştir [21]. Metanol konsantrasyonu, sıcaklık ve pH'nın maksimum absorbansa ulaşmak için gereken zamana etkili olduğu gösterilmiştir, fakat nihai absorbans aynı olmuştur.

Ayrıca, kağıt kromatogramlarda gallotaninler ile karakteristik pembe bir renk veren potasyum iyodat, o-difenollerin tayini için kullanılmıştır [34].

### 2.5.3. Depolimerizasyon esasına dayanan metodlar

Taninlerin depolimerizasyon özellikleri, hidroliz olabilen taninler ve proantosiyanidinlerin her ikisinin de tayini için uygulanmıştır. Metodun güvenilirliği, başlangıç bileşiği ve istenen depolimerizasyonu sağlayan depolimerizasyon ürünlerinin ne derece iyi olduğuna bağlıdır.

#### 2.5.3.1. Hidroliz olabilen taninler

Galloil esterleri ve HHDF esterlerinin her ikisi de sırasıyla gallik asid ve ellagik asid elde etmek için seyreltik asitlerde kolayca hidrolizlenirler. Kromatografiyle veya kolorimetriyle tannik asid, gallik asid ve ellagik asidin tayini, gallotaninler ve ellagitaninlerin indirekt olarak analizini mümkün kılmıştır [48-50].

Galloil esterleri, 24 saat içinde 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de hidroliz olduktan sonra gallik asidin alkali ortamda rodanin ile reaksiyonuyla tayin edilebilir. Rodanin kırmızı bir renk ile ( $\lambda_{\text{max}}$  : 520 nm) gallik asid için selektif bir reaktif olarak gösterilmiştir [51].

HHDF esterlerinin tayini için farklı indirgeme metodları önerilmiştir. HHDF içeren yapraklar 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de direkt olarak hidroliz olabilir. Hidroliz sonucu ellagik asidin oluşmasıyla kalıntı, girişim yapan pigmentleri uzaklaştırmak için asitlendirilmiş sulu aseton ile yıkanır. Daha sonra ellagik asid piridinde çözülerek, hidroklorik asidin ve sodyum nitritin ilavesine bağlı olarak kırmızı bir renk oluşmasıyla analiz edilir [28].

### 2.5.3.2. Proantosiyanidinler

Proantosiyanidinler sıcak mineral asidi çözeltileriyle muamele edildiği zaman, 550 nm civarında maksimum absorpsiyon ile renkli antosiyanidinleri verir. Antosiyanidinler, flavon içi bağın parçalanmasıyla, başlangıçta oluşan karbokatyonların oksidasyonu ile oluşur [34, 35]. Ekstraksiyon esnasında kullanılan izopropil alkol ve n-bütanol, antosiyanidinler ile muhtemelen 3-pozisyonunda izopropil ve butil esterlerinin oluşumuna sebep olur. Metod ile bu reaksiyonların girişim oluşturmadığı rapor edilmiştir. Otoksidasyonu arttıracak bilinen, geçiş metal iyonlarının ilavesi, renkli ürünleri artırır. Co (II), Cu (II), Fe (III) veya Mn (II) gibi farklı metaller karşılaştırılmıştır. Fe (III) ün en etkili olduğu bulunmuştur [21]. Reaksiyonun sıcaklığı (95°C) ve süresi çok iyi kontrol edilmelidir. Antosiyanidinlerin maksimum ürünlerine 15 dakika sonra ulaşılmıştır [21]. Tanin tayini için kullanılan metodlar Tablo 2.2 de verilmiştir.

### 2.6. Taninlerin Kullanım Alanları

Bitkilerle deri tabaklamanın ilk defa Babilliler tarafından yapıldığı ve en eski tabaklama şekli olduğu bilinmektedir. Daha sonraları derileri tabaklayan maddenin tanin olduğu anlaşılmıştır. Bu yüzden eskiden beri kaynaklarda, taninlerle dericilik birlikte ele alınmıştır. Deri tabaklama denince tanin ve tanin denince deri tabaklama anlaşılmalıdır. Taninlerle deri tabaklama mekanizması, iki aşamalı bir işlemdir.

Birinci adımda konsantrasyon farkıyla tanin derideki kollojen lifleri arasına difüzenir. İkinci adımda ise taninle kollojen arasında bağlanma meydana gelir. Tanin deriye esneklik, dayanıklılık ve dolgunluk verir [17, 52-57].

Tablo 2.2. Tanin tayini için kullanılan başlıca metodlar (Scalbert, 1992)

Metod tipi	Tayin edilenler			
	T <sup>a</sup>	PA	GT	ET
Protein ve alkaloid çöktürme metodları				
Deri tozunun bir kolonda adsorpsiyonu	x			
Çözeltiden çöktürme	x			
Bir jelde difüzyon	x			
Kromatografi kağıdında çöktürme	x			
Fenolik halkalar ile reaksiyon verme esasına dayanan metodlar				
Bütün fenoller				
Demir (III) iyonları ile kompleks oluşturma	x			
Titanyum iyonları ile kompleks oluşturma	x			
Permanganatın indirgenmesi (Löwenthal metodu)	x			
Demir (III) iyonunun indirgenmesi (mesela Prusya mavisi metodu)	x			
Fosfotungstik-fosfomolibtik reaktifin indirgenmesi <sup>b</sup>	x			
m-Difenoller				
Vanilin ile reaksiyon	x			
Formaldehit ile reaksiyon (Stiasny metodu)		x		
o-Difenoller				
Nitröz asidin indirgenmesi (Bate-Smith metodu)				x
Potasyum iyodatın indirgenmesi			x	
Depolimerizasyon esasına dayanan metodlar				
Bütanol/HCl de oksidatif depolimerizasyon		x		
Gallik asidin tayini ile hidroliz			x	
Ellagik asidin tayini ile hidroliz				x

<sup>a</sup>T: Taninler, PA: Proantosiyonidinler, GT: Gallataninler, ET: Ellagitaninler.

<sup>b</sup>Folin metodları

Taninin boya yapımı ve boyacılık işlerinde kullanılması da çok eski tarihlere dayanmaktadır. Sülfür ve sülfür bileşiklerine dayanıklı boyaların yapımı, kök boyası olarak bilinen ve eskiden boyama işlerinin bu boyalarla yürütülmesi, mürekkep yapımında tanin-demir komplekslerinin kullanılması bunlar arasında sayılabilir. Taninler daha sonraları lakların yapımında da kullanılmıştır [54, 55, 58, 59].

Taninler, demir ve diğer metallerle şelatlar oluşturabilirler. Tannatlar olarak bilinen bu şelatlar çözünmediği gibi metal yüzeyini kaplayarak korozyon inhibitörleri olarak davranırlar [54, 60-63].

Geleneksel halk ilaçları olarak bilinen bitkilerin çoğu taninlerce zengindir ve bu ilaçlarla tedavinin uzun ömürlü olması modern eczacıların da dikkatini çekmiştir. Yanık tedavilerinde kullanılan ilaçlar da tanin ihtiva etmektedir. Taninlerin; enzimler, virüsler, bakteriler ve mikroorganizmalara karşı aktiviteleri de incelenmiştir. Son yıllarda taninlerin antiviral ve antitümör etkileri üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır [33, 54, 55, 64-66].

Taninlerin, odun yapıştırıcıda tutkal olarak kullanılması yine eski tarihlerden beri süregelen bir uygulamadır. Son yıllarda ise sentetik yapıştırıcıların istenmeyen formaldehit emisyonlarının fazla olması nedeniyle, taninler tekrar ilgi odağı olmaya başlamıştır [55, 64, 67, 68].

Kompleks polisakkarit tanin türevleri geniş ölçüde içme suyu, evsel ve endüstriyel atıksuların tasfiyesinde kullanılmıştır [9, 69-77].

Taninlerle; petrol kuyularının inşası [54, 64], kazanlarda kireç taşı oluşumunun engellenmesi [54, 64, 78], iyon-değiştirici reçinelerin yapımı [54], cevherlerin flotasyonla zenginleştirilmesi [54], balık ağları, sicimler ve kumaşlarda koruyucu olarak kullanılması [55, 64], çeşitli maksatlar için metal komplekslerinin oluşturulması [55, 64, 79], sindirim sistemi üzerine etkileri [33, 80] konularında da çok sayıda çalışma yapılmıştır.



## BÖLÜM 3. KOAGÜLASYON ve FLOKÜLASYON

### 3.1. Kolloidal Çözeltiler ve Kolloidal Taneciklerin Özellikleri

Bir sıvı içindeki katı tanecikler büyüklükleri bakımından üç farklı şekilde bulunurlar.

1. Molekül veya iyon büyüklüğündeki ( $\sim 10^{-6}$  mm den daha küçük) katı tanecikler gerçek çözeltileri meydana getirirler. Çözeltiler; inorganik basit ve kompleks iyonları, molekülleri ve polimerik türleri, polielektrolitleri, organik molekülleri vs. kapsamaktadır.

2. Moleküllerden daha büyük fakat mikroskop altında görülebilenlerden daha küçük ( $\sim 10^{-3}$  mm den daha küçük) katı taneciklerin meydana getirdiği kolloidal çözeltilerdir. Kolloidal madde; çöktürülmüş ve floküle edilmiş parçacıklar, silt, bakteri, plankton, virüs, biopolimerler ve makromolekülleri kapsamaktadır.

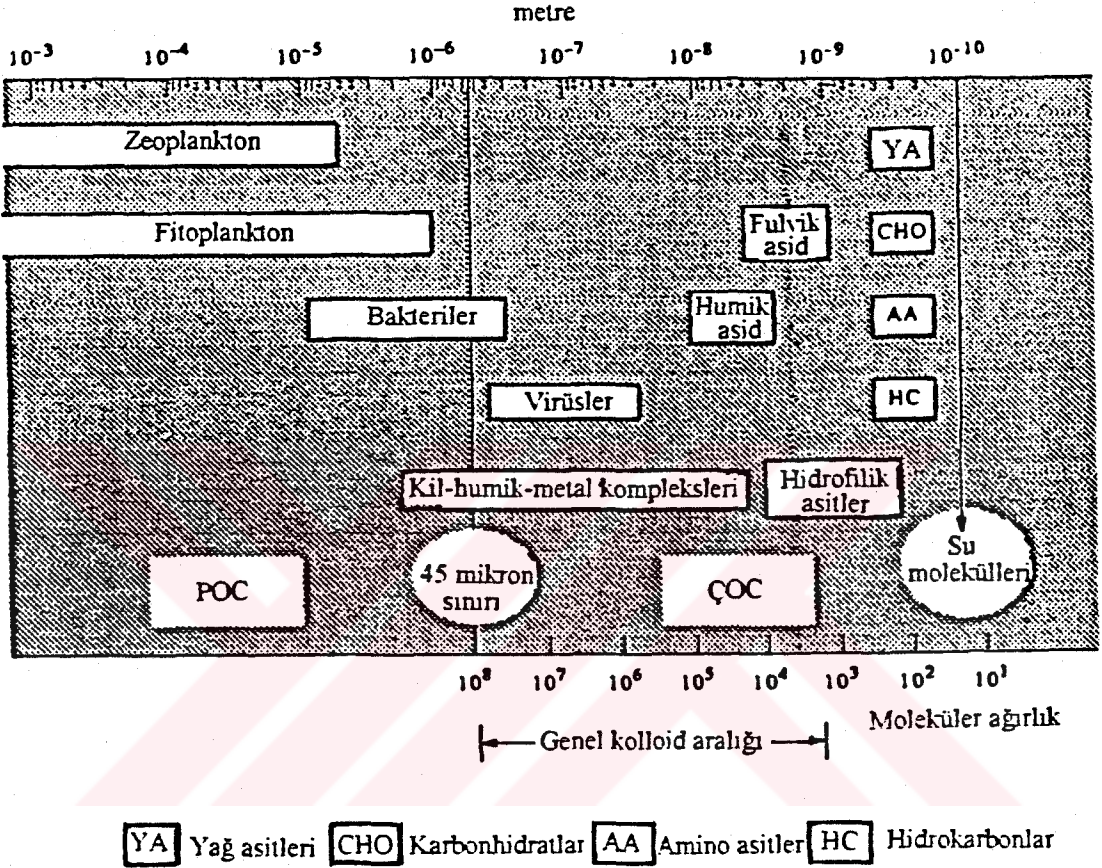
3. Büyük katı taneciklerin meydana getirdiği süspansiyonlar [9, 81, 82].

Suda bulunan partiküllerin büyüklük spektrumları ve filtre porları Şekil 3.1 de verilmiştir [9, 69, 83].

Homojen bir ortamda (disperse ortam) oldukça küçük taneciklerin (dispers faz) dağılması ile meydana gelen sisteme "kolloid" denir. Staudinger'e göre, bir kolloidal taneciğin oluşabilmesi için en az 1000 atomun bir araya gelmesi gerekir. Kolloidal bir tanecik oluşturmak üzere bir araya gelecek atomların sayısı için üst limit ise  $10^9$  civarındadır. Kolloidal çözeltiler bir maddenin bir ortamda  $10^{-5}$  -  $10^{-7}$  cm ( $0.1 \mu$  -  $1 \mu$ ) boyutlarında dağılması ile oluşan çözeltilerdir. Gerçek çözeltilerde çözücü ve çözünen



madde tek bir faz teşkil ederken, kolloidal çözeltilerde ‘dağılan faz’ ve ‘dağılma fazı’ olmak üzere iki ayrı faz mevcuttur. Bu fazlar gaz, sıvı ya da katı halde olabilirler. Dağılan fazın katı, dağılma fazının sıvı olduğu kolloidal çözeltilere ‘sol’ denir. Kolloidal çözeltiler 4 ayrı şekilde sınıflandırılabilir [84].



Şekil 3.1. Sudaki partiküllerin büyüklük spektrumu ve filtre porları (Gölhan ve Aksoğan, 1970; Bratby, 1980; Bolto, 1995)

1. Kimyasal bileşimlerine göre: İnorganik ve organik kolloidler olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

2. Taneciklerin yapısına göre: Moleküler ve misel kolloidler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Moleküler kolloidlerde, kolloidal tanecikler bir tek molekülden ibarettir. Molekül ağırlıkları 10000 in üzerinde olan doğal ve sentetik polimerler moleküler kolloid oluşturabilirler. Misel kolloidlerde ise tanecikler çok sayıda atom, iyon ya da moleküllerin bir araya gelmesi ile oluşur. Metaller, çeşitli metal bileşikleri, sabunlar ve

deterjanlar misel kolloidleri oluştururlar. Bu maddeler şartlara bağlı olarak gerçek çözelti de oluşturabilirler [84, 85].

3. Dağılan faz ile dağılma fazı arasındaki ilgiye göre: Liyofob ve liyofil kolloidler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Liyofob tanecikler, kolloidal halde ya da floküle olurken ortam sıvısını kendilerine bağlamazlar. Liyofob sollar bu nedenle az miktarda elektrolit ilavesi ile kolayca çöktürülebilirler ve bir defa kümeleştikten sonra ısıtma, karıştırma gibi fiziksel işlemlerle yeniden sol haline döndürülemezler. Bunlar genellikle inorganik sollerdir. Liyofil tanecikler ortam sıvısını kendilerine bağlarlar ve bir sıvı tabakasıyla çevrili olduklarından kümeleşmeleri için çok fazla miktarda elektrolit ilavesi gerekir. Tanecikler kümeleşirken önemli miktarda ortam sıvısını teşkil ettikleri şebeke içinde hapsederek jel teşkil ederler. Oluşan jeller ısıtma, seyreltme, karıştırma gibi fiziksel etkilerle yeniden sol haline döndürülebilirler.

Dağılma ortamı su olduğunda liyofob sollar hidrofob, liyofil sollar ise hidrofil sol adını alır [84, 85].

4. Taneciklerin şekillerine göre: Sfero (küresel) ve lineer (çizgisel) kolloidler olmak üzere iki gruba ayrılırlar [84-86].

Kolloidal tanecikler, buldukları sıvı ortam içinde daima bir elektrik yüküne sahiptir. Bu durum, taneciklerin kristal şebekesindeki bazı iyonların sıvı içindeki iyonlarla yer değiştirmesinden veya çoğunlukla tabii sulardaki hidrofobik taneciklerde olduğu gibi, su içinden özellikle hidroksit iyonlarının adsorbe edilmesinden ileri gelmektedir. Bu yüzden tabiattaki yüzeysel sularda rastlanan kolloidal ve askıdaki maddeler negatif yüklüdürler. Hidrofobik tabiatlı bu kaba askıdaki maddeler genellikle kil ve siltlerden ibarettir [9, 69, 81-83, 87].

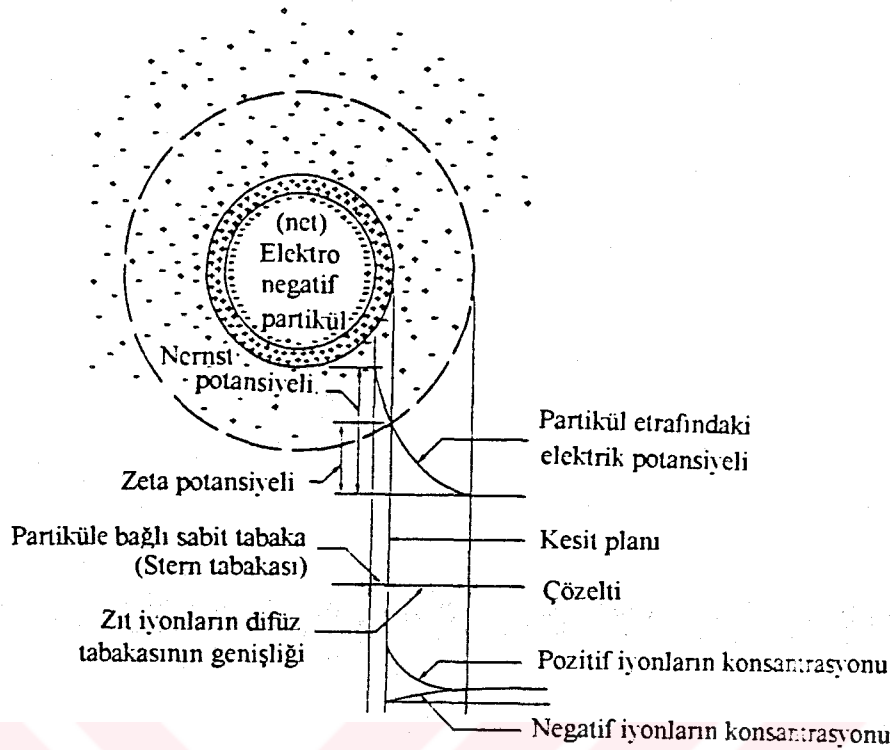
Kolloidal tanecikler üzerine etki eden çekme ve itme kuvvetlerinin bileşimine bağlı olarak kolloidal denge hali devam eder. Bu yüzden kolloidal sistemlerde tanecikler sıvı içinde çökmeden asılı kalırlar. Bunların çöktürülmesi su tasfiyesi açısından önemli bir

konudur. Kolloidal taneciklerin yer çekimi etkisiyle çökmesi çift tabaka teorisiyle izah edilmektedir [9, 81-83, 88].

Kolloidal tanecikler, hareket tarzlarına büyük ölçüde etki eden elektriki özelliklere sahiptir. Tanecik üzerinde bulunan elektrik yükleri bir elektrostatik alan meydana getirir. Kolloidal sistemin stabilitesini sağlayan esas faktör bu elektrostatik alandır. Tanecik üzerindeki bu ana yük aşağıdaki iki sebepten birinden veya her ikisinden birden meydana gelmektedir. Birincisi, taneciğin yapısını teşkil eden moleküllerin ucundaki  $-COOH$  ve  $-NH_2$  gibi reaktif grupların ayrışmasından ve ikincisi dağılma ortamındaki su iyonlarının tercihli adsorpsiyonundan ileri gelebilir.

Kolloidal tanecikler üzerindeki ana yüke eşdeğerde, çözeltide bulunan ters yüklü iyonları kendine çeker. Böylece tanecik yoğun bir karşıt iyonlar tabakası ile kaplanmış olur. Bu ilk ve yoğun karşıt iyonlar tabakasına "sabit tabaka" veya "Stern tabakası" denilmektedir. Stern tabakası da gene aynı cinsten fakat, daha az sayıdaki iyonların oluşturduğu az yoğun bir tabaka ile çevrilir. Bu ikinci karşıt iyonlar tabakasına da "difüz tabakası" veya "Gouy tabakası" denir. Gouy tabakasındaki iyon konsantrasyonu Stern tabakasına bitişik olan kısımda fazla, çözelti ile birleştiği yerde ise azdır. Bununla birlikte, Stern ve Gouy tabakaları içinde de az sayıda ana yükü oluşturan iyonlardan bulunmaktadır. Stern ve Gouy tabakalarının her ikisine birden çift tabaka denilir. Şekil 3.2 de ana yükü negatif olan kolloidal bir taneciği saran çift tabaka şematik olarak gösterilmiştir [9, 83, 88-92].

Taneciğin çekim gücü yüzeyden itibaren uzaklaştıkça üstel olarak azalır ve katyon ile anyon konsantrasyonlarının çözelti içinde eşit olduğu yerde sıfır olur. Çift tabakanın herhangi bir noktasındaki potansiyel, çözelti içindeki birim yükün tane yüzeyine getirilmesi için sarfedilecek iş ile ölçülür. Kesilme planındaki potansiyel özel bir öneme sahiptir. Kesilme planı üzerindeki potansiyele "Zeta potansiyeli" denir. Kolloidal taneciğin gösterdiği elektrokinetik özellikler çoğunlukla zeta potansiyeline bağlıdır; bu nedenle zeta potansiyeli çok önemlidir [9, 78, 83, 88-92].



Şekil 3.2. Kolloidal partiküllerin taşıdığı potansiyelle birlikte çift tabaka modeli (Bratby, 1980)

Kolloidal taneciklerin çevresinde meydana gelen bu çift tabakanın taneciklerin çökmesini engellediği ve kolloidal çözeltinin stabilitesini sağladığı anlaşılmıştır [81].

### 3.2. Sakin Çökelme

Sakin çökelmede, çökme müddeti boyunca askıdaki katı maddelerin büyüklük, şekil ve ağırlıklarında herhangi bir değişiklik olmaz. Burada çökelmeye etki eden faktörler; katı taneciklerin çapı, şekli, özgül ağırlığı ve suyun sıcaklığıdır.

Sakin bir akışkan içerisinde çökelmeye bırakılan bir tanecik, yer çekimi etkisi ile hızlanarak aşağıya doğru yoluna devam ederken akışkan ile sürtünmesinden dolayı bir dirençle karşılaşır. Tanecik akışkanın kendisine gösterdiği dirençten ileri gelen sürtünme kuvveti, harekete sebep olan kuvvete eşit oluncaya kadar hızlanır. Bu noktadan sonra uniform bir hızla çökelmeye devam eder. Hızlanan hareket fazı çok kısa bir zaman aldığından ve su yüzeyine bitişik ince bir tabakayla sınırlı kaldığından taneli çökme olayının sabit bir hızla cereyan ettiği kabul edilir [88, 93, 94].

Gerek tabii ve gerekse kullanılmış sulardaki partiküllerin boyutları çok değişik olup, partikül çapı ile çökme süresinin nasıl değiştiği Tablo 3.1 de görülmektedir.

Tablo 3.1. Tanecik büyüklüğünün çökme süresine etkisi (Bratby, 1980; Şengil, 1982)

Tanecik çapı (mm)	Tanecik cinsi	Çökme süresi*
10	Çakıl	0.3 saniye
1.0	Adi kum	3 saniye
0.1	İnce kum	38 saniye
0.01	Silt	33 dakika
0.001	Bakteri	55 saat
0.0001	Kolloidal	230 gün
0.00001	Kolloidal	6.3 yıl
0.000001	Kolloidal	63 yıl

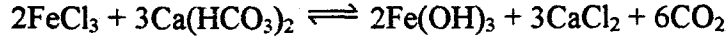
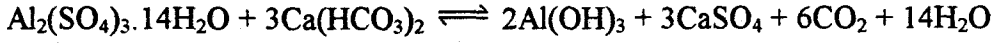
\* : Çökme mesafesi: 30 cm

### 3.3. Koagülanlar

Kolloidal sistemlerin koagülasyon ve flokülasyonunda, hemen her zaman metal koagülanlar kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda polielektrolitler de önem kazanmıştır.

Yaygın olarak kullanılan metal koagülanlar; alüminyum esaslı olanlar ve demir esaslı olanlar olmak üzere iki genel sınıfa ayrılmaktadır. Alüminyum esaslı olan koagülanların başlıcaları; alüminyum sülfat, alüminyum klorür, polialüminyum klorür, amonyum ve potas şapı ile sodyum alüminattır. Başlıca demir esaslı koagülanlar ise; demir (III) sülfat, demir (II) sülfat, klorlanmış demir (II) sülfat ve demir (III) klorürdür. Diğer metal koagülanlar arasında  $\text{Ca(OH)}_2$  ve  $\text{MgCO}_3$  bulunmaktadır [9, 81, 83, 95]. Alüminyum ve demir esaslı koagülanlar ile bulanıklık giderme konusunda yapılan mukayeseli çalışmalarda; alüminyum sülfat ile demir (III) klorürün birbirine yakın sonuçlar verdiği, ancak demir (II) sülfatın yetersiz kaldığı görülmüştür [96].

Alüminyum sülfat ve demir (III) klorürün koagülasyon esnasındaki reaksiyonları şu şekildedir [9, 83].



Metal koagülantların yanı sıra, bazı organik esaslı polimerik maddeler de gerek tek başlarına, gerekse flokülasyona yardımcı olarak kullanılmaktadır. Bunlar suda çözünebilen polimerler olup, doğal polielektrolitler ve sentetik polielektrolitler olmak üzere iki ana sınıfta mütalaa edilirler. Sentetik polielektrolitler; katyonik, anyonik ve noniyonik olmak üzere üç sınıfta incelenirler [9, 69, 97, 98-101]. Doğal polielektrolitlerin çoğu bitkisel esaslı olup, guar zankı, nişastalar, selüloz türevleri, proteinler, polisakkaritler ve taninler bunlardan bazılarıdır [9, 69, 97, 98-100].

### 3.4. Doğal Polielektrolit Olarak Taninler

Sanskrit literatüründe (M.Ö. 2000 li yıllarda) Nirmalia ağacının ezilmiş sert kabuklu yemişlerinin su arıtma vasıtası olarak kullanılmasından bahsedilmektedir. Bitkisel ürünlerin etkisi büyük ihtimalle suda çözünebilen organik polimerlerden ileri gelmektedir. Bunların çoğu, polisakkarit iskeletinden ve karboksil gruplarından dolayı anyonik özelliklere sahiptir. Kompleks polisakkarit tanin türevleri geniş ölçüde içme suyu, evsel ve endüstriyel atıksuların tasfiyesinde kullanılmıştır. Bunlar genellikle asidik şartlar altında etkilidirler [9, 69].

Konifer ağacı (kozalıklı ağaç) taninlerinin -OH grupları  $\leq$  %4 N-içeriği ve  $\sim$  %90 reaktif bileşimine sahip kuaterner amonyum eter türevlerine kolayca dönüşebilir. Bu haliyle katyonik tanin etkili bir flokülant olduğu halde, performansı formaldehit veya epiklorhidrin ile A-halkasının çapraz bağlanma reaksiyonuyla hala geliştirilebilir. Gerçek bir atıksu tasfiye durumunda katyonik taninin en iyi flokülasyon davranışı; koloidal partiküllerin ucuz bir yük nötralizörü olarak daha pahalı bir makromoleküllü lineer polimer içeren bir kombinezon dozajıyla elde edilmiştir [70, 71].



Su arıtımı ve atıksu tasfiyesi için tanin içeren polimerler; %0.60 N noniyonik monomer, %30-100 C katyonik monomer ve %0-30 A anyonik monomeri ihtiva eden tanin-[N-C-A] formülündedir [72].

Musluk suyundan klor bileşiklerini uzaklaştırmak için de, etkili bileşen olarak acı ve burucu tada malik tannik asid içeren bitkisel maddeler kullanılmıştır [73].

Polimer içeren atıksulardan polimerik maddeleri gidermede de, tanin, tannik asid veya onları içeren bir bileşen ile tasfiye edilmiştir. 1200 ppm KOİ ye sahip bir poli(vinil alkol) içeren atıksu tannik asid çözeltisi ile tasfiye edildikten sonra pH 5 e ayarlanarak filtre edilmiştir. Filtrat 80 ppm KOİ içermektedir [74].

Atıksudaki organik maddeler, proteinler, alkaloidler ve metalleri gidermek için formaldehit ile tannik asid kondenzasyonu ile yapılan suda çözünebilir polimerler gibi yüksek molekülü bir koagülant kullanılmıştır. Pratikte metod, alum ve poliakrilik reçinelerle beraber kullanılarak gerçekleştirilmiştir [75].

Renkli atıksulardan, rengin giderilmesinde tannik asid veya  $\geq 1$  olan türevleri kullanılmıştır. K-alum ile tannik asid birlikte kullanılmış ve tannik asidin renk giderme verimini %90 arttırdığı bulunmuştur. Kullanılan metodun boya içeren atıksu tasfiyesi için faydalı olduğu ileri sürülmüştür [76].

Tanin içeren çeşitli kabuklar, sudan farklı ağır metal iyonlarının kolonda sürekli akımda giderilmesi için kullanılmıştır. Sudan giderilen metal iyonlarını 0.1 N HCl çözeltisi ile kabuktan sıyırmak ve kabukları rejenere ederek tekrar kullanmak mümkün olmuştur [77].

Taninlerin su arıtımında kullanılmasıyla ilgili yapılan değişik çalışmalar, taninlerin etkinliğinin elde edilen bitkiden kaynaklanan kimyasal yapısına ve modifiye edilme derecesine bağlı olduğunu göstermiştir.

### 3.5. Koloidlerin Destabilizasyonu

Kolloidal taneciklerin sahip olduđu yűke, zıt ve yűksek deęerlikli iyonların ozeltiye ilave edilmesi halinde, zeta potansiyeli ve taneciklerin karřılıklı itme etkisi azalır. Zeta potansiyeli sıfır olduđu anda -buna "izoelektrik nokta" denir- çift tabaka tamamen bozulmakta ve tanecikler bir araya gelerek koagűle olabilmektedir. Zeta potansiyeli sıfır olduęunda, optimum koagűlasyonda meydana gelmektedir [9, 81, 82, 88, 91].

#### 3.5.1. Metal koagűlantlar ile destabilizasyon

Metal koagűlantlar ile kolloidlerin destabilizasyonunu izah edebilmek için ű farklı teori ileri sűrűlmektedir [9, 81, 88].

1. Kolloidal ozeltiye ilave edilen zıt yűklű iyonlar, partikűl çevresindeki difűz tabakasının sıkıřmasına sebep olurlar. Bu durumda tanecikler arası itme etkisi azalır (Schulze-Hardy Kanunu).
2. Zıt yűklű iyonların, kolloidal taneciklerin yűzeyinde adsorbe olmasıyla da destabilizasyon meydana gelmektedir.
3. Koagűlant maddelerden meydana gelen metal hidroksit veya metal karbonatlar hızla çökerken, kolloidal tanecikleri aę gibi sararak birlikte sűrűklerle.

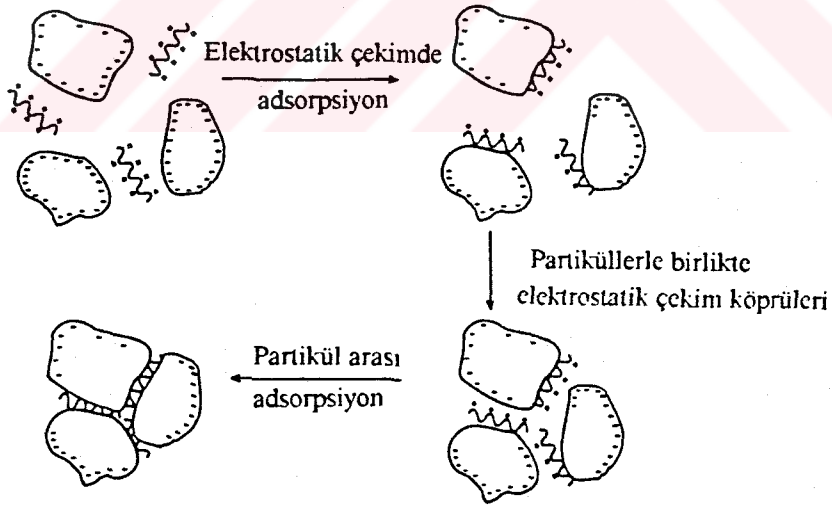
#### 3.5.2. Polielektrolitler ile destabilizasyon

Polielektrolitler yűklű ya da yűksűz fonksiyonel gruplar ihtiva ederler. Eęer polielektrolit yűklű ise fonksiyonel gruplar polimer zincirine katyonik, anyonik veya anfolitik karakter verirler. Polimer zinciri boyunca baęlanmış fonksiyonel gruplar bir yűk tařıma ihtimalinin yanında, adsorbe olma özellięine sahip yanlar da tařırlar. Bu özellięinden dolayı polielektrolitler ile destabilizasyon, hem yűk etkileri hem de adsorbe olma etkilerini birleřtiren bir mekanizma gösterir [9, 91]. Polielektrolitlerle kolloidlerin destabilizasyonu için ű model ileri sűrűlmektedir [9, 87, 102, 103].



### 3.5.2.1. Kolloidlerin yük nötralizasyonu ile destabilizasyonu

Destabilizasyon, partikül yüzeylerinde zıt yüklü polimerlerin adsorpsiyonuyla gerçekleşir. Böyle sistemler negatif yüklü kolloidal dispersiyona katyonik polielektrolitlerin uygulanmasını veya metal koagülantlar ile destabilize olmuş dispersiyonlara uygulanan anyonik polielektrolitleri içerir. Negatif yüklü kolloidal sisteme ilave edilen katyonik polielektrolit, partikül yüzeyine adsorbe olur. Adsorbe olan polielektrolit zincirleri pozitif ve negatif yüklerin değişimli bölgeleri ile yük mozaiği oluşturur. Komşu partiküllerin yük mozaikleri arasında kuvvetli bir elektrostatik çekim sağlayarak sıralanmaları sonucu destabilizasyon meydana gelir. Bu şekilde kolloid destabilizasyonu elektriksel çift tabaka modeli ile benzerlikler gösterir. Zıt yüklü polielektrolitler Stern tabakasında adsorbe olarak, partiküller arasındaki itme potansiyel enerjilerinde bir azalmaya neden olur. Nisbeten düşük moleküler ağırlıklı, yüksek yük yoğunluğuna sahip katyonik polielektrolitler kullanıldığında meydana gelen destabilizasyon bu modele uyar [9, 69, 87-89, 97 102, 103]. Yük nötralizasyonu modelinin mekanizması Şekil 3.3 de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Yük nötralizasyonu ile elektrostatik çekim modeli (Bolto, 1995)

### 3.5.2.2. Partiküller arası köprü oluşumuyla destabilizasyon

Yüksek moleküler ağırlıkları ile anyonik polielektrolitler partikül yüzeyinde bir veya daha fazla bölgede adsorpsiyonuyla partikül destabilizasyonunu başarırlar. Yüksek moleküler ağırlığı, çift tabaka kalınlığından daha büyük mesafeler ve diğer partiküllere saldırmak üzere çözelti içine yayılmada onlara yeterli büyüklük sağlar [9, 87, 88, 97, 103]. Akers köprü oluşum mekanizmasını dört adımda tarif eder [9, 103].

1. Süspansiyonda polielektrolitin dağılması: Partiküllerin yüzeyinde eşit bir adsorpsiyonun olabilmesi için, polielektrolitin tüm süspansiyonda çabuk ve eşit olarak dağılması gerekir. Bunu sağlamak için, kısa ve şiddetli bir karışma ortamı gerekir [9, 103].

2. Katı-sıvı arayüzeyinde adsorpsiyon: Polielektrolit süspansiyon içine yayıldıktan sonra, katı-sıvı arayüzeyine difüzenirler. Zincirin kalan kısmı belli bir süre için serbest olup çözeltiliye yayılırken, başlangıçtaki fonksiyonel grubun partikül yüzeyine adsorpsiyonu gerçekleşir. Zaman ilerledikçe sürekli Brown hareketi nedeniyle zincir uzunluğu boyunca daha fazla noktadan partiküllere adsorbe olur. Bu olay çökelti içine sarkan uçlar tükenene kadar devam eder [9, 88, 103].

3. Adsorbe edilmiş polielektrolitin sıkışması veya çökmesi: İki komşu partikül arasında başarılı bir köprü oluşumu yüzeyde adsorbe olmuş polielektrolit biçimine bağlıdır. Adsorpsiyonun başlangıcında, artan sayıda polielektrolit parçacığı partikül yüzeyinde adsorbe olacaktır ve sonuçta polielektrolit zinciri yüzeye sıkıştırılmış olacaktır. Polielektrolit tabakasının sıkıştırılmış olması ve uzun ilmikler oluşturması için belli bir zaman gerekir [9, 88, 103].

4. Polielektrolit ile kaplanmış partiküllerin köprü oluşturması: Adsorpsiyon meydana geldikten sonra polielektrolitin sarkan halkaları komşu partiküller üzerinde de adsorplanacak ve böylece belli sayıda köprüler oluşacaktır. Oluşan flokların kuvveti, oluşan köprü sayısına bağlıdır. Köprü oluşumu esnasındaki çok önemli bir faktör, komşu partikülde çözeltiliye sarkan polielektrolit uçlarının adsorplanabileceği boş

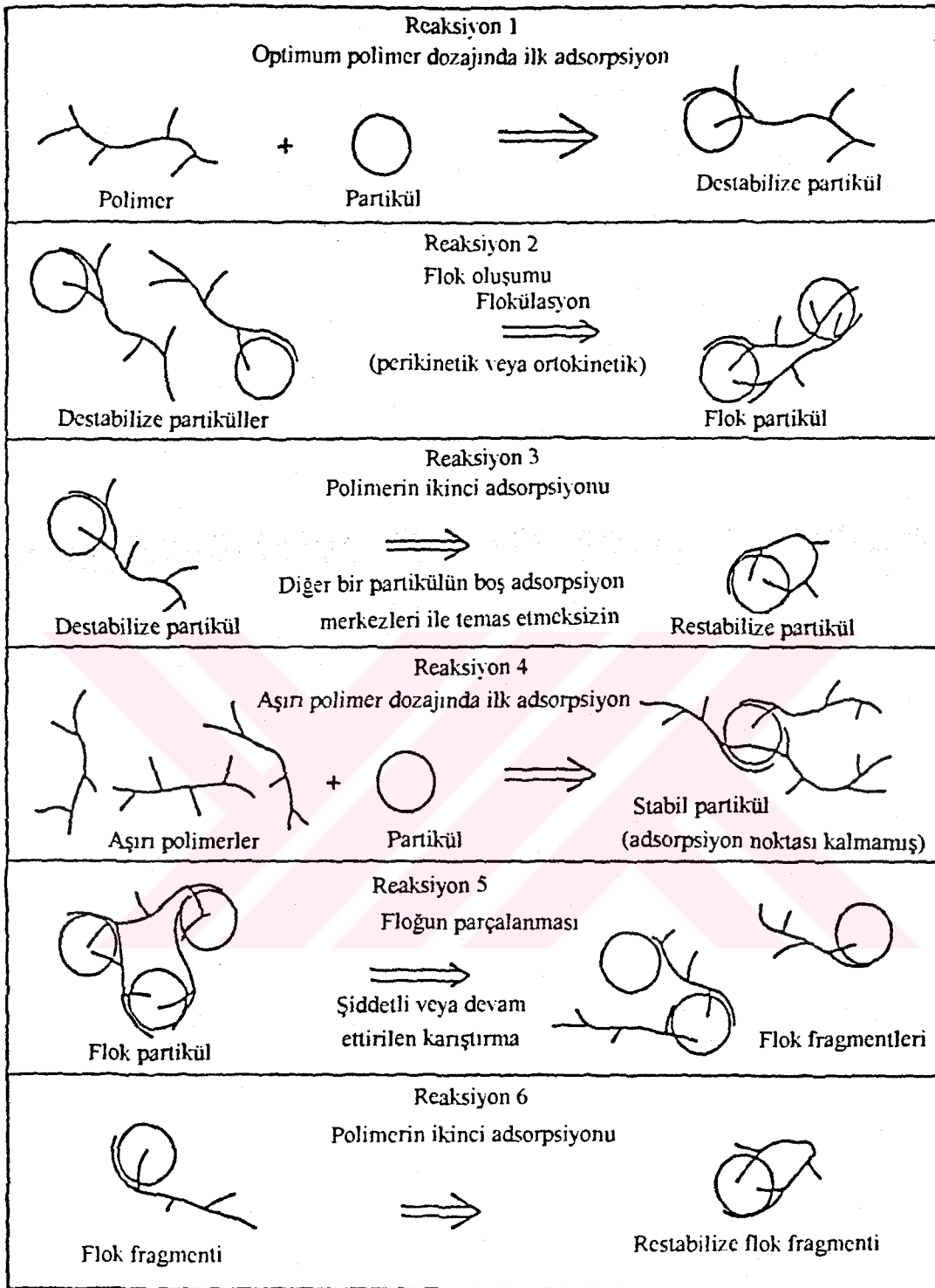
bölgelerin olmasıdır. Bu da eklenen polielektrolit konsantrasyonuna bağlıdır. Aşırı miktarda polielektrolit kullanıldıysa, her partikül için oldukça fazla miktarda adsorpsiyon yanı meydana gelecek ve köprü oluşumu engellenecektir. Böyle bir durumda partiküller etkin bir şekilde restabilize olurlar. Şiddetli karıştırma polielektrolit köprülerini kırabilir ve desorpsiyonun artmasına veya halkalı zincirlerin partikül yüzeyinde yeniden düzenlenmesine neden olabilir. Bu sebeple karıştırma işlemi çok şiddetli veya çok uzun süreli olmamalıdır [9, 87, 88, 103]. Polielektrolitlerle kolloidlerin destabilizasyonu için O'Melia tarafından önerilen köprü oluşum modeli Şekil 3.4 de verilmiştir.

### 3.5.2.3. Yük nötralizasyonu/çökme modeli

Humik maddeler katyonik polielektrolitlerle koagüle edilebilirler. Yük nötralizasyonu bu modelin önemli bir kısmı iken, humik maddeler çözünebilir makromoleküller olduğundan bir ayırma kategorisine yerleştirilmiştir. Yük nötralizasyonu koloidal katı yüzeylerde katyonik polielektrolit adsorpsiyonu için tarif edilmiştir. Humik madde ve katyonik polimerin çökmesi; negatif yüklü humik makromoleküller ve katyonik polimerler arasında bir çapraz bağlanma sonucunda meydana gelir. Koagülasyon, bir katyonik polielektrolit-humik madde katı fazının çökmesiyle oluşur. Modele verilen isim bundan dolayıdır [69, 87, 103]. Humik maddelerin katyonik polielektrolitlerle koagülasyonunun açıklanabilmesi için ileri sürülen yük nötralizasyonu/çökme modeli Şekil 3.5 de şematik olarak verilmiştir.

### 3.6. Koagülasyona Etki Eden Faktörler

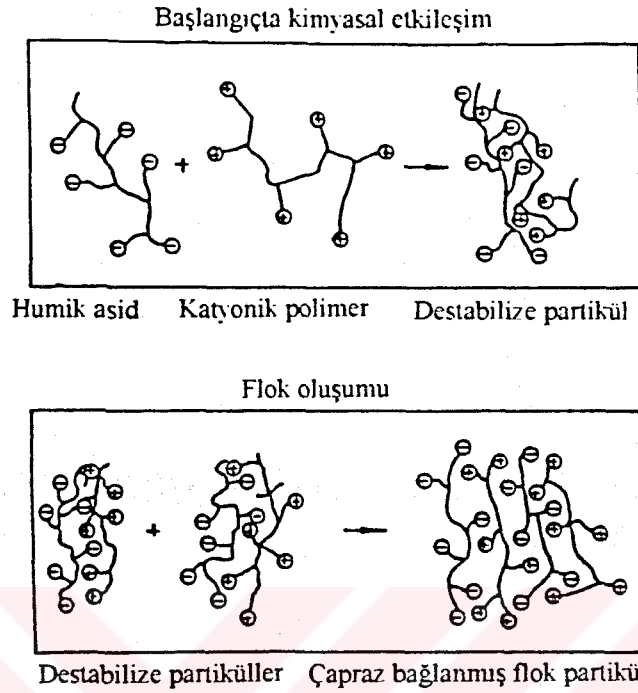
Koagülasyon üzerinde değişik bir çok faktörün etkili olduğu bilinmektedir. Bu faktörlerden bilhassa pH, bulanıklık, suyun kimyasal bileşimi, koagülant türü, sıcaklık, karıştırma hızı ve süresi koagülasyona direkt etkili olmaktadır. Bu faktörlere bağlı olarak optimum koagülant dozu değişeceğinden, optimum dozu önceden teorik olarak belirleme imkanı yoktur. Optimum koagülant dozu ancak, jar-test çalışmalarıyla veya elektroforetik ölçümlerle deneysel olarak bulunabilir [9, 81, 88, 103].



Şekil 3.4. Polielektrolitlerle kolloid destabilizasyonu için O'Melia köprü oluşum modeli (Edwards, 1981)

Pozitif yüklü bir kolloidal çözeltide pH'nın azalması gerekli koagülant miktarını artırırken, negatif yüklü bir kolloidal çözeltide bunun tersine pH artışı koagülant

miktarını artırır. Ayrıca pH bilhassa, metal koagülantların hidrolizinde de büyük rol oynamaktadır [81, 83].



Şekil 3.5. Polietilenimin ile humik asidin destabilizasyon ve agregasyonunun şematik gösterimi (Bolto, 1995)

Bulanıklığın fazla ve alkalinitenin az olması gerekli koagülant dozunu artırırken, en iyi koagülasyonda böyle süspansiyonlarda olmaktadır. Aksine bulanıklığın az ve alkalinitenin fazla olması durumunda gerekli koagülant dozu artmaktadır. Hem bulanıklık hem de alkalitesi az süspansiyonlarda koagülasyon ise en zor olanıdır. Gerekli koagülant dozu fazla olurken, etkin bir koagülasyon sağlamak için ortama alkalinite ve kolloidal partikül ilave etmek gerekebilir [88]. İSKİ Ömerli Muradiye Tasfiye tesisinde böyle bir durum söz konusu olup, ortama mikro kum tanecikleri ilave edilmektedir [104].

Sularda çözülmüş olarak bulunan tuzlar, koagülasyon üzerinde ihmal edilemeyecek bir etkiye sahiptirler. Bu tuzlar, optimum koagülasyonun pH aralığını, flokülasyon süresini, optimum koagülant dozunu ve koagülasyon sonunda suda kalan koagülant miktarını değiştirirler [82].  $SO_4^{2-}$  iyonları, alum ile yapılan koagülasyonda pH aralığını genişletmekte ve restabilizasyon tesirini azaltmaktadır [81, 105].

Koagülasyon üzerinde sıcaklığın etkisi tam olarak incelenmemiştir. Fakat suyun donma noktasına yaklaşıldıkça koagülasyonun zorlaştığı öteden beri su tasfiye tesislerinde bilinen ve gözlenen bir olaydır [81, 106]. Sıcaklıktaki artışın koagülasyon süresini azalttığı da bilinmektedir [82].

Koagülasyonda karıştırma iki sebepten dolayı gereklidir. Birincisi ilave edilen koagülantın dispersiyon içinde uniform olarak dağılmasını sağlamak. İkincisi oluşan ilk flokların birbirine çarparak büyümesi için gerekli temas süresini azaltmak. Karıştırmanın gereğinden fazla hızlı olması ve uzun süre yapılması oluşan flokları parçalayacağı için makul sınırlar içerisinde olmalıdır [82, 103, 106].

### 3.7. Destabilize Olmuş Kolloidlerin Flokülasyonu

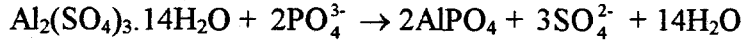
Destabilize bir sistemde kolloidal partiküller belli bir ölçüde kendi kendilerine yumaklaşırlar. Bu yumaklaşmanın esas sebebi, partiküllerin su molekülleri tarafından bombardıman edilerek çeşitli yönlerde hareket ettirilmesidir. Bu olaya “perikinetik flokülasyon” denilmektedir. Perikinetik flokülasyon kısa zamanda istenen ölçüde bir flokülasyon sağlayamaz. 10000 virüs/mL ihtiva eden bir sistemde, konsantrasyonun perikinetik flokülasyonla yarıya düşmesi için 200 gün gibi çok uzun bir süre gerekmektedir [88, 106].

Koagülant ilavesinden sonra mekanik bir karıştırma yapılarak, kısa zamanda çökebilecek büyüklükte flokların oluşması sağlanır. Flokülasyonun bu şekline “ortokinetik flokülasyon” denir. Ortokinetik flokülasyonda önemli olan karıştırma şiddeti, hız gradientini veren bir formül ile ifade edilmektedir [9, 88, 107]. 1955 yılında Camp tarafından ileri sürülen bu formüle daha sonraları Ives tarafından itiraz edilmiş olup, Ives tarafından konsantrasyonu da içine alan yeni bir hız gradienti ifadesi teklif edilmiştir [108-110].

### 3.8. Koagülasyon Yoluyla Fosfat Giderme

Fosfor atıksuda üç temel formda bulunur; ortofosfat iyonu, polifosfatlar veya kondanse fosfatlar ve organik fosfor bileşikleri. Şehir atıksuyunun alışlagelmiş pH sında ortofosfatın en çok bulunan formu  $\text{HPO}_4^{2-}$  dir. Koagülasyon yoluyla giderme bakımından bu bir şanstır, zira ortofosfat çöktürmek için en kolay formdur [111].

Fosforu çöktürmek için pratik bulunan maddeler alüminyum, demir ve kalsiyumun iyonik formlarını ihtiva eder. Metalik iyonlar ile etkileşim yoluyla fosfor gidermenin kimyası komplekstir [111, 112].



Polifosfatlar ve organik fosfor muhtemelen daha kompleks reaksiyonlar ve flok partiküllerinde sorpsiyonun bir kombinasyonu ile giderilmiştir [112].

### 3.9. Koagülasyon ve Flokülasyonun Önemi

Tabii veya kullanılmış sular büyük ekseriyetle inorganik ve organik maddeler ile bakteri ve planktonları ihtiva etmektedir. Tabii sularda kil mineralleri ve mikroskobik organizmalar çoğunluktadır [9, 81]. Evsel atıksular üzerinde yapılan çalışmalar, bu sulardaki KOİ nin %80 inin koloidal partiküllerden ileri geldiğini ortaya koymuştur. Bu tür kirliliklerle endüstriyel atıksularda daha çok rastlanmaktadır [81]. Bu sulardaki mevcut koloidal partiküllerin çökmesi için çok uzun süreler gerekmektedir (Bkz. Tablo 3.1).

Sular değişik amaçlar için koagülasyon ve flokülasyon prosesine tabi tutulurlar. Bunlardan en önemlileri [113];

1. İnorganik ve organik bulanıklığın giderilmesi,
2. Hakiki ve zahiri rengin giderilmesi,

3. Zararlı bakterilerin ve patojenlerin giderilmesi,
4. Alg ve planktonların giderilmesi,
5. Tad ve koku oluşturan maddelerin giderilmesi.

İçme suyu tasfiyesinde filtrasyondan önce bulanıklık yapan partiküllerin flokülasyonu gerekir.

Tekstil endüstrisinde, florür tasfiyesinde, deri tabaklamada kullanılan sulardan organik atıkların giderilmesinde, fosfat tasfiyesinde, kağıt endüstrisi sıvı atıklarının tasfiyesi ve endüstriyel atıksulardan ağır metallerin giderilmesi gibi bir çok yerde koagülasyon ve flokülasyona müracaat edilmektedir [81].





## BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMA METODLARI

### 4.1. Kimyasallar ve Koagülantlar

Deneylerde kullanılan bütün tuz, asid, baz ve organik çözücüler analitik saflıkta olup, alındığı gibi kullanılmıştır. Tanin analizlerinde standart olarak Tannik asid (Merck 100773) kullanılmıştır. Bulanıklık tayinlerinde standart formazin süspansiyonunu oluşturmak için, hegzameten tetraamin (Merck 8712) ve hidrazinyum sülfat (Merck 4602) kullanılmıştır.

Deneylerde koagülant olarak kullanılan alum,  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  (Merck 1102) kimyasal formülüne sahiptir. Koagülasyon deneylerinde, 1 mg/mL  $Al^{3+}$  konsantrasyonlu çözelti kullanılmıştır.

Diğer bir koagülant olarak; bazı spesifikasyonları Tablo 4.1 de verilen AN913 kod ismine sahip anyonik polielektrolitin manyetik karıştırıcıda 2 saat karıştırılarak hazırlanan ve bir gün olgunlaştırılan %0.1 lik saf sudaki çözeltisi kullanılmıştır. Bu çözelti 10 günlük kullanım süresine sahiptir.

Tablo 4.1. AN913 ün spesifikasyonları (SNF Floerger, 1993)

Özellik	Miktar veya durum
Görünüş	Beyaz toz
Yaklaşık kütle yoğunluğu	0.80
Çekme alan viskozitesi (30 rpm, 25°C) (cP)	5.0 g/L 1200
	2.5 g/L 550
	1.0 g/L 220
Serbest monomer (ppm)	500
Maksimum elde edilebilir konsantrasyon (g/L)	3.0
Stok çözelti konsantrasyonu (g/L)	0.5
Çözünme süresi (dakika)	60
Saf sudaki çözeltisinin stabilitesi (gün)	10
Kuru ürünün stabilitesi (ay)	24

Koagülant olarak kullanılan tanin, Sümer Holding A.Ş. Salihli Palamut ve Valeks İşletmesinden temin edilmiştir. Söz konusu kuruluş tanini, palamut ve palamut tırnaklarından su ile ekstrakte etmekte ve hiç bir izolasyon yapmaksızın palamut hülasesi olarak piyasaya arz etmektedir. Dolayısıyla ürün suda çözünebilen ve tanin olmayan maddeleri de ihtiva etmektedir. Bu nedenle kullanmadan önce toplam polifenol miktarı Bölüm 4.3 de verilen analiz metodlarıyla tayin edilmiş ve sonuçlar Tablo 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4.2. Palamut hülasesında tanin analizi sonuçları

Prusya Mavisi Metoduna göre tanin miktarı (%)	1,10-Fenontrolin Metoduna göre tanin miktarı (%)	Vanilin-HCl Metoduna göre tanin miktarı (%)
53.38	53.50	-

Tablo 4.2 den kullanılan tanin numunesinin kondanse tanin ihtiva etmediği görülmektedir. Prusya Mavisi ve 1,10-Fenontrolin metodlarında bulunan analiz sonuçları uyumlu olup; numunenin kondanse tanin içermemesi nedeniyle, %53.50 oranında bulunan toplam polifenolin tamamının hidroliz olabilen taninler olduğu anlaşılmıştır.

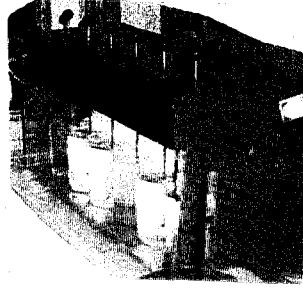
Palamut hülasesından, 1 mg/mL tanin konsantrasyonuna sahip stok tanin çözeltisi günlük olarak hazırlanmıştır. Jar-test deneylerin de ise stok çözeltinin seyreltilmesiyle hazırlanan 0.01 ve 0.1 mg/L tanin konsantrasyonlu çözeltiler kullanılmıştır.

#### 4.2. Deneylerde Kullanılan Aletler

Koagülasyon ve flokülasyon deneyleri, karıştırıcıların hızı 0-200 dev/dak ya ayarlanabilen Şekil 4.1 deki Velp jar-test F.6/s cihazıyla yapılmıştır.

Sentetik sular bir kovada hazırlanmış olup, bu suları hazırlamak için hızı 50-2000 dev/dak ya ayarlanabilen IKA Eurostar digital mekanik karıştırıcı kullanılmıştır.

pH ölçümleri, Schott pH-Meter CG840 pH metre ile yapılmıştır.



Şekil 4.1. Jar-test cihazı

Bulanıklık ölçümleri, tanin analizi ve fosfat tayinleri, 0-999 nm aralığında ölçüm yapabilen Shimadzu UV-150-02 Spektrofotometre de 1 cm ışık yollu Quartz küvetler kullanılarak yapılmıştır.

Tanin ve AN913 çözeltilerini hazırlarken, Thermolyne nuova II Stir plate manyetik karıştırıcı kullanılmıştır.

Tanin analizlerinde Clifton su banyosu kullanılmıştır.

Bütün kurutma işleri Nüve FN 400 etüvde yapılmıştır.

### 4.3. Analiz Metodları

Koagülasyon ve flokülasyon deneylerinde koagülant ve flokülant yardımcısı olarak kullanılan taninin analizi için üç ayrı tayin metodu kullanılmıştır.

Numunelerin toplam polifenol muhtevasını belirlemek için Prusya Mavis Metodu kullanılmıştır. 5 (B<sub>1</sub>) µg/mL tartılmış madde ihtiva eden 5 mL numuneye 0.1 N HCl de 0.1 M FeCl<sub>3</sub> çözeltisinin 3 mL si ve ardından 0.008 M K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> çözeltisinin 3 mL si ilave edilerek karıştırılmıştır. 10 dakika sonra saf su ile sıfırlanmış UV spektrofotometre ile 720 nm de absorbansı ölçülmüştür. Aynı işlem tannik asidin 5-20 µg ını ihtiva eden standartlara da uygulanmıştır. Çizilen kalibrasyon grafiğinden numunelerin tanin içeriği tannik asid ekivalenti olarak bulunmuştur [21, 34, 35, 39].

Numunelerin toplam polifenol muhtevasını belirlemek için kullanılan ikinci metod 1,10-fenontrolin metodudur. Nihai konsantrasyonu 0-5 µg/mL olacak şekilde standart tannik asid çözeltileri 25 mL lik balon jodelere alınmıştır. Her balon jodeye 0.01 M FeCl<sub>3</sub> çözeltilisinin 2.5 mL si ilave edilip, karışımlar 80<sup>0</sup>C deki su banyosunda 20 dakika ısıtılmıştır. Daha sonra su banyosunda her balon jodeye 5 mL 0.015 M 1,10-fenontrolin çözeltisi ve 0.5 mL EDTA çözeltisi ilave edilmiştir. Balon jodeler oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve saf su ile 25 mL ye tamamlanmıştır. Çözeltilerin absorbanısı Shimadzu UV-150-02 spektrofotometre ile 540 nm de reaktif blanka karşı ölçülerek, kalibrasyon grafiği çizilmiştir. Numune blankı hazırlamak için, numune çözeltilisinin 10 mL si, 5 mL %0.3 (w/v) lük jelatin çözeltisi bulunan 100 ml lik behere alınmıştır. Karışıma 2 g kaolinle beraber 10 mL asidik sodyum klorür çözeltisi ilave edilip, 2 dakika karıştırılmış ve çöktükten sonra filtre edilmiştir. Daha sonra 10 mL filtrat, 6 mL saf su, 3 mL jelatin çözeltisi 6 mL asidik NaCl çözeltisi ve 2 g kaolin ilavesiyle 100 mL lik başka bir behere alınmıştır. 2 dakika karıştırılıp, çöktükten sonra filtre edilmiştir. 2 mL filtrata kalibrasyon grafiğindeki işlemler uygulanmıştır. Numune yerine, saf su kullanılarak aynı şekilde jelatin blankı hazırlanmıştır.

250 µg/mL tartılmış madde ihtiva eden numunenin 0.4 mL si kalibrasyon grafiğindeki gibi muamele edilerek absorbanısı ölçülmüştür.

Numune blankı ve jelatin blankı arasındaki absorban farkı net numune blankını verir. Numune ve net numune blankı arasındaki absorban farkı numunelerdeki taninlerden dolaydır ve konsantrasyonları kalibrasyon grafiğinden hesaplanmıştır [29, 34, 35, 43].

Numunenin kondanse tanin muhtevasını belirlemek için Asitlendirilmiş Vanilin Metodu kullanılmıştır. Aluminyum folyaya sarılmış deney tüplerine 1 mg/mL tartılmış madde ihtiva eden çözeltinin 0.5 mL si alınmıştır. Numune üzerine 3 mL metanolde taze hazırlanmış %4 lük (w/v) vanilin reaktifi ilave edilerek karıştırılmıştır. 1.5 mL konsantre HCl ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Aynı işlem H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile de tekrarlanmıştır. 20<sup>0</sup>C de reaksiyon karışımı 15 dakika bekletilmiştir. Kırmızı rengin gelişmesi beklenmiş, fakat renk gelişmesi olmamıştır. Renk gelişmesi olması

durumunda, absorbands 500 nm de bir spektrofotometrede ölçülür. Aynı şekilde standartlarında absorbandsları ölçülerek, kalibrasyon grafiği oluşturulur [34, 35, 45].

Bulanıklık tayininde, 400 FTU stok formazin süspansiyonu; 1 g/100 mL hidrazinyum sülfat ve 10 g/100 mL hegzametilen tetraamin çözeltilerinin her birinden 12.5 mL alınarak 250 ml ye seyreltilmiş ve 24 saat bekletilmiştir. Bu stok bulanıklık süspansiyonundan 25 ml alınarak 100 mL ye seyreltilmek suretiyle 100 FTU bulanıklığa sahip formazin süspansiyonu hazırlanmıştır. 100 FTU süspansiyondan alınan gerekli miktarlarla 0-40 FTU arasında 50 şer mL lik standart formazin bulanıklık süspansiyonları hazırlanmıştır. Standart formazin süspansiyonlarının absorbandsları 420 nm de Shimadzu UV-150-02 spektrofotometreyle ölçülmüştür. Bulanıklık değerleri ile karşılık gelen absorbandslar arasında standart formazin kalibrasyon grafiği çizilmiştir. Numunelerin de 420 nm de UV spektrofotometre ile absorbandsları ölçülerek, bulanık absorbandslar standart formazin kalibrasyon grafiğinden bulanıklık birimine dönüştürülmüştür [114-116].

$Ca^{2+}$  ve  $Mg^{2+}$  100 mL musluk suyunda;  $NH_3$  ile pH 10 a ayarlanarak Eriochromschwarz T indikatörü eşliğinde 0.1 M EDTA ile titre edilerek birlikte tayin edilmiştir.  $Ca^{2+}$  ise yine 100 mL numunede;  $NH_3$  ile pH 12 ye ayarlanarak Müreksit indikatörü eşliğinde 0.1 M EDTA çözeltisi ile titre edilerek tayin edilmiştir [115, 117].

Alkalinite tayinleri; musluk suyunda 100 mL numunede ve sentetik sularda ise süzölmüş 50 mL numuneler üzerinde yapılmıştır. Numuneler 0.02 N  $H_2SO_4$  ile bromkrezol yeşili-metil kırmızısı karışım indikatörü eşliğinde titre edilmiştir [114-116].

Musluk suyundaki diğer katyon ve anyonlar, hazır kitler kullanılarak Dr Lange cihazıyla yapılmıştır [114].

Fosfor tayini, kalay klorür metoduyla yapılmıştır. Bunun için alınan 100 mL lik numunelere 1 damla fenolftalein damlatılarak, pembe renk oluşması durumunda, kuvvetli asit reaktifıyla nötrleştirilmiştir. Bundan sonra amonyum molibdat ve kalay klorür reaktifleri ilave edilerek karıştırılmıştır. Ortaya çıkan mavi rengin absorbandsı

10 dakika sonra 12 dakikadan önce 690 nm de Shimadzu UV-150-02 spektrofotometreye ölçülmüştür. Aynı işlem standartlarada uygulanmıştır. Çizilen kalibrasyon grafiğinden, numunelerin fosfor miktarı bulunmuştur [114-116].

#### 4.4. Jar-Test Deneylelerinde Kullanılan Sentetik Suların Hazırlanması

Deneylelerde kullanılan sentetik sular 10, 20, 50, 100, 200 ve 300 FTU bulanıklıklarda ve pH 6, 7, 8, 9, 10 ve 11 değerlerinde hazırlanmıştır.

Sentetik suların hazırlanmasında Tablo 4.3 de analiz sonuçları verilen musluk suyu kullanılmıştır.

Tablo 4.3. Sentetik suların hazırlanmasında kullanılan musluk suyu

Katyonlar	Miktarı (mg/L)	Anyonlar	Miktarı (mg/L)
Ca <sup>2+</sup>	41.6	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	125.73
Mg <sup>2+</sup>	6.72	Cl <sup>-</sup>	8.66
Fe <sup>2+</sup>	0.097	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3.45
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.012	NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.946
Pb <sup>2+</sup>	0.072	NO <sub>2</sub>	< 0.05
Cu <sup>2+</sup>	0.155	F <sup>-</sup>	< 0.1
Ni <sup>2+</sup>	0.128	CN <sup>-</sup>	0.004
Zn <sup>2+</sup>	0.865	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.015
Cd <sup>2+</sup>	< 0.02	Fenol	0.525
Al <sup>3+</sup>	-		
Toplam sertlik : 132 mg/L CaCO <sub>3</sub>		Toplam alkalinite : 100.68 mg/L CaCO <sub>3</sub>	
pH : 7.27 ; Renk : - ; Bulanıklık : -			

Sentetik sularda bulanıklık oluşturmak için, Yarımcı Porselen Fabrikasının stoklarından temin edilen; bileşimi Tablo 4.4 de ve partikül boyut dağılımı Tablo 4.5 de verilen Sarıyer kili kullanılmıştır.

Tablo 4.4. Sentetik suların hazırlanmasında kullanılan kilin bileşimi

%SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%TiO <sub>2</sub>	%CaO	%MgO	%K <sub>2</sub> O	%Na <sub>2</sub> O	1020°C de kızdır. kaybı (%)
55.38	28.27	1.93	0.88	0.35	0.23	1.95	0.0	10.08

Tablo 4.5. Sentetik suların hazırlanmasında kullanılan kilin boyut dağılımı

Partikül büyüklüğü ( $\mu\text{m}$ )	Miktarı (%)
18.4-17.1	0.2
17.1-11.9	5.7
11.9-8.27	12.7
8.27-6.18	12.3
6.18-4.62	13.8
4.62-3.46	23.9
3.46-2.78	7.7
2.78-1.93	11.5
1.93-	12.4

#### 4.5. Deneylerde Kullanılan Jar-Test Cihazının Devir Sayısı ile Hız Gradienti Arasındaki İlişki

Koagülasyon ve flokülasyon için optimum koagülant dozları jar-test deneyleri ile bulunmuştur. Jar-test deneylerinde altı pedallı jar-test cihazı kullanılmış (Bkz. Şekil 4.1) ve deneyler 1 L lik beherler içinde yapılmıştır.

Herhangi bir sistemde ortalama hız gradienti su içinde dağılan güce dayanır. Camp ve Stein tarafından verilen aşağıdaki bağıntı ile toplam alanı  $25 \text{ cm}^2$  olan pedalin sağlayabileceği hız gradientleri hesaplanmıştır [88, 110].

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}} \quad (4.1)$$

Burada P, suya verilen güç; V, flokülatörün hacmi;  $\mu$ , suyun kinematik vizkozitesidir. Camp'e göre;

$$P = F_D \cdot V_r \quad (4.2)$$

olup,  $F_D$  dönen pedal üzerinde suyun sürüklenme kuvveti ve  $V_r$  ise suya kıyasla pedalin relatif hızıdır. Yine Camp'e göre;

$$F_D = C_D \cdot A \cdot \rho \cdot \frac{V_r^2}{2} \quad (4.3)$$



dir. (4.3) denklemi (4.1) de yerine yazılırsa, hız gradienti;

$$G = \sqrt{\frac{C_D \cdot A \cdot \rho \cdot V_r^3}{2\mu V}} \quad (4.4)$$

şeklini alır. Bu denklemde;  $G$  : hız gradienti,  $s^{-1}$ ;  $A$  : pedalın alanı,  $m^2$ ;  $C_D$  : sürüklenme katsayısı (pedalın boyunun genişliğine oranı 5 iken 1.2; 20 iken 1.5; sonsuz iken 1.9 alınır);  $\rho$  : suyun özgül ağırlığı,  $kgm^{-3}$ ;  $\mu$  : suyun kinematik vizkozitesi,  $kgm^{-1}s^{-1}$ ;  $V$  : flokülör hacmi,  $m^3$ ;  $V_r$  : suyun hızına kıyasla kanatların hızı (pedalın çevresel hızının 0.75 i kadardır),  $ms^{-1}$ .

(4.4) eşitliğinde değerler yerine yazılarak kullanılan pedal için hız gradienti ile devir sayısı arasındaki ilişkiler bulunmuş ve Tablo 4.6 da verilmiştir.

Tablo 4.6. Jar-test deneylerinde kullanılan pedal için devir sayısı ile hız gradientinin değişimi

Dev/dak	Su sıcaklıkları / Hız gradientleri, $G$ ( $s^{-1}$ )												
	10°C	12°C	15°C	17°C	18°C	19°C	20°C	21°C	22°C	23°C	24°C	25°C	26°C
10	5.4	5.6	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.2	6.3	6.4	6.5	6.5	6.6
15	9.9	10.2	10.7	10.9	11.1	11.2	11.4	11.4	11.6	11.8	11.9	12.1	12.2
30	28.1	28.9	30.1	30.9	31.3	31.7	32.1	32.1	32.8	33.3	33.6	34.0	34.4
45	51.7	53.1	55.3	56.8	57.5	58.2	59.0	59.1	60.4	61.1	61.8	62.5	63.2
60	79.5	81.8	85.1	87.4	88.5	89.6	90.7	90.9	92.9	94.0	95.1	96.2	97.3
90	146.0	150.2	156.4	160.5	162.6	164.6	166.7	167.0	170.7	172.8	174.7	176.7	178.7
120	224.9	231.4	240.9	247.2	250.5	253.6	256.7	257.2	262.9	266.1	269.1	272.2	275.3
150	314.3	323.3	336.6	345.5	350.0	354.4	358.7	359.4	367.4	371.8	376.1	380.4	384.7
200	483.9	497.8	518.3	531.9	538.9	545.6	552.3	553.4	565.6	572.5	579.0	585.7	592.3

#### 4.6. Deneylerde Kullanılan Hız Gradientinin Seçimi

Jar-test deneylerinde hız gradientinin  $10-100 s^{-1}$  arasında seçilmesi genellikle kabul edilen bir husustur [83, 88, 89, 94]. Bununla birlikte,  $G$  nin  $20-75 s^{-1}$  arasında olması tavsiye edilmektedir [83, 94, 106, 110].

Hız gradientini arttırmak; taneciklerin birbiriyle birleşmesini ve flokların büyümesini sağlayarak, gerekli bekleme süresini azaltır. Ancak kayma gerilmesi nedeniyle hız gradientinin belli bir değerin üzerine çıkması durumunda oluşan flokların

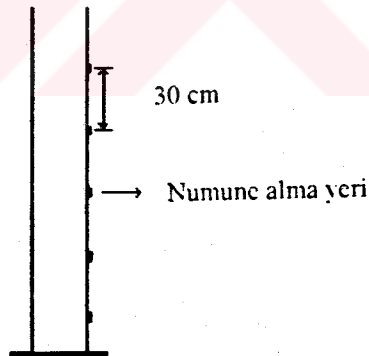


parçalanmasına sebep olduğundan istenmeyen bir husustur [83, 106]. Karıştırma süresi ile hız gradientinin çarpımı,  $G.t$  nin  $10^4$ - $10^5$  arasında olması istenir [94, 106, 110].

Deneylere uygulanacak hız gradientini belirlemek için,  $22^{\circ}\text{C}$  de 6.3, 11.6, 32.8, 60.4, 92.9 ve  $170.7\text{ s}^{-1}$  gibi hız gradientleri esas alınarak;  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , tanin ve AN913 ile jar-test deneyleri yapılmıştır (Bkz. Bölüm 5.3). En uygun sonuçlar  $60.4\text{ s}^{-1}$  lik hız gradientinde veya 45 dev/dak karıştırma hızında elde edilmiştir. Gerek bu hız gradienti gerekse karıştırma süresi ile hız gradientinin çarpımı tavsiye edilen aralıkta olduğu gibi, bu değerler suyun bulunabileceği diğer muhtemel sıcaklıklar içinde uygundur.

#### 4.7. Kolonda Sakin Çökelme Deneyi

Sakin çökelme deneyi, Şekil 4.2 de görülen çökelme kolonunda yapılmıştır. Numune alma yerlerinden başlangıçta kısa sürelerle, daha sonra ise daha fazla zaman aralıklarıyla enjektörle numuneler alınmış ve Shimadzu UV-150-02 spektrofotometrede bulanıklıkları ölçülmüştür.



Şekil 4.2. Sakin çökelme kolonu

#### 4.8. Jar-Test Deneyleri

Koagülasyon ve flokülasyon yapılacak sular 1L lik beherlere konulduktan sonra, belli dozlarda koagülant ilave edilmiş ve Şekil 4.1 deki karıştırıcı ile 200 dev/dak hızla 1 dakika süreli hızlı karıştırma yapılarak, koagülantın su içinde uniform dispersiyonu sağlanmıştır. Bu süre sonunda sular, başlangıçta 15 dev/dak hızla 15 dakika

karıştırılarak, karıştırma hızının ve süresinin etkisi incelendikten sonra da 45 dev/dak hızda 30 dakika karıştırılarak koagülasyon safhasının sonunda oluşan pıhtılar yumaklaştırılmıştır. Karıştırma işlemi sonunda 15 dakika beklenerek flokların çökmesi sağlanmış ve çökme süresi sonunda da bir pipet yardımı ile su yüzeyinden itibaren 3 cm derinlikten numune alınarak Shimadzu UV-150-02 spektrofotometre ile bulanıklık ölçümleri yapılmıştır [9, 81, 115, 116, 118, 119].

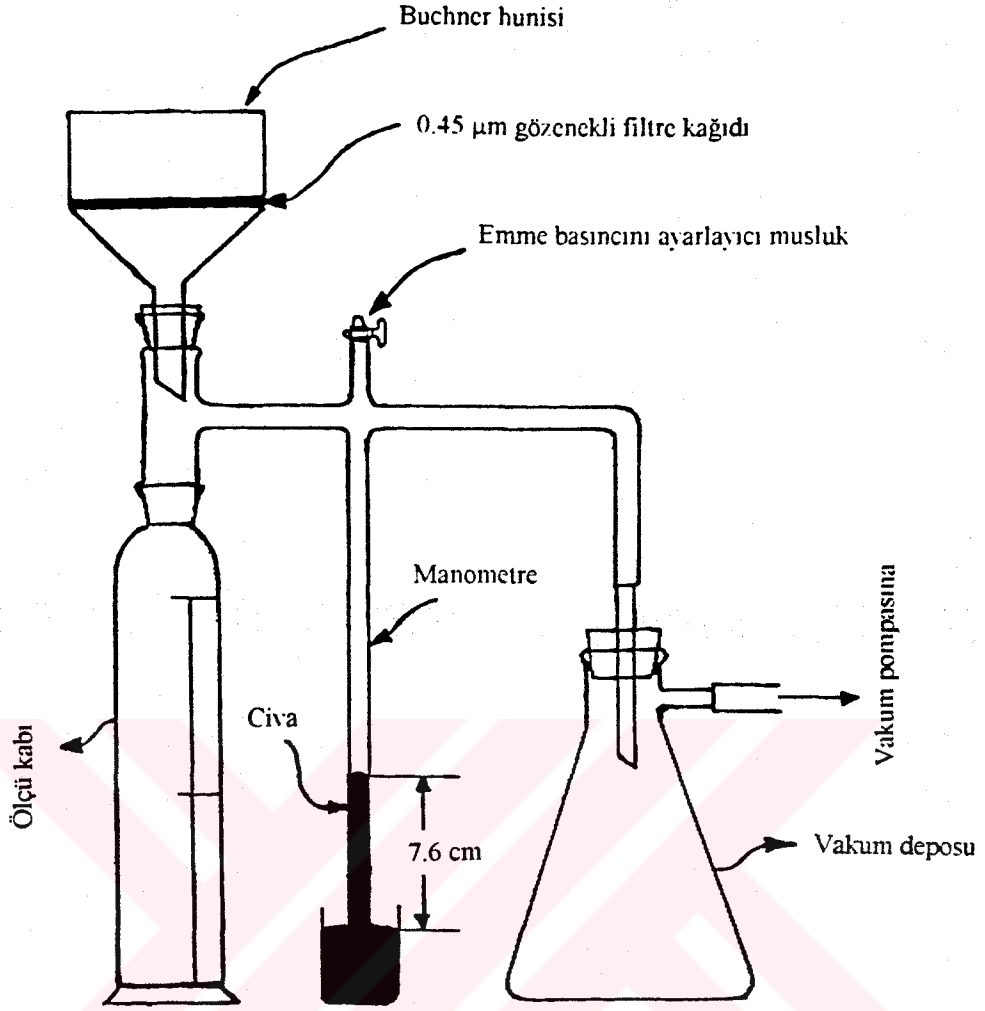
#### 4.9. Özgül Direnç Tayini

Değişik çamurların filtre edilebilme veya suyunun giderilebilme özelliklerini karşılaştırmada son derece yararlı bir parametre olan çamur özgül direnci refiltrasyon tekniği ile tayin edilmiştir. Bunun için Şekil 4.3 de görülen düzenek kullanılmıştır. Huni ve filtre kağıdı (0.45 mikron) alanları belirlendikten sonra, filtre kağıdı tartılmış ve ıslatılarak hava kabarcığı kalmayacak şekilde huniye yerleştirilmiştir. Sistemdeki manometre 0.1 atmosfer emme basıncına göre ayarlanmıştır. Ölçüm yapılırken, jar-test deneylerinde 30 dakika süreli yavaş karıştırma işleminin hemen arkasından alınan 100 mL lik numune huniye boşaltılmıştır. İki dakika kendi halinde süzülme bırakılarak, filtre kağıdı üzerinde bir kek tabakası oluşması sağlanmıştır. Aynı zamanda da süzülen sıvı hacmi ölçülmüştür. Daha sonra vakum yapılarak, her 15 saniyede bir meydana gelen süzüntü hacimleri okunmuştur [9, 81, 118].

Süzme işlemini takiben, filtre kağıdı kurutulup tartılarak toplam katı madde miktarı bulunmuş ve

$$r = \frac{2 \cdot P_v \cdot (A_f)^2 \cdot b_{\delta}}{\mu \cdot W} \quad (4.5)$$

formülü kullanılarak çamur özgül dirençleri hesaplanmıştır. Burada; P : vakum basıncı, Nm<sup>-2</sup>; A : filtre kağıdı alanı, m<sup>2</sup>;  $\mu$  : vizkozite, Nsm<sup>-2</sup>; W : W'/V; W' : kekteki toplam katı madde, kg; V : süzüntü hacmi, m<sup>3</sup>; b : t(s) süzülme süresi olmak üzere (t/V-V) grafiği çizilerek elde edilen doğrunun eğimini gösteren katsayı.



Şekil 4.3. Çamur özgül direnci tayini için düzenek (Şengil, 1982)

#### 4.10. Yumaklaşmış Çamurların Çökme Hızlarının Tayini

Jar-test deneyinde 30 dakika yavaş karıştırma yapıldıktan sonra, 1 dakika aralıklarla flokların arakesit yüzeylerinin düşüşü zamana karşı okunmuştur. Çökme hızı, arakesit yüzeyinin düştüğü mesafeye karşı zaman grafiklerinin eğiminden bulunmuştur [81].

## BÖLÜM 5. BULANIKLIK GİDERME DENEYLERİNİN SONUÇLARI ve DEĞERLENDİRİLMESİ

### 5.1. Süspansiyonların Sakin Çökelme Deneyi Sonuçları

Sakin çökelme deneyleri için, değişik çökelme süreleri sonunda farklı numune alma noktalarından alınan numunelerden elde edilen bulanıklık değerleri 400 ve 800 mg/L kaolin konsantrasyonlu süspansiyonlar için sırasıyla Tablo 5.1 ve 5.2 de verilmiştir.

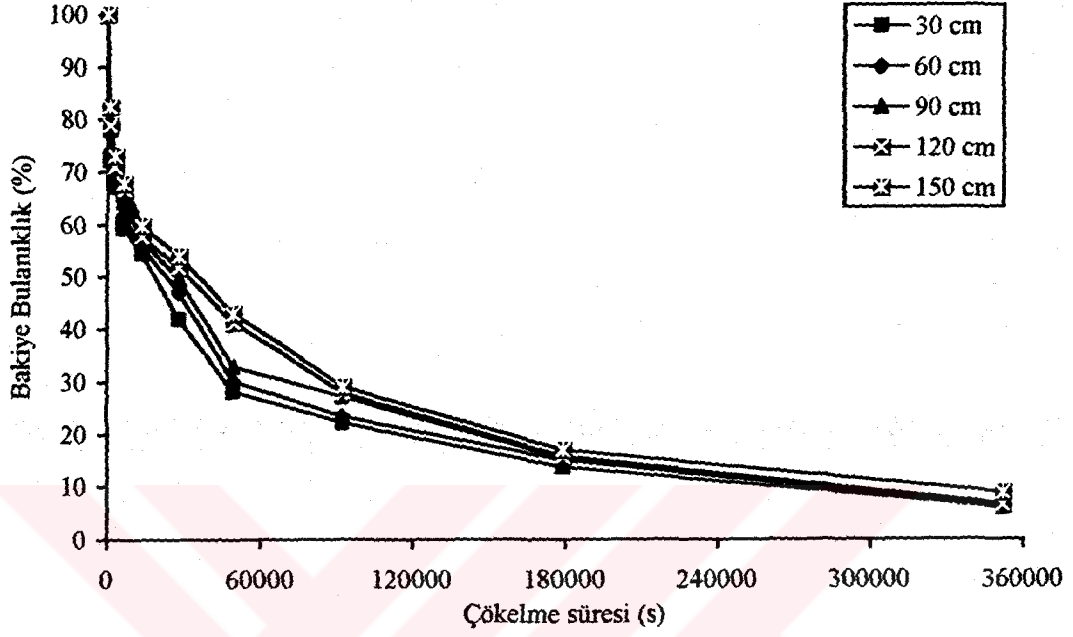
Tablo 5.1. 400 mg/L kaolin için kolonda değişik çökelme süreleri ile farklı yüksekliklerdeki bulanıklık değişimleri

Numune alma süresi	Kolondan numune alma yükseklikleri / Bulanıklık (FTU)				
	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm
Başlangıç	193.31	193.31	193.31	193.31	193.31
15 dakika	139.64	143.16	151.03	152.65	159.43
45 dakika	129.61	132.32	135.30	137.20	141.27
1 saat 45 dakika	114.70	118.77	124.46	128.80	130.96
3 saat 45 dakika	105.21	107.92	110.36	111.72	115.78
7 saat 45 dakika	80.82	90.85	95.73	100.06	104.40
13 saat 45 dakika	54.52	58.32	63.74	79.73	82.98
25 saat 45 dakika	42.73	45.21	52.42	53.91	56.39
49 saat 45 dakika	26.39	29.10	29.91	30.45	32.89
97 saat 45 dakika	11.50	11.80	12.10	12.71	16.95

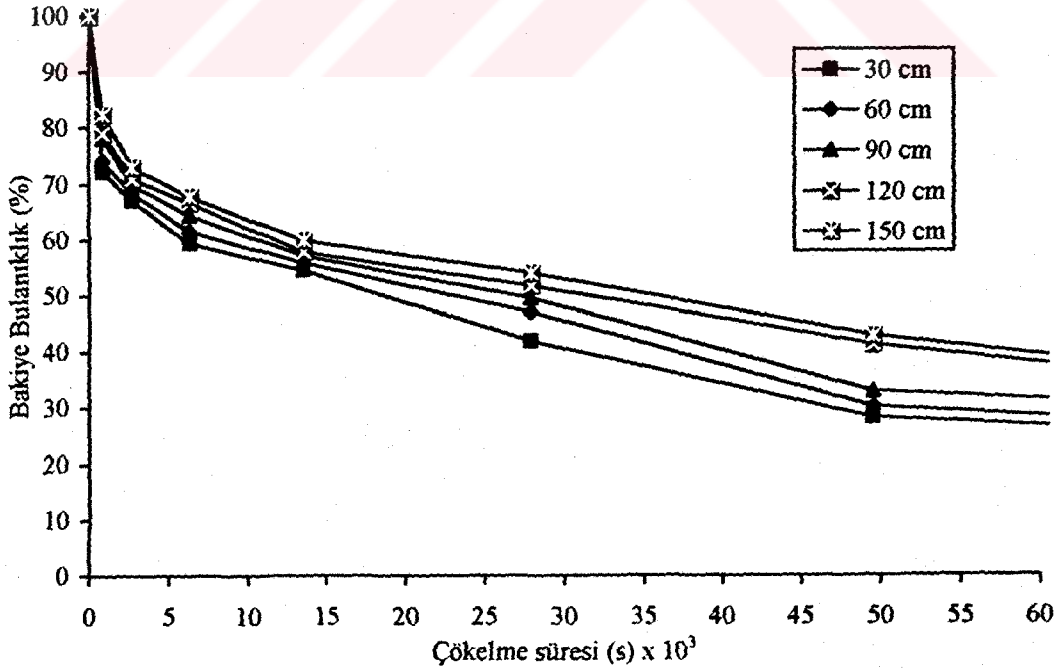
Tablo 5.2. 800 mg/L kaolin için kolonda değişik çökelme süreleri ile farklı yüksekliklerdeki bulanıklık değişimleri

Numune alma süresi	Kolondan numune alma yükseklikleri / Bulanıklık (FTU)				
	30 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm
Başlangıç	371.79	371.79	371.79	371.79	371.79
15 dakika	308.53	327.21	339.26	343.77	350.70
45 dakika	276.91	288.96	295.28	300.70	307.03
1 saat 45 dakika	233.23	251.61	256.12	259.74	265.16
3 saat 45 dakika	170.88	194.08	202.21	204.02	209.74
7 saat 45 dakika	107.93	114.26	140.76	144.38	148.29
13 saat 45 dakika	77.21	80.82	85.64	96.48	99.50
25 saat 45 dakika	50.44	51.91	56.50	64.81	68.04
49 saat 45 dakika	29.33	32.26	34.60	35.78	36.66
97 saat 45 dakika	16.13	16.72	17.60	18.77	19.65

Farklı çökeltme süreleri ile bakiye bulanıklık arasındaki değişim 400 mg/L kaolin için Şekil 5.1 de ve 800 mg/L kaolin için Şekil 5.2 de verilmiştir.

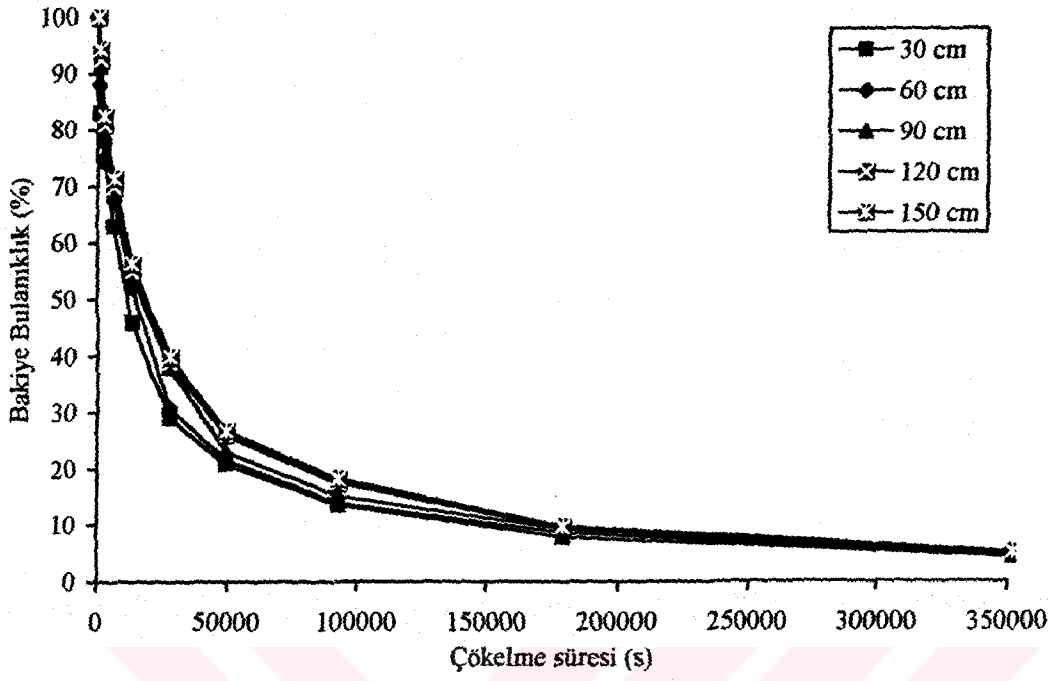


(a)

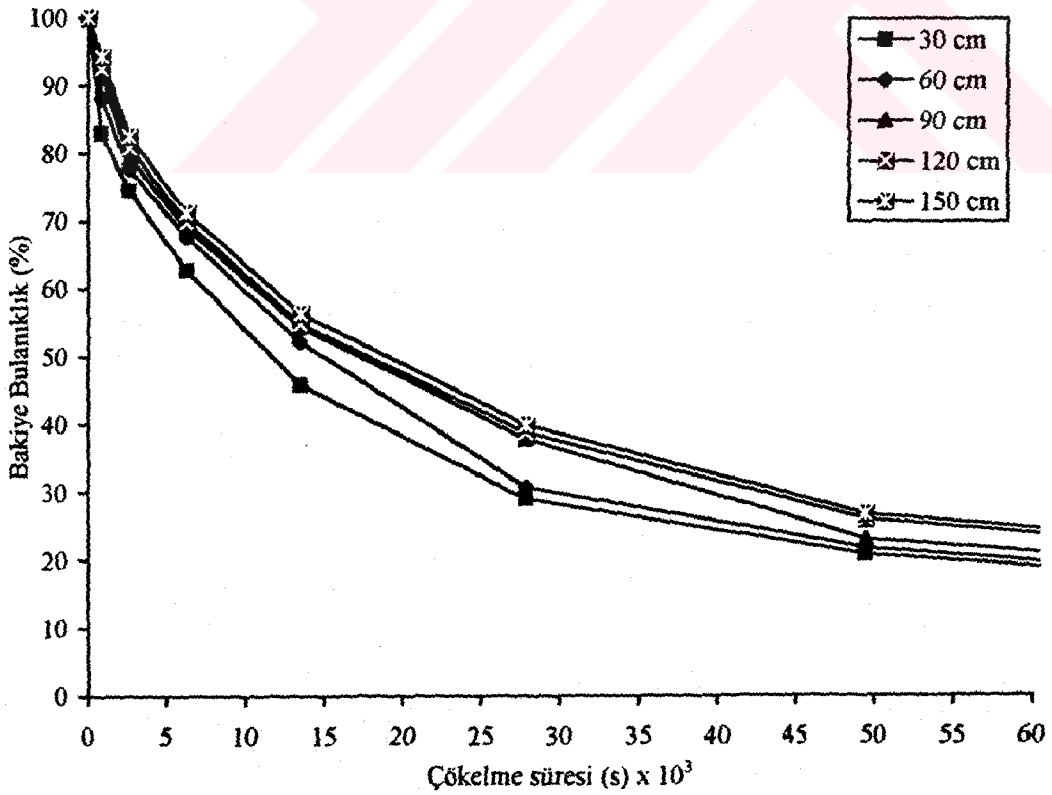


(b)

Şekil 5.1. 400 mg/L kaolin için çökeltme süresi ile bulanıklığın değişimi



(a)

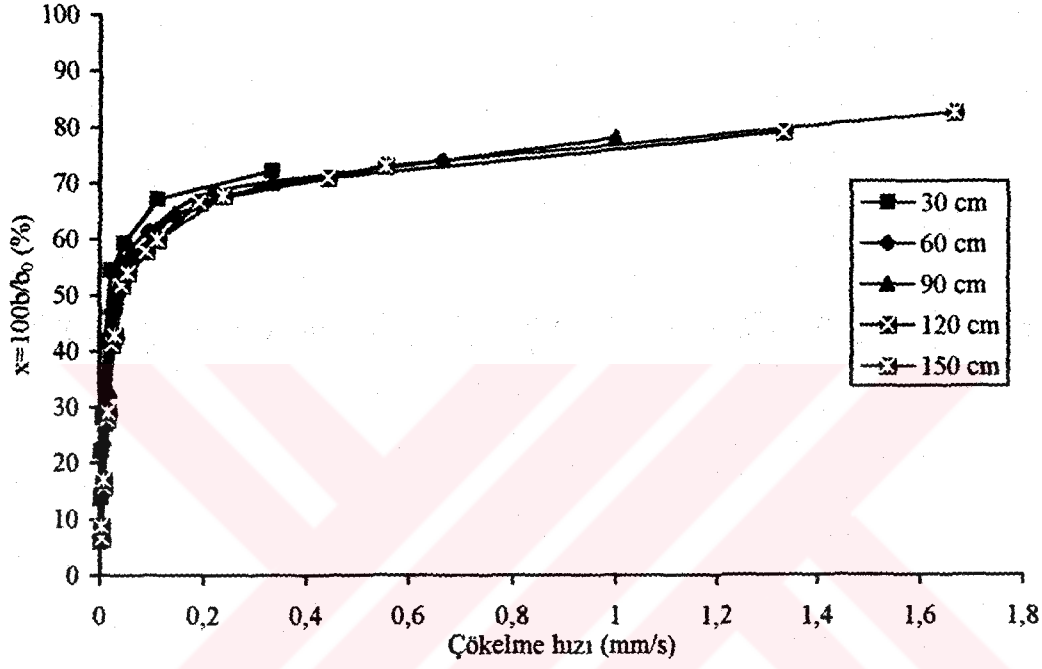


(b)

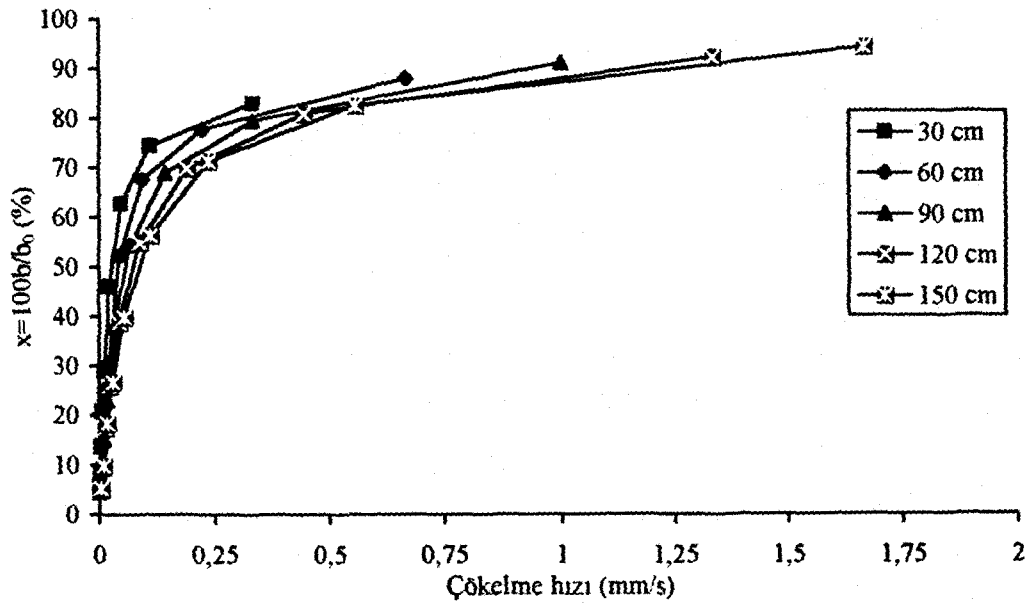
Şekil 5.2. 800 mg/L kaolin için çökme süresi ile bulanıklığın değişimi

### 5.1.1. Çökeltme hızlarına ait frekans dağılımının hesabı

Çökeltme hızlarına ait frekans dağılım eğrileri 400 ve 800 mg/L kaolin için Şekil 5.3 ve Şekil 5.4 de verilmiştir.



Şekil 5.3. 400 mg/L için çökeltme hızlarına ait frekans eğrileri



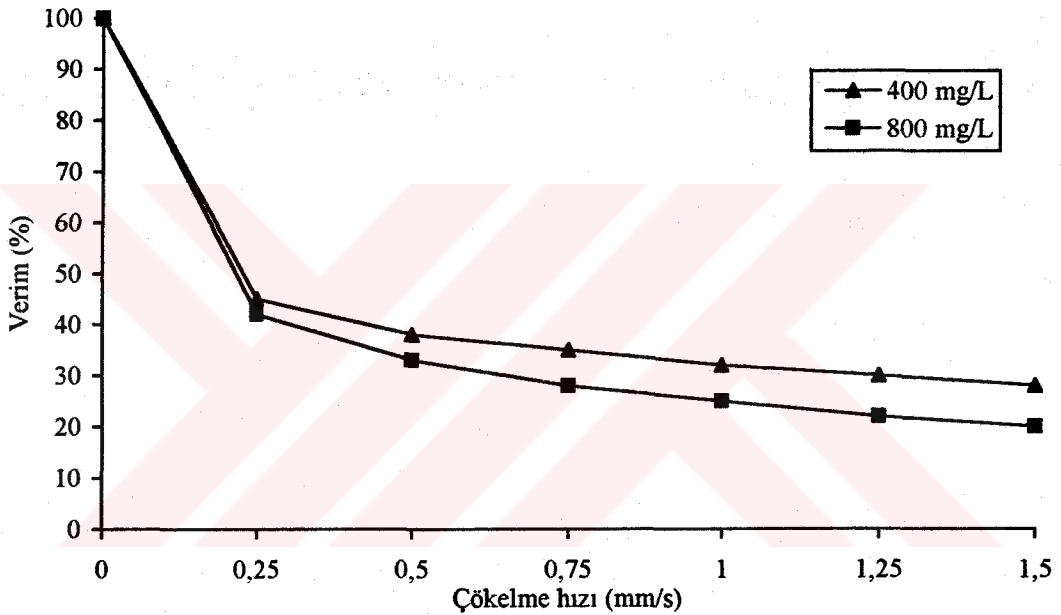
Şekil 5.4. 800 mg/L için çökeltme hızlarına ait frekans eğrileri

### 5.1.2. Çökeltme veriminin yüzeysel hidrolik yük ile değişimi

Çökeltme veriminin yüzeysel hidrolik yük ile değişimi 400 ve 800 mg/L kaolin için Tablo 5.3 ve Şekil 5.5 de verilmiştir.

Tablo 5.3. Çökeltme veriminin yüzeysel hidrolik yük ile değişimi

	Vs (mm/s)	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
400 mg/L	$\eta$	45	38	35	32	30	28
800 mg/L	$\eta$	42	33	28	25	22	20



Şekil 5.5. Çökeltme veriminin yüzeysel hidrolik yük ile değişmesi

Şekil 5.1 ve 5.2 incelendiğinde; ~200 ve ~400 FTU bulanıklığa sahip süspansiyonların 4 günden fazla bir süre için sakin çökelmeleri sonucunda ancak ~10 ve ~15 FTU bulanıklığa azalabildiği görülmektedir. Şekil 5.3 ve 5.4 den de görüldüğü gibi bulunan noktalar aynı eğri üzerine düşmediğinden, çökeltmede çok az miktar yumaklaşma olduğu anlaşılmaktadır. Kullanılan kil ile hazırlanan süspansiyonda sakin çökeltme ile bulanıklığın giderilmesi; süre bakımından uygun olmadığı gibi, istenilen verim de elde edilememektedir. Böyle bir süspansiyonun %95 verimle çöktürülmesi için Şekil 5.5 den bulunan yüzeysel hidrolik yük  $2.5 \times 10^{-5}$  m/s olmaktadır. Kişi başına su kullanımı minimum 150 L/gün olan ~700000 nüfuslu bir yerleşim yerinde artılacak suyun debisi



$Q = 1.2 \text{ m}^3/\text{s}$  olacaktır. Buna göre  $V_s = \frac{Q}{A}$  formülünden çöktürme için yapılacak olan havuzun alanı  $48000 \text{ m}^2$  olarak bulunur. Bu alana sahip bir havuzun maliyeti ekonomik açıdan uygun olmayacağı için koagülasyon yapılması gerekir.

## 5.2. Flokülasyonla Bulanıklık Giderme

### 5.2.1. Bulanıklık gidermede pH ve bulanıklık miktarının etkisi

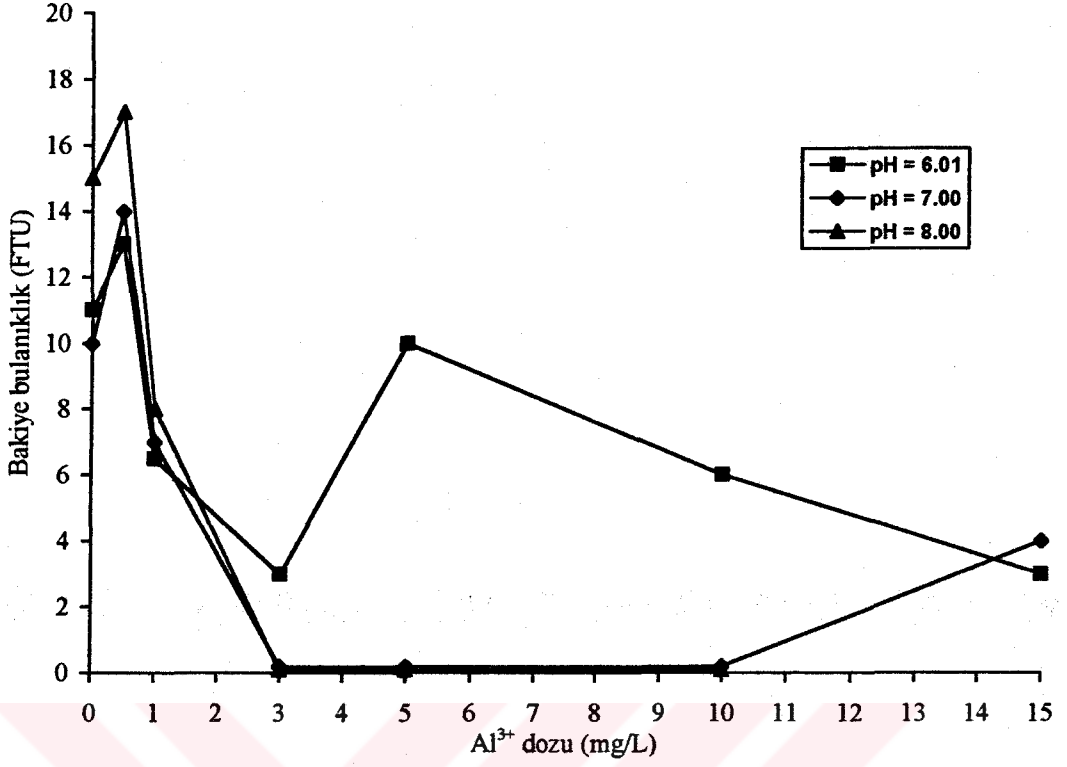
Bölüm 4 de özellikleri verilen alüminyum sülfat, sentetik polielektrolit AN913 ve doğal polielektrolit tanin ile sentetik sular üzerinde yapılan jar-test deneyi sonuçları verilmiş ve bu sonuçların yorumu yapılmıştır.

#### 5.2.1.1. Alüminyum sülfat ile yapılan deneyler

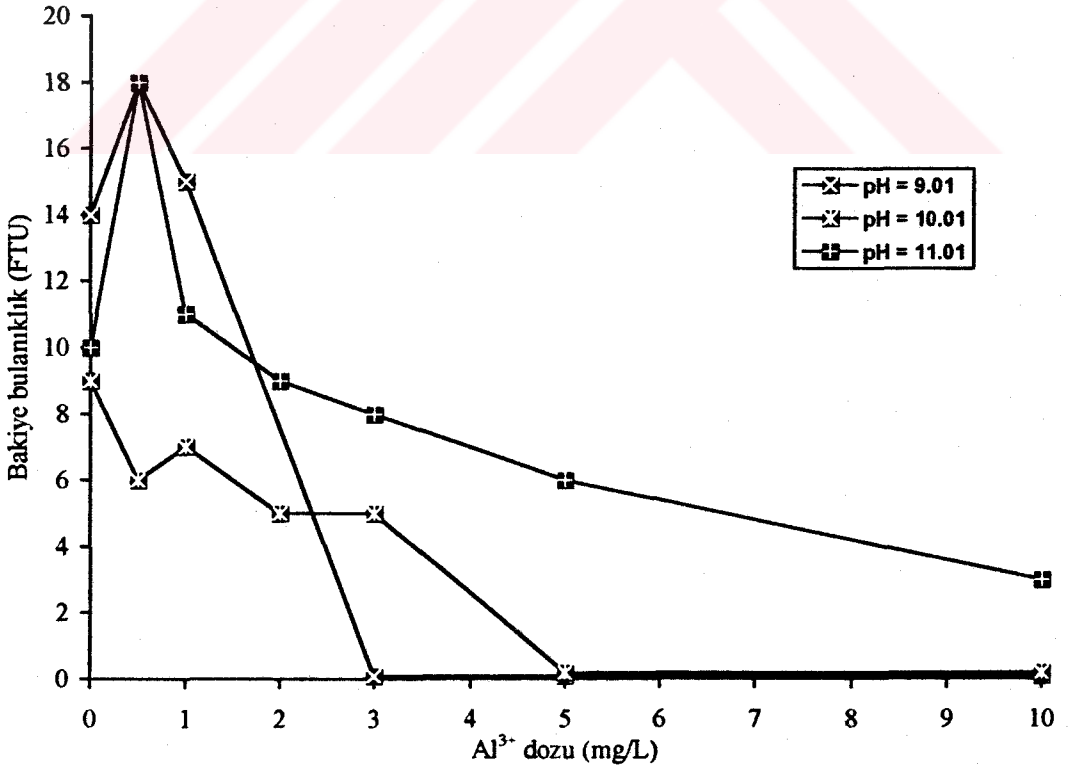
pH sı 6, 7, 8, 9, 10, 11 olan sentetik sular üzerinde yapılan deneylerin sonuçları Tablo 5.4 de ve Şekil 5.6 - 5.17 de alüminyum dozu ile süpernetant bulanıklığı arasındaki ilişki verilmiştir.

Tablo 5.4. Alüminyum sülfat ile bulanıklık gidermeye pH ve bulanıklık miktarının etkisi

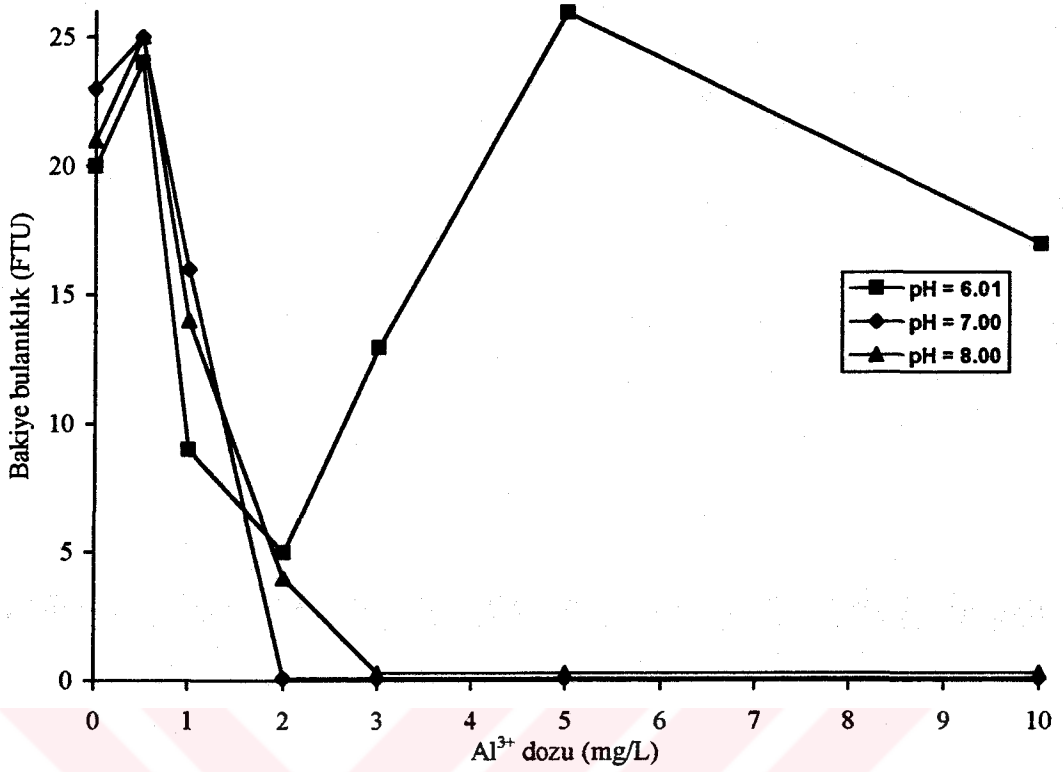
Başlangıç Bulanık. (FTU)	pH	Alkalinite, (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Al <sup>3+</sup> dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU)							
			0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	10.0	15.0	20.0
11	6.01	19	9	0	-	3	10	6	3	-
10	7.00	107	14	7	-	0.1	0.1	0.1	4	-
15	8.00	120	17	8	-	0.2	0.2	0.2	-	-
14	9.01	136	18	15	-	0.3	0.3	0.3	-	-
9	10.01	193	6	7	5	5	0.5	0.5	-	-
10	11.01	279	18	11	9	8	6	3	-	-
20	6.01	18	24	9	5	13	26	17	-	-
23	7.00	90	25	16	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-
21	8.00	123	25	14	4	0.3	0.3	0.3	-	-
19	9.01	138	21	10	0.3	0.3	0.3	0.3	-	-
21	10.01	193	22	14	11	8	0.5	0.5	-	-
20	11.01	279	23	16	12	10	8	6	-	-
52	6.01	16	48	22	20	24	33	35	-	-
52	7.00	49	47	24	3	0.2	0.2	0.2	-	-
51	8.00	127	46	32	10	5	0.7	0.7	-	-
50	9.01	139	43	30	8	5	0.9	0.9	-	-
51	10.01	189	44	37	20	15	4	1	-	-
107	6.01	17	-	62	41	37	35	31	32	-
101	7.00	82	-	-	12	5	0	9	11	48
101	8.00	124	78	39	10	5	0	1	-	-
108	9.01	134	103	49	17	6	1	1	-	-
99	10.01	193	87	69	38	22	8	3	-	-
203	6.01	15	36	18	8	9	13	13	-	-
198	7.00	96	127	61	18	9	3	1	-	-
199	8.00	122	102	46	18	7	1	0	-	-
201	9.01	138	140	70	23	12	7	5	-	-
201	10.01	193	180	166	77	43	14	7	-	-
301	6.01	15	101	51	26	22	20	14	-	-
303	7.00	91	156	91	8	6	3	0	-	-
307	8.00	122	215	91	29	11	5	2	-	-
300	9.01	138	236	110	39	17	6	3	-	-
301	10.01	205	280	264	125	69	24	5	-	-



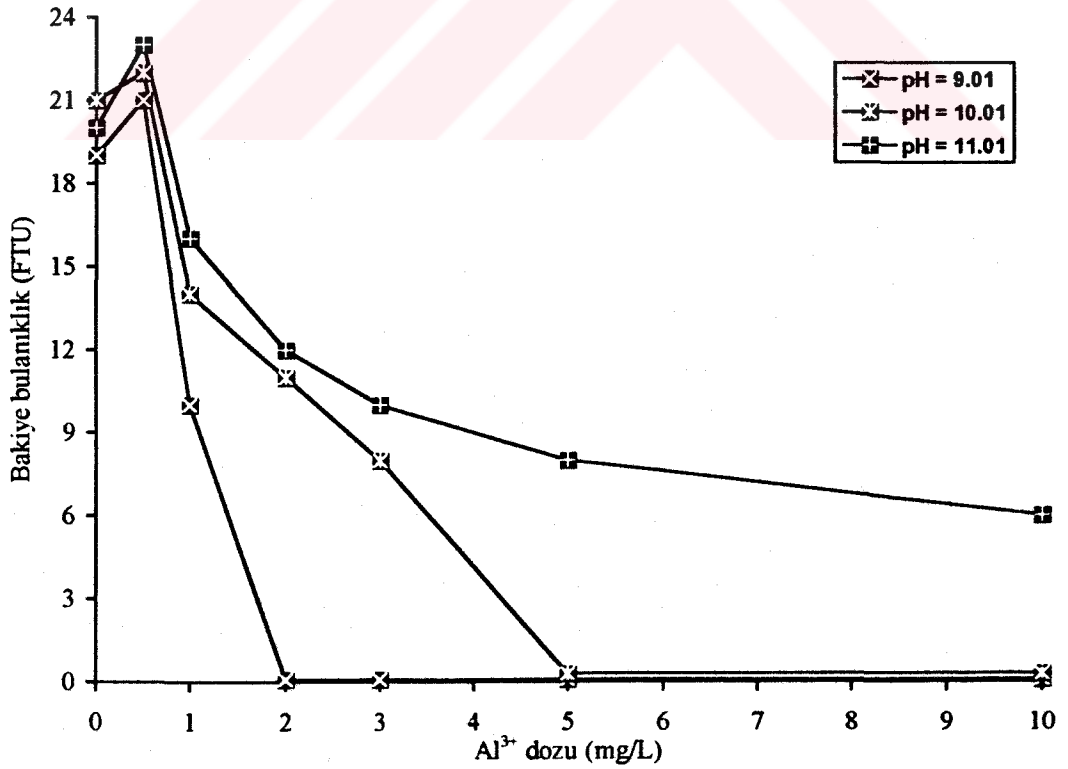
Şekil 5.6. 10 FTU bulanıklıktaki sentetik suda  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan jar-test deneyleri



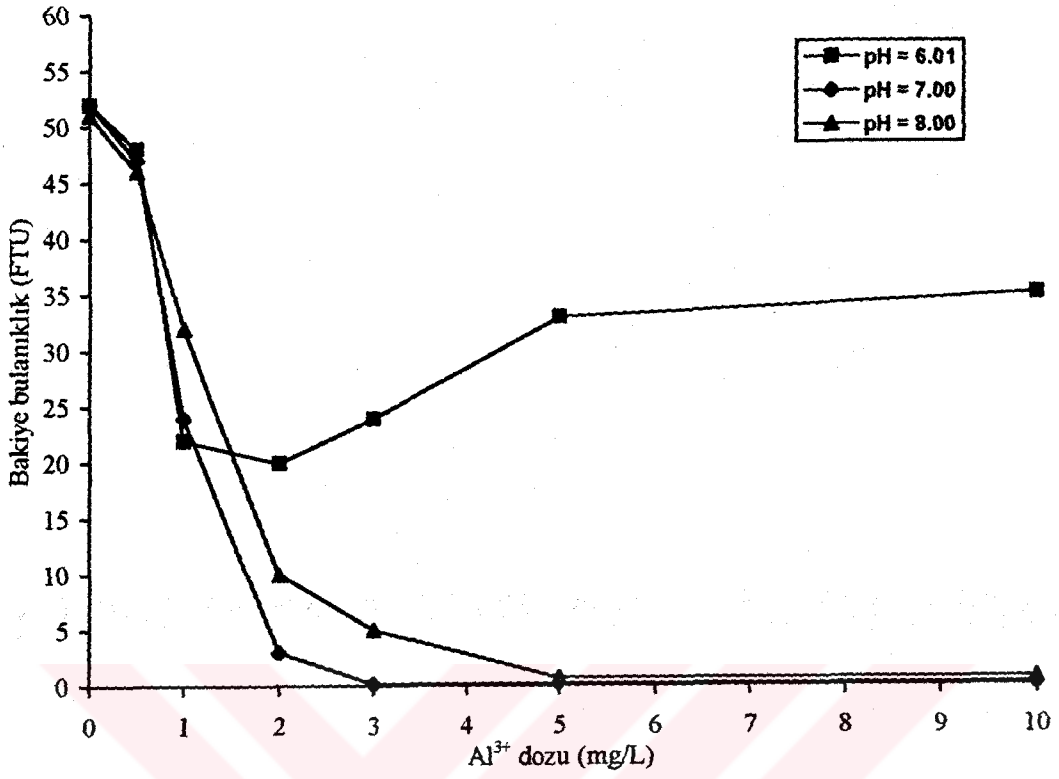
Şekil 5.7. 10 FTU bulanıklıktaki sentetik suda  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan jar-test deneyleri



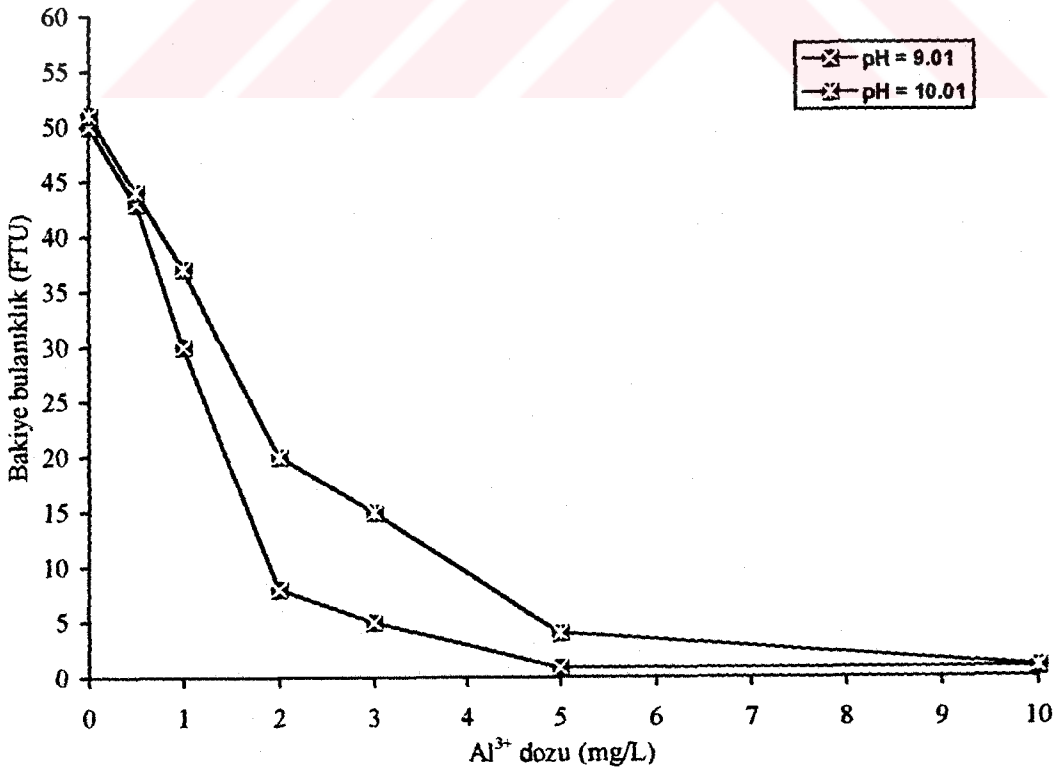
Şekil 5.8. 20 FTU bulanıklıktaki sentetik suda  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan jar-test deneyleri



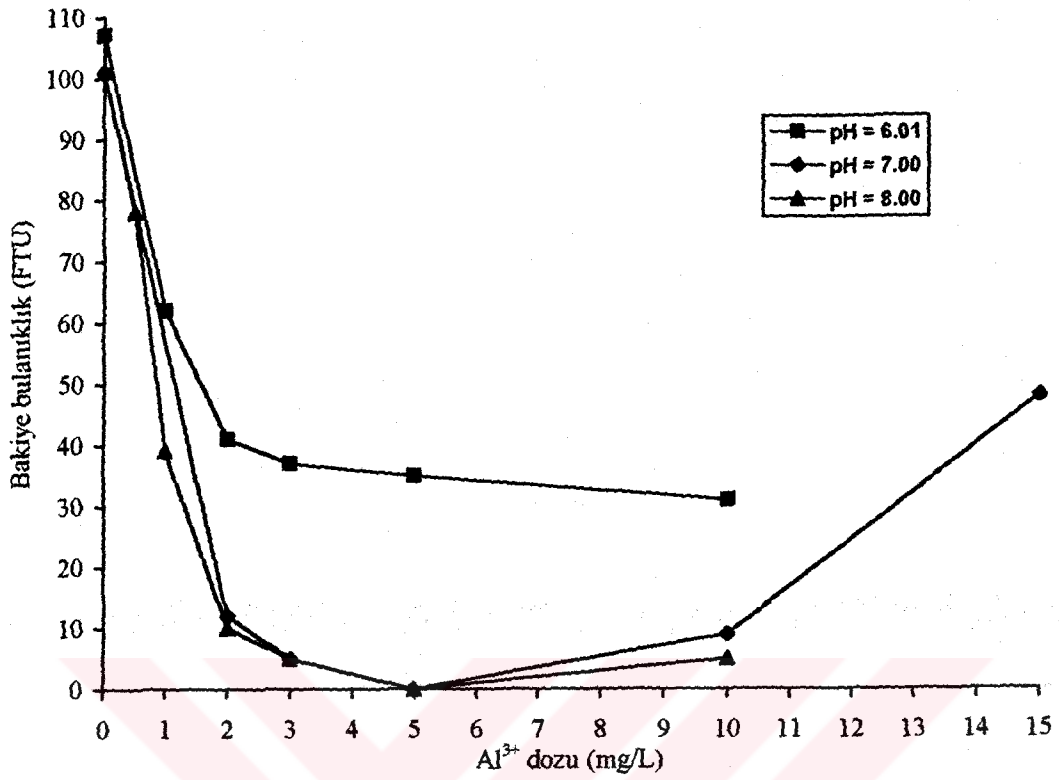
Şekil 5.9. 20 FTU bulanıklıktaki sentetik suda  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan jar-test deneyleri



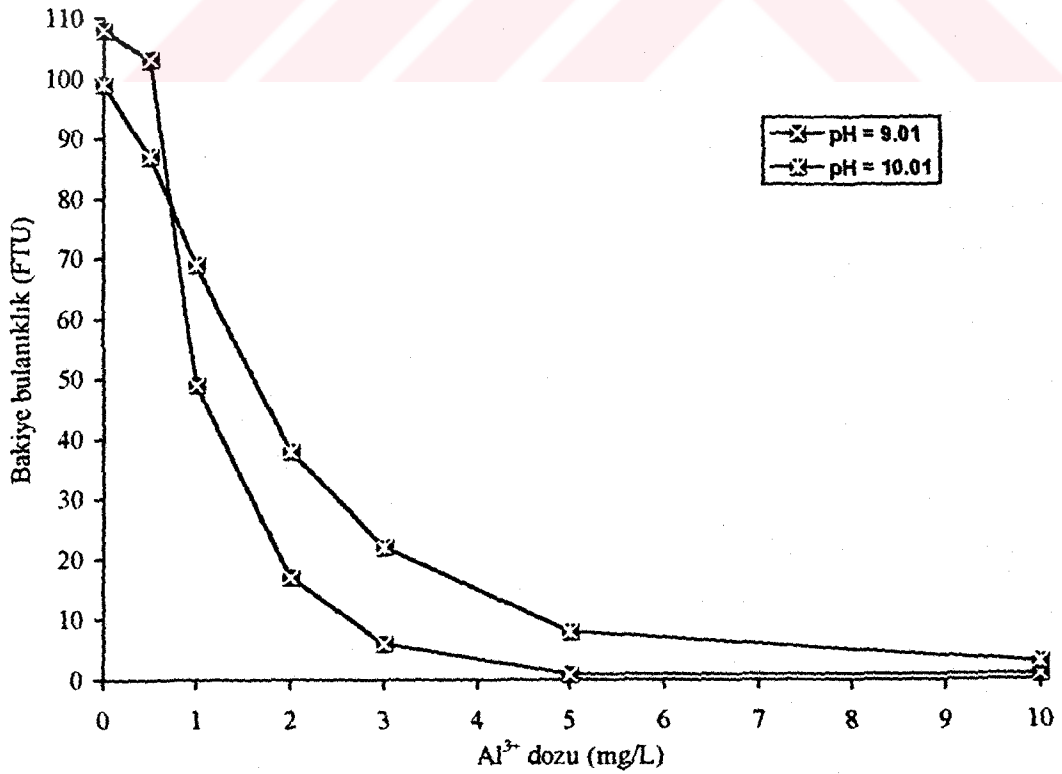
Şekil 5.10. 50 FTU bulanıklıktaki sentetik suda  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan jar-test deneyleri



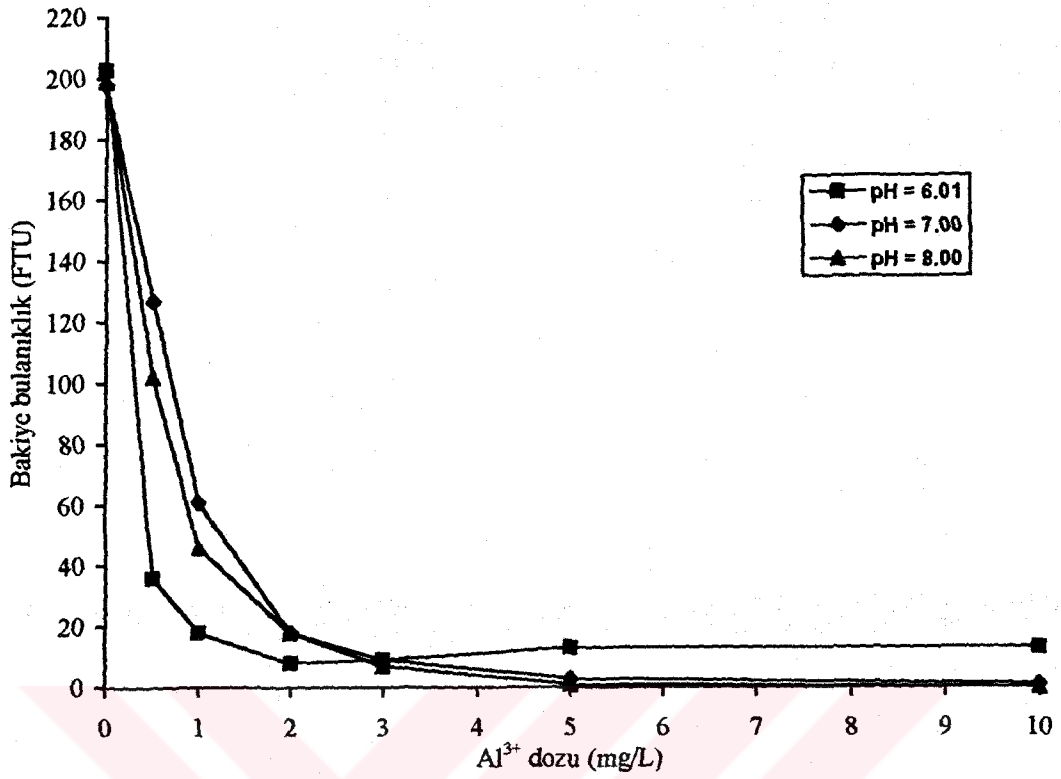
Şekil 5.11. 50 FTU bulanıklıktaki sentetik suda  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan jar-test deneyleri



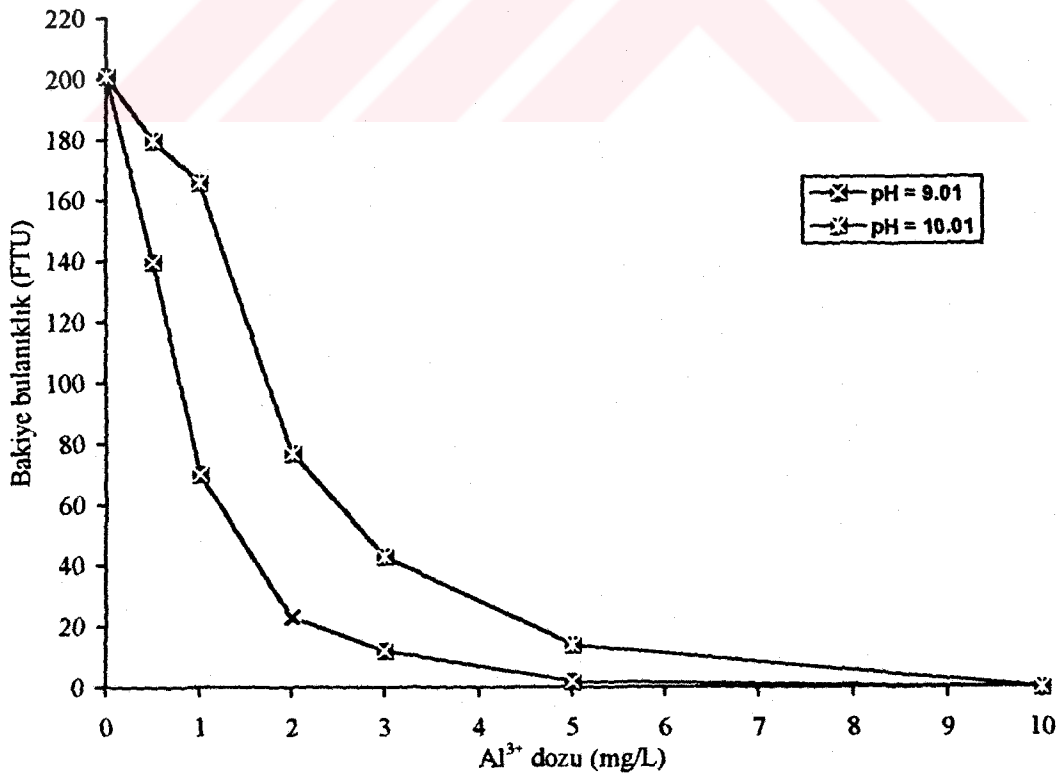
Şekil 5.12. 100 FTU bulanıklıktaki sentetik suda  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan jar-test deneyleri



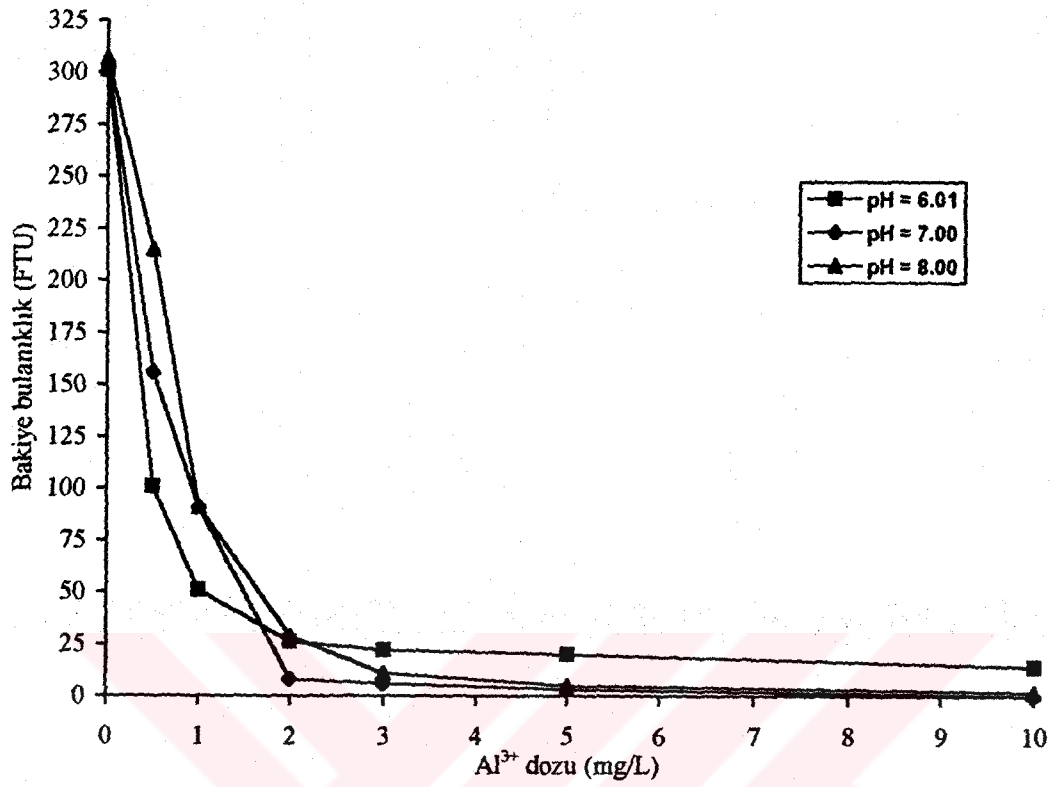
Şekil 5.13. 100 FTU bulanıklıktaki sentetik suda  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan jar-test deneyleri



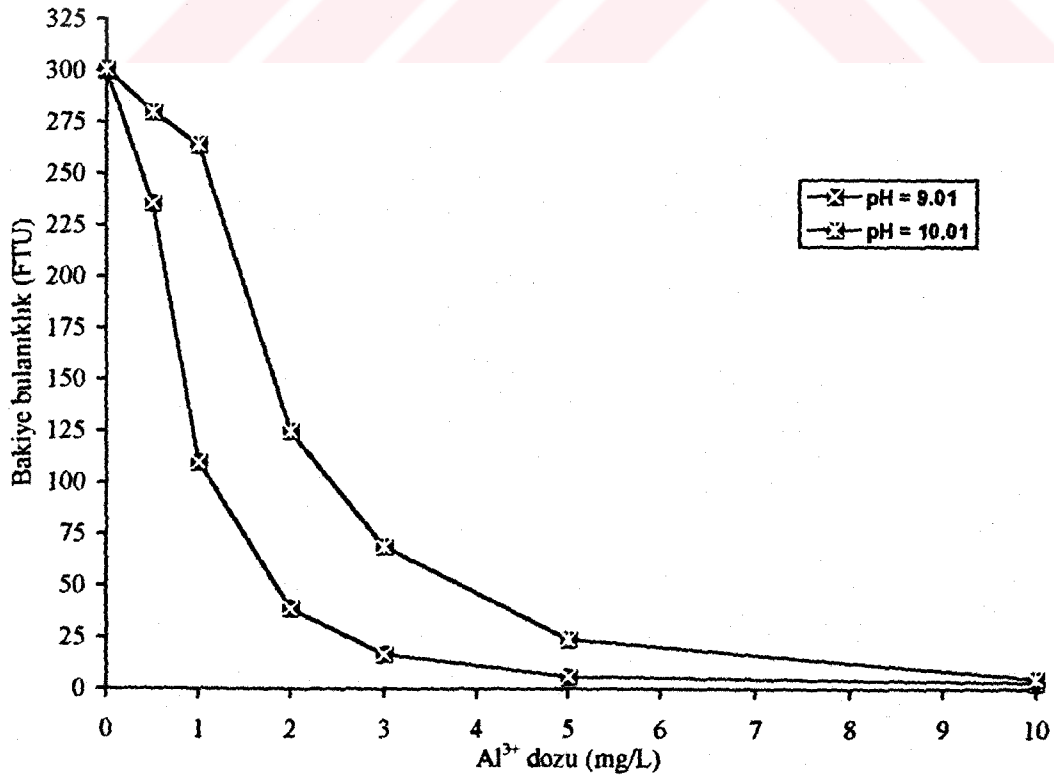
Şekil 5.14. 200 FTU bulanıklıktaki sentetik suda  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan jar-test deneyleri



Şekil 5.15. 200 FTU bulanıklıktaki sentetik suda  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan jar-test deneyleri



Şekil 5.16. 300 FTU bulanıklıktaki sentetik suda  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile yapılan jar-test deneyleri



Şekil 5.17. 300 FTU bulanıklıktaki sentetik suda  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile yapılan jar-test deneyleri



10 ve 20 FTU bulanıklık değerlerinde 0.5 mg/L  $Al^{3+}$  dozunda bulanıklığın normal olarak azalması beklenirken, arttığı görülmektedir. Bu bulanıklık değerlerinde kolloid miktarı az olduğundan, ilave edilen  $Al^{3+}$  miktarı negatif yüklü kolloidleri destabilize etmek için gerekli miktarın üzerinde olup, kolloidlerin pozitif yüklü ve kararlı bir hal almasına neden olmaktadır. Bu durum, 50-300 FTU bulanıklık değerlerinde kolloid miktarı fazla olduğundan görülmemektedir. Bulunan sonuçlar literatürle de uyum arz etmektedir [9, 83, 88]. Daha büyük dozlarda ise normal destabilizasyon gerçekleşmektedir. pH 6 da 10-50 FTU bulanıklık değerlerinde 2 mg/L  $Al^{3+}$  dozundan itibaren restabilizasyon meydana gelmektedir. pH 7 de 10 FTU bulanıklıkta restabilizasyon, ancak 10 mg/L  $Al^{3+}$  dozundan sonra görülürken, 100 FTU bulanıklıkta pH 7 de 5 mg/L  $Al^{3+}$  dozundan sonra restabilizasyon meydana gelmektedir.

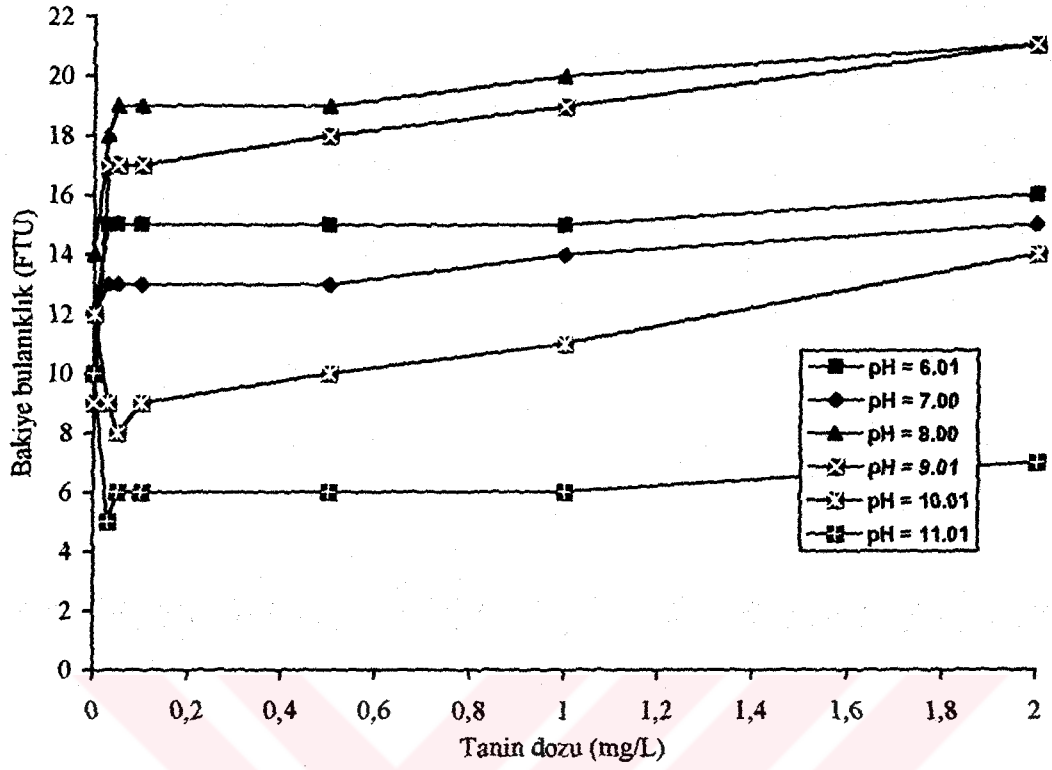
$Al_2(SO_4)_3$  çalışılan bütün bulanıklık değerlerinde etkili olup, optimum pH ve dozda kullanıldığında bulanıklığı yeterli düzeyde gidermektedir.

#### **5.2.1.2. Tanin ile yapılan deneyler**

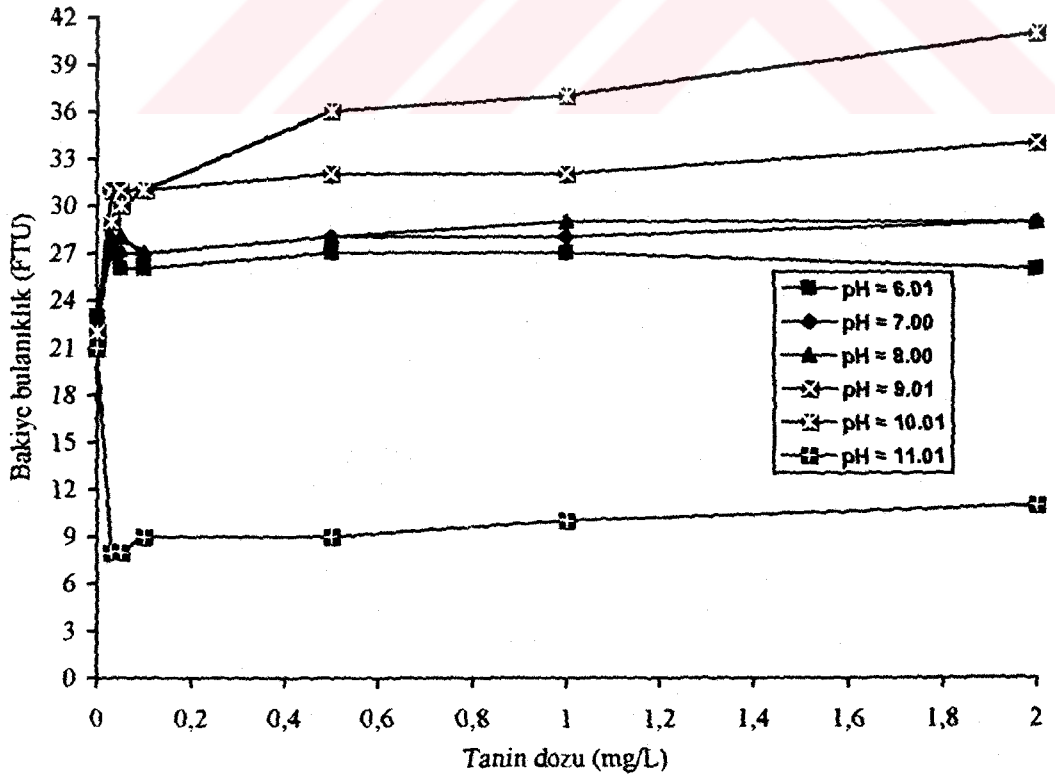
pH sı 6, 7, 8, 9, 10, 11 olan sentetik sular üzerinde yapılan deneylerin sonuçları Tablo 5.5 de ve Şekil 5.18 - 5.23 de Tanin dozu ile süpernetant bulanıklığı arasındaki ilişki şeklinde verilmiştir.

Tablo 5.5. Tanin ile bulanıklık gidermeye pH ve bulanıklık miktarının etkisi

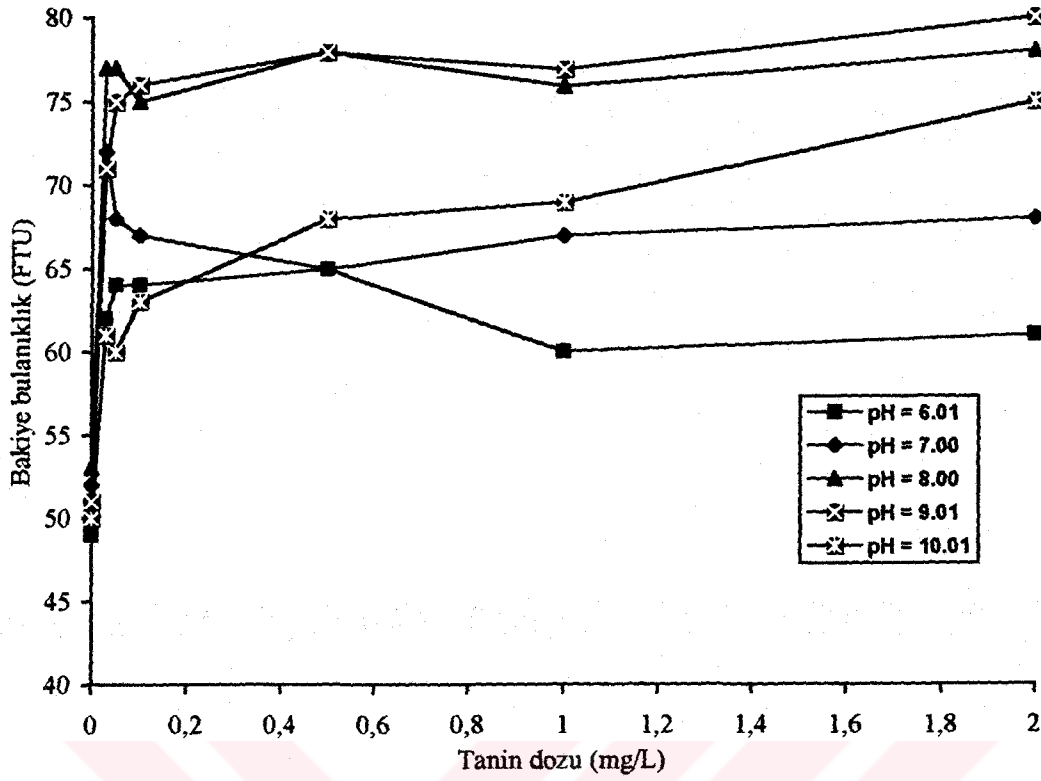
Başlangıç Bulanık. (FTU)	pH	Alkalinite (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Tanin dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU)					
			0.03	0.05	0.10	0.50	1.00	2.00
12	6.01	19	15	15	15	15	15	16
12	7.00	107	13	13	13	13	14	15
14	8.00	120	18	19	19	19	20	21
9	9.01	136	17	17	17	18	19	21
12	10.01	193	9	8	9	10	11	14
10	11.01	279	5	6	6	6	6	7
23	6.01	18	27	26	26	27	27	26
23	7.00	90	27	27	27	28	28	29
22	8.00	123	28	28	27	28	29	29
22	9.01	138	31	31	31	32	32	34
22	10.01	193	29	30	31	36	37	41
21	11.01	279	8	8	9	9	10	11
49	6.01	16	62	64	64	65	60	61
52	7.00	49	72	68	67	65	67	68
53	8.00	127	77	77	75	78	76	78
51	9.01	139	71	75	76	78	77	80
50	10.01	189	61	60	63	68	69	75
111	6.01	17	131	143	138	145	142	139
109	7.00	82	139	139	142	143	144	142
104	8.00	124	140	149	146	144	141	140
98	9.01	134	132	134	137	140	137	142
98	10.01	193	88	76	98	100	101	106
202	6.01	15	264	275	288	273	265	278
204	7.00	96	244	227	229	234	228	234
201	8.00	122	226	231	235	224	222	216
203	9.01	138	237	227	223	234	245	240
206	10.01	193	264	270	257	265	265	270
305	6.01	15	344	341	332	361	351	355
306	7.00	91	402	403	404	417	394	406
300	8.00	122	395	385	374	368	368	352
301	9.01	138	357	360	349	356	361	344
302	10.01	205	350	343	341	341	331	339



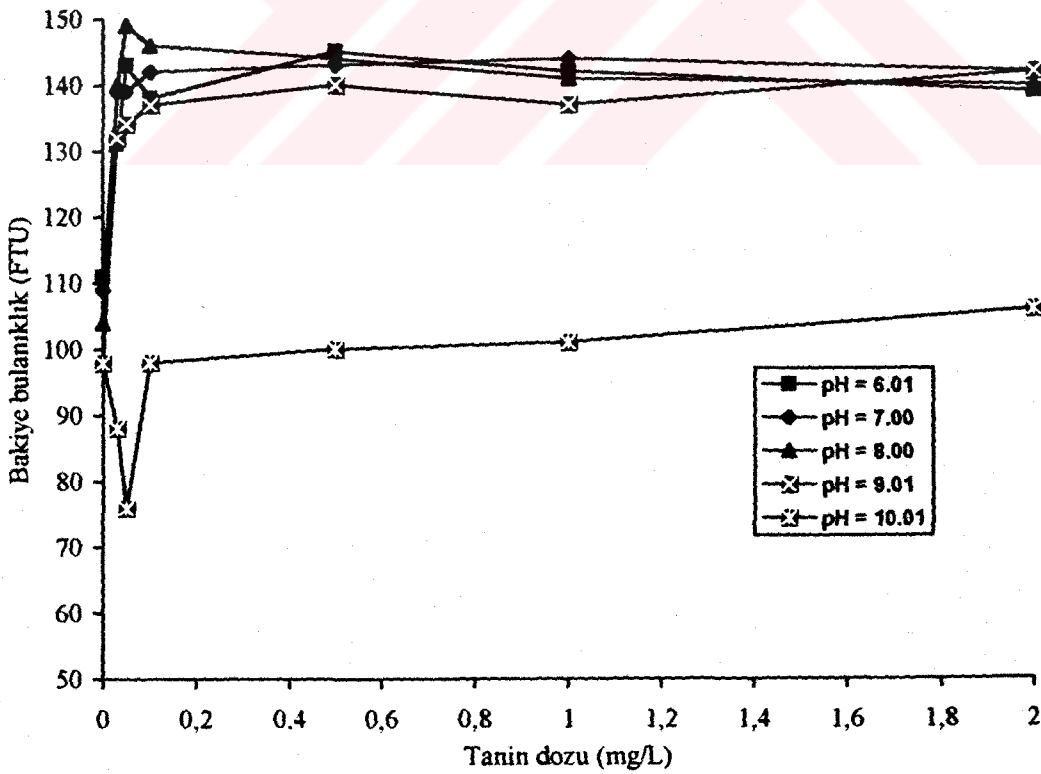
Şekil 5.18. 10 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ile yapılan jar-test deneyleri



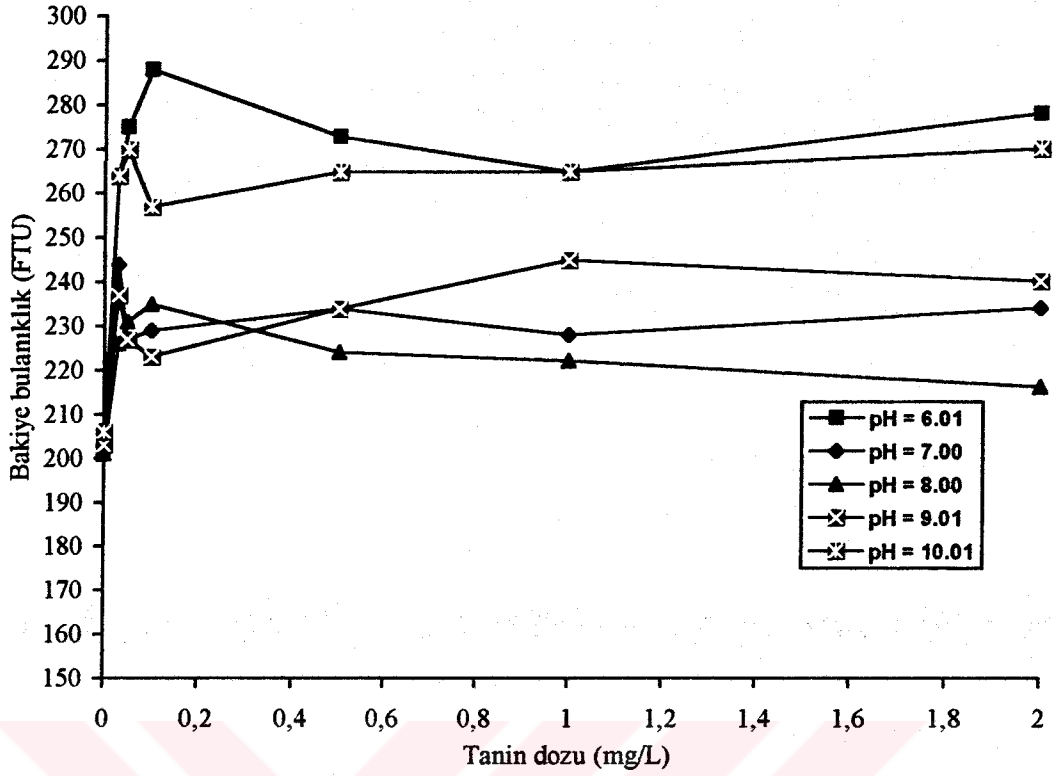
Şekil 5.19. 20 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ile yapılan jar-test deneyleri



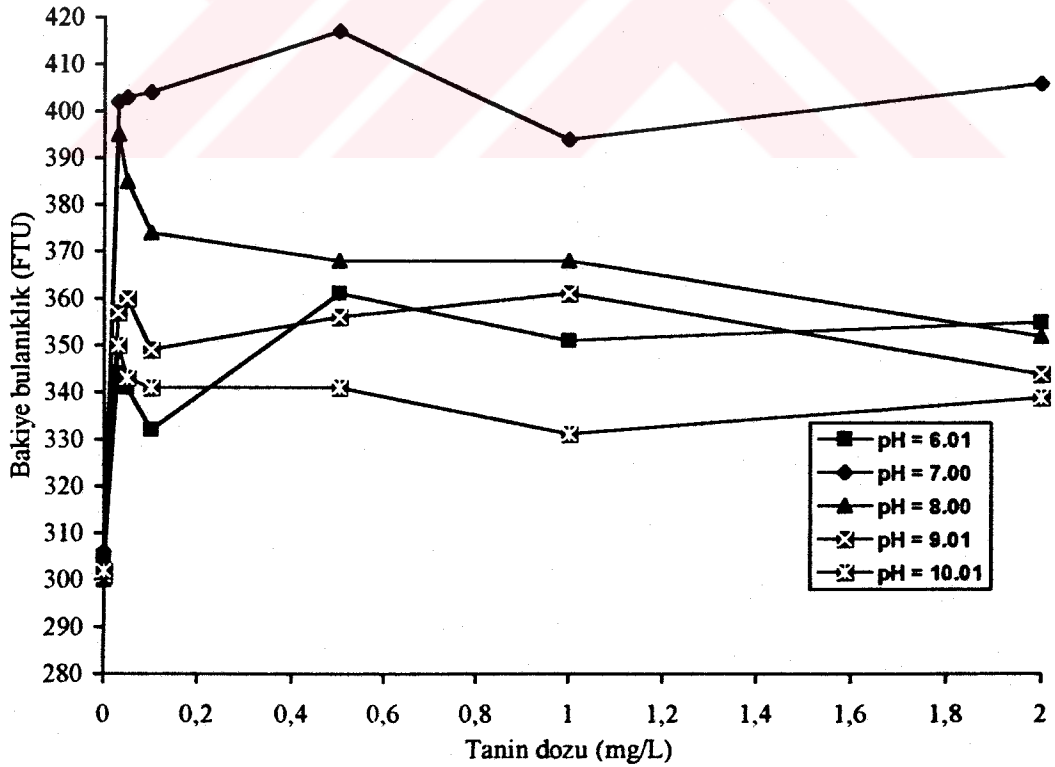
Şekil 5.20. 50 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ile yapılan jar-test deneyleri



Şekil 5.21. 100 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ile yapılan jar-test deneyleri



Şekil 5.22. 200 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ile yapılan jar-test deneyleri



Şekil 5.23. 300 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ile yapılan jar-test deneyleri

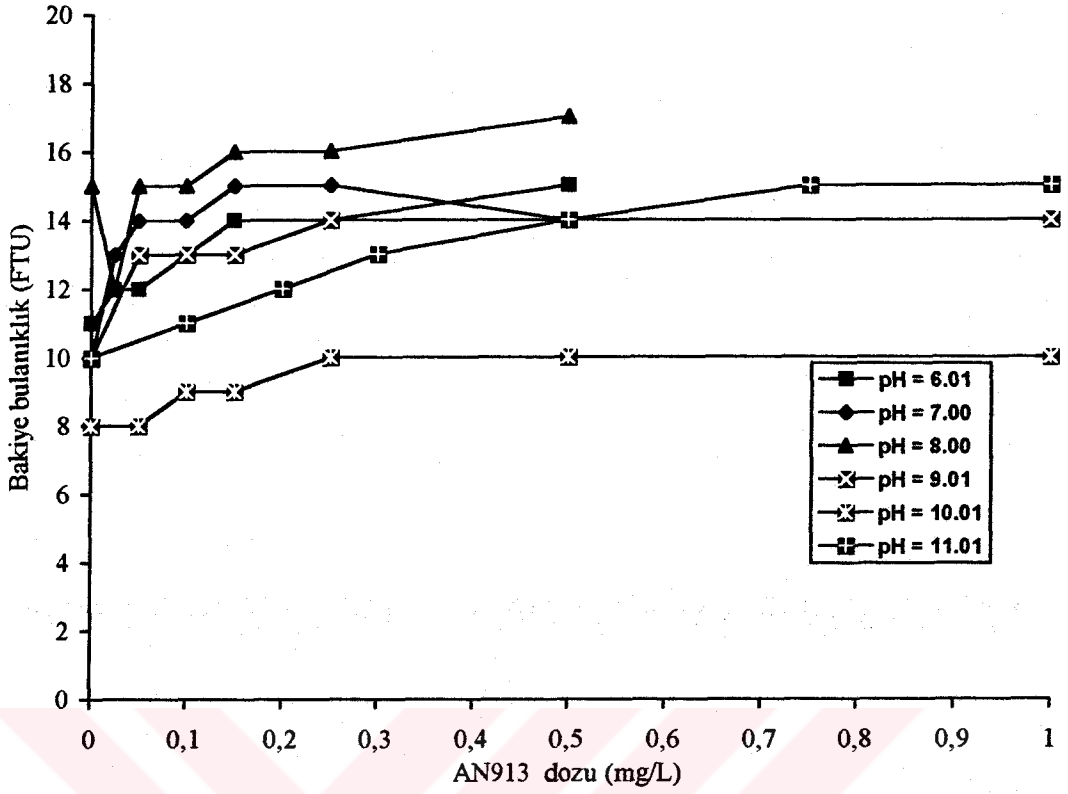
Taninle yapılan çalışmalarda; tanin ancak pH 11 de etkili olabilmektedir. Tanin anyonik karakterli bir tabii polielektrolit olduğu için, daha düşük pH larda negatif yüklü polielektrolitleri destabilize etmekte yetersiz kalmaktadır. pH 11 de ise, negatif yüklü kolloidlerle tanin arasında köprü oluşturabilecek kadar  $\text{Na}^+$  iyonları bulunmaktadır. Böylece tanin kilin oluşturmuş olduğu bulanıklığı giderebilmektedir. Bu pH da ise ancak 10 ve 20 FTU bulanıklıkta sentetik sular hazırlanabilmektedir. Daha fazla kil miktarlarında ise, pH nın yüksek oluşu nedeniyle kil kendiliğinden destabilize olmakta ve 20 FTU dan fazla bulanıklığa sahip süspansiyonlar hazırlamak mümkün olmamaktadır. Bu nedenle pH 11 de, 10 ve 20 FTU bulanıklıklar için çalışmalar yapılabilmektedir. Taninle yapılan çalışmalarda bir başka mahzur da 2 mg/L konsantrasyondan fazla kullanılması halinde bakiye tanin ortama renk vermektedir. Bunun için ancak 2 mg/L konsantrasyona kadar kullanılabilmiştir. Buna rağmen yine de bakiye tanin miktarları renk oluşturmuştur ve bu da absorbans ölçümlerinde artışlara neden olmuştur. Tanin ile bulanıklık gidermede, taninin etkinliğinin az olması ve restabilizasyonla birlikte; renkten dolayı absorbans artışları da bulanıklık değerinin yüksek çıkmasına etki etmiştir. Bütün bu sebeplerden dolayı tanin pH 11 in dışındaki bütün çalışmalarda etkisizdir ve hatta çalışmaların sonundaki bulanıklık miktarları başlangıç değerlerinin üzerinde çıkmıştır.

### 5.2.1.3. AN913 ile yapılan deneyler

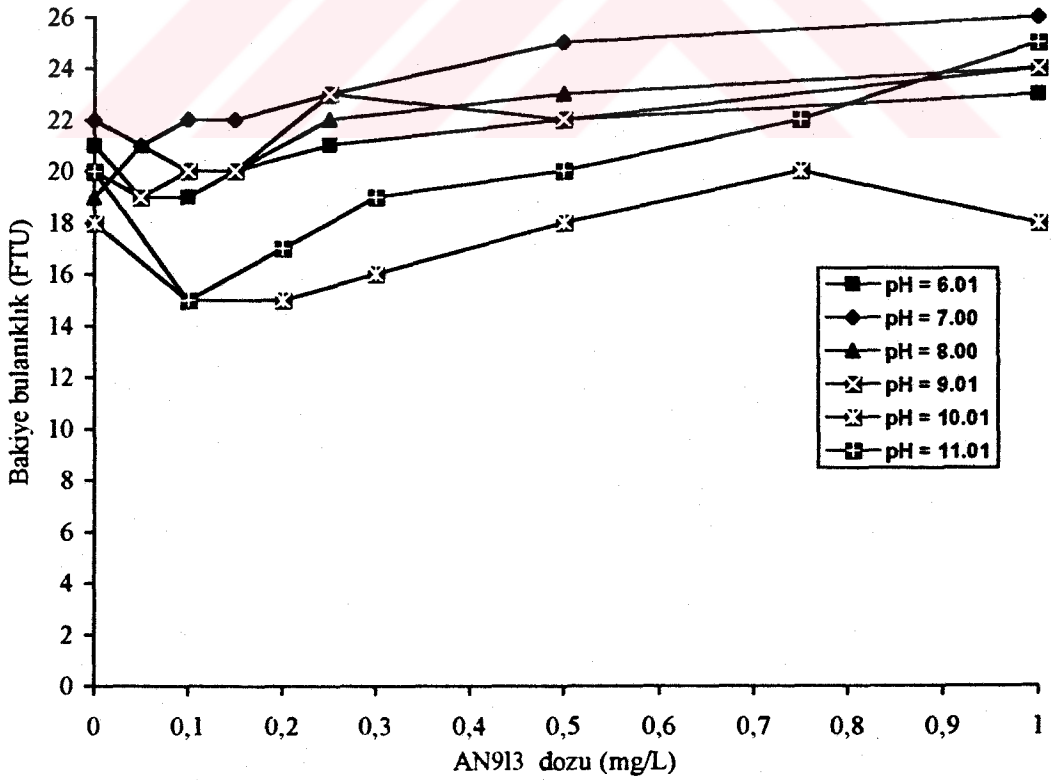
pH sı 6, 7, 8, 9, 10, 11 olan sentetik sular üzerinde yapılan deneylerin sonuçları Tablo 5.6 da ve Şekil 5.24 - 5.29 da AN913 dozu ile süpernetant bulanıklığı arasındaki ilişki şeklinde verilmiştir.

Tablo 5.6. AN913 ile bulanıklık gidermeye pH ve bulanıklık miktarının etkisi

Başlangıç Bulanık. (FTU)	pH	Alkalinite (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	AN913 dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU)									
			0.025	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.50	0.75	1.0
11	6.01	19	12	12	13	14	-	14	-	15	-	-
10	7.00	107	13	14	14	15	-	15	-	14	-	-
15	8.00	120	12	15	15	16	-	16	-	17	-	-
10	9.01	136	-	13	13	13	-	14	-	14	-	14
8	10.01	193	-	8	9	9	-	10	-	10	-	10
10	11.01	279	-	-	11	-	12	-	13	14	15	15
21	6.01	18	-	19	19	20	-	21	-	22	-	23
22	7.00	90	-	21	22	22	-	23	-	25	-	26
19	8.00	123	-	21	20	20	-	22	-	23	-	24
20	9.01	138	-	19	20	20	-	23	-	22	-	24
18	10.01	193	-	-	15	-	15	-	16	18	20	18
20	11.01	279	-	-	15	-	17	-	19	20	22	25
50	6.01	16	-	-	38	-	29	-	29	31	33	33
53	7.00	49	-	-	39	-	36	-	33	33	35	35
56	8.00	127	-	-	43	-	36	-	31	32	35	33
53	9.01	139	-	-	50	-	38	-	35	37	38	39
49	10.01	189	-	-	10	-	10	-	11	13	15	15
104	6.01	17	-	-	63	-	44	-	35	30	29	24
102	7.00	82	-	-	65	-	-	-	37	31	31	34
97	8.00	124	-	-	73	-	50	-	45	38	37	31
106	9.01	134	-	-	57	-	43	-	37	34	29	27
100	10.01	193	-	-	14	-	14	-	15	15	15	14
204	6.01	15	-	-	89	-	55	-	50	39	30	28
205	7.00	96	-	-	104	-	74	-	53	43	35	30
202	8.00	122	-	-	-	-	72	-	52	43	36	35
203	9.01	138	-	-	-	-	33	-	24	14	16	19
203	10.01	193	-	-	-	-	21	-	17	25	25	29
302	6.01	15	-	-	40	-	23	-	13	8	8	6
305	7.00	91	-	-	110	-	65	-	44	26	17	11
308	8.00	122	-	-	116	-	71	-	47	29	21	15
301	9.01	138	-	-	63	-	36	-	25	16	15	13
300	10.01	205	-	-	86	-	69	-	63	44	40	46

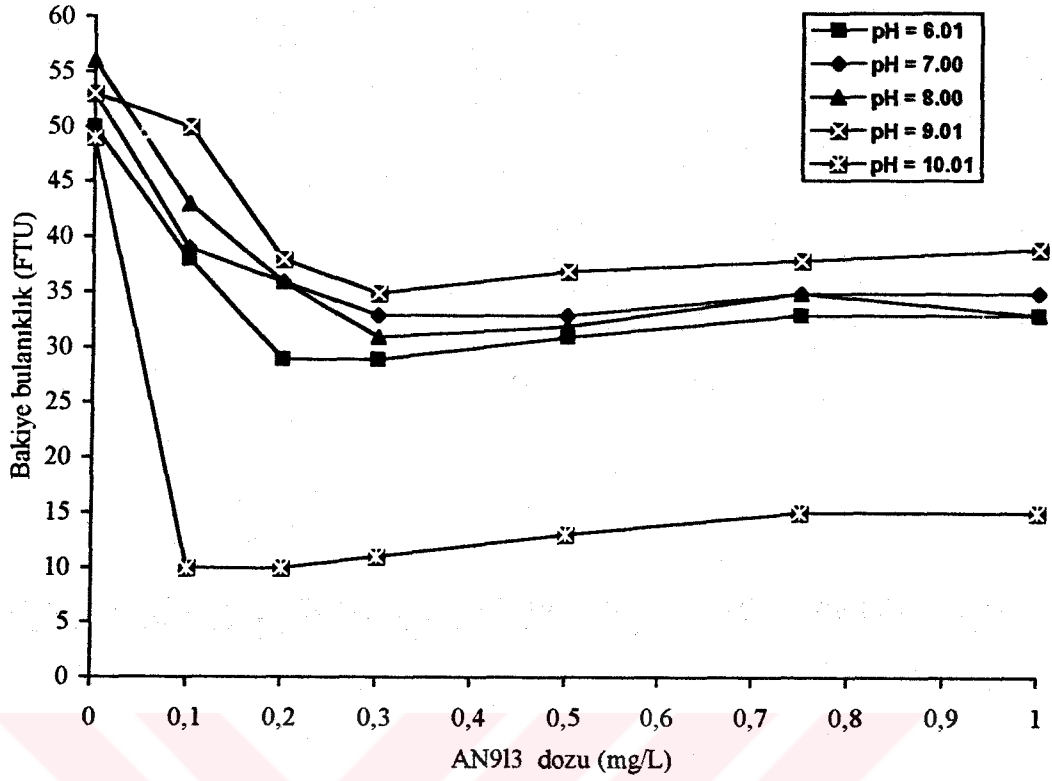


Şekil 5.24. 10 FTU bulanıklıktaki sentetik suda AN913 ile yapılan jar-test deneyleri

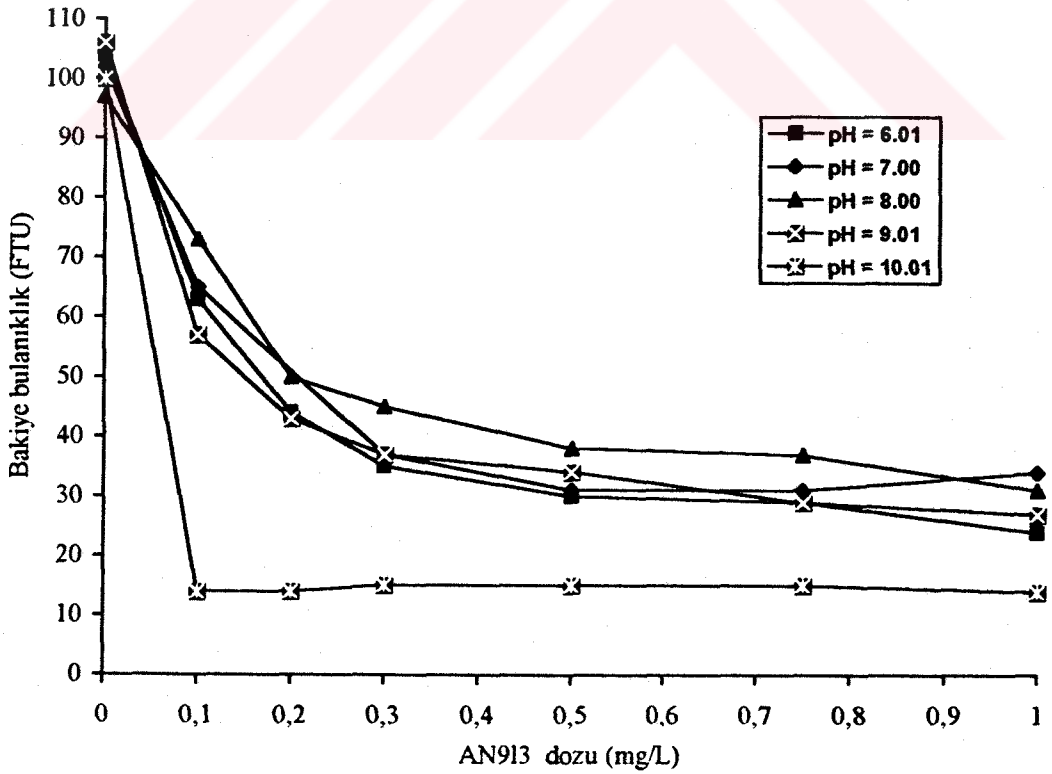


Şekil 5.25. 20 FTU bulanıklıktaki sentetik suda AN913 ile yapılan jar-test deneyleri

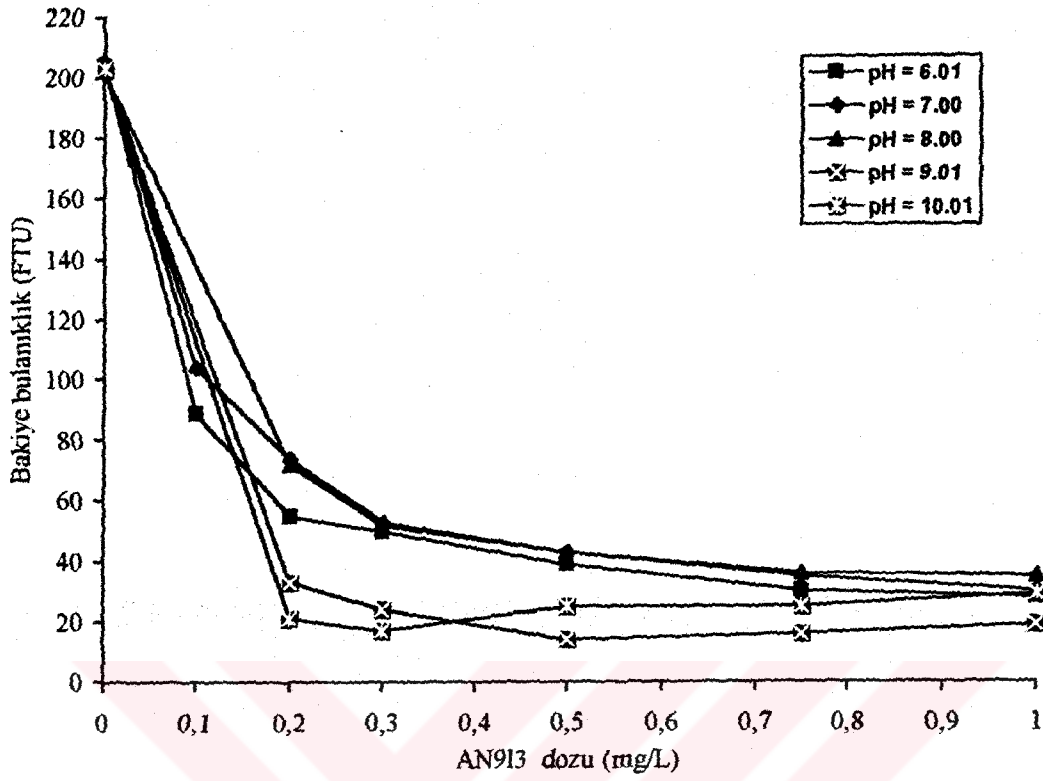




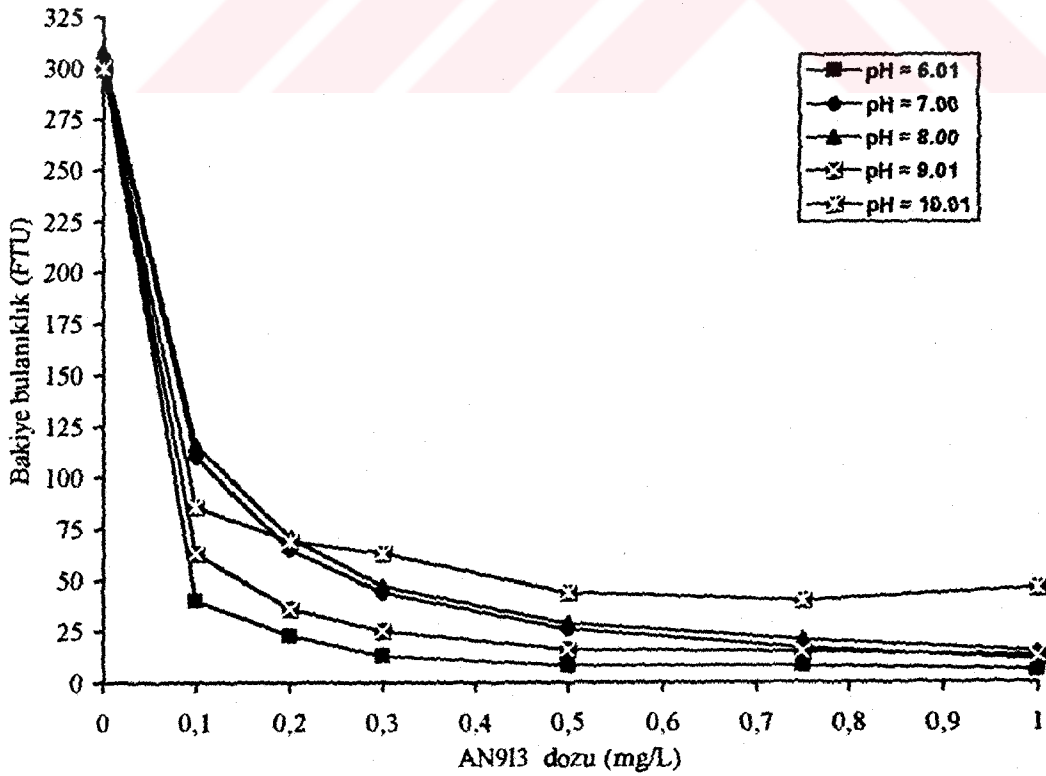
Şekil 5.26. 50 FTU bulanıklıktaki sentetik suda AN913 ile yapılan jar-test deneyleri



Şekil 5.27. 100 FTU bulanıklıktaki sentetik suda AN913 ile yapılan jar-test deneyleri



Şekil 5.28. 200 FTU bulanıklıktaki sentetik suda AN913 ile yapılan jar-test deneyleri



Şekil 5.29. 300 FTU bulanıklıktaki sentetik suda AN913 ile yapılan jar-test deneyleri

Polielektrolit 10 ve 20 FTU bulanıklık değerlerinde etkisiz kalmıştır. Düşük bulanıklık değerlerinde kolloid miktarı az olduğu için ilave edilen polielektrolit kolloidlere adsorbe olduktan sonra dispersiyon içine sarkan serbest uçlar kalmaktadır. Bu serbest uçlar da adsorbe olabilecek başka kolloidler bulunmadığı için kıvrılarak aynı kolloid üzerine adsorbe olmakta ve restabilizasyona neden olmaktadır. Bütün polielektrolit türlerinin düşük bulanıklık değerlerinde etkili olamadıkları eskiden beri bilinen bir husustur [9, 88]. Benzer durum, 50 FTU bulanıklıkta ~ 0.3 mg/L AN913 dozundan itibaren az da olsa bir miktar görülmektedir. Daha fazla bulanıklık değerlerinde ise bu durum çok bariz değildir. Bununla birlikte AN913,  $Al_2(SO_4)_3$  in gösterdiği giderme verimini gösterememektedir.

Tablo 5.4 - 5.6 ve Şekil 5.6 -5.29 daki verilerden optimum dozlar belirlenmiş ve söz konusu koagülantlar için bulunan optimum dozlar Tablo 5.7 de verilmiştir.

Tablo 5.7.  $Al_2(SO_4)_3$  , AN913 ve tanin için optimum dozlar

Başlangıç Bulanıklığı (FTU)	pH	Koagülantların optimum dozları (mg/L)		
		$Al^{3+}$	AN913	Tanin
~ 10	6.01	1.0	0.05	0.03
	7.00	2.0	0.025	0.05
	8.00	2.0	0.025	0.03
	9.01	3.0	0.05	0.03
	10.01	5.0	0.05	0.05
	11.01	10.0	0.10	0.03
~ 20	6.01	2.0	0.05	0.05
	7.00	2.0	0.05	0.10
	8.00	3.0	0.10	0.10
	9.01	3.0	0.025	0.05
	10.01	5.0	0.10	0.03
	11.01	10.0	0.10	0.03
~ 50	6.01	2.0	0.20	1.00
	7.00	3.0	0.03	0.50
	8.00	5.0	0.03	0.10
	9.01	5.0	0.03	0.03
	10.01	10.0	0.10	0.05
	11.01	10.0	1.00	0.03
~ 100	6.01	10.0	1.00	0.03
	7.00	5.0	0.50	0.03
	8.00	5.0	1.00	0.03
	9.01	5.0	1.00	0.03
	10.01	10.0	0.10	0.05
	11.01	10.0	1.00	0.03

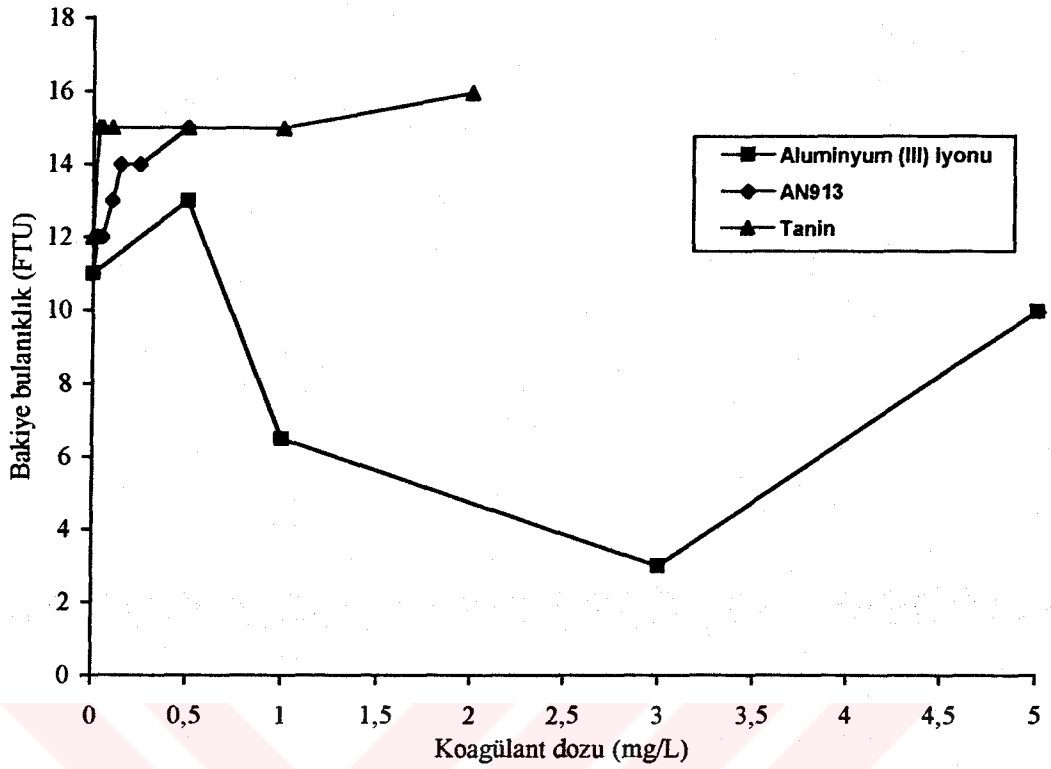
Tablo 5.7 (Devam).  $Al_2(SO_4)_3$  , AN913 ve tanin için optimum dozlar

Başlangıç Bulanıklığı (FTU)	pH	Koagülantların optimum dozları (mg/L)		
		$Al^{3+}$	AN913	Tanin
~ 200	6.01	2.0	1.00	0.03
	7.00	5.0	1.00	0.05
	8.00	5.0	2.00	1.00
	9.01	5.0	0.50	0.10
	10.01	10.0	0.30	0.10
~ 300	6.01	10.0	1.00	0.10
	7.00	5.0	1.00	1.00
	8.00	5.0	1.00	0.50
	9.01	10.0	1.00	2.00
	10.01	10.0	0.50	1.00

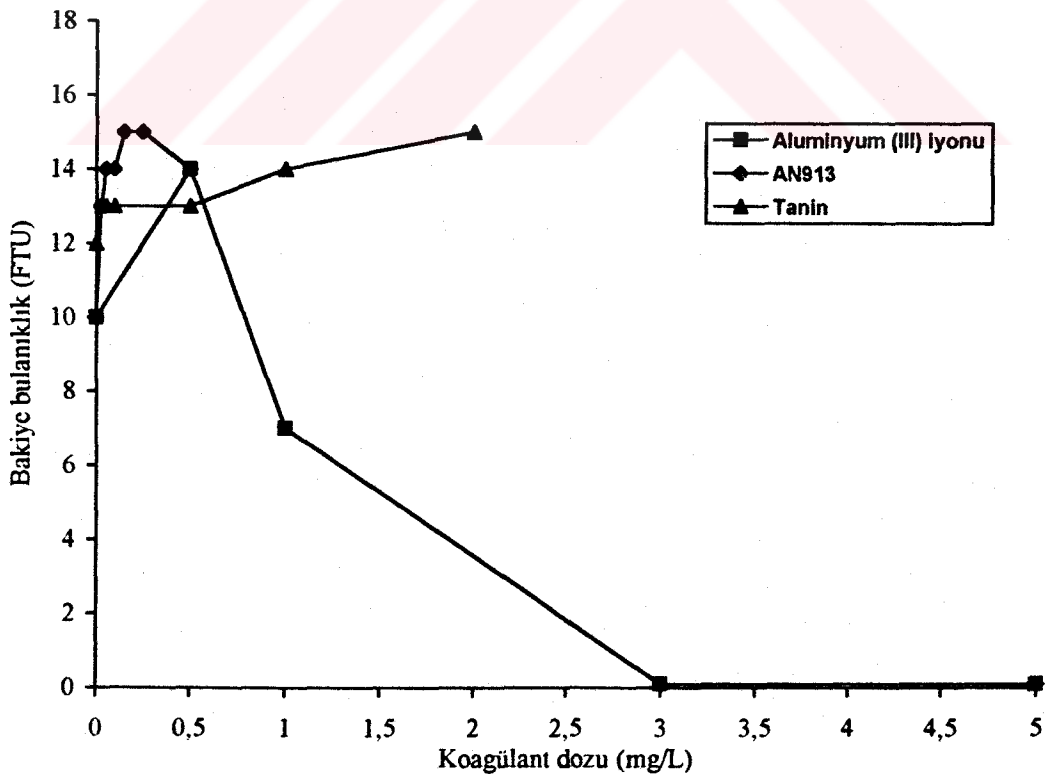
Bu sonuçlar, koagülant dozu-bulanıklık ilişkisinin, AN913 ve tanin için koagülasyon ve flokülasyon özellikleri bakımından birbirine yakın neticeler verdiği ve yüksek pH değerlerinde etkili olduklarını ortaya koymaktadır.

#### 5.2.1.4. Aluminyum sülfat, AN913 ve Tanin ile yapılan deneylerin pH ya göre mukayesesi

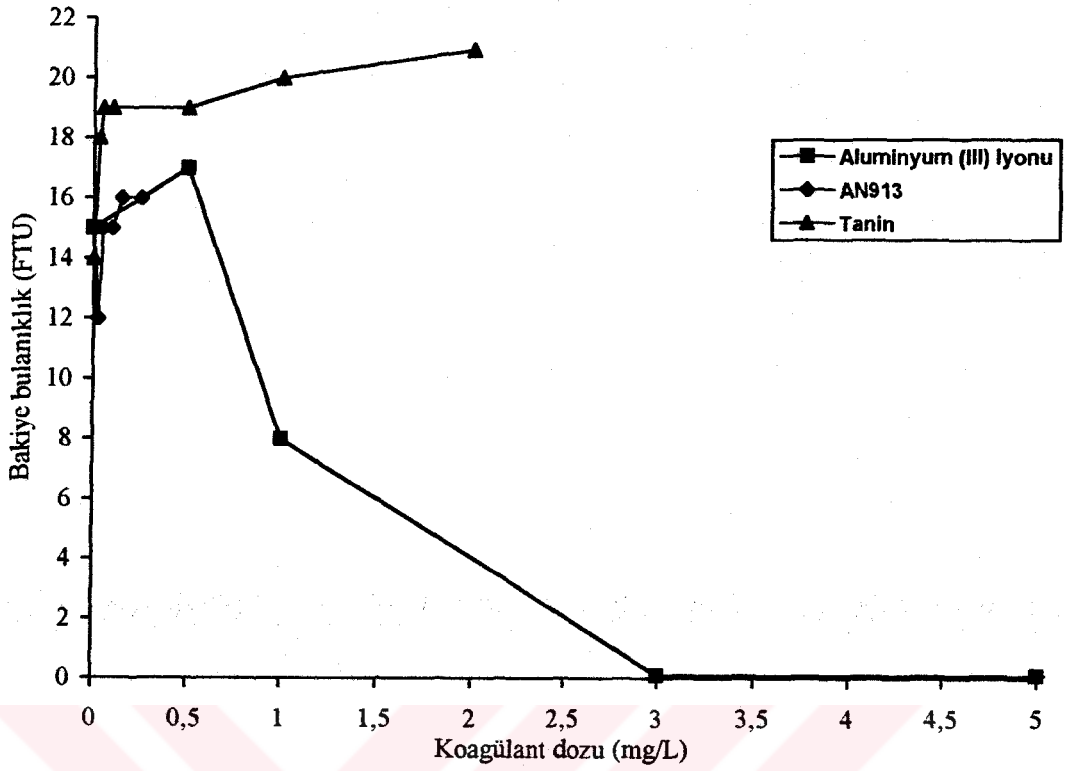
Altı değişik bulanıklık ve altı değişik pH da yapılan jar-test deneylerinde elde edilen sonuçlar; bulanıklık ve pH sabit tutularak, üç koagülant için mukayeseli grafikler Şekil 5.30 - 5.61 de verilmiştir.



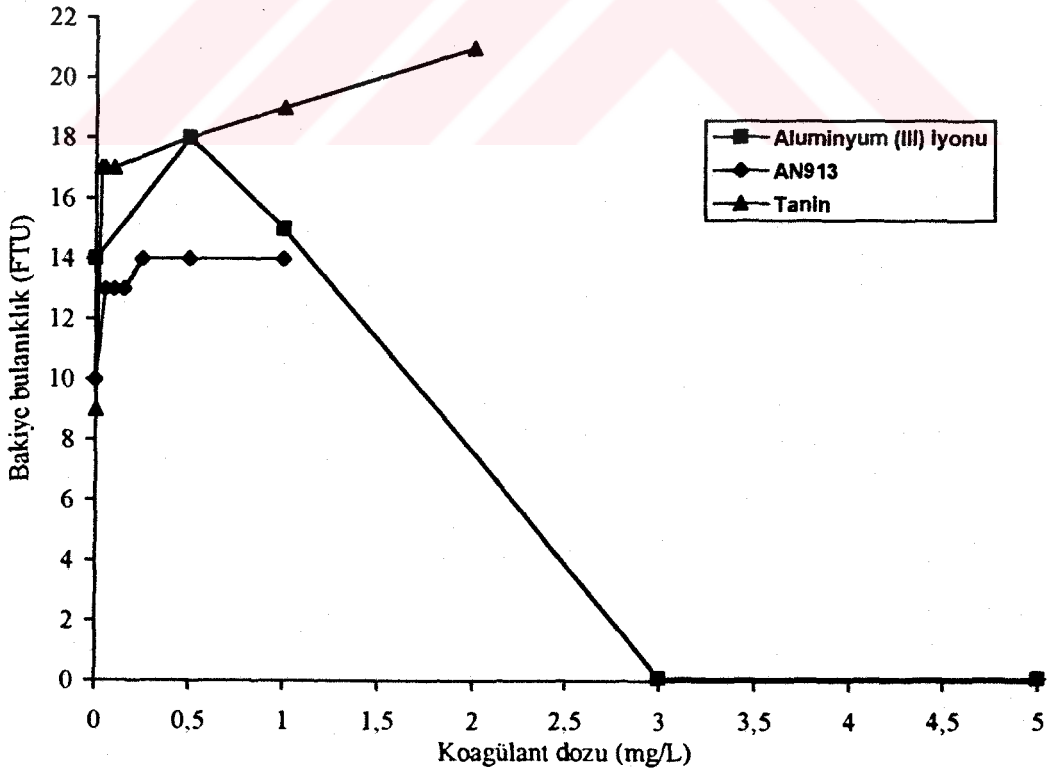
Şekil 5.30. 10 FTU bulanıklığı pH = 6.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



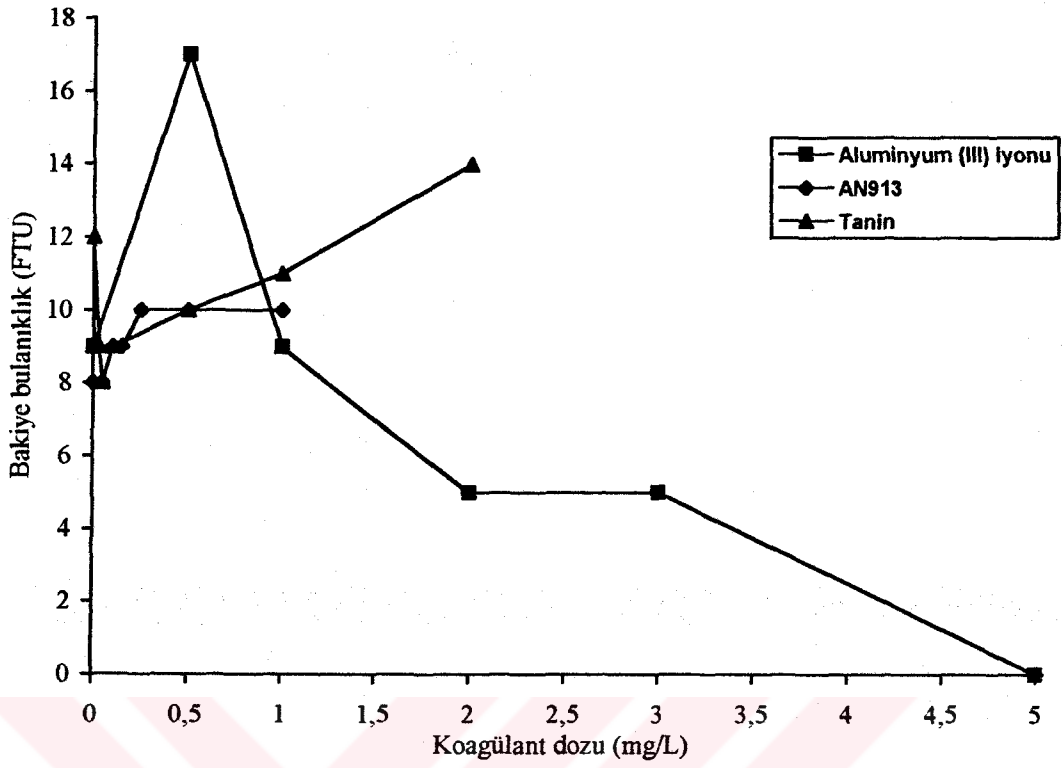
Şekil 5.31. 10 FTU bulanıklığı pH = 7.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



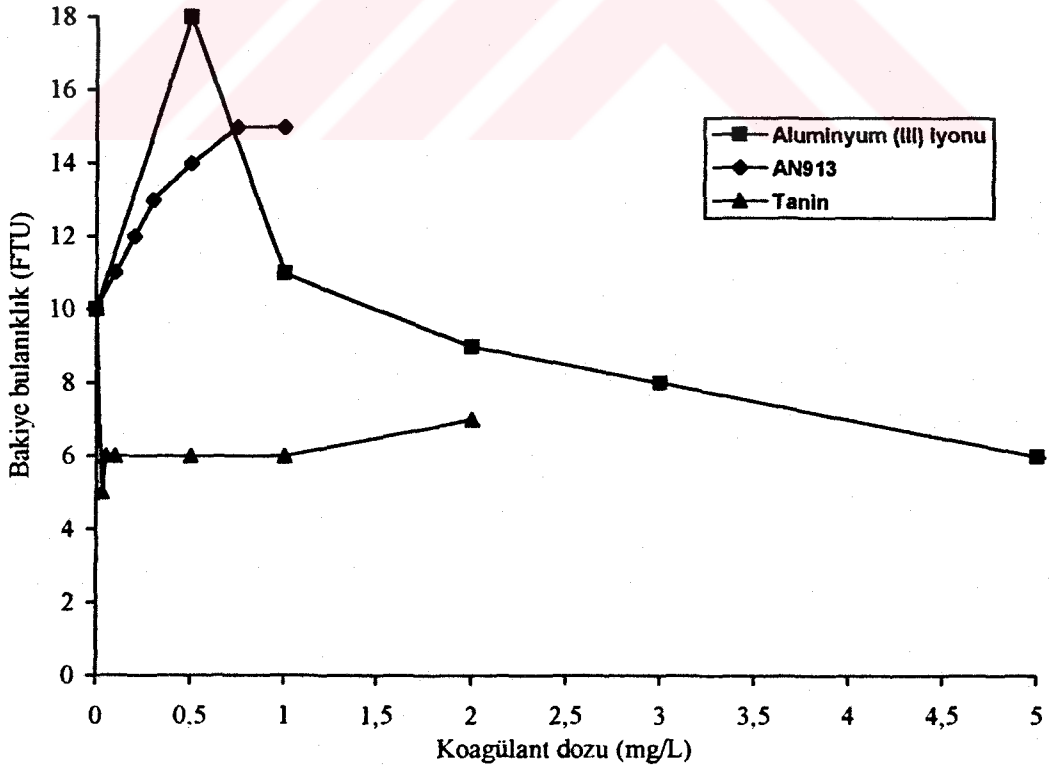
Şekil 5.32. 10 FTU bulanıklığı pH = 8.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



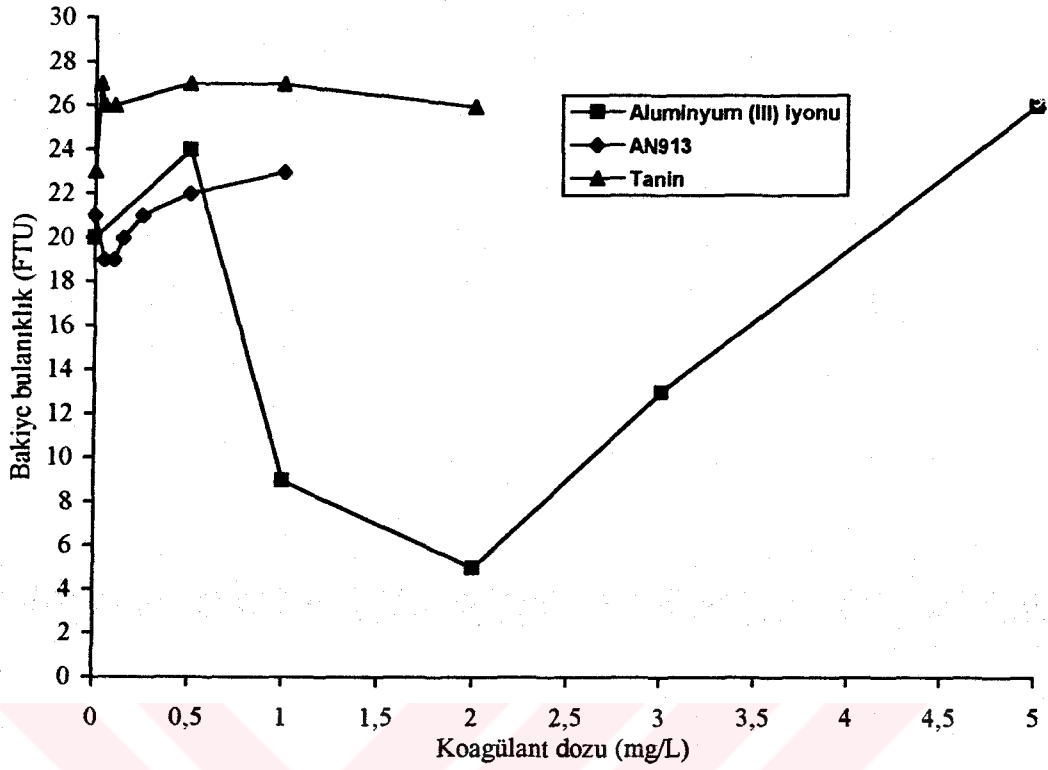
Şekil 5.33. 10 FTU bulanıklığı pH = 9.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



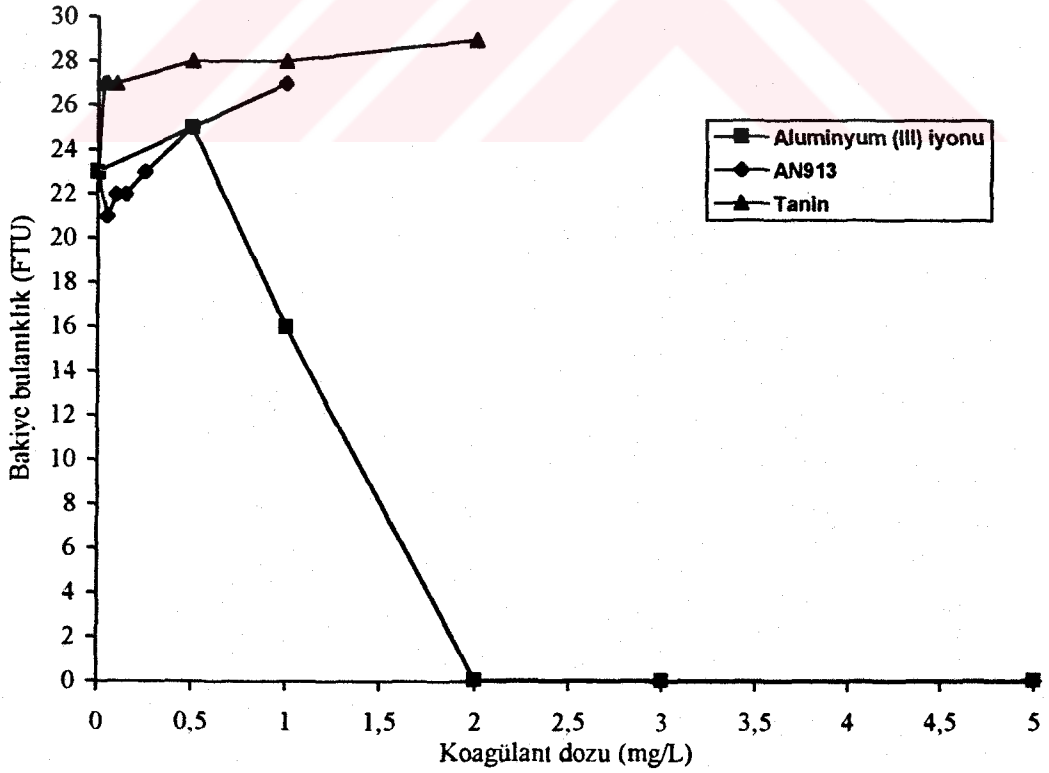
Şekil 5.34. 10 FTU bulanıklığı pH = 10.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



Şekil 5.35. 10 FTU bulanıklığı pH = 11.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi

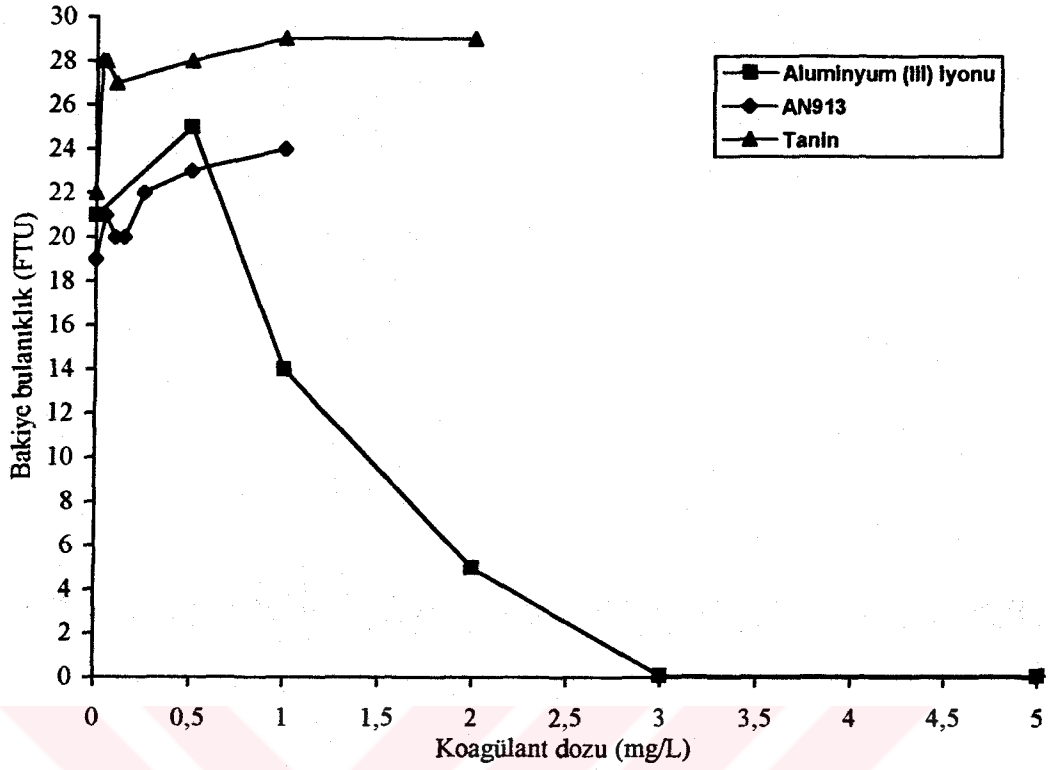


Şekil 5.36. 20 FTU bulanıklığı pH = 6.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi

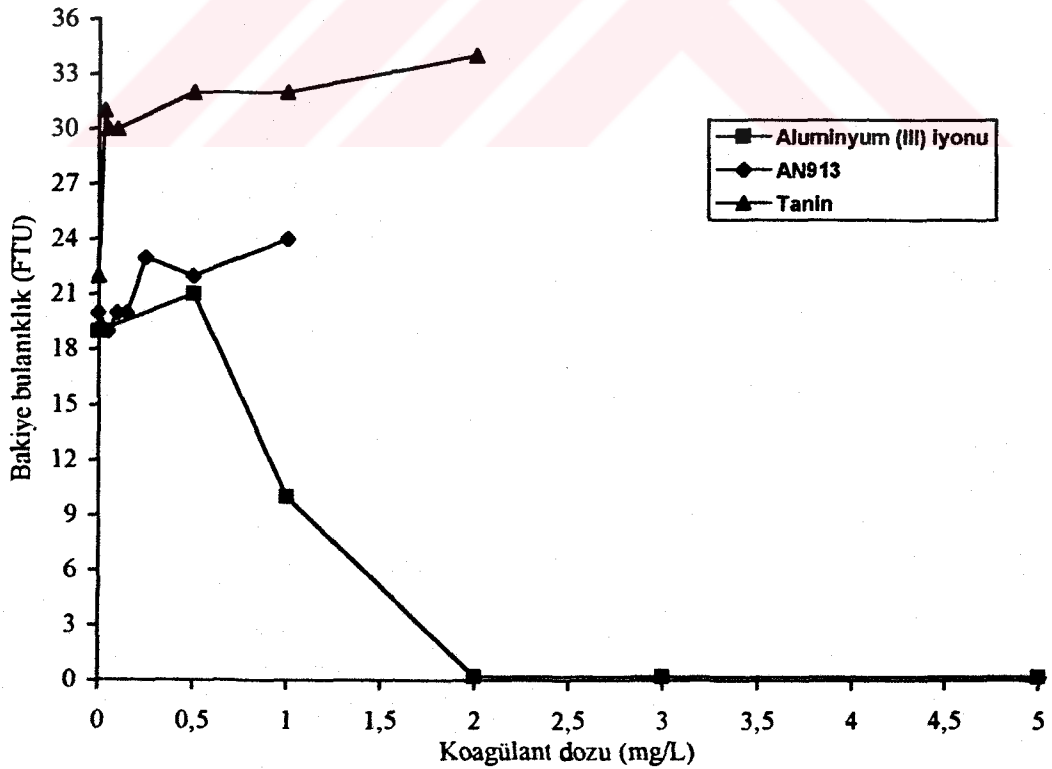


Şekil 5.37. 20 FTU bulanıklığı pH = 7.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi

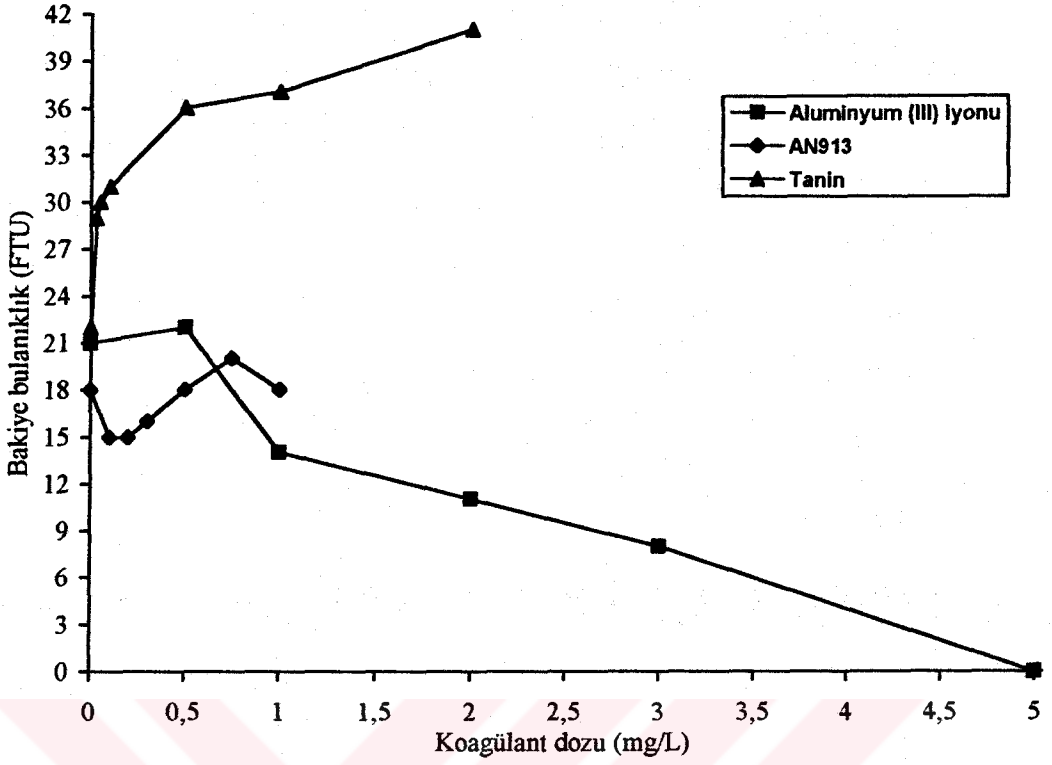




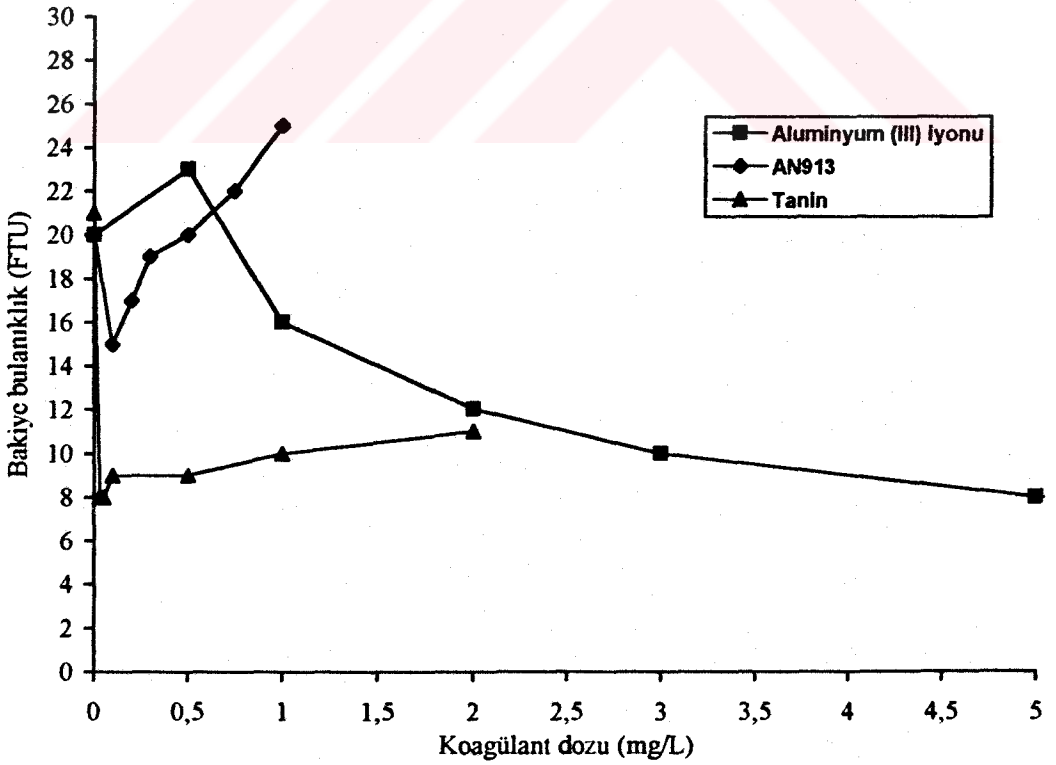
Şekil 5.38. 20 FTU bulanıklığı pH = 8.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



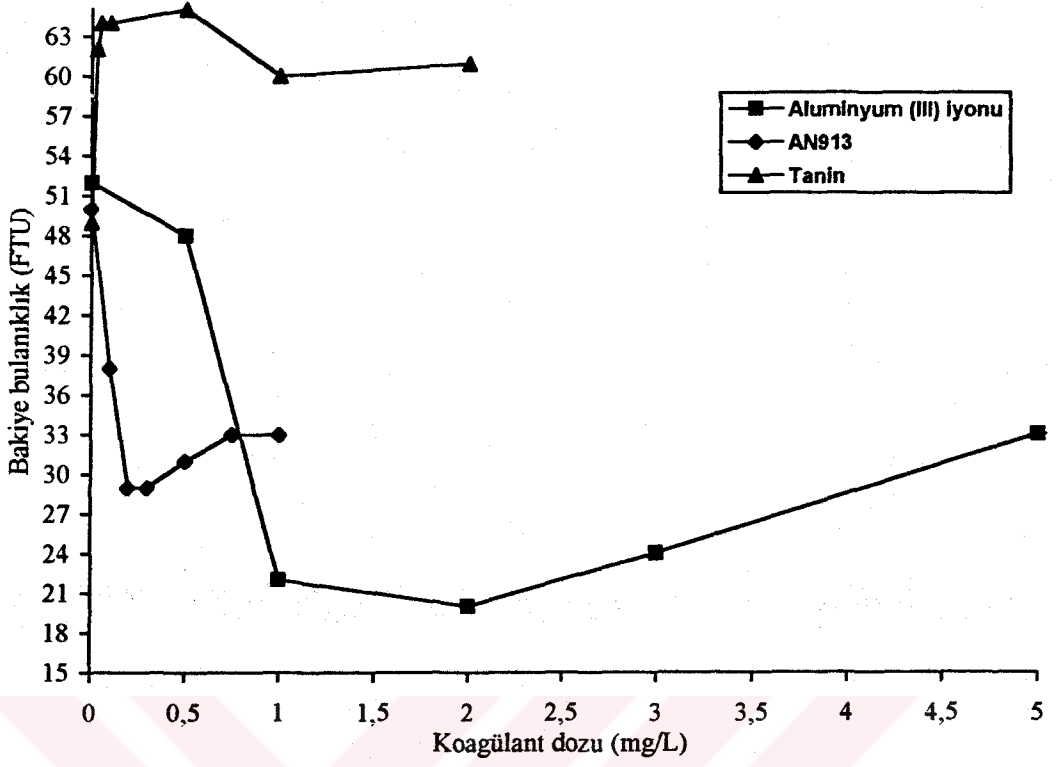
Şekil 5.39. 20 FTU bulanıklığı pH = 9.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



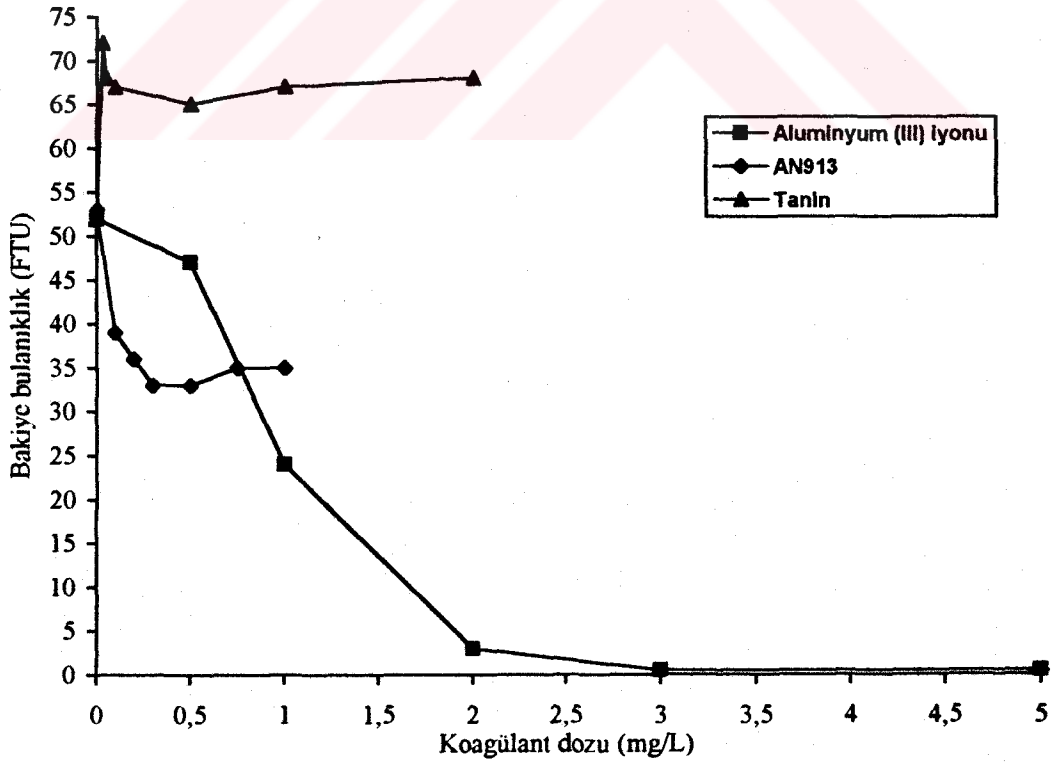
Şekil 5.40. 20 FTU bulanıklığı pH = 10.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



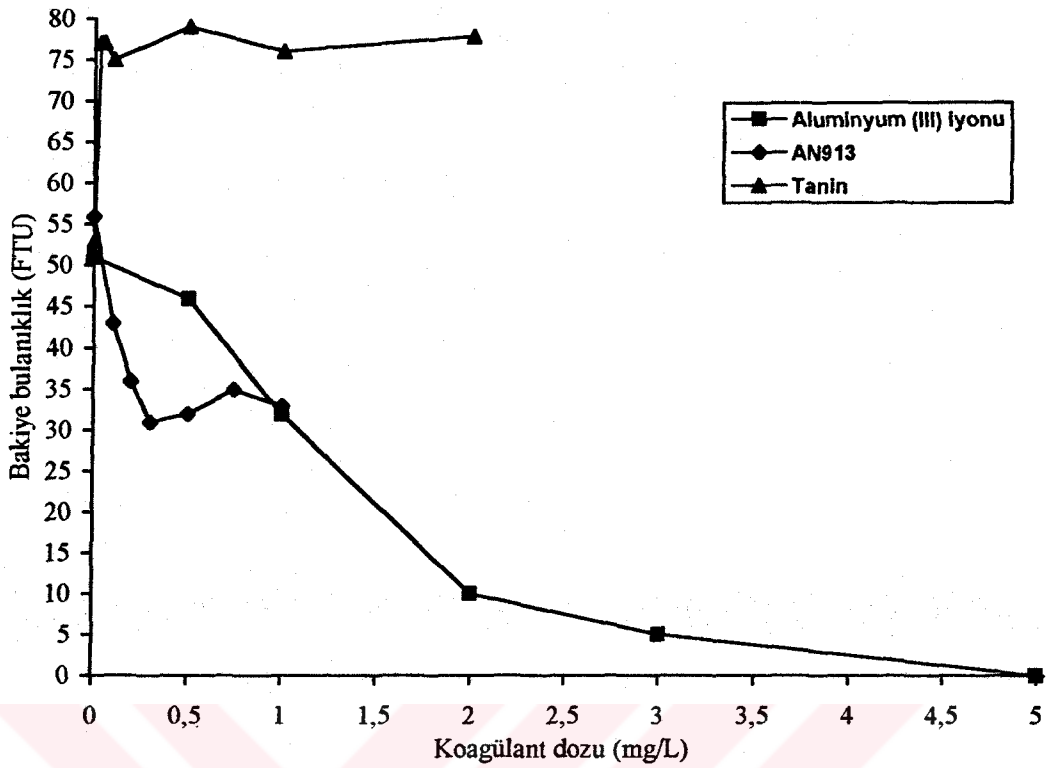
Şekil 5.41. 20 FTU bulanıklığı pH = 11.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



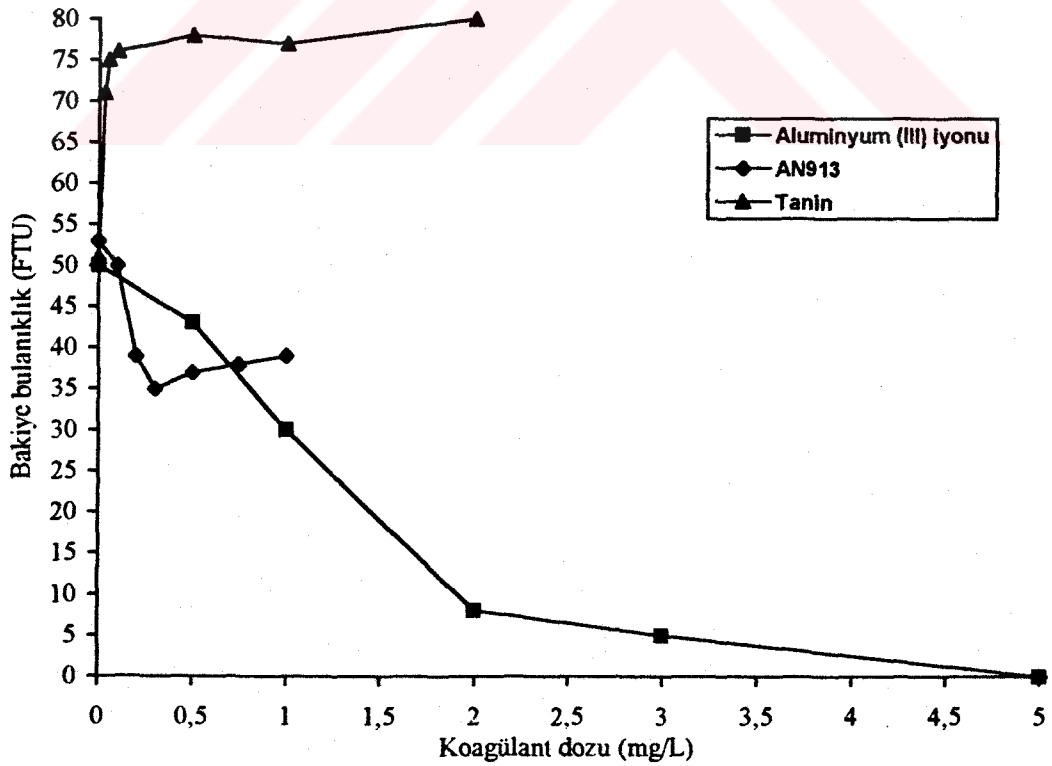
Şekil 5.42. 50 FTU bulanıklığı pH = 6.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



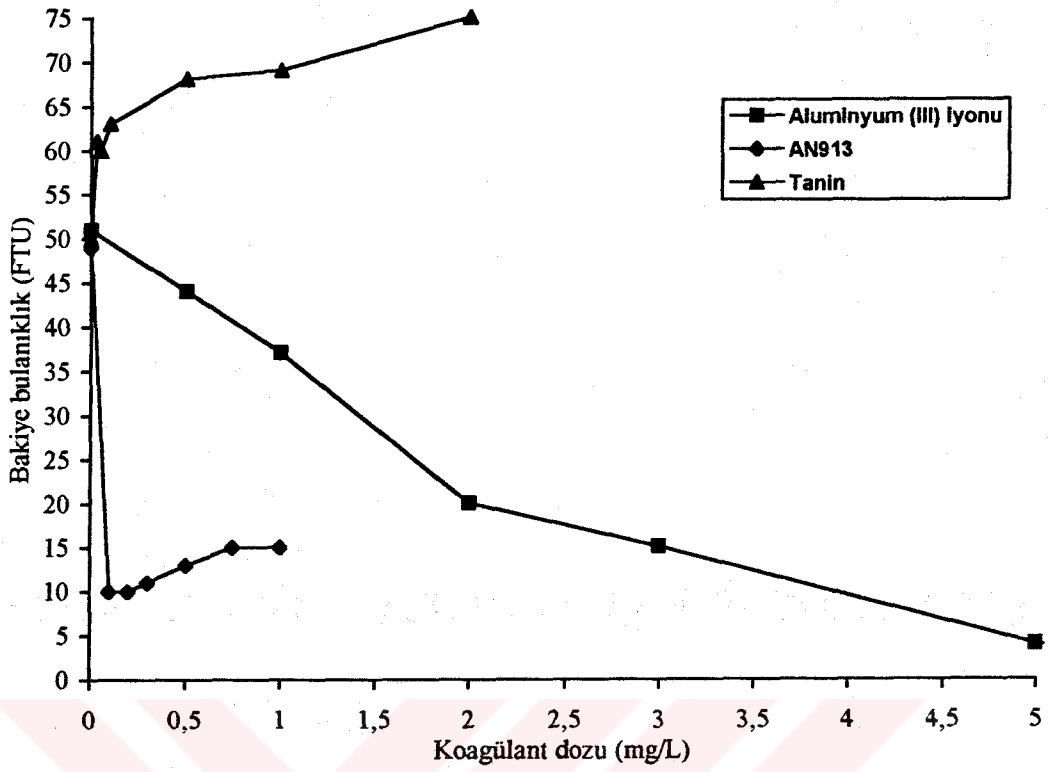
Şekil 5.43. 50 FTU bulanıklığı pH = 7.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



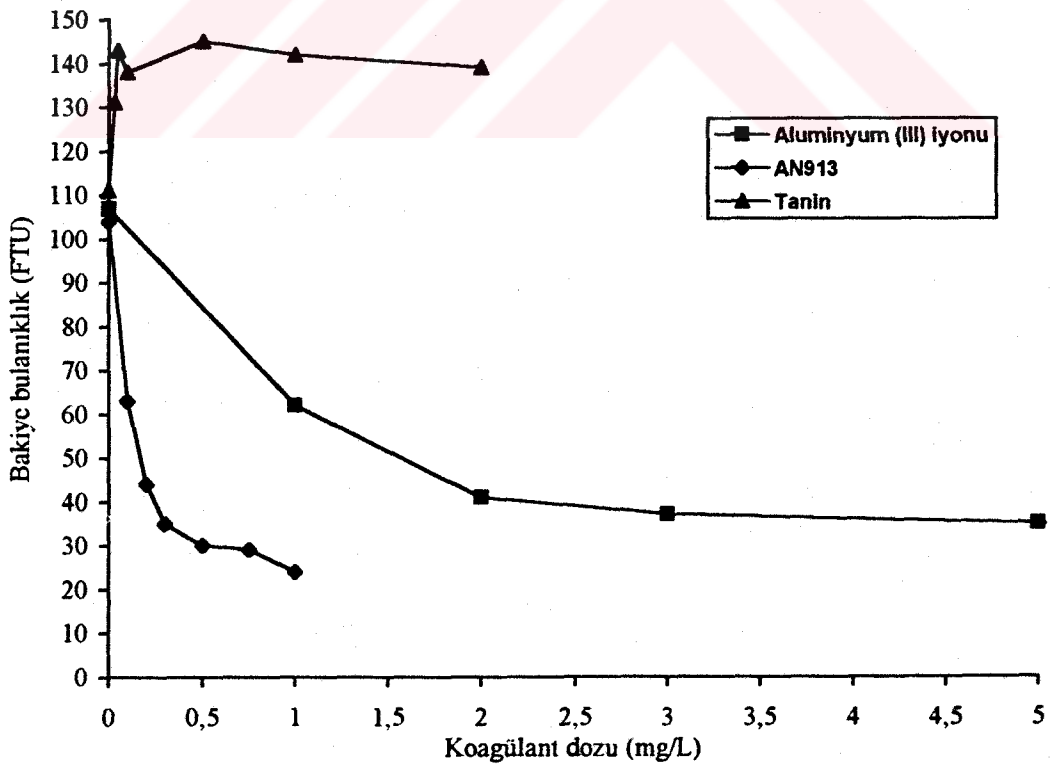
Şekil 5.44. 50 FTU bulanıklığı pH = 8.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



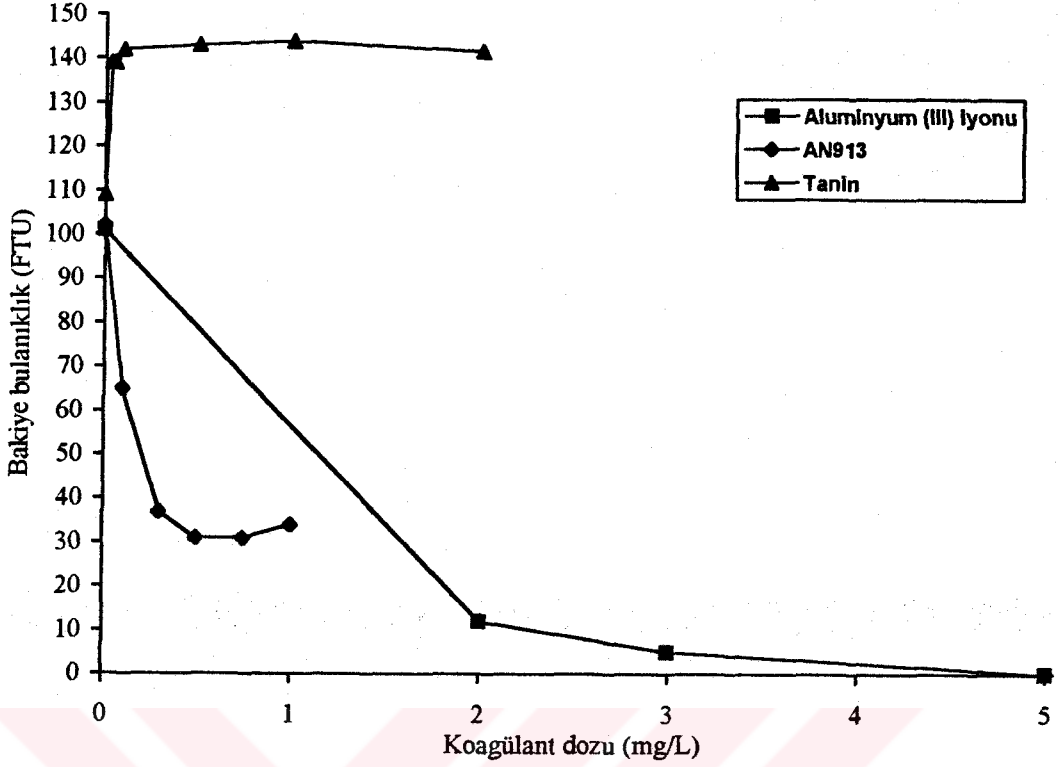
Şekil 5.45. 50 FTU bulanıklığı pH = 9.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



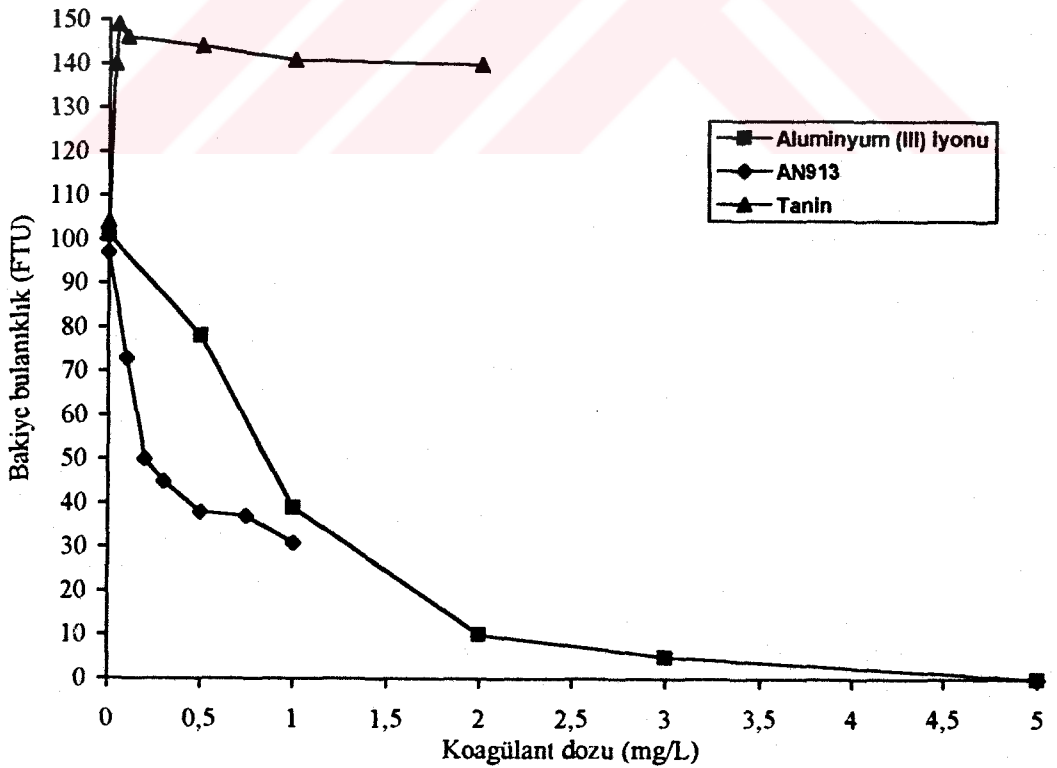
Şekil 5.46. 50 FTU bulanıklığı pH = 10.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



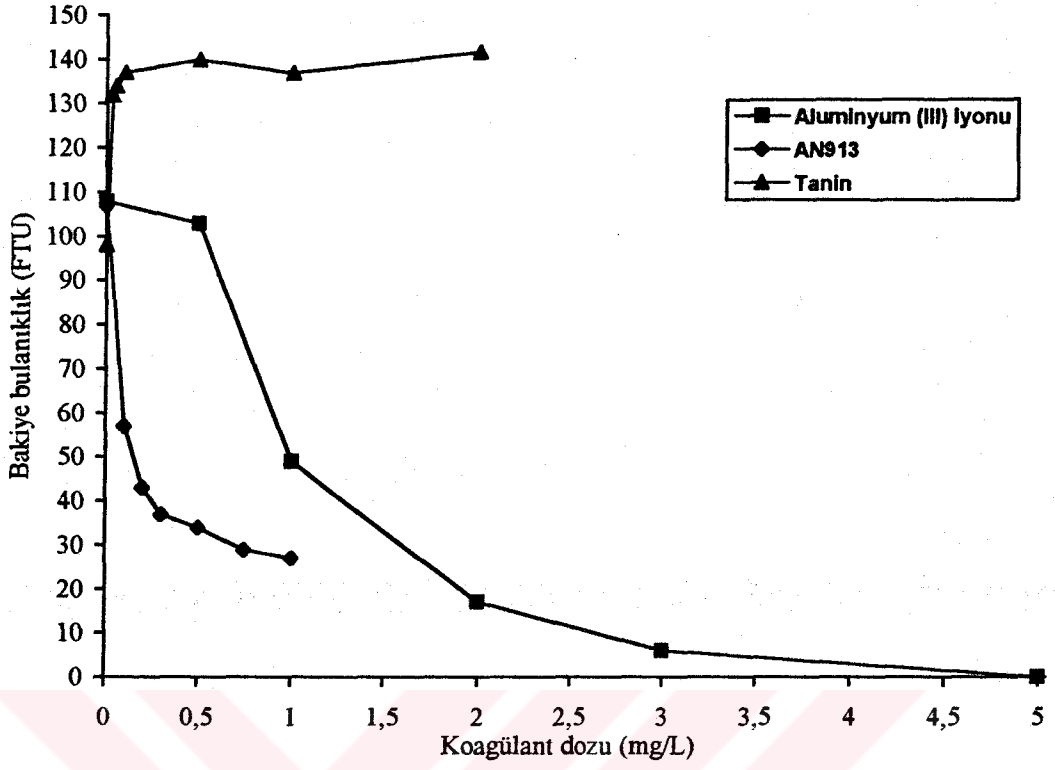
Şekil 5.47. 100 FTU bulanıklığı pH = 6.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



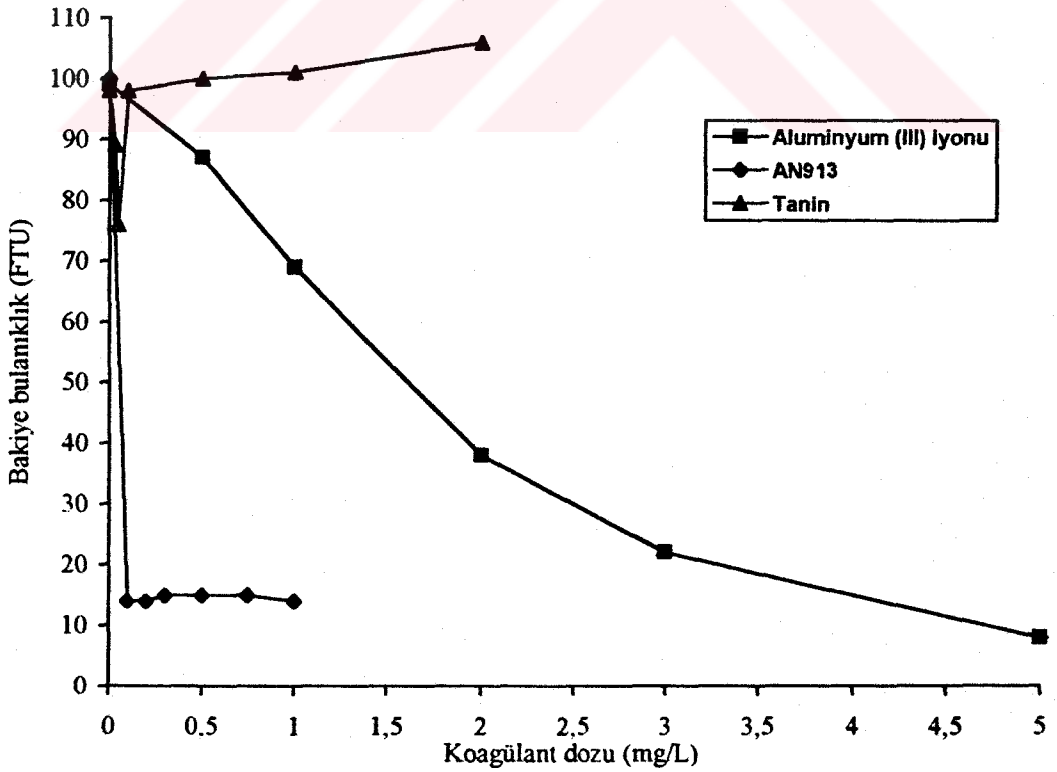
Şekil 5.48. 100 FTU bulanıklığı pH = 7.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



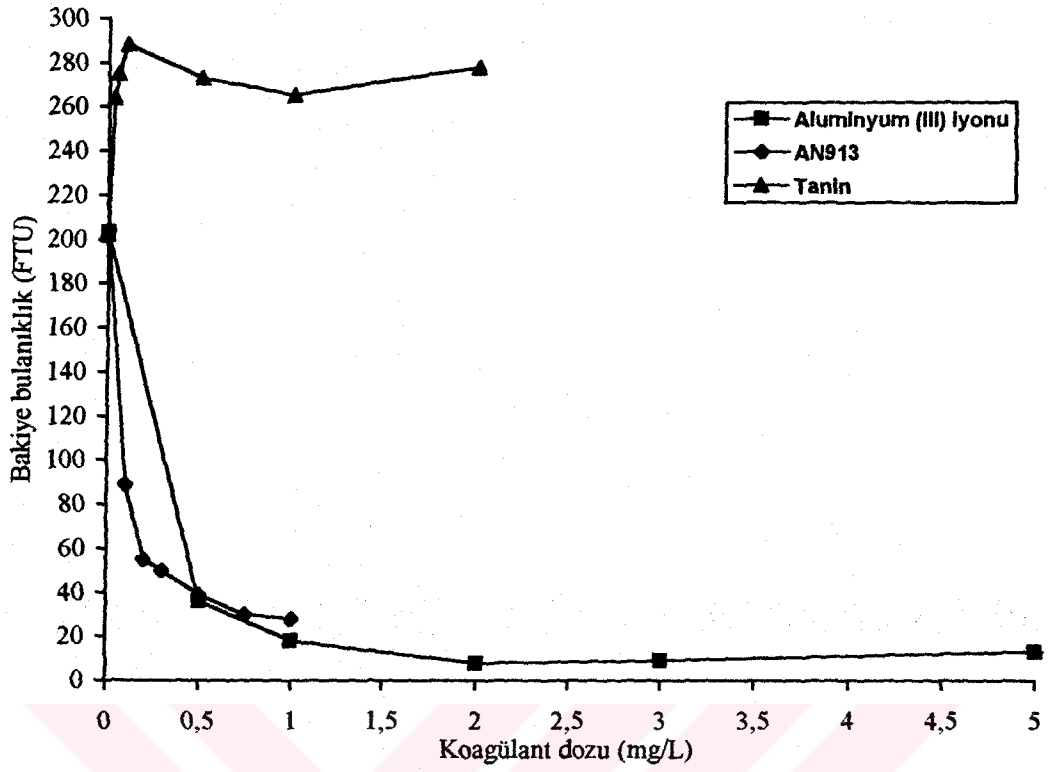
Şekil 5.49. 100 FTU bulanıklığı pH = 8.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



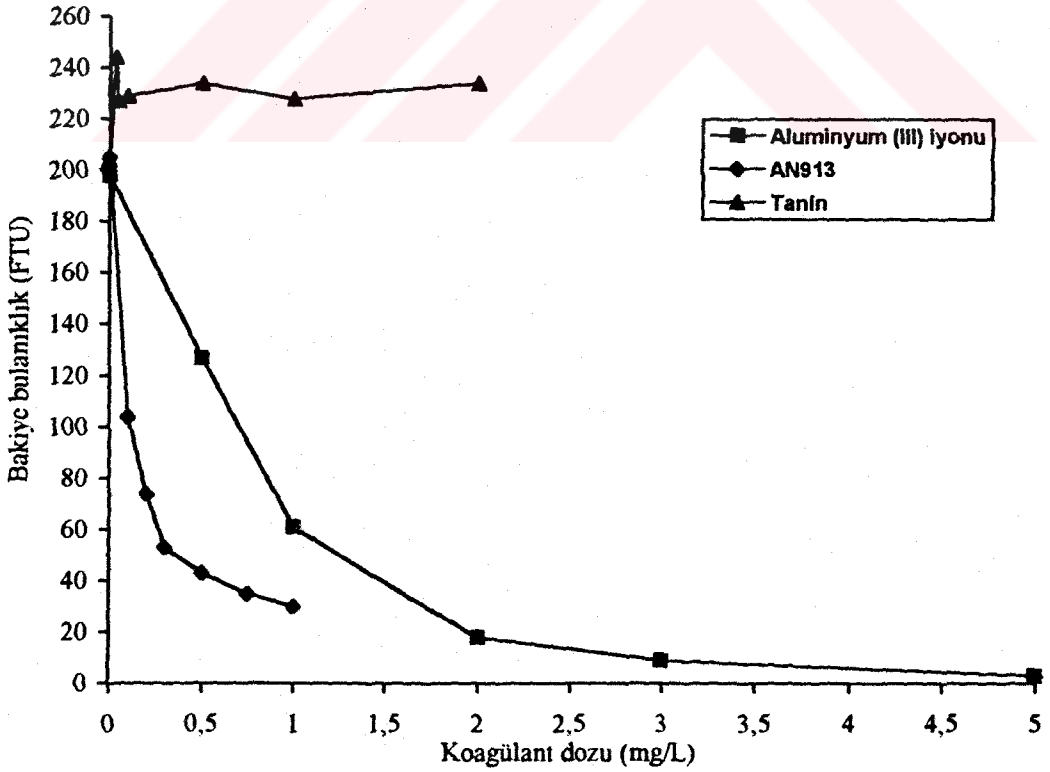
Şekil 5.50. 100 FTU bulanıklığı pH = 9.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



Şekil 5.51. 100 FTU bulanıklığı pH = 10.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi

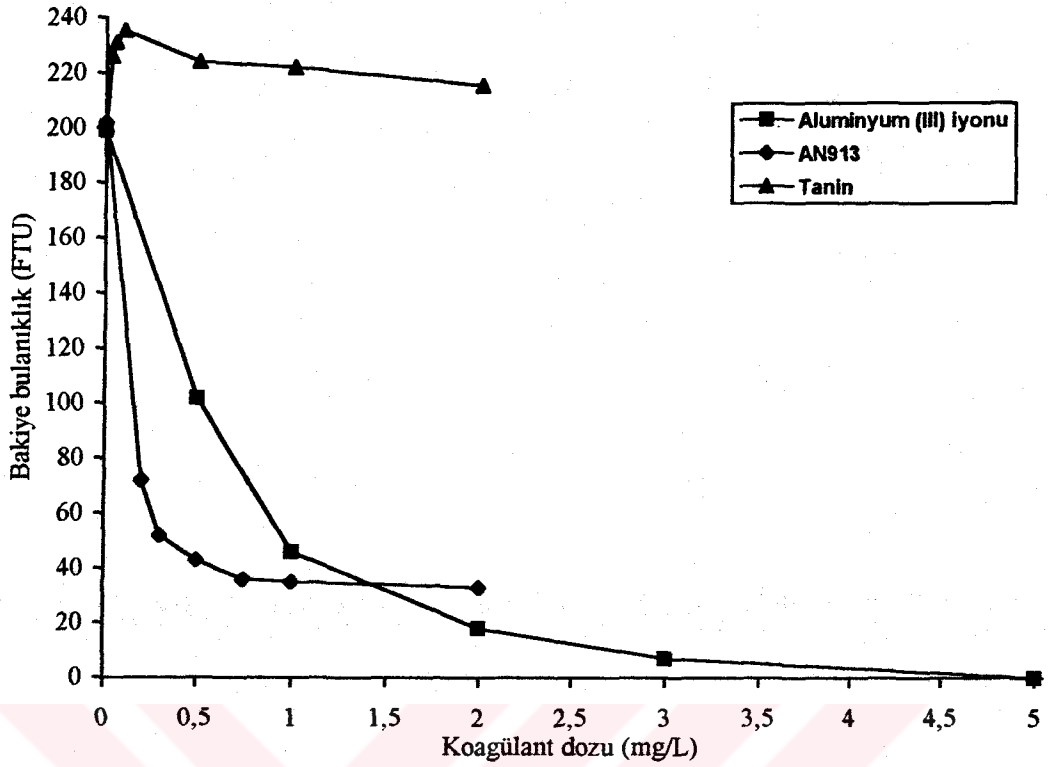


Şekil 5.52. 200 FTU bulanıklığı pH = 6.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi

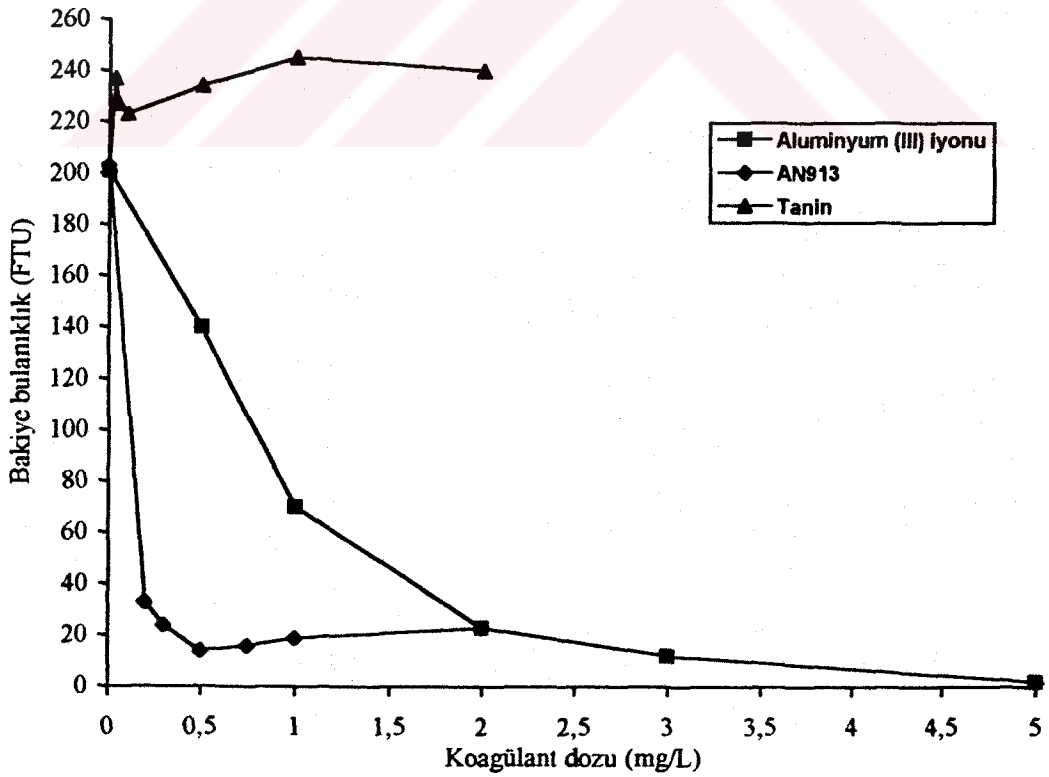


Şekil 5.53. 200 FTU bulanıklığı pH = 7.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi

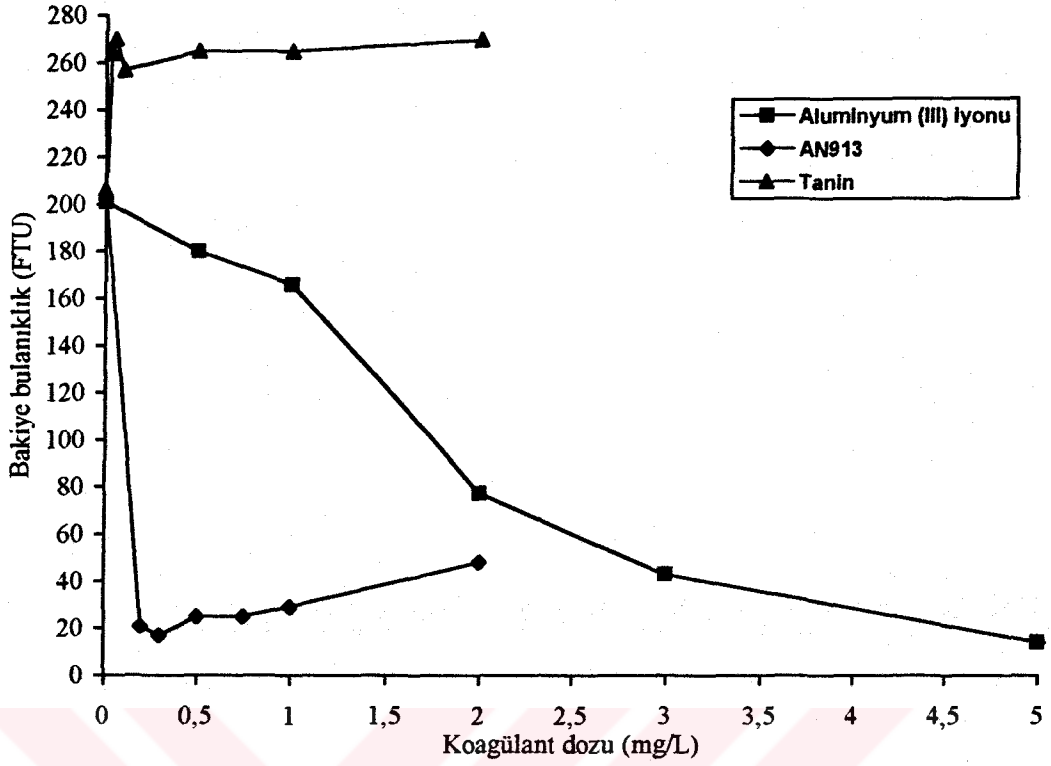




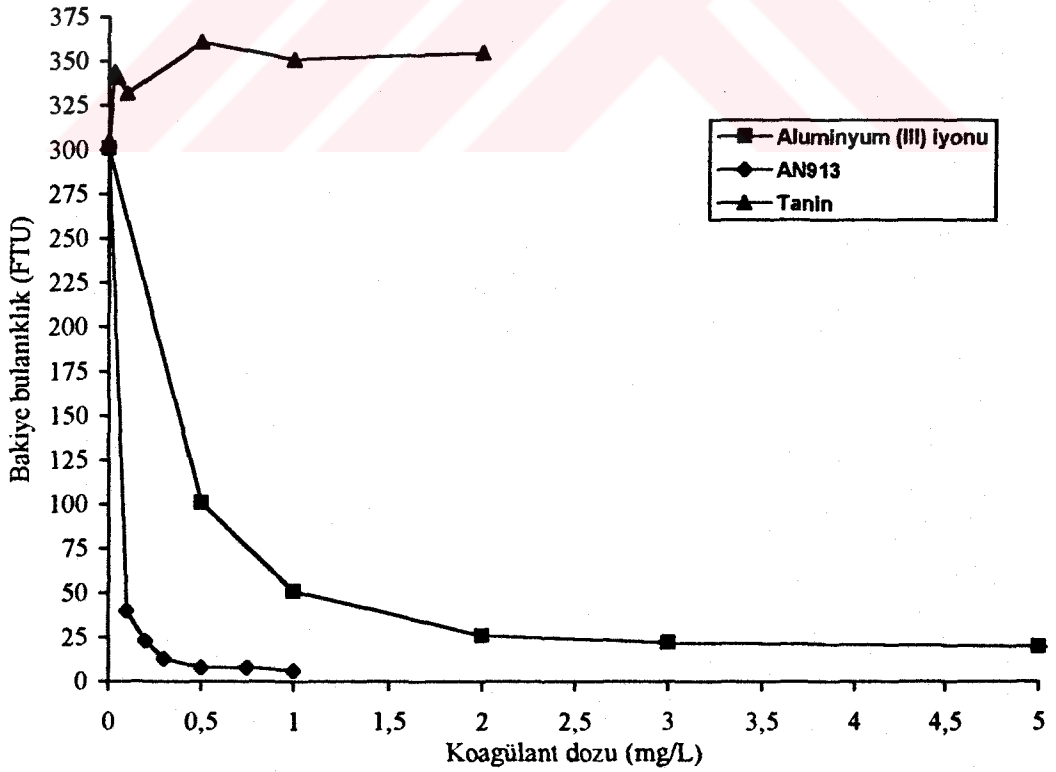
Şekil 5.54. 200 FTU bulanıklığı pH = 8.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



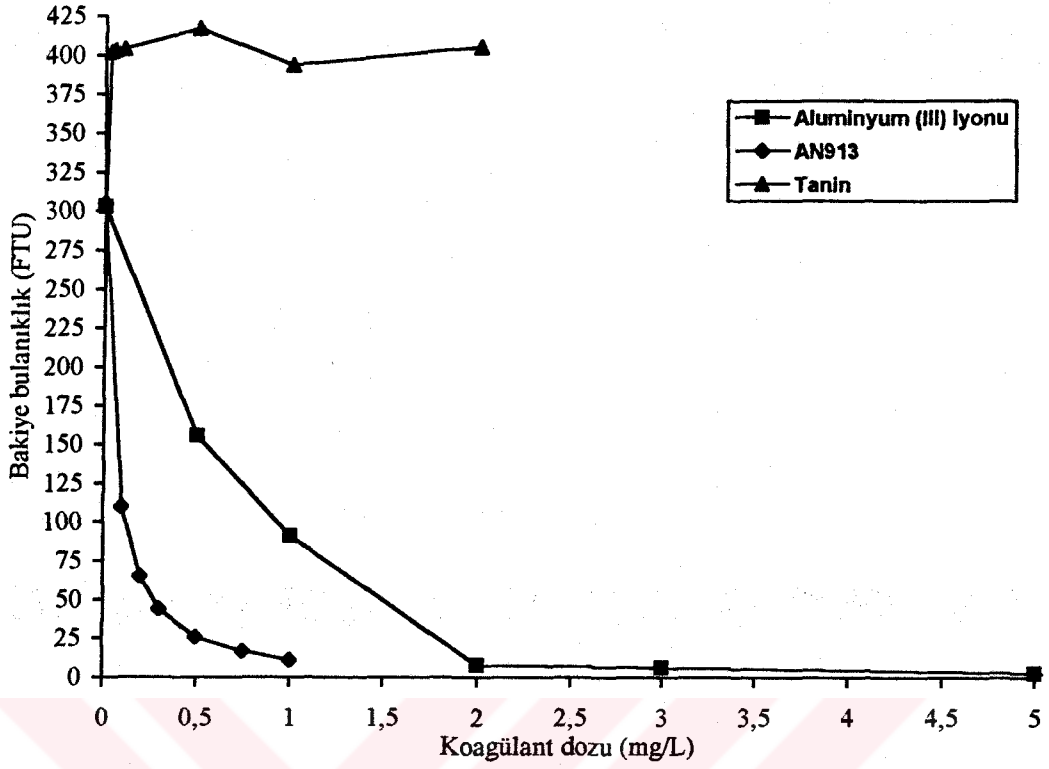
Şekil 5.55. 200 FTU bulanıklığı pH = 9.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



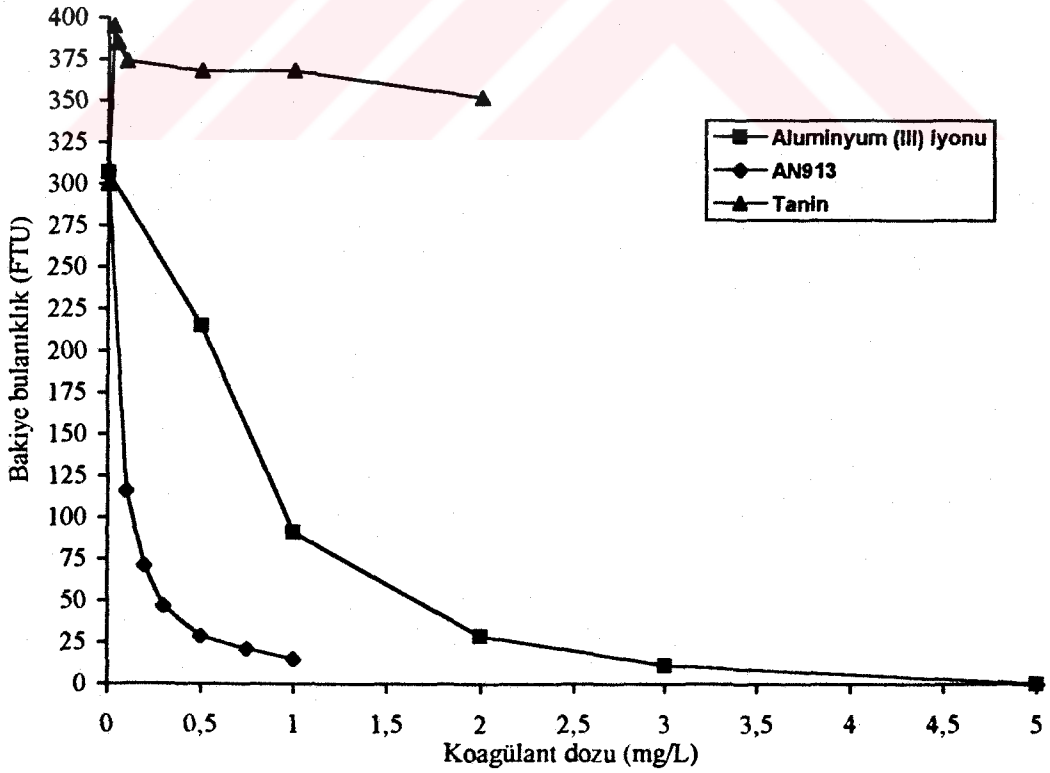
Şekil 5.56. 200 FTU bulanıklığı pH = 10.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



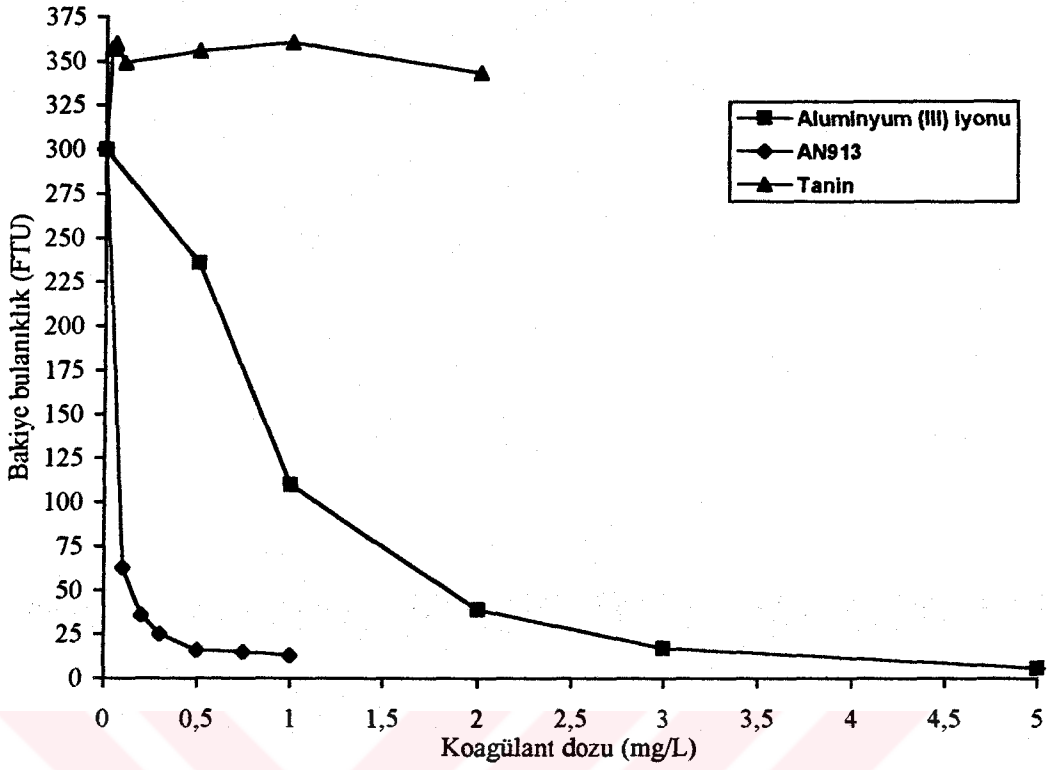
Şekil 5.57. 300 FTU bulanıklığı pH = 6.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



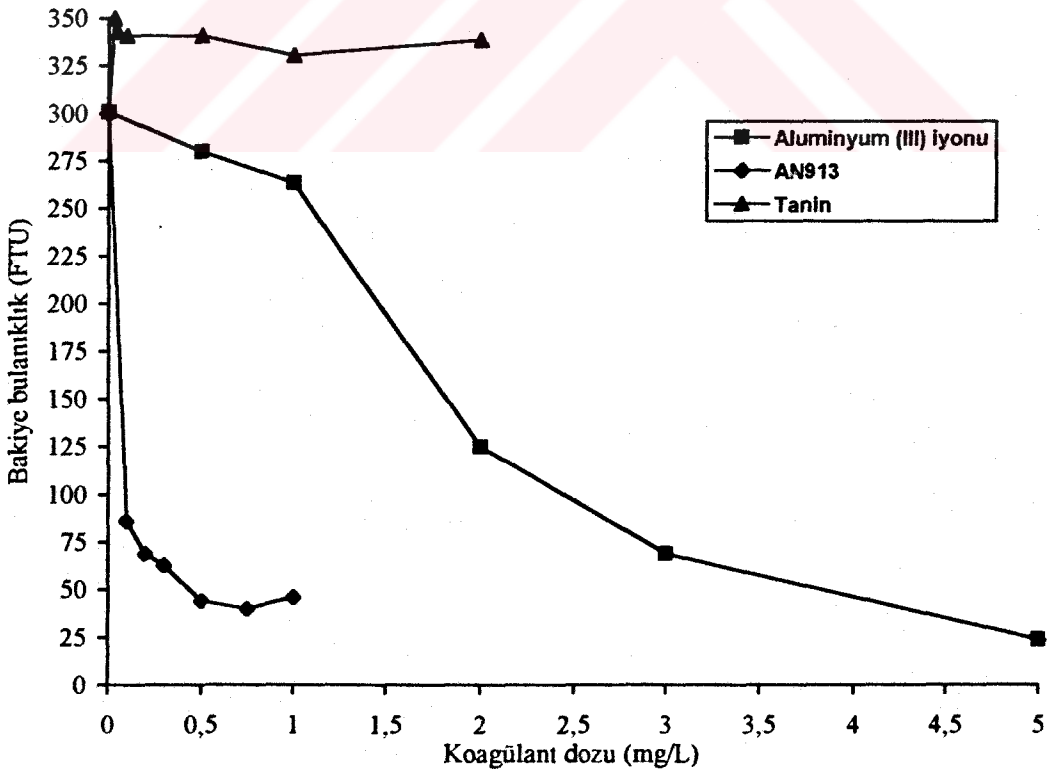
Şekil 5.58. 300 FTU bulanıklığı pH = 7.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



Şekil 5.59. 300 FTU bulanıklığı pH = 8.00 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



Şekil 5.60. 300 FTU bulanıklığı pH = 9.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi



Şekil 5.61. 300 FTU bulanıklığı pH = 10.01 de gidermenin üç koagülanta göre mukayesesi

10 FTU bulanıklıkta pH 6-10 aralığında üç koagülanttan en etkili olanı  $Al_2(SO_4)_3$  olup, bu pH ların tümünde bakiye bulanıklığı en düşük seviyeye getiren koagülanttır. 10 FTU bulanıklıkta pH 6-9 aralığında AN913 ve tanin kuvvetli restabilizasyona neden olmakta ve hemen hemen birbirine yakın sonuçlar vererek bulanıklığı başlangıç değerinin üzerine çıkarmaktadır. pH 10 da ise AN913 ve tanin yine birbirine yakın sonuçlar vererek ikisi de bulanıklığı ancak 8 FTU değerine indirebilmektedirler. pH 11 de ise tanin etkili olup, 0.03 mg/L dozda bulanıklığı 5 FTU ya düşürürken,  $Al_2(SO_4)_3$  ancak 10 mg/L dozda 3 FTU değerine düşürebilmektedir. AN913 pH 11 de etkisizdir.

20 FTU bulanıklıkta pH 6-10 aralığında yine en etkili  $Al_2(SO_4)_3$  olmuştur. Bu pH aralığında AN913 ve tanin yine birbirine yakın sonuçlar vermekte, ancak tanin daha fazla restabilize etmektedir. pH 10 da AN913 düşük dozlarda etkili gibi görünse de yeterli bir bulanıklık giderme sağlayamamıştır. pH 11 de tanin yine etkili olup, 0.03 mg/L lik dozda bulanıklığı 8 FTU ya kadar düşürürken,  $Al_2(SO_4)_3$  ancak 10 mg/L lik dozda bulanıklığı 6 FTU ya düşürebilmektedir. pH 11 de AN913 yine etkisiz bulunmuştur.

50 FTU bulanıklıkta pH 6-9 aralığında  $Al_2(SO_4)_3$  en etkili olan koagülanttır. Bu bulanıklıkta pH 6-10 aralığında tanin etkisiz kalmıştır. pH 10 da AN913 etkili olup, 0.1 mg/L dozda bulanıklığı 10 FTU ya düşürürken,  $Al_2(SO_4)_3$  5 mg/L dozda bulanıklığı 4 FTU ya, 10 mg/L dozda 1 FTU ya düşürmüştür.

100 FTU bulanıklıkta pH 6 da AN913 en etkili olup, 24 FTU değerine kadar düşürmektedir. pH 7-9 aralığında ise etkili olan koagülant  $Al_2(SO_4)_3$  tır. pH 10 da yine etkili olan AN913 olup, 14 FTU değerine kadar düşürmektedir. pH 10 da  $Al_2(SO_4)_3$  ise ancak 5 mg/L dozda 8 FTU değerine düşürebilmektedir. 100 FTU bulanıklıkta pH 6-10 aralığında tanin etkisiz kalmıştır.

200 FTU bulanıklıkta pH 6-9 aralığında  $Al_2(SO_4)_3$  etkili koagülanttır. pH 10 da ise AN913 0.3 mg/L dozda 17 FTU değerine düşürürken,  $Al_2(SO_4)_3$  ancak 10 mg/L dozda 7 FTU değerine düşürmüştür. Tanin pH 6-10 aralığında yine etkisiz kalmıştır.

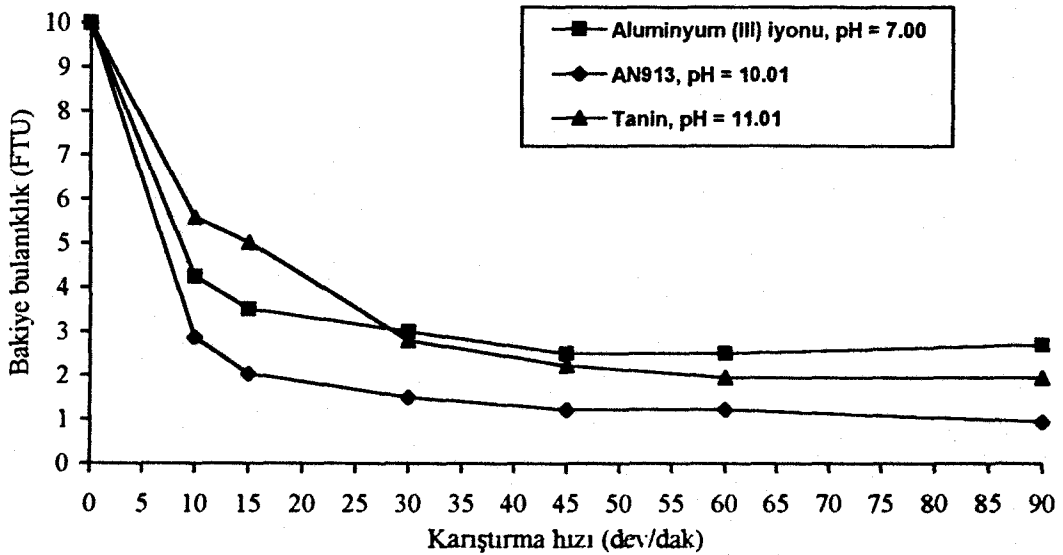
300 FTU bulanıklıkta, pH 6 da AN913 etkili olup, 6 FTU değerine kadar düşürebilmektedir. pH 7-10 aralığında ise  $Al_2(SO_4)_3$  etkili olan koagülanttir. Tanin pH 6-10 aralığında etkisiz olup, bulanıklığı giderememektedir.

### 5.3. Bulanıklık Gidermeye Karıştırma Hızının Etkisi

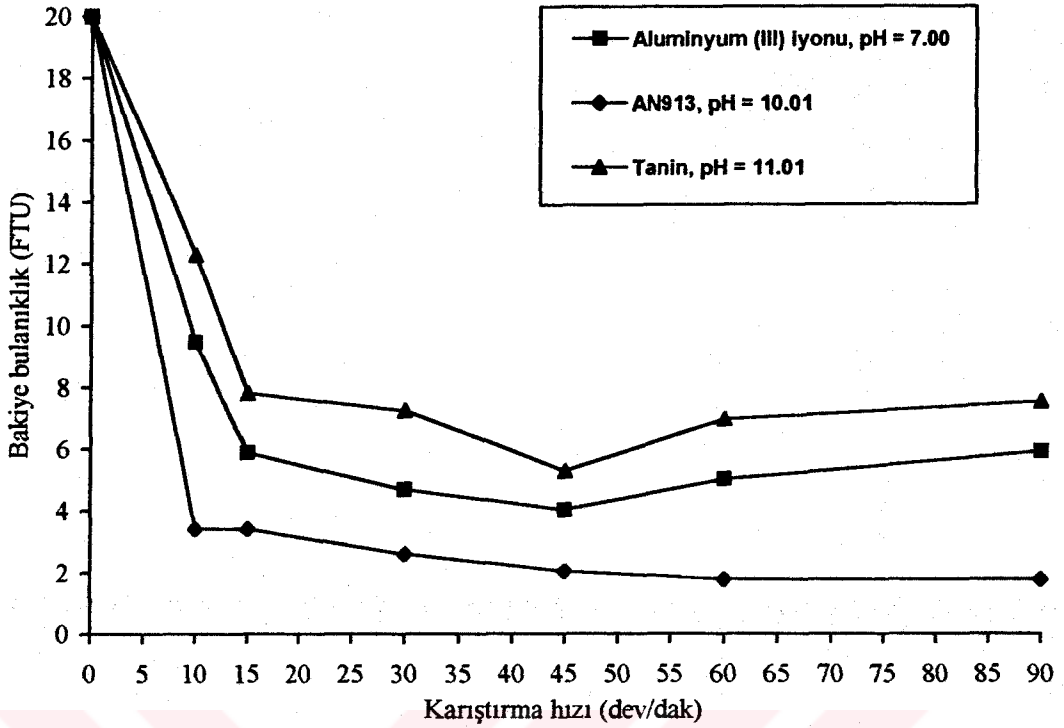
En büyük flok oluşumunun ve dolayısıyla en etkili bulanıklık giderme veriminin elde edildiği karıştırma hızını belirlemek amacıyla 10 ve 20 FTU bulanıklıklarda  $Al_2(SO_4)_3$ , AN913 ve taninin etkili oldukları pH larda ve optimum dozlarda flokülasyon esnasında değişik hızlarda karıştırılan jar-test deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 5.8 ile Şekil 5.62 ve 5.63 de verilmiştir.

Tablo 5.8. Karıştırma hızlarının bulanıklık gidermeye etkisi

Koagülant	Başlangıç Bulanık. (FTU)	Sabit tutulan parametreler				Karış. hızı (dev/dak)/Bak. bulanık. (FTU)					
		pH	Doz (mg/L)	Kar. sür. (dak.)	Bek. sür. (dak.)	10	15	30	45	60	90
$Al^{3+}$	10	7.00	2.00	15	15	4.24	3.50	3.00	2.50	2.50	2.72
	20	7.00	2.00	15	15	9.47	5.89	4.70	4.02	5.03	5.92
AN913	10	10.01	0.05	15	15	2.87	2.04	1.49	1.22	1.22	0.94
	20	10.01	0.10	15	15	3.42	3.42	2.59	2.04	1.77	1.77
Tanin	10	11.01	0.03	15	15	5.58	5.02	2.79	2.23	1.95	1.95
	20	11.01	0.03	15	15	12.29	7.82	7.26	5.30	6.98	7.54



Şekil 5.62. Karıştırma hızlarının 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi (Hızlı karıştırma hızı 200 dev/dak, hızlı karıştırma süresi 1 dakika, yavaş karıştırma süresi 15 dakika, çökme süresi 15 dakika)



Şekil 5.63. Karıştırma hızlarının 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi (Hızlı karıştırma hızı 200 dev/dak, hızlı karıştırma süresi 1 dakika, yavaş karıştırma süresi 15 dakika, çökme süresi 15 dakika)

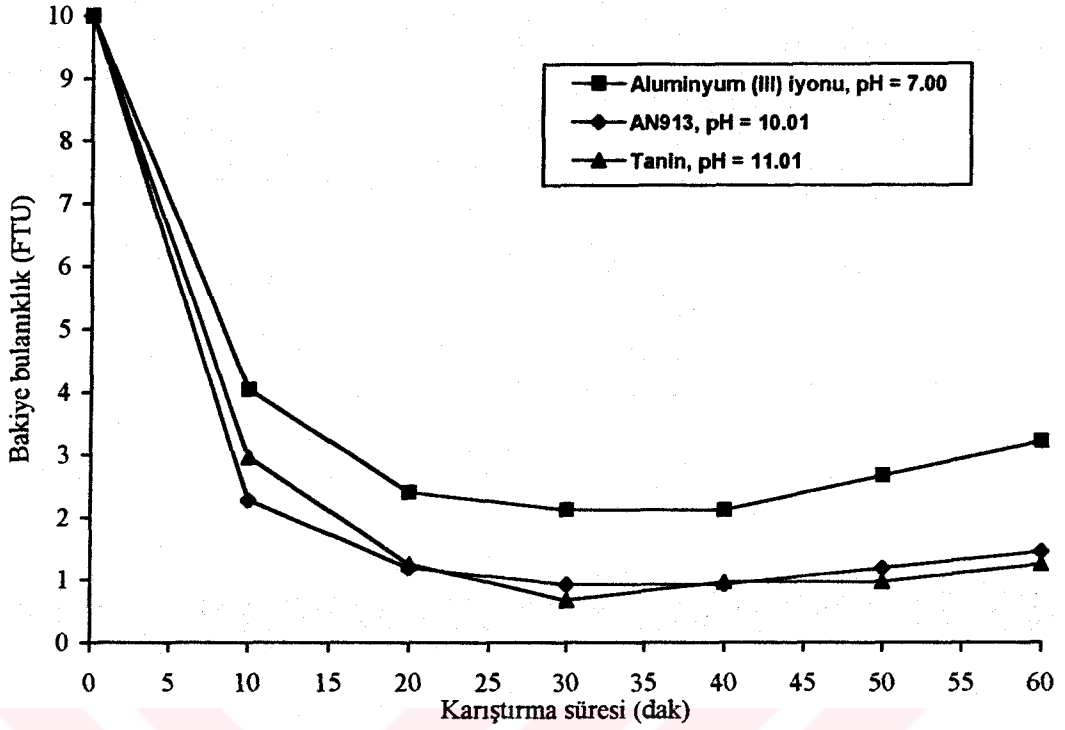
Tablo 5.8 ile Şekil 5.62 ve 5.63 incelendiğinde en uygun karıştırmanın üç koagülant için de 10 ve 20 FTU bulanıklıklarda 45 devir/dakika olduğu görülmektedir.

#### 5.4. Bulanıklık Gidermeye Karıştırma Süresinin Etkisi

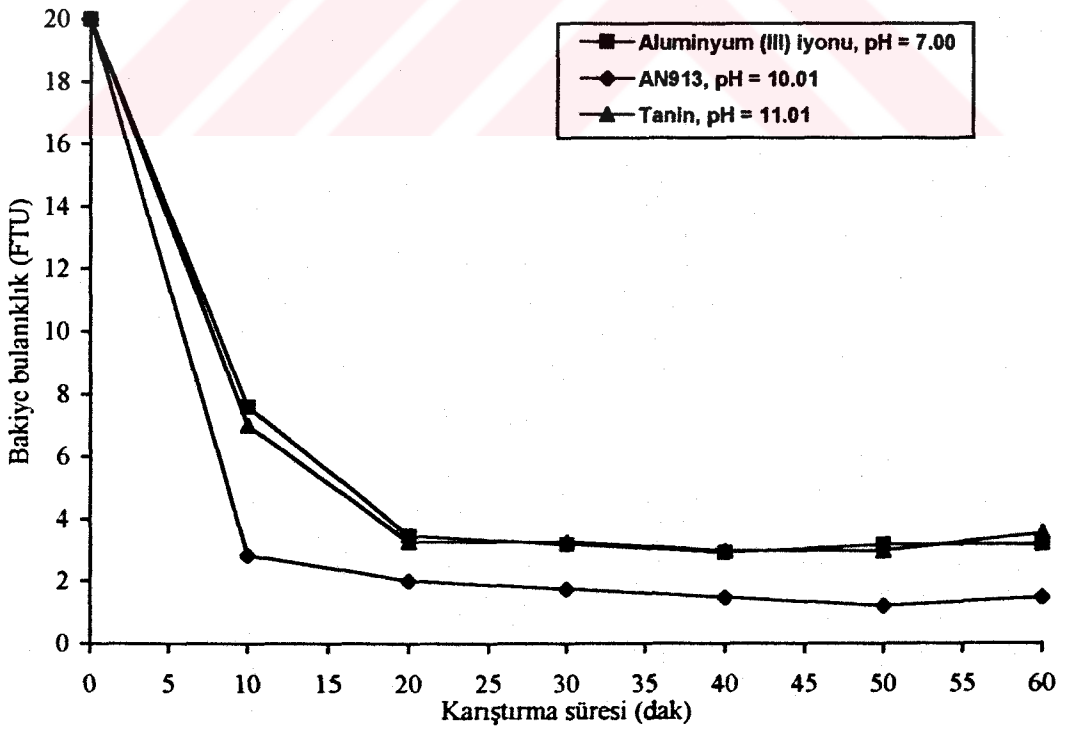
Bulunan optimum doz, pH ve karıştırma hızlarında karıştırma süresinin etkisini incelemek için 10 ve 20 FTU bulanıklıklarda değişik sürelerde karıştırılan jar-test deneyleri yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 5.9 ile Şekil 5.64 ve 5.65 de görülmektedir.

Tablo 5.9. Karıştırma sürelerinin bulanıklık gidermeye etkisi

Koagülant	Başlangıç Bulanıklık (FTU)	Sabit tutulan parametreler				Karış. süresi (dak)/Bak. bulanık. (FTU)					
		pH	Doz (mg/L)	Kar. hızı (dev/dak)	Bek. sür. (dak.)	10	20	30	40	50	60
Al <sup>3+</sup>	10	7.00	2.00	45	15	4.06	2.41	2.13	2.13	2.68	3.23
	20	7.00	2.00	45	15	7.59	3.46	3.18	2.91	3.18	3.18
AN913	10	10.01	0.05	45	15	2.28	1.20	0.93	0.93	1.20	1.47
	20	10.01	0.10	45	15	2.82	2.01	1.74	1.47	1.20	1.47
Tanin	10	11.01	0.03	45	15	2.97	1.26	0.68	0.97	0.97	1.26
	20	11.01	0.03	45	15	6.98	3.26	3.26	2.97	2.97	3.55



Şekil 5.64. Karıştırma sürelerinin 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi (Hızlı karıştırma hızı 200 dev/dak, hızlı karıştırma süresi 1 dakika, yavaş karıştırma hızı 45 dev/dak, çökme süresi 15 dakika)



Şekil 5.65. Karıştırma sürelerinin 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi (Hızlı karıştırma hızı 200 dev/dak, hızlı karıştırma süresi 1 dakika, yavaş karıştırma hızı 45 dev/dak, çökme süresi 15 dakika)



Tablo 5.9 ile Şekil 5.64 ve 5.65 den en etkili karıştırma süresinin üç koagülant için de 30 dakika olduğu görülmektedir.

## 5.5. Bulanıklık Gidermeye Çeşitli İyonların Etkisi

### 5.5.1. Aluminyum sülfat ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkisi

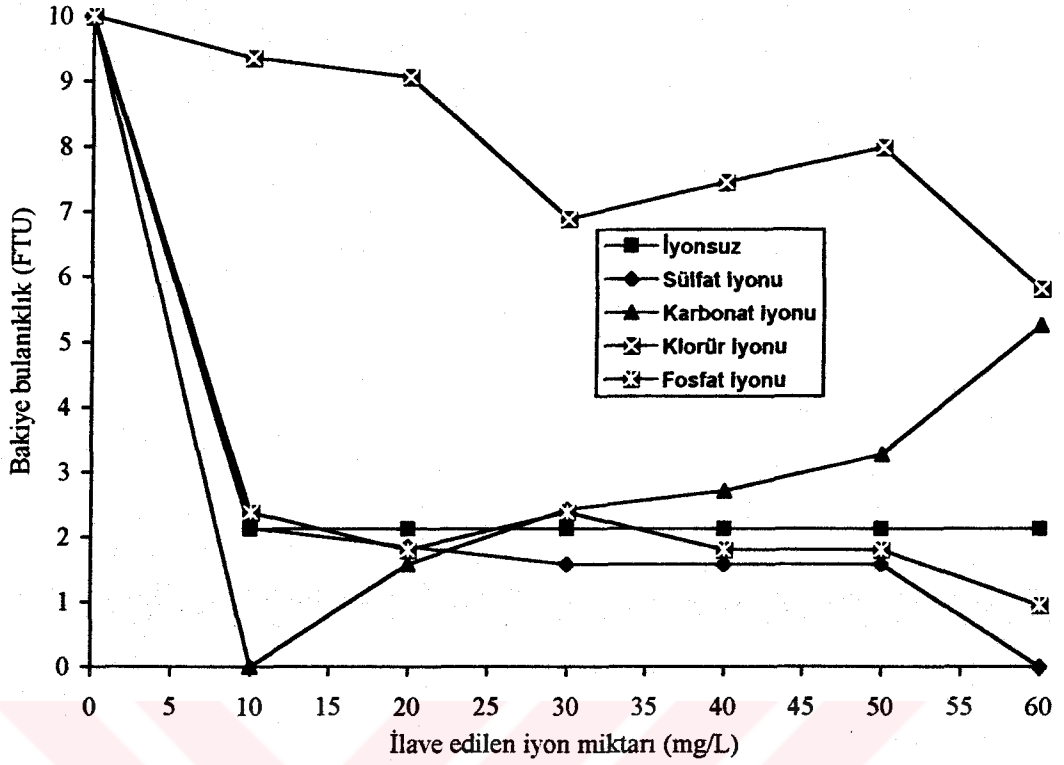
Aluminyum sülfat ile bulanıklık gidermede optimum bulunan pH 7 de 10 ve 20 FTU bulanıklıklar için optimum doz olan 2 mg/L  $Al^{3+}$  kullanılarak çeşitli iyonların bulanıklık gidermeye etkileri incelenmiştir. Bu iyonların bulanıklık gidermeye olan etkileri Tablo 5.10 ve Şekil 5.66 - 5.69 da verilmiştir.

Tablo 5.10.  $Al_2(SO_4)_3$  ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkileri

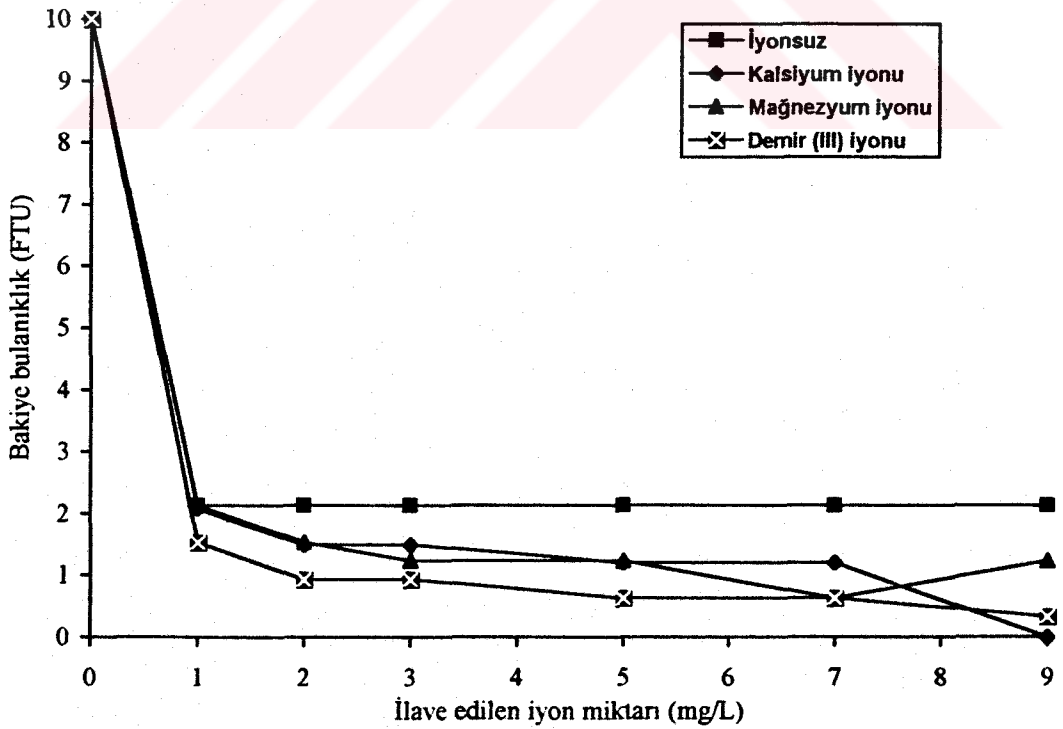
Başalan. Bul.(FTU)	İyon türü	pH	İlave edilen iyon miktarı (mg/L)/Bakiye bulanıklık (FTU)					
			10 <sup>1</sup> , 1 <sup>2</sup> , 0.1 <sup>3</sup>	20 <sup>1</sup> , 2 <sup>2</sup> , 0.2 <sup>3</sup>	30 <sup>1</sup> , 3 <sup>2</sup> , 0.3 <sup>3</sup>	40 <sup>1</sup> , 5 <sup>2</sup> , 0.5 <sup>3</sup>	50 <sup>1</sup> , 7 <sup>2</sup> , 0.7 <sup>3</sup>	60 <sup>1</sup> , 9 <sup>2</sup> , 0.9 <sup>3</sup>
10	*	7.00	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13	2.13
	$SO_4^{2-}$	7.00	2.14	1.86	1.58	1.58	1.58	0.00
	$CO_3^{2-}$	7.00	0.00	1.58	2.43	2.71	3.28	5.26
	$Cl^-$	7.00	9.37	9.09	6.91	7.46	8.00	5.82
	$PO_4^{3-}$	7.00	2.39	1.81	2.39	1.81	1.81	0.95
	$Ca^{2+}$	7.00	2.08	1.49	1.49	1.20	1.20	0.00
	$Mg^{2+}$	7.00	2.13	1.53	1.23	1.23	0.63	1.23
	$Fe^{3+}$	7.00	1.53	0.93	0.93	0.63	0.63	0.33
20	*	7.00	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18
	$SO_4^{2-}$	7.00	1.58	1.29	0.00	0.00	0.00	0.00
	$CO_3^{2-}$	7.00	1.58	2.43	3.28	4.69	6.11	10.07
	$Cl^-$	7.00	4.45	3.91	3.36	2.27	3.09	3.09
	$PO_4^{3-}$	7.00	1.52	1.52	1.52	1.52	0.66	0.08
	$Ca^{2+}$	7.00	2.37	1.79	1.49	1.20	0.91	0.03
	$Mg^{2+}$	7.00	1.83	1.23	0.93	0.93	0.63	0.33
	$Fe^{3+}$	7.00	1.53	0.93	0.93	0.63	0.63	0.33

\* : İyon ilave edilmemiş <sup>1</sup> :  $SO_4^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$  ve  $PO_4^{3-}$  iyonları için ilave edilen miktarlar

<sup>2</sup> :  $Ca^{2+}$  ve  $Mg^{2+}$  iyonları için ilave edilen miktarlar <sup>3</sup> :  $Fe^{3+}$  iyonu için ilave edilen miktarlar

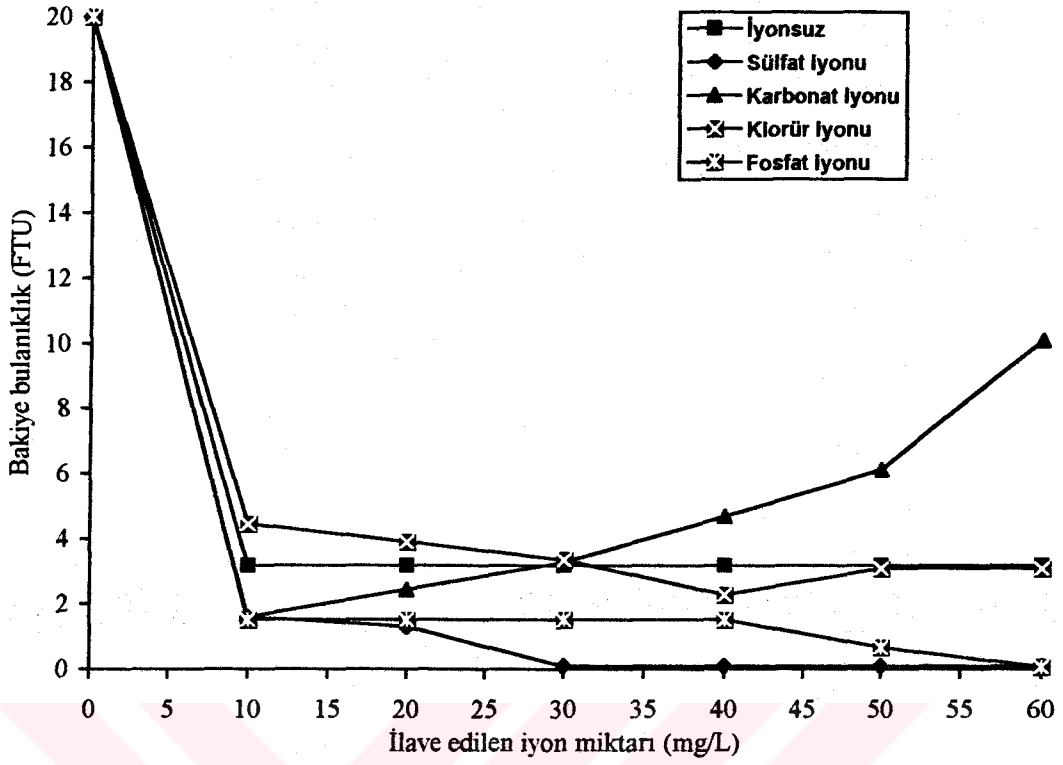


Şekil 5.66.  $Al_2(SO_4)_3$  ile 10 FTU bulanıklığı gidermeye  $SO_4^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$  ve  $PO_4^{3-}$  iyonlarının etkileri

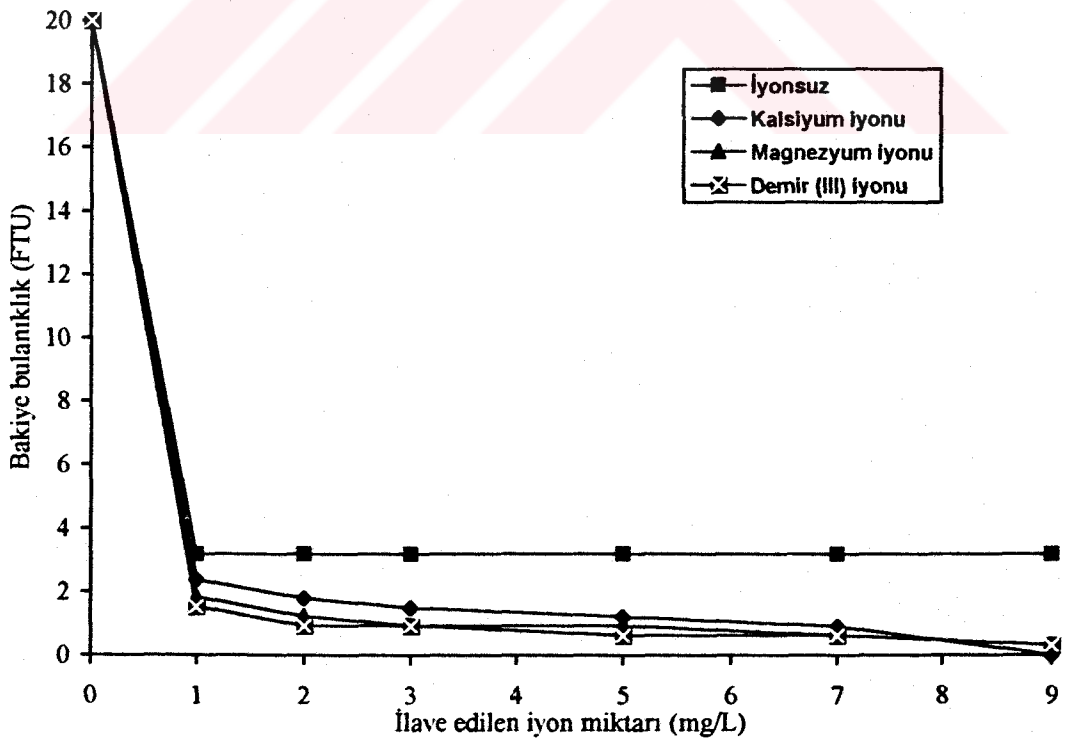


Şekil 5.67.  $Al_2(SO_4)_3$  ile 10 FTU bulanıklığı gidermeye  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  ve  $Fe^{3+}$  iyonlarının etkileri

( $Fe^{3+}$  iyonunun ilave edilen miktarı grafik çizerken 10 kat büyütülmüştür)



Şekil 5.68.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile 20 FTU bulanıklığı gidermeye  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{PO}_4^{3-}$  iyonlarının etkileri



Şekil 5.69.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile 20 FTU bulanıklığı gidermeye  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ve  $\text{Fe}^{3+}$  iyonlarının etkileri ( $\text{Fe}^{3+}$  iyonunun ilave edilen miktarı grafik çizirken 10 kat büyütülmüştür)

10 ve 20 FTU bulanıklıklarda;  $\text{SO}_4^{2-}$  ve  $\text{PO}_4^{3-}$  iyonlarının 10-60 mg/L miktarları bulanıklık gidermeye olumlu yönde etki etmiştir.  $\text{SO}_4^{2-}$  iyonları tabii alkaliniteyi azaltması ve negatif yüklü kolloidlere adsorplanmış  $\text{Al}^{3+}$  ile birleşme eğiliminden flokları büyütürken bulanıklığın daha iyi giderilmesine katkıda bulunmaktadır.  $\text{PO}_4^{3-}$  iyonları ise  $\text{Al}^{3+}$  ile oluşan floklar üzerine adsorplanmakta, böylece hem kendisi ortamdaki ayrılmakta hem de flokları büyütürken bulanıklığın daha kolay giderilmesine katkıda bulunmaktadır.  $\text{Cl}^-$  iyonlarının etkisiz kaldığı görülmektedir.  $\text{CO}_3^{2-}$  20 mg/L ye kadar olan miktarlarda olumlu ~ 30 mg/L den fazla miktarlarda ise olumsuz yönde etkilidir. Düşük miktarlarda,  $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$  in oluşması çökerken kolloidal taneciklerin sürüklenmesine neden olmakta aynı zamanda  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ilavesi ile ortam pH sınır düşüşünü engelleyerek tampon oluşturması nedeniyle bulanıklığı azaltmıştır. Yüksek miktarlarda ise pH artışlarına sebep olarak bulanıklık gidermeye olumsuz yönde etki etmiştir.

$\text{Ca}^{2+}$  ,  $\text{Mg}^{2+}$  ve  $\text{Fe}^{3+}$  iyonları miktarlarıyla da orantılı olarak birbirine oldukça yakın değerler vererek, bulanıklığı azaltıcı yönde etkili olmuştur. Bu da zaten beklenen bir durumdur.

### 5.5.2. Tanin ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkisi

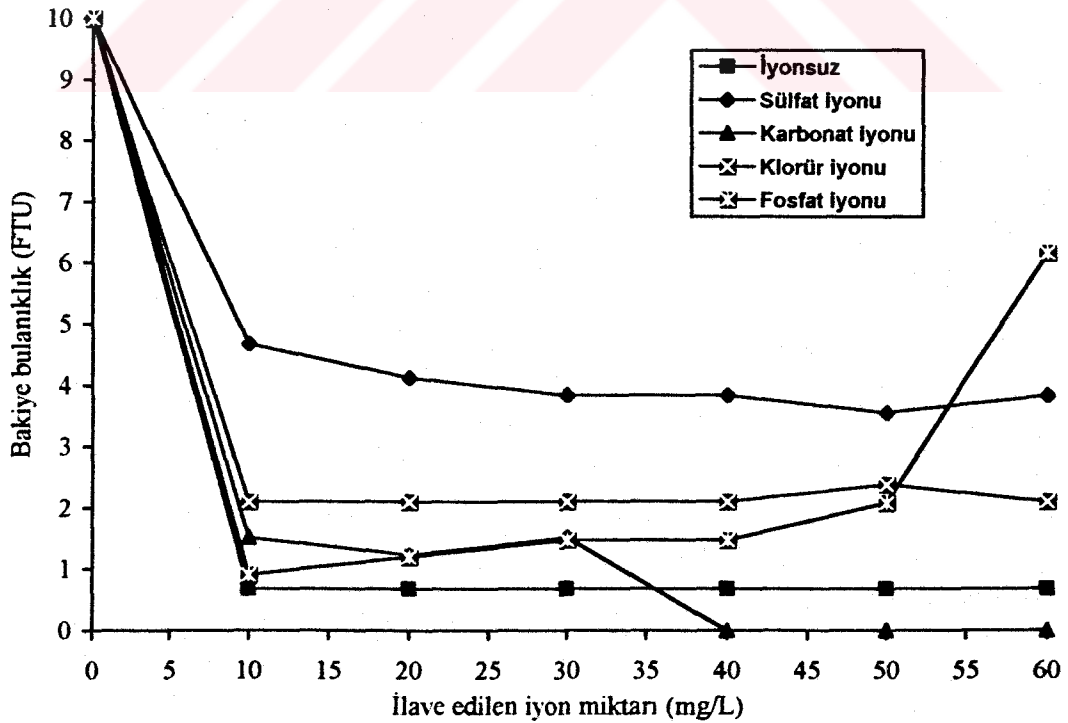
Tanin ile bulanıklık gidermede optimum bulunan pH 11 de 10 ve 20 FTU bulanıklıklar için optimum doz olan 0.03 mg/L tanin kullanılarak çeşitli iyonların bulanıklık gidermeye etkileri incelenmiştir. Bu iyonların bulanıklık gidermeye olan etkileri Tablo 5.11 ve Şekil 5.70 - 5.73 de verilmiştir.

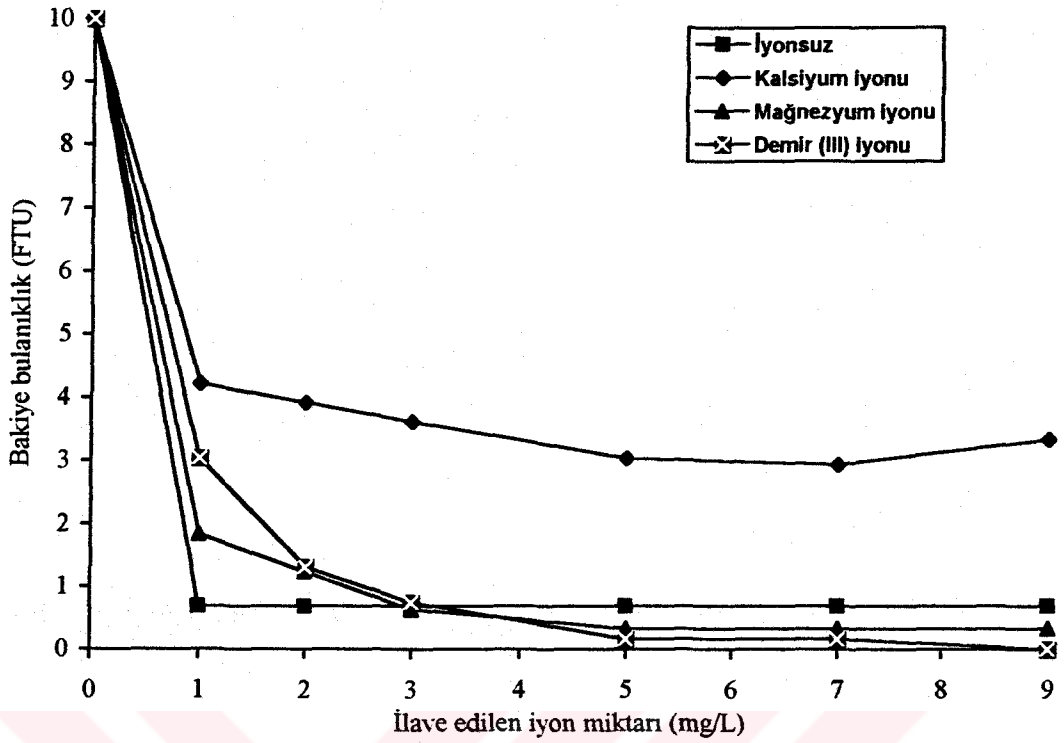
Tablo 5.11. Tanin ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkileri

Başalan. Bul.(FTU)	İyon türü	pH	İlave edilen iyon miktarı (mg/L)/Bakiye bulanıklık (FTU)					
			10 <sup>1</sup> ,1 <sup>2</sup> , 0.1 <sup>3</sup>	20 <sup>1</sup> ,2 <sup>2</sup> , 0.2 <sup>3</sup>	30 <sup>1</sup> ,3 <sup>2</sup> , 0.3 <sup>3</sup>	40 <sup>1</sup> ,5 <sup>2</sup> , 0.5 <sup>3</sup>	50 <sup>1</sup> ,7 <sup>2</sup> , 0.7 <sup>3</sup>	60 <sup>1</sup> ,9 <sup>2</sup> , 0.9 <sup>3</sup>
10	*	11.01	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	11.01	4.69	4.13	3.84	3.84	3.56	3.84
	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	11.01	1.52	1.23	1.52	0.00	0.00	0.00
	Cl <sup>-</sup>	11.01	2.10	2.10	2.10	2.10	2.39	2.10
	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	11.01	0.91	1.20	1.47	1.47	2.08	6.17
	Ca <sup>2+</sup>	11.01	4.23	3.93	3.63	3.03	2.93	3.33
	Mg <sup>2+</sup>	11.01	1.83	1.23	0.63	0.33	0.33	0.33
	Fe <sup>3+</sup>	11.01	3.04	1.31	0.74	0.16	0.16	0.00
20	*	11.01	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26	3.26
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	11.01	9.79	9.22	8.09	8.09	6.11	7.81
	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	11.01	5.82	5.82	5.27	5.82	4.45	5.00
	Cl <sup>-</sup>	11.01	4.11	5.55	4.98	5.26	4.69	4.69
	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	11.01	0.62	1.20	2.08	2.08	2.66	6.75
	Ca <sup>2+</sup>	11.01	4.83	4.83	4.83	4.53	3.93	3.93
	Mg <sup>2+</sup>	11.01	2.93	2.13	1.53	1.23	0.93	0.63
	Fe <sup>3+</sup>	11.01	4.47	1.60	1.31	0.74	0.74	0.45

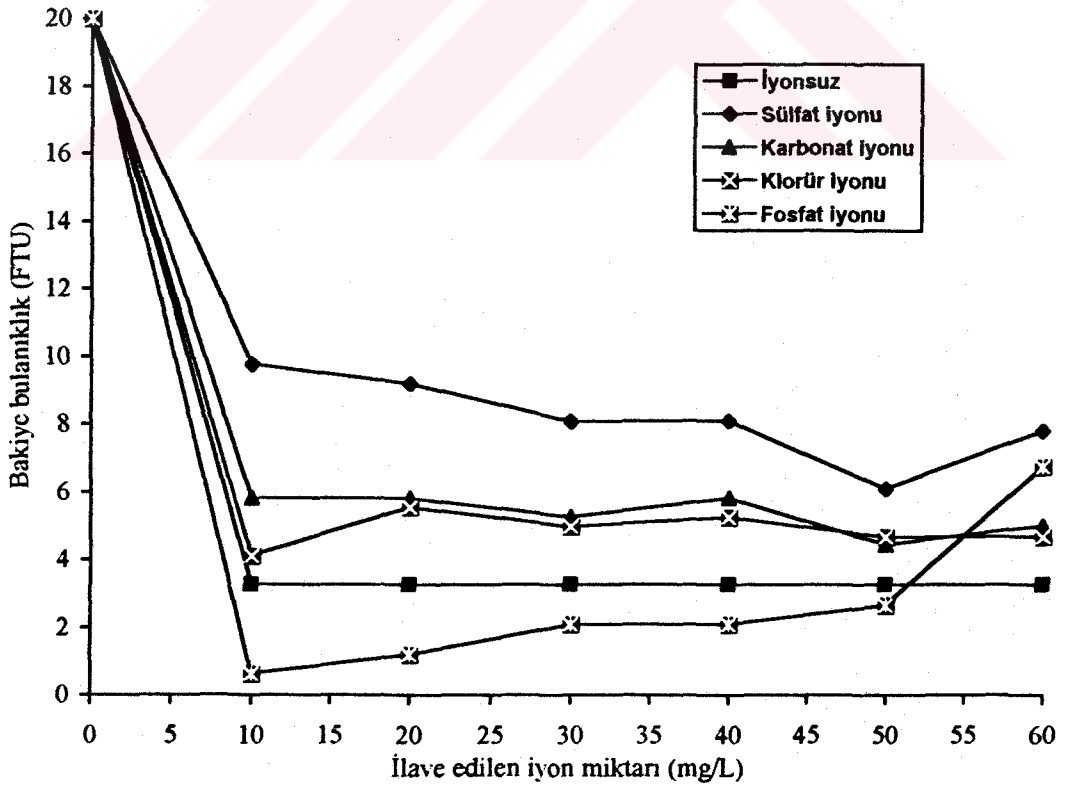
\* : İyon ilave edilmemiş <sup>1</sup> : SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> ve PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> iyonları için ilave edilen miktarlar

<sup>2</sup> : Ca<sup>2+</sup> ve Mg<sup>2+</sup> iyonları için ilave edilen miktarlar <sup>3</sup> : Fe<sup>3+</sup> iyonu için ilave edilen miktarlar

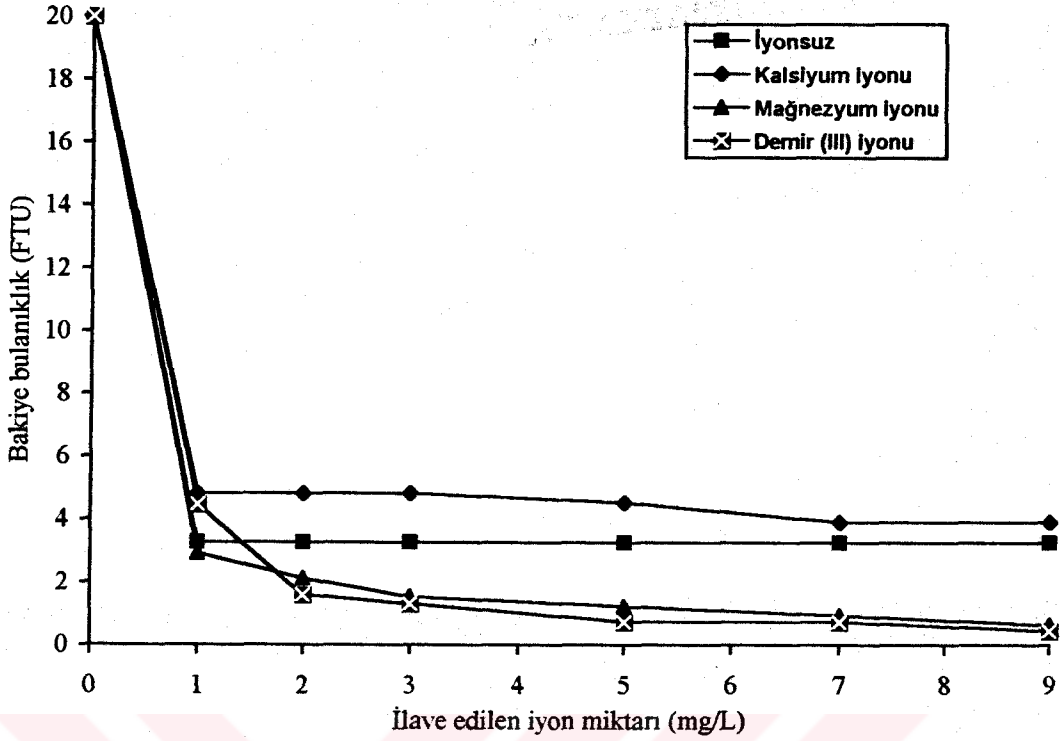
Şekil 5.70. Tanin ile 10 FTU bulanıklığı gidermeye SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> ve PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> iyonlarının etkileri



Şekil 5.71. Tanin ile 10 FTU bulanıklığı gidermeye  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ve  $\text{Fe}^{3+}$  iyonlarının etkileri  
( $\text{Fe}^{3+}$  iyonunun ilave edilen miktarı grafik çizerken 10 kat büyütülmüştür)



Şekil 5.72. Tanin ile 20 FTU bulanıklığı gidermeye  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{PO}_4^{3-}$  iyonlarının etkileri



Şekil 5.73. Tanin ile 20 FTU bulanıklığı gidermeye  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  ve  $Fe^{3+}$  iyonlarının etkileri ( $Fe^{3+}$  iyonunun ilave edilen miktarı grafik çizerken 10 kat büyütülmüştür)

Tanin ile bulanıklık gidermede  $SO_4^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$  ve  $PO_4^{3-}$  iyonlarından sadece  $PO_4^{3-}$  iyonu 10 FTU bulanıklıkta 10 mg/L ilave edildiğinde iyonsuz duruma yakın, 20 FTU bulanıklıkta ise 10-50 mg/L arasında ilave edildiğinde iyonsuz durumdan daha iyi sonuçlar vermektedir.

$Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  ve  $Fe^{3+}$  iyonları içerisinde,  $Ca^{2+}$  iyonunun etkisiz olduğu görülmektedir. Diğer iyonlar ise beklenildiği gibi bulanıklığı azaltan yönde etki etmişlerdir.  $Ca^{2+}$  iyonunun etkisiz kalması, tanin ile suda çözünen kompleksler vermesinden kaynaklanmaktadır [78].

### 5.5.3. AN913 ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkisi

AN913 ile bulanıklık gidermede optimum bulunan pH 10 da 10 ve 20 FTU bulanıklıklar için optimum dozlar olan 0.05 ve 0.1 mg/L AN913 kullanılarak çeşitli

iyonların bulanıklık gidermeye etkileri incelenmiştir. Bu iyonların bulanıklık gidermeye olan etkileri Tablo 5.12 ve Şekil 5.74 - 5.77 de verilmiştir.

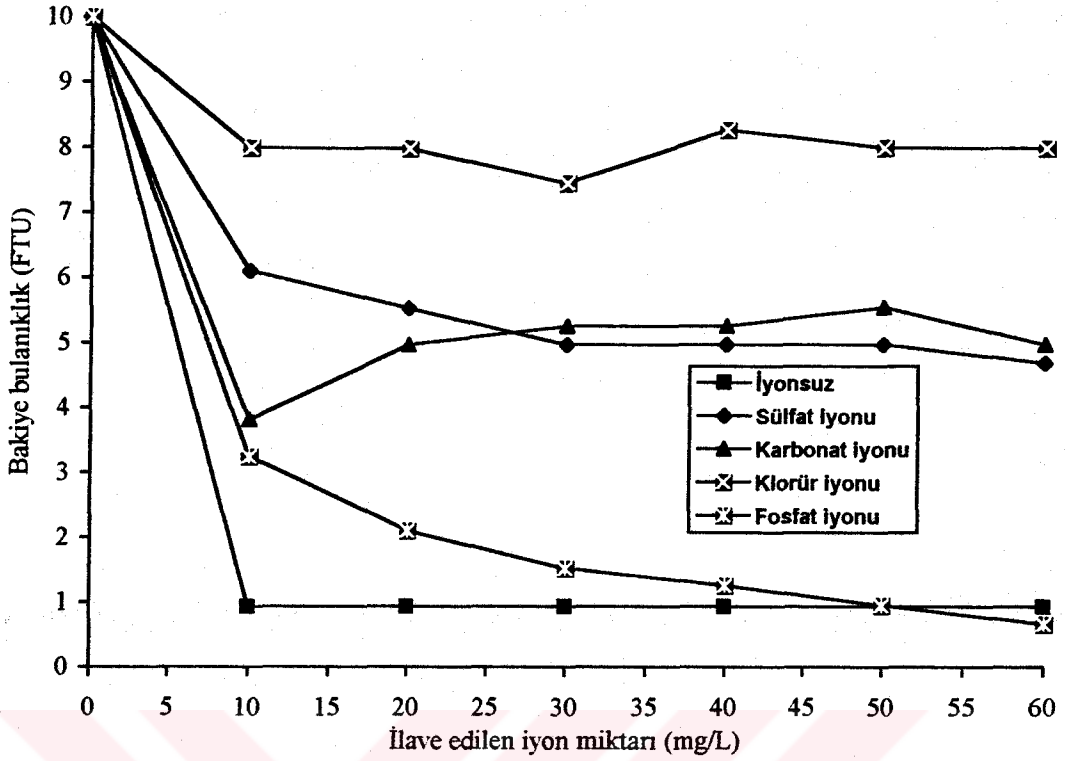
Tablo 5.12. AN913 ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkileri

Başalan. Bul.(FTU)	İyon türü	pH	İlave edilen iyon miktarı (mg/L)/Bakiye bulanıklık (FTU)					
			10 <sup>1</sup> ,1 <sup>2</sup> ,0.1 <sup>3</sup>	20 <sup>1</sup> ,2 <sup>2</sup> ,0.2 <sup>3</sup>	30 <sup>1</sup> ,3 <sup>2</sup> ,0.3 <sup>3</sup>	40 <sup>1</sup> ,5 <sup>2</sup> ,0.5 <sup>3</sup>	50 <sup>1</sup> ,7 <sup>2</sup> ,0.7 <sup>3</sup>	60 <sup>1</sup> ,9 <sup>2</sup> ,0.9 <sup>3</sup>
10	*	10.01	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10.01	6.11	5.54	4.98	4.98	4.98	4.69
	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	10.01	3.82	4.98	5.26	5.26	5.55	4.98
	Cl <sup>-</sup>	10.01	8.00	8.00	7.46	8.27	8.00	8.00
	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	10.01	3.25	2.10	1.52	1.25	0.95	0.66
	Ca <sup>2+</sup>	10.01	7.92	8.80	8.22	9.68	7.63	7.34
	Mg <sup>2+</sup>	10.01	5.73	5.43	5.13	4.83	4.23	4.23
	Fe <sup>3+</sup>	10.01	5.62	5.62	5.62	4.19	2.75	2.18
20	*	10.01	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10.01	6.68	5.83	5.54	5.54	5.26	4.98
	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	10.01	10.73	11.60	12.46	13.04	14.19	13.61
	Cl <sup>-</sup>	10.01	7.46	7.46	6.91	6.36	5.55	5.00
	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	10.01	6.42	4.69	2.96	2.96	2.10	2.10
	Ca <sup>2+</sup>	10.01	33.64	43.58	34.81	40.07	36.86	35.69
	Mg <sup>2+</sup>	10.01	9.02	9.92	9.32	8.42	8.42	7.82
	Fe <sup>3+</sup>	10.01	5.62	5.91	6.48	5.34	5.34	4.47

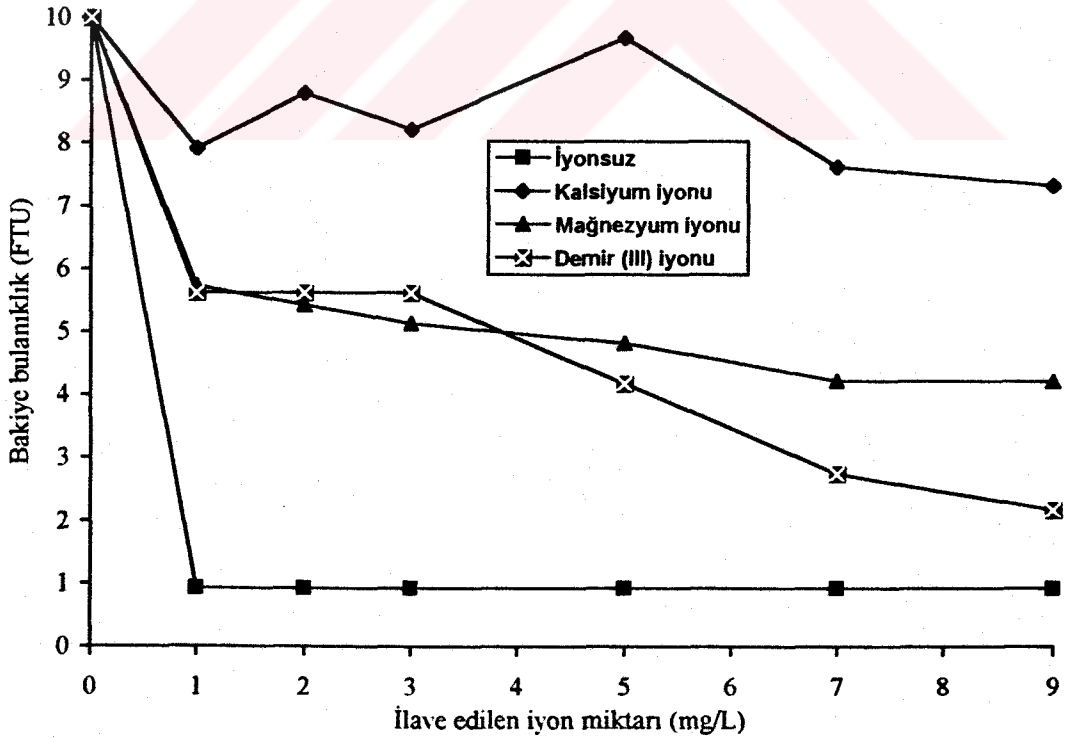
\* : İyon ilave edilmemiş <sup>1</sup> : SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> ve PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> iyonları için ilave edilen miktarlar

<sup>2</sup> : Ca<sup>2+</sup> ve Mg<sup>2+</sup> iyonları için ilave edilen miktarlar <sup>3</sup> : Fe<sup>3+</sup> iyonu için ilave edilen miktarlar

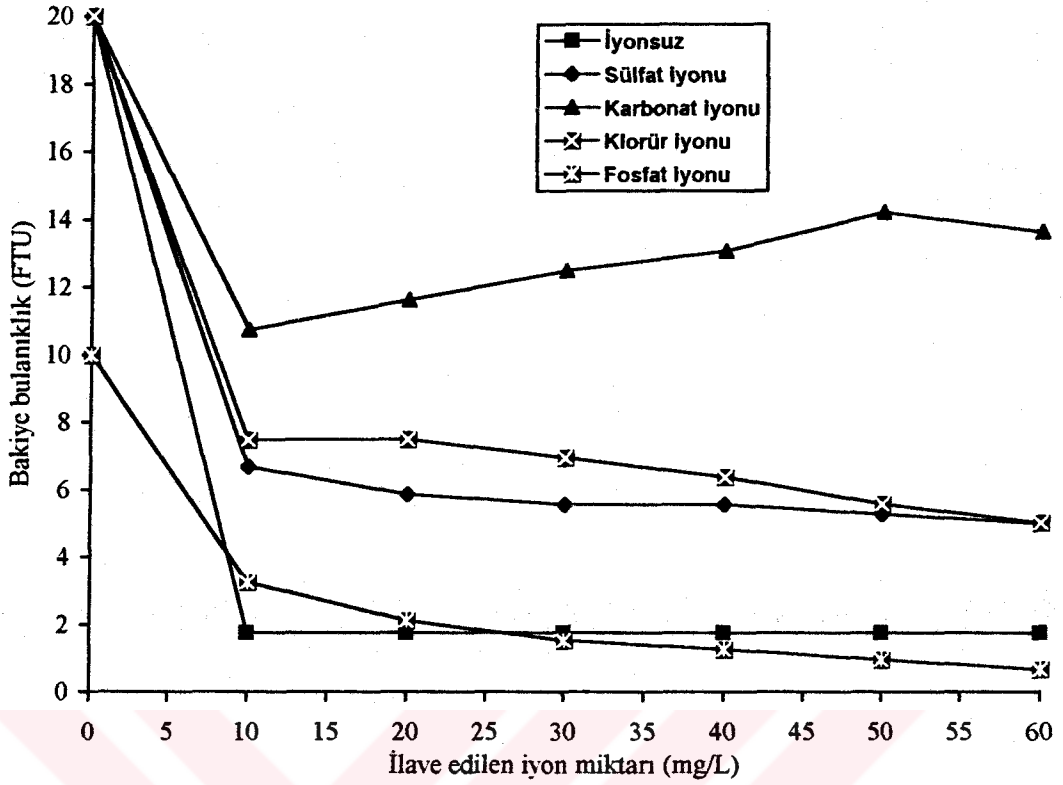




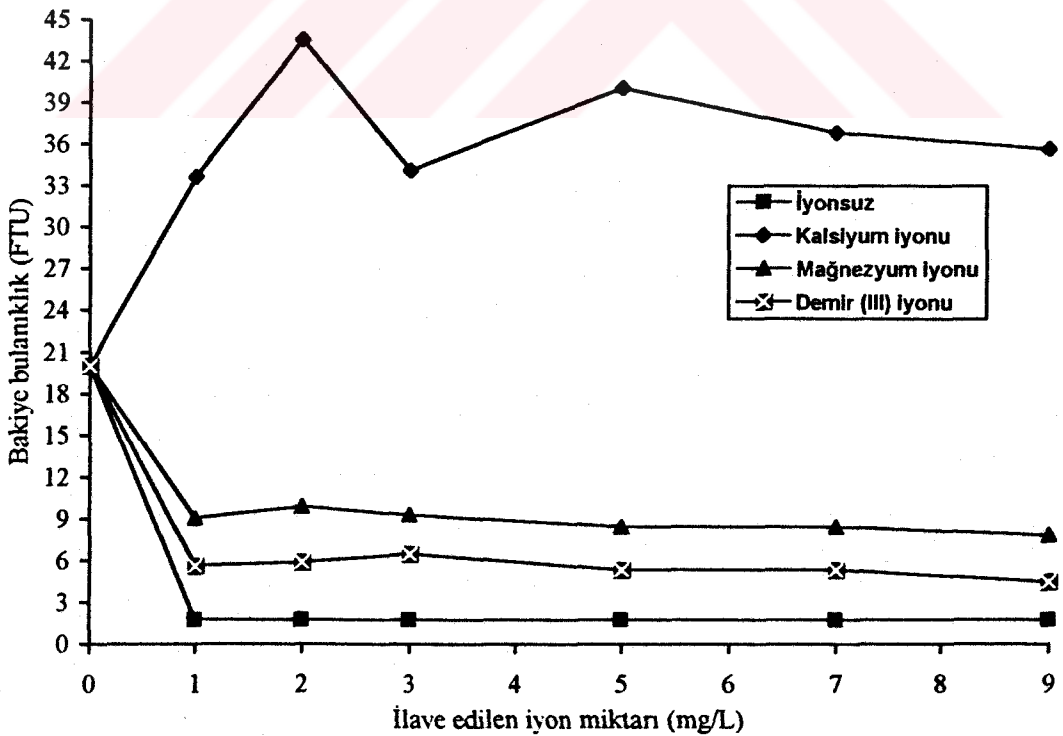
Şekil 5.74. AN913 ile 10 FTU bulanıklığı gidermeye  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{PO}_4^{3-}$  iyonlarının etkileri



Şekil 5.75. AN913 ile 10 FTU bulanıklığı gidermeye  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ve  $\text{Fe}^{3+}$  iyonlarının etkileri  
( $\text{Fe}^{3+}$  iyonunun ilave edilen miktarı grafik çizerken 10 kat büyütülmüştür)



Şekil 5.76. AN913 ile 20 FTU bulanıklığı gidermeye  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{PO}_4^{3-}$  iyonlarının etkileri



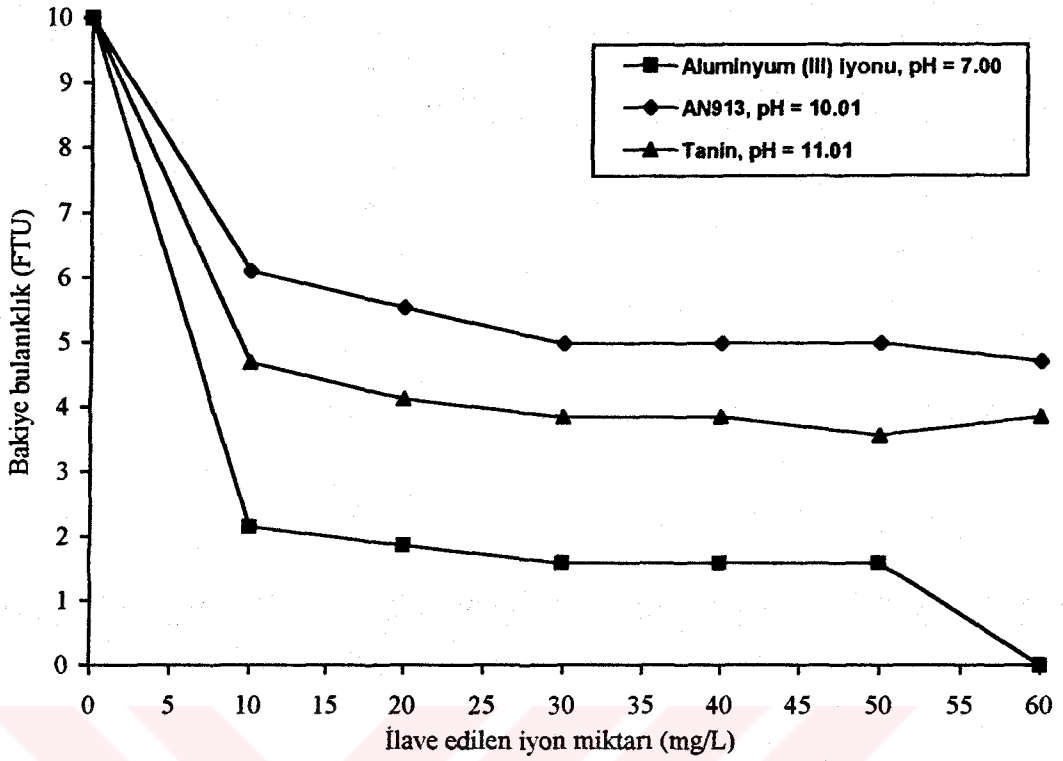
Şekil 5.77. AN913 ile 20 FTU bulanıklığı gidermeye  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ve  $\text{Fe}^{3+}$  iyonlarının etkileri  
( $\text{Fe}^{3+}$  iyonunun ilave edilen miktarı grafik çizerken 10 kat büyütülmüştür)

AN913 ile bulanıklık giderme esnasında ortama ilave edilen iyonlar, iyonsuz duruma göre bulanıklık giderme verimini azaltmıştır. Sadece  $PO_4^{3-}$  iyonu 10 FTU bulanıklıkta 50-60 mg/L  $PO_4^{3-}$  konsantrasyonlarında bakiye bulanıklığı azaltmıştır.

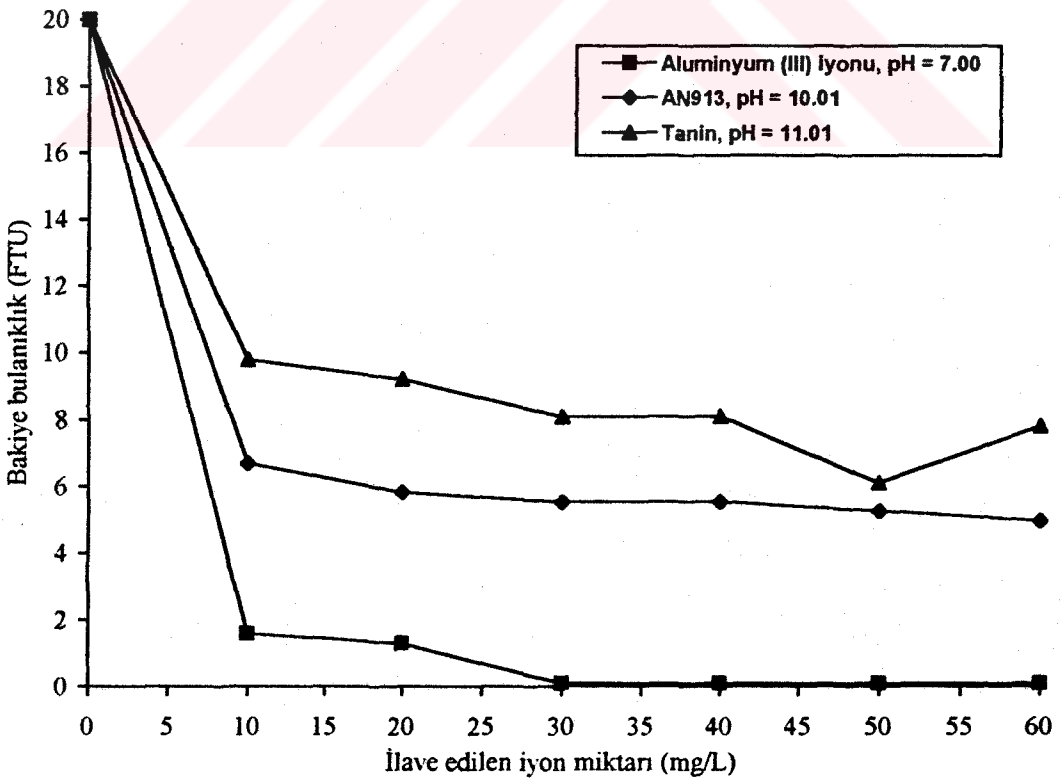
$Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  ve  $Fe^{3+}$  iyonlarının ilavesinin bulanıklık gidermede verimi arttırması beklenirdi. Çünkü bilhassa iki değerli metal iyonları, negatif yüklü kolloidlerin anyonik polielektrolitlerle destabilizasyonunda köprü vazifesi gördüğü bilinmektedir [9, 88]. Ancak sonuçlar bu literatür bilgisiyle uyuşmamaktadır. Bunun sebebi de muhtemelen metal iyonlarının daha önce ilave edilmesi nedeniyle kolloidleri bir miktar destabilize etmekte, ortamda yeterli miktarda kolloid bulunmadığı için ilave edilen polielektrolitin sarkan uçları köprü kurabilecek kolloid bulamadığı için aynı kolloid üzerine adsorplanarak restabilizasyona neden olmaktadır.

#### **5.5.4. $Al_2(SO_4)_3$ , AN913 ve tanin ile bulanıklık gidermeye çeşitli iyonların etkilerinin iyon türüne göre mukayesesi**

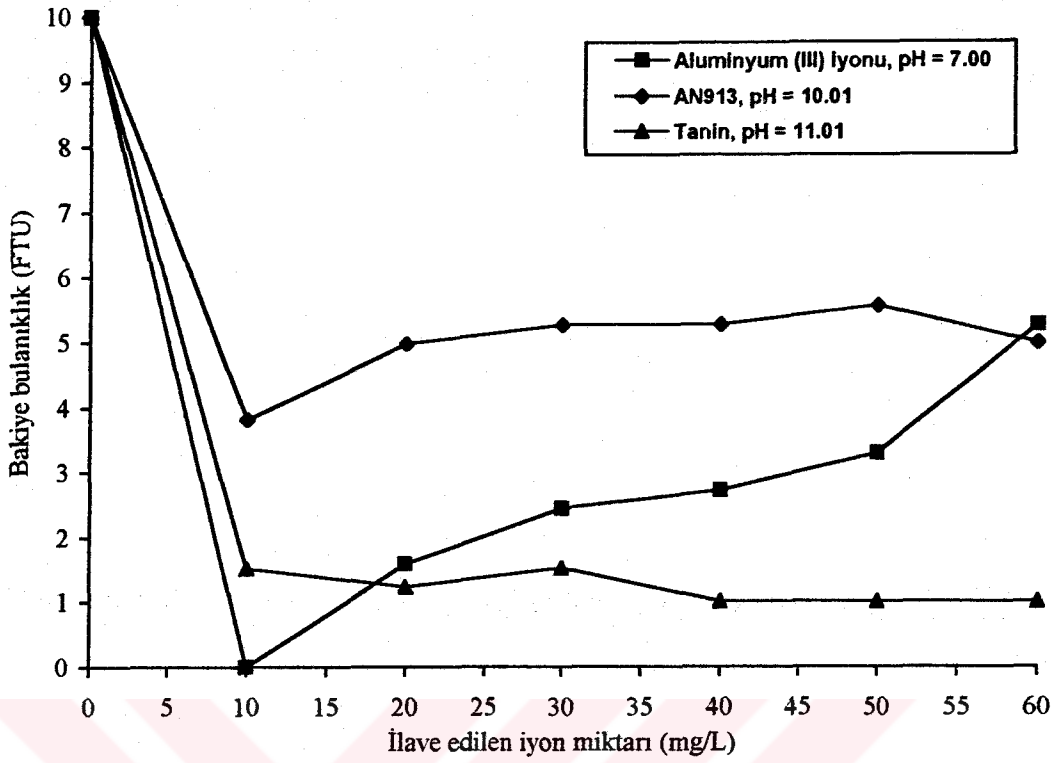
Bulanıklık gidermeye;  $SO_4^{2-}$  iyonunun etkisi Şekil 5.78 ve 5.79 da,  $CO_3^{2-}$  iyonunun etkisi Şekil 5.80 ve 5.81 de,  $Cl^-$  iyonunun etkisi Şekil 5.82 ve 5.83 de,  $PO_4^{3-}$  iyonunun etkisi Şekil 5.84 ve 5.85 de,  $Ca^{2+}$  iyonunun etkisi Şekil 5.86 ve 5.87 de,  $Mg^{2+}$  iyonunun etkisi Şekil 5.88 ve 5.89 da ve  $Fe^{3+}$  iyonunun etkisi Şekil 5.90 ve 5.91 de üç koagülant için mukayeseli olarak verilmiştir.



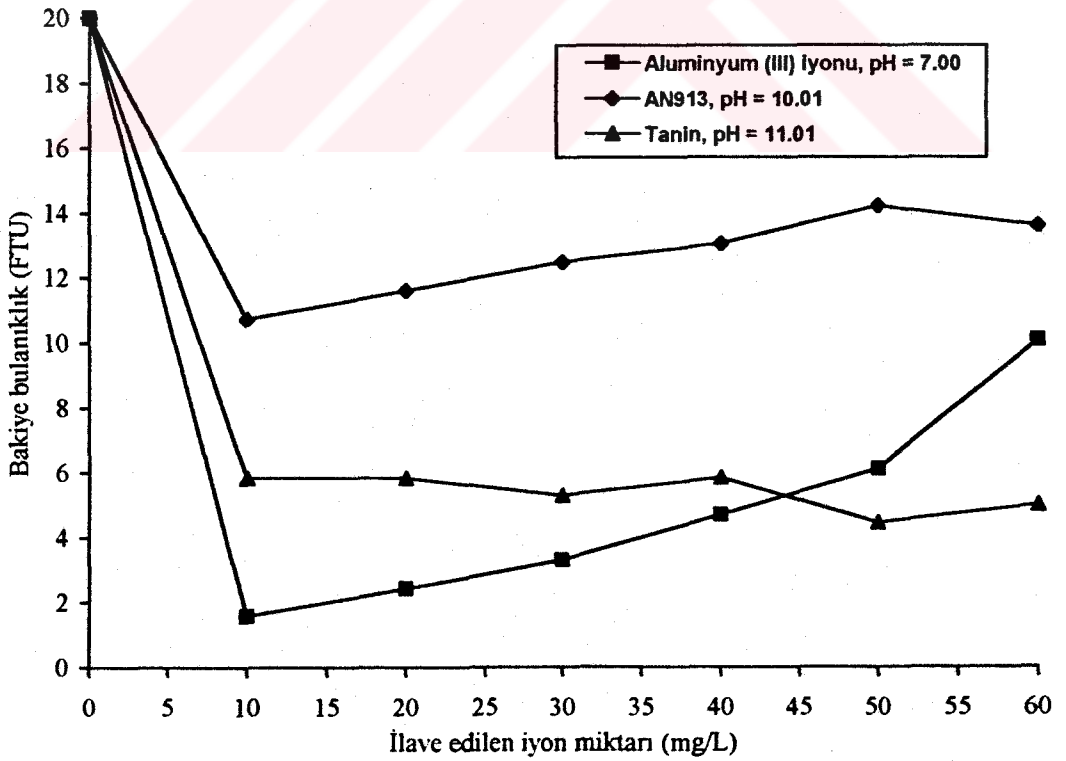
Şekil 5.78.  $SO_4^{2-}$  iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi



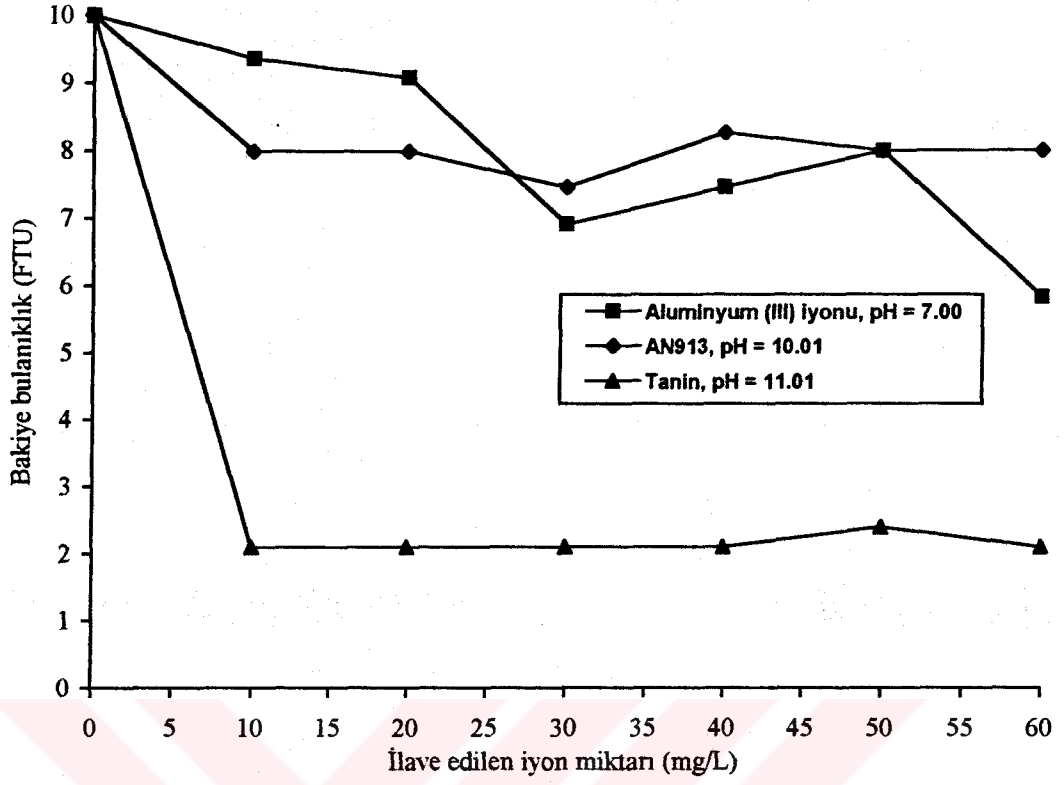
Şekil 5.79.  $SO_4^{2-}$  iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi



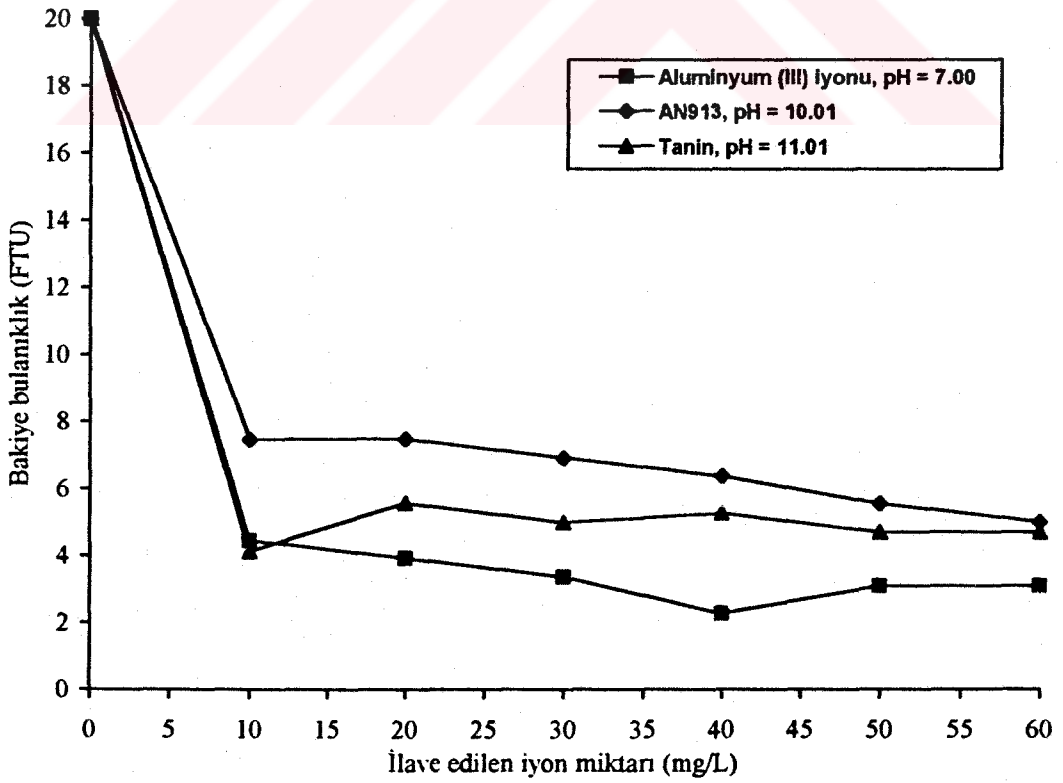
Şekil 5.80.  $\text{CO}_3^{2-}$  iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi



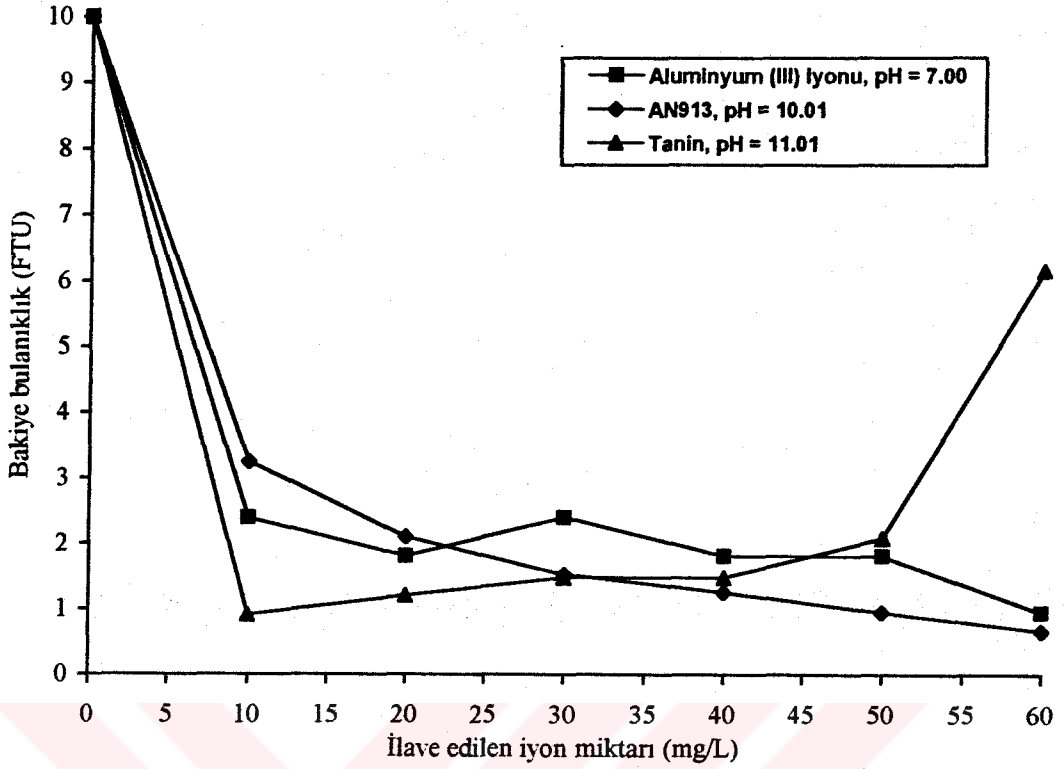
Şekil 5.81.  $\text{CO}_3^{2-}$  iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi



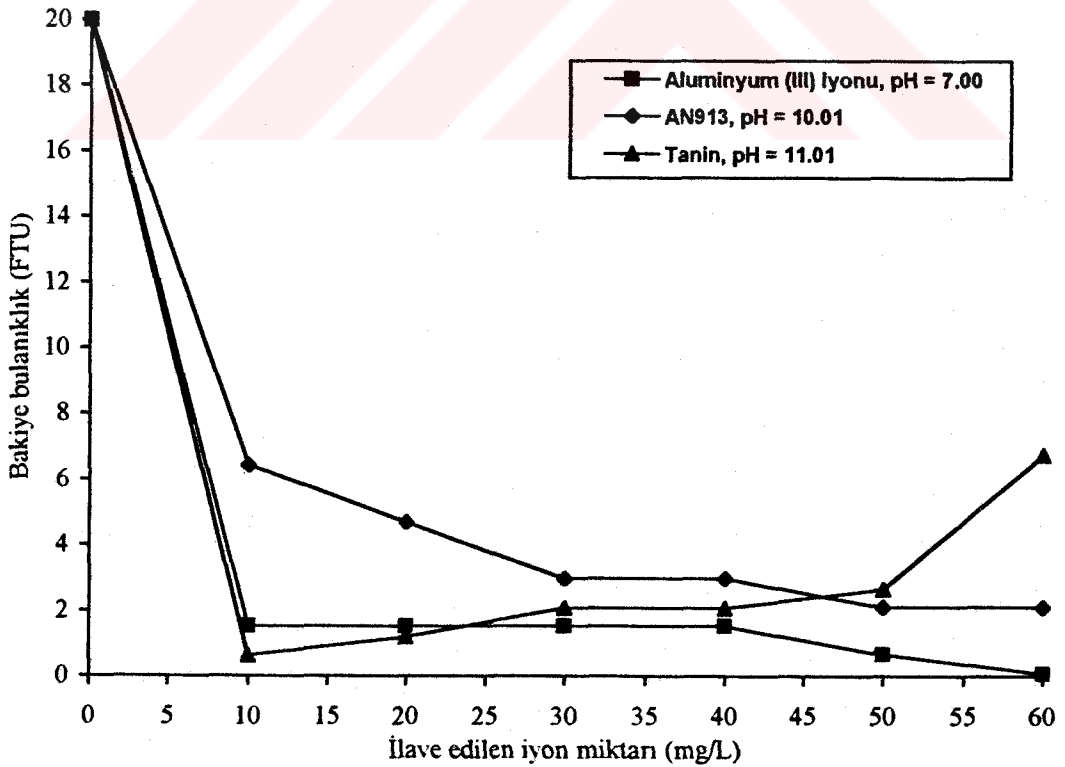
Şekil 5.82.  $\text{Cl}^-$  iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi



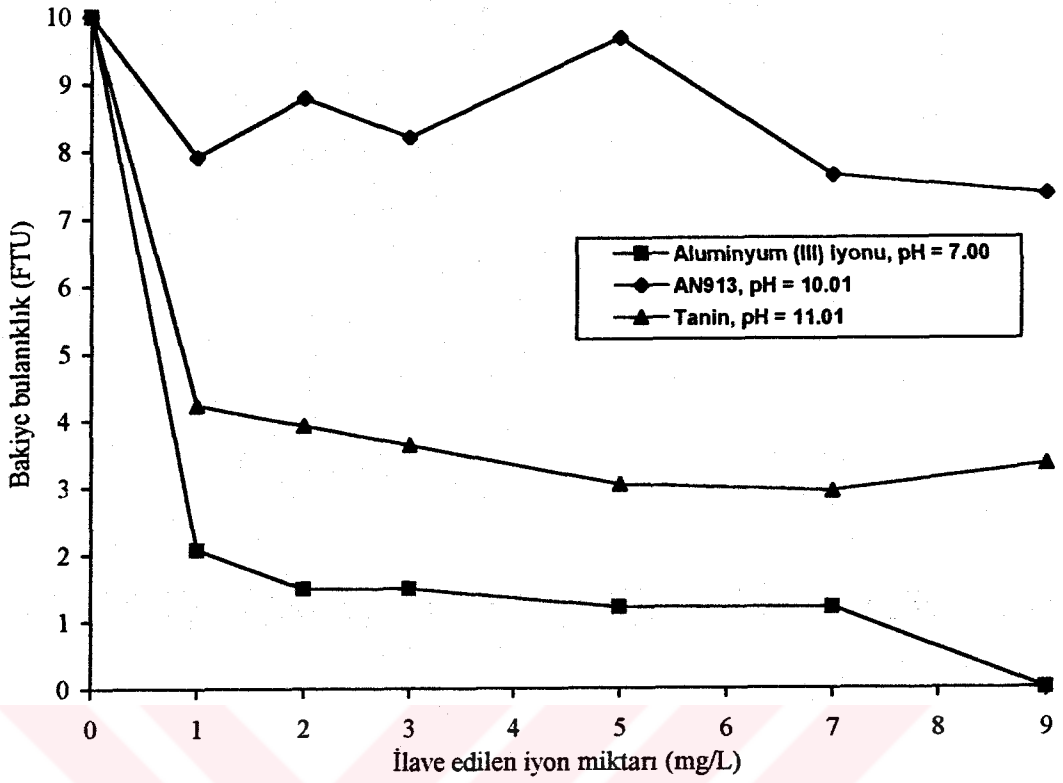
Şekil 5.83.  $\text{Cl}^-$  iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi



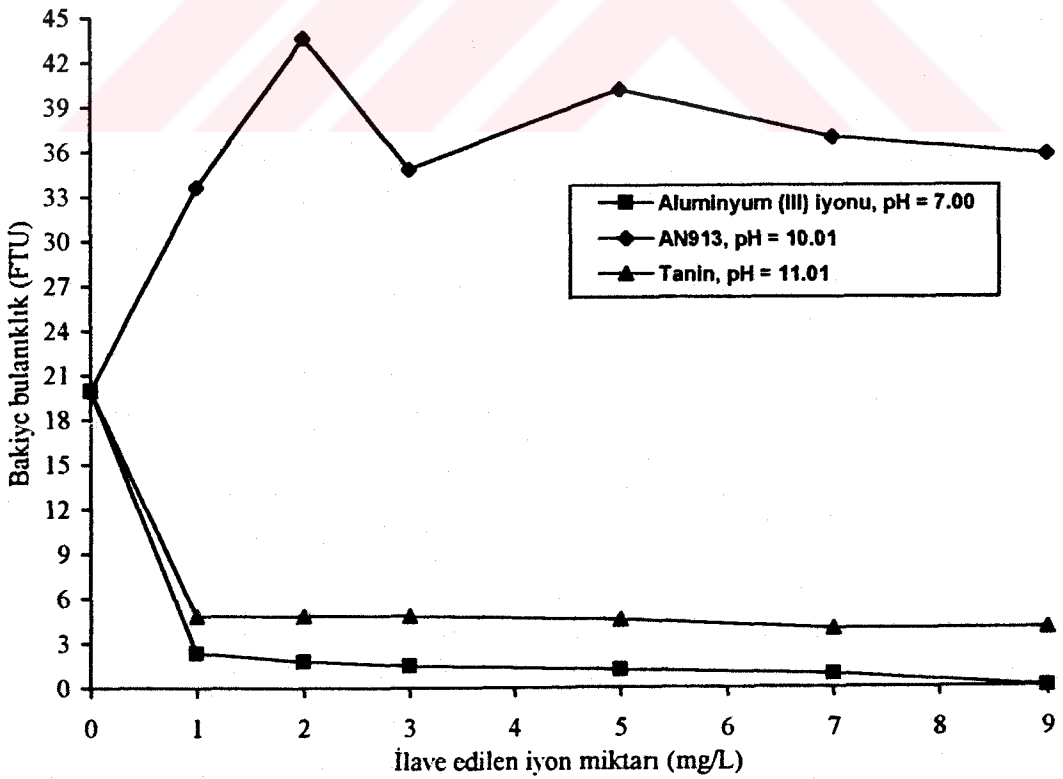
Şekil 5.84.  $PO_4^{3-}$  iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi



Şekil 5.85.  $PO_4^{3-}$  iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi

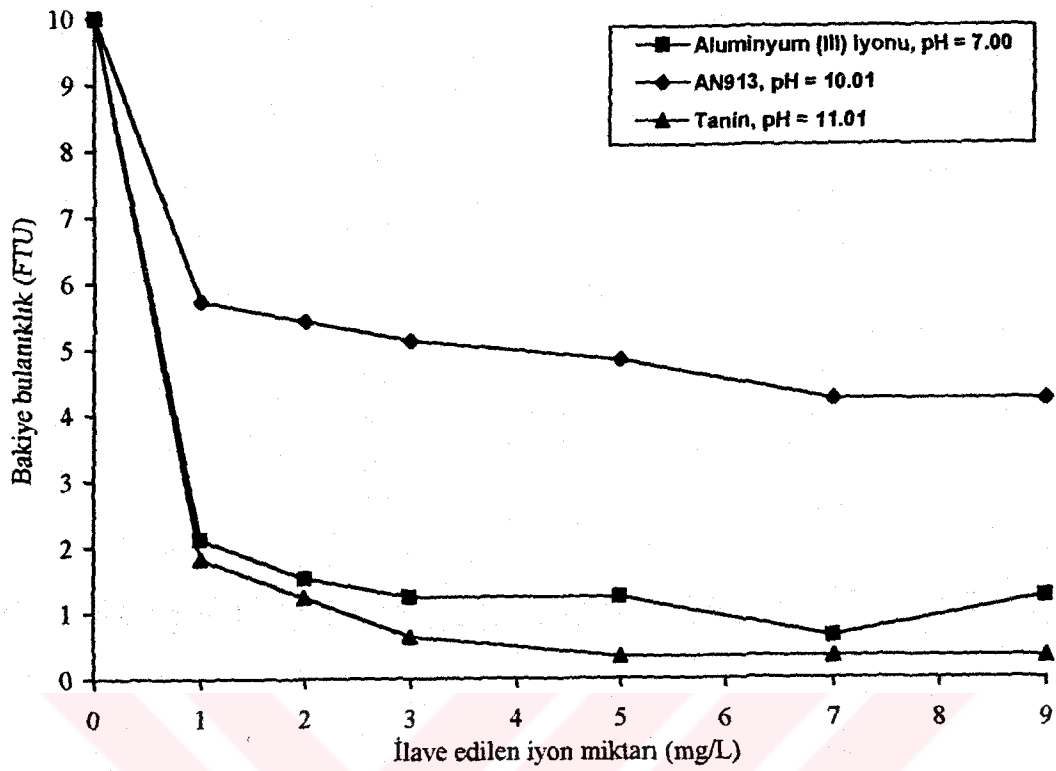


Şekil 5.86.  $\text{Ca}^{2+}$  iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi

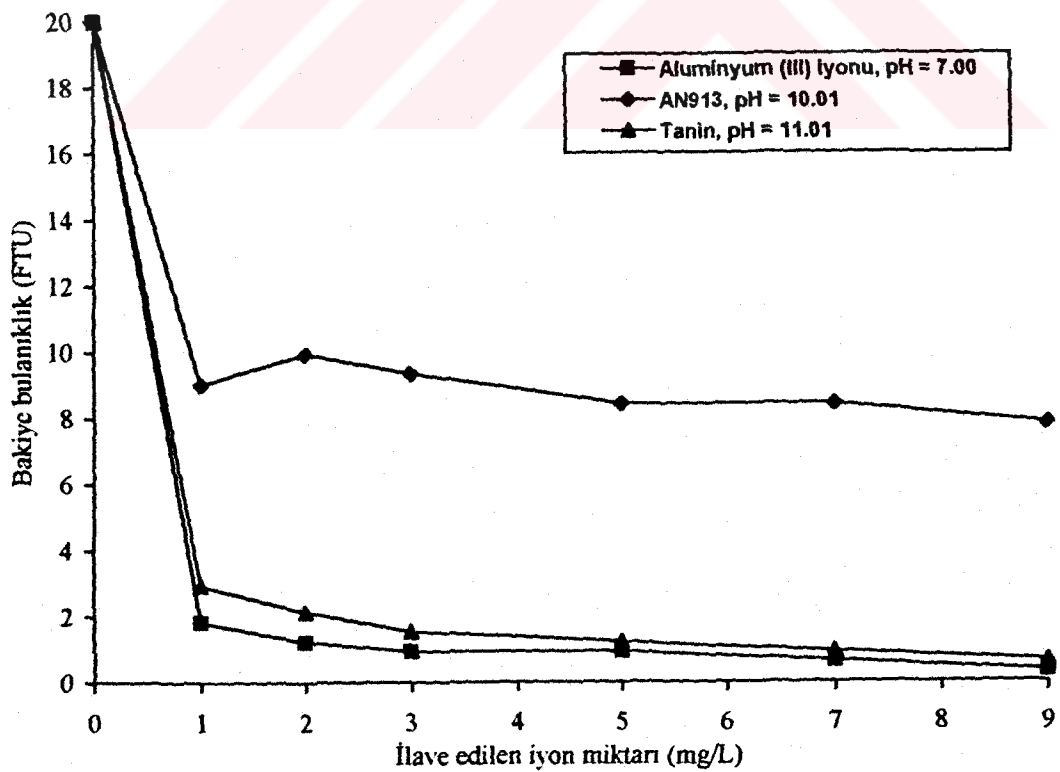


Şekil 5.87.  $\text{Ca}^{2+}$  iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi

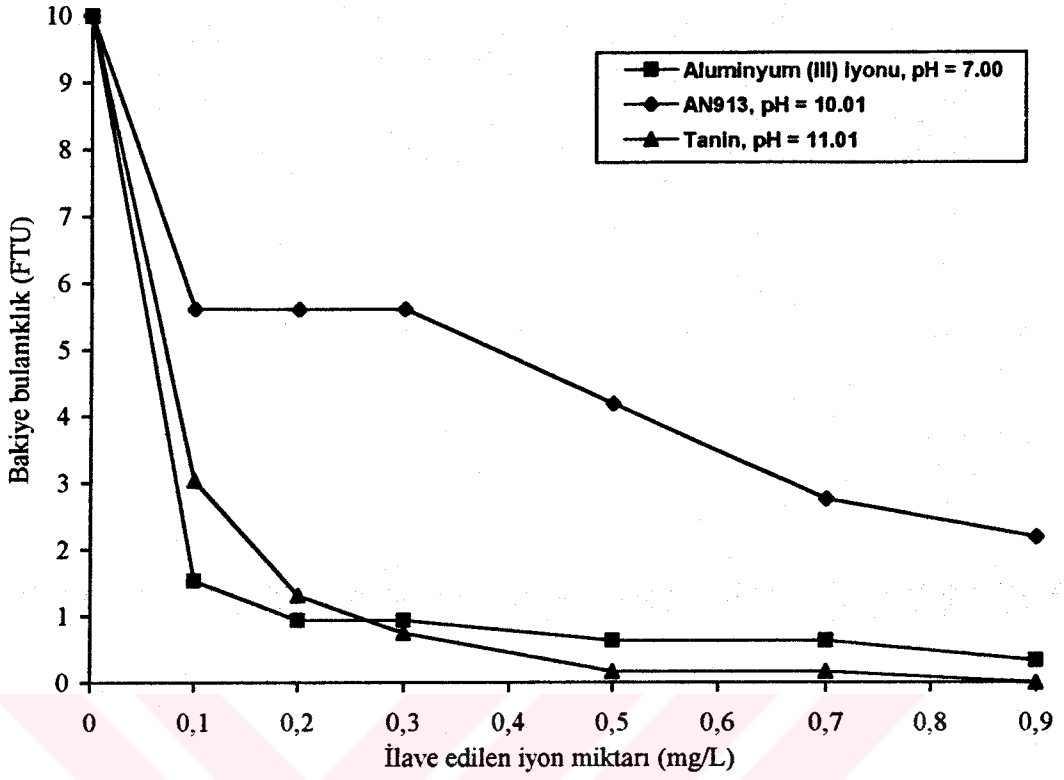




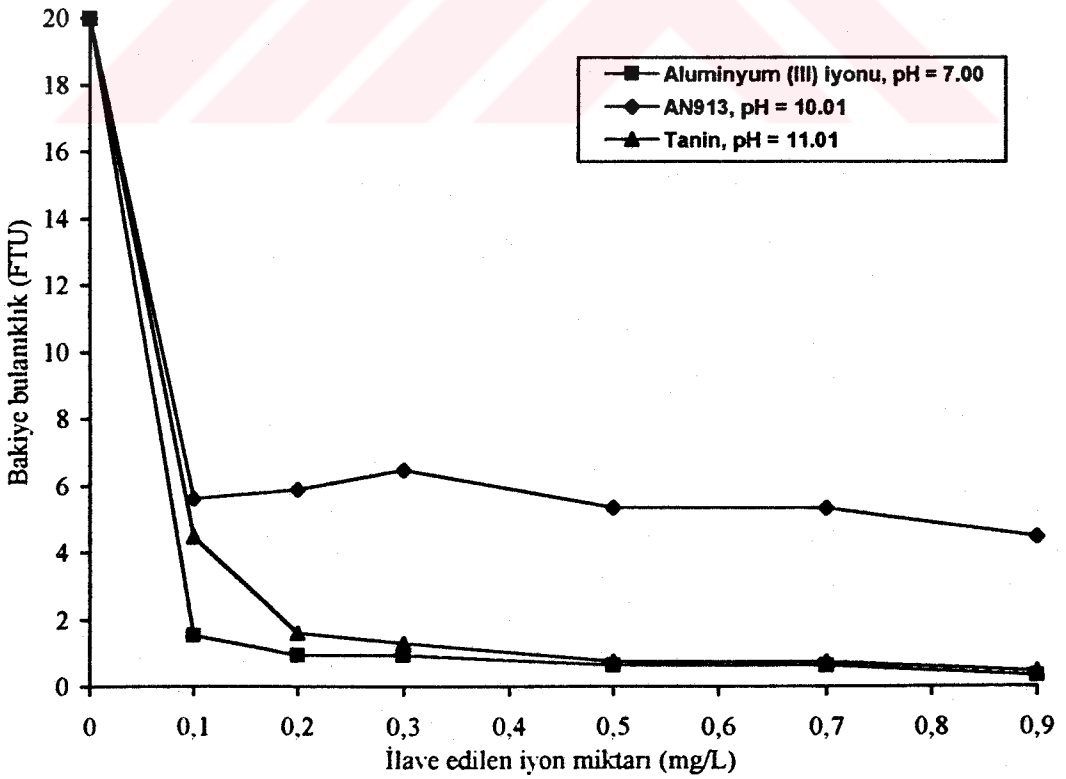
Şekil 5.88.  $Mg^{2+}$  iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi



Şekil 5.89.  $Mg^{2+}$  iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi



Şekil 5.90.  $Fe^{3+}$  iyonunun 10 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi



Şekil 5.91.  $Fe^{3+}$  iyonunun 20 FTU bulanıklığı gidermeye etkisi

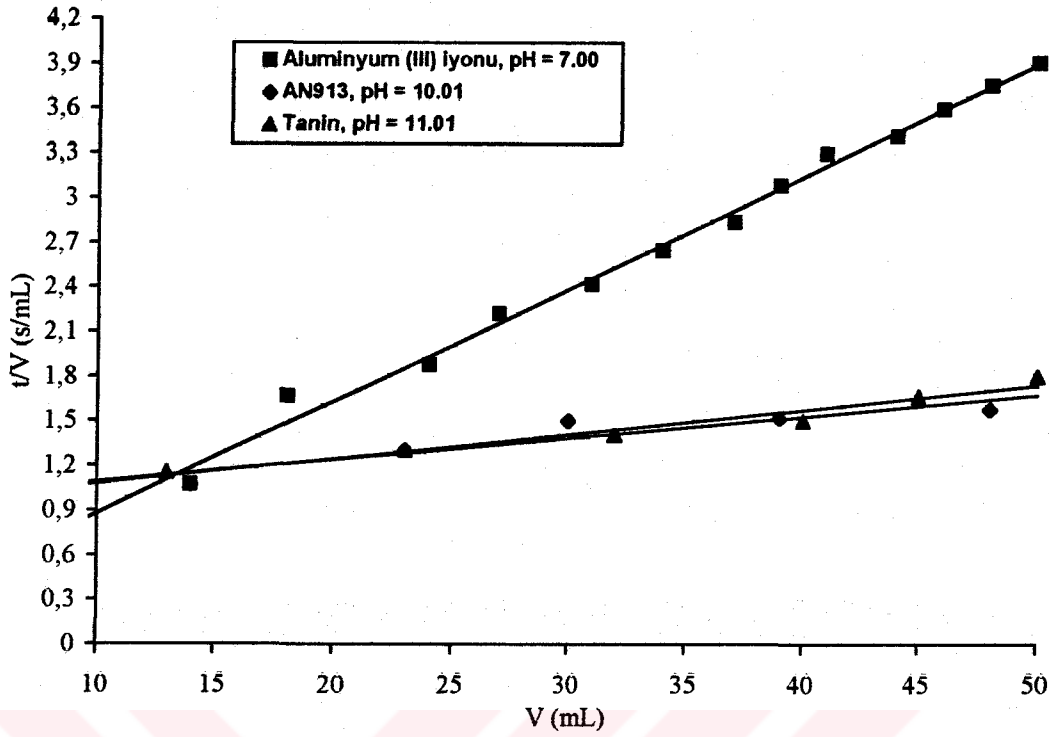
Bulanıklığı azaltan etkiye sahip anyonlar; büyük ölçüde  $Al_2(SO_4)_3$ , tanin ve AN913 şeklinde azalarak etkili olmuşlardır. Benzer şekilde bulanıklığı azaltan katyonlar da  $Al_2(SO_4)_3$ , tanin ve AN913 sırasında etkileri azalan şekilde devam etmiştir.

$Al_2(SO_4)_3$  in bulanıklık giderme mekanizması büyük ölçüde yük nötralizasyonu esasına dayanmaktadır. Tanin ve AN913 ün bulanıklık giderme mekanizmaları ise adsorbe olarak kolloidler arasında köprü oluşturma şeklindedir. Dolayısıyla ilave edilen iyonlar; yük nötralesini sağlayacak tarzda davranarak en çok  $Al_2(SO_4)_3$  ile bulanıklık gidermede etkili olmuşlardır. Daha sonra sırasıyla tanin ve AN913 ün fonksiyonel gruplarıyla reaktiviteleri ölçüsünde bu polielektrolitlerin bulanıklık gidermesine ilave edilen iyonlar etkili olmuşlardır.

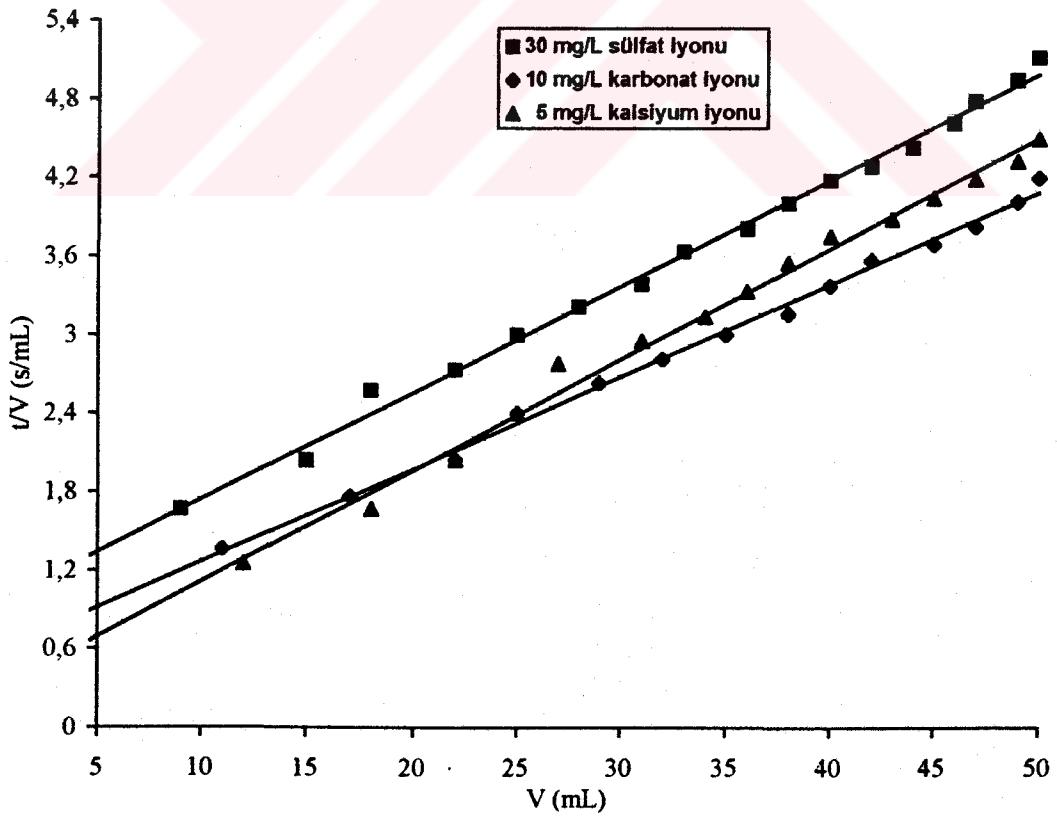
#### 5.6. Özgül Direnç Deneilerinin Sonuçları

Birbirinden farklı özelliklerdeki 25 sentetik su numunesinde Bölüm 4.9 daki düzenele özgül direnç tayini yapılmıştır. Buchner hunisi testleri sonucu elde edilen neticeler Şekil 5.92 - 5.101 de verilmiştir. Bu grafiklerin eğimlerinden faydalanarak özgül direnç değerleri hesaplanmıştır.

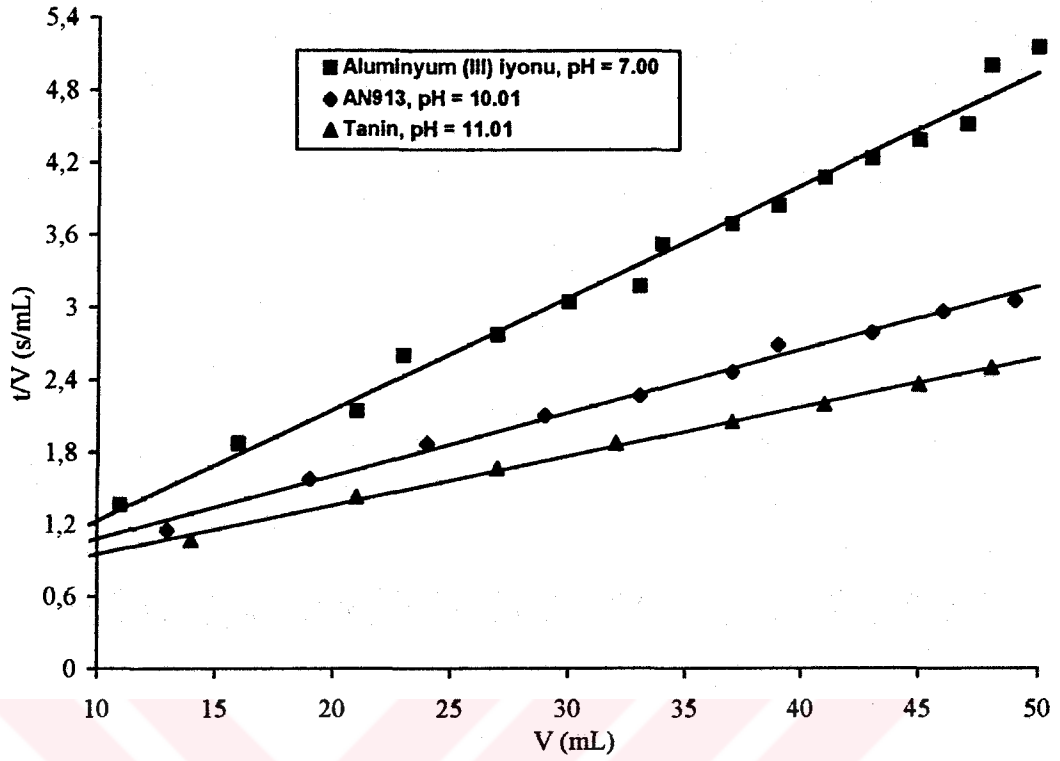
$Al_2(SO_4)_3$ , AN913 ve taninin her bir sentetik su için optimum dozlarda meydana getirmiş oldukları çamurların özgül dirençlerini mukayese edebilmek için, optimum dozda giderilen bulanıklık ile çamurun özgül direnci arasındaki ilişki araştırılmıştır. Optimum dozda giderilen bulanıklıklar ve bunlara tekabül eden özgül dirençler Tablo 5.13 de verilmiştir.



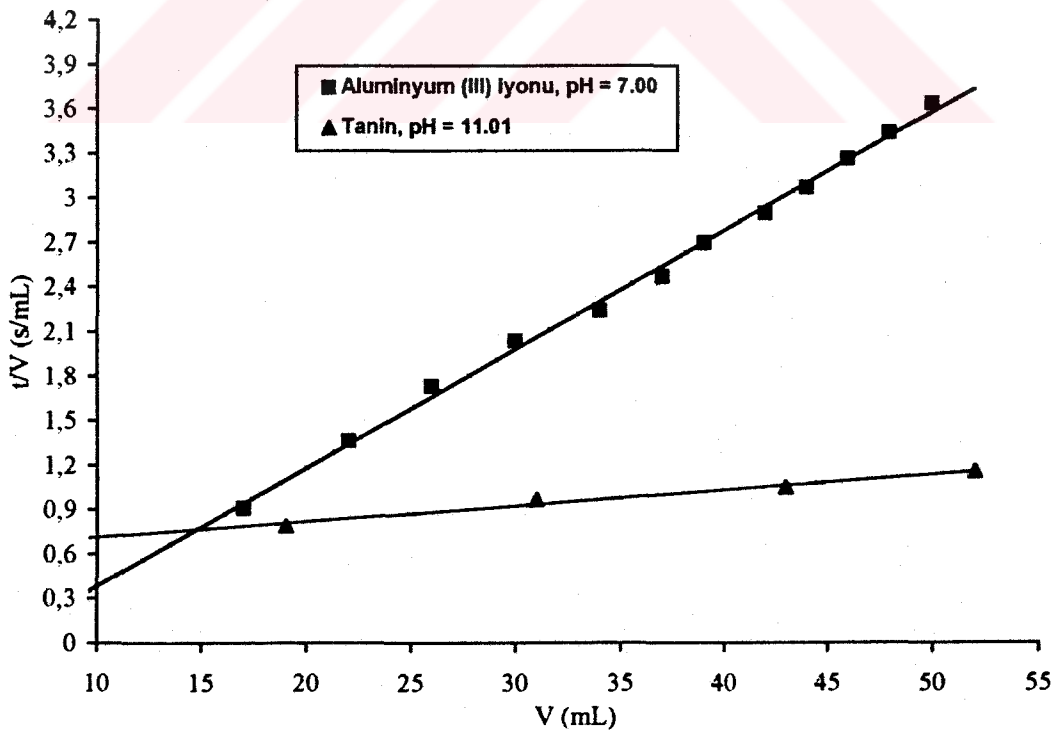
Şekil 5.92. Bulanıklığı 10 FTU olan su üzerinde özgül direnç ölçümleri



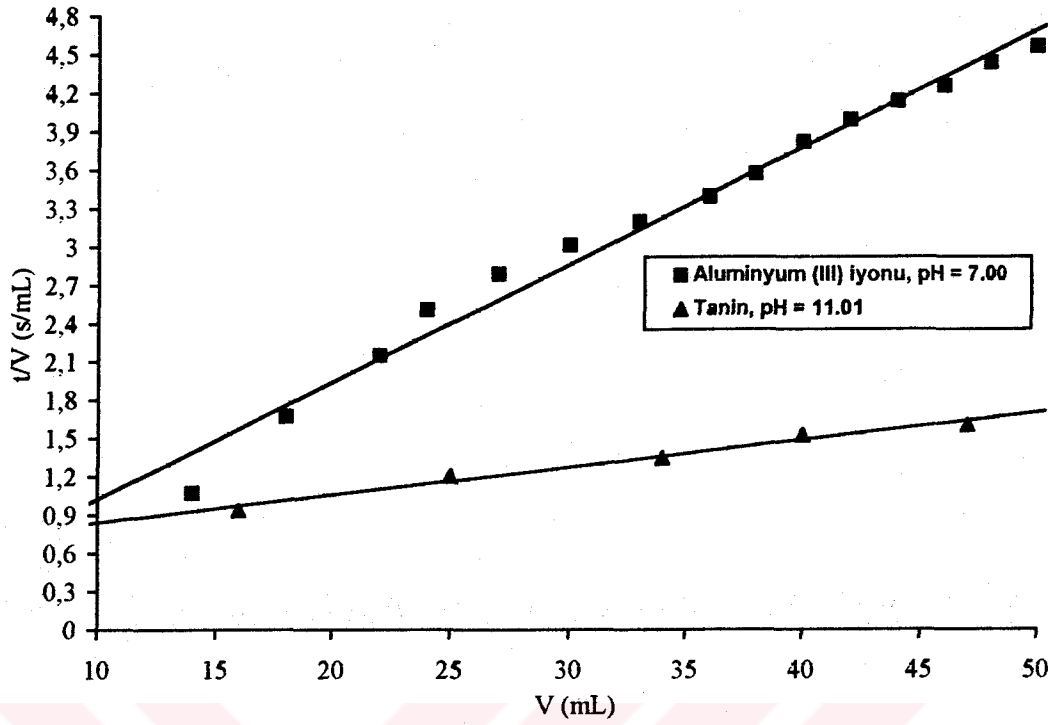
Şekil 5.93.  $Al_2(SO_4)_3$  ile bulanıklık gidermede, 10 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri



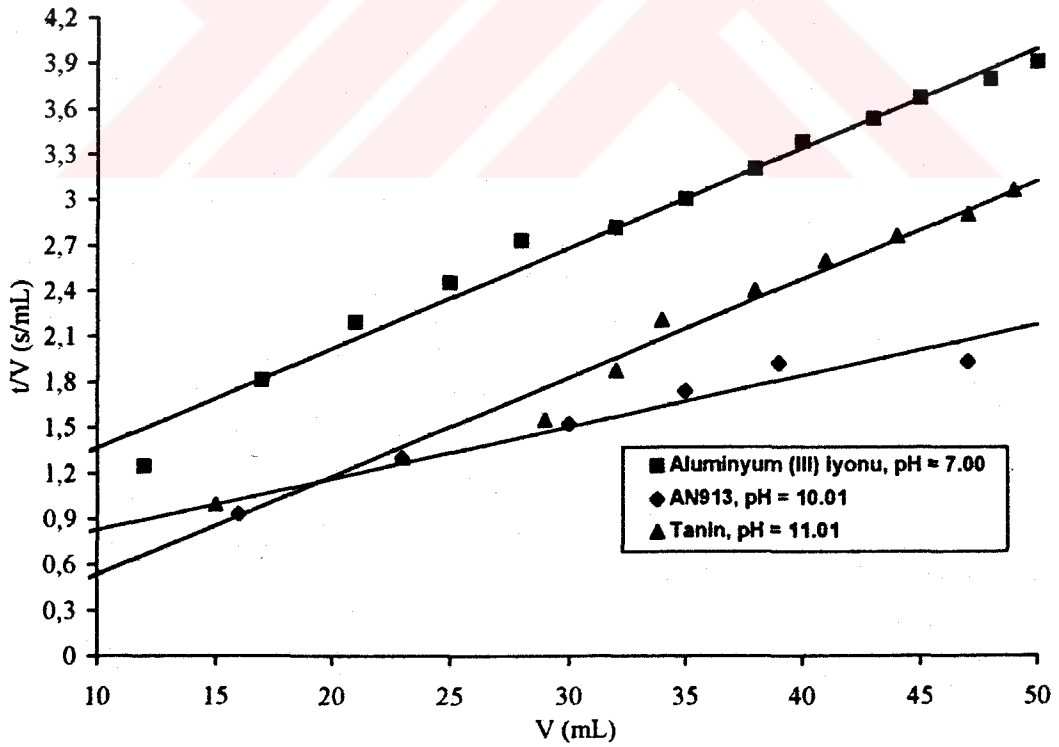
Şekil 5.94. Bulanıklığı 10 FTU olan ve  $Al_2(SO_4)_3$  için 20, AN913 için 60, tanin için 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren su üzerinde özgül direnç ölçümleri



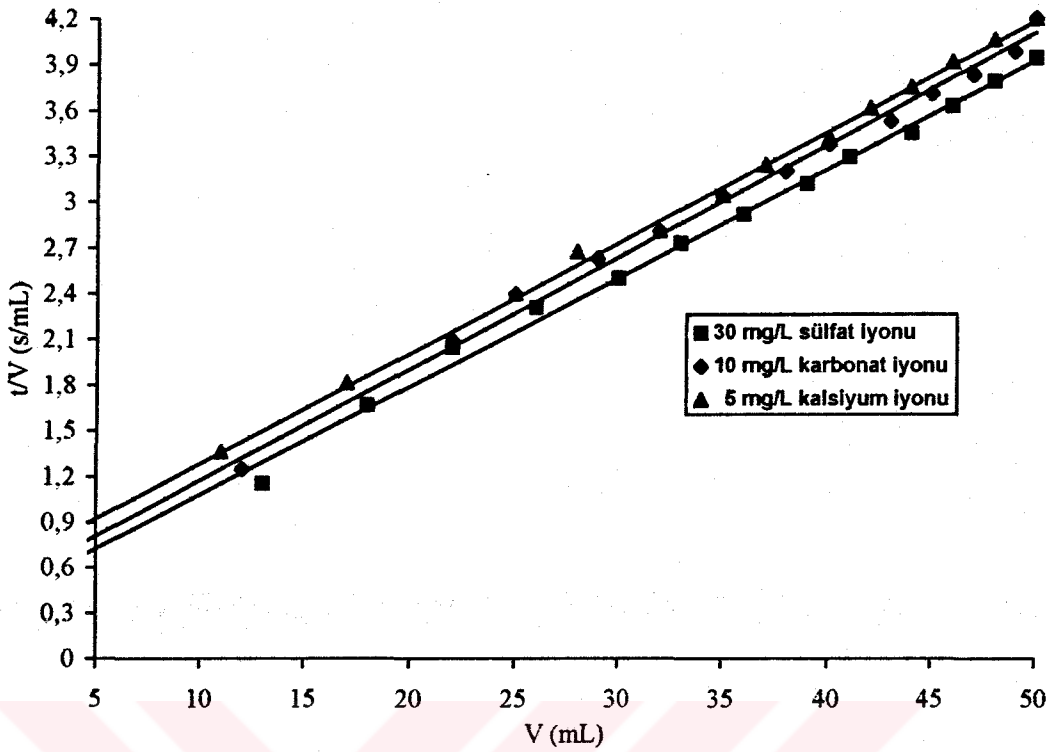
Şekil 5.95. Bulanıklığı 10 FTU olan ve  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin için 5 mg/L  $Mg^{2+}$  içeren su üzerinde özgül direnç ölçümleri



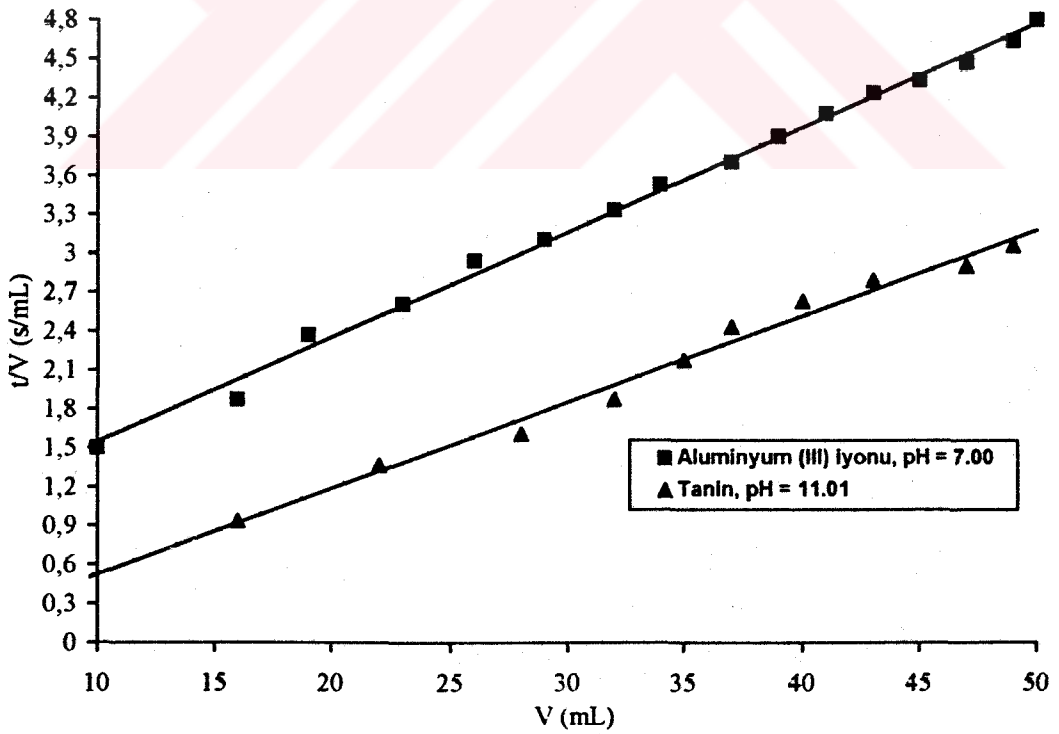
Şekil 5.96. Bulanıklığı 10 FTU olan ve  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ve tanin için 0.5 mg/L  $\text{Fe}^{3+}$  içeren su üzerinde özgül direnç ölçümleri



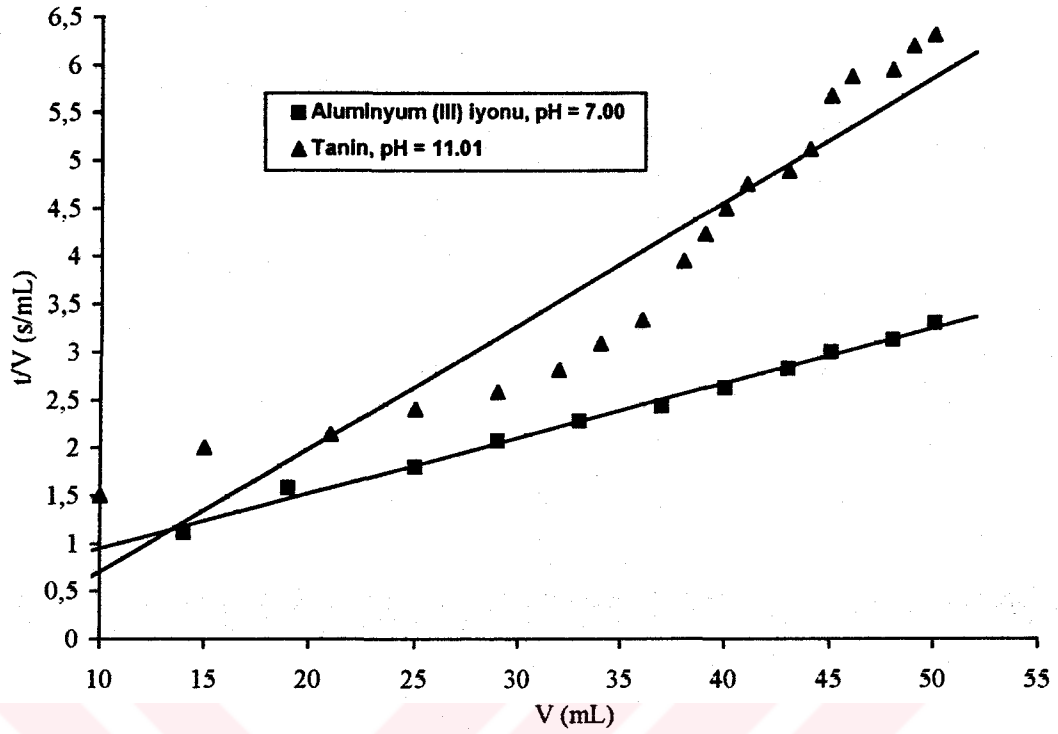
Şekil 5.97. Bulanıklığı 20 FTU olan su üzerinde özgül direnç ölçümleri



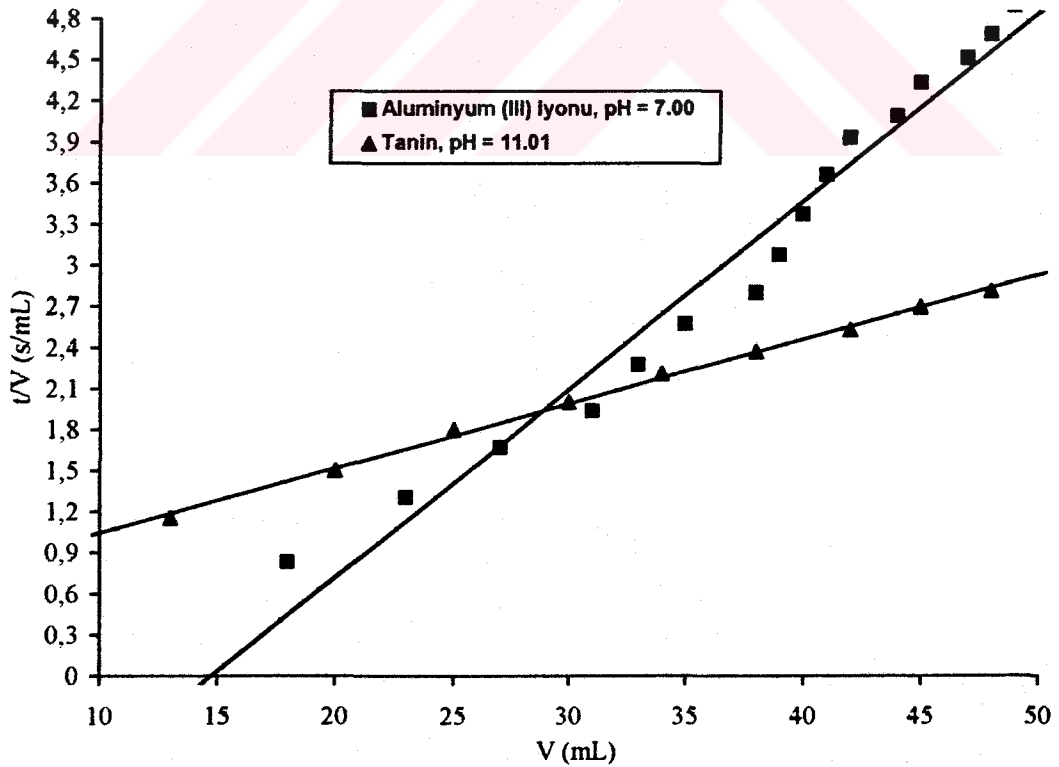
Şekil 5.98.  $Al_2(SO_4)_3$  ile bulanıklık gidermede, 20 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri



Şekil 5.99. Bulanıklığı 20 FTU olan ve  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanın için 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren su üzerinde özgül direnç ölçümleri



Şekil 5.100. Bulanıklığı 20 FTU olan ve  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  için 3 ve tanin için 5 mg/L  $\text{Mg}^{2+}$  içeren su üzerinde özgül direnç ölçümleri



Şekil 5. 101. Bulanıklığı 20 FTU olan ve  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ve tanin için 0.5 mg/L  $\text{Fe}^{3+}$  içeren su üzerinde özgül direnç ölçümleri



Tablo 5.13. Jar-test deneylerinde optimum dozlarda giderilen bulanıklıklar ve çamurların özgül dirençleri

Sentetik sular			Giderilen bulanık. (FTU) / Özgül direnç $\times 10^{13}$		
Başlangıç bulanık. (FTU)	İyon türü	İyon miktarı (mg/L)	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	AN913	Tanin
10.37	*	-	8.24 / 9.90	9.44 / 1.32	9.69 / 0.89
10.18	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	30	8.60 / 13.11	-	-
10.23	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	10	10.23 / 10.26	-	-
10.00	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	20 <sup>1</sup> , 10 <sup>2</sup> , 60 <sup>3</sup>	8.19 / 13.86	9.34 / 3.38	9.09 / 1.59
10.15	Ca <sup>2+</sup>	5	8.95 / 16.78	-	-
10.32	Mg <sup>2+</sup>	5 <sup>1</sup> , 5 <sup>3</sup>	9.09 / 14.97	-	9.99 / 0.51
10.12	Fe <sup>3+</sup>	0.5 <sup>1</sup> , 0.5 <sup>3</sup>	9.49 / 15.59	-	9.94 / 1.11
20.17	*	-	16.99 / 6.77	18.43 / 2.87	16.91 / 1.27
20.65	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	30	20.65 / 7.14	-	-
20.27	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	10	18.69 / 6.17	-	-
20.13	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	10 <sup>1</sup> , 10 <sup>3</sup>	18.61 / 6.21	-	19.51 / 1.28
20.76	Ca <sup>2+</sup>	5	19.56 / 6.32	-	-
20.80	Mg <sup>2+</sup>	3 <sup>1</sup> , 5 <sup>3</sup>	19.87 / 4.60	-	19.57 / 2.83
21.20	Fe <sup>3+</sup>	0.5 <sup>1</sup> , 0.5 <sup>3</sup>	20.57 / 12.35	-	19.46 / 1.00

\* : İyon ilave edilmemiş <sup>1</sup> : Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> için ilave edilen iyon miktarları

<sup>2</sup> : AN913 için ilave edilen iyon miktarları <sup>3</sup> : Tanin için ilave edilen iyon miktarları

10 ve 20 FTU bulanıklıklarda; özgül direnci en yüksek çamurları Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> verirken, tanin ve AN913 birbirine oldukça yakın özgül dirençlere sahip çamurlar oluşturmuştur. Bu durum, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ın oluşturduğu flokların küçük çaplı, buna karşılık tanin ve AN913 ile yapılan çalışmalarda oluşan flokların daha büyük çaplı olmasından ileri gelmektedir.

Bulanıklık gidermeye etkili olan iyonlarla da özgül direnç ölçümleri yapılmıştır. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ile bulanıklık gidermeye etkili olan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ve Ca<sup>2+</sup> iyonlarının etkili oldukları konsantrasyonlar ilave edilerek yapılan çalışmalarda, ölçülen özgül dirençler bir birine oldukça yakın bulunmuştur. Bu iyonların 10 FTU bulanıklıkta oluşturdukları çamurların özgül direnci iyonsuz duruma göre yüksek olurken, 20 FTU bulanıklıkta iyonsuz duruma çok yakın değerlerde bulunmuştur. Bu iyonların 10 FTU bulanıklıkta oluşturdukları flokların daha küçük çaplı olmaları ve dolayısıyla geçirgenliği daha az olan çamurlar oluşturduklarından özgül dirençleri daha yüksek çıkmaktadır.

10 FTU bulanıklıkta her üç koagülanta da etkili ve 20 FTU da  $Al_2(SO_4)_3$  ile tanin üzerinde etkili olan  $PO_4^{3-}$  iyonunun optimum miktarları ilave edilerek yapılan çalışmalarda özgül dirençler ölçülmüştür. Bulunan özgül dirençler  $Al_2(SO_4)_3$ , AN913 ve tanin sırasına göre azalmaktadır. Bu durumda yine oluşan flokların iriliği ve çamurların geçirgenliği ile ilişkilidir.

$Al_2(SO_4)_3$  ve tanin ile bulanıklık gidermeye etkili olan  $Mg^{2+}$  ve  $Fe^{3+}$  iyonlarının gerekli miktarları ilave edilerek yapılan çalışmalarda ölçülen özgül dirençlerde;  $Al_2(SO_4)_3$  için bulunan değerler tanin için bulunanlardan yüksek değerlerdedir. Bu iyonlarda da  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan çalışmada hidrositleri şeklinde çökerken bulanıklık oluşturan kolloidleride sürüklemektedirler dolayısı ile oluşan floklar küçüktür. Tanin de ise  $Mg^{2+}$  iyonu  $Mg(OH)_2$  şeklinde çökmekte, bu sırada kolloidleride ağ şeklinde sararak çöktürmektedir, bu esnada tanin de  $Mg(OH)_2$  flokları arasında köprü görevi görmektedir.  $Fe^{3+}$  te taninle çok iyi çöken Fe-tannat kompleksleri vermektedir. Bu şekilde çökerken bulanıklık oluşturan kolloidleride de sürüklemektedirler. Dolayısı ile oldukça büyük floklar teşekkül ettirmektedirler. Bu nedenle  $Al_2(SO_4)_3$  in meydana getirdiği çamurun geçirgenliği azken, taninin oluşturduğu çamur daha geçirgen yapıdadır.

Söz konusu bütün bu ilişkiler her üç koagülant içinde aynıdır. Bu sonuç, tanin ve AN913 ün oluşturdukları çamurların özellikleri bakımından  $Al_2(SO_4)_3$  a yakın birer koagülant olduğunu ortaya koymaktadır. Gerek iyonsuz gerekse etkili iyonlar ilave edildiğindeki özgül dirençler bakımından incelendiğinde; hem taninin hem de AN913 ün  $Al_2(SO_4)_3$  a nazaran, özgül dirençleri daha az olan çamurlar verdikleri görülür. Söz konusu iki koagülant kolloidler arasında köprü oluşturarak büyük çaplı floklar oluşturmakta ve dolayısıyla daha geçirgen çamurlar meydana getirmektedirler.  $Al_2(SO_4)_3$  ortamda hidroliz olarak jel yapıda  $Al(OH)_3$  şeklinde çökmektedir. Bu sırada kolloidleride de sürüklemektedirler. Bu nedenle oluşan floklar küçük çaplıdır ve  $Al(OH)_3$  in jel yapısından dolayı da geçirgenliği daha az çamurlar oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, tanin ve AN913 ün iki farklı bulanıklıkta ve değişik iyonların ilave edildiği sentetik sulardaki floküle edilmiş çamurların özgül dirençleri,  $Al_2(SO_4)_3$  a göre daha küçük değerlere sahiptir.

### 5.7. Flok İlk Oluşum Zamanları

Kolloidal partiküllerin zeta potansiyellerini düşürerek, destabilize edebilme yeterliliği açısından, bir koagülant için flok ilk oluşum zamanı önemli bir parametredir. Bulanıklığı 10 ve 20 FTU olan sentetik sulara; alüminyum sülfat için optimum pH = 7, AN913 için pH = 10 ve tanin için pH = 11 de yapılan jar-test deneylerinde optimum dozlarda flok ilk oluşum zamanları tesbit edilmiştir. Sonuçlar Tablo 5.14 de verilmiştir.

Tablo 5.14. Jar-test deneylerinde optimum dozlarda koagülantların ilk flok oluşturma zamanları

Başlangıç Bulanık (FTU)	Koagülant türü	İyon türü / Flok ilk oluşum zamanları (s)						
		*	$SO_4^{2-}$	$CO_3^{2-}$	$PO_4^{3-}$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Fe^{3+}$
10	$Al_2(SO_4)_3$	H.K. 50	Y.K. 20	Y.K.14	H.K. 50	H.K. 30	H.K. 40	H.K. 40
	AN913	H.K. 20			H.K. 20			-
	Tanin	H.K. 40	-	-	Y.K. 20	-	H.K. 20	H.K. 30
20	$Al_2(SO_4)_3$	H.K. 50	Y.K. 17	Y.K. 15	H.K. 40	H.K. 40	H.K. 55	H.K. 40
	AN913	H.K. 20	-	-	-	-	-	-
	Tanin	H.K. 40	-	-	H.K. 40	-	H.K. 20	H.K. 20

H.K. : Hızlı karıştırma Y.K. : Yavaş karıştırma

Tablo 5.14 den de görüldüğü gibi her üç koagülantta daha henüz hızlı karıştırma (200 dev/dak) esnasındayken flok teşekkül ettirmeye başlamaktadır. Flok ilk oluşum zamanları ancak bazı iyonlar mevcutken yavaş karıştırma (45 dev/dak) kademesinde gerçekleşmektedir.

Flok ilk oluşum zamanı koagülantın yeterlilik derecesinin bir ölçüsüdür. Flok ilk oluşum zamanlarının üç koagülant içinde kısa olması kullandıkları pH larda etkili olduklarını göstermektedir. Tanin ve AN913 için flok ilk oluşum zamanlarının

$Al_2(SO_4)_3$  a nazaran daha kısa bir sürede olması bu koagülantların kolloidleri daha az bir zamanda floküle ettiklerini göstermektedir. Bu durum tanin ve AN913 ün fonksiyonel gruplarının kolloidlere adsorpsiyonunun ve kolloidler arasında köprü oluşturmalarının yük nötralizasyonundan daha kısa sürede gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır.

### 5.8. Çökme Hızı Çalışmalarının Sonuçları

Aluminyum sülfat, AN913 ve taninin jar-test deneylerinde optimum dozlarda meydana getirmiş oldukları flokların çökme özelliğini incelemek üzere, çökme kolonu analizleri yapılmıştır. Üç koagülant için, flokların süreye karşı aldıkları yollar Tablo 5.15 - 5.17 de, ayrıca Şekil 5.102 - 5.107 de verilmiştir.

Tablo 5.15. 10 FTU bulanıklıkta  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi

Çökme süresi (dak)	İlave edilen iyonlar / Çökme yükseklikleri (cm)						
	*	$SO_4^{2-}$	$CO_3^{2-}$	$PO_4^{3-}$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Fe^{3+}$
1	1.0	1.0	2.0	0.5	1.0	2.0	2.0
2	2.5	3.0	4.0	2.5	3.0	4.0	4.0
3	4.0	4.5	6.5	4.0	6.0	6.0	7.0
4	7.0	7.5	9.0	6.0	9.0	9.0	10.0
5	10.0	12.0	12.0	8.0	12.0	12.0	12.0
6	12.0	-	-	10.0	-	-	-
7	-	-	-	12.0	-	-	-

Tablo 5.16. 20 FTU bulanıklıkta  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi

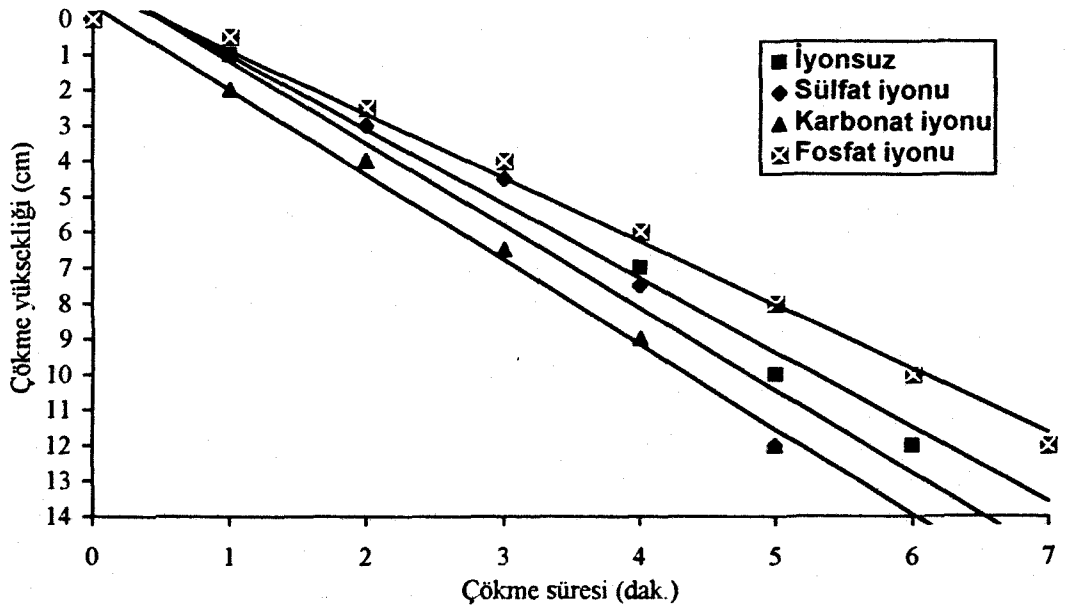
Çökme süresi (dak)	İlave edilen iyonlar / Çökme yükseklikleri (cm)						
	*	$SO_4^{2-}$	$CO_3^{2-}$	$PO_4^{3-}$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Fe^{3+}$
1	2.5	2.0	1.0	1.0	2.0	3.0	2.0
2	5.0	5.0	4.0	3.0	6.0	6.0	5.0
3	7.0	7.0	6.0	6.0	10.0	9.0	7.0
4	10.0	12.0	9.0	8.0	12.0	12.0	11.0
5	12.0	-	12.0	10.0	-	-	12.0
6	-	-	-	12.0	-	-	-

Tablo 5.17. Tanin ile yapılan jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi

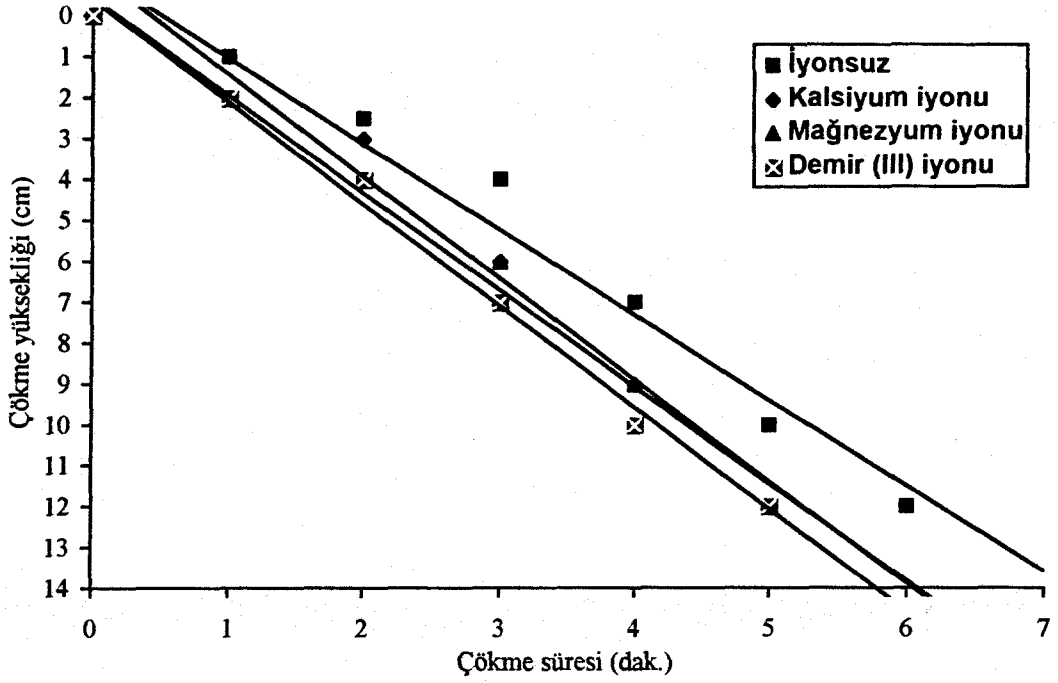
Çökme süresi (dak)	Başlangıç bulanıklıkları							
	10 FTU				20 FTU			
	İlave edilen iyonlar / Çökme yükseklikleri (cm)							
	*	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	*	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>
1	1.5	1.0	1.0	3.0	2.0	1.5	1.5	2.5
2	4.0	2.5	3.0	8.0	5.0	3.0	3.0	6.0
3	6.0	4.0	5.0	11.0	7.0	4.5	6.0	9.0
4	8.5	7.0	7.0	12.0	9.0	6.0	8.0	12.0
5	10.5	9.0	9.0	-	11.0	8.5	10.0	-
6	12.0	12.0	11.0	-	12.0	11.0	12.0	-
7	-	-	12.0	-	-	12.0	-	-

AN913 ile yapılan deneylerde oluşan floklar karıştırma esnasında tabana çökerek büyük flok yumakları olduğundan, karıştırma işlemi bittiğinde suda flok bulunmamakta ve bu nedenle flok çökme süreleri tesbit edilememiştir.

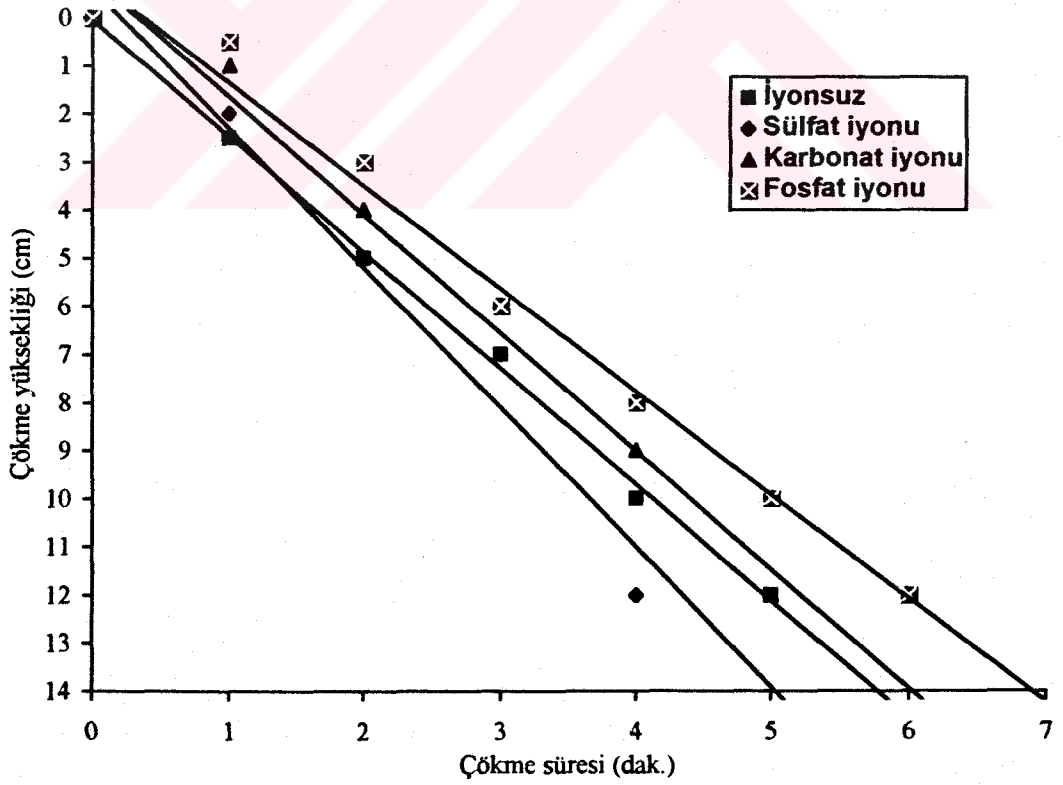
İnceleme konusu olan koagülantların, optimum dozlarda gidermiş oldukları bulanıklık ile flokların çökme hızı arasındaki ilişki incelenmiştir. Bunun için Şekil 5.102 - 5.107 de verilen grafikler kısmen doğrusal olduklarından eğimleri hesaplanarak, çökme hızları bulunmuş ve Tablo 5.18 de verilmiştir.



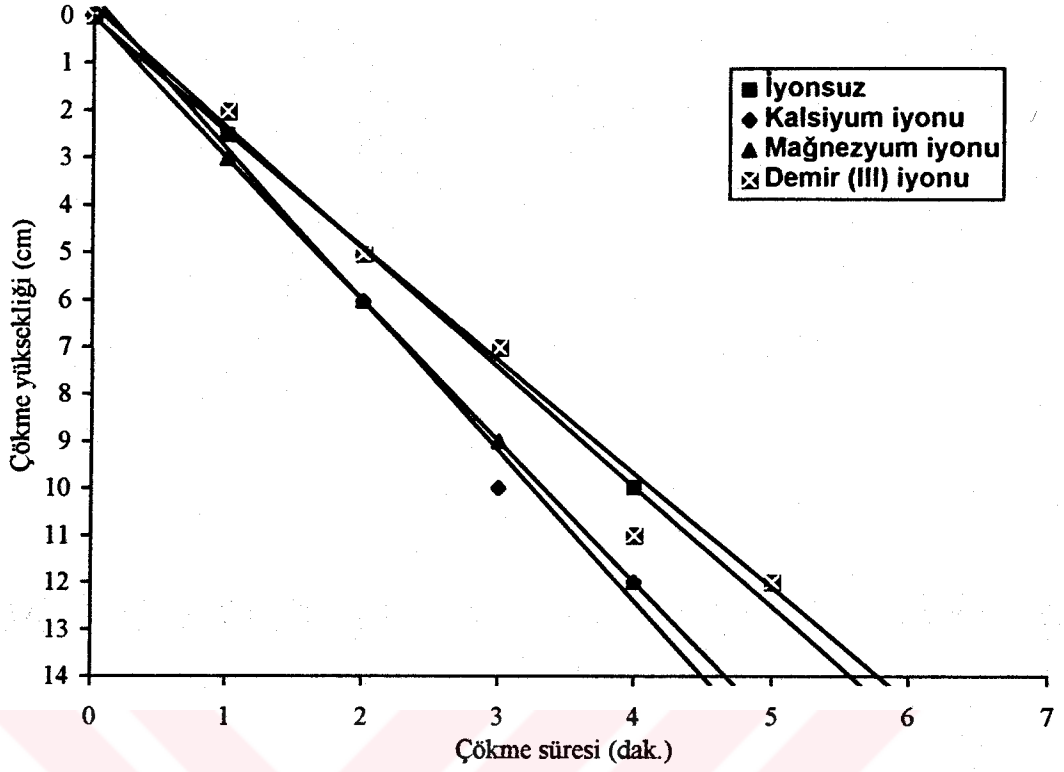
Şekil 5.102. 10 FTU bulanıklıkta Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi



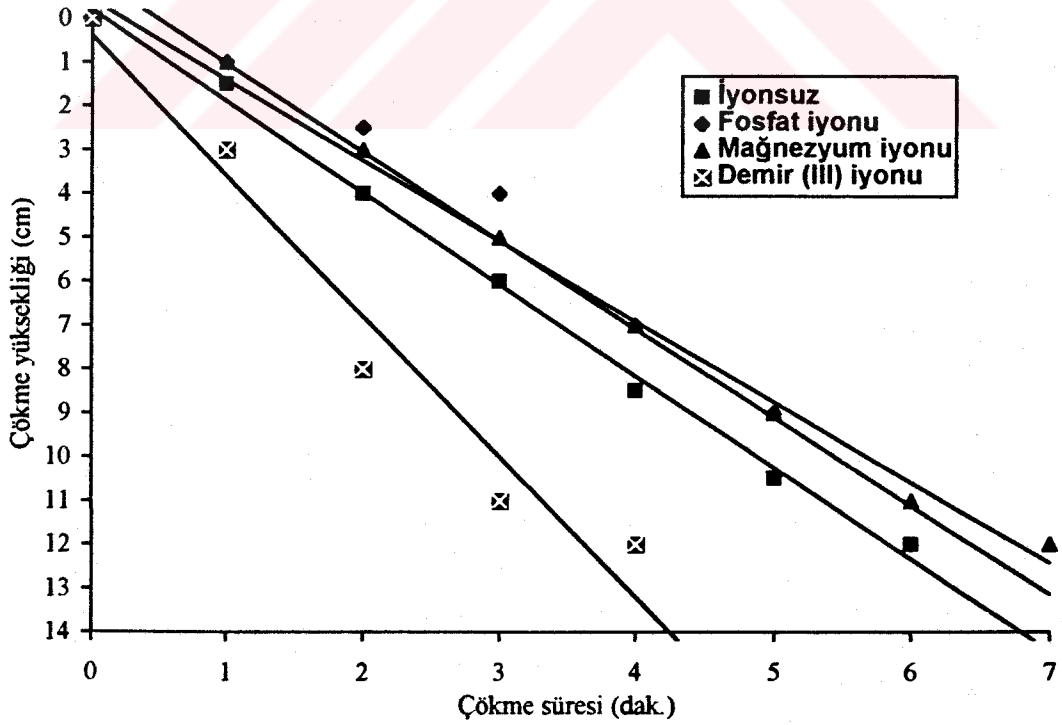
Şekil 5.103. 10 FTU bulanıklıkta  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi



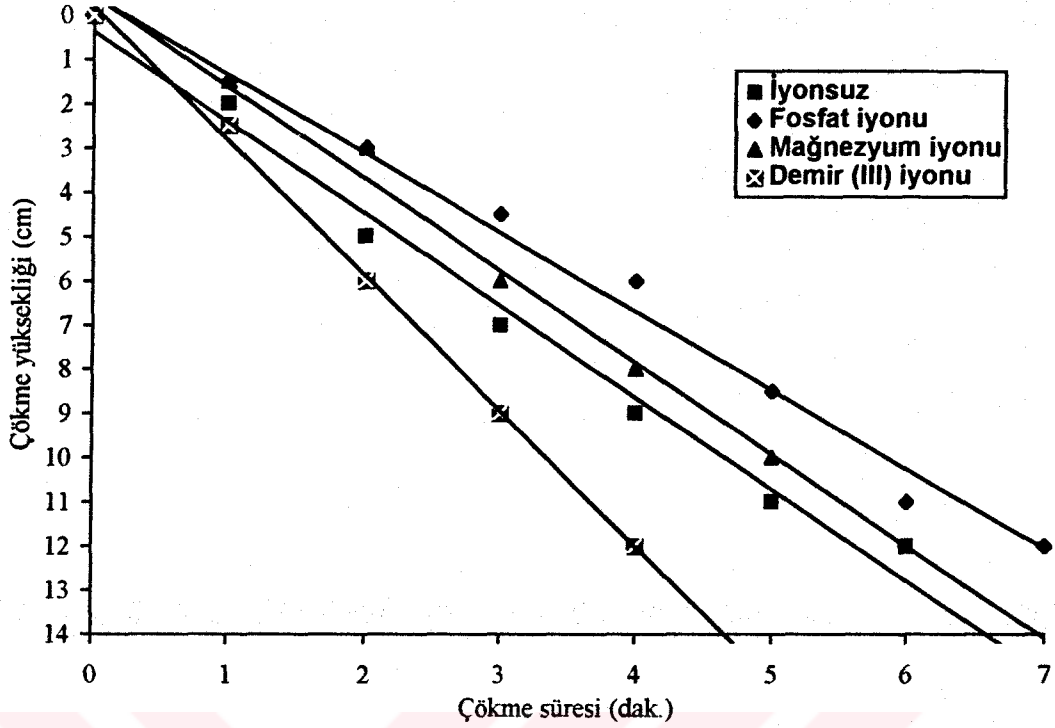
Şekil 5.104. 20 FTU bulanıklıkta  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi



Şekil 5.105. 20 FTU bulanıklıkta  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi



Şekil 5.106. 10 FTU bulanıklıkta tanin ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi



Şekil 5.107. 20 FTU bulanıklıkta tanin ile yapılan Jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi

Tablo 5.18.  $Al_2(SO_4)_3$  ve taninin optimum dozlarında ve iyon miktarlarında oluşturdukları flokların çökme hızları

Başlangıç Bulanık. (FTU)	Koagülant türü	İyon türü / Flokların çökme hızı (cm/dk)						
		*	$SO_4^{2-}$	$CO_3^{2-}$	$PO_4^{3-}$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Fe^{3+}$
10	$Al_2(SO_4)_3$	2.31	2.41	2.50	1.91	2.80	2.50	2.60
	Tanin	2.13	-	-	2.21	-	1.89	3.00
20	$Al_2(SO_4)_3$	2.40	3.20	2.70	2.36	3.40	3.00	2.60
	Tanin	2.00	-	-	1.83	-	1.92	3.15

Giderilen bulanıklık ile çökme hızı arasındaki ilişki  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin için benzer şekilde gelişmektedir. Ancak AN913 daha büyük ve daha yoğun floklar vermekte olup, karıştırma esnasında çökmektedirler.



## BÖLÜM 6. TANİNİN FLOKÜLANT YARDIMCISI OLARAK KULLANILMASI

Tabii polielektrolit olan taninin flokülant yardımcısı olarak kullanılabilirliği; İSKİ Ömerli Su Tasfiye Tesislerinde flokülant yardımcısı olarak kullanılan sentetik polielektrolit AN913 ile mukayeseli olarak yapılan jar-test deneyleriyle araştırılmıştır. Bunun için Bölüm 5 de  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan deneylerde; farklı bulanıklıklarda optimum pH da bulunan optimum dozlar yarıya düşürülmüş, tanin ve AN913 flokülant yardımcısı olarak kullanılmıştır. Koagülasyon adımıdaki hızlı karıştırma hızı ve süresi, yine flokülasyon adımıdaki yavaş karıştırma hızı ve süresi aynı şekilde tatbik edilmiştir. Kolloidal partiküller  $Al_2(SO_4)_3$  ile pıhtılaştırıldıktan sonra flokülasyon adımıda tanin veya AN913 ün belirli miktarları ilave edilmiştir.

### 6.1. Taninin Flokülant Yardımcısı Olarak Kullanılması

10, 20, 50, 100, 200 ve 300 FTU bulanıklıklarda optimum bulunan pH 7 ve 8 de;  $Al_2(SO_4)_3$  in tek başına kullanıldığında optimum bulunan dozları yarıya düşürülmüş ve taninin belirli miktarları flokülant yardımcısı olarak kullanılmıştır. Bulunan sonuçlar Tablo 6.1 ve Şekil 6.1 - 6.6 da verilmiştir.

Tablo 6.1. Tanin flokülant yardımcısı olarak kullanıldığında giderilen bulanıklıklar

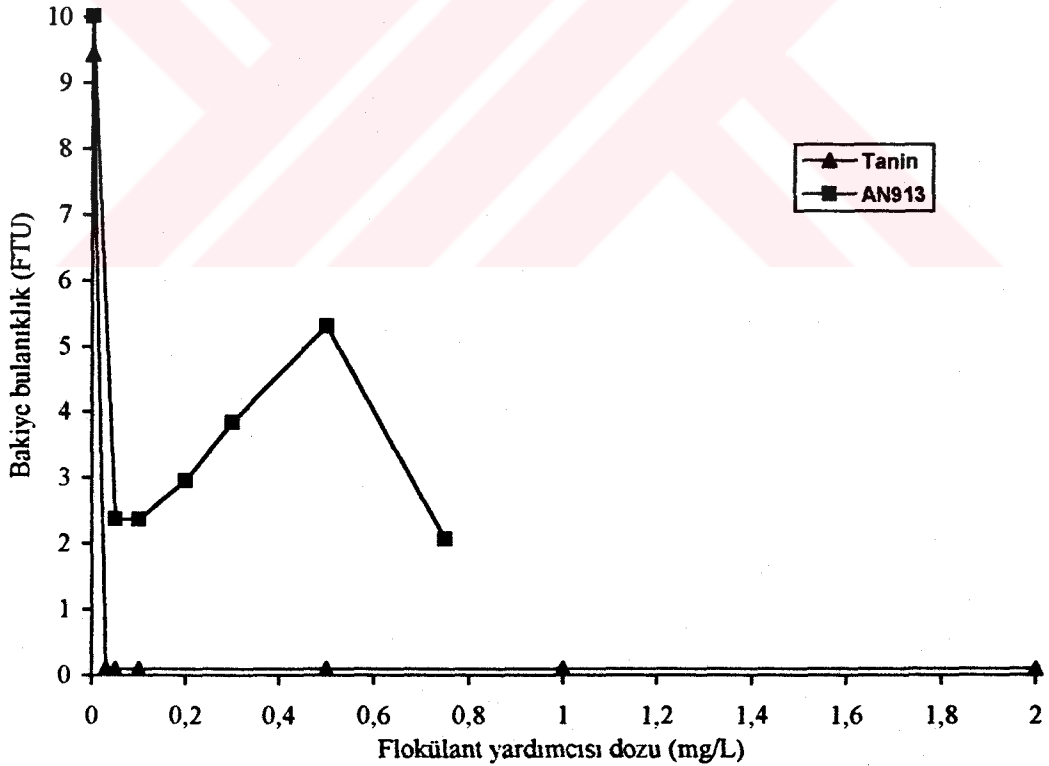
Başlangıç Bulanıklığı (FTU)	pH	$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	Tanin dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU)					
			0.03	0.05	0.10	0.50	1.00	2.00
9	7.00	1.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
20	7.00	1.0	0.90	0.90	0.90	0.31	0.31	0.01
50	7.00	1.5	0.00	0.00	0.31	0.31	0.31	0.01
100	7.00	2.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200	8.00	2.5	1.19	1.19	1.48	0.60	0.00	0.00
300	8.00	2.5	3.84	3.84	2.66	0.90	0.00	0.00

## 6.2. AN913 ün Flokülant Yardımcısı Olarak Kullanılması

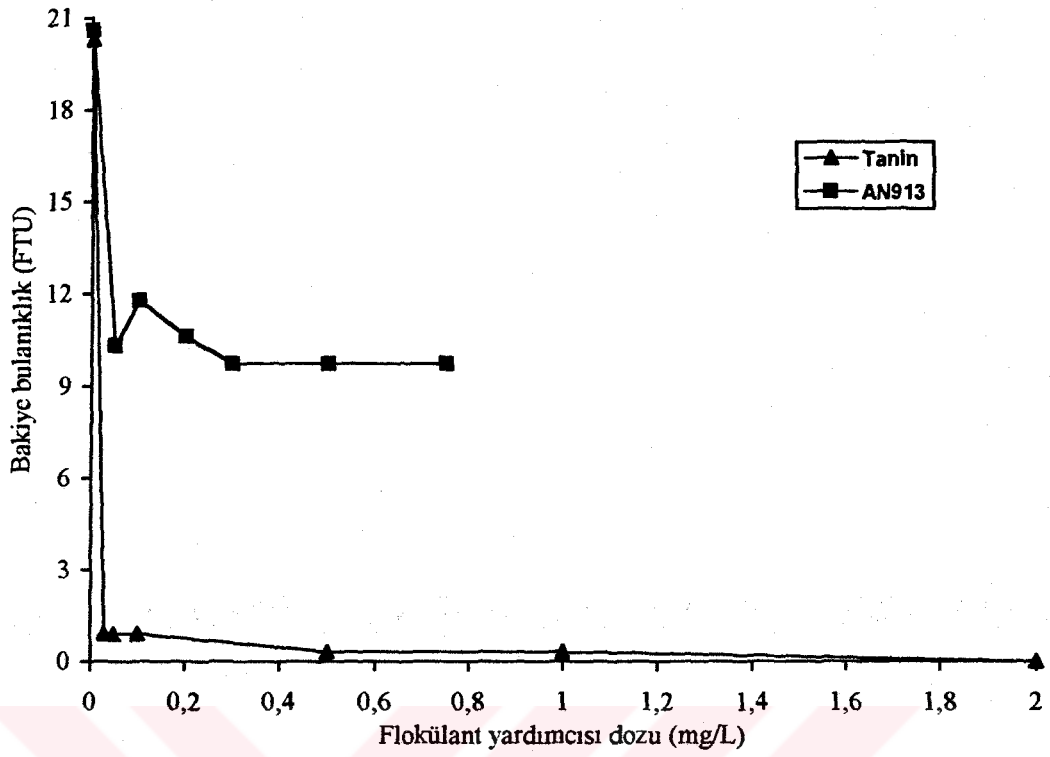
Altı farklı bulanıklık ve bu bulanıklıklar için optimum bulunan pH 7 ve 8 de  $Al_2(SO_4)_3$  in optimum dozları yarıya düşürülmüş ve AN913 ün belirli miktarları flokülant yardımcı olarak kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 6.2 ve Şekil 6.1 - 6.6 da verilmiştir.

Tablo 6.2. AN913 flokülant yardımcı olarak kullanıldığında giderilen bulanıklıklar

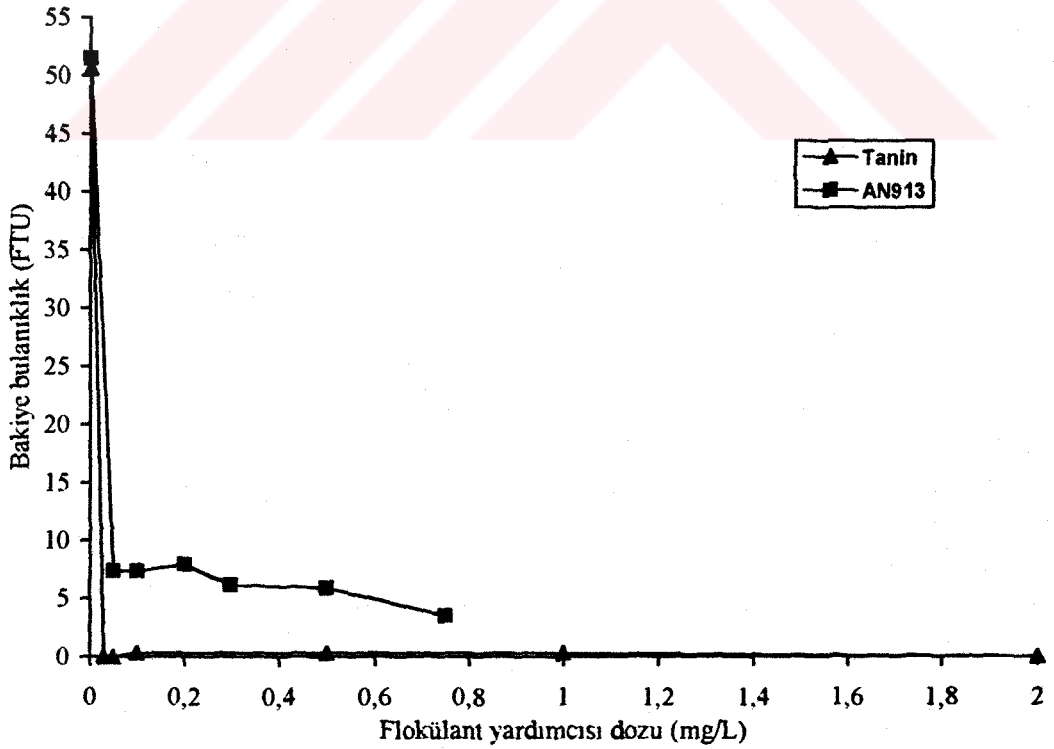
Başlangıç Bulanıklığı (FTU)	pH	$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	AN913 dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU)					
			0.05	0.10	0.20	0.30	0.50	0.75
10	7.00	1.0	2.37	2.37	2.95	3.84	5.31	2.07
20	7.00	1.0	10.31	11.78	10.60	9.72	9.72	9.72
51	7.00	1.5	7.37	7.37	7.95	6.19	5.90	3.54
101	7.00	2.5	2.37	2.37	2.37	2.07	2.07	1.19
200	8.00	2.5	8.54	8.25	8.25	7.66	7.66	3.84
300	8.00	2.5	10.90	10.60	35.04	10.01	9.72	3.54



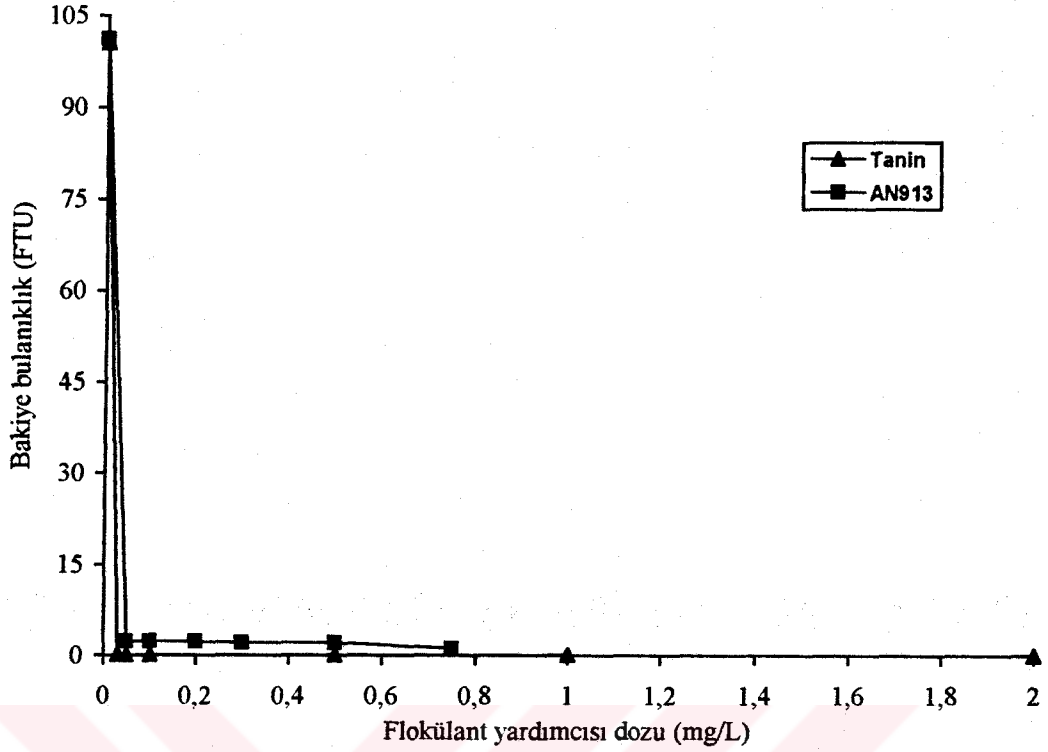
Şekil 6.1. 10 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ve AN913 ün flokülant yardımcı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde giderilen bulanıklıklar



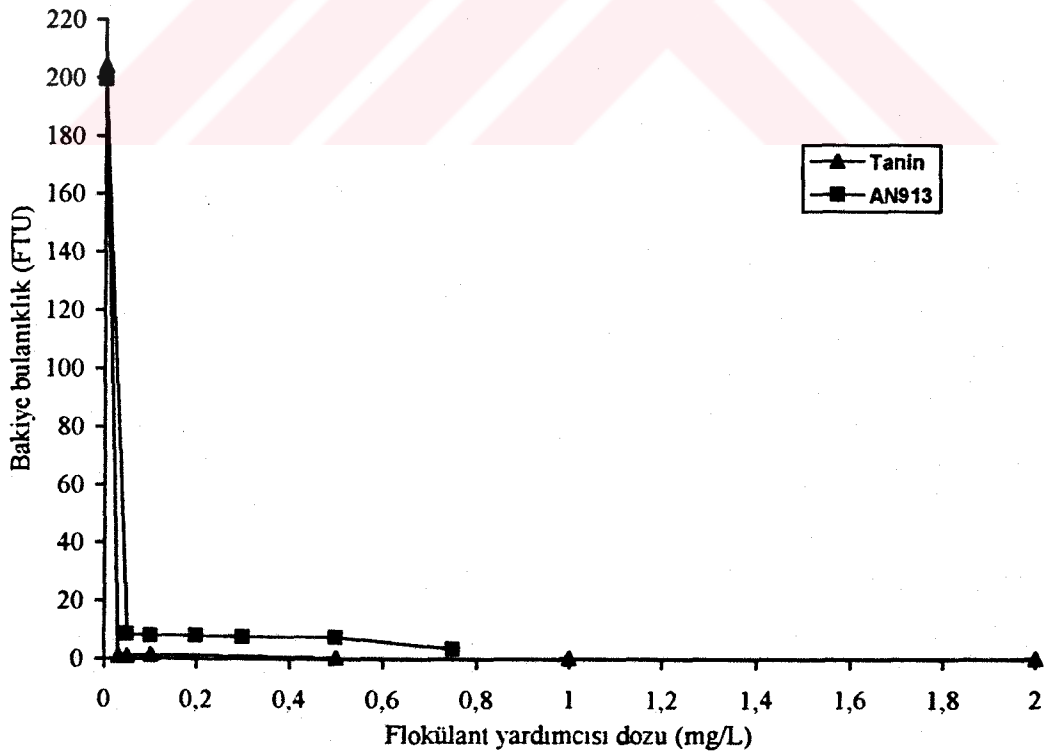
Şekil 6.2. 20 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ve AN913 ün flokülant yardımcı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde giderilen bulanıklıklar



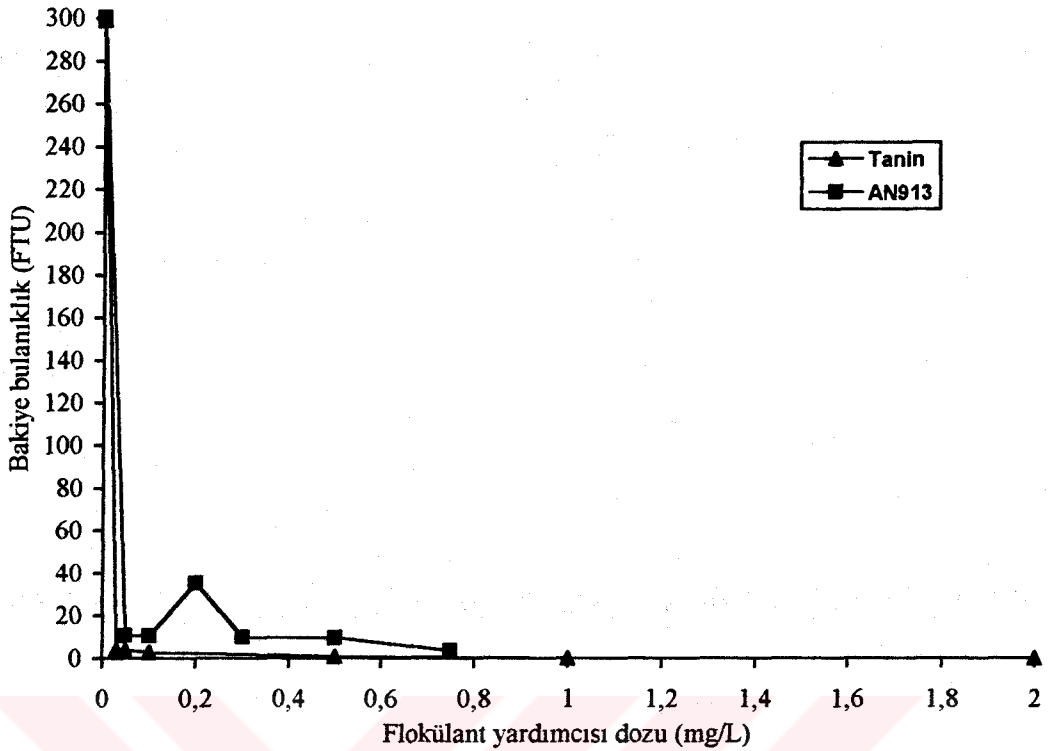
Şekil 6.3. 50 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ve AN913 ün flokülant yardımcı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde giderilen bulanıklıklar



Şekil 6.4. 100 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ve AN913 ün flokülant yardımcı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde giderilen bulanıklıklar



Şekil 6.5. 200 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ve AN913 ün flokülant yardımcı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde giderilen bulanıklıklar



Şekil 6.6. 300 FTU bulanıklıktaki sentetik suda tanin ve AN913 ün flokülant yardımcı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde giderilen bulanıklıklar

Farklı bulanıklıktaki sentetik sular üzerinde tanin kullanılarak yapılan çalışmalarda elde edilen bakiye bulanıklıklar, AN913 kullanıldığında elde edilenlerden daha düşüktür. Bu sonuçlar taninin flokülant yardımcı olarak AN913 ten daha iyi neticeler verdiğini göstermektedir. AN913,  $Al_2(SO_4)_3$  ile pıhtılaşmış kolloidler arasında adsorplanarak köprü oluşturmak suretiyle flokları daha da büyütür. Aynı zamanda oluşturduğu yoğun floklar daha karıştırma esnasında tabana çöktüğü için ortamda daha fazla süreyle  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 kalmamaktadır. Tanin ise pıhtılaşmış kolloidler arasında köprü oluşturmanın yanı sıra, gerek kolloidler üzerindeki alüminyum gerekse destabilizasyona henüz iştirak etmemiş bakiye alüminyum ile alüminyum tannatları oluşturmaktadır. Böylece hem destabilize olmuş flokları büyütme hem de bakiye alüminyum ile oluşturduğu tannatlar ile kolloidleri sürüklemektedir. Ayrıca karıştırma süresince dispersiyon ortamında bulunduğu için destabilize olmamış kolloidlerle daha uzun süre temas imkanı bulmaktadır. Bu nedenle tanin AN913 ten daha iyi sonuçlar verebilmektedir.

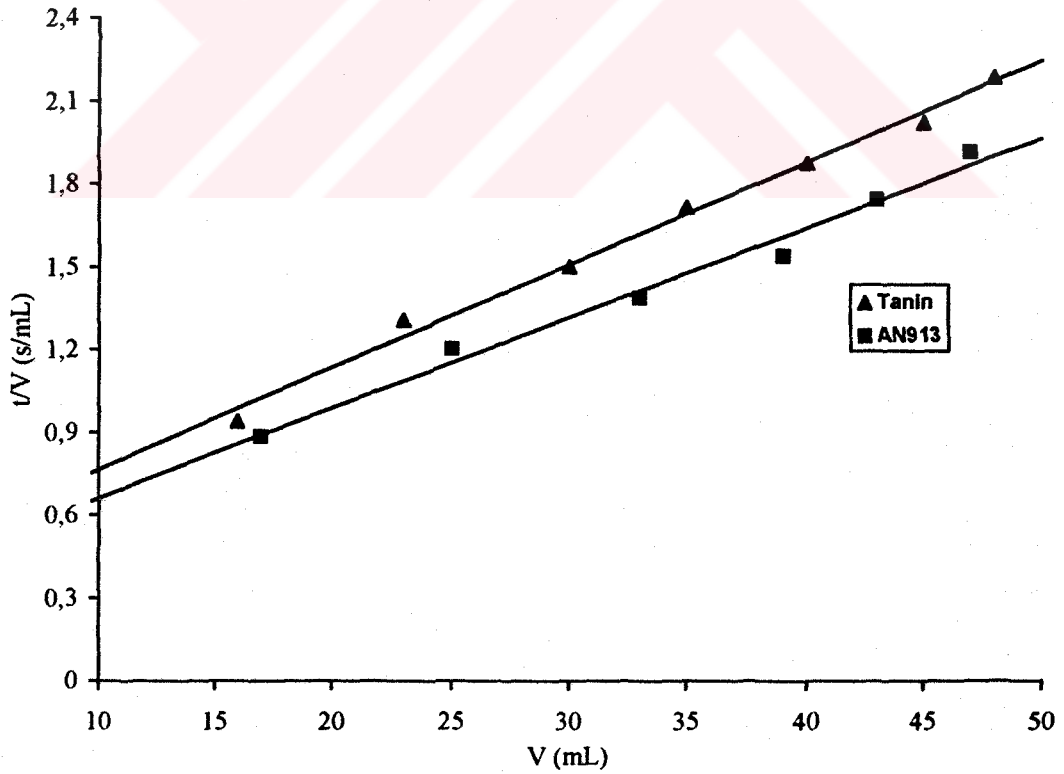
Tablo 6.1 ve 6.2 ile Şekil 6.1-6.6 daki verilerden flokülant yardımcıların optimum dozları belirlenmiş ve Tablo 6.3 de verilmiştir.

Tablo 6.3. Tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak optimum dozları

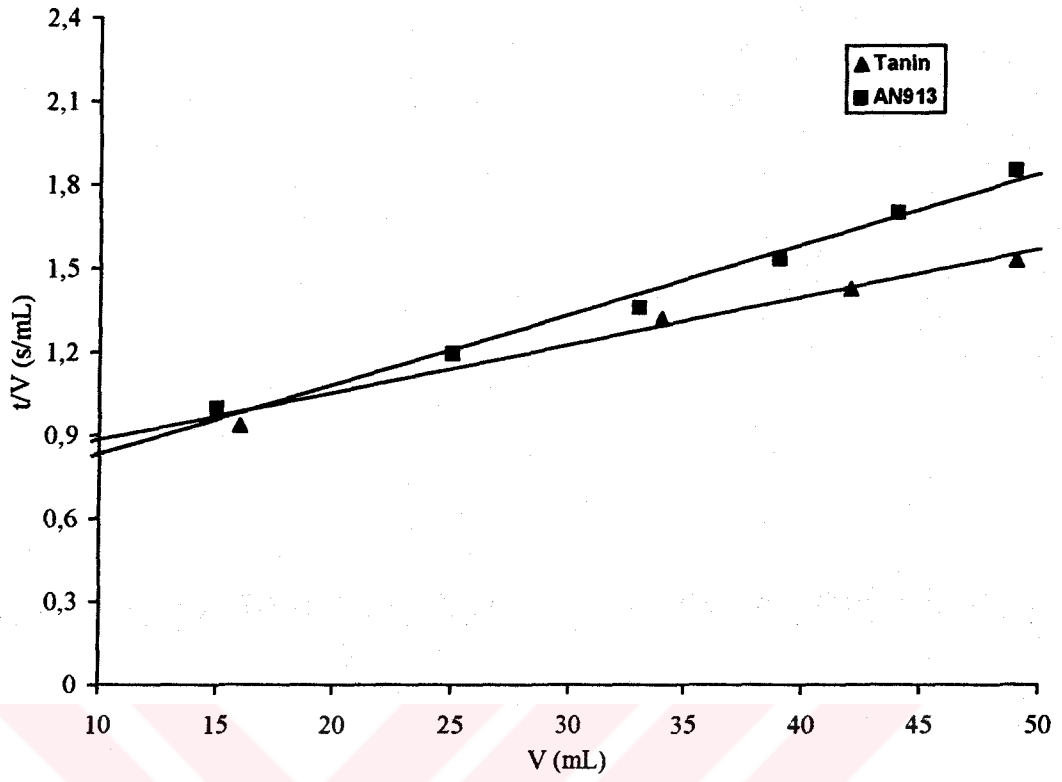
Başlangıç Bulanıklığı (FTU)	pH	Al <sup>3+</sup> dozu (mg/L)	Flokülant yardımcıların optimum dozları (mg/L)	
			Tanin	AN913
10	7.00	1.0	0.03	0.05
20	7.00	1.0	0.03	0.05
50	7.00	1.5	0.03	0.75
100	7.00	2.5	0.03	0.75
200	8.00	2.5	1.00	0.75
300	8.00	2.5	1.00	0.75

### 6.3. Özgül Direnç Ölçümleri

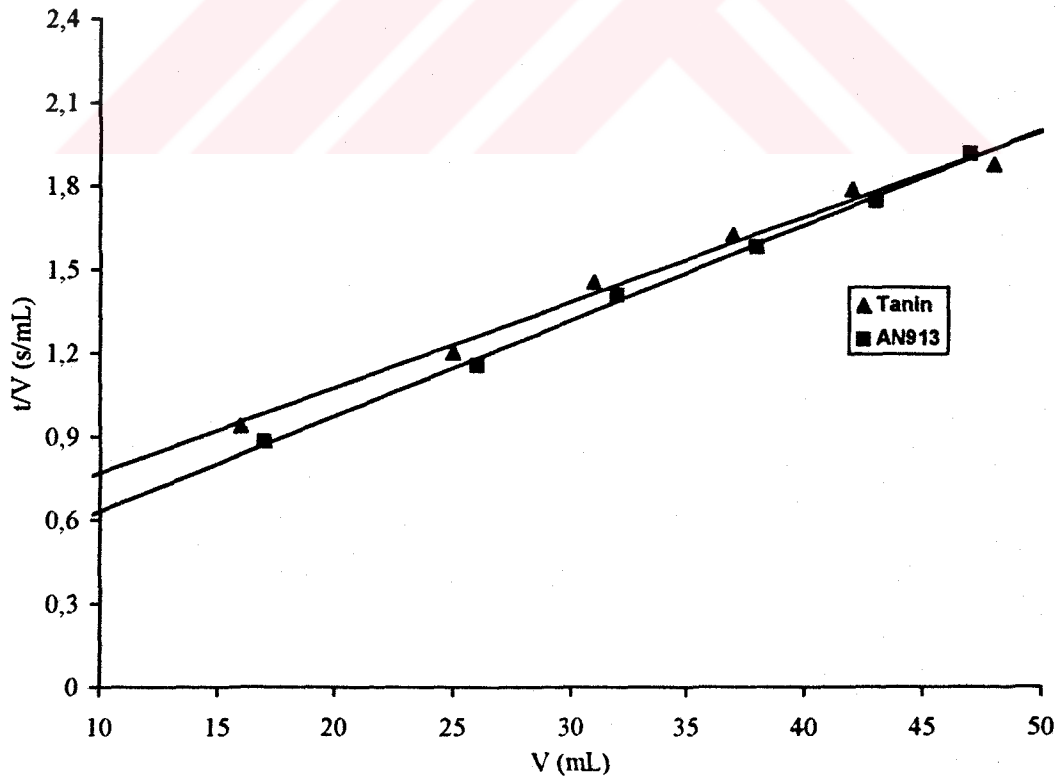
Farklı özelliklerdeki 12 sentetik su numunesinde özgül direnç deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 6.7 - 6.12 de verilmiştir.



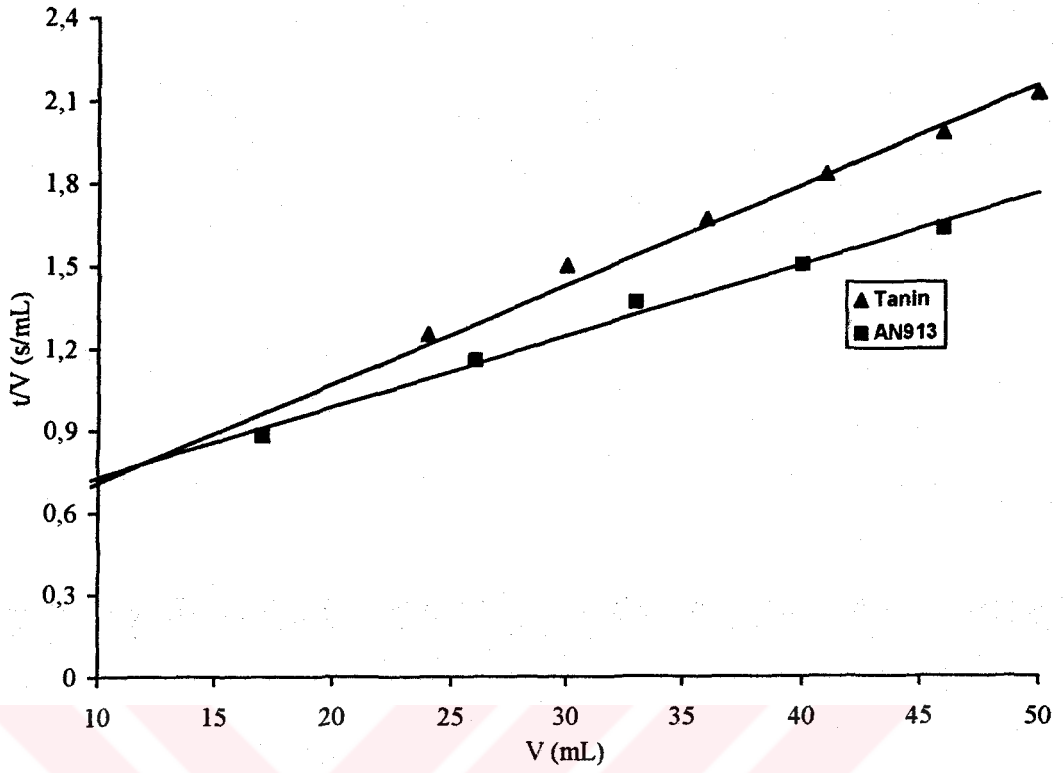
Şekil 6.7. Tanin ve AN913 ile bulanıklık gidermede, 10 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri



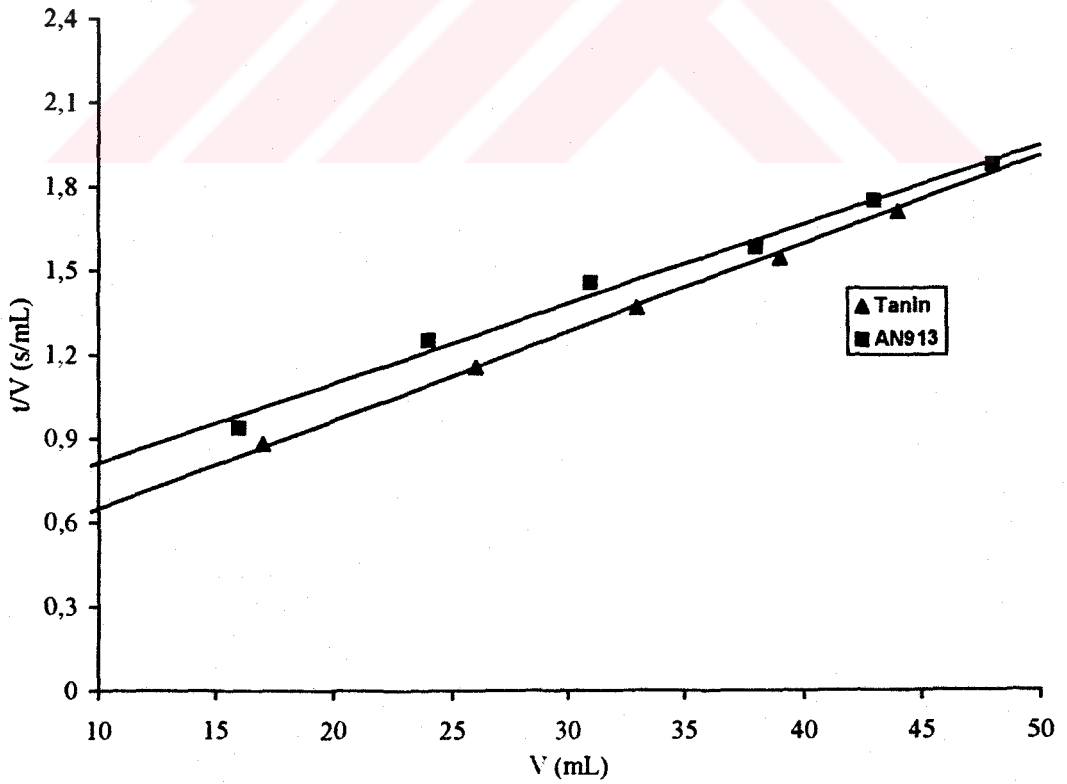
Şekil 6.8. Tanin ve AN913 ile bulanıklık gidermede, 20 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri



Şekil 6.9. Tanin ve AN913 ile bulanıklık gidermede, 50 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri

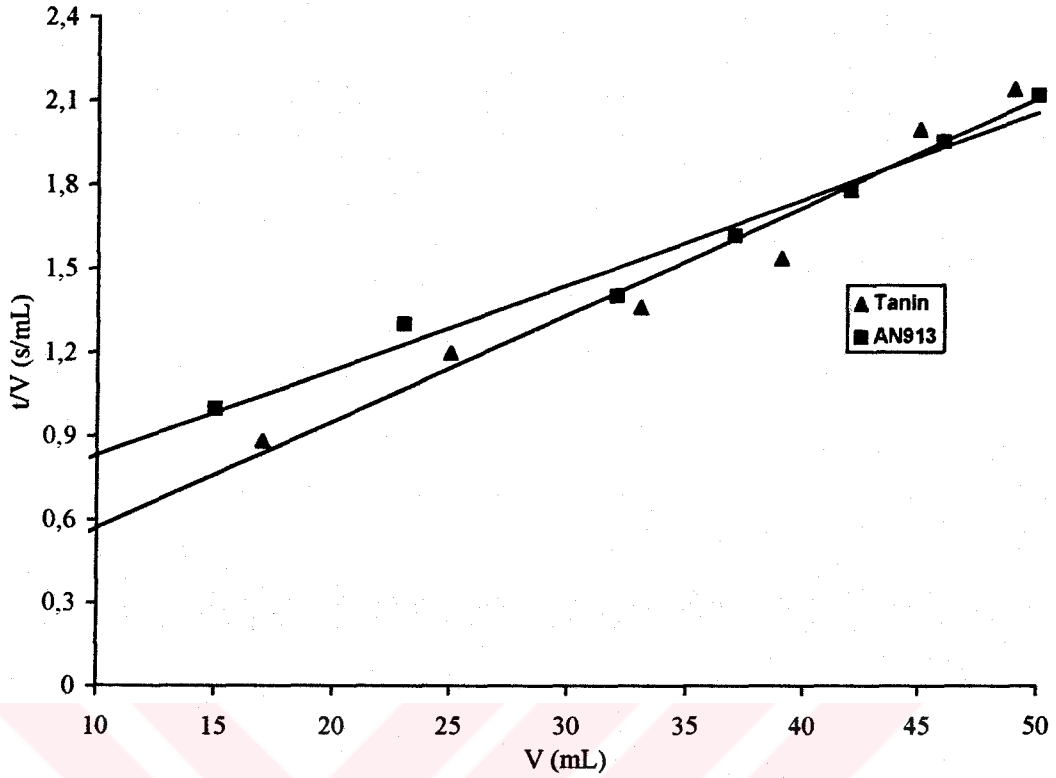


Şekil 6.10. Tanin ve AN913 ile bulanıklık gidermede, 100 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri



Şekil 6.11. Tanin ve AN913 ile bulanıklık gidermede, 200 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri



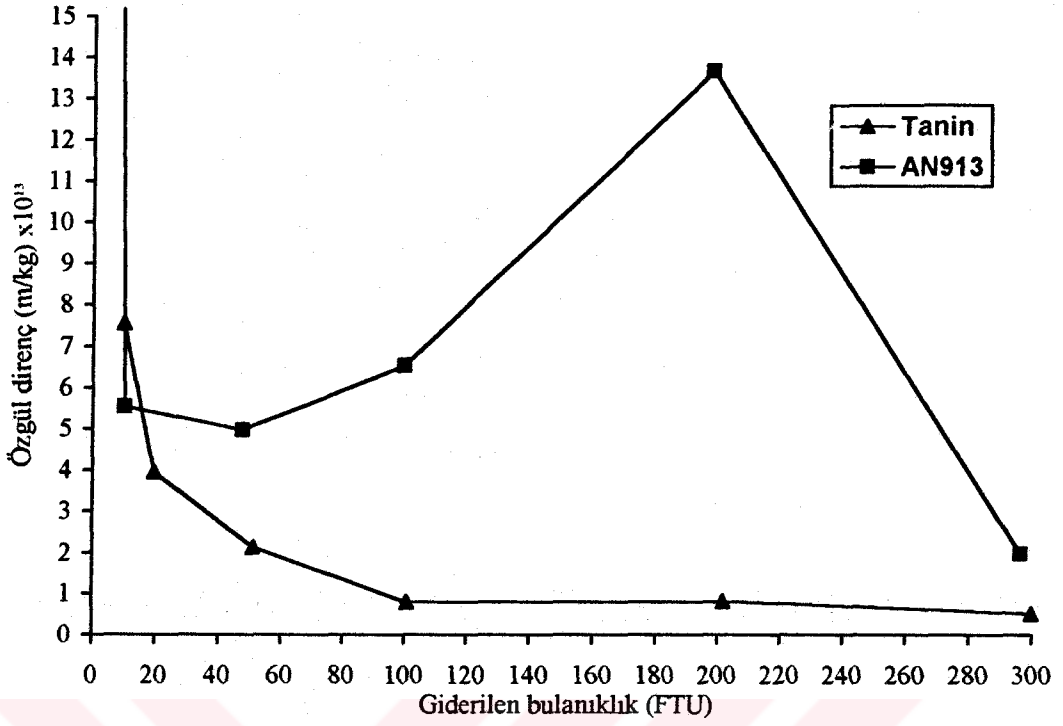


Şekil 6.12. Tanin ve AN913 ile bulanıklık gidermede, 300 FTU su üzerinde özgül direnç ölçümleri

Bu grafiklerin eğimlerinden faydalanarak özgül direnç değerleri hesaplanmıştır. Tanin ve AN913;  $Al_2(SO_4)_3$  in yanında flokülant yardımcısı olarak kullanıldığında her bir sentetik su için optimum dozlarda meydana getirmiş oldukları çamurların özgül dirençleri mukayese edilmiştir. Optimum dozda giderilen bulanıklık ile çamurun özgül direnci arasındaki ilişki araştırılmıştır. Optimum dozda giderilen bulanıklıklar ve bunlara karşılık gelen özgül dirençler Tablo 6.4 de verilmiş ve Şekil 6.13 de gösterilmiştir.

Tablo 6.4. Tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde optimum dozlarda giderilen bulanıklıklar ve çamurların özgül dirençleri

Başlangıç bulanıklık. (FTU)	$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	F. yardımcısı dozu (mg/L)		Giderilen bul. (FTU) / Özgül direnç $\times 10^{13}$	
		Tanin	AN913	Tanin	AN913
10	1.0	0.03	0.05	9.72 / 7.56	7.35 / 30.61
20	1.0	0.03	0.05	19.56 / 3.95	10.15 / 5.54
50	1.5	0.03	0.75	51.04 / 2.14	47.50 / 4.98
100	2.5	0.03	0.75	100.90 / 0.79	99.71 / 6.56
200	2.5	1.00	0.75	201.79 / 0.81	197.95 / 13.73
300	2.5	1.00	0.75	299.88 / 0.51	296.34 / 1.98



Şekil 6.13. Özgül direnç-giderilen bulanıklık ilişkisi

Taninle yapılan çalışmalarda, giderilen bulanıklık arttıkça meydana gelen çamurun özgül direnci sürekli olarak azalmaktadır. AN913 ile yapılan çalışmalarda ise giderilen bulanıklık 50 FTU oluncaya kadar özgül direnç azalmakta, bu bulanıklıktan sonra giderilen bulanıklık 200 FTU oluncaya kadar özgül direnç artmaktadır. Taninle yapılan çalışmalarda görülen bu sürekli azalma, bulanıklık arttıkça gerekli tanin ve  $Al^{3+}$  dozlarının artışıyla oluşan alüminyum-tannat komplekslerinin artmasından ve oluşacak  $Al(OH)_3$  miktarının azalmasından ileri gelmektedir. Böylece oluşan alüminyum-tannat çamurlarının geçirgenliği daha fazla ve dolayısıyla özgül dirençleri daha düşük olmaktadır.

AN913 ile yapılan çalışmalarda ise  $Al(OH)_3$  oluşmakta bu nedenle bulanıklık artışıyla  $Al(OH)_3$  miktarı artmakta ve oluşan çamurların geçirgenliği azalmaktadır.

Sonuç olarak, taninin floküle ettiği çamurların özgül dirençleri, AN913 ünkinden daha küçük değerlere sahiptir.

#### 6.4. Flok İlk Oluşum Zamanları

Tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanılmasıyla yapılan jar-test deneylerinde, tanin ve AN913 ün optimum bulunan dozlarında flok ilk oluşum zamanları tesbit edilmiştir. Sonuçlar Tablo 6.5 de verilmiştir.

Tablo 6.5. Tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde optimum dozlarda ilk flok oluşturma zamanları

	Başlangıç bulanıklığı (FTU) / Flok ilk oluşum zamanları (s)					
	10	20	50	100	200	300
Tanin	Y.K. 10	Y.K. 12	Y.K. 10	Y.K. 10	Y.K. 10	Y.K. 10
AN913	Y.K. 15	Y.K. 12	Y.K. 10	Y.K. 8	Y.K. 10	Y.K. 10
Al <sup>3+</sup> dozu (mg/L)	1.0	1.0	1.5	2.5	2.5	2.5
Tanin dozu (mg/L)	0.03	0.03	0.03	0.03	1.00	1.00
AN913 dozu (mg/L)	0.05	0.05	0.75	0.75	0.75	0.75

H.K. : Hızlı karıştırma Y.K. : Yavaş karıştırma

Tanin ve AN913 ile yapılan çalışmalarda flok ilk oluşum zamanlarının hemen hemen aynı çıkması iki flokülant yardımcısının benzer özelliklerde olması ile ilgilidir. İki flokülant yardımcısı içinde flok ilk oluşum zamanlarının aynı olması, aynı flokülasyon mekanizmasıyla çalıştıklarını göstermektedir.

#### 6.5. Çökme Hızları

Tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde, optimum dozlarda meydana getirmiş oldukları flokların çökme süreleri belirlenmiştir. Tanin ve AN913 için, flokların süreye karşı almış oldukları yollar Tablo 6.6 ve 6.7 de verilmiştir.

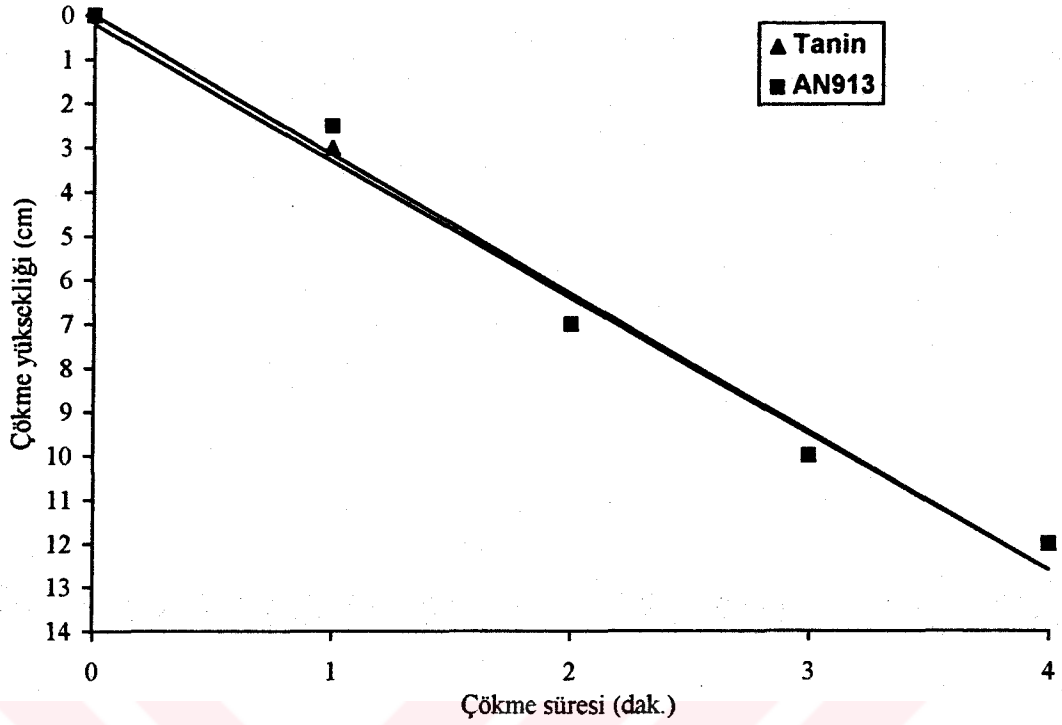
Tablo 6.6. Taninin flokülant yardımcısı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi

Çökme süresi (dak.)	Başlangıç bulanıklığı (FTU) / Çökme yükseklikleri (cm)					
	10	20	50	100	200	300
1	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	3.5
2	7.0	7.0	7.0	6.0	7.0	6.0
3	10.0	10.0	10.0	9.0	11.0	9.0
4	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Al <sup>3+</sup> dozu (mg/L)	1.0	1.0	1.5	2.5	2.5	2.5
Tanin dozu (mg/L)	0.03	0.03	0.03	0.03	1.00	1.00

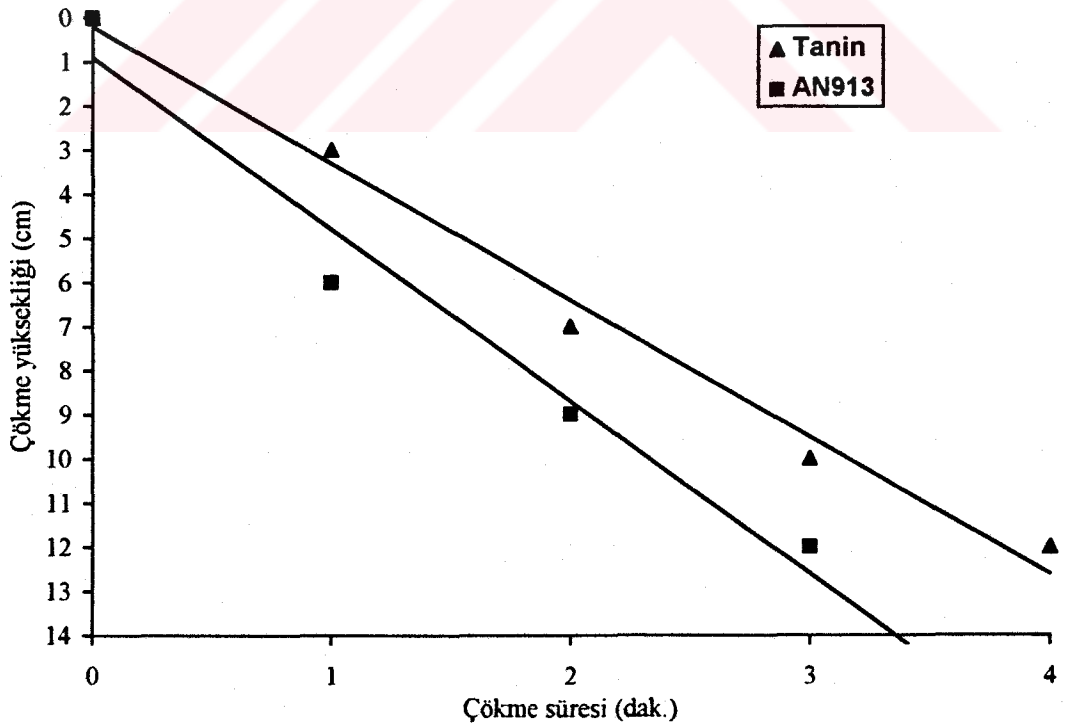
Tablo 6.7. AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanıldığı jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi

Çökme süresi (dak.)	Başlangıç bulanıklığı (FTU) / Çökme yükseklikleri (cm)					
	10	20	50	100	200	300
1	2.5	6.0	12.0	12.0	12.0	12.0
2	7.0	9.0	-	-	-	-
3	10.0	12.0	-	-	-	-
4	12.0	-	-	-	-	-
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> dozu (mg/L)	1.0	1.0	1.5	2.5	2.5	2.5
AN913 dozu (mg/L)	0.05	0.05	0.75	0.75	0.75	0.75

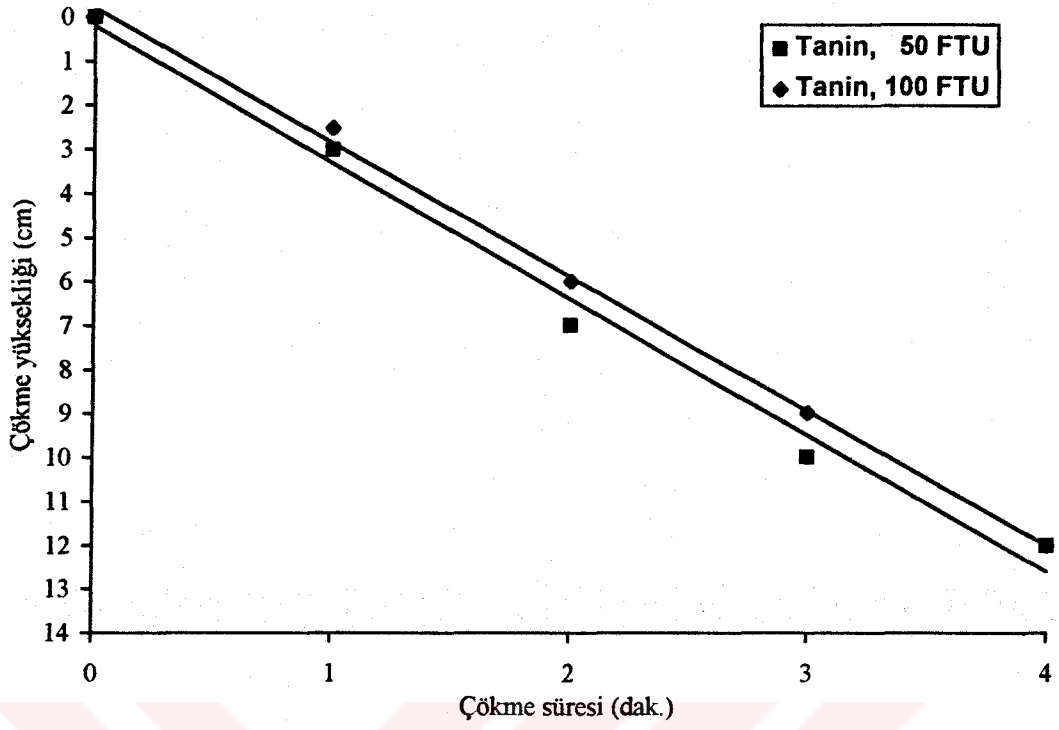
Tanin ve AN913 ün, optimum dozlarda gidermiş oldukları bulanıklık ile flokların çökme süreleri arasında nasıl bir ilişkinin olduğu araştırılmıştır. Bu maksatla Şekil 6.14 - 6.17 de çizilen grafiklerin kısmen doğrusal olmaları nedeniyle eğimleri belirlenerek, çökme hızları bulunmuş ve Tablo 6.8 de verilmiştir. Çökme hızları ile giderilen bulanıklık arasındaki değişim Şekil 6.18 de grafik olarak gösterilmiştir.



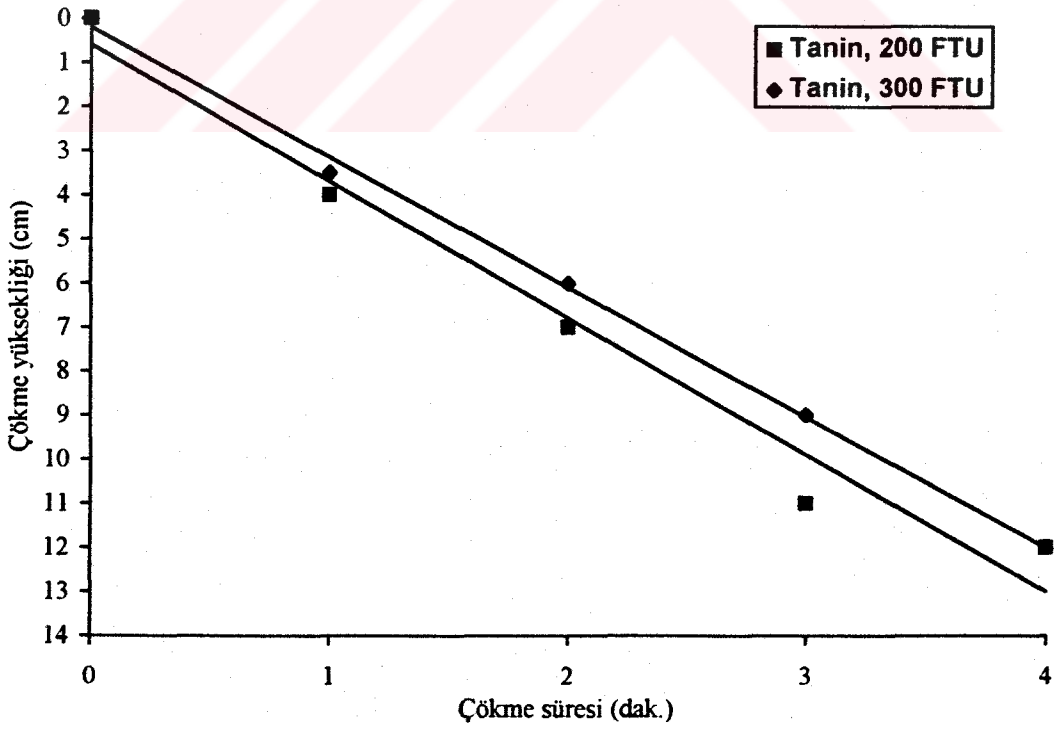
Şekil 6.14. 10 FTU bulanıklıkta tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanılması ile yapılan jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi



Şekil 6.15. 20 FTU bulanıklıkta tanin ve AN913 ün flokülant yardımcısı olarak kullanılması ile yapılan jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi



Şekil 6.16. 50 ve 100 FTU bulanıklıkta taninin flokülant yardımcısı olarak kullanılması ile yapılan jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi

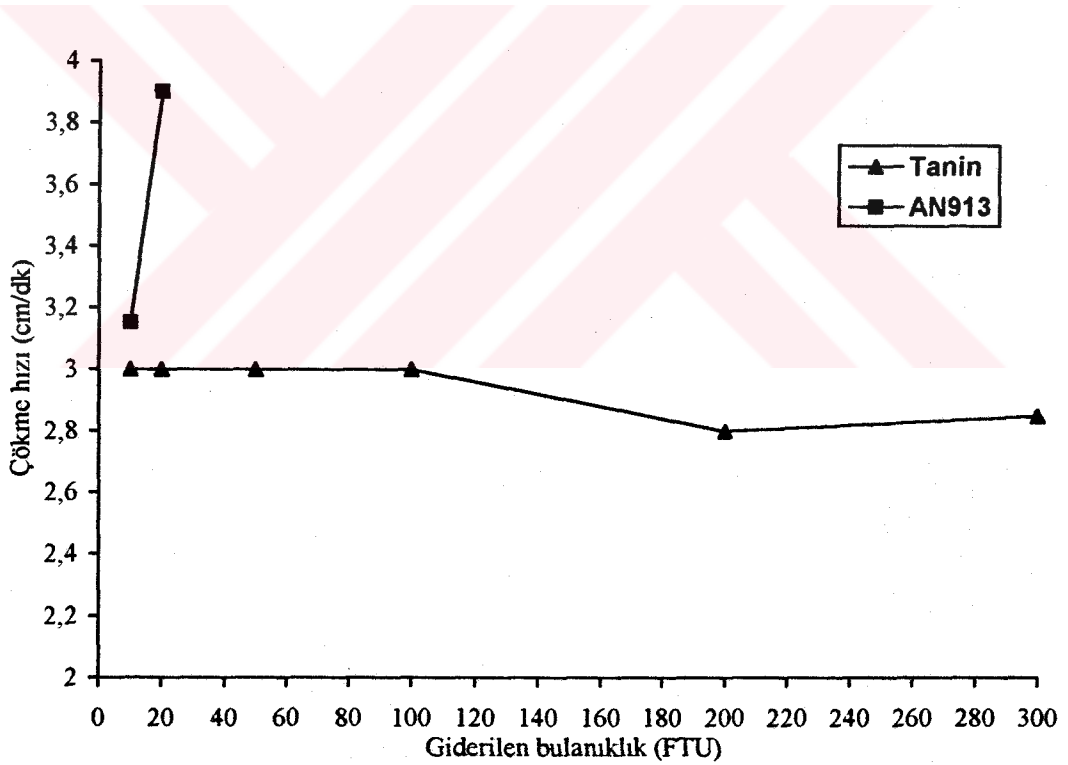


Şekil 6.17. 200 ve 300 FTU bulanıklıkta taninin flokülant yardımcısı olarak kullanılması ile yapılan jar-test deneylerinde optimum dozlarda oluşan flokların çökme süresi - çökme yüksekliği ilişkisi

Tablo 6.8. Flokülant yardımcıların çökme hızları

Flokülant yardımcı	Başlangıç bulanıklığı (FTU) / Çökme hızı (cm/dk)					
	10	20	50	100	200	300
Tanin	3.00	3.00	3.00	3.00	2.80	2.85
AN913	3.15	3.90	-	-	-	-

Taninle yapılan çalışmalarda çökme hızları hemen hemen aynı bulunmuştur. Sadece yüksek bulanıklık değerlerinde bir miktar düşmüştür. Bu düşüşte daha büyük bulanıklık değerlerinde meydana gelen flokların çaplarının az da olsa küçülmesinden kaynaklanmaktadır. AN913 ile yapılan çalışmalarda ise sadece düşük bulanıklıklarda çökme hızları tesbit edilebilmiş ve değer olarak birbirine yakın bulunmuştur. Yüksek bulanıklık değerlerinde ise floklar karıştırma esnasında çökmeleri nedeniyle tesbit edilememiştir.



Şekil 6.18. Flokülant yardımcıları için giderilen bulanıklık-çökme hızı ilişkisi

Şekil 6.18 den de görüldüğü gibi taninin flokülant yardımcı olarak kullanıldığı deneylerde bulunan çökme hızları 200 ve 300 FTU bulanıklıklarda çok az düşmekle birlikte hemen hemen bütün bulanıklıklarda aynıdır. AN913 için 10 ve 20 FTU

bulanıklıklarda tesbit edilebilen hızlar incelendiğinde çökme hızının bulanıklık artışı ile bir miktar arttığı görülmektedir. Bu duruma bulanıklık artışıyla daha yoğun flokların meydana gelmesi sebep olmaktadır.

### 6.6. Optimum Koagülant, Flokülant Yardımcısı Dozlarının Tesbiti ve Ekonomik Mukayesesi

Şekil 5.6 - 5.17 ile Şekil 6.1 - 6.6 da verilen grafiklerden  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 için optimum dozlar bulunmuş ve daha önce Tablo 5.7 ve 6.3 te verilmiştir. Deneyler  $Al^{3+}$  dozu esas alınarak yapıldığından, bulunan optimum  $Al^{3+}$  dozları 12.33 faktörü ile çarpılarak  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  miktarına dönüştürülerek Tablo 6.9 da verilmiştir.

Tablo 6.9.  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  miktarına dönüştürülmüş optimum dozlar

Bulanıklık (FTU)	Koagülant ve flokülant yardımcıların optimum dozları (mg/L)		
	$Al_2(SO_4)_3$	Tanin	AN913
10	24.67	-	-
	12.33	0.03	-
	12.33	-	0.05
20	24.67	-	-
	12.33	0.03	-
	12.33	-	0.05
50	37.00	-	-
	18.50	0.03	-
	18.50	-	0.75
100	61.67	-	-
	30.83	0.03	-
	30.83	-	0.75
200	61.67	-	-
	30.83	1.00	-
	30.83	-	0.75
300	61.67	-	-
	30.83	1.00	-
	30.83	-	0.75

Kullanılan koagülant ve flokülant yardımcıların ekonomik açıdan mukayeselerini yapabilmek için, maliyetlerini karşılaştırmak gerekmektedir.  $Al_2(SO_4)_3$  in fiyatı Etibank-Seydişehir İşletmelerinden, taninin fiyatı Sümer Holding A.Ş. Salihli Palamut



ve Valeks İşletmesinden ve AN913 ün fiyatı İSKİ den alınarak Tablo 6.10 da verilmiştir.

Tablo 6.10. Koagülant ve flokülant yardımcıların fiyatları

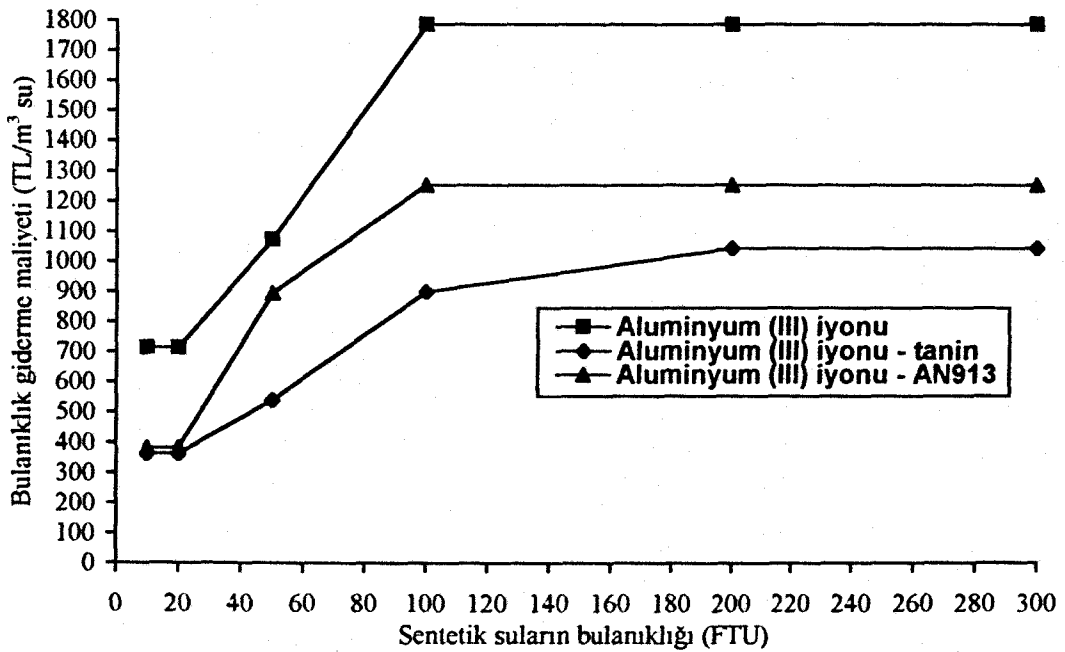
Koagülant	Flokülant yardımcısı	Fiyat (TL/kg)
$Al_2(SO_4)_3$	-	29.000
-	Tanin	149.500
-	AN913	480.000

Tablo 6.10 daki koagülant ve flokülant yardımcısı fiyatları kullanılarak,  $1 m^3$  bulanık sudan bulanıklığı gidermek için gerekli maliyet, altı ayrı bulanıklık için hesaplanmış ve Tablo 6.11 de verilmiştir. Bu değerler Şekil 6.19 da grafik olarak da gösterilmiştir.

Tablo 6.11. Farklı bulanıklıklardaki  $1 m^3$  sudan bulanıklığı gidermek için maliyetler

Bulanıklık (FTU)	$1 m^3$ su tasfiyesi için maliyetler (TL)		
	$Al_2(SO_4)_3$	$Al_2(SO_4)_3$ - tanin	$Al_2(SO_4)_3$ - AN913
10	715	362	382
20	715	362	382
50	1073	541	896
100	1788	899	1254
200	1788	1044	1254
300	1788	1044	1254

17.11.1997 tarihinde 1 \$ = 188000 TL



Şekil 6.19. Farklı bulanıklıktaki sulardan bulanıklığın giderilme maliyetleri

Şekil 6.19 dan, bulanıklık giderme maliyetinin bulanıklık 10 ve 20 FTU da üç bulanıklık giderme şekli için de aynı, bulanıklık 50 ve 100 FTU değerlerine artarken maliyette yine üç bulanıklık giderme şekli için de artmaktadır.  $Al_2(SO_4)_3$  ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ile yapılan bulanıklık gidermelerde 100-300 FTU bulanıklıklar için bulanıklık giderme maliyeti aynı;  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin için 200 FTU bulanıklığa kadar bulanıklık giderme maliyeti artmaya devam etmektedir; 200 ve 300 FTU bulanıklıklar için bulanıklık giderme maliyeti aynı olmaktadır. Üç bulanıklık giderme durumu için de maliyetin artış gösterdiği bölgeler, bulanıklığın artışına bağlı olarak asılı tanecik konsantrasyonunun da artmasından ileri gelmektedir. Tanecik konsantrasyonu arttıkça, sistemi stabilize etmek için gerekli dozlarda artmaktadır. Üç bulanıklık giderme şekli için de maliyetin aynı olduğu bölgeler iki farklı durum arz etmektedir. Birincisi 10 ve 20 FTU gibi birbirine çok yakın bulanıklık durumları olup, optimum dozların bu iki bulanıklık değeri için aynı olmasından kaynaklanmaktadır. İkincisi ise, 100-300 FTU bulanıklık aralığında görülen durum, bu aralıkta ise bulanıklık belli bir değer üzerine çıktıktan sonra asılı tanecik konsantrasyonu artışı ile birim taneciği stabilize etmek için gerekli koagülant ve flokülant yardımcısı dozlarının azalmasıdır. Aynı dozlarda yeterli bulanıklık gidermenin gerçekleştirilebilmesi nedeniyle maliyetler aynı olmaktadır.

Şekil 6.19 incelendiğinde,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ile bulanıklık gidermenin en düşük,  $Al_2(SO_4)_3$  ile bulanıklık gidermenin en yüksek maliyette yapılabildiği görülmektedir.

10 ve 20 FTU bulanıklıklarda  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ile bulanıklık giderme maliyeti;  $Al_2(SO_4)_3$  tan %49.4 ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ten 5.1 daha ucuz olmaktadır. Aynı bulanıklıklarda  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ile bulanıklık giderme maliyeti,  $Al_2(SO_4)_3$  tan %46.7 daha ucuzdur.

50 ve 100 FTU bulanıklıklarda  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ile bulanıklık giderme maliyeti;  $Al_2(SO_4)_3$  tan sırasıyla %49.6 ve %49.8 daha ucuz ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ten de sırasıyla %39.7 ve %28.4 daha ucuz olmaktadır. Söz konusu bulanıklıklarda  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ile bulanıklık giderme maliyeti de,  $Al_2(SO_4)_3$  tan sırasıyla %16.5 ve %29.9 daha ucuz olmaktadır.

200 ve 300 FTU bulanıklıklarda  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ile bulanıklık giderme maliyeti;  $Al_2(SO_4)_3$  tan %41.6 ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ten de %16.8 daha ucuz olmaktadır. Aynı bulanıklık değerlerinde  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ile bulanıklık giderme maliyeti,  $Al_2(SO_4)_3$  ile bulanıklık gidermeden %29.9 daha ucuz olmaktadır.

Sonuç olarak, bulanıklık giderilmesinde  $Al_2(SO_4)_3$  - taninin kullanılması;  $Al_2(SO_4)_3$  a nazaran ~ %50 ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ile bulanıklık gidermeye göre farklı bulanıklık değerlerinde değişmekle birlikte ~ %25 daha ekonomik olduğundan, su tasfiye tesislerinde  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ikilisinin kullanılması daha uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

Ayrıca 10 ve 200 FTU bulanıklıklarda;  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ile yapılan bulanıklık gidermelerde sağlık açısından önemine binaen bakiye  $Al^{3+}$  miktarları da tesbit edilerek Tablo 6.12 de verilmiştir.

Tablo 6.12. Bakiye  $Al^{3+}$  miktarları

Bulanıklık (FTU)	Başlangıç miktarları (mg/L)			Bakiye $Al^{3+}$ miktarları (mg/L)
	$Al^{3+}$	Tanin	AN913	
10	2.0	-	-	0.120
	1.0	0.03	-	0.107
	1.0	-	0.05	0.130
200	5.0	-	-	0.067
	2.5	1.00	-	0.065
	2.5	-	0.75	0.074

Tablo 6.12 den de görüldüğü gibi bakiye  $Al^{3+}$  miktarları;  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913,  $Al_2(SO_4)_3$  ve  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin sırasına göre azalmakla birlikte birbirine çok yakın değerlerdedir.

Alüminyumun Alzheimer hastalığına ve sentetik polielektrolitlerdeki serbest monomerlerin de sinir sistemleri ile ilgili hastalıklara neden oldukları gözönüne alındığında da;  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ikilisinin kullanıldığı bulanıklık gidermenin sağlık açısından daha uygun olduğu kanaatine varılmıştır.

## **BÖLÜM 7. FOSFAT GİDERME ÇALIŞMALARININ SONUÇLARI ve DEĞERLENDİRİLMESİ**

Kimyasal çöktürme yoluyla fosfat gidermek amacıyla jar-test deneyleri yapılmıştır. Bu maksatla; fosfat gerek bulanık suda süspansiyonla birlikte ve gerekse bulanık olmayan suda tek başına çöktürülerek giderilmiştir. Dört farklı bulanıklığa sahip sentetik sulara 6 ayrı miktarda fosfat ilave edilerek, Bölüm 5 de belirlenen optimum deney şartlarında çalışılmıştır. Deney sonunda süpernetantta kalan bulanıklık ve fosfat miktarları Bölüm 4 de verilen analiz metodlarıyla tayin edilmiştir. Altı farklı miktarda sadece fosfat içeren sentetik sularda yine fosfat giderme çalışmaları yapılmıştır.

### **7.1. Bulanıklık ile Birlikte Fosfat Giderme**

#### **7.1.1. Bulanık sularda $Al_2(SO_4)_3$ ile yapılan fosfat giderme çalışmaları**

10, 20, 50 ve 100 FTU bulanıklık ve 1, 3, 5, 10, 15 ve 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren ve pH sı 7 olan sentetik sular üzerinde  $Al_2(SO_4)_3$  ile yapılan deneylerin sonuçları Tablo 7.1-7.4 de ve  $Al_2(SO_4)_3$  miktarı ile bakiye bulanıklık ve fosfat miktarı arasındaki ilişki Şekil 7.1 - 7.16 da verilmiştir.

Tablo 7.1.  $Al_2(SO_4)_3$  ile 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

Başlangıç Değerleri		$Al^{3+}$ dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
		0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	10.0
Bulanıklık (FTU)	10.23	7.28	3.26	0.31	0.31	0.04	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00	0.88	0.55	0.09	0.05	0.04	0.09
Bulanıklık (FTU)	9.96	4.87	2.45	0.31	0.84	0.31	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00	2.64	2.15	1.09	0.66	0.16	0.18
Bulanıklık (FTU)	10.23	3.79	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00	4.55	3.88	2.55	1.32	0.18	0.12
Bulanıklık (FTU)	9.96	5.40	2.72	0.31	0.00	0.04	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00	9.60	8.60	6.67	4.78	1.71	0.29
Bulanıklık (FTU)	9.69	4.60	2.18	0.84	0.04	0.04	0.31
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00	14.50	13.84	11.65	9.53	5.36	0.28
Bulanıklık (FTU)	10.50	4.60	1.65	0.58	0.31	0.04	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00	19.20	17.89	15.77	13.65	9.45	2.82

Tablo 7.2.  $Al_2(SO_4)_3$  ile 20 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

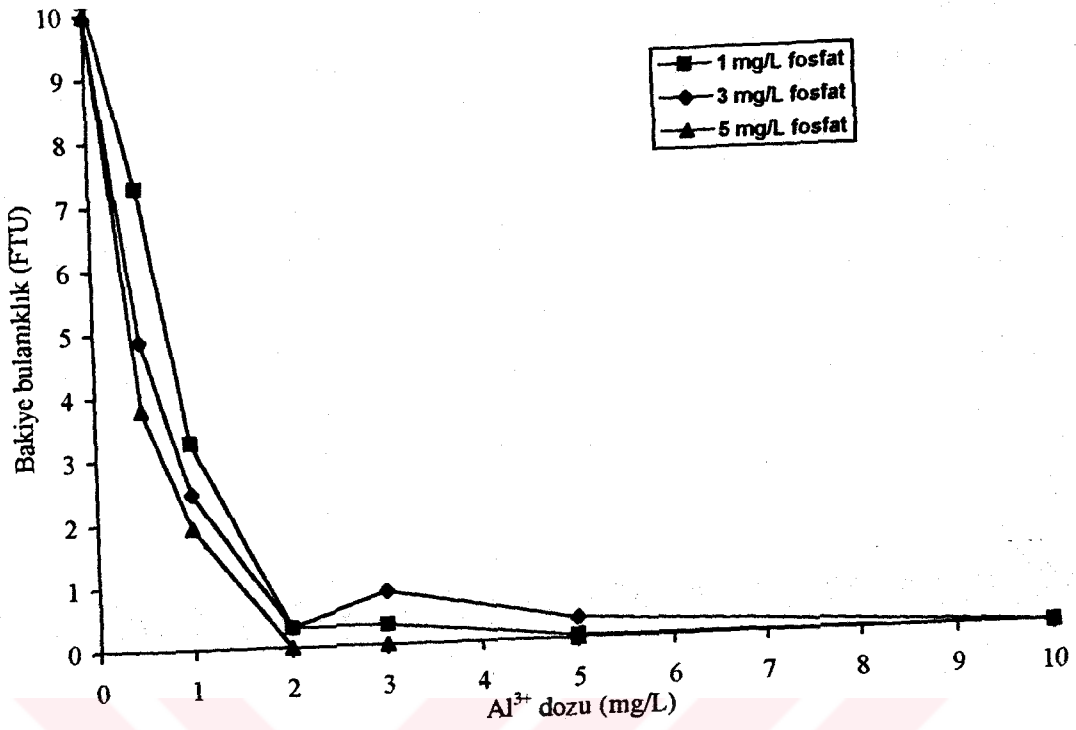
Başlangıç Değerleri		$Al^{3+}$ dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
		0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	10.0
Bulanıklık (FTU)	20.42	5.94	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00	0.86	0.47	0.15	0.08	0.07	0.14
Bulanıklık (FTU)	20.42	5.67	1.65	0.31	0.31	0.31	0.31
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00	2.27	2.04	0.94	0.43	0.40	0.56
Bulanıklık (FTU)	20.69	5.13	3.53	0.84	0.31	0.04	0.04
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00	4.50	3.93	2.54	1.33	0.29	0.11
Bulanıklık (FTU)	20.05	8.15	3.92	1.54	0.75	0.75	0.48
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00	9.41	8.57	6.62	5.18	2.03	0.06
Bulanıklık (FTU)	20.58	4.45	2.86	1.01	0.48	0.22	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00	14.09	13.35	11.06	9.00	3.47	0.27
Bulanıklık (FTU)	19.79	7.62	4.71	3.66	1.01	1.01	0.75
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00	19.42	17.94	15.45	13.51	8.88	4.17

Tablo 7.3.  $Al_2(SO_4)_3$  ile 50 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

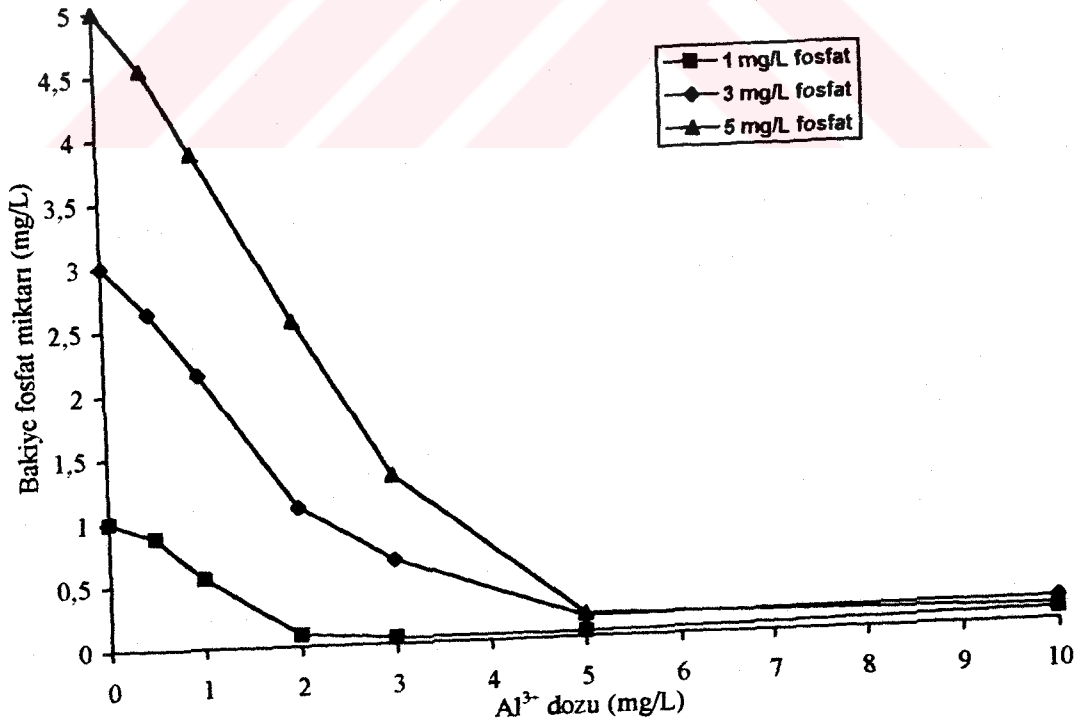
Başlangıç Değerleri		$Al^{3+}$ dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
		0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	10.0
Bulanıklık (FTU)	50.39	18.82	8.50	0.62	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00	0.89	0.54	0.15	0.06	0.04	0.02
Bulanıklık (FTU)	50.69	11.53	3.64	0.00	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00	2.53	1.91	1.01	0.31	0.06	0.03
Bulanıklık (FTU)	49.78	15.18	5.46	0.32	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00	4.51	3.73	2.43	1.27	0.14	0.11
Bulanıklık (FTU)	50.69	13.96	5.16	0.62	0.01	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00	9.15	8.34	6.52	4.92	0.42	0.15
Bulanıklık (FTU)	50.39	10.62	4.86	1.23	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00	13.76	12.90	10.86	9.04	5.40	0.25
Bulanıklık (FTU)	50.69	8.20	4.26	1.83	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00	17.77	17.43	15.28	13.13	9.56	0.97

Tablo 7.4.  $Al_2(SO_4)_3$  ile 100 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

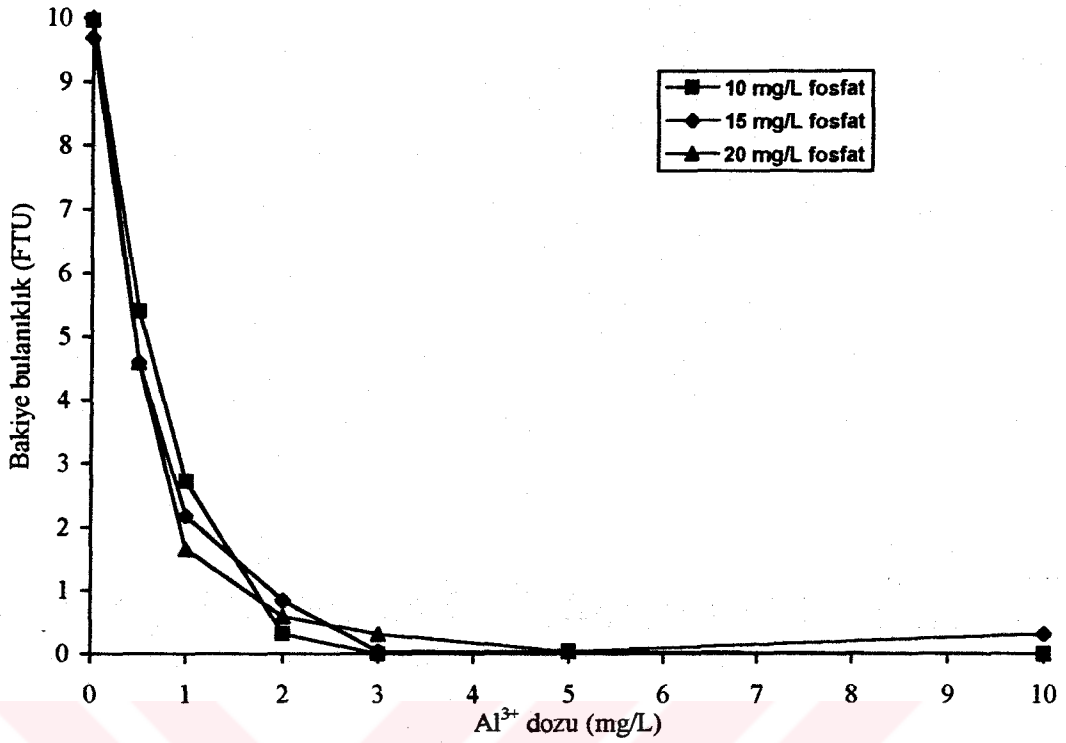
Başlangıç Değerleri		$Al^{3+}$ dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
		0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	10.0
Bulanıklık (FTU)	101.08	39.16	13.05	1.53	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00	0.94	0.54	0.12	0.05	0.02	0.02
Bulanıklık (FTU)	100.77	16.39	9.11	0.62	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00	2.60	2.05	1.02	0.35	0.10	0.08
Bulanıklık (FTU)	101.38	24.59	10.93	1.53	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00	4.74	4.07	2.62	1.53	0.30	0.10
Bulanıklık (FTU)	100.47	30.35	8.80	1.23	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00	9.49	8.37	6.70	4.85	2.41	0.07
Bulanıklık (FTU)	101.38	20.03	7.89	2.14	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00	13.79	12.79	10.86	8.89	5.52	0.21
Bulanıklık (FTU)	100.47	13.05	6.08	2.44	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00	18.29	17.25	15.09	13.20	9.23	0.75



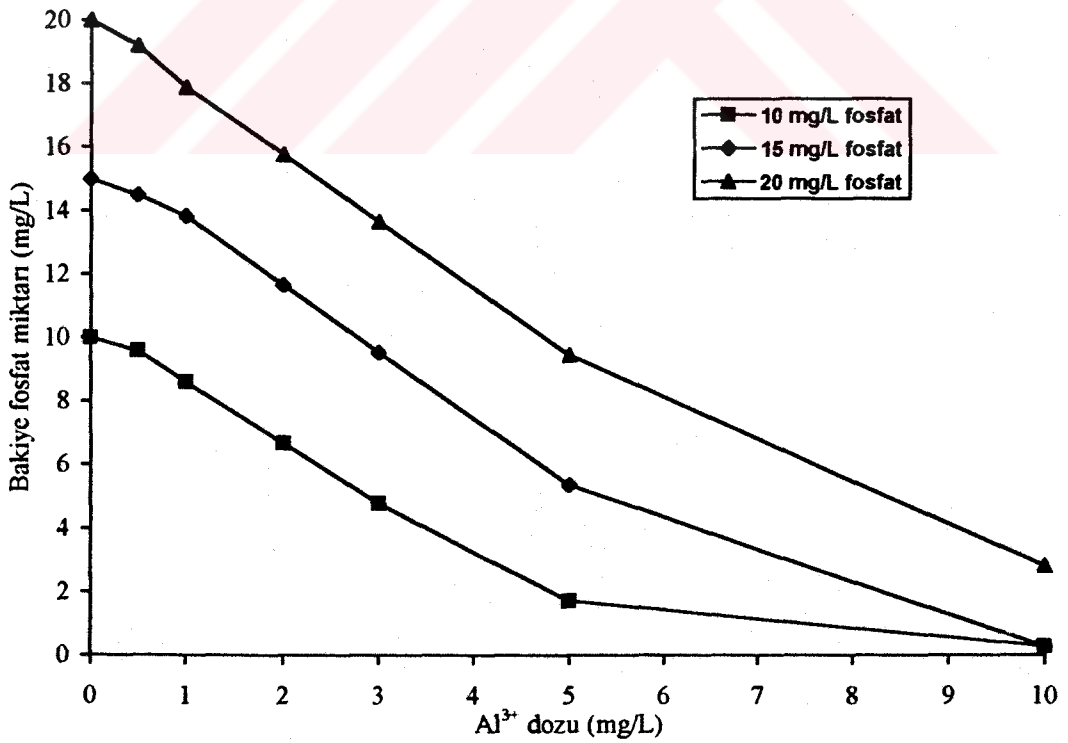
Şekil 7.1. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ile 10 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



Şekil 7.2. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ile 10 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarları

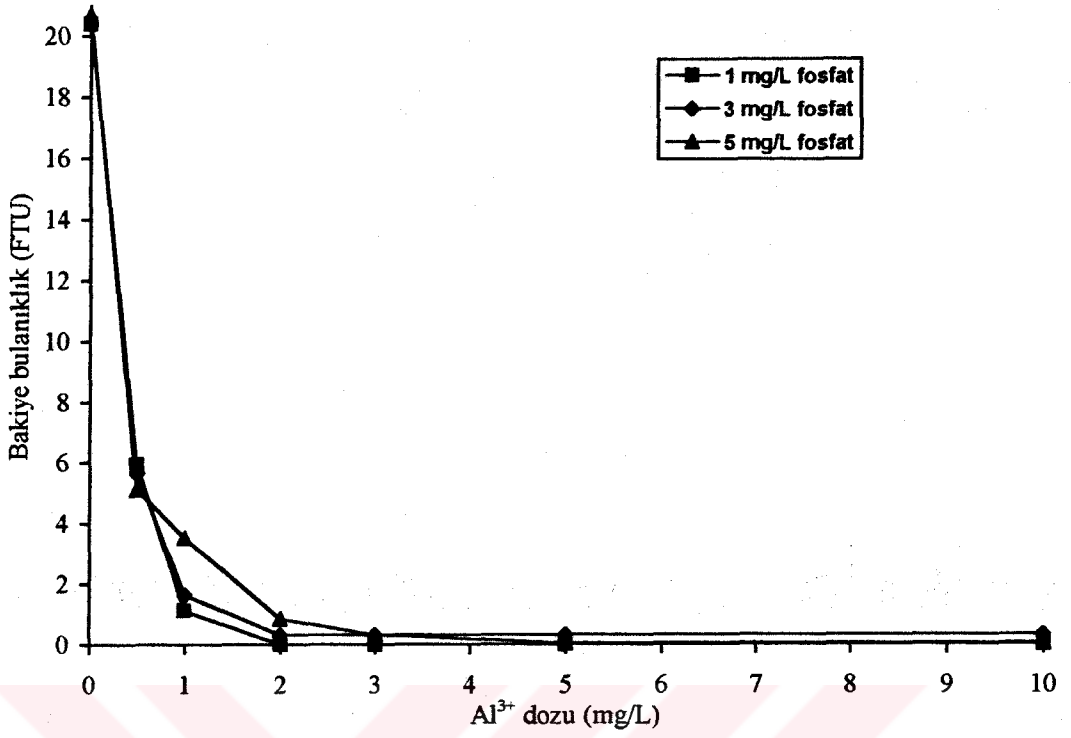


Şekil 7.3.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile 10 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları

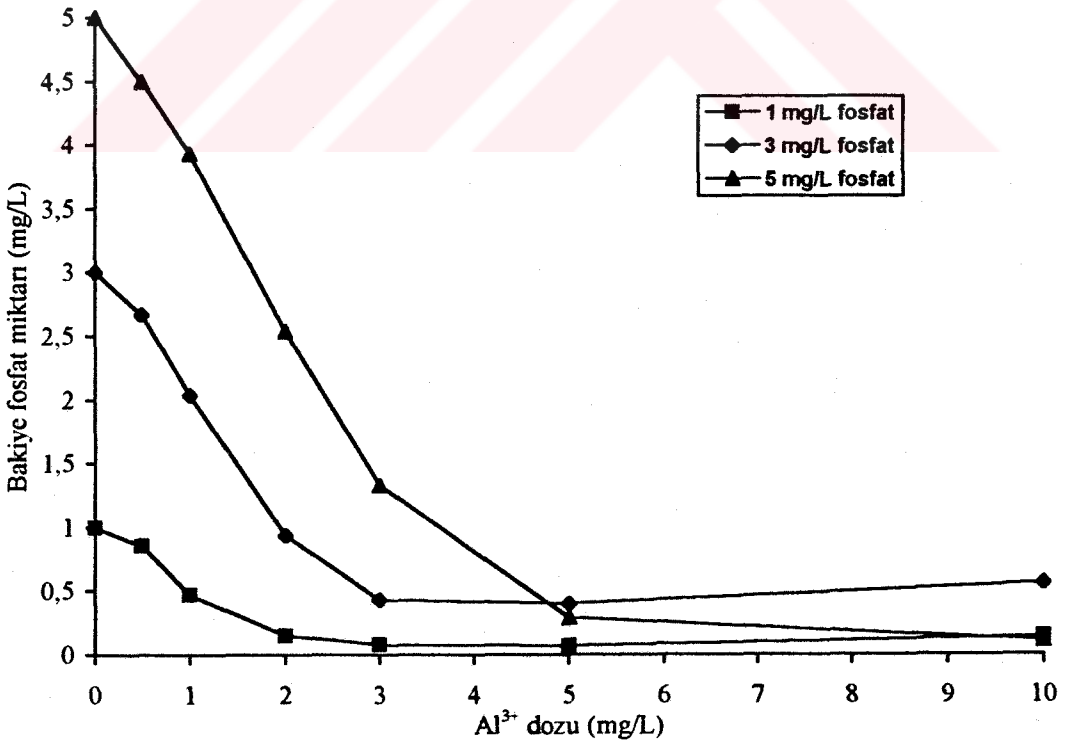


Şekil 7.4.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile 10 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarları

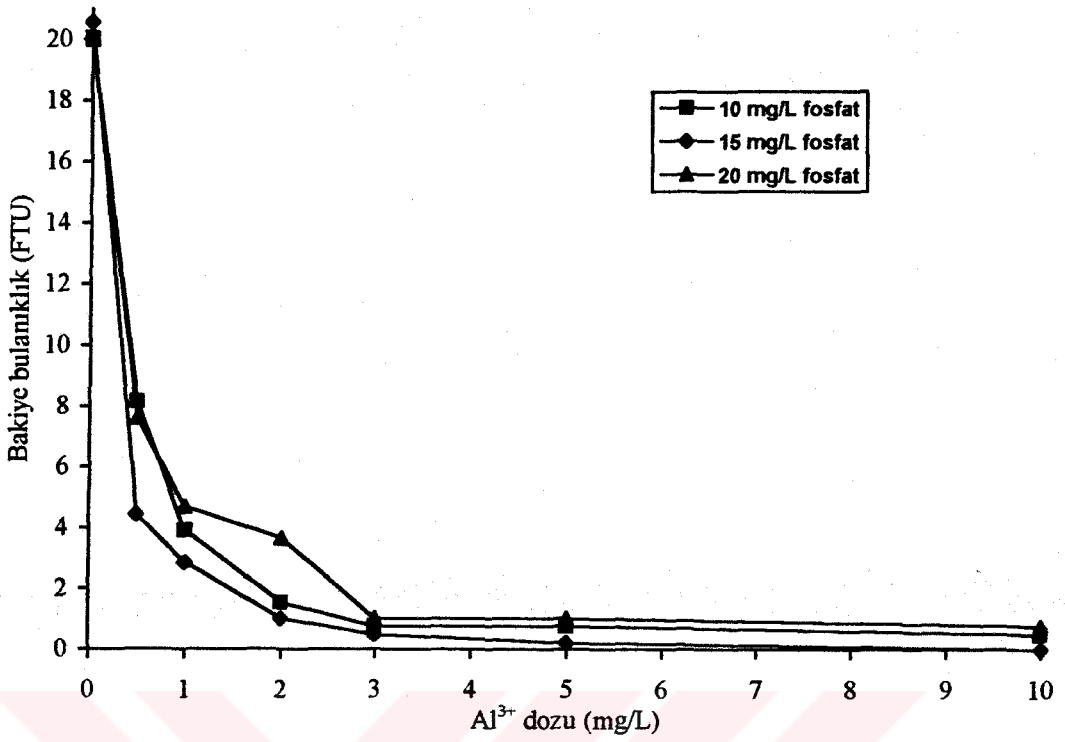




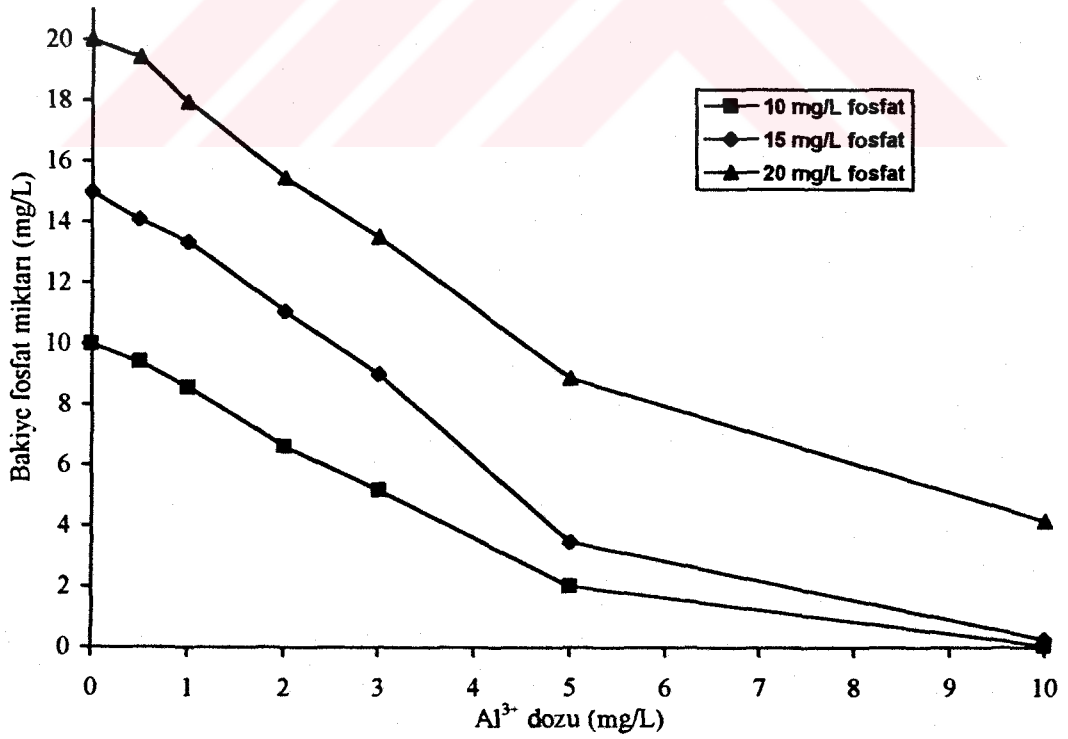
Şekil 7.5.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile 20 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



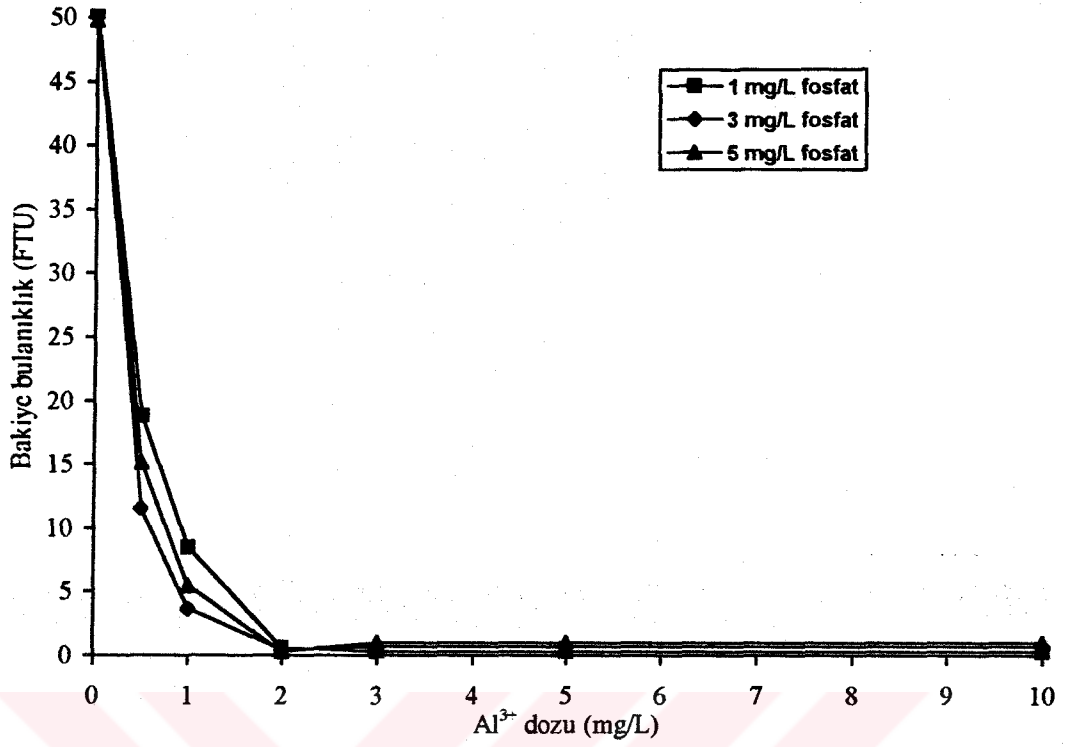
Şekil 7.6.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile 20 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarları



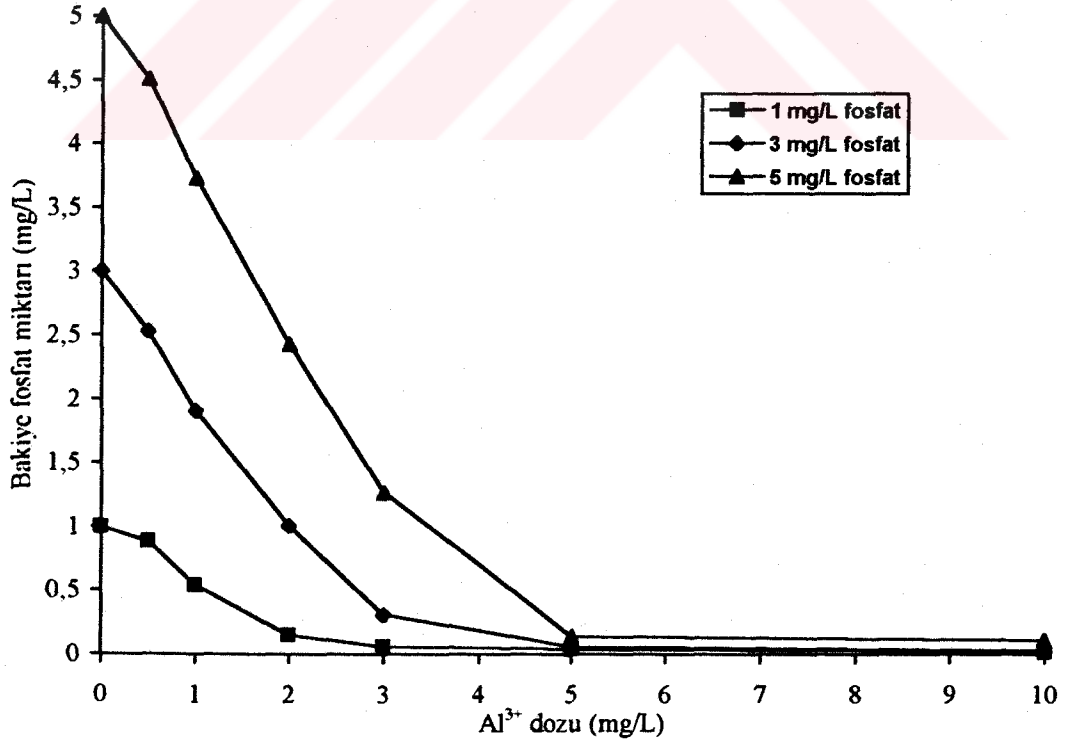
Şekil 7.7.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile 20 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



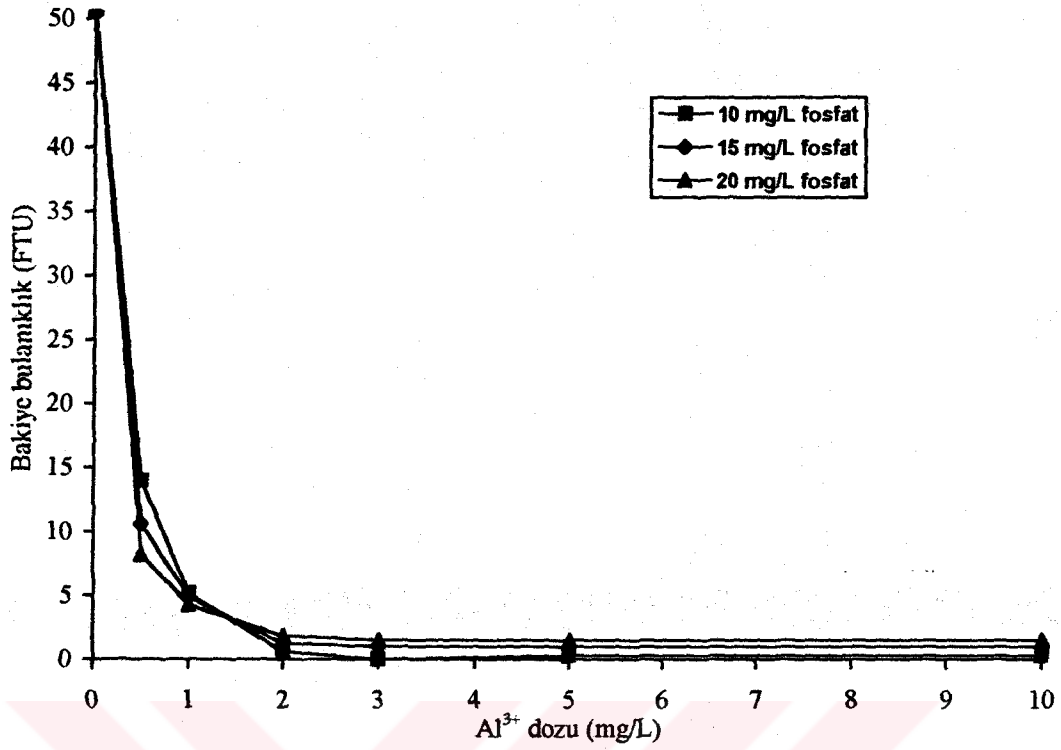
Şekil 7.8.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile 20 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarları



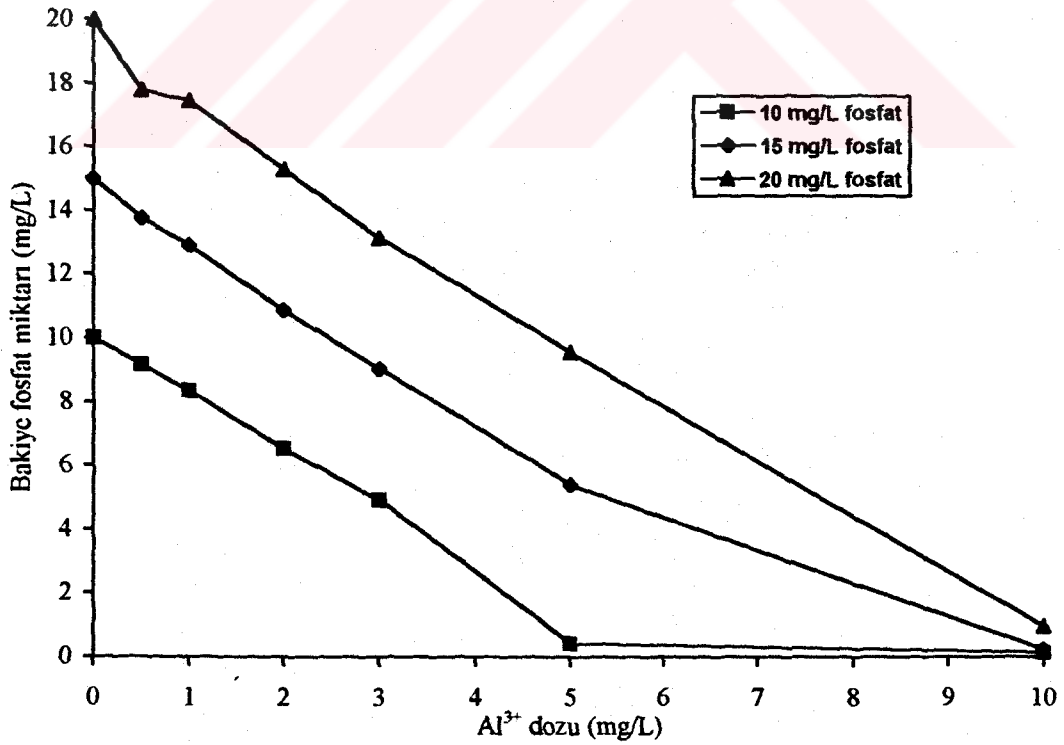
Şekil 7.9.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile 50 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



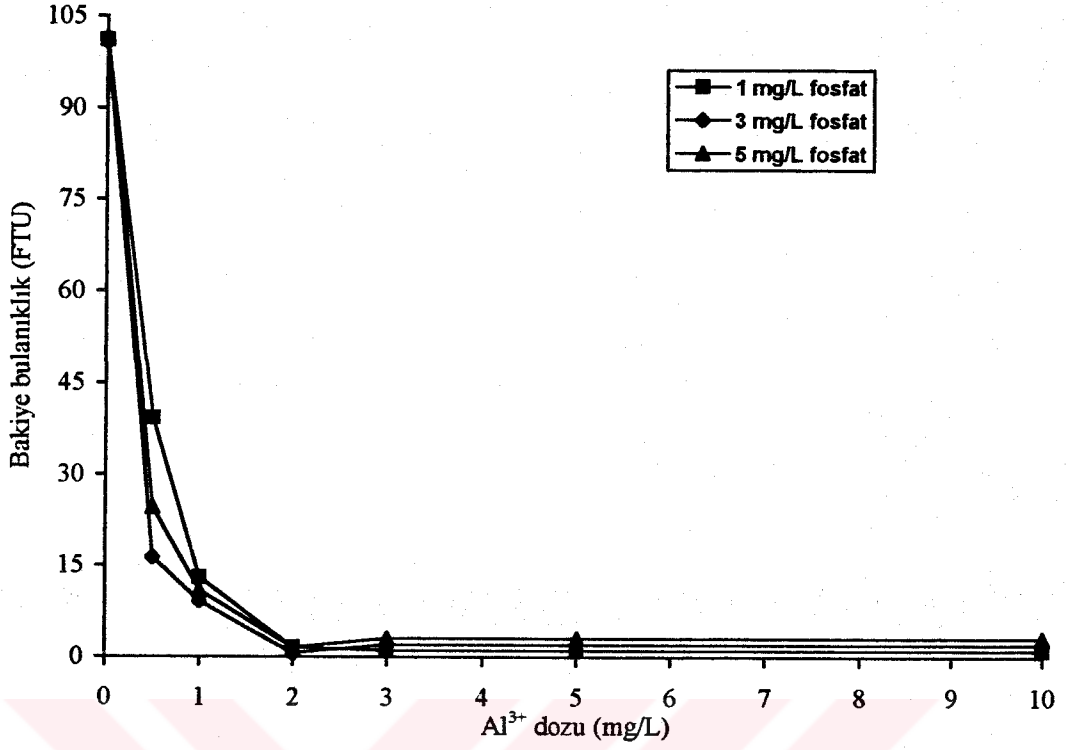
Şekil 7.10.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile 50 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarları



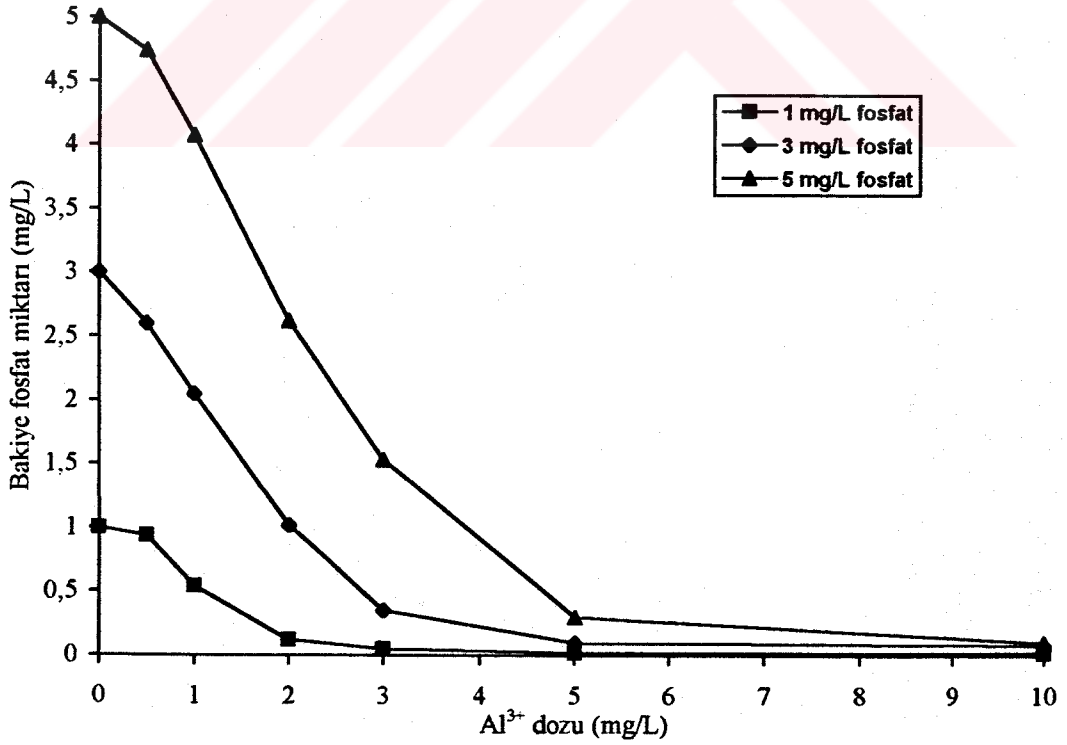
Şekil 7.11. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ile 50 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



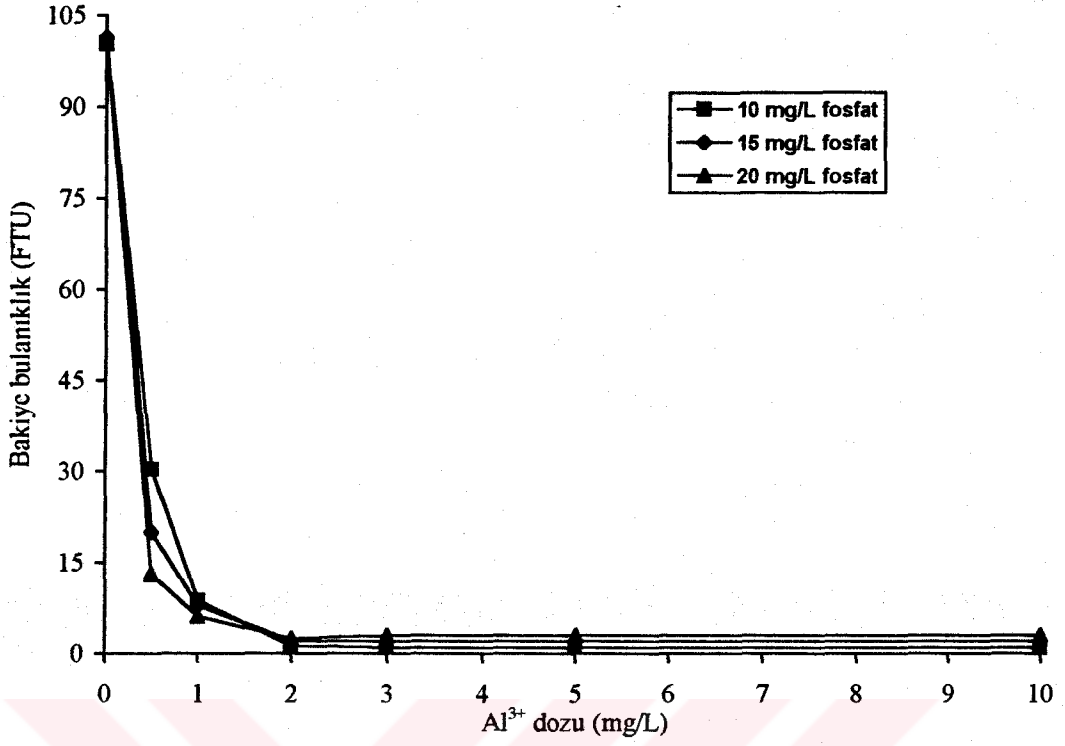
Şekil 7.12. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ile 50 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarları



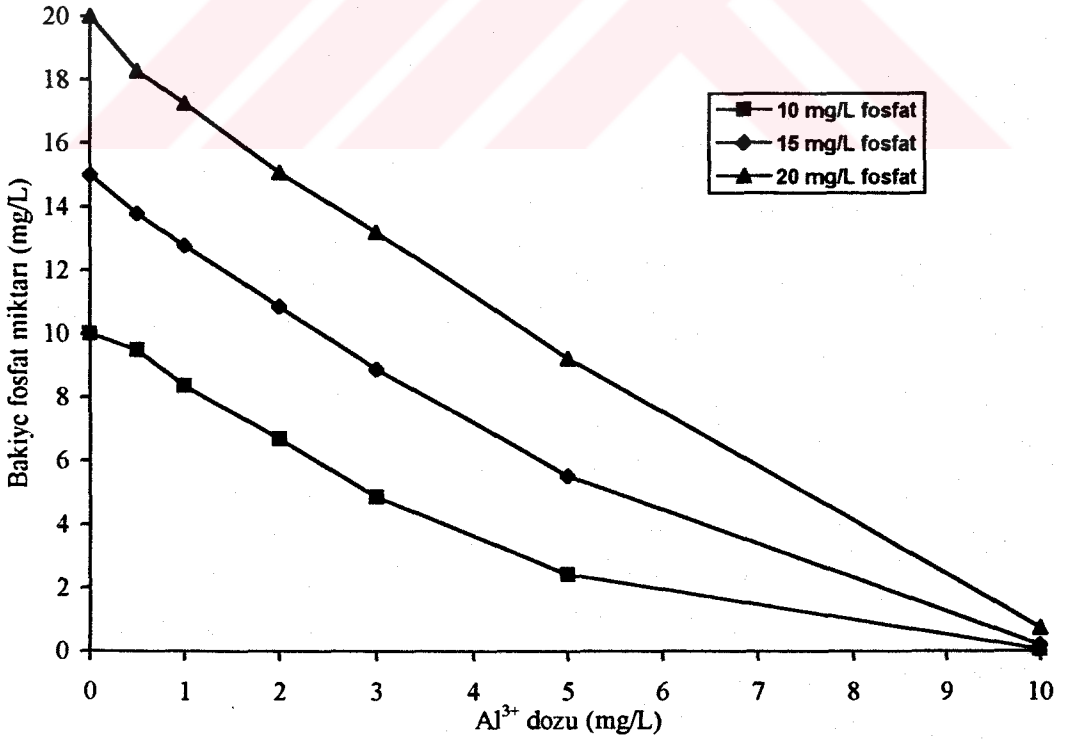
Şekil 7.13.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile 100 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



Şekil 7.14.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile 100 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarları



Şekil 7.15.  $Al_2(SO_4)_3$  ile 100 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



Şekil 7.16.  $Al_2(SO_4)_3$  ile 100 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarları

10 ve 20 FTU bulanıklıklarda 1-5 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarlarında minimum bakiye bulanıklık, 2 mg/L  $Al^{3+}$  dozunda sağlanmaktadır. 10 ve 20 FTU bulanıklıklarda 10-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sentetik sularda minimum bakiye bulanıklığa 3 mg/L  $Al^{3+}$  dozunda ulaşılmaktadır. 50 ve 100 FTU bulanıklıklarda bütün fosfat miktarlarında minimum bakiye bulanıklık yine 2 mg/L  $Al^{3+}$  dozunda meydana gelmektedir. Söz konusu  $Al^{3+}$  dozlarından daha fazla dozlarda bulanıklık ya çok az düşmüştür ya da sabit kalmıştır. Restabilizasyon da meydana gelmemektedir. Ayrıca elde edilen bakiye bulanıklıklarda aynı süspansiyonlarda fosfat yokken elde edilen neticelerden daha iyidir.

$PO_4^{3-}$  iyonlarının,  $Al_2(SO_4)_3$  ile bulanıklık gidermede etkili olduğu aşikardır.  $PO_4^{3-}$  iyonlarının rolü muhtemelen alüminyum kompleks türleri üzerindeki yük yoğunluğunu nötralize etmek ve keza Al (III) polimer kompleksleri arasındaki bağa yardım etmek olabilir. Böylece bağlanan anyonların yardımıyla da polimerler kafi büyüklükte olurlar. Bu şekilde,  $Al^{3+}$  iyonlarının destabilizasyon aralığını daha büyük dozlara kadarda genişleterek restabilizasyon durumunu da ortadan kaldırmaktadır [105].

1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren 10-100 FTU bulanıklıkların hepsinde 2 mg/L  $Al^{3+}$  dozunda bakiye  $PO_4^{3-}$  minimum değerine düşmektedir. 10-100 FTU bulanıklıklarda 3 ve 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sentetik sularda 5 mg/L  $Al^{3+}$  dozunda minimum bakiye  $PO_4^{3-}$  miktarına ulaşılmakta ve 10 mg/L  $Al^{3+}$  dozuna kadarki değişimler önemsiz değerlerde olmaktadır. 10 ve 20 FTU bulanıklıklarda 10 ve 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  ı gidermede 10 mg/L  $Al^{3+}$  dozunda minimum bakiye fosfat değerine ulaşılırken, 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  için 10 mg/L  $Al^{3+}$  dozunda bile yeterli giderme sağlanamamıştır. 50 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarı için 5 mg/L  $Al^{3+}$  dozunda minimum bakiye fosfat değerine erişilmekte ve 10 mg/L  $Al^{3+}$  dozuna kadarki değişme çok az olmaktadır. 50 FTU bulanıklık için 15 ve 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarı için ve 100 FTU da 10-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarı için 10 mg/L  $Al^{3+}$  dozunda yeterli giderme sağlanabilmektedir.

Aluminyum ve fosfat stokiometrik oranlarda etkileşerek  $AlPO_4$  şeklinde çökmektedir. Şekil 7.1-7.16 daki değişimlerden de görüldüğü gibi yeterli fosfat giderme ancak aluminyum ortamda kafi miktarda bulunduğunda meydana gelmektedir. Yine Şekil 7.1-7.16 dan da görülebileceği gibi  $PO_4^{3-}$  gidermeye bulanıklık miktarı da etkili bir amildir. Bulanıklık miktarı arttıkça fosfat giderme verimi de artmaktadır. Bu durum muhtemelen iki sebepten kaynaklanmaktadır; birincisi bulanıklık artışı ile bulanıklığı gidermek için gerekli  $Al^{3+}$  miktarı azalmakta, böylece ortamda daha fazla  $Al^{3+}$  bulunacağı için  $PO_4^{3-}$  iyonlarını gidermek üzere kullanılan  $Al^{3+}$  miktarı relatif olarak artmaktadır. İkincisi bulanıklık artışı ile ortamda teşekkül eden flok hem miktarca çok hem de büyük olmaktadır. Dolayısıyla oluşan floklar çökerken ortamdan daha fazla  $PO_4^{3-}$  iyonunu beraberce sürüklemektedir.

#### 7.1.2. Bulanık sulara tanin ile yapılan fosfat giderme çalışmaları

10 ve 20 FTU bulanıklık ve 1, 3, 5, 10, 15 ve 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden ve pH sı 11 olan sentetik sular üzerinde tanin ile yapılan deneylerin sonuçları Tablo 7.5 ve 7.6 da ve tanin miktarı ile bakiye bulanıklık ve fosfat miktarı arasındaki ilişki Şekil 7.17-7.24 de verilmiştir.

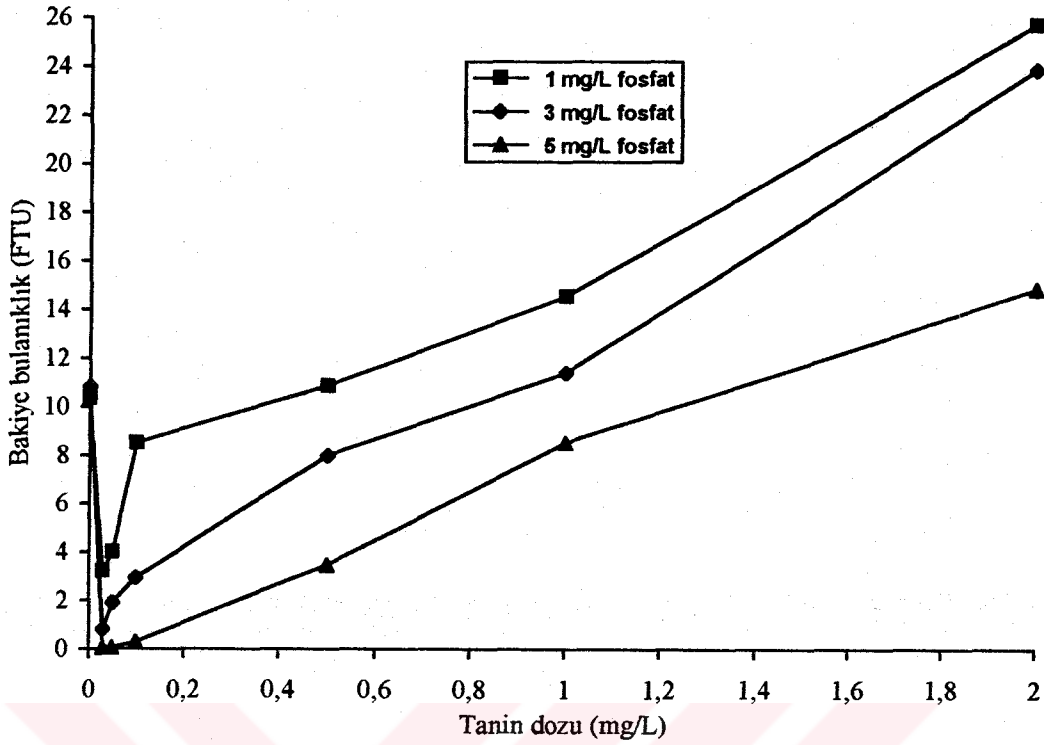


Tablo 7.5. Tanin ile 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

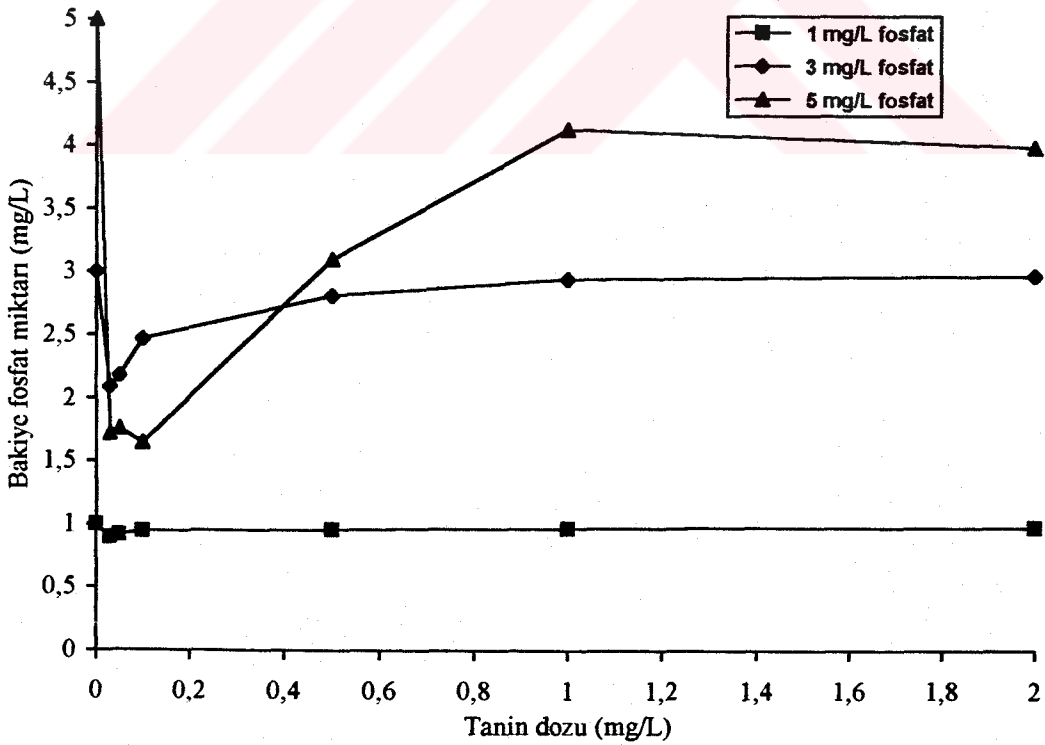
Başlangıç Değerleri		Tanin dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
		0.03	0.05	0.10	0.50	1.00	2.00
Bulanıklık (FTU)	10.36	3.21	4.01	8.51	10.89	14.59	25.71
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00	0.90	0.92	0.95	0.96	0.97	0.98
Bulanıklık (FTU)	10.85	0.83	1.89	2.95	7.98	11.42	23.86
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00	2.09	2.18	2.47	2.81	2.94	2.97
Bulanıklık (FTU)	10.62	0.04	0.04	0.30	3.48	8.51	14.86
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00	1.72	1.76	1.65	3.10	4.13	3.99
Bulanıklık (FTU)	10.36	1.63	0.83	0.83	0.57	3.21	12.48
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00	2.57	2.36	2.43	5.58	3.49	7.71
Bulanıklık (FTU)	9.57	1.10	1.10	1.63	1.89	4.54	11.68
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00	3.78	3.63	3.92	4.77	7.49	11.20
Bulanıklık (FTU)	10.09	0.04	0.83	0.04	0.83	2.95	5.60
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00	3.60	3.78	4.09	4.34	6.54	10.79

Tablo 7.6. Tanin ile 20 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

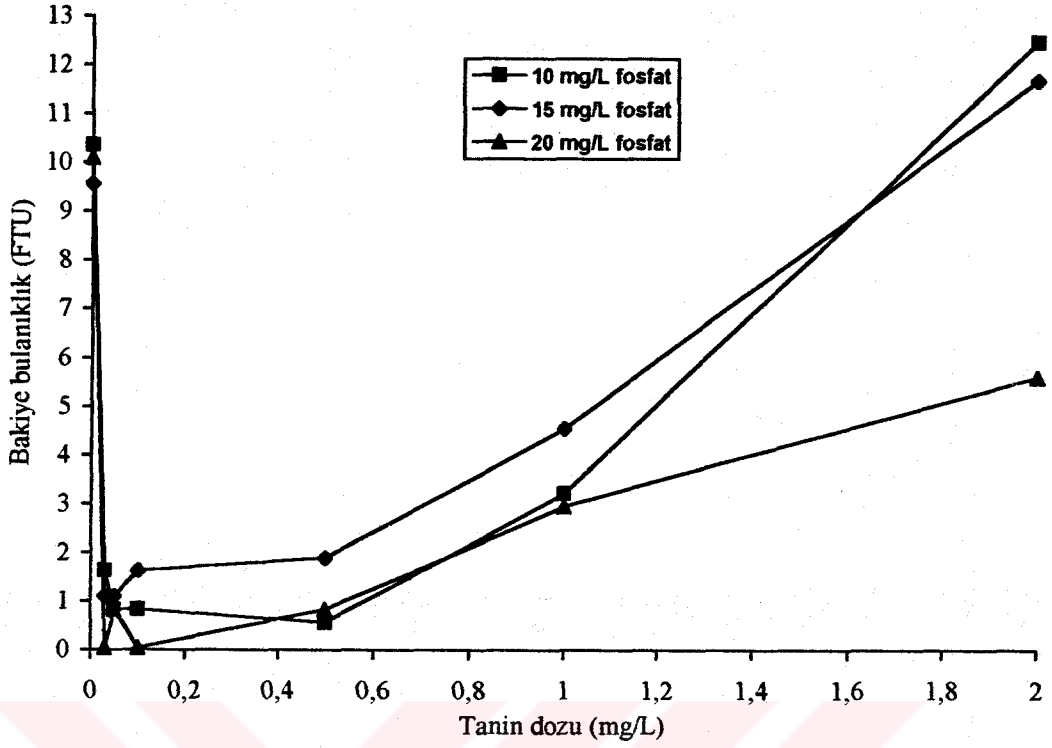
Başlangıç Değerleri		Tanin dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
		0.03	0.05	0.10	0.50	1.00	2.00
Bulanıklık (FTU)	20.31	0.97	1.23	0.97	1.99	3.52	8.09
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00	0.37	0.35	0.37	0.54	0.60	0.70
Bulanıklık (FTU)	19.29	11.66	15.22	14.95	20.56	24.88	34.55
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00	2.54	2.64	2.69	2.95	2.97	2.98
Bulanıklık (FTU)	19.80	3.77	3.77	4.79	6.31	7.08	13.18
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00	0.28	2.24	0.24	0.43	0.61	1.02
Bulanıklık (FTU)	19.29	3.52	3.77	4.79	3.01	6.31	14.96
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00	1.98	1.83	1.87	2.43	5.09	8.09
Bulanıklık (FTU)	20.56	3.52	2.24	3.26	4.53	6.31	20.56
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00	3.95	3.57	3.83	5.35	8.31	12.53
Bulanıklık (FTU)	20.05	3.01	3.26	2.50	4.28	5.04	10.89
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00	4.28	4.32	4.28	5.35	7.54	11.79



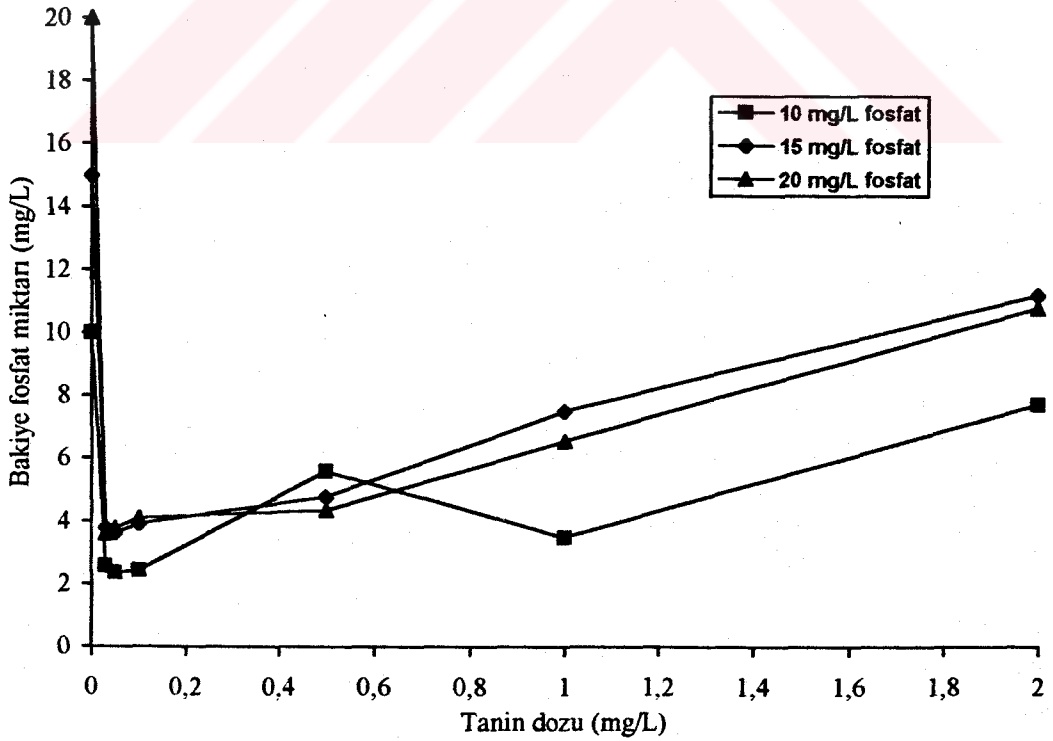
Şekil 7.17. Tanin ile 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



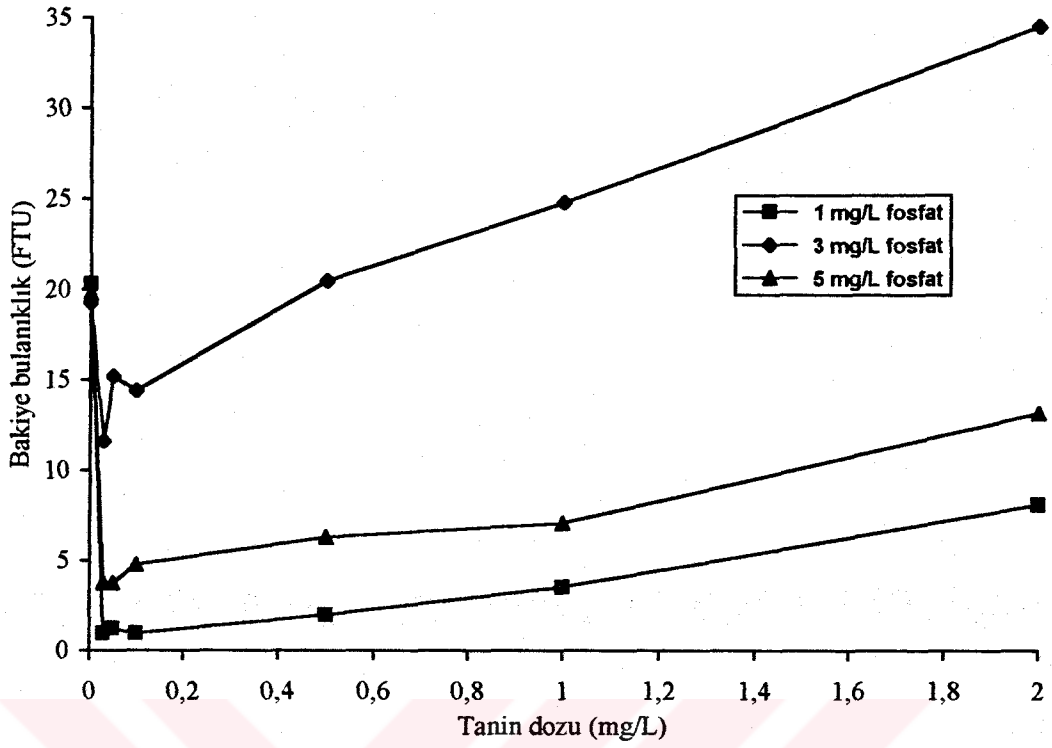
Şekil 7.18. Tanin ile 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarları



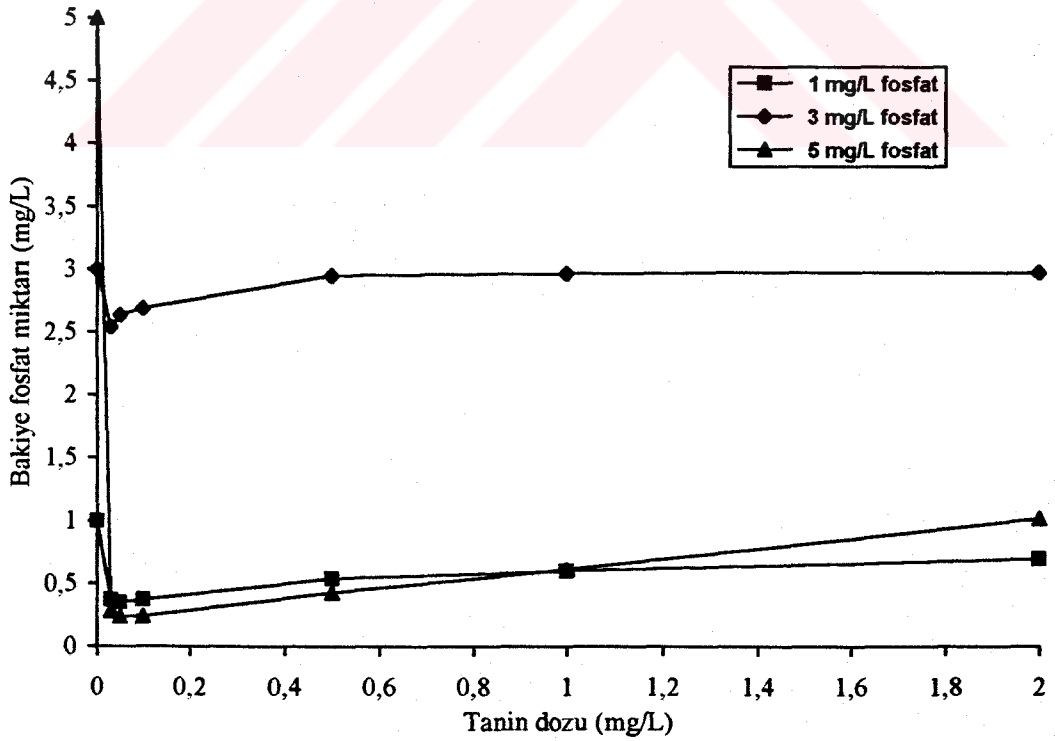
Şekil 7.19. Tanin ile 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



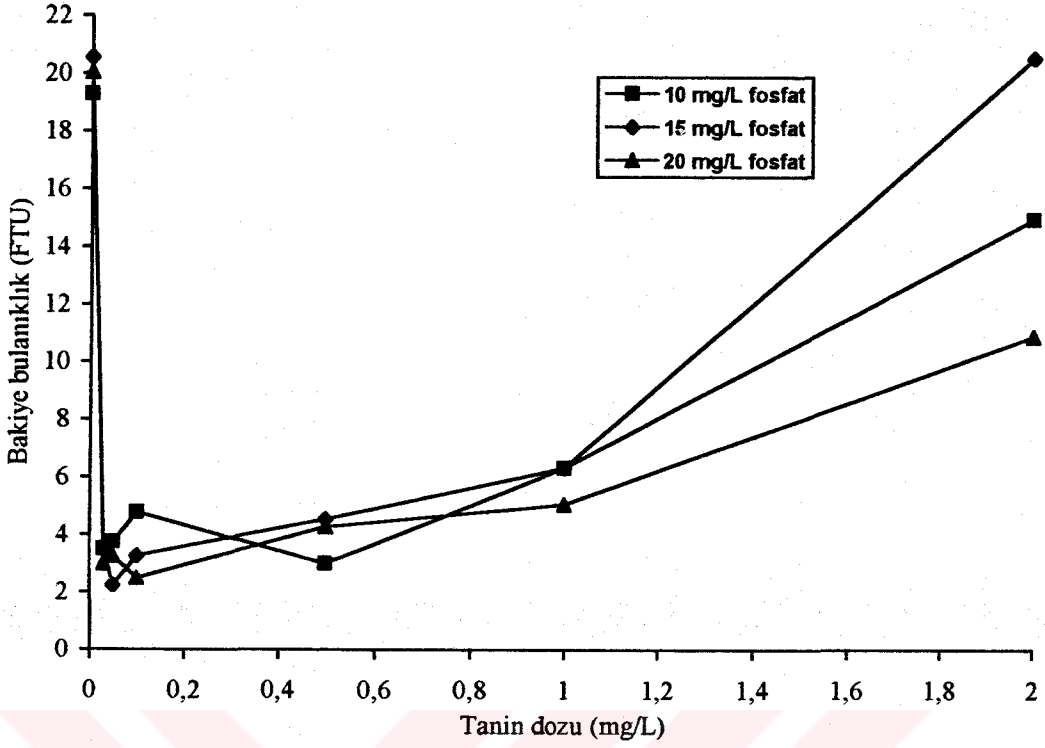
Şekil 7.20. Tanin ile 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarları



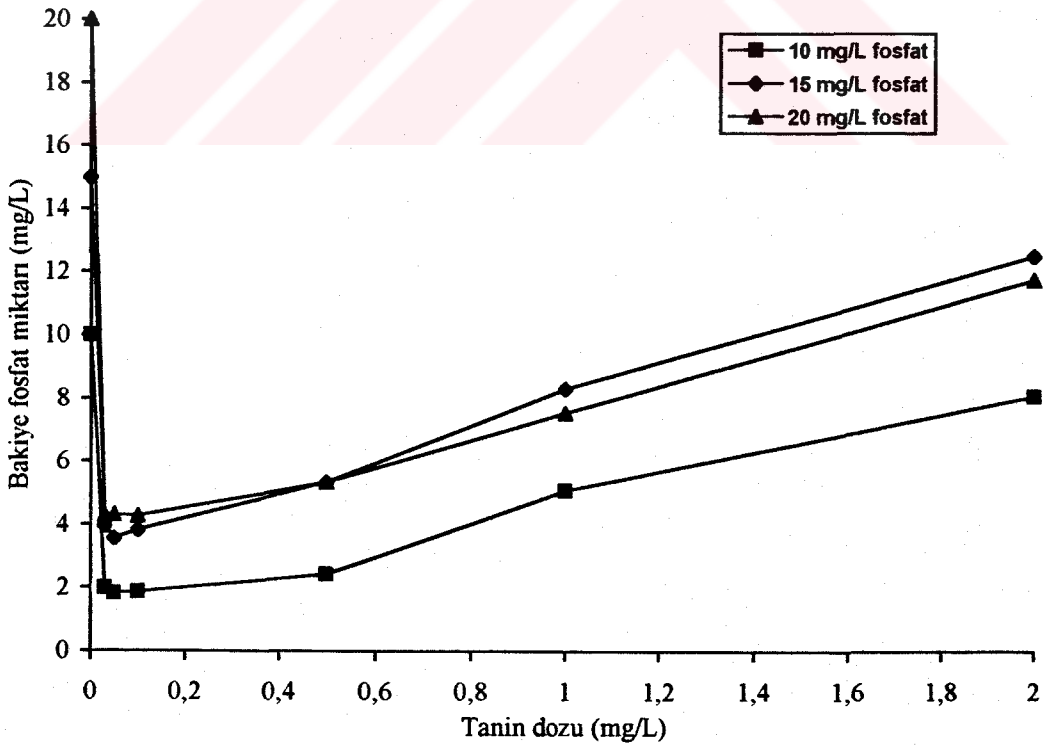
Şekil 7.21. Tanin ile 20 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



Şekil 7.22. Tanin ile 20 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarları



Şekil 7.23. Tanin ile 20 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



Şekil 7.24. Tanin ile 20 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarları

10 ve 20 FTU bulanıklıkların her ikisi için de 1-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sentetik sularla yapılan çalışmaların hemen hemen hepsinde 0.03 mg/L tanin dozunda minimum bakiye bulanıklık sağlanmaktadır. Daha fazla tanin dozlarında ise hemen hepsinde artarak restabilizasyon gözlenmektedir. Hatta bulanıklık miktarı, 10 FTU sularda 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik su hariç, diğerlerinde başlangıç değerinin üzerine çıkmaktadır. 20 FTU bulanıklıktaki sularda ise 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren suda bakiye bulanıklık yine başlangıç değerinin üzerine çıkarken, 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren suda da başlangıç değerine ulaşmaktadır. Bu durum muhtemelen negatif yüklü kolloidlerle tanin arasında köprü oluşturan  $Na^+$  iyonlarının etkisini ilave edilen  $PO_4^{3-}$  iyonlarının bertaraf etmesinden kaynaklanmaktadır. Bunun sonucu olarak ortamda bakiye kalan tanin de ölçülen absorbanlarda artışa neden olmaktadır. Bu nedenle bakiye bulanıklık miktarları fazla çıkmaktadır.

10 ve 20 FTU bulanıklıklarda 1-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sulardan taninle fosfatın giderilmesinde doz miktarlarıyla giderilen  $PO_4^{3-}$  arasında bazı dalgalanmalar gözlenmektedir. Bununla birlikte bulanıklık minimum değerine düşmektedir. Daha fazla tanin dozlarında bakiye bulanıklık artışıyla paralel olarak bakiye  $PO_4^{3-}$  miktarları da artmaktadır. Bu durum göstermektedir ki, taninle fosfat giderme tamamen çöktürülen floklara adsorplanma veya bu floklarla sürüklenme şeklinde olmaktadır. Sonuç olarak bulanıklık giderilebildiği ölçüde fosfat giderilebilmektedir.

### 7.1.3. Bulanık sulardan AN913 ile yapılan fosfat giderme çalışmaları

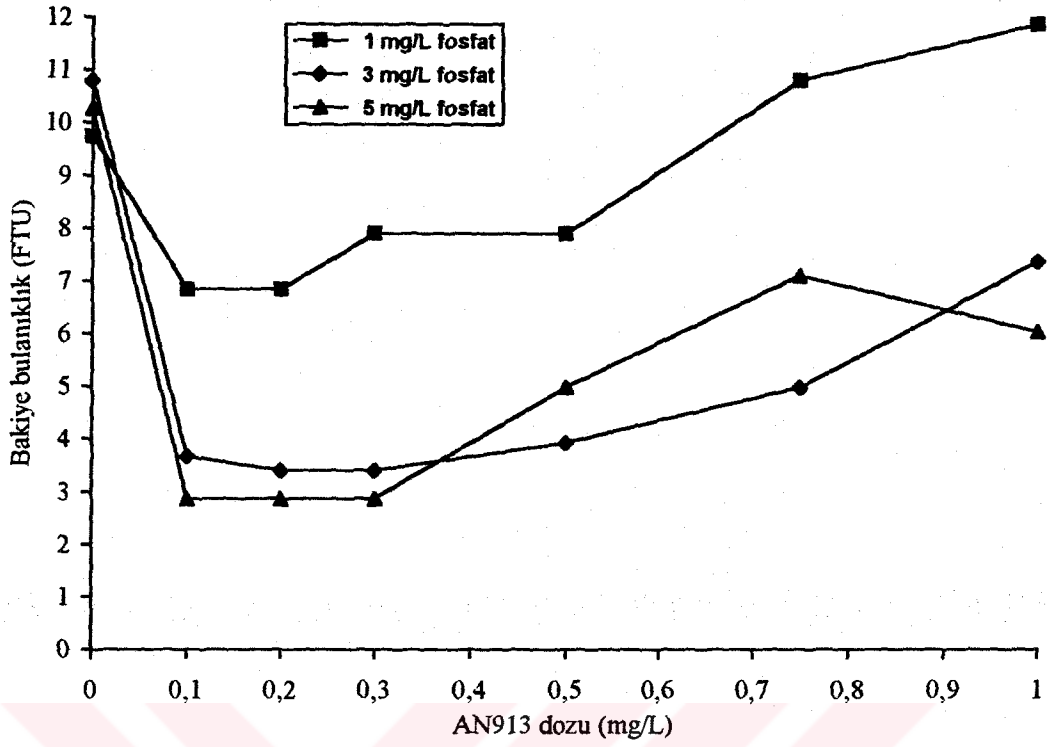
10 ve 20 FTU bulanıklık ve 1, 3, 5, 10, 15 ve 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren ve pH sı 10 olan sentetik sular üzerinde AN913 ile yapılan deneylerin sonuçları Tablo 7.7 ve 7.8 de ve AN913 miktarı ile bakiye bulanıklık ve fosfat miktarı arasındaki ilişki Şekil 7.25-7.32 de verilmiştir.

Tablo 7.7. AN913 ile 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

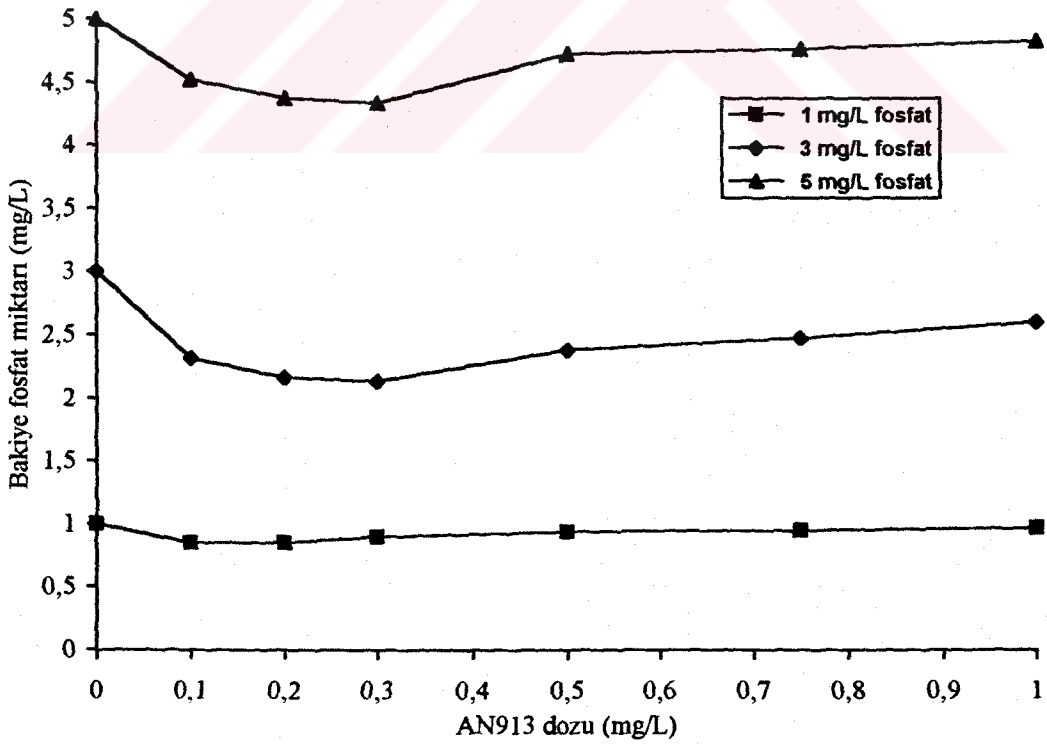
Başlangıç Değerleri		AN913 dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
		0.10	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00
Bulanıklık (FTU)	9.74	6.83	6.83	7.89	7.89	10.80	11.86
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00	0.85	0.85	0.90	0.94	0.95	0.97
Bulanıklık (FTU)	10.80	3.66	3.39	3.39	3.92	4.98	7.36
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00	2.31	2.16	2.13	2.38	2.47	2.57
Bulanıklık (FTU)	10.27	2.86	2.86	2.86	4.98	7.09	6.04
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00	4.52	4.37	4.33	4.72	4.76	4.83
Bulanıklık (FTU)	10.53	1.80	2.60	2.07	2.33	2.07	2.07
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00	3.63	4.21	4.37	4.56	4.48	4.29
Bulanıklık (FTU)	10.27	1.54	2.60	2.33	2.33	2.07	2.07
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00	4.72	5.42	5.69	5.69	5.86	5.88
Bulanıklık (FTU)	9.74	1.80	1.80	1.80	2.33	2.33	2.33
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00	5.57	6.78	7.17	7.63	7.87	7.91

Tablo 7.8. AN913 ile 20 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

Başlangıç Değerleri		AN913 dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
		0.10	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00
Bulanıklık (FTU)	19.53	8.42	7.89	10.80	13.71	16.09	19.53
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00	0.94	0.92	0.96	0.97	0.98	0.99
Bulanıklık (FTU)	20.15	10.09	7.71	7.18	8.51	9.83	10.62
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00	1.66	1.48	1.46	1.51	1.58	1.62
Bulanıklık (FTU)	20.42	5.07	4.80	4.01	5.86	6.39	9.04
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00	3.56	3.10	3.10	3.28	3.17	3.35
Bulanıklık (FTU)	20.15	3.21	3.48	3.48	3.68	3.48	3.74
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00	5.62	5.90	6.33	6.33	6.15	6.01
Bulanıklık (FTU)	20.95	3.21	4.01	3.48	3.21	3.48	3.21
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00	4.48	5.02	5.09	5.26	5.48	5.26
Bulanıklık (FTU)	20.68	1.36	2.95	2.68	2.95	1.89	1.89
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00	4.34	5.12	5.62	5.83	6.01	6.01

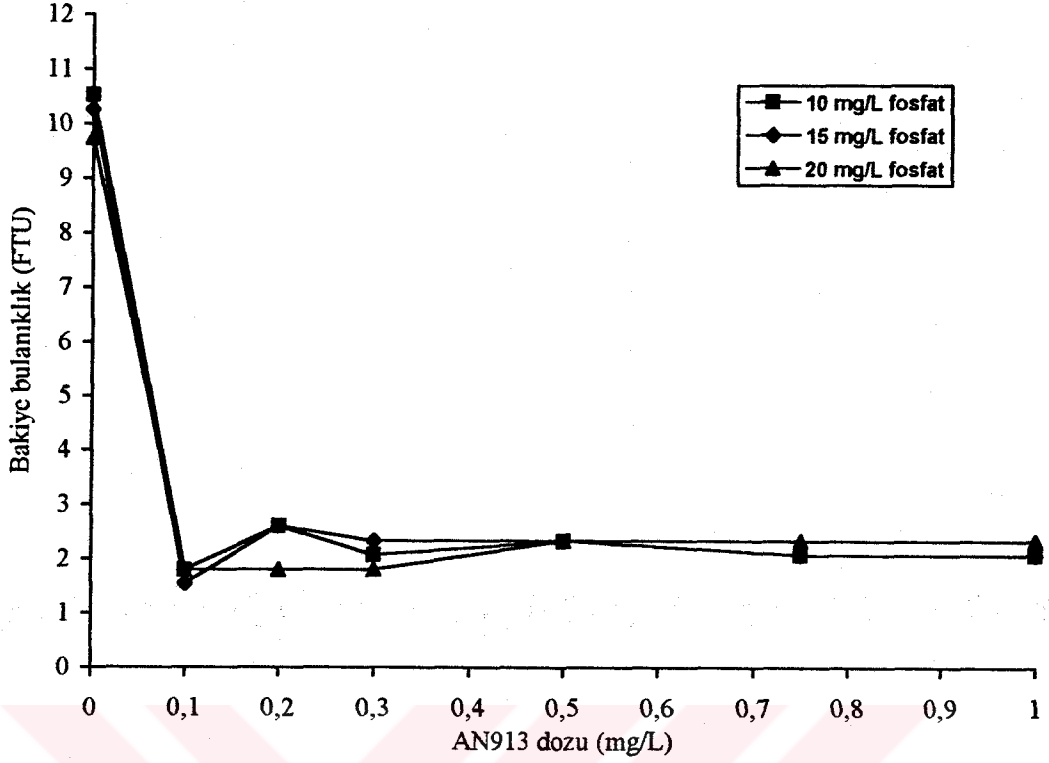


Şekil 7.25. AN913 ile 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları

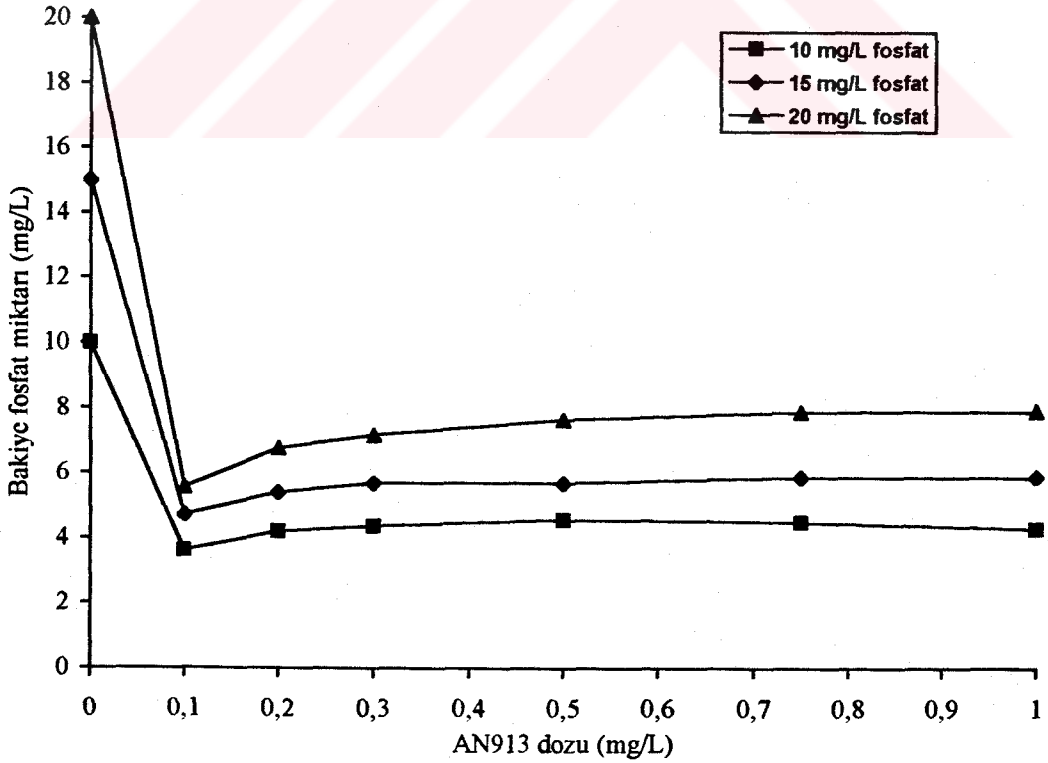


Şekil 7.26. AN913 ile 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarları

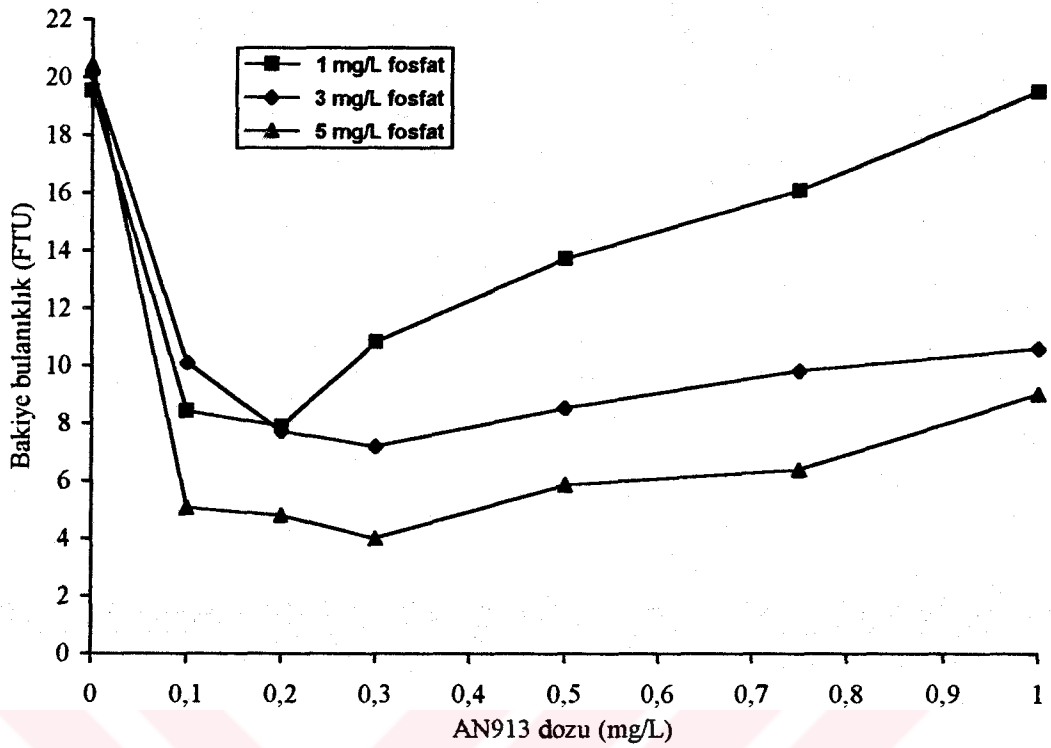




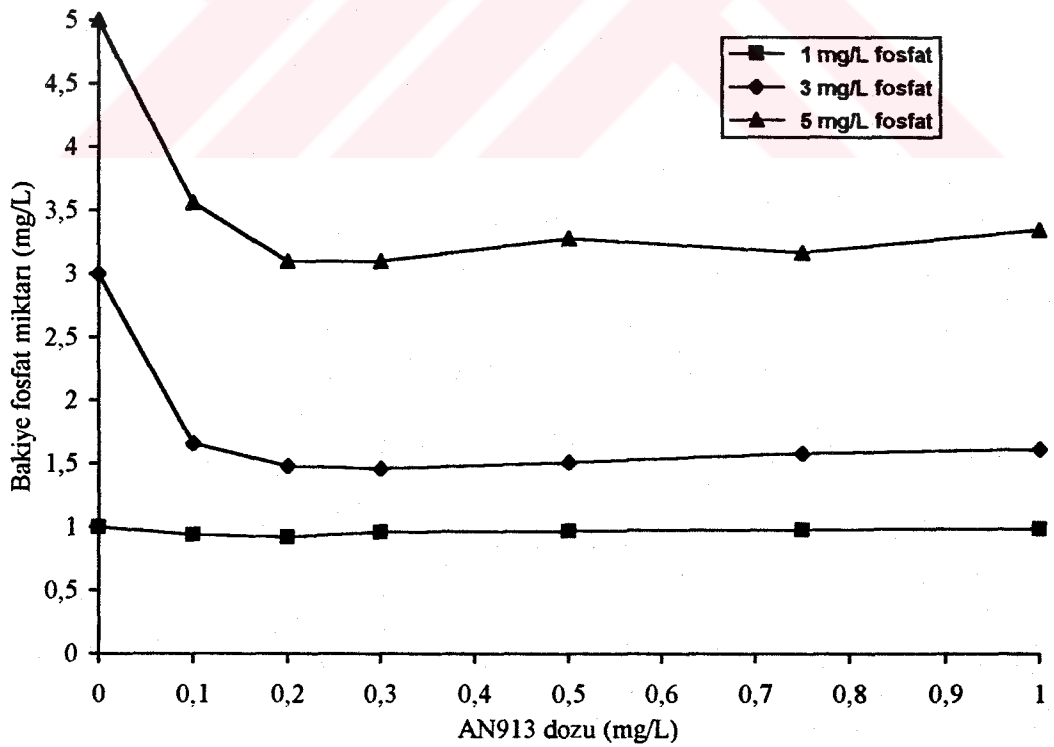
Şekil 7.27. AN913 ile 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



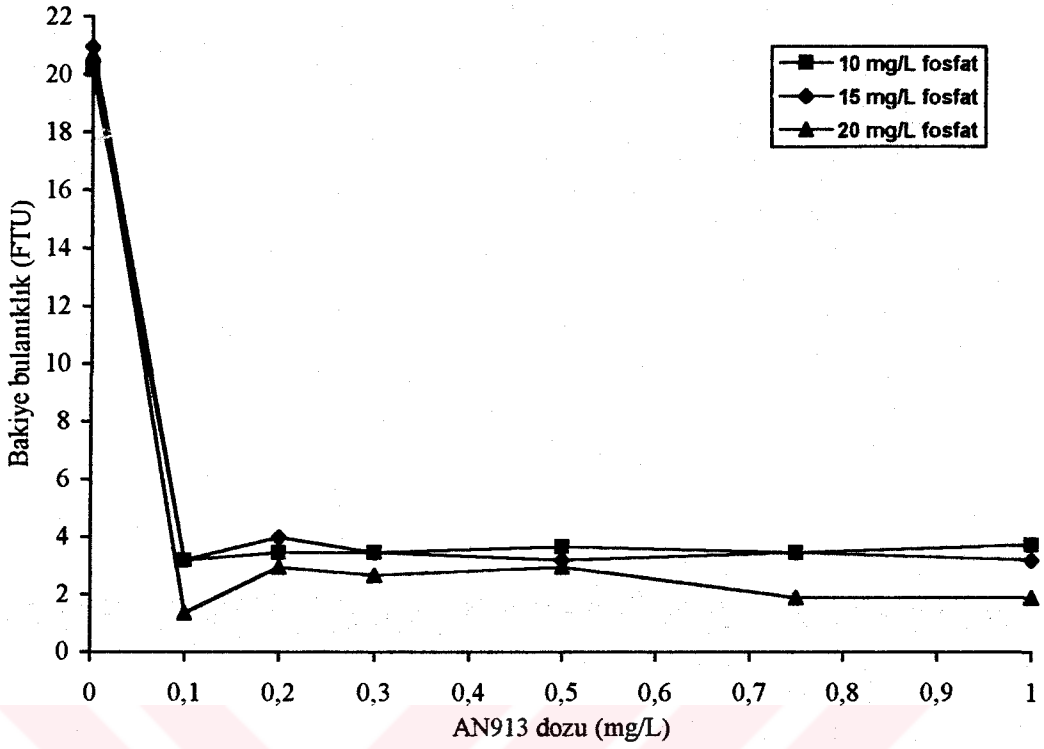
Şekil 7.28. AN913 ile 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarları



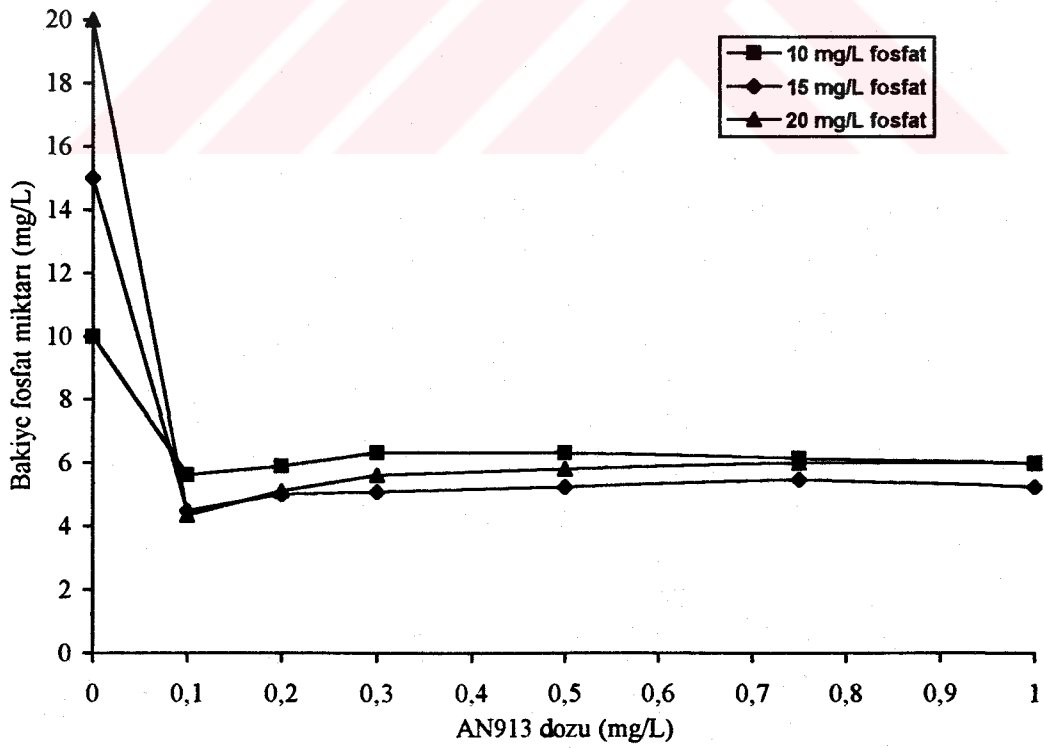
Şekil 7.29. AN913 ile 20 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



Şekil 7.30. AN913 ile 20 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarları



Şekil 7.31. AN913 ile 20 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



Şekil 7.32. AN913 ile 20 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarları

10 ve 20 FTU bulanıklıkta 1-5 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sentetik sularda minimum bakiye bulanıklığa  $\sim 0.2$  mg/L AN913 dozunda ulaşılmakta ve daha fazla AN913 dozlarında restabilizasyon gözlenmektedir. Söz konusu bulanıklıklarda 10-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarlarında ise 0.1 mg/L AN913 dozunda minimum bakiye bulanıklık elde edilmekte ve daha fazla AN913 dozlarında restabilize olarak bulanıklık bir miktar artmaktadır. Düşük bulanıklık değerlerinde bütün polielektrolit türlerinin koagülasyon prosesinde yetersiz kaldığı bilinen bir husustur [88]. Bu nedenle 1-5 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sularda bulanıklık etkin bir şekilde giderilememektedir. 10-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sularda ise nisbeten biraz daha iyi neticeler alınmıştır. Bunun sebebi de muhtemelen negatif yüklü kolloidler ihtiva eden ortama ilave edilen anyonların ortamdaki negatif yüklü taneciklerin miktarını arttırmakta ve dolayısıyla AN913 ün etkinliği artmaktadır [83, 88].

10 ve 20 FTU bulanıklıkta 1-5 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sentetik sularda minimum bakiye  $PO_4^{3-}$  miktarı  $\sim 0.2$  mg/L AN913 dozunda elde edilmekte ve daha fazla AN913 dozlarında  $PO_4^{3-}$  miktarı artmaktadır. Aynı bulanıklık değerlerinde 10-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sularda ise minimum bakiye  $PO_4^{3-}$  miktarı, 0.1 mg/L AN913 dozunda elde edildikten sonra, bakiye  $PO_4^{3-}$  daha fazla AN913 dozunda artmaktadır. Giderilen  $PO_4^{3-}$  miktarları giderilen bulanıklık ile paralellik arz etmektedir.  $PO_4^{3-}$  ın AN913 ile giderilmesi de taninle giderilmeye benzer bir durum göstermektedir.  $PO_4^{3-}$  iyonlarının çöken floklara adsorplanarak veya bu floklar tarafından sürüklenerek giderildiği söylenebilir.

#### **7.1.4. Bulanık sularda $Al_2(SO_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak yapılan fosfat giderme çalışmaları**

10, 20, 50 ve 100 FTU bulanıklık ve 1, 3, 5, 10, 15 ve 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden ve pH sı 7 olan sentetik sular üzerinde yapılan deneylerin sonuçları Tablo 7.9 - 7.12 de

ve tanin miktarı ile bakiye bulanıklık ve fosfat miktarı arasındaki ilişki Şekil 7.33-7.48 de verilmiştir.

Tablo 7.9.  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

Başlangıç Değerleri		$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	Tanin dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
			0.03	0.05	0.10	0.50	1.00	2.00
Bulanıklık (FTU)	10.00	1.5	2.15	1.89	1.89	2.15	2.94	1.63
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00		0.58	0.60	0.78	0.82	0.99	0.52
Bulanıklık (FTU)	10.57	2.5	0.84	0.31	0.31	0.57	0.84	1.36
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00		0.75	0.69	0.72	0.83	0.71	0.26
Bulanıklık (FTU)	9.52	2.5	0.84	1.63	0.57	0.84	1.36	0.57
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00		2.06	1.95	1.87	1.95	1.76	0.79
Bulanıklık (FTU)	10.30	5.0	0.31	0.57	0.31	0.31	0.05	0.31
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00		2.61	2.64	2.34	2.49	2.03	0.60
Bulanıklık (FTU)	9.78	5.0	0.57	0.31	0.05	0.05	0.05	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00		6.27	6.39	6.39	6.08	5.92	3.53
Bulanıklık (FTU)	10.83	5.0	0.57	0.05	0.57	0.84	0.31	0.84
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00		10.71	10.40	10.21	9.68	9.63	7.70

Tablo 7.10.  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

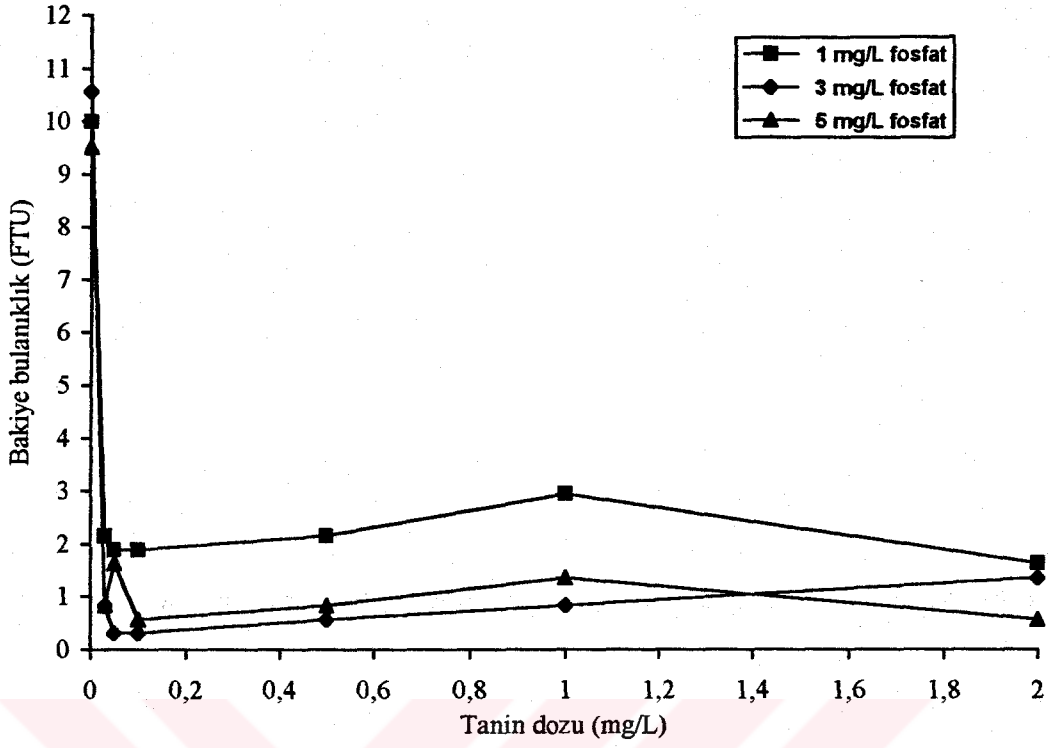
Başlangıç Değerleri		$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	Tanin dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
			0.03	0.05	0.10	0.50	1.00	2.00
Bulanıklık (FTU)	19.77	1.5	2.41	1.89	1.89	3.47	4.78	3.20
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00		0.34	0.33	0.37	0.52	0.57	0.27
Bulanıklık (FTU)	19.77	1.5	1.63	1.63	1.10	0.57	0.05	0.31
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00		1.62	1.66	1.65	1.61	1.48	0.59
Bulanıklık (FTU)	20.56	2.5	1.63	1.36	0.84	1.89	1.89	1.89
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00		2.34	2.41	2.22	2.57	2.41	1.06
Bulanıklık (FTU)	20.56	5.0	0.57	1.10	0.05	0.57	0.57	1.10
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00		2.53	3.11	2.68	3.15	2.76	1.10
Bulanıklık (FTU)	20.03	5.0	0.84	0.57	0.31	0.84	0.84	1.36
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00		6.08	6.23	5.92	6.43	6.35	4.07
Bulanıklık (FTU)	20.30	5.0	1.10	0.31	0.57	0.84	0.84	1.63
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00		10.21	10.05	9.90	10.48	10.17	7.97

Tablo 7.11.  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

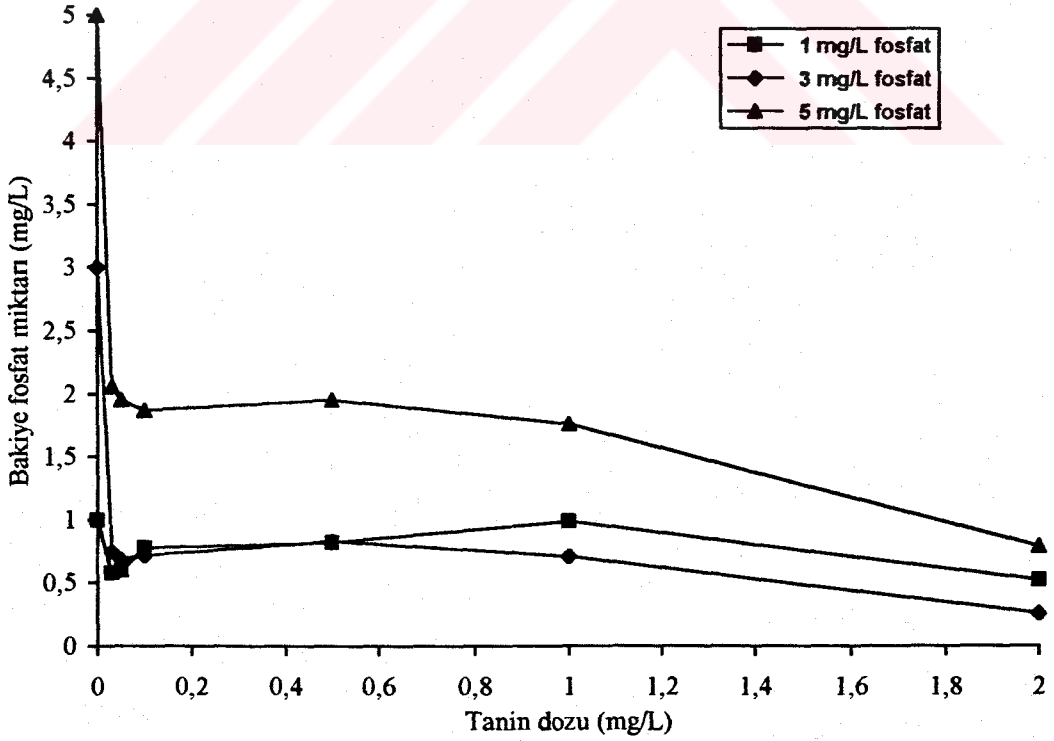
Başlangıç Değerleri		$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	Tanin dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
			0.03	0.05	0.10	0.50	1.00	2.00
Bulanıklık (FTU)	50.13	1.5	3.26	2.34	2.65	2.65	2.34	1.42
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00		0.31	0.29	0.37	0.41	0.42	0.18
Bulanıklık (FTU)	49.51	2.5	1.12	0.50	0.20	0.81	0.81	1.12
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00		0.73	0.69	0.72	0.80	0.82	0.28
Bulanıklık (FTU)	49.82	2.5	2.65	2.03	1.73	2.65	3.57	3.57
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00		1.94	1.94	1.87	2.02	2.02	0.95
Bulanıklık (FTU)	50.43	5.0	1.73	1.12	1.42	1.12	1.42	2.03
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00		2.68	2.43	2.50	2.76	2.46	0.95
Bulanıklık (FTU)	50.13	5.0	1.42	0.50	0.50	0.81	0.81	1.42
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00		6.43	6.06	6.06	6.21	6.25	3.88
Bulanıklık (FTU)	50.43	5.0	0.50	0.20	0.00	0.00	0.20	0.81
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00		9.47	9.69	9.32	9.47	9.36	7.80

Tablo 7.12.  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

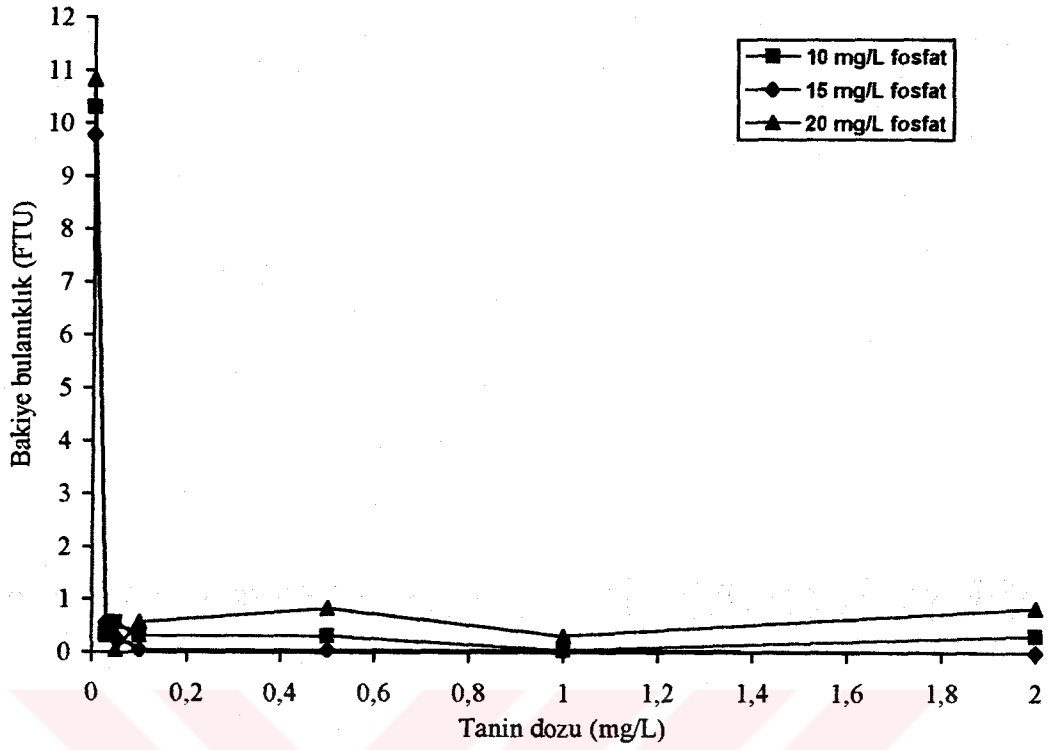
Başlangıç Değerleri		$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	Tanin dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
			0.03	0.05	0.10	0.50	1.00	2.00
Bulanıklık (FTU)	100.13	1.5	2.82	2.24	2.53	3.11	2.24	0.79
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00		0.30	0.29	0.33	0.40	0.36	0.16
Bulanıklık (FTU)	100.71	2.5	0.21	0.00	0.00	0.50	0.21	0.50
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00		0.68	0.66	0.66	0.79	0.68	0.28
Bulanıklık (FTU)	101.29	5.0	0.21	0.00	0.00	0.21	0.21	0.50
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00		0.29	0.40	0.29	0.55	0.35	0.20
Bulanıklık (FTU)	100.42	5.0	0.00	0.00	0.00	0.21	0.21	0.79
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00		2.42	2.42	2.49	2.61	2.46	1.06
Bulanıklık (FTU)	100.13	5.0	0.21	0.21	0.00	0.50	0.50	1.37
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00		6.54	6.27	6.42	6.35	6.42	3.98
Bulanıklık (FTU)	99.55	5.0	0.50	0.00	0.21	0.79	0.21	1.37
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00		9.93	9.77	10.04	10.08	10.00	8.27



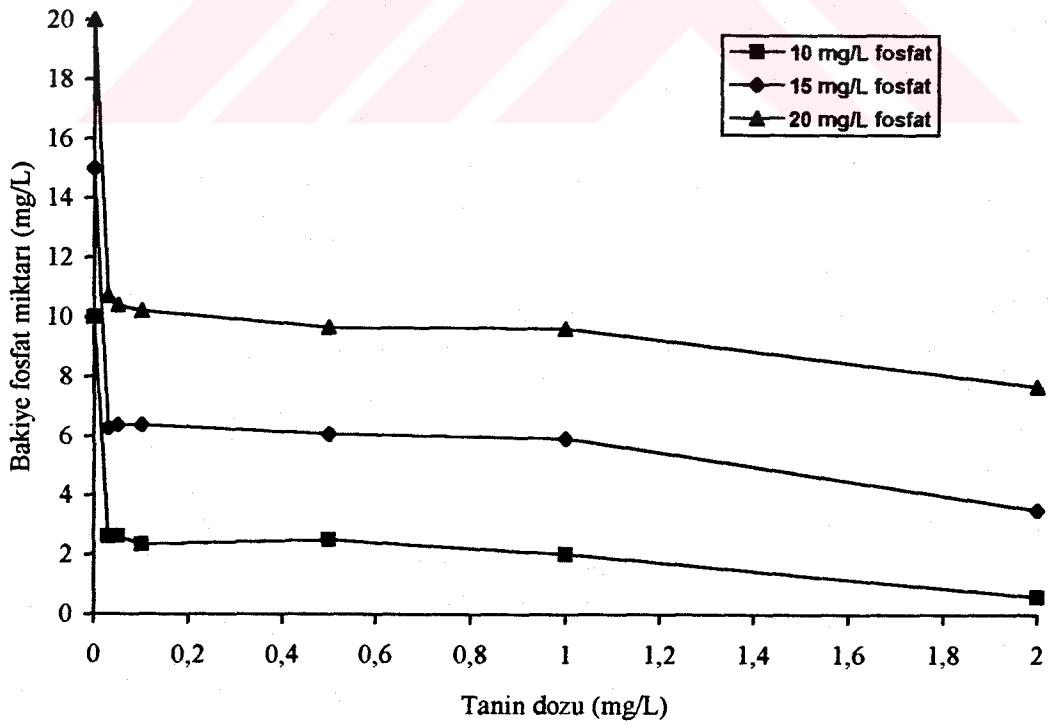
Şekil 7.33. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve tanin birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



Şekil 7.34. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve tanin birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarları

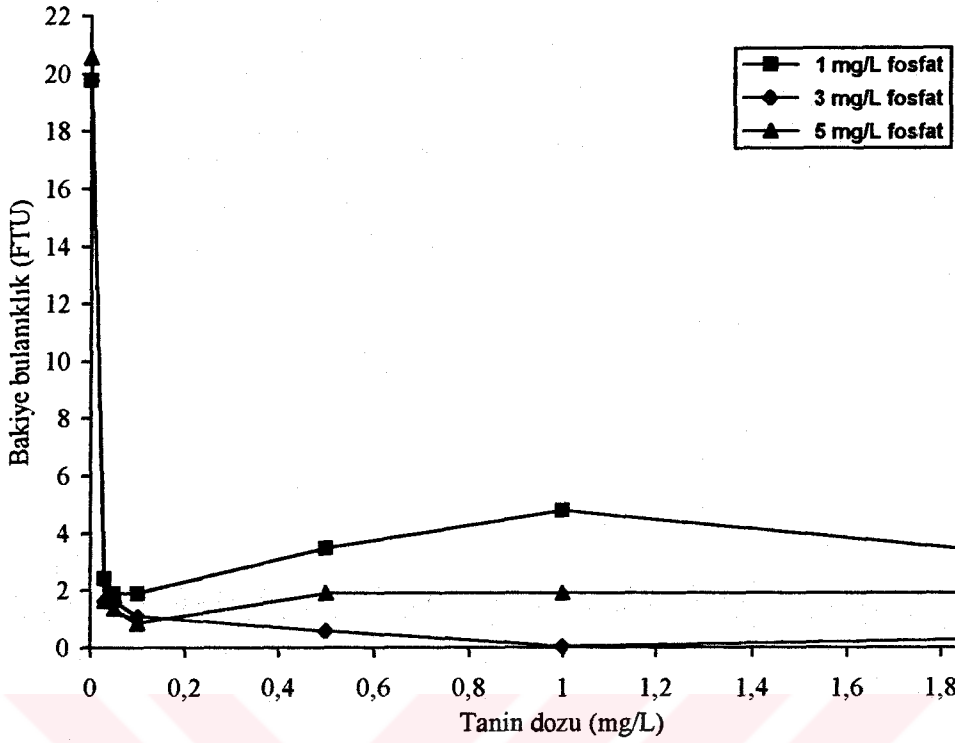


Şekil 7.35. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve tanin birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları

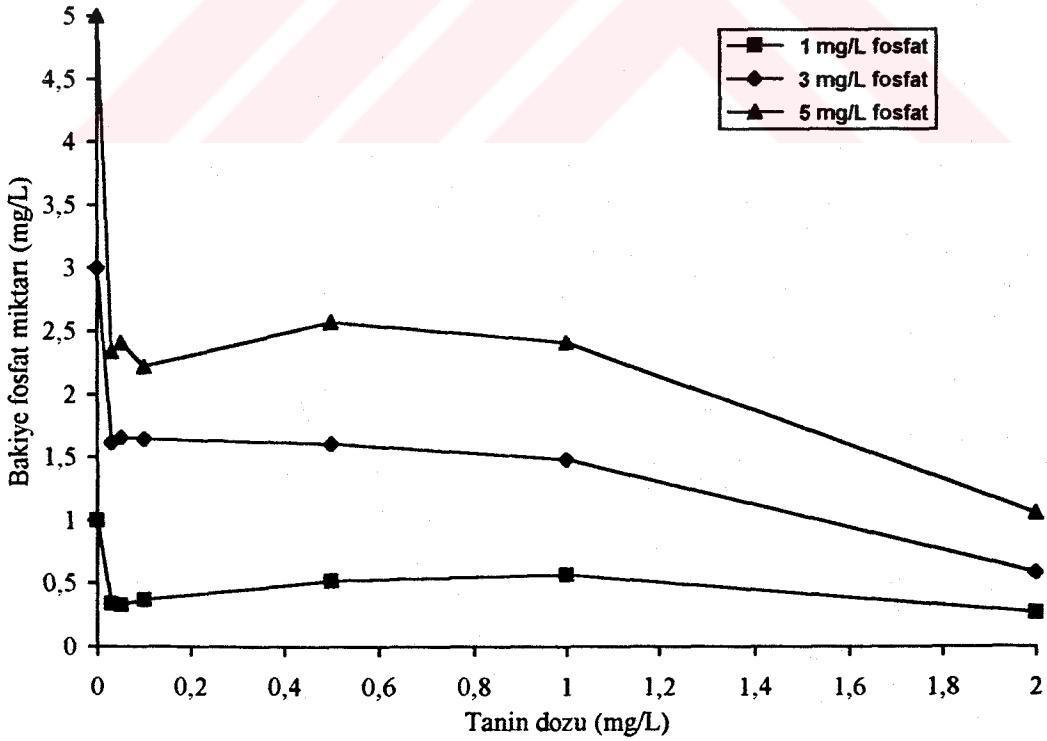


Şekil 7.36. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve tanin birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarları

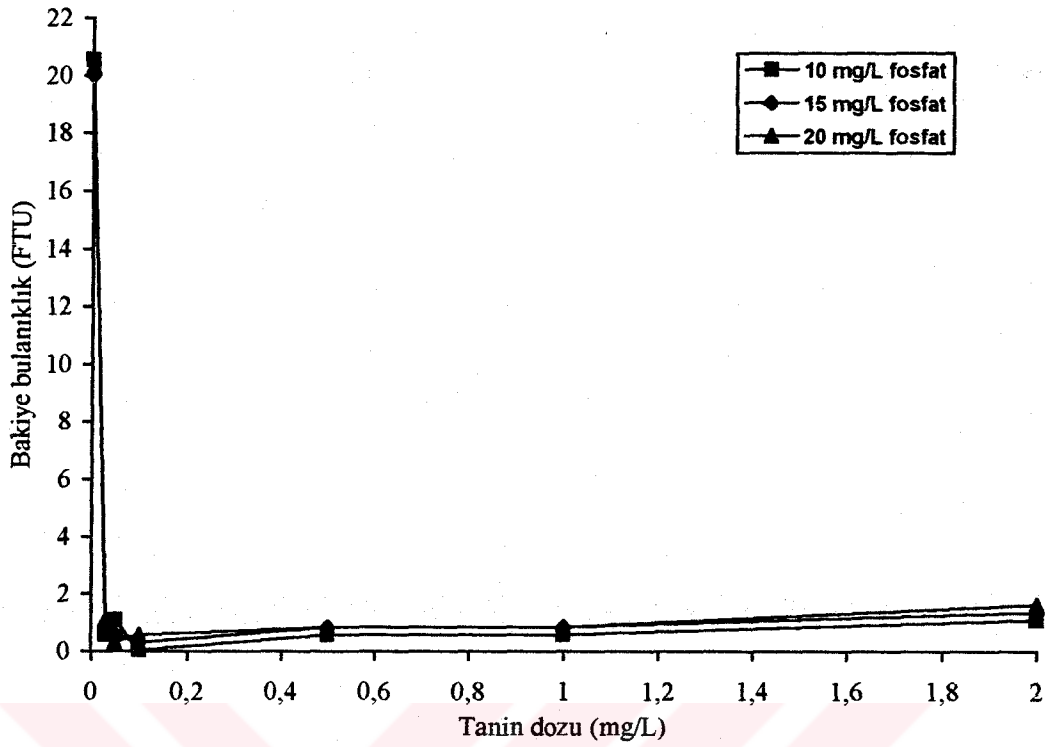




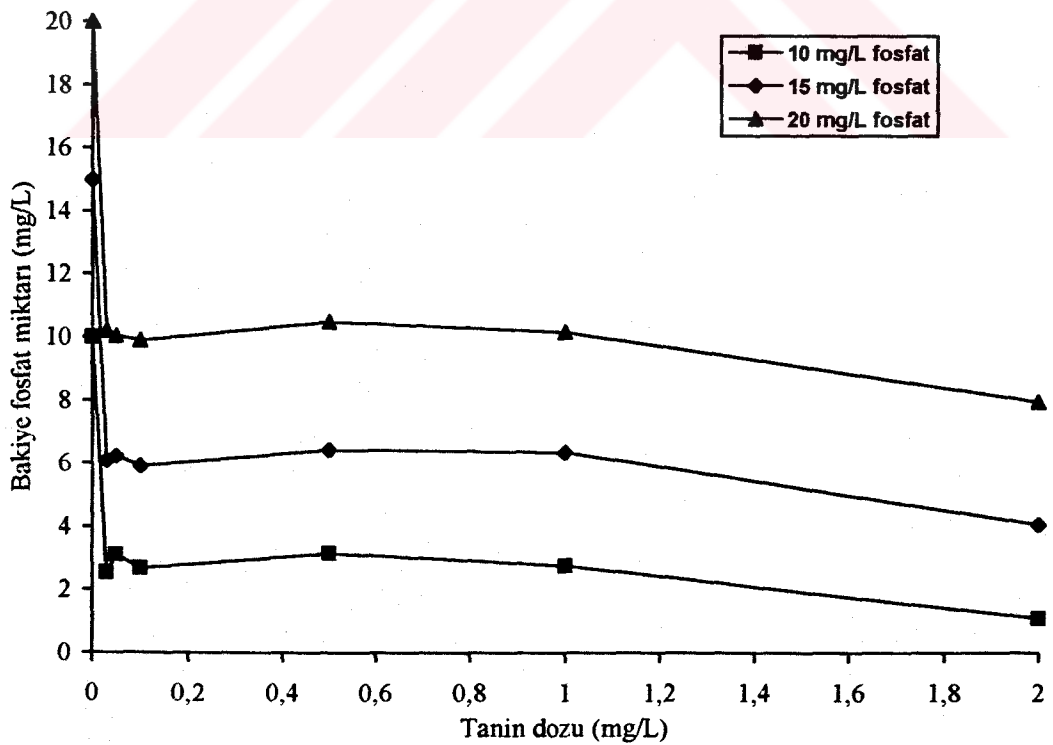
Şekil 7.37. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve tanin birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



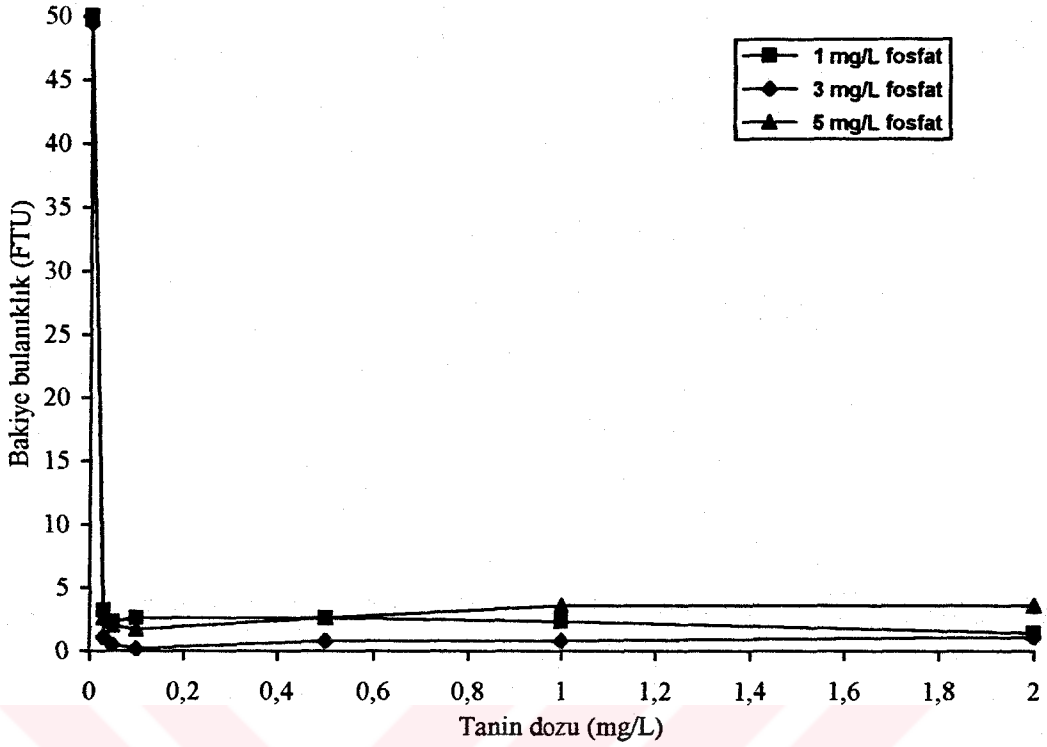
Şekil 7.38. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve tanin birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarları



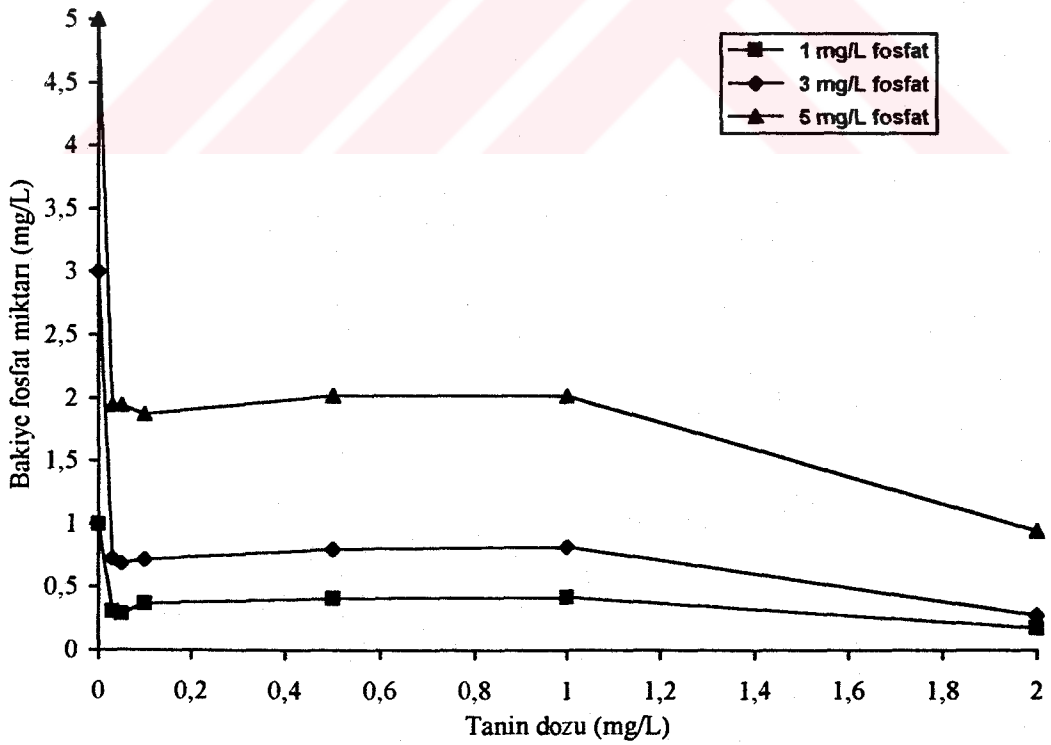
Şekil 7.39. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve tanin birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



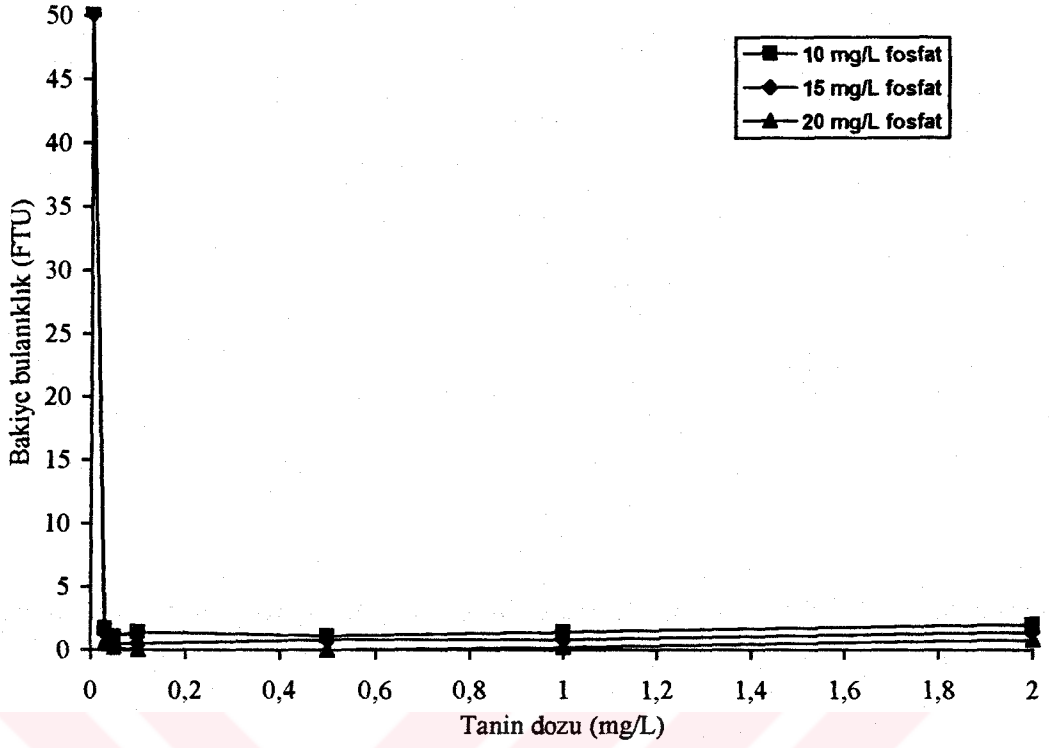
Şekil 7.40. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve tanin birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarları



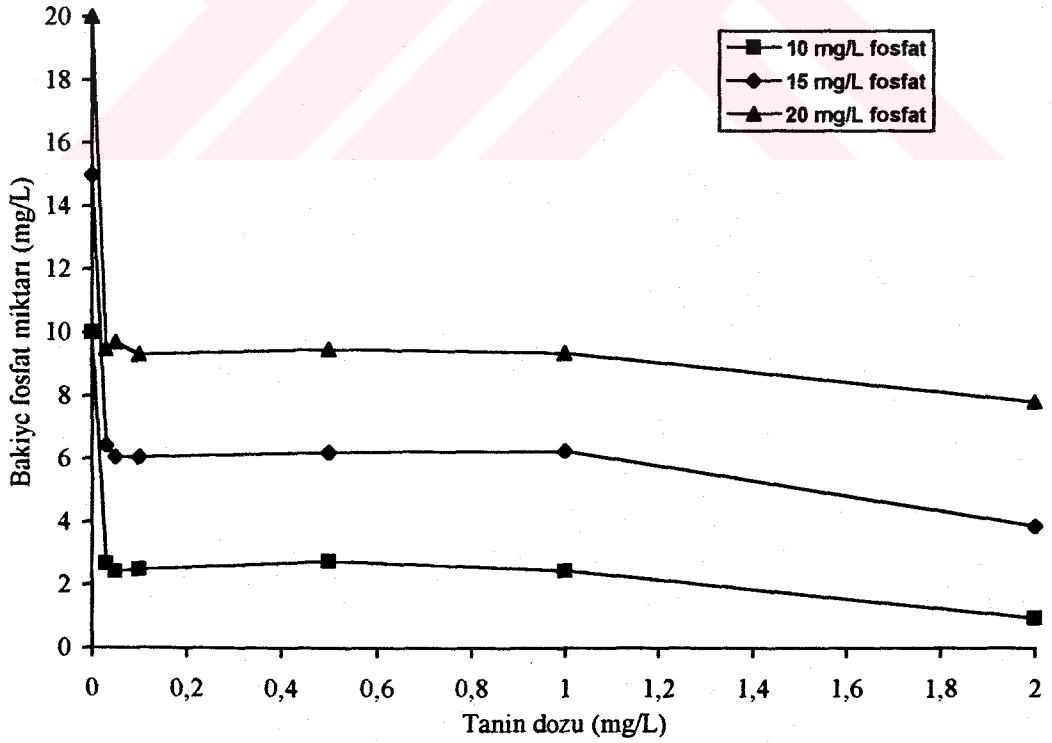
Şekil 7.41.  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



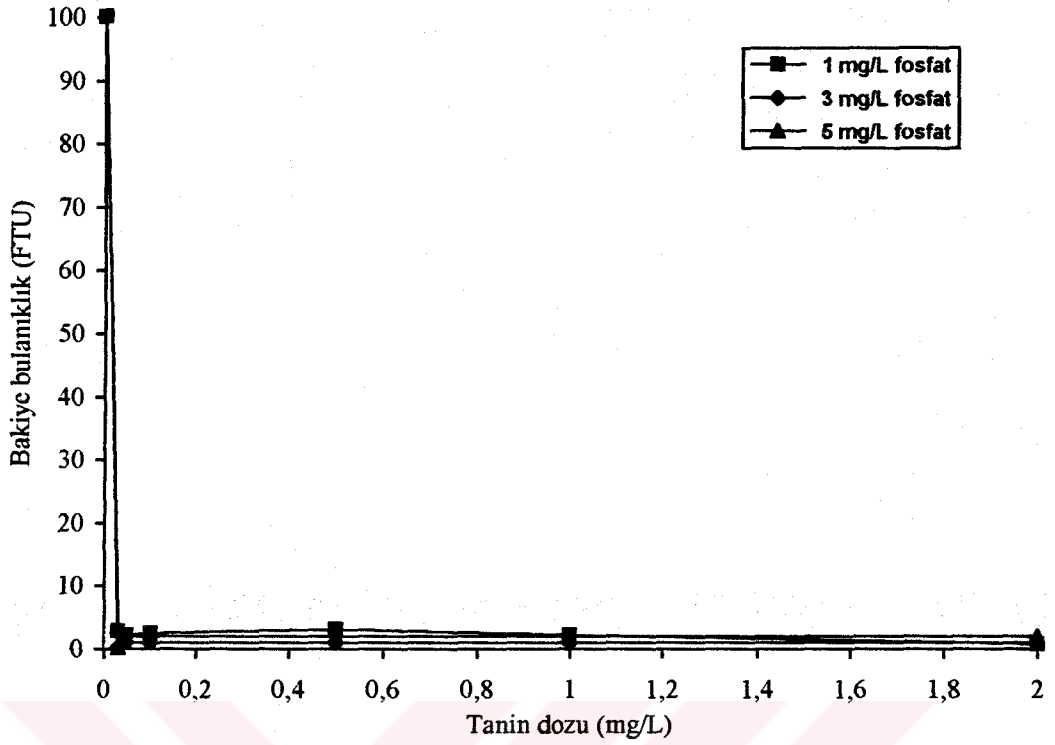
Şekil 7.42.  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarları



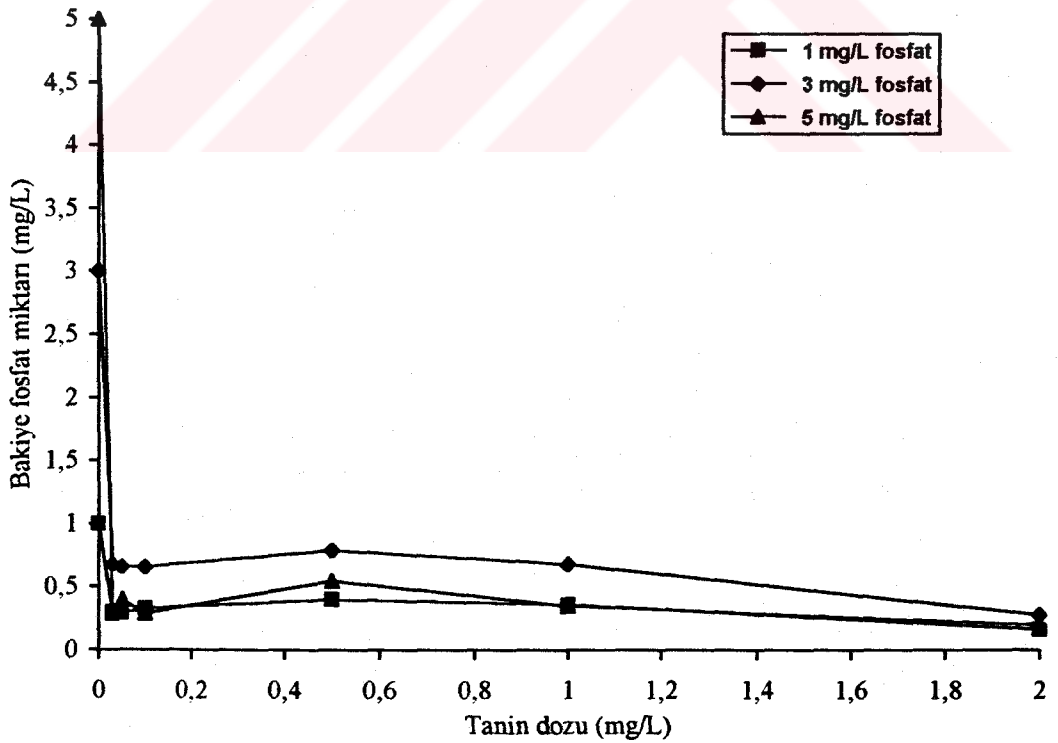
Şekil 7.43.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



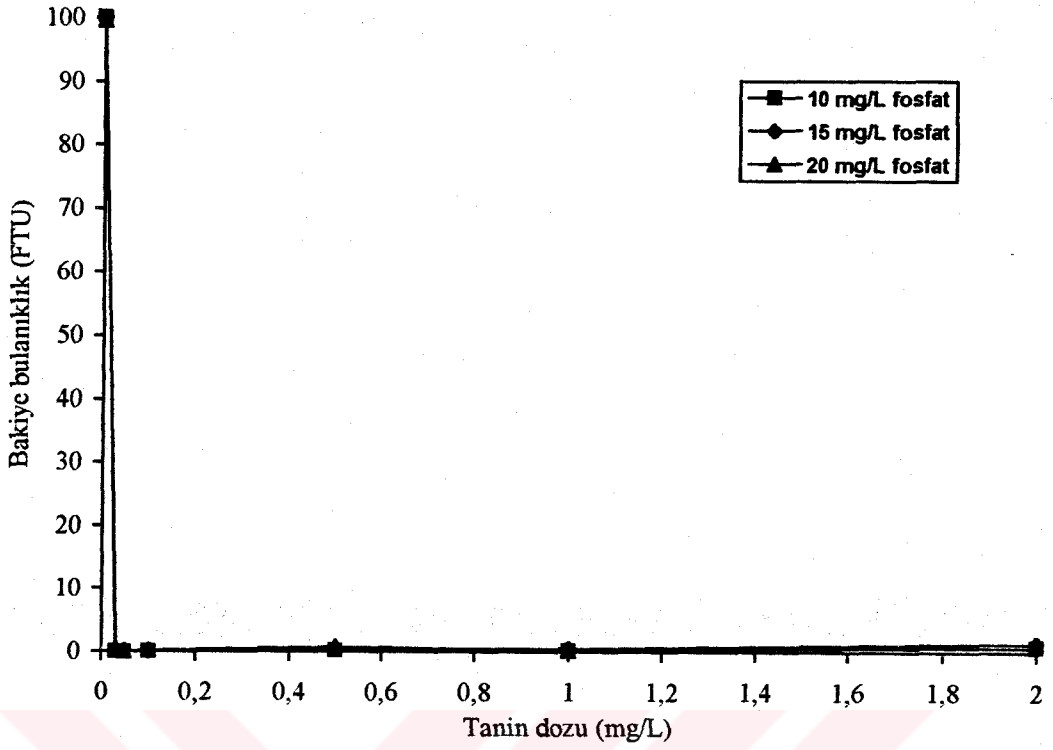
Şekil 7.44.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarları



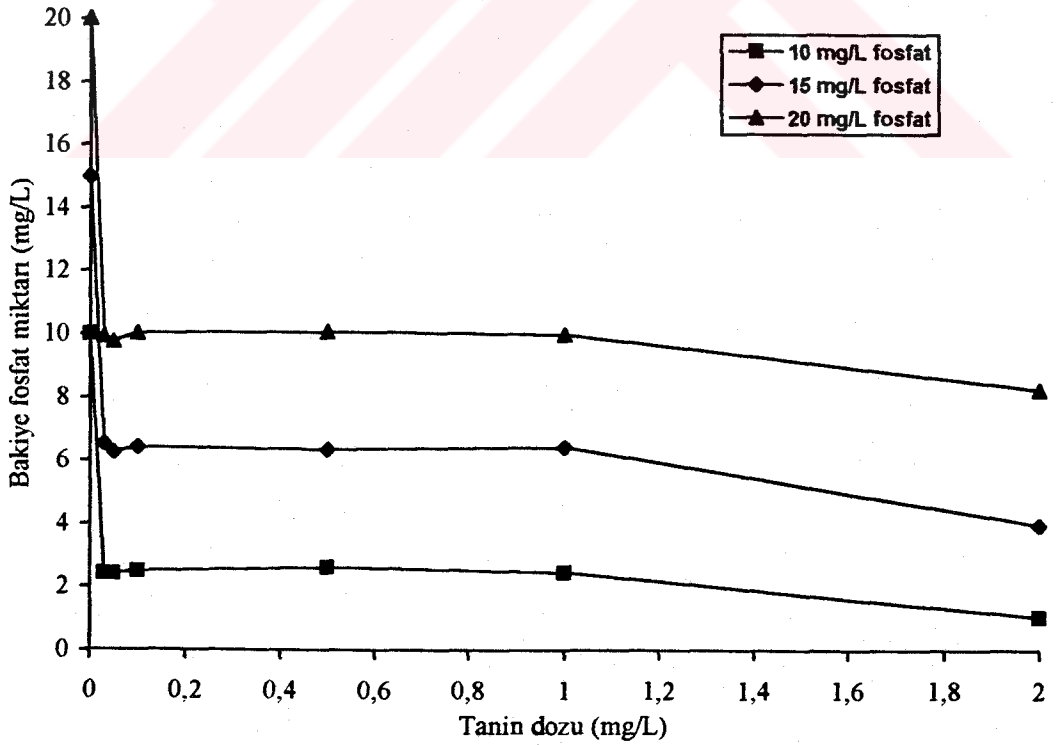
Şekil 7.45. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve tanin birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birliğe giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



Şekil 7.46. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve tanin birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birliğe giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarları



Şekil 7.47.  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



Şekil 7.48.  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarları

10-100 FTU bulanıklıkta 1-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sularda minimum bakiye bulanıklık genellikle 0.03-0.1 mg/L tanin konsantrasyonlarında elde edilmiştir. Fosfat miktarlarının değişmesiyle bağlantılı bir değişme gözlenmemektedir. Bununla birlikte ortama fosfat ilave edilmesi bakiye bulanıklık miktarlarında azalmaya neden olmaktadır.

Bu durum göstermektedir ki, aluminyum kolloidleri destabilize etmekte ve taninin belirtilen miktarları da aluminyum komplekslerini oluşturmak suretiyle flokları büyüterek çöktürmeye yetmektedir.

10-100 FTU bulanıklıkta 1-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sularda minimum bakiye fosfat miktarı 2 mg/L tanin konsantrasyonunda elde edilmektedir. Fakat genellikle bütün bulanıklık değerlerinde 15 ve 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarları için giderme yeterli düzeyde olmamaktadır. Fosfat büyük ölçüde  $AlPO_4$  şeklinde çöktürme suretiyle giderilmekte ve tanin de aluminyumlar arasında aluminyum tannat kompleksleri oluşturarak meydana gelen  $AlPO_4$  çökeleklerini büyütmektedir. Tanin dozu arttıkça da kompleks oluşumu da daha iyi olduğundan 2 mg/L tanin miktarında en iyi giderme gerçekleşmektedir.

#### **7.1.5. Bulanık sularda $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak yapılan fosfat giderme çalışmaları**

10, 20, 50 ve 100 FTU bulanıklık ve 1, 3, 5, 10, 15 ve 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden ve pH sı 7 olan sentetik sular üzerinde yapılan deneylerin sonuçları Tablo 7.13 - 7.16 da ve AN913 miktarı ile bakiye bulanıklık ve fosfat miktarı arasındaki ilişki Şekil 7.49 - 7.64 de verilmiştir.

Tablo 7.13.  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

Başlangıç Değerleri		$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	AN913 dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
			0.10	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00
Bulanıklık (FTU)	10.08	1.5	1.37	1.37	1.95	1.95	1.95	0.50
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00		0.42	0.41	0.52	0.55	0.53	0.28
Bulanıklık (FTU)	10.38	2.5	0.79	0.79	0.50	0.50	0.21	0.21
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00		0.95	1.05	1.05	1.08	0.89	0.47
Bulanıklık (FTU)	10.48	2.5	1.29	1.29	1.01	1.01	1.01	0.43
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00		2.40	2.44	2.36	2.48	2.36	1.13
Bulanıklık (FTU)	10.48	5.0	0.43	0.72	0.14	0.14	0.43	0.43
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00		2.28	2.40	2.44	2.63	2.32	0.89
Bulanıklık (FTU)	10.19	5.0	2.44	2.15	2.44	1.87	1.87	1.29
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00		6.45	6.76	6.91	7.10	6.87	4.17
Bulanıklık (FTU)	10.19	5.0	2.15	2.44	2.44	2.15	2.44	2.15
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00		9.72	10.26	10.26	10.38	10.65	8.30

Tablo 7.14.  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

Başlangıç Değerleri		$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	AN913 dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
			0.10	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00
Bulanıklık (FTU)	20.31	1.5	2.17	0.37	1.88	2.46	2.76	1.88
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00		0.37	0.71	0.43	0.48	0.51	0.40
Bulanıklık (FTU)	20.60	1.5	1.20	1.44	0.42	0.71	0.42	0.42
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00		0.71	1.00	1.56	1.72	1.60	0.92
Bulanıklık (FTU)	20.60	2.5	1.64	2.04	1.30	1.30	0.71	0.71
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00		1.64	2.04	2.08	2.30	2.12	1.04
Bulanıklık (FTU)	10.48	5.0	0.42	0.42	0.13	0.13	0.42	0.42
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00		1.93	2.12	2.26	2.45	2.41	0.91
Bulanıklık (FTU)	10.19	5.0	0.42	0.71	1.00	0.42	0.42	0.13
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00		5.09	5.89	5.78	6.04	5.82	3.73
Bulanıklık (FTU)	10.19	5.0	1.00	0.71	0.71	0.42	0.71	0.71
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00		9.08	9.34	9.67	9.89	9.74	7.80

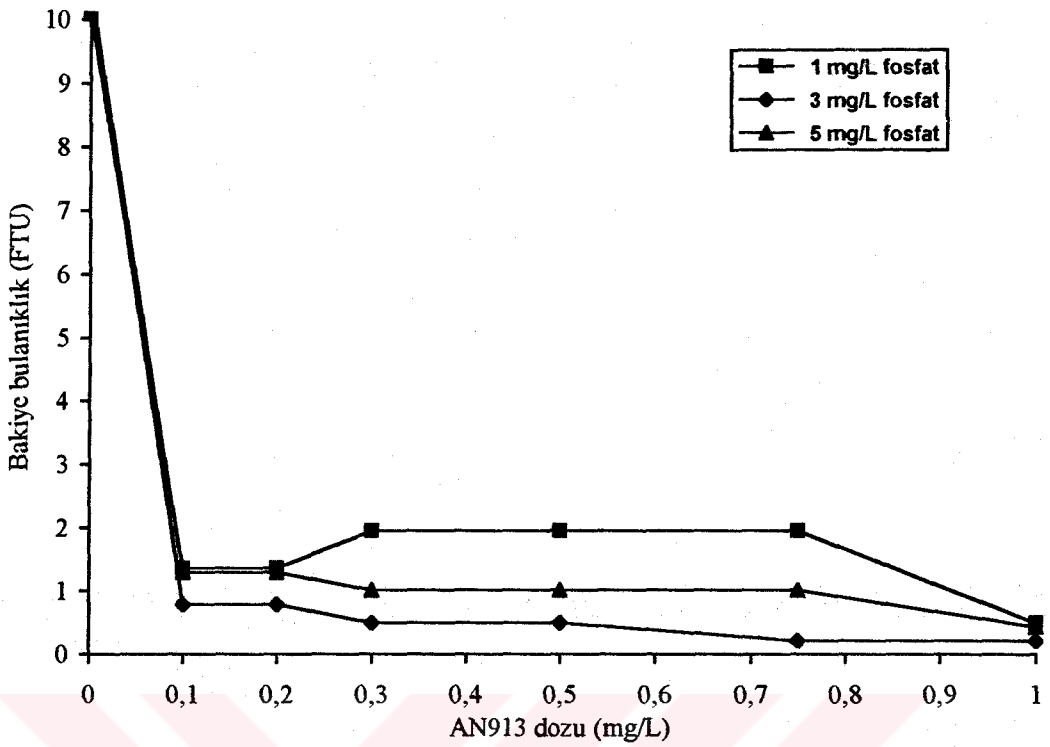


Tablo 7.15.  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

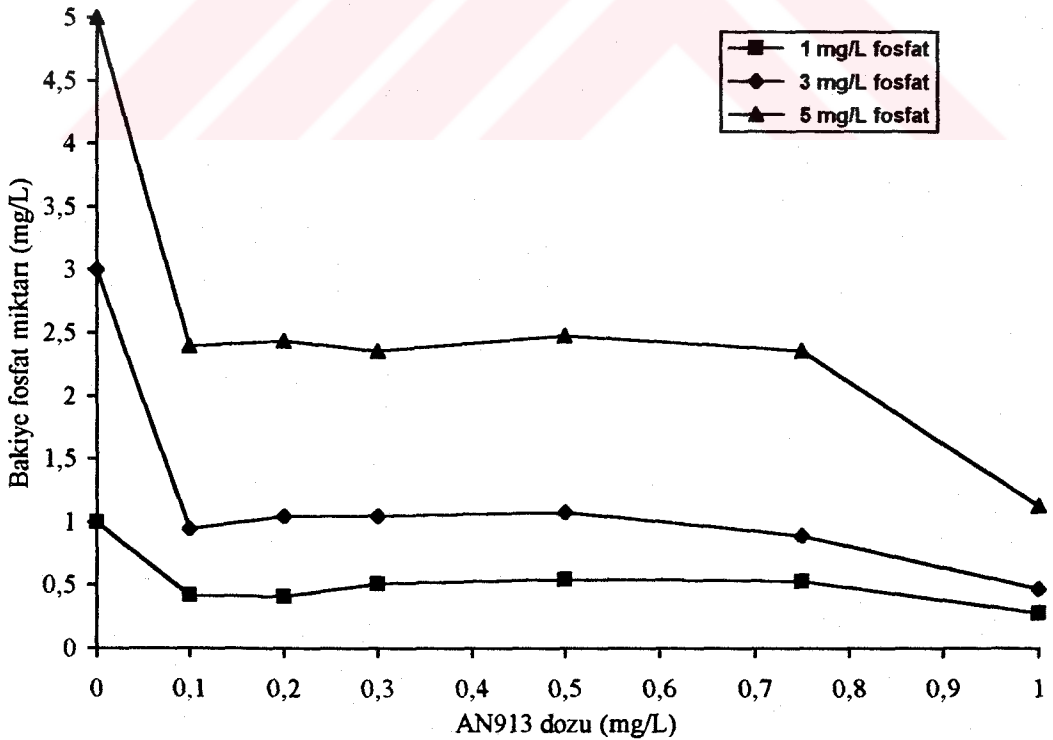
Başlangıç Değerleri		$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	AN913 dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
			0.10	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00
Bulanıklık (FTU)	49.56	1.5	3.64	3.64	3.64	4.51	3.34	1.88
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00		0.34	0.40	0.45	0.53	0.46	0.30
Bulanıklık (FTU)	49.86	2.5	0.42	1.30	0.42	1.30	1.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00		0.45	0.68	0.85	0.92	0.83	0.39
Bulanıklık (FTU)	50.15	2.5	0.13	1.00	1.00	1.59	0.42	0.13
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00		1.60	1.97	2.23	2.30	2.04	1.06
Bulanıklık (FTU)	50.44	5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00		1.90	2.26	2.74	2.70	2.68	0.98
Bulanıklık (FTU)	50.15	5.0	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00		5.20	5.71	5.89	6.26	6.26	4.21
Bulanıklık (FTU)	50.44	5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00		8.09	8.90	9.41	9.60	9.44	7.65

Tablo 7.16.  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  miktarları

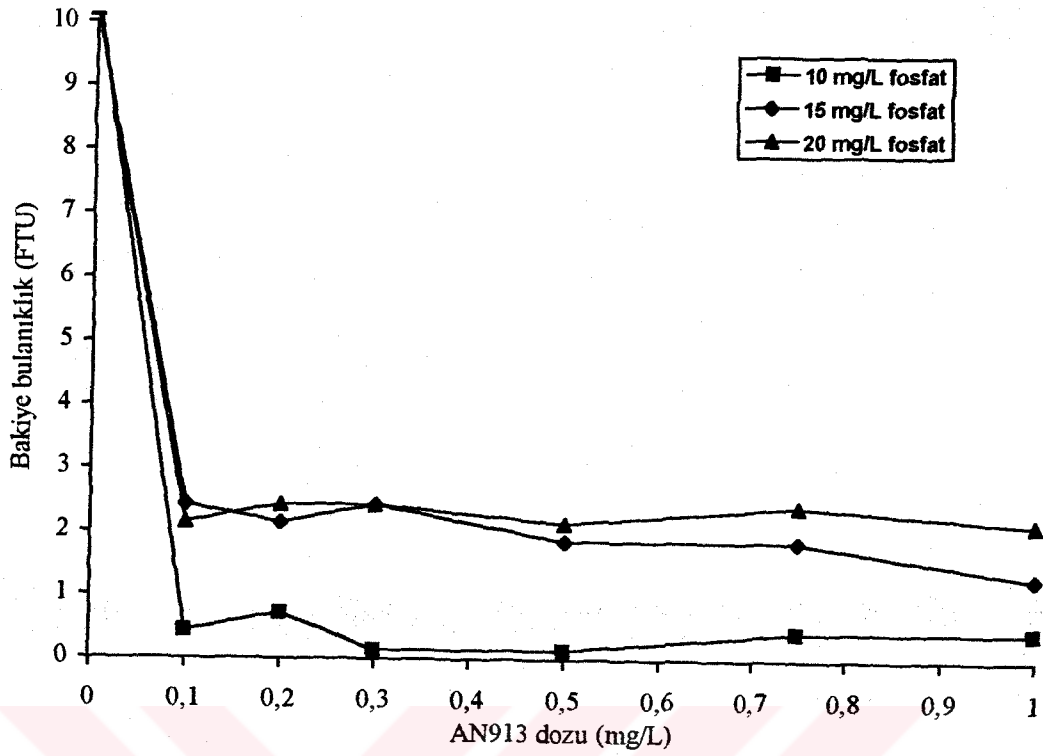
Başlangıç Değerleri		$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	AN913 dozu (mg/L) / Bakiye bulanıklık (FTU) - $PO_4^{3-}$ (mg/L)					
			0.10	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00
Bulanıklık (FTU)	100.19	1.5	1.32	2.20	6.59	6.00	6.00	1.91
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	1.00		0.25	0.20	0.41	0.45	0.51	0.30
Bulanıklık (FTU)	99.61	2.5	0.45	0.45	0.45	0.15	0.15	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	3.00		0.68	0.71	0.77	0.76	0.63	0.34
Bulanıklık (FTU)	101.65	5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	5.00		0.13	0.22	0.31	0.42	0.42	0.31
Bulanıklık (FTU)	100.78	5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	10.00		1.57	2.04	2.39	2.54	2.36	0.96
Bulanıklık (FTU)	101.07	5.0	0.15	0.15	0.15	0.15	0.00	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	15.00		4.83	5.36	5.54	6.08	5.83	3.78
Bulanıklık (FTU)	100.19	5.0	0.15	0.74	0.74	0.45	0.74	0.00
$PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	20.00		8.73	9.38	9.63	9.95	9.66	7.84



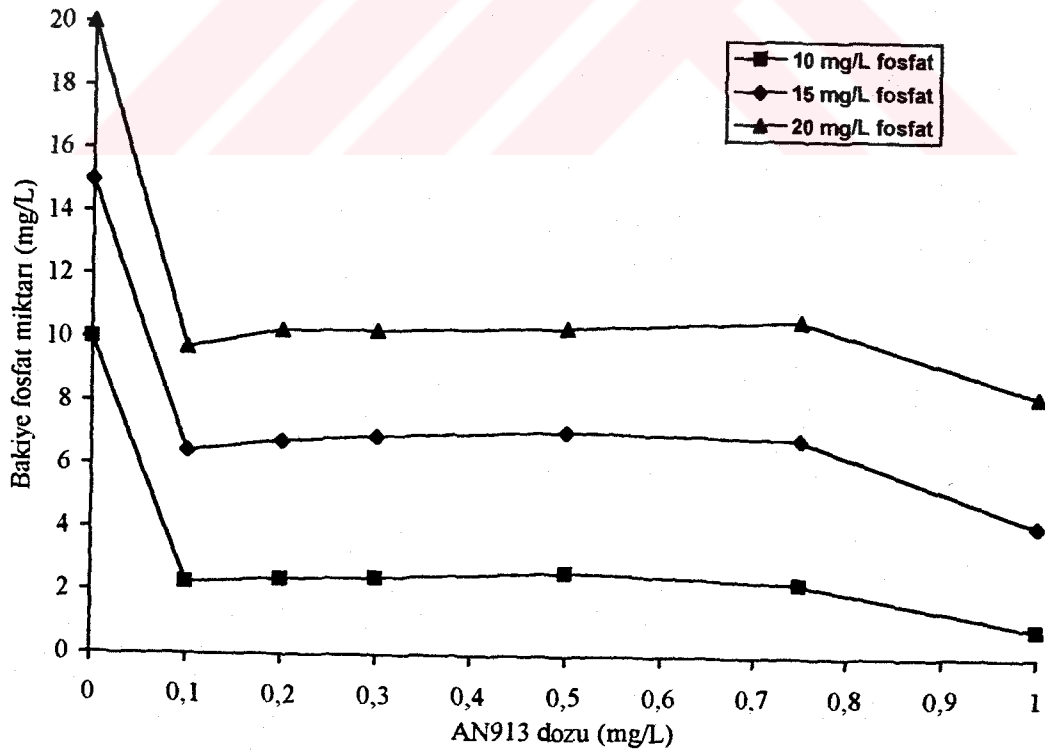
Şekil 7.49. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve AN913 birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



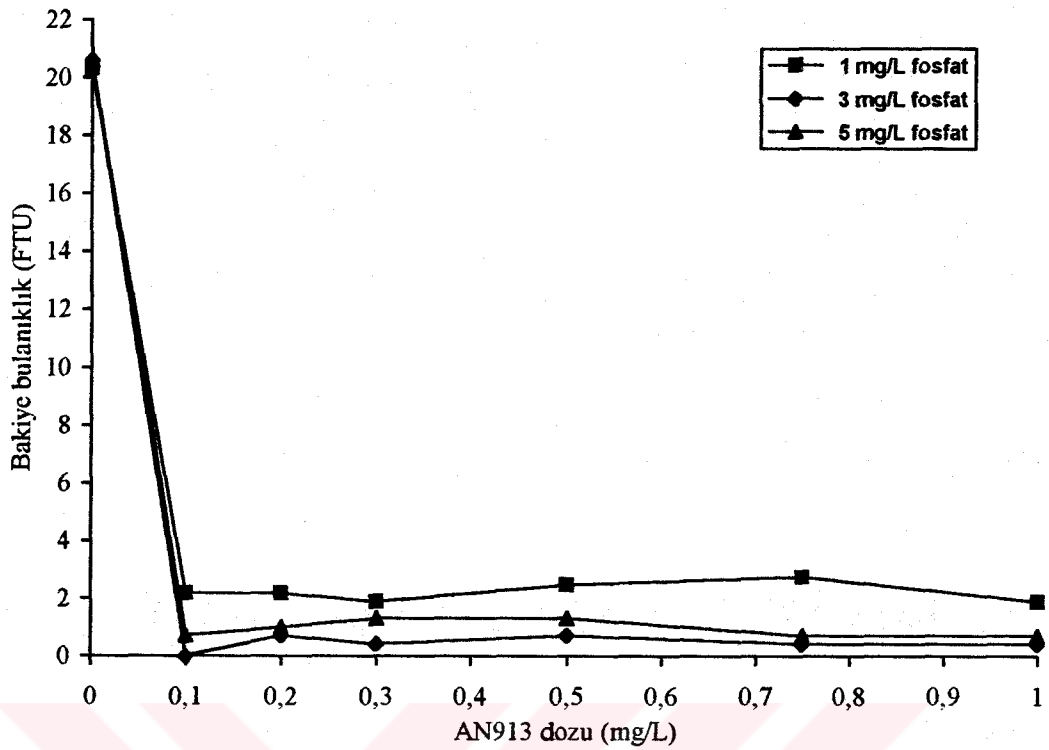
Şekil 7.50. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve AN913 birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarları



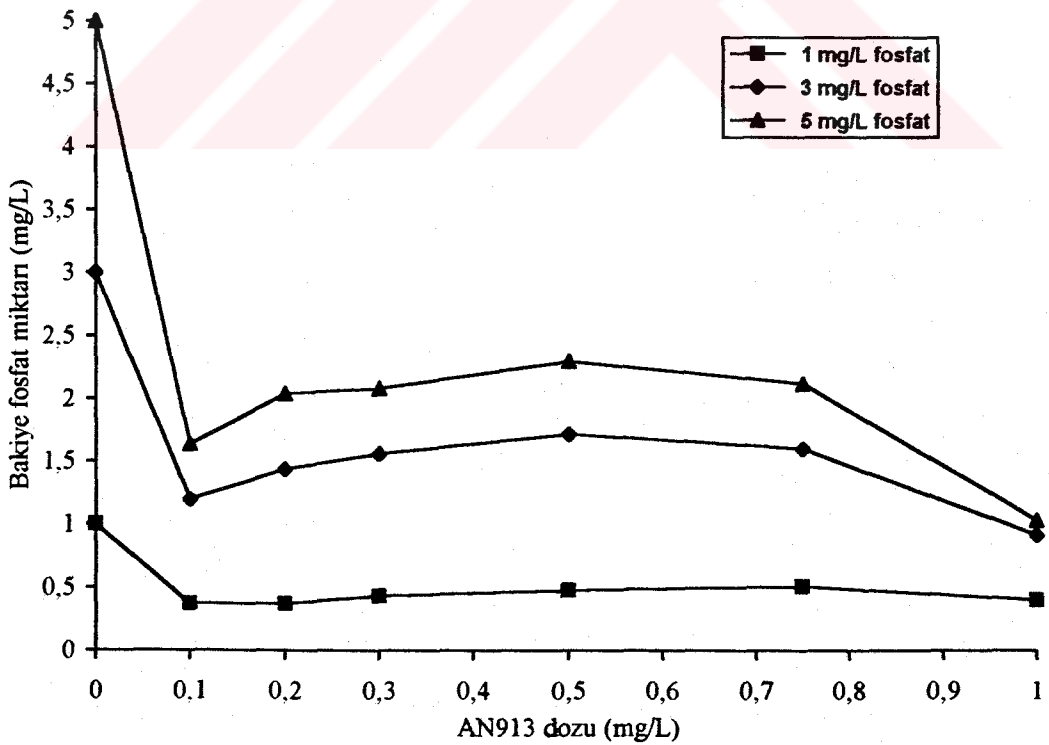
Şekil 7.51.  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



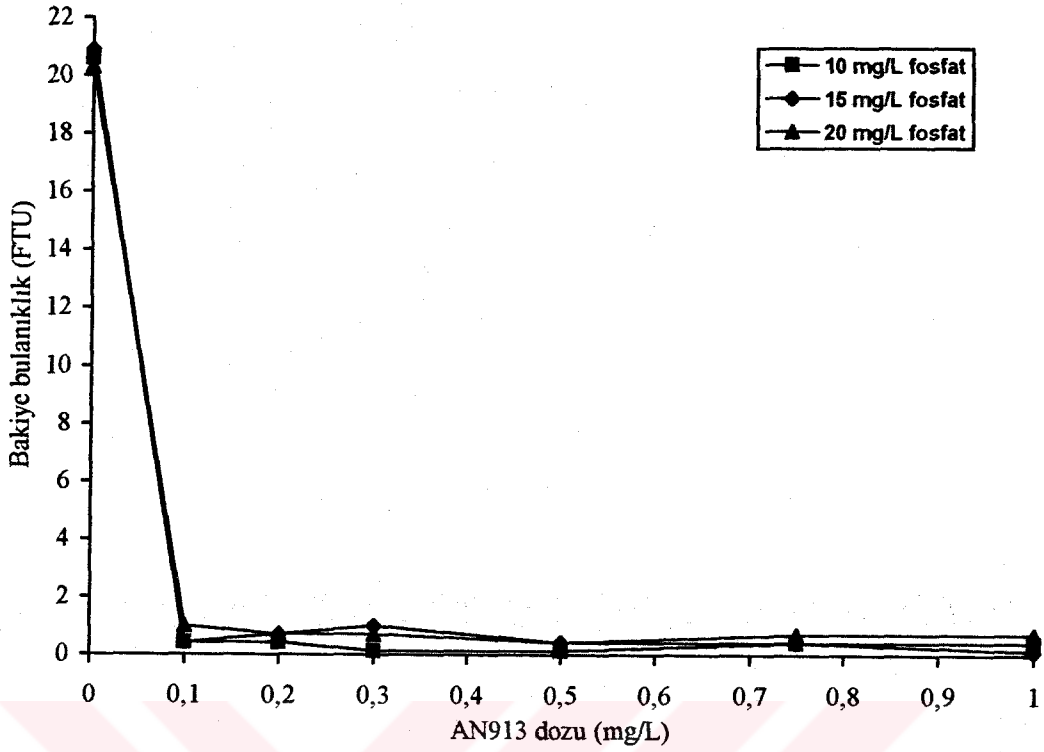
Şekil 7.52.  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak 10 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarları



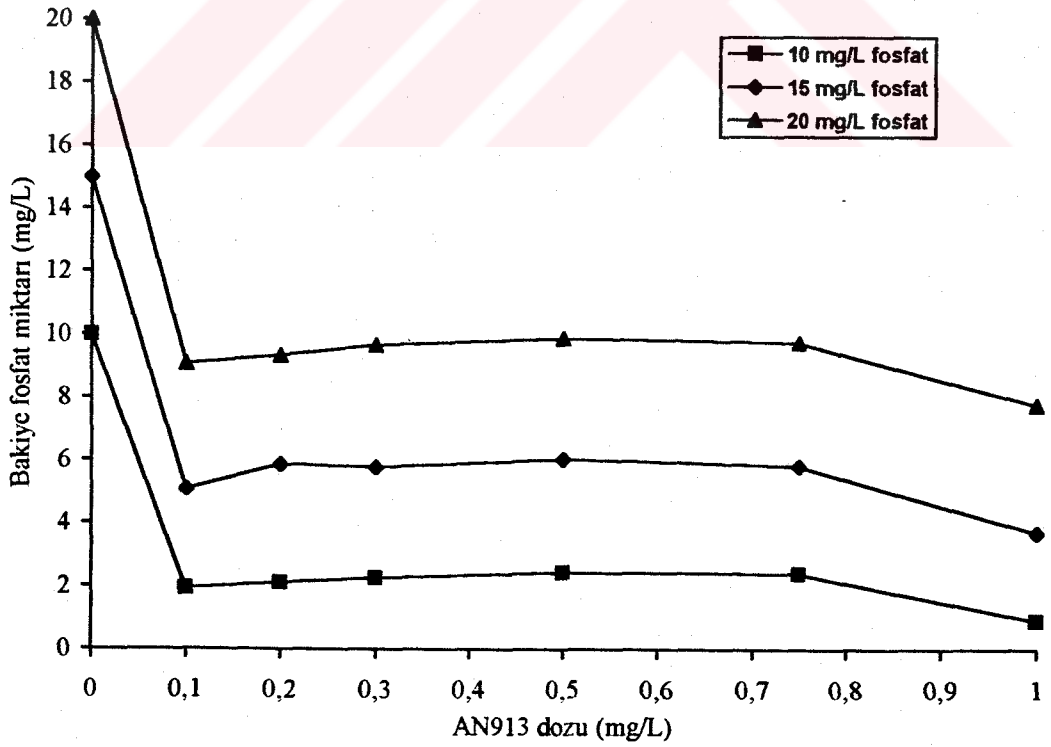
Şekil 7.53. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve AN913 birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



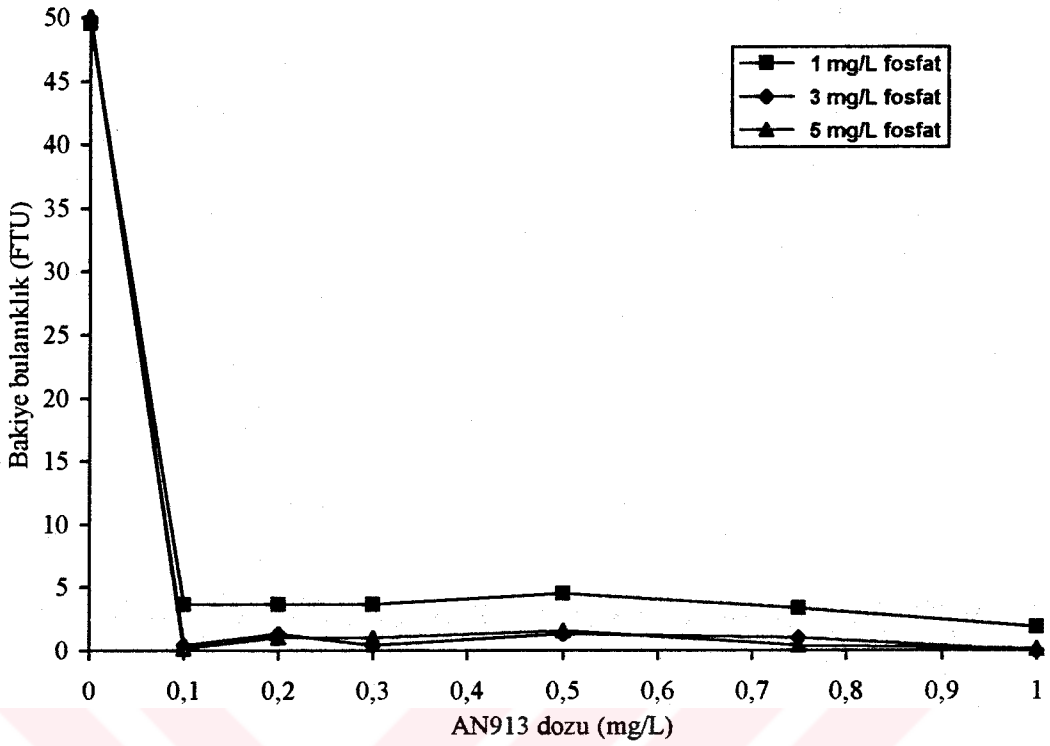
Şekil 7.54. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve AN913 birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarları



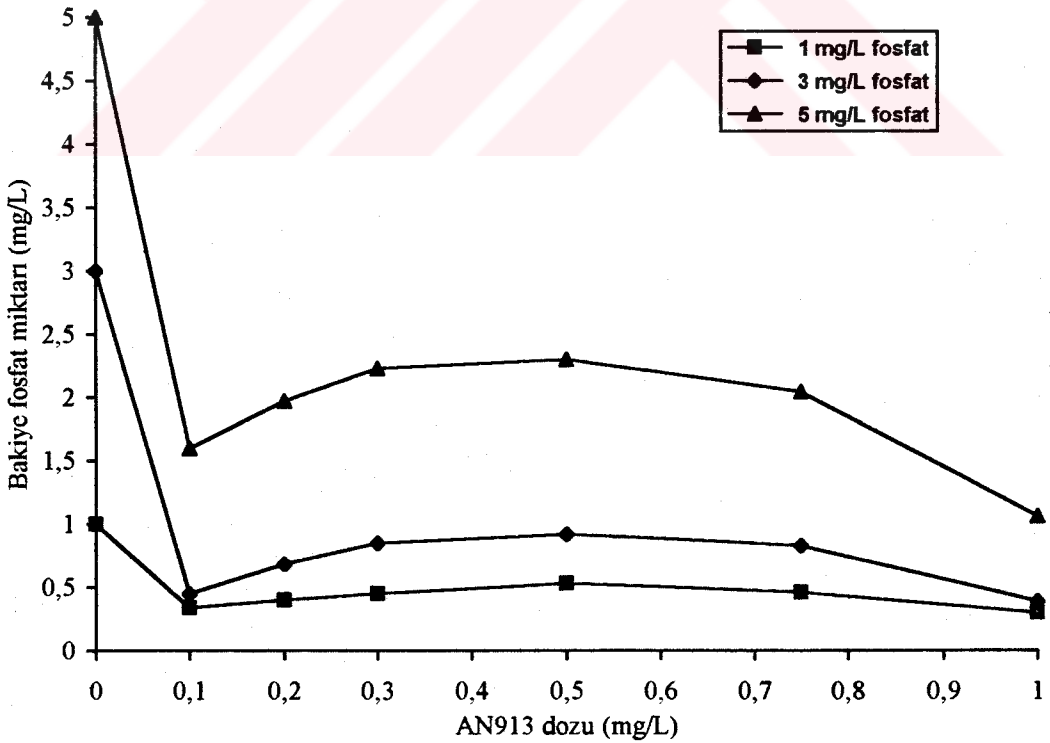
Şekil 7.55.  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



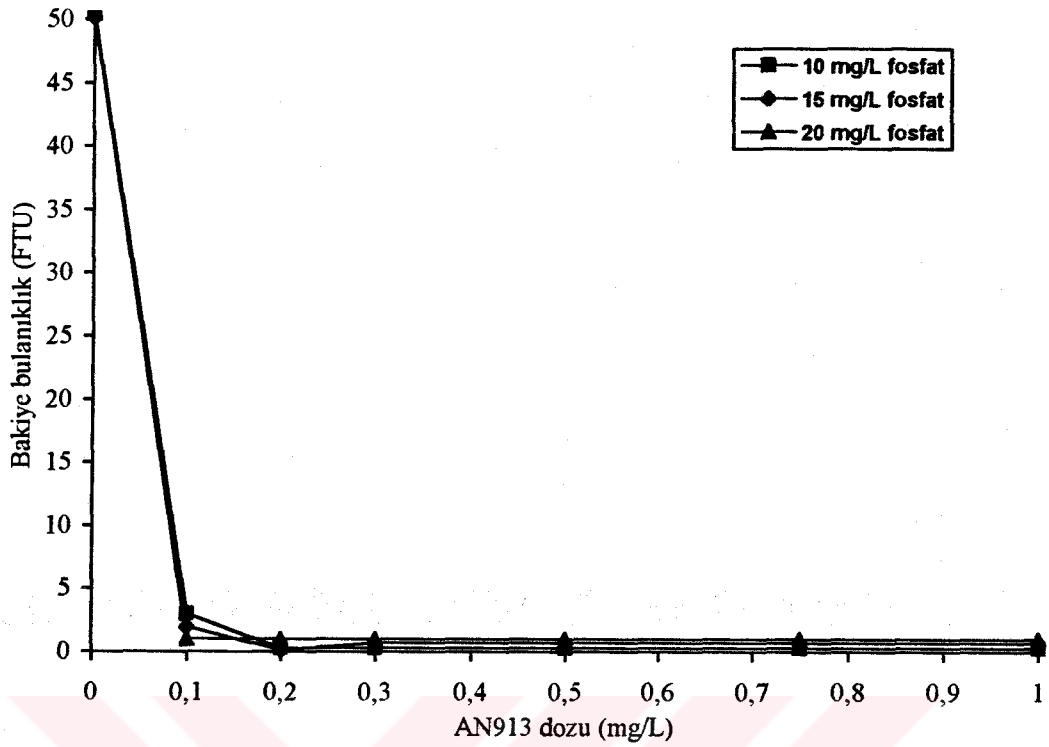
Şekil 7.56.  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak 20 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarları



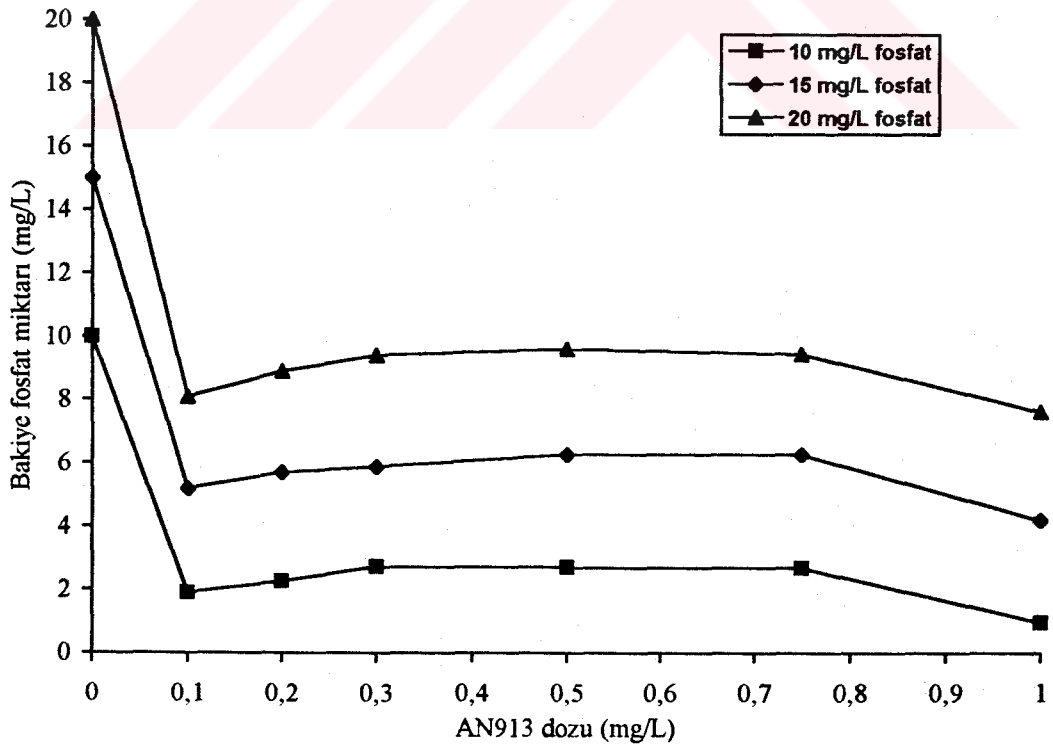
Şekil 7.57. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve AN913 birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



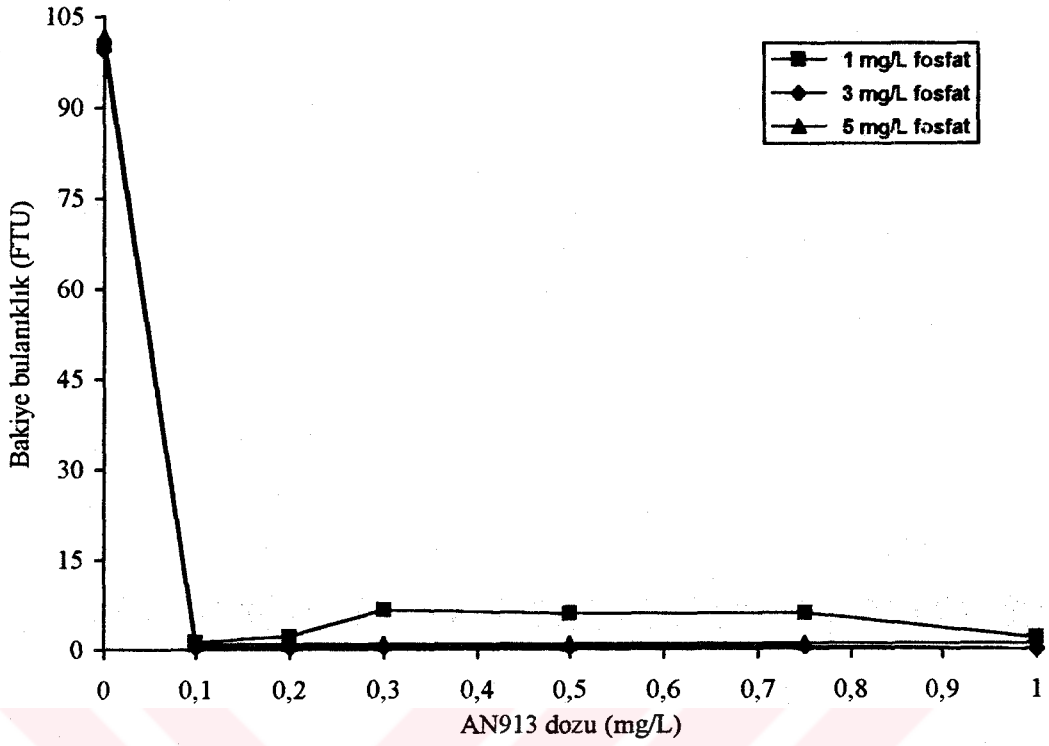
Şekil 7.58. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve AN913 birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarları



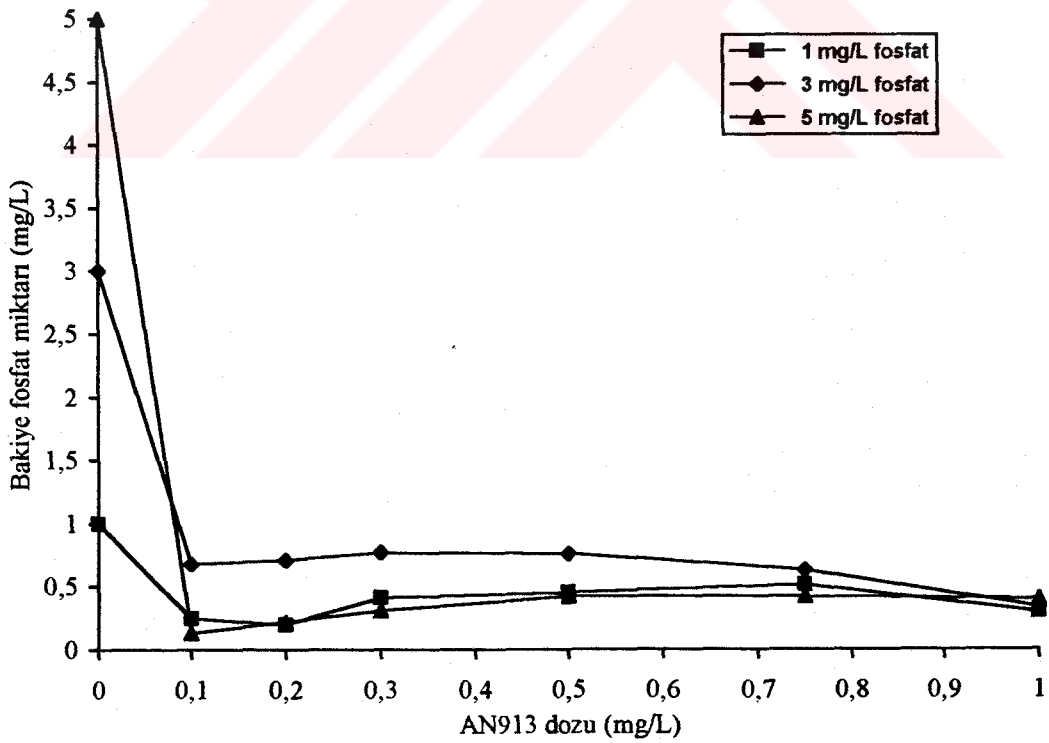
Şekil 7.59. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve AN913 birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



Şekil 7.60. Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve AN913 birlikte kullanılarak 50 FTU bulanıklıkta farklı PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarları

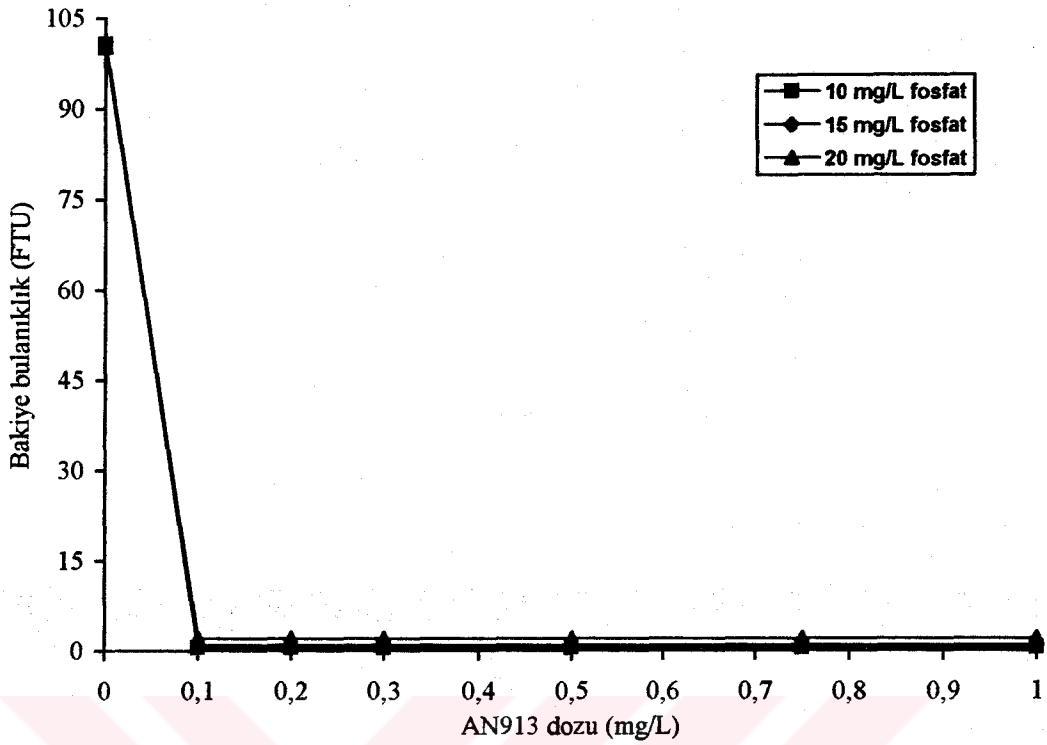


Şekil 7.61.  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları

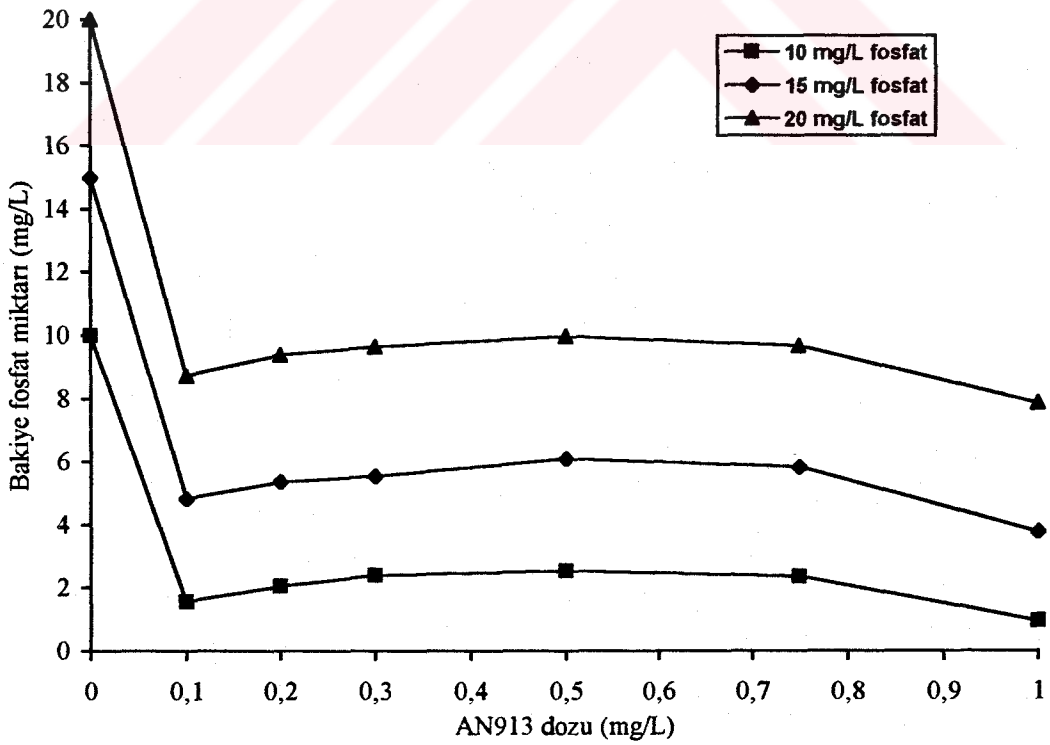


Şekil 7.62.  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarları





Şekil 7.63.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarları



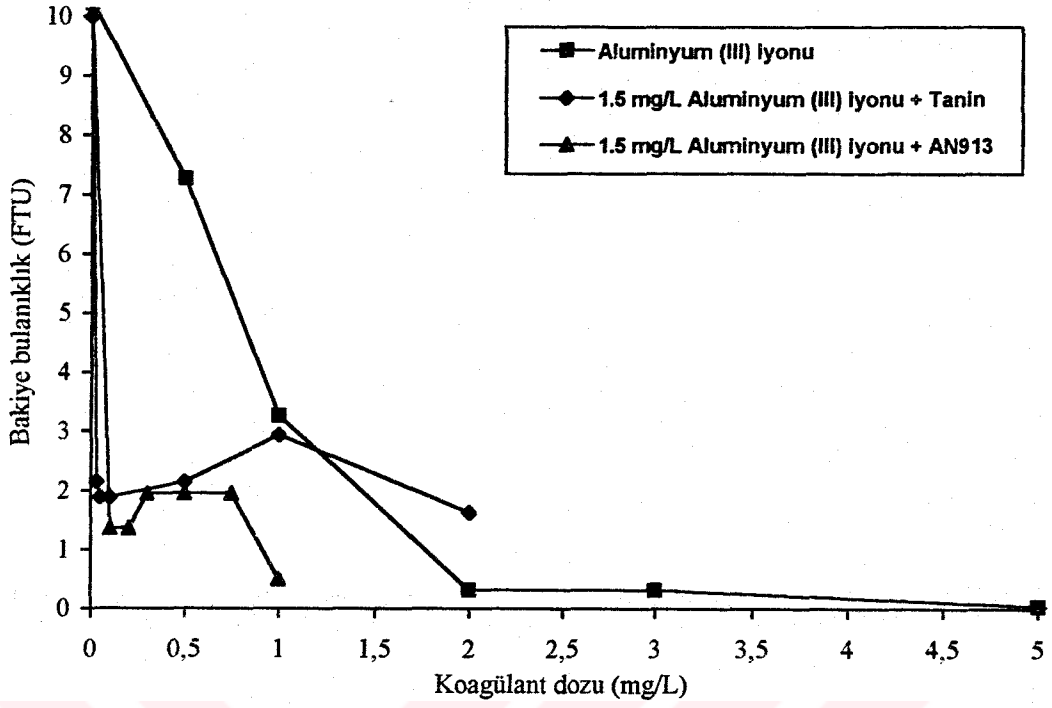
Şekil 7.64.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak 100 FTU bulanıklıkta farklı  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarının birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarları

10-100 FTU bulanıklıklarda, 1-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sularda minimum bakiye bulanıklık, bazı sular için biraz dalgalanma göstermekle birlikte, genellikle  $\sim 0.1$  mg/L AN913 dozunda elde edilmektedir. Taninle benzer bir durum olup, büyük ölçüde alumun pıhtılaştırdığı kolloidleri, AN913 floküle etmektedir. Bunun için de belirtilen miktarda AN913 kafi gelmektedir.

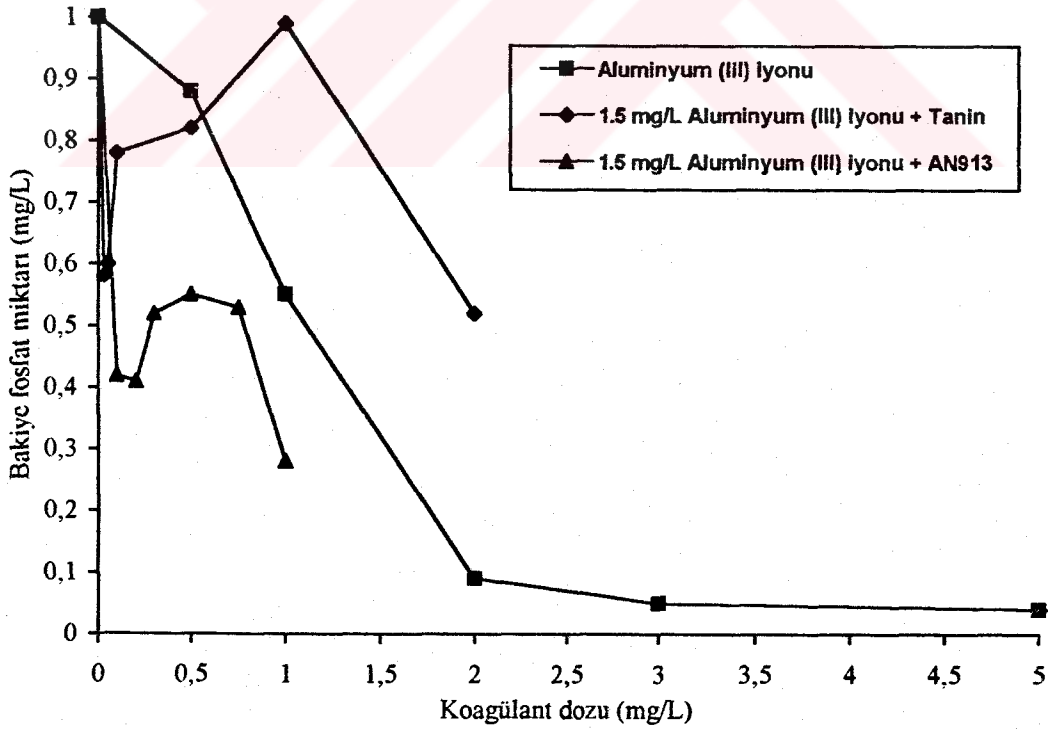
10-100 FTU bulanıklıkta 1-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sularda bakiye fosfat miktarı, bazı sentetik sularda farklı dozlarda olmakla birlikte, büyük ölçüde 1 mg/L AN913 dozunda elde edilmiştir. Ancak bütün bulanıklıklar için 10-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden süspansiyonlarda ve 10-50 FTU bulanıklıklarda da 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren süspansiyonlarda, yeterli fosfat giderme sağlanamamaktadır. Taninde olduğu gibi, fosfat gidermeye AN913 ün etkisi olmamaktadır. Fosfatı tamamen  $Al_2(SO_4)_3$  gidermekte, fakat yüksek fosfat miktarlarında ortamda alüminyum, fosfatı giderecek oranda bulunmadığından verim yeterli olmamaktadır.

#### **7.1.6. $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 ün bulanıklıkla birlikte fosfat giderme yeterliliklerinin mukayesesi**

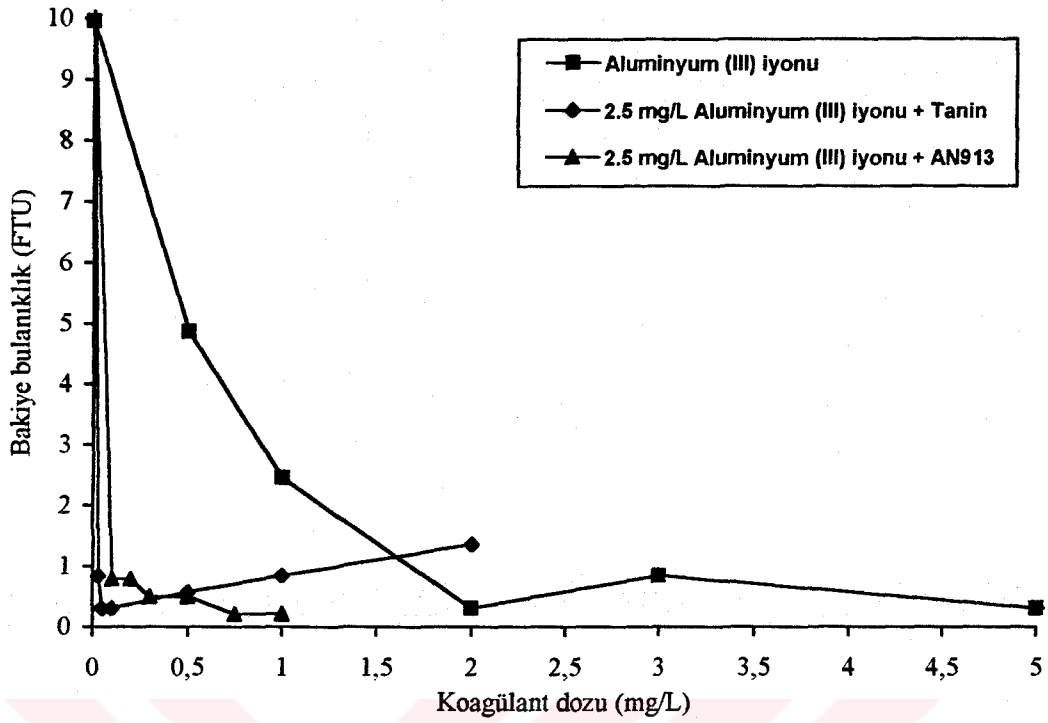
Bulanıklığı 10, 20, 50 ve 100 FTU olan ve 1, 3, 5, 10, 15 ve 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sentetik sulardan bulanıklık ve fosfatın giderilebilirliğinin  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 miktarları ile ilişkileri mukayeseli olarak Şekil 7.65 - 7.112 de verilmiştir.



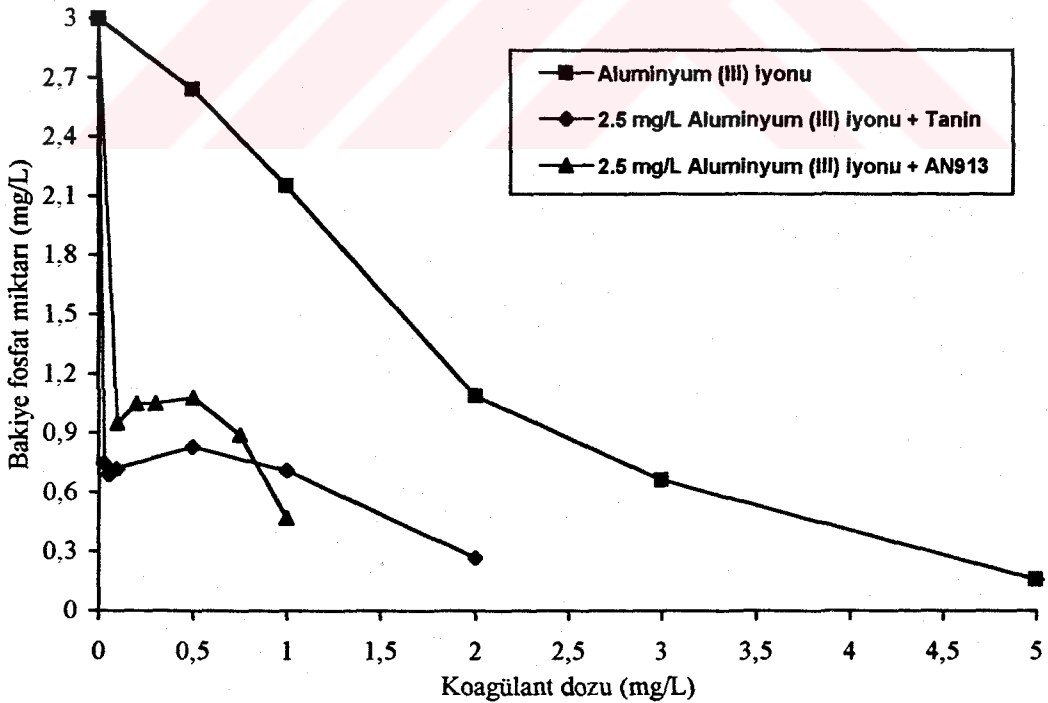
Şekil 7.65. 10 FTU bulanıklıkta 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



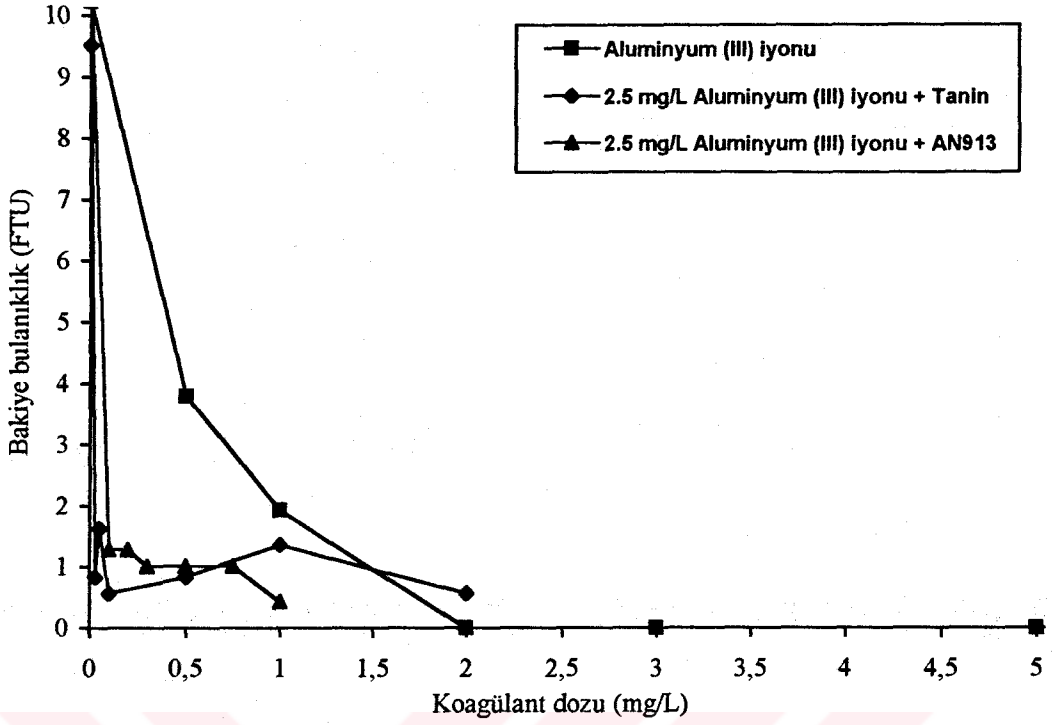
Şekil 7.66. 10 FTU bulanıklıkta 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



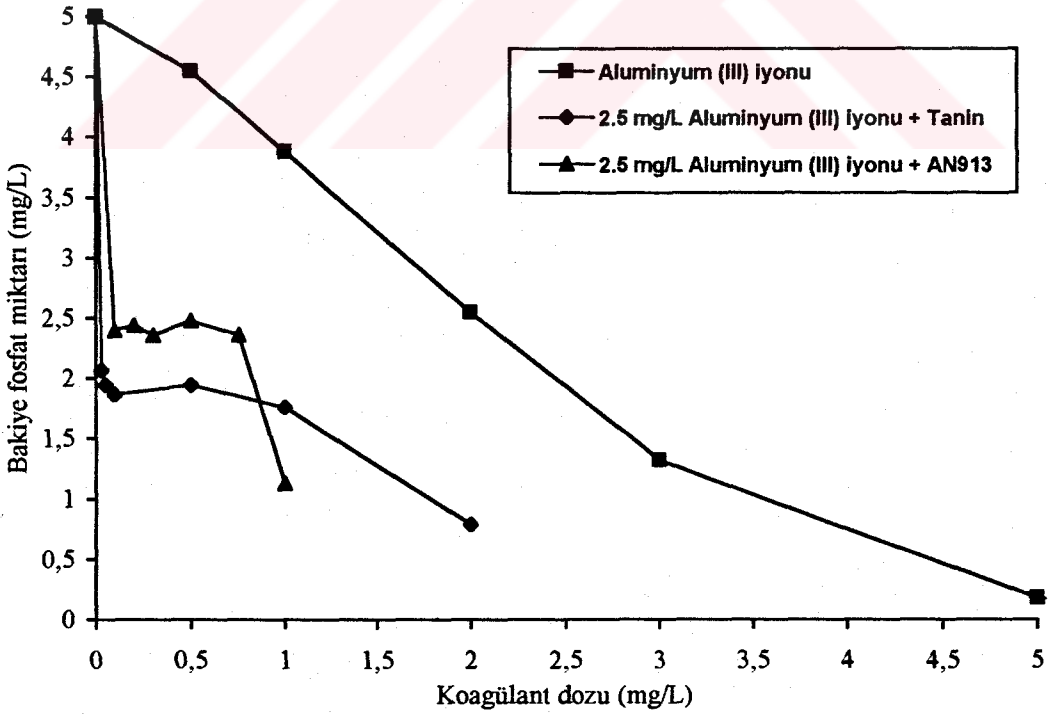
Şekil 7.67. 10 FTU bulanıklıkta 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



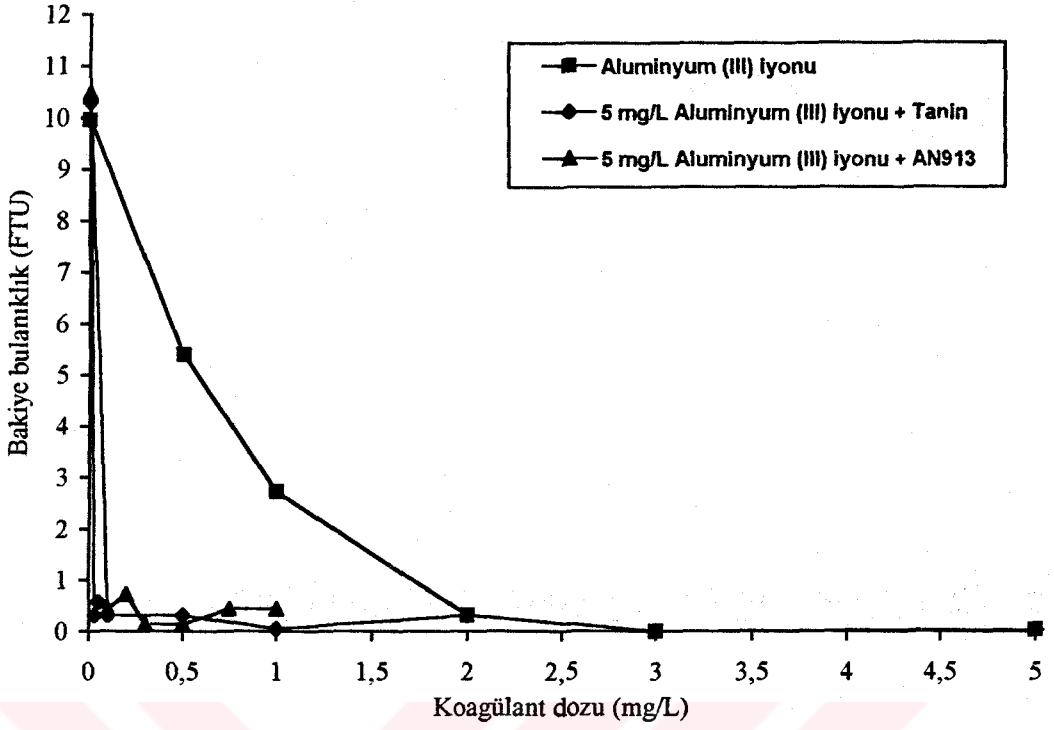
Şekil 7.68. 10 FTU bulanıklıkta 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



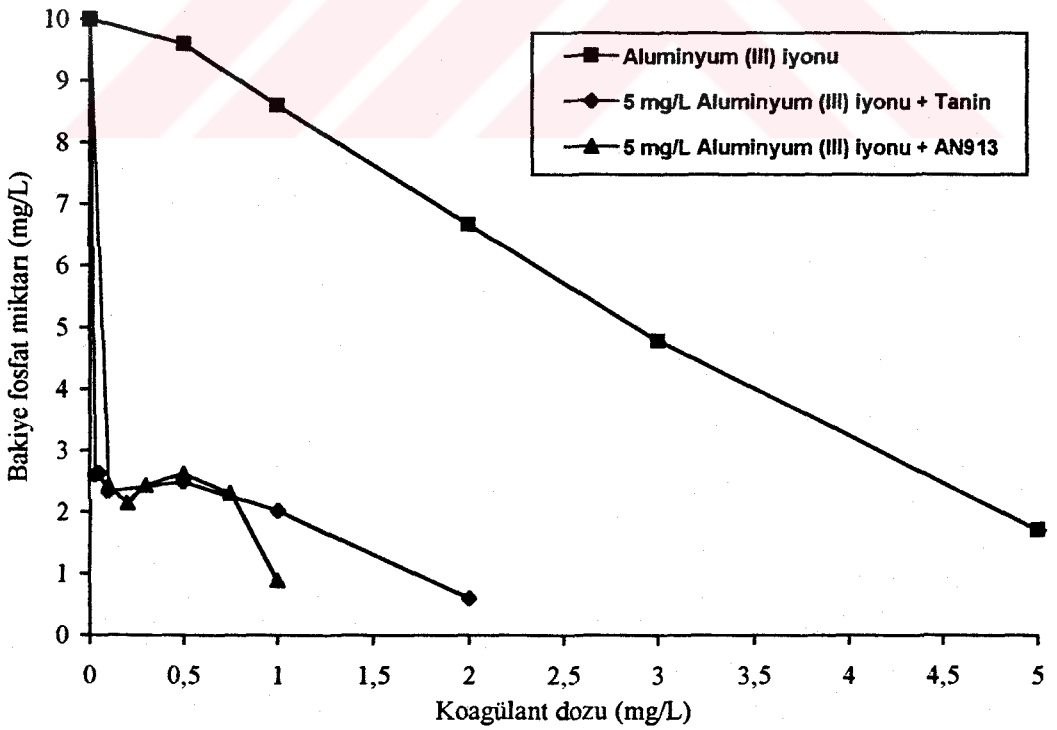
Şekil 7.69. 10 FTU bulanıklıkta 5 mg/L PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> içeren sentetik sudan bulanıklık ve PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> - tanin ve Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> - AN913 e göre mukayesesi



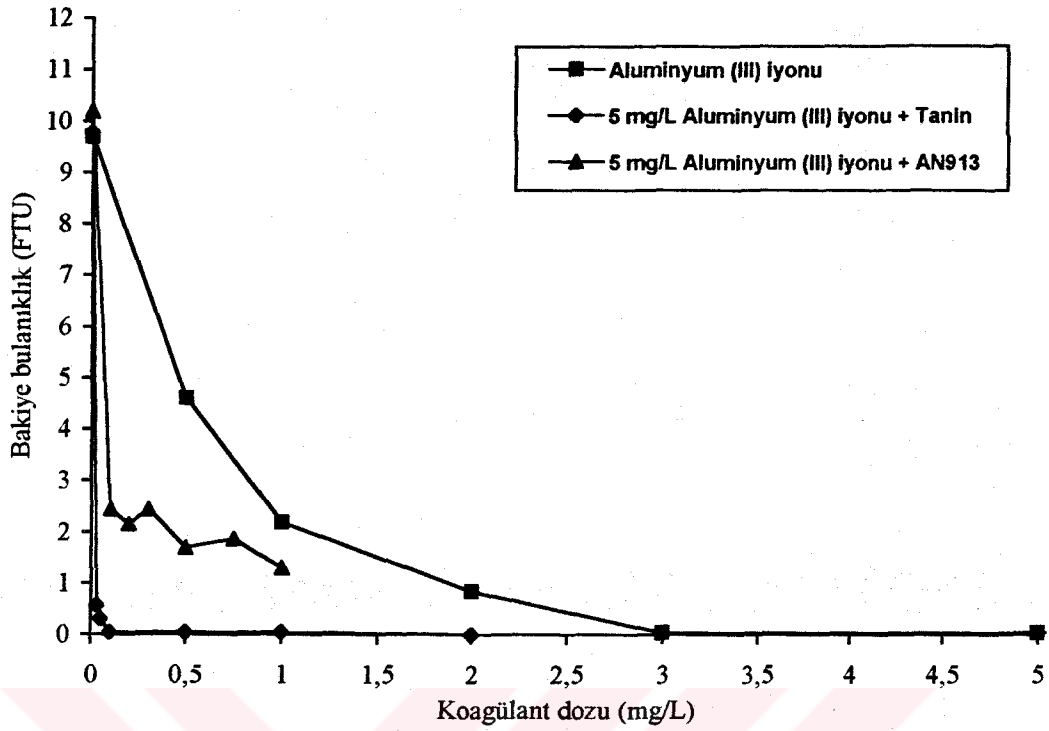
Şekil 7.70. 10 FTU bulanıklıkta 5 mg/L PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> içeren sentetik sudan bulanıklık ve PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> - tanin ve Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> - AN913 e göre mukayesesi



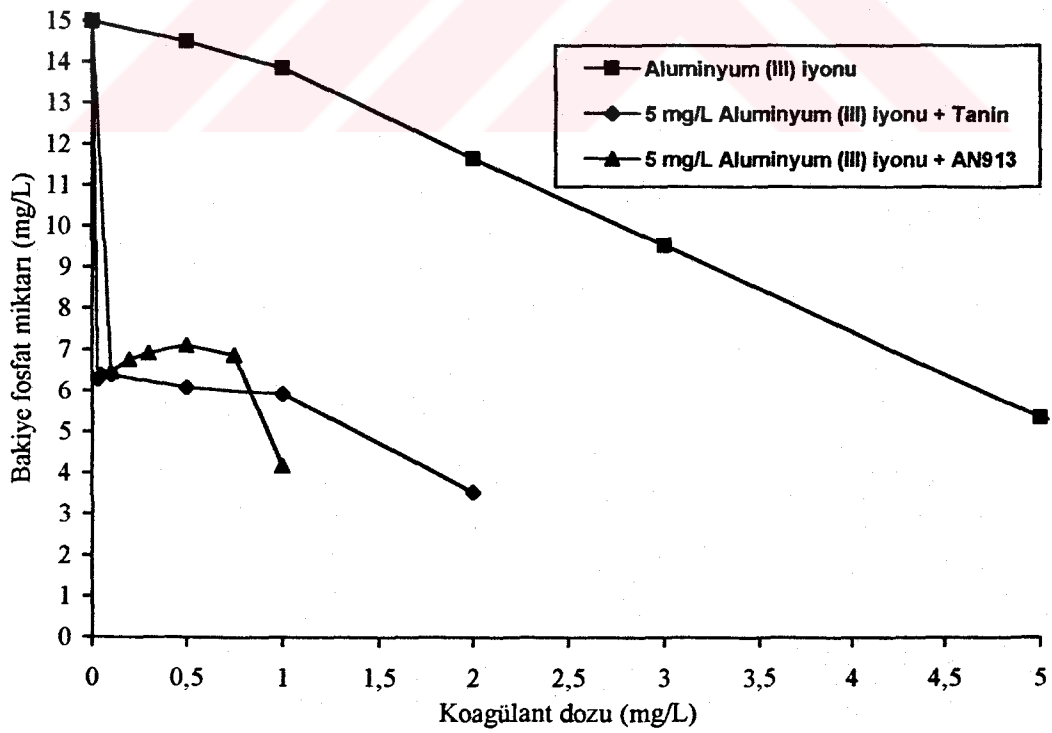
Şekil 7.71. 10 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



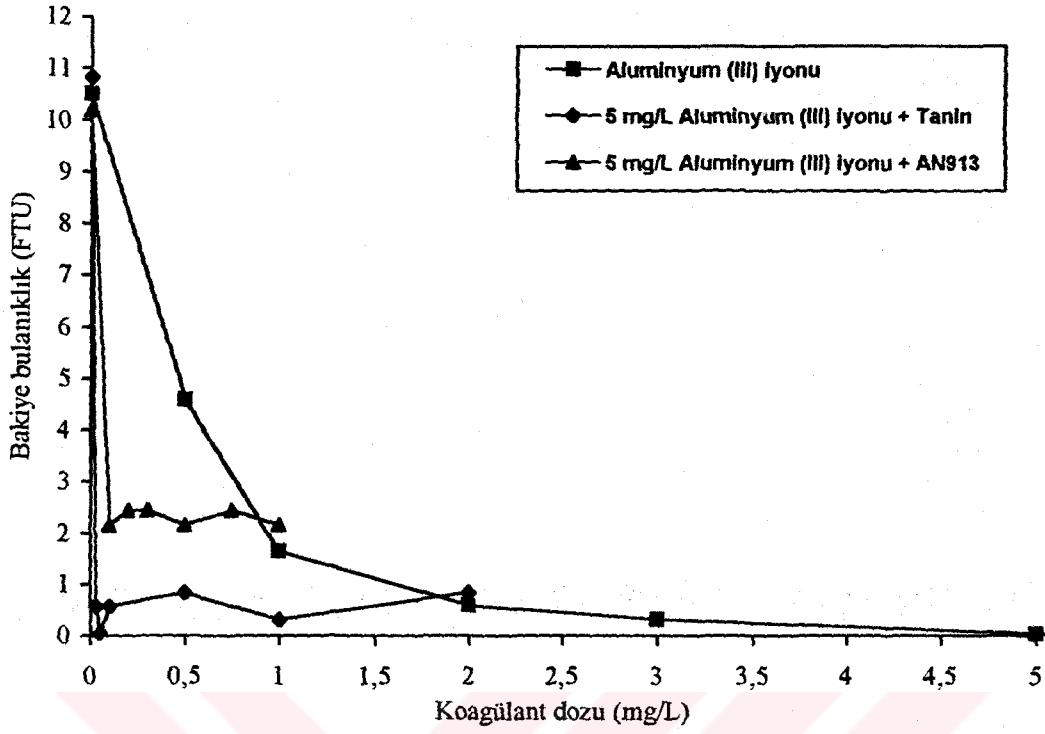
Şekil 7.72. 10 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



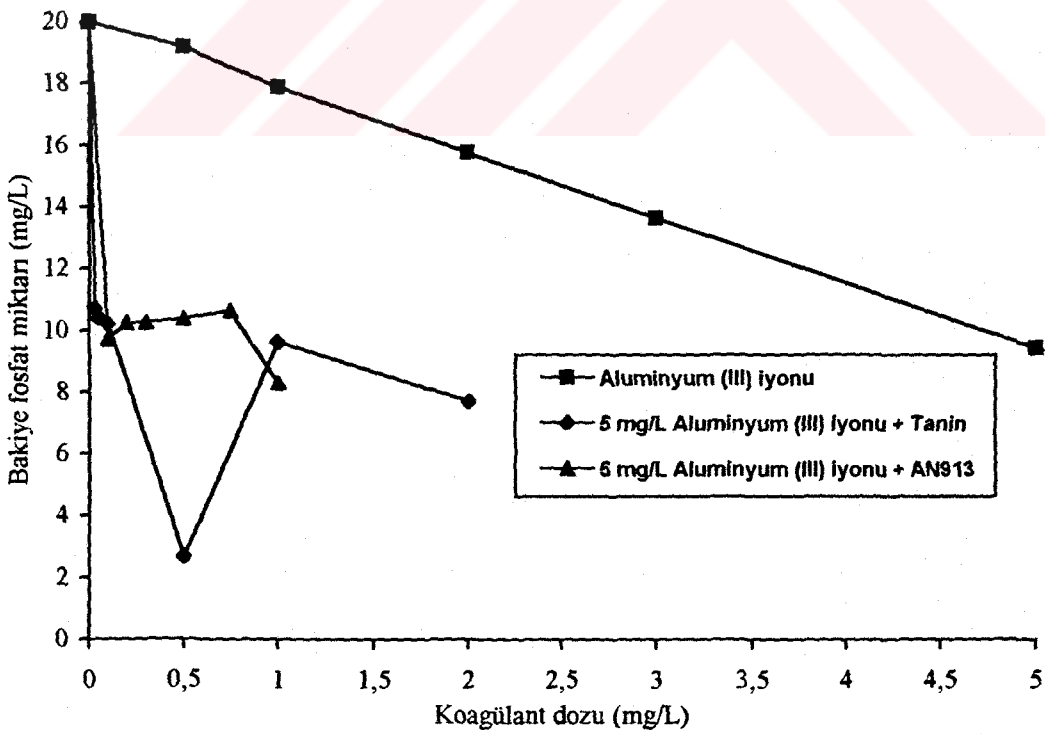
Şekil 7.73. 10 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



Şekil 7.74. 10 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi

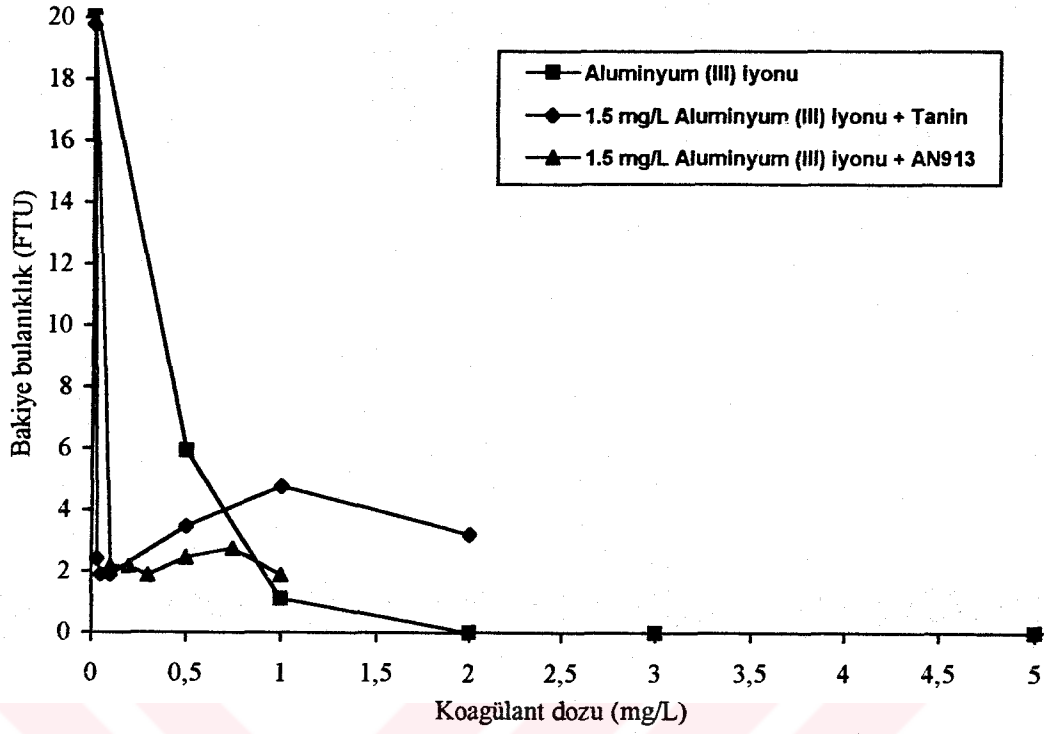


Şekil 7.75. 10 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi

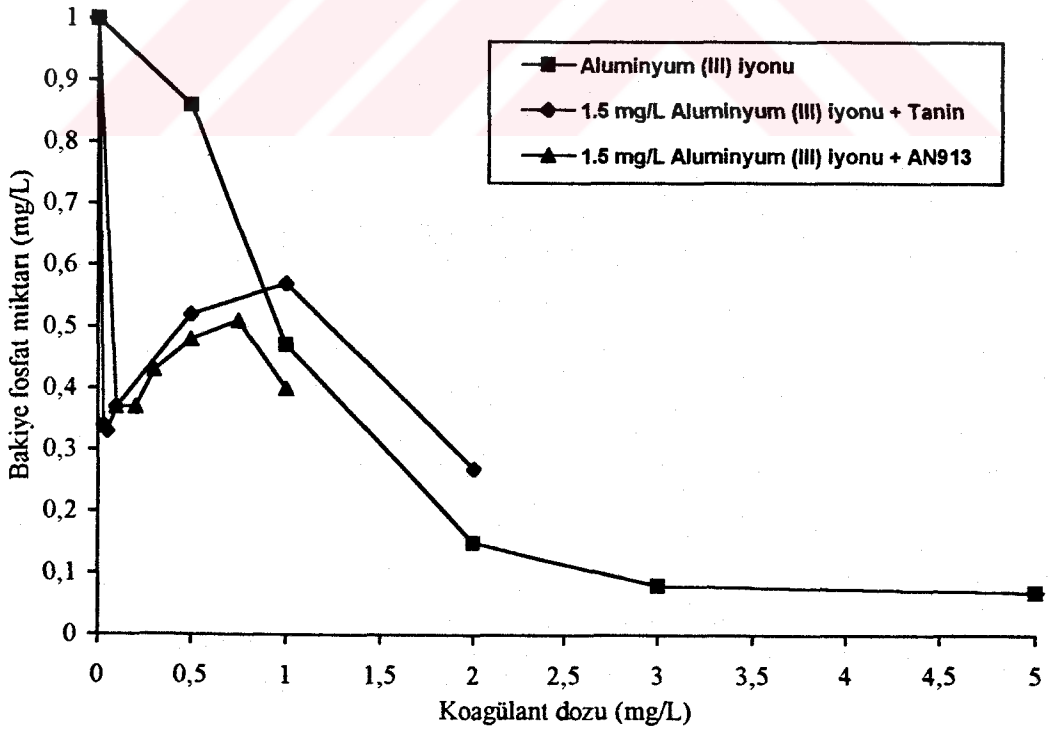


Şekil 7.76. 10 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi

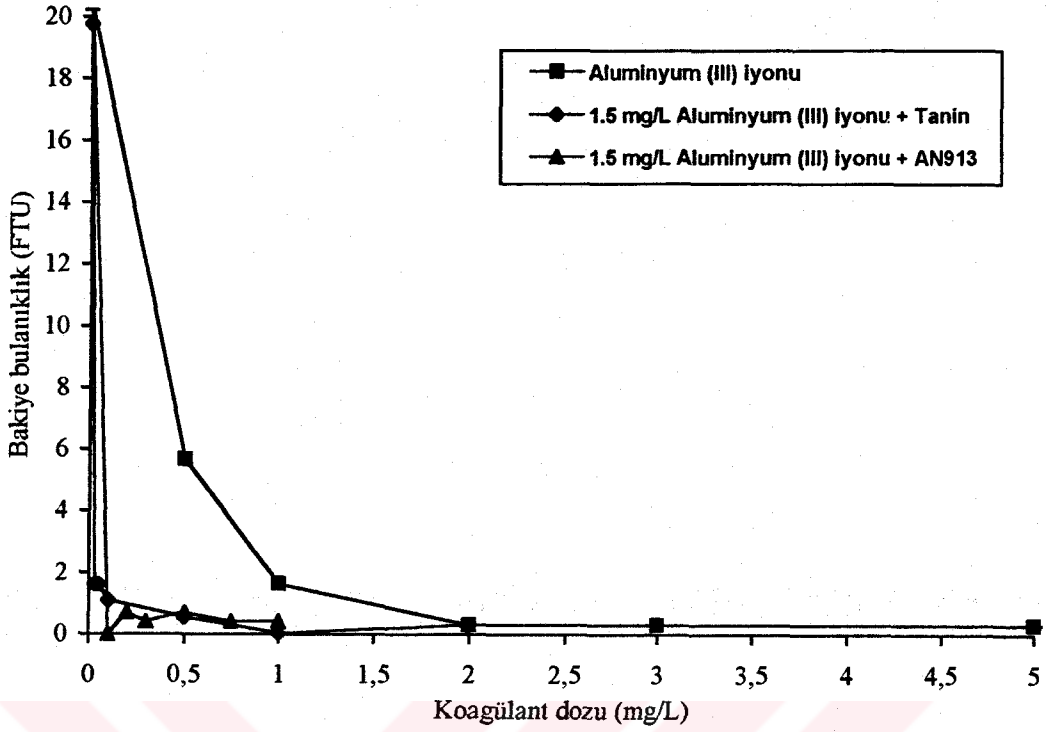




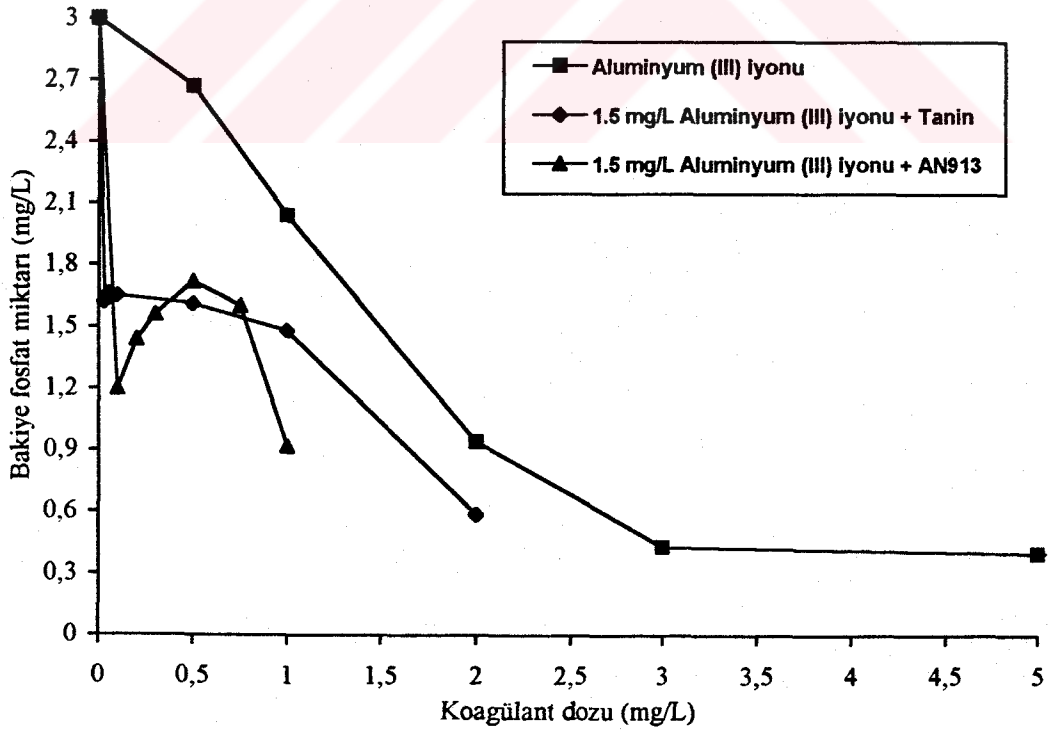
Şekil 7.77. 20 FTU bulanıklıkta 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  ın birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



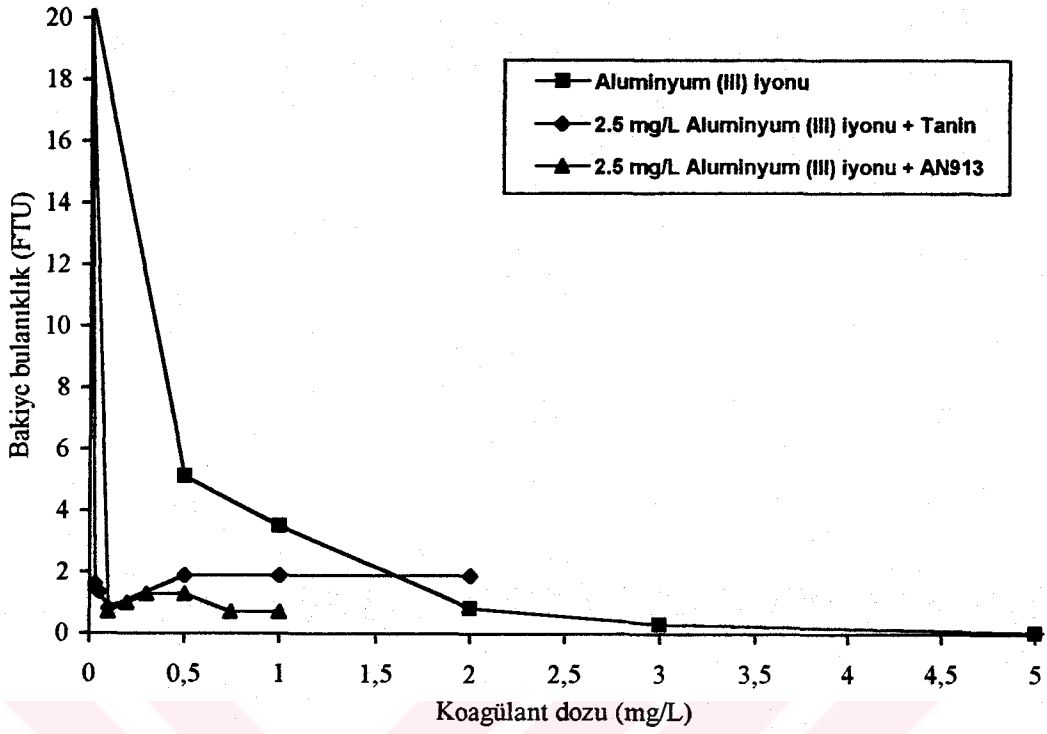
Şekil 7.78. 20 FTU bulanıklıkta 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  ın birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



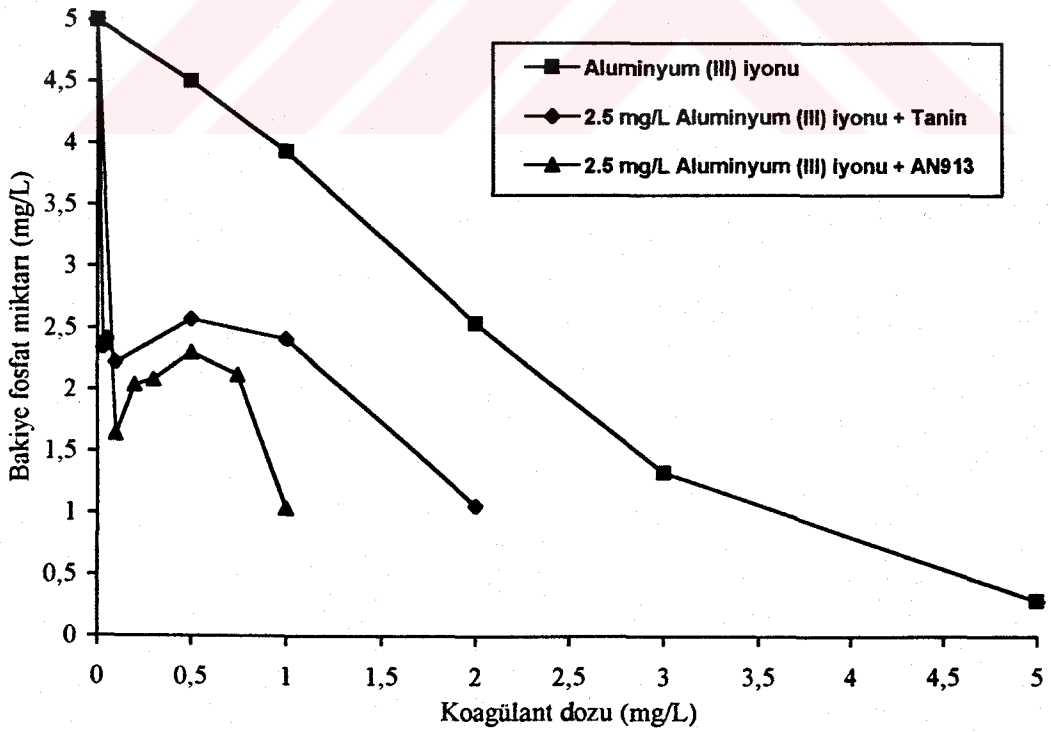
Şekil 7.79. 20 FTU bulanıklıkta 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  'ın birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



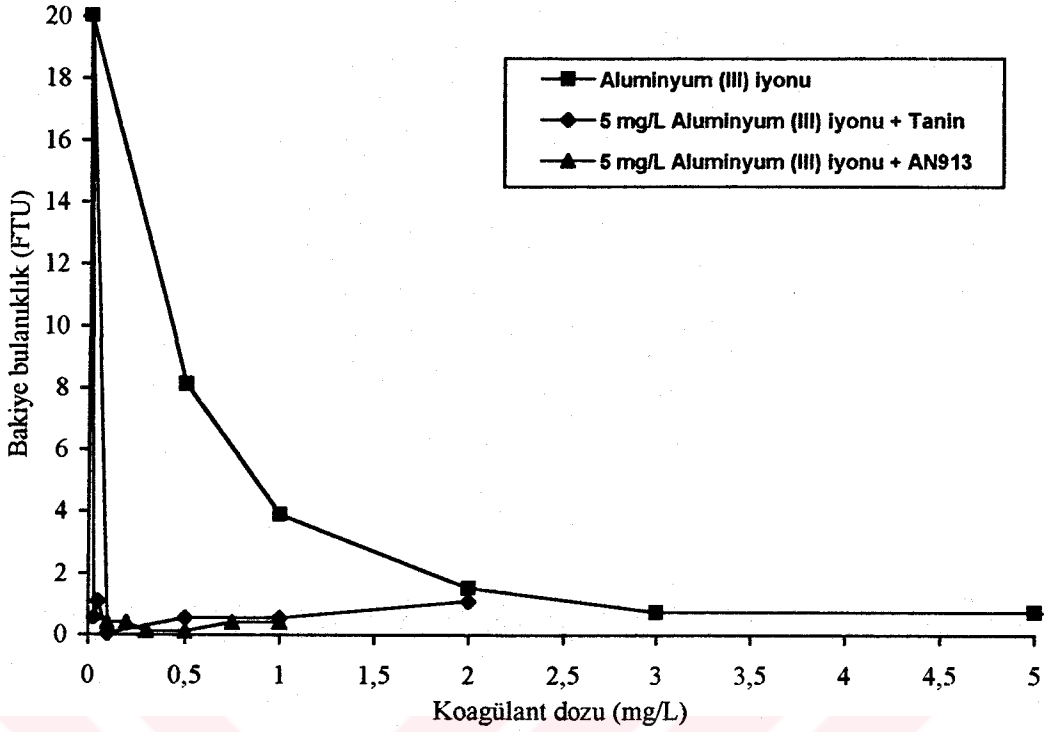
Şekil 7.80. 20 FTU bulanıklıkta 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  'ın birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



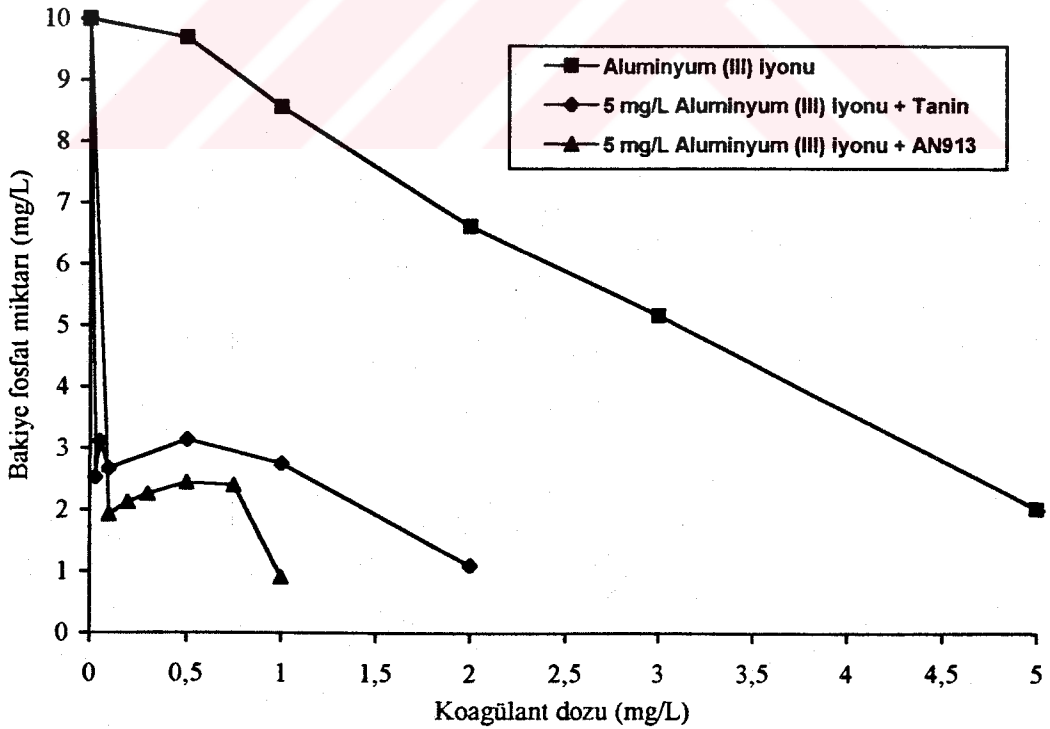
Şekil 7.81. 20 FTU bulanıklıkta 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



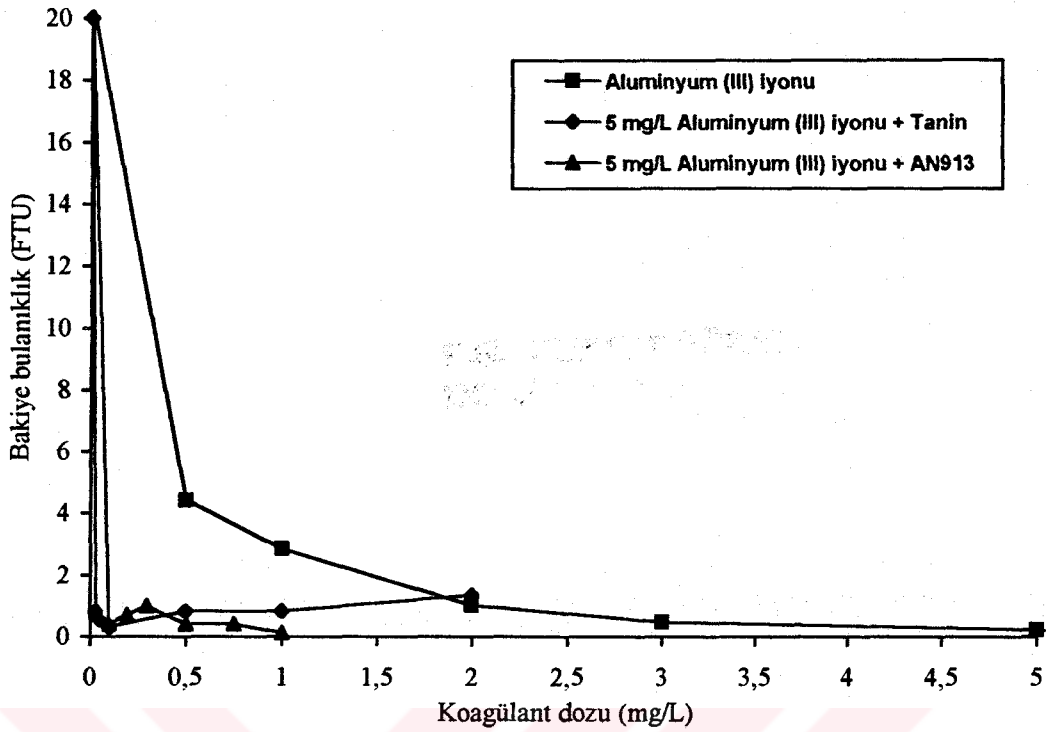
Şekil 7.82. 20 FTU bulanıklıkta 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



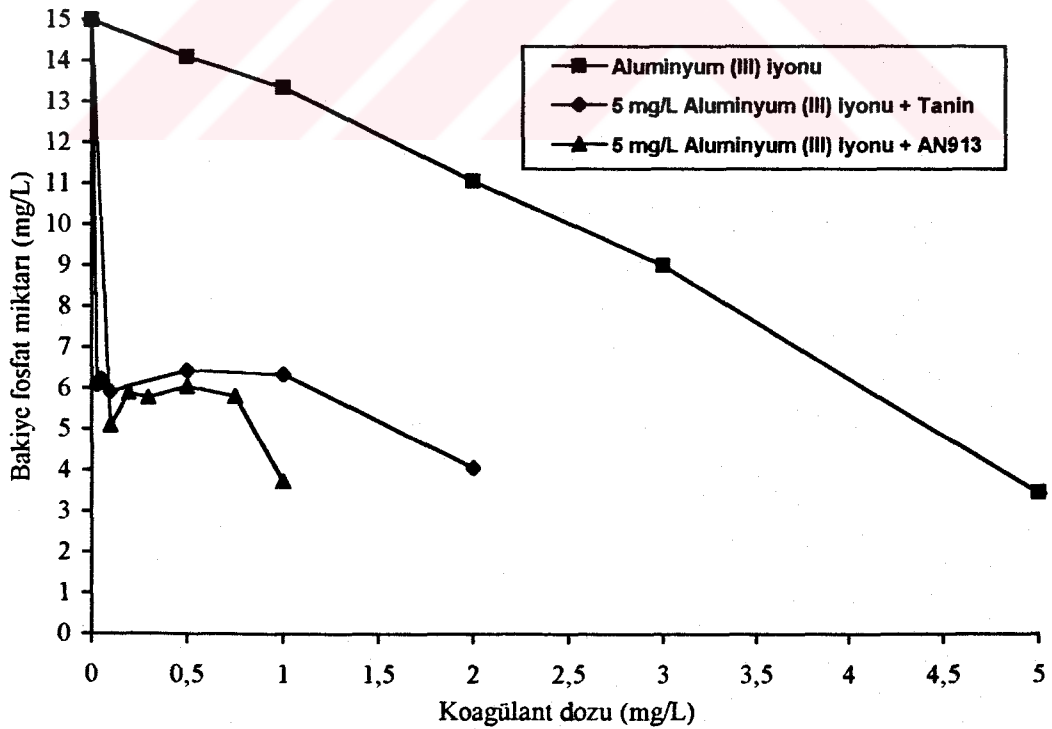
Şekil 7.83. 20 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



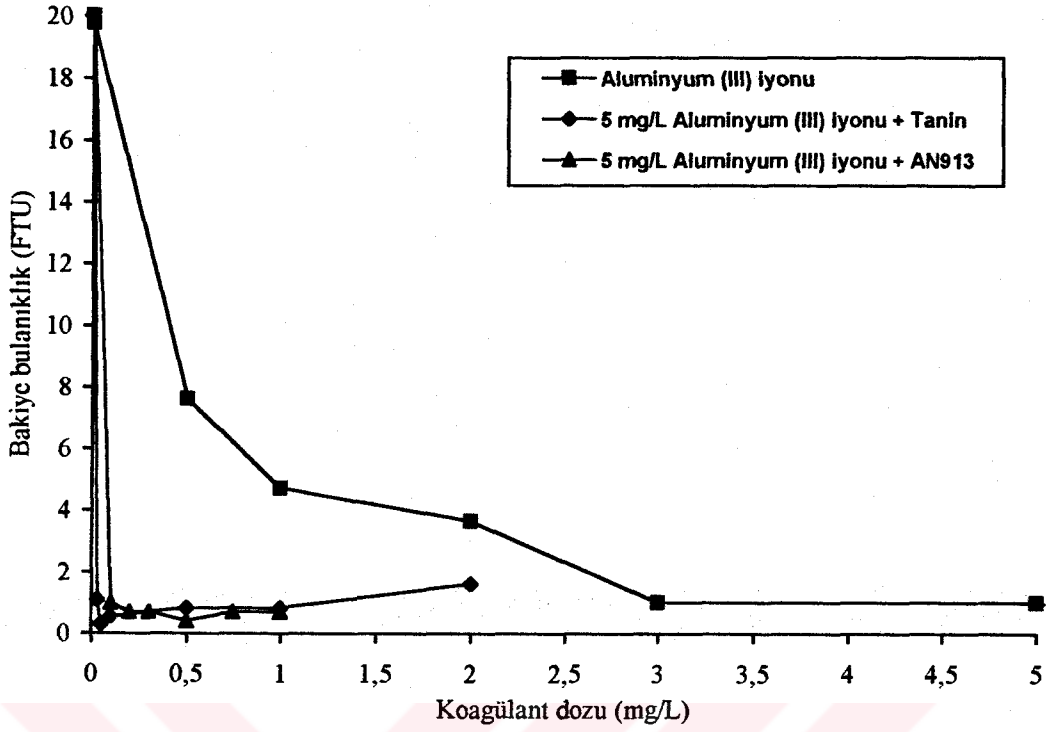
Şekil 7.84. 20 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



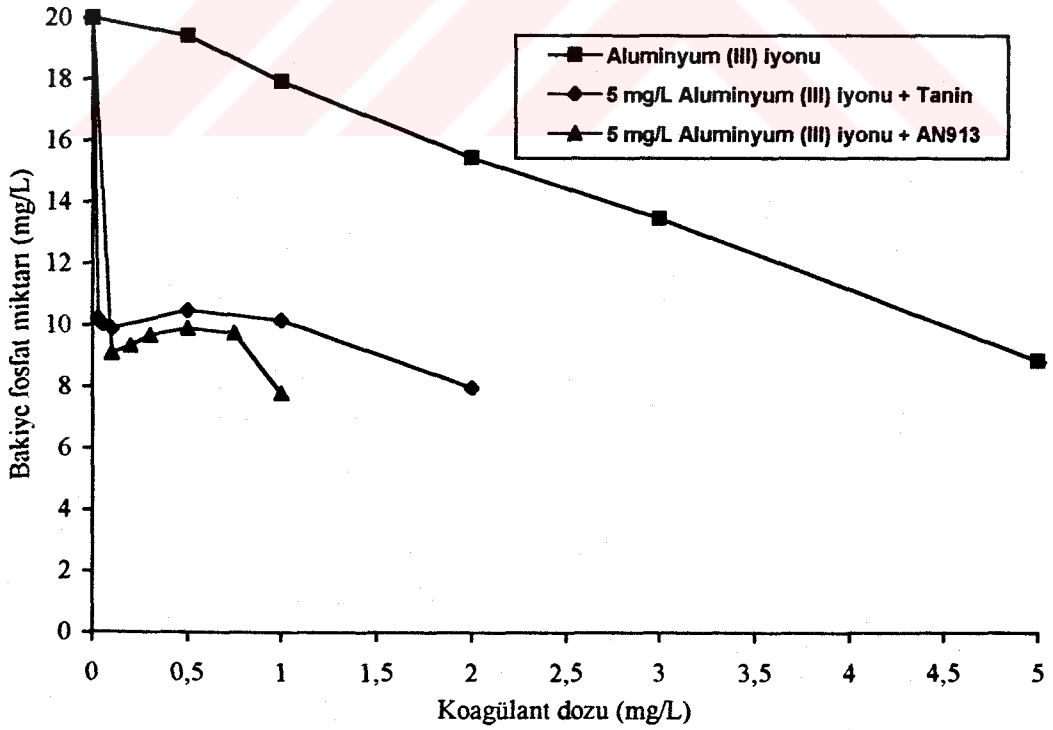
Şekil 7.85. 20 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



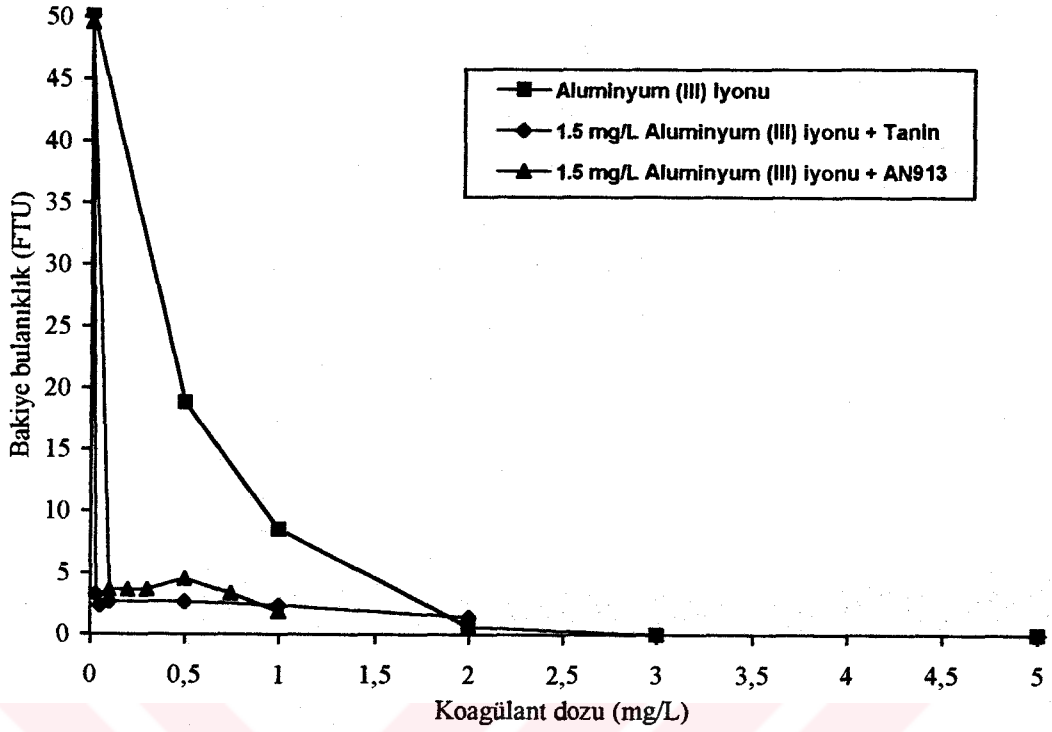
Şekil 7.86. 20 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



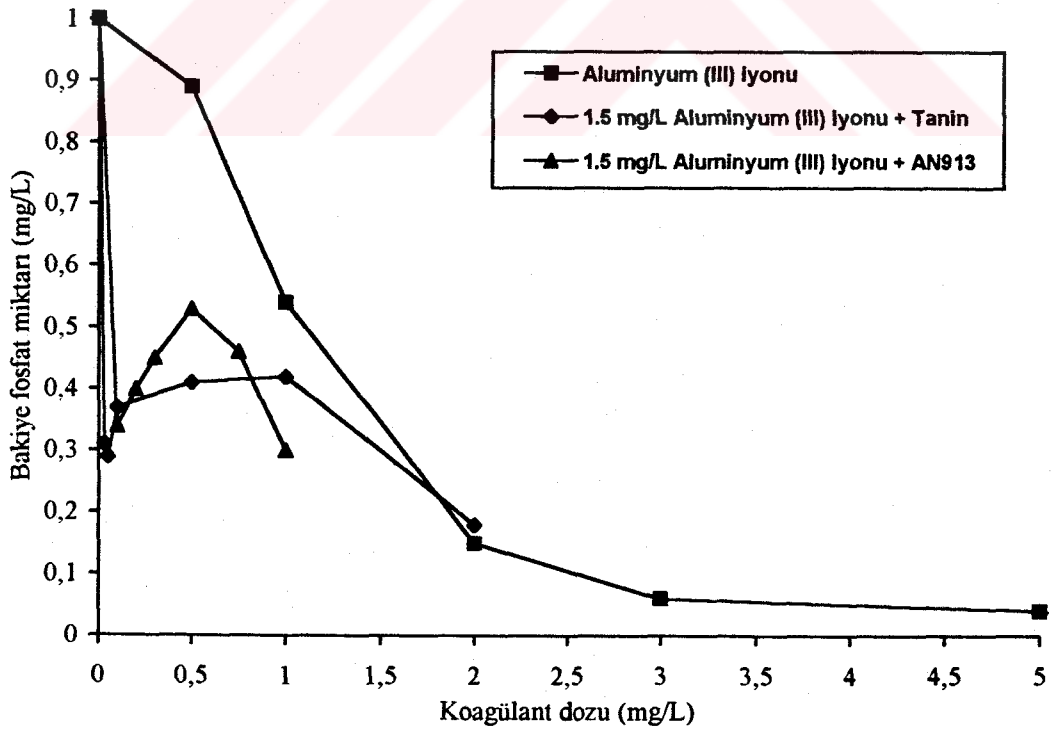
Şekil 7.87. 20 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



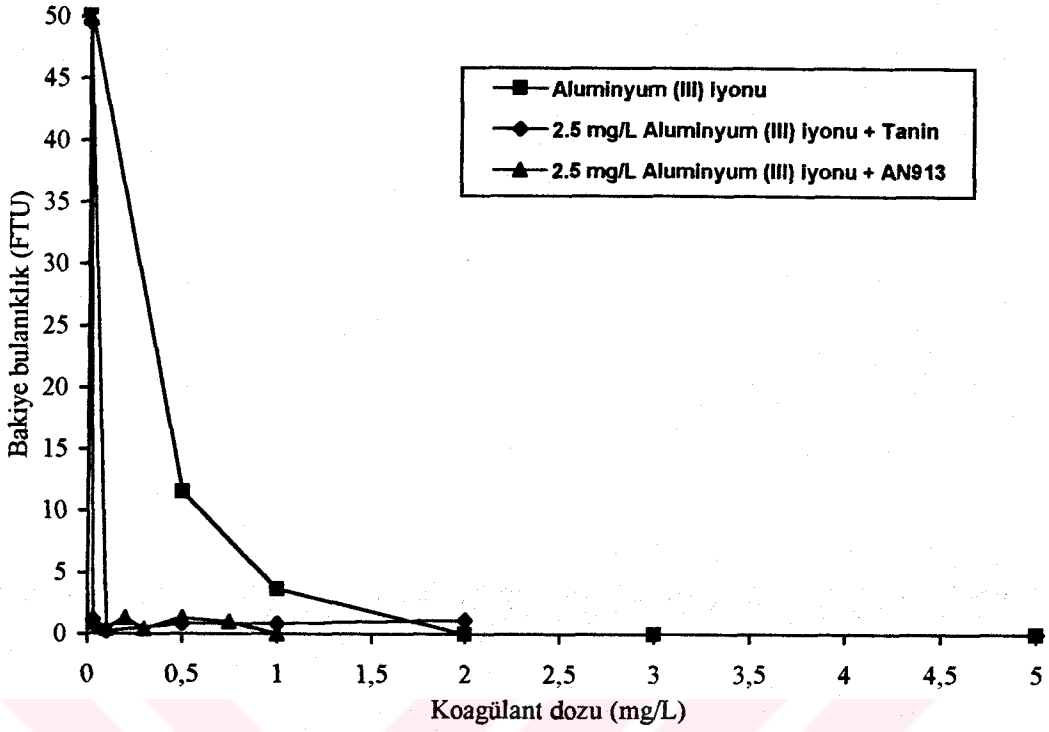
Şekil 7.88. 20 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



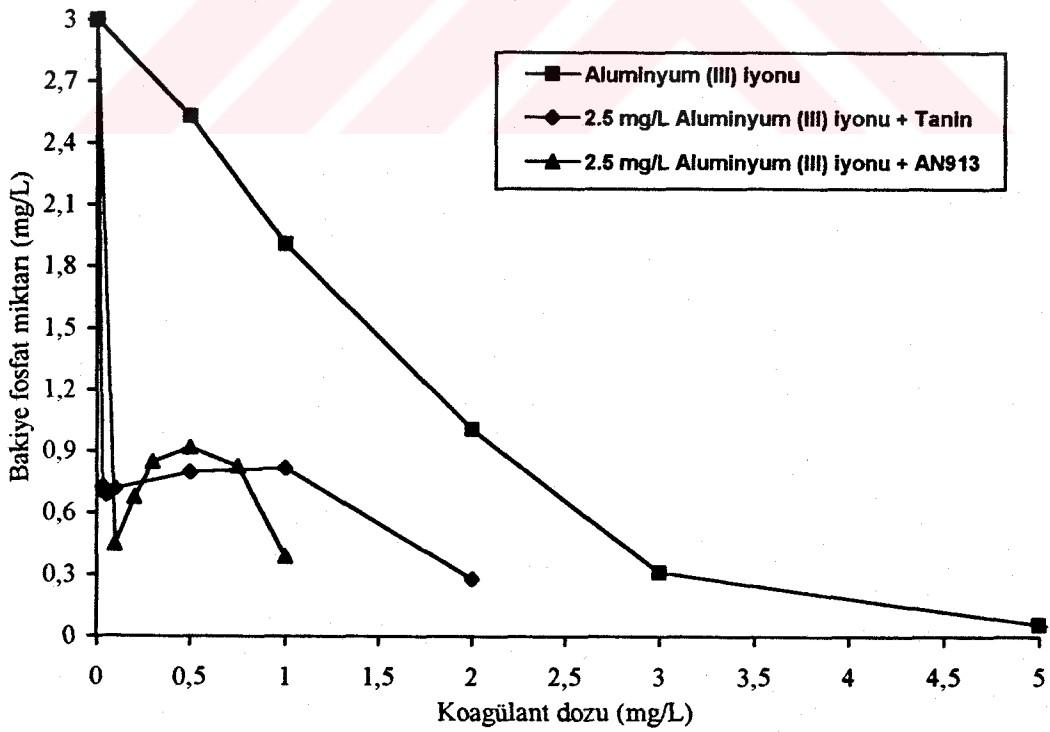
Şekil 7.89. 50 FTU bulanıklıkta 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



Şekil 7.90. 50 FTU bulanıklıkta 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi

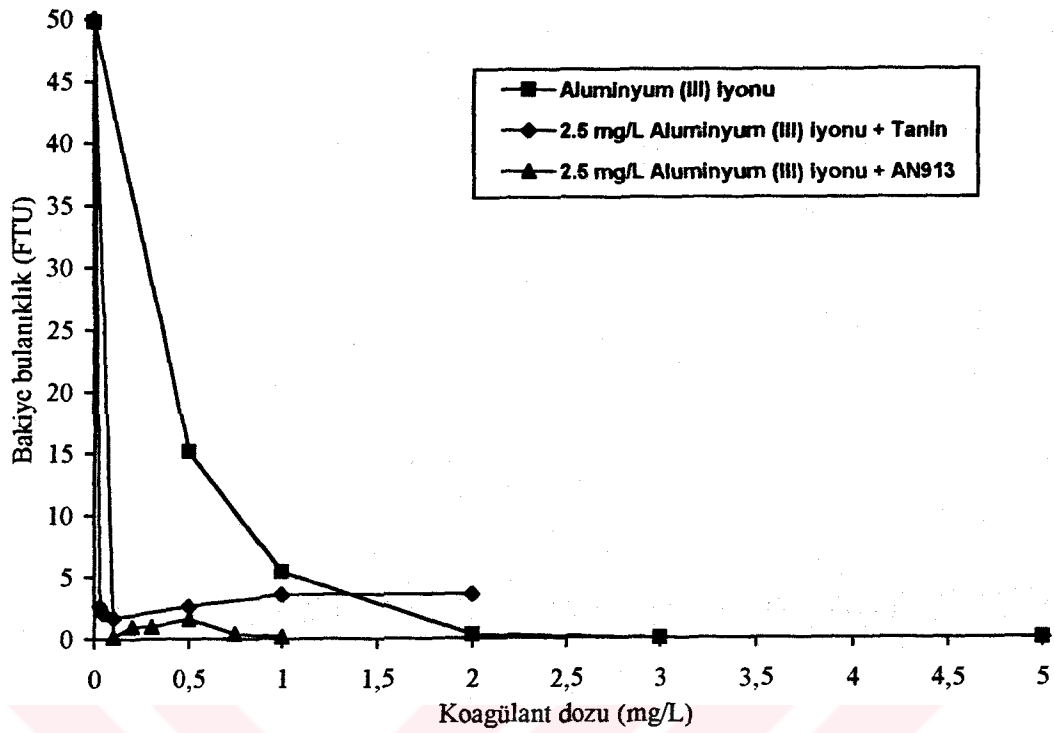


Şekil 7.91. 50 FTU bulanıklıkta 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi

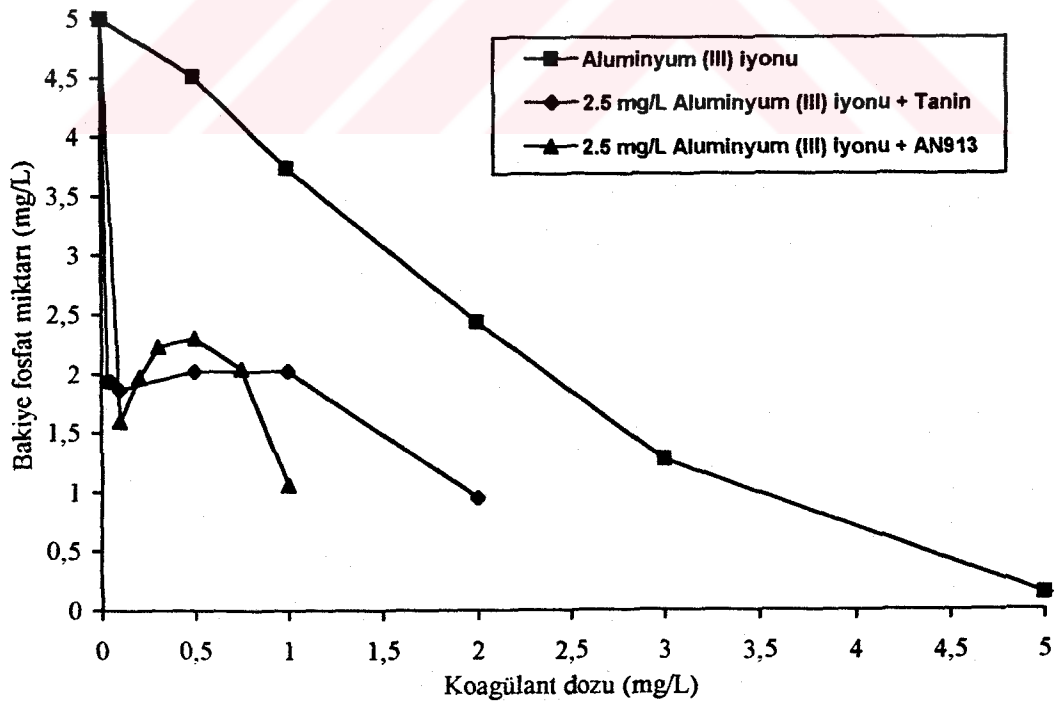


Şekil 7.92. 50 FTU bulanıklıkta 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi

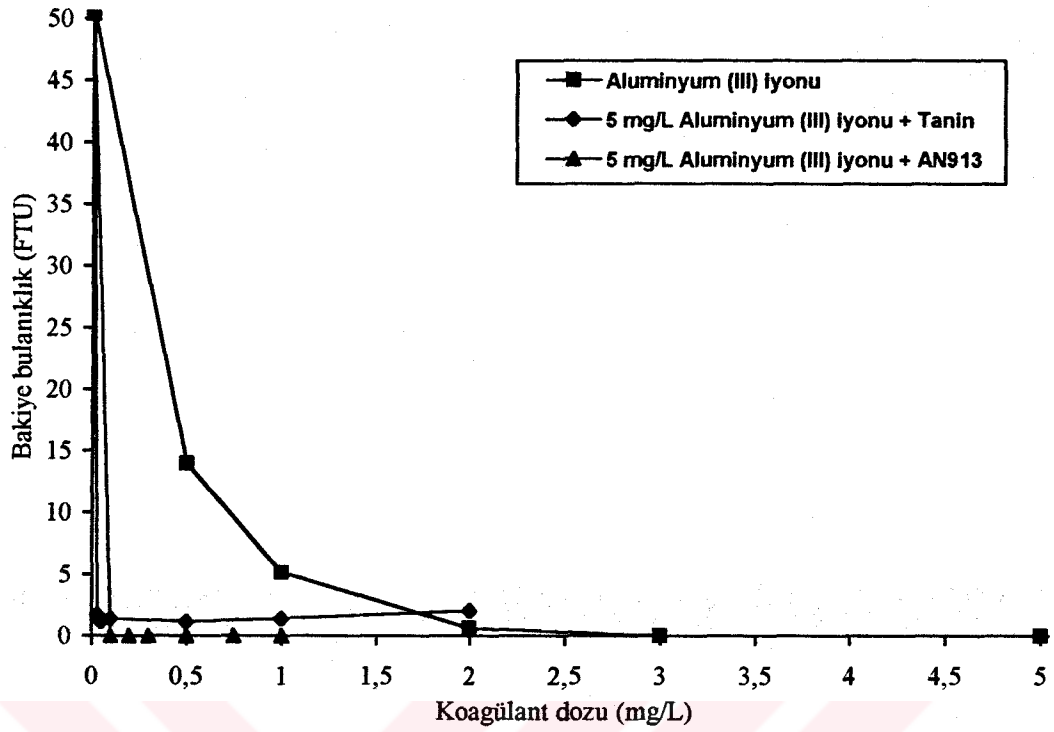




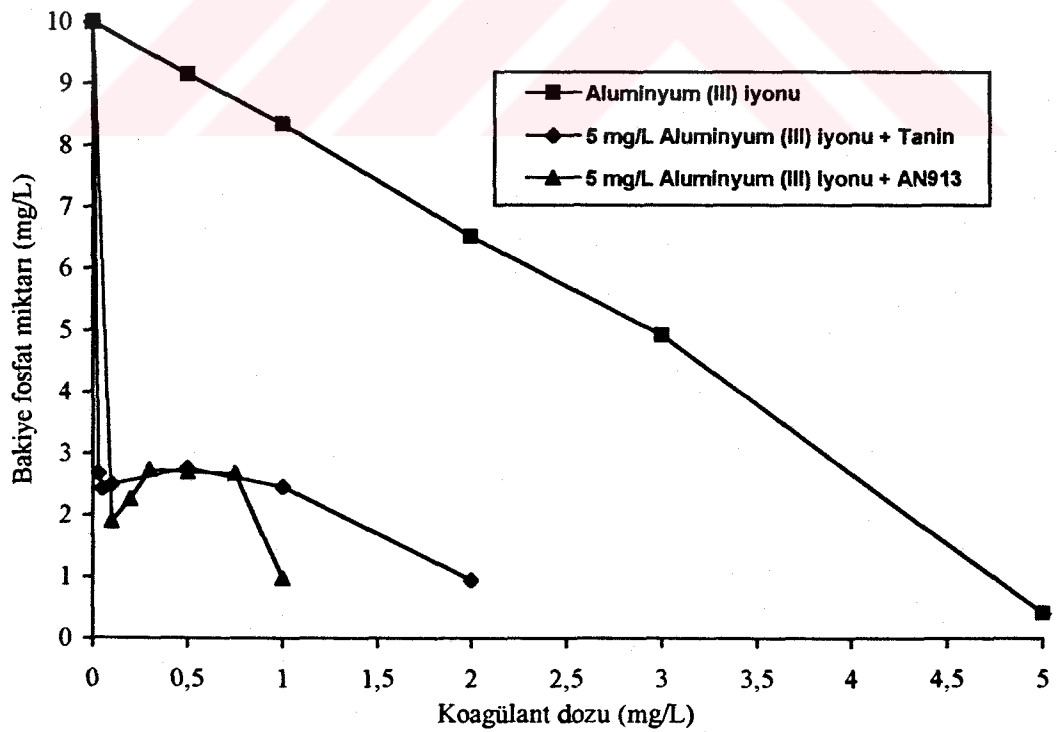
Şekil 7.93. 50 FTU bulanıklıkta 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  ın birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



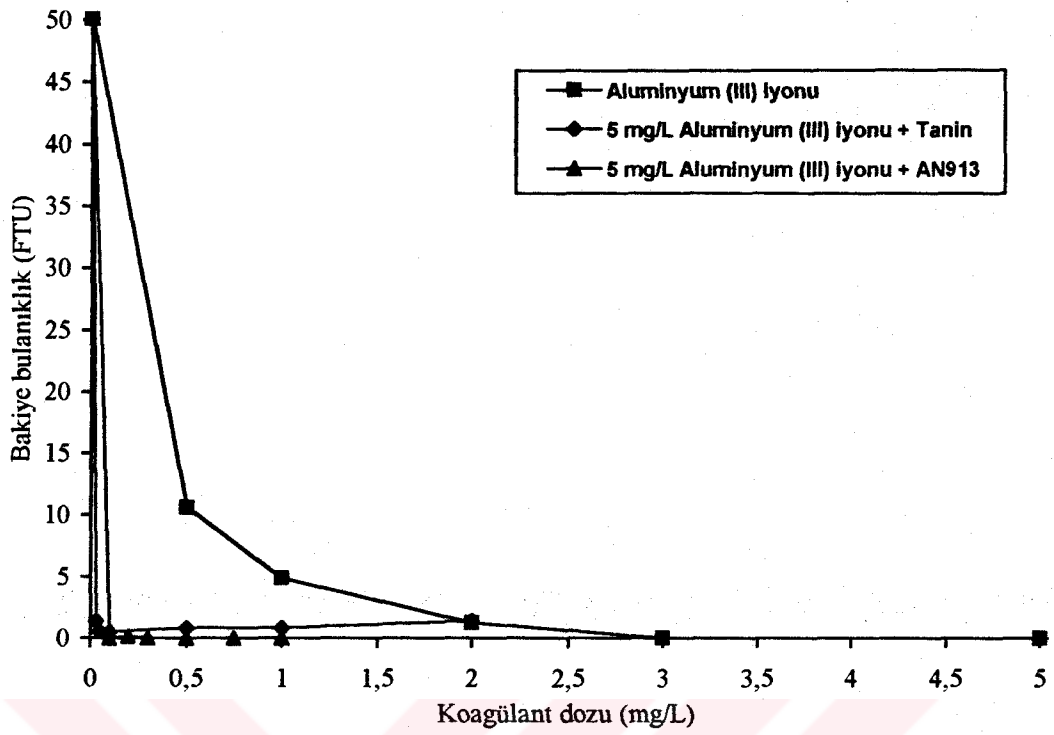
Şekil 7.94. 50 FTU bulanıklıkta 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  ın birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



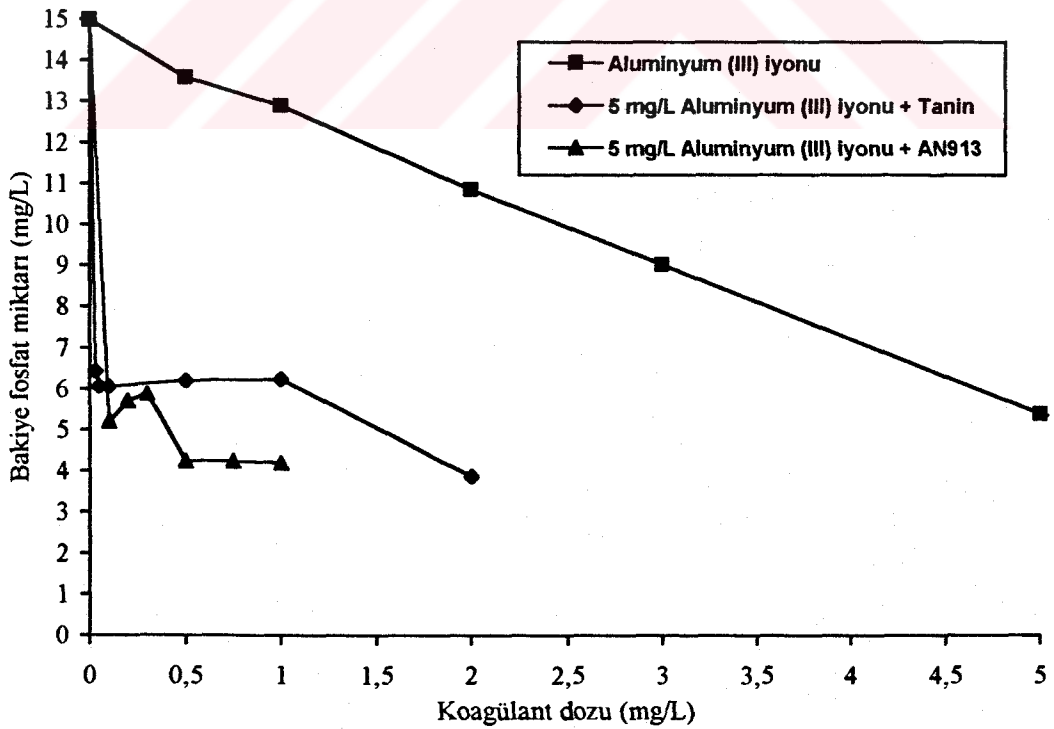
Şekil 7.95. 50 FTU bulanıklıkta 10 mg/L PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> içeren sentetik sudan bulanıklık ve PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> - tanin ve Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> - AN913 e göre mukayesesi



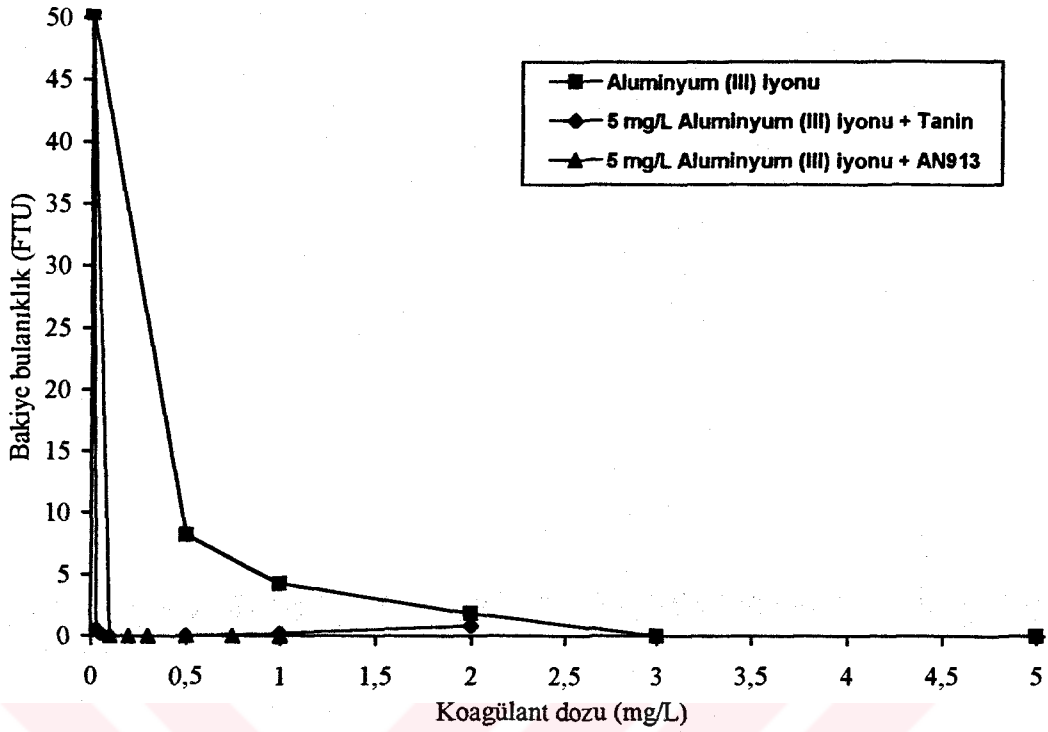
Şekil 7.96. 50 FTU bulanıklıkta 10 mg/L PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> içeren sentetik sudan bulanıklık ve PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> - tanin ve Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> - AN913 e göre mukayesesi



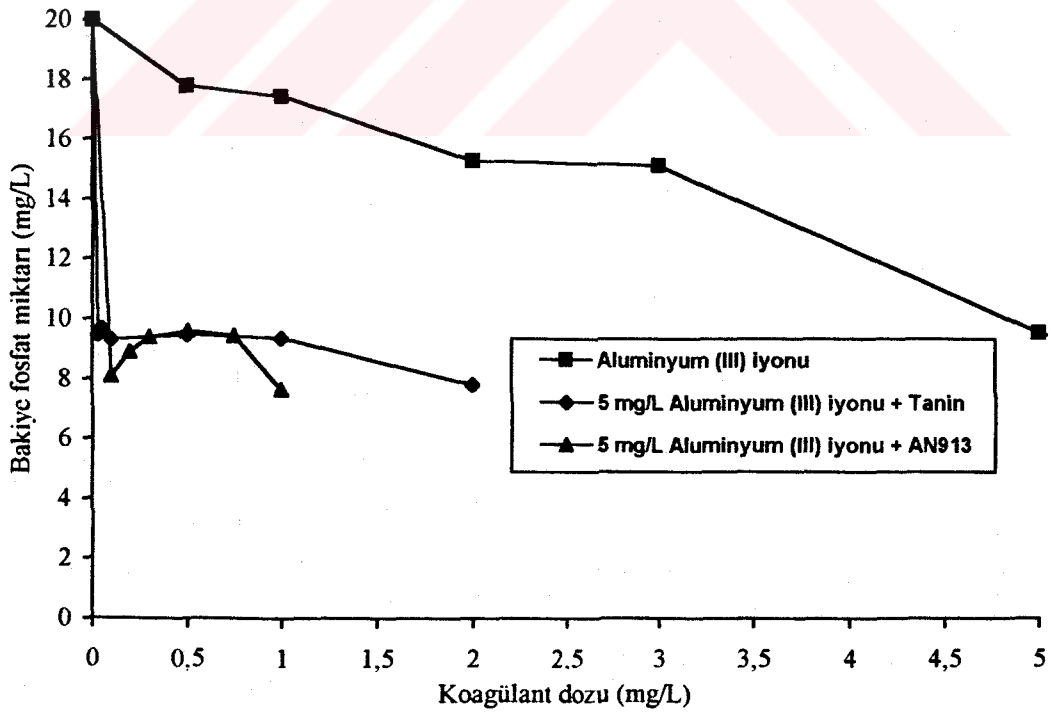
Şekil 7.97. 50 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



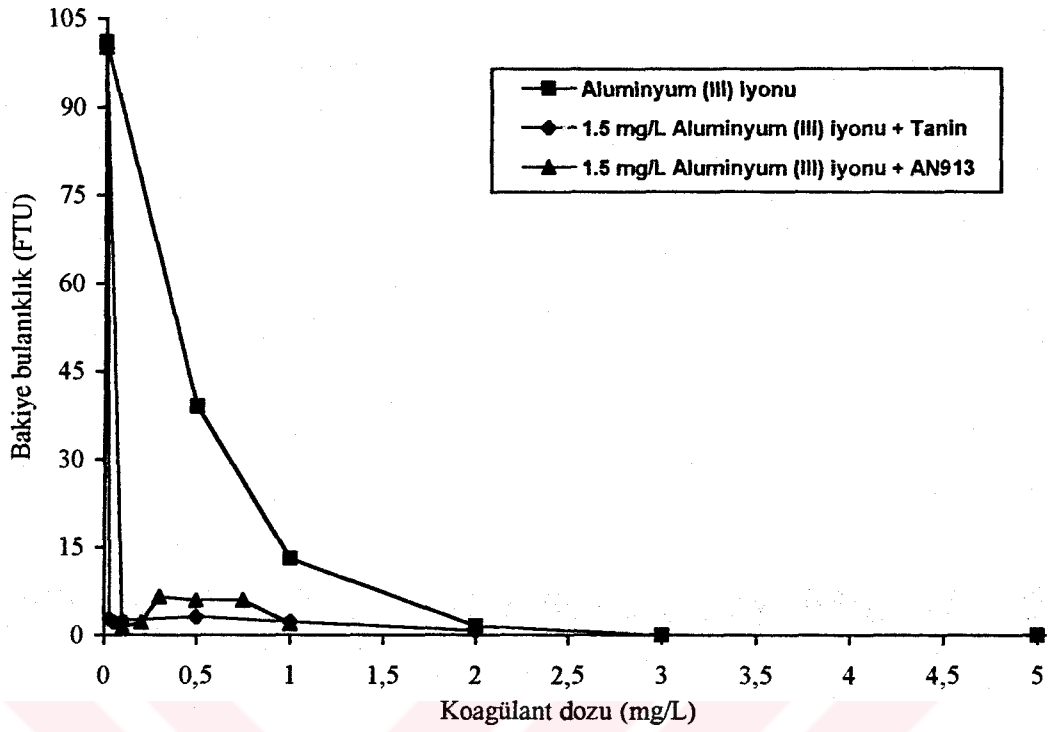
Şekil 7.98. 50 FTU bulanıklıkta 15 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



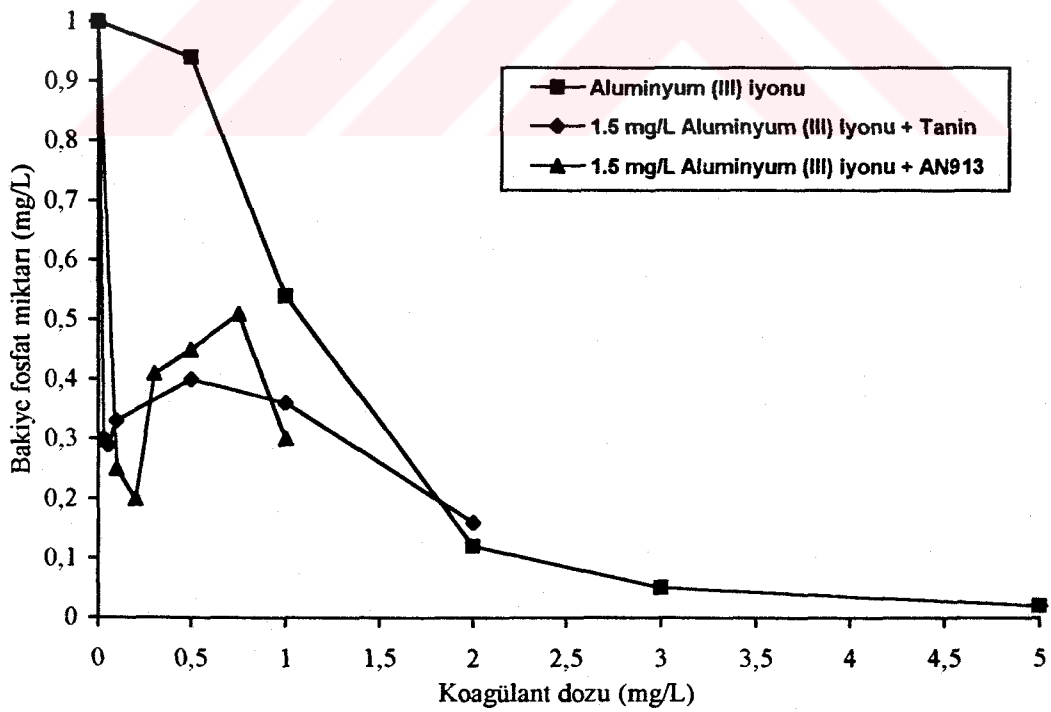
Şekil 7.99. 50 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



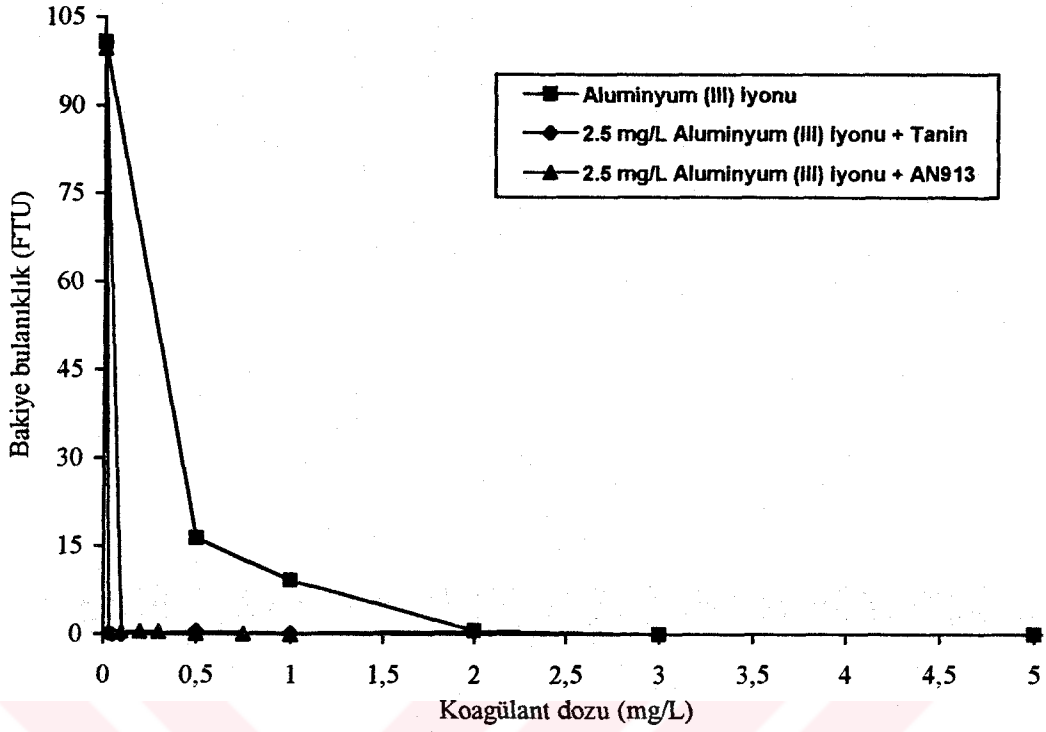
Şekil 7.100. 50 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



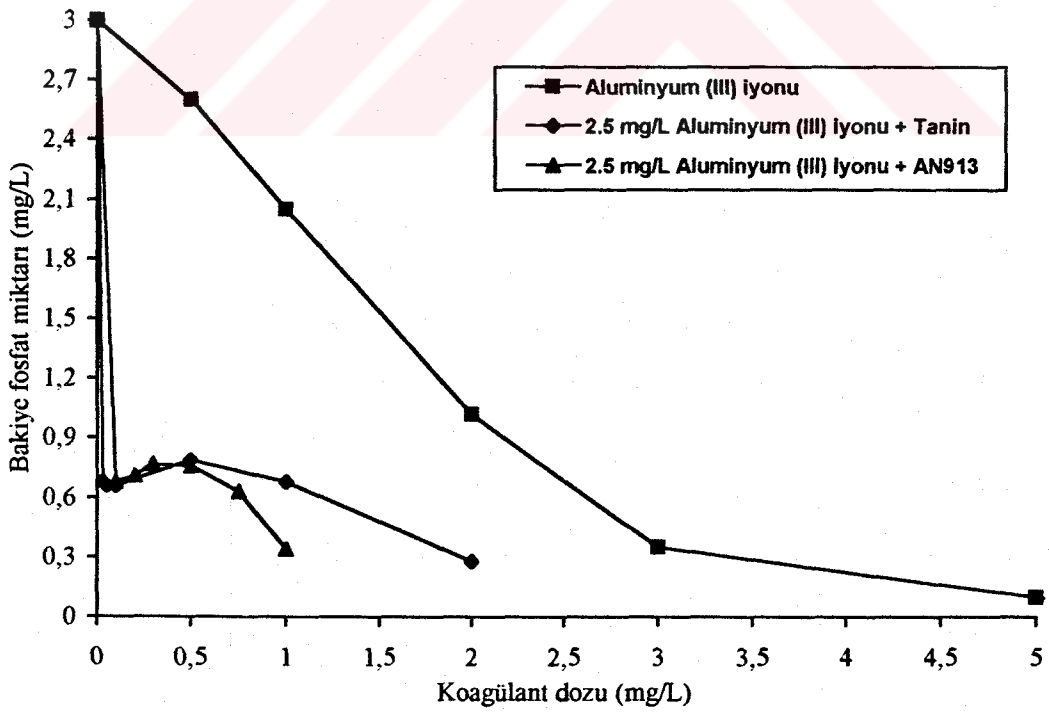
Şekil 7.101. 100 FTU bulanıklıkta 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



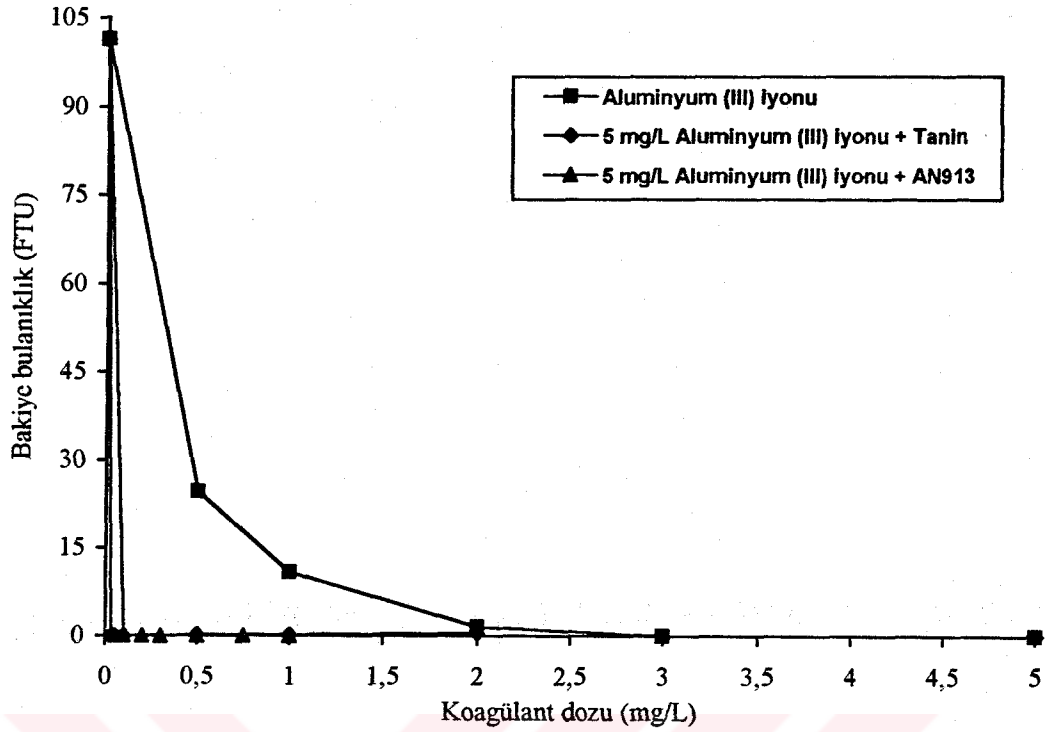
Şekil 7.102. 100 FTU bulanıklıkta 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



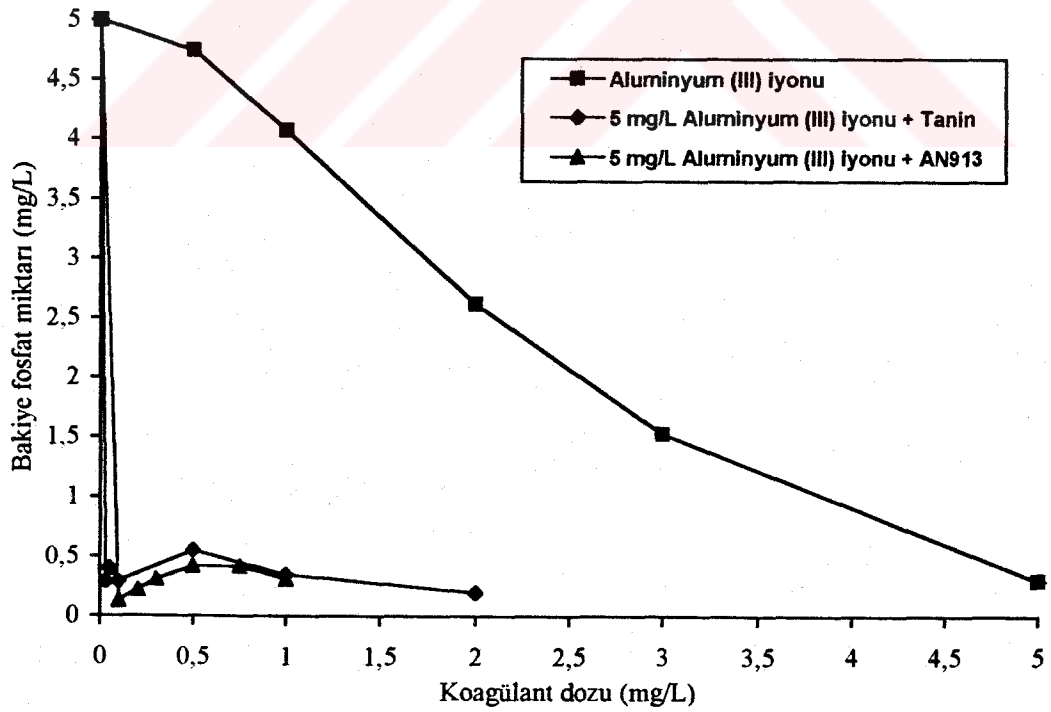
Şekil 7.103. 100 FTU bulanıklıkta 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



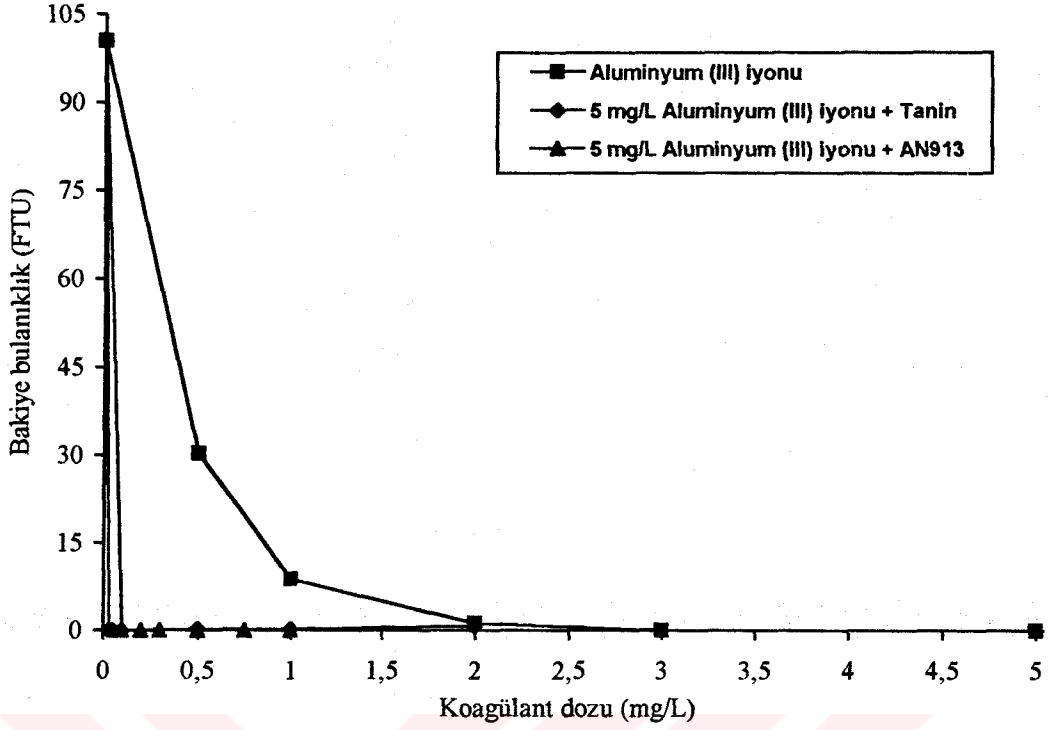
Şekil 7.104. 100 FTU bulanıklıkta 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



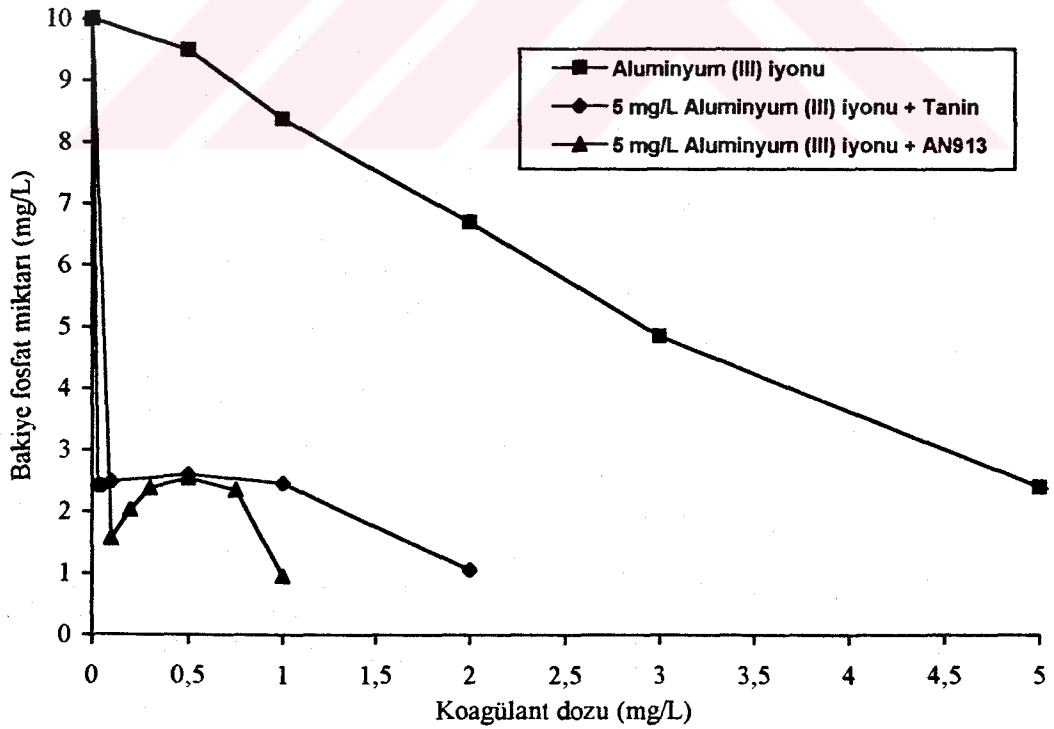
Şekil 7.105. 100 FTU bulanıklıkta 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  ın birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



Şekil 7.106. 100 FTU bulanıklıkta 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  ın birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi

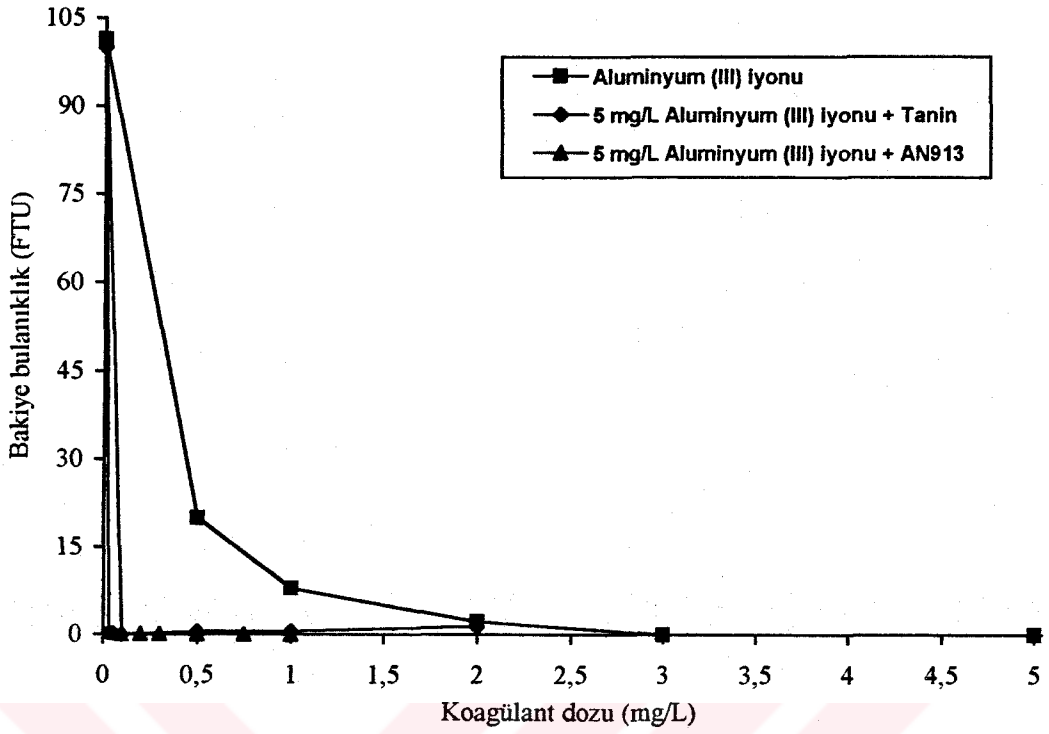


Şekil 7.107. 100 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  ın birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi

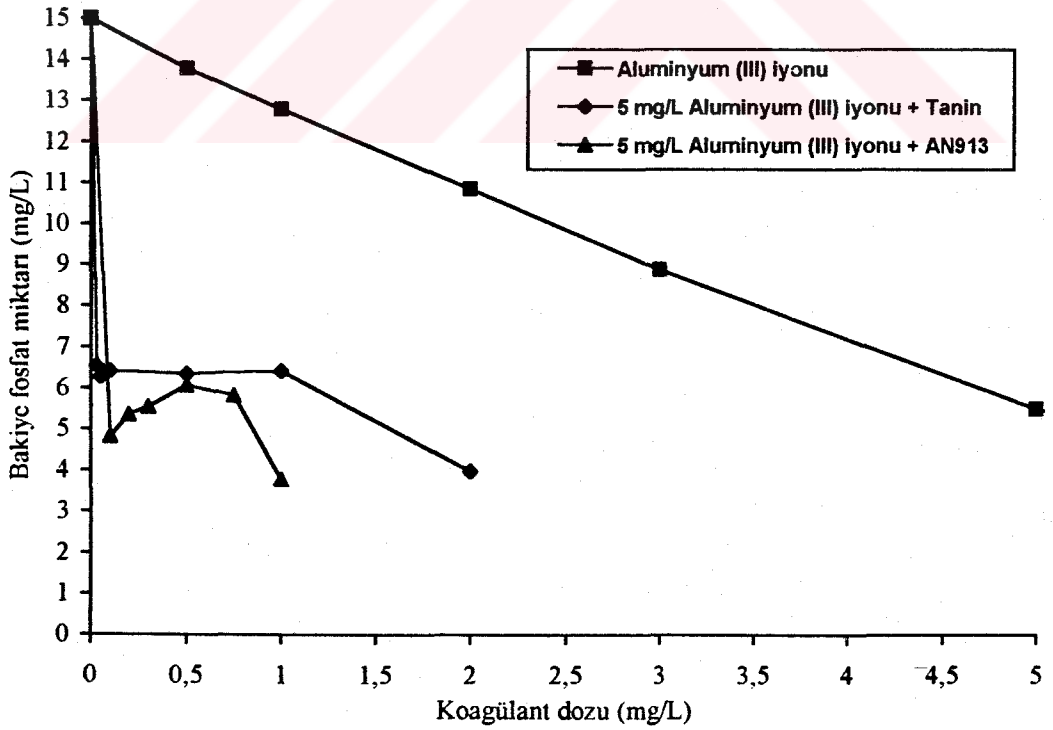


Şekil 7.108. 100 FTU bulanıklıkta 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  ın birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi

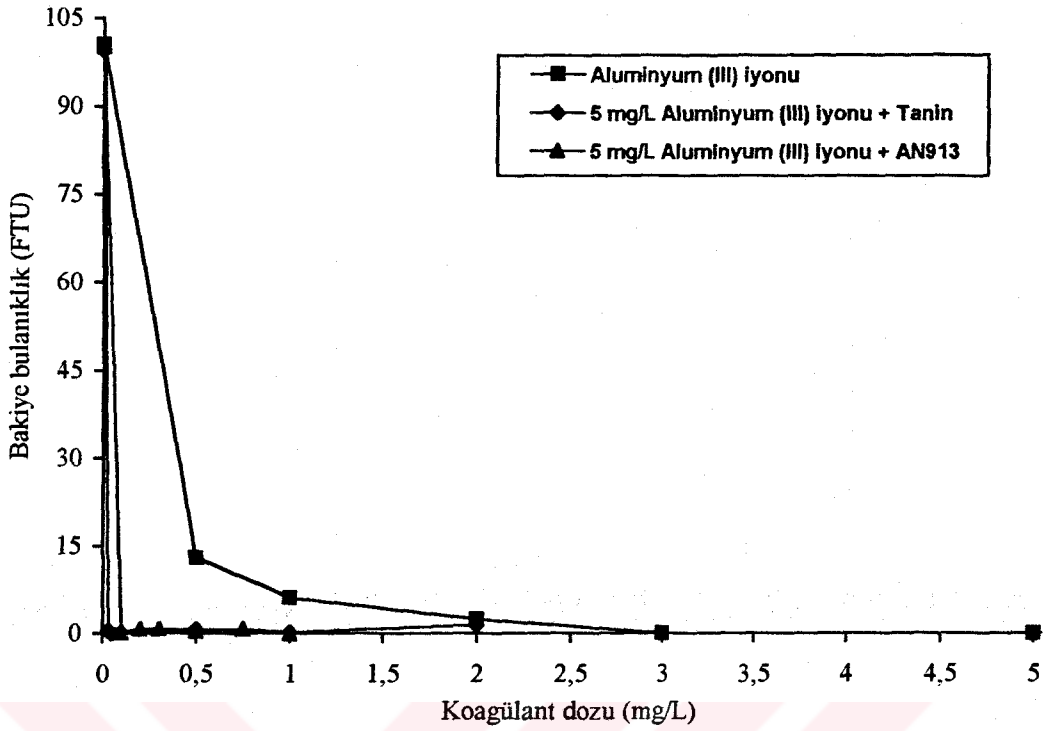




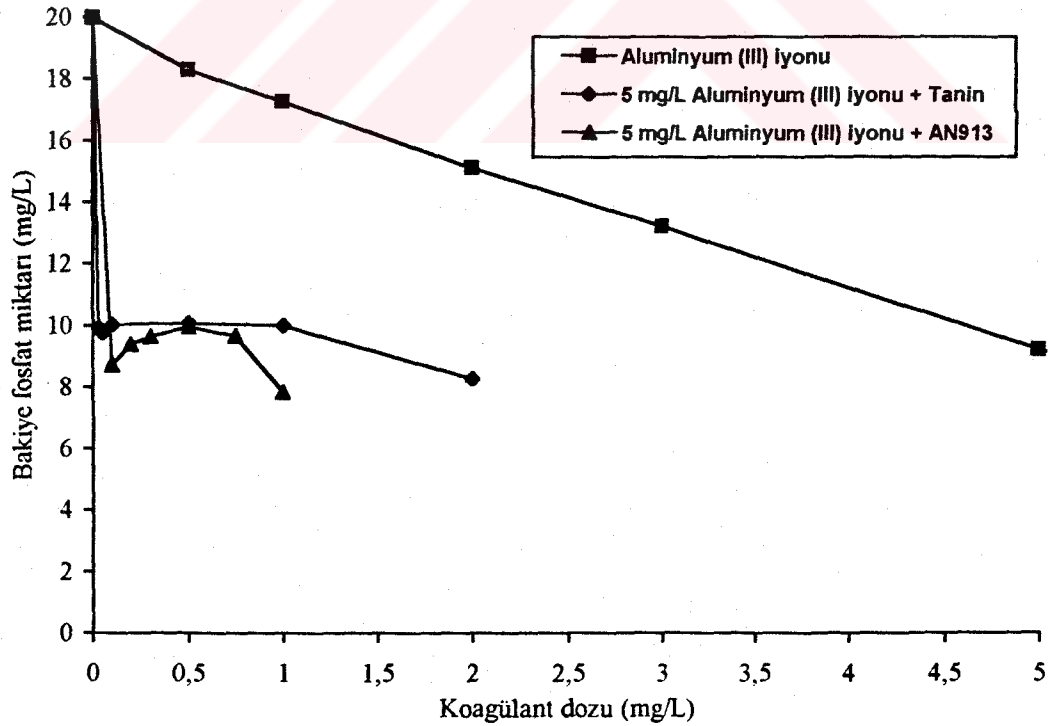
Şekil 7.109. 100 FTU bulanıklıkta 15 mg/L PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> içeren sentetik sudan bulanıklık ve PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> in birlikte giderilmesi sonucu geriye kalan bulanıklık miktarlarının Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> - tanin ve Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> - AN913 e göre mukayesesi



Şekil 7.110. 100 FTU bulanıklıkta 15 mg/L PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> içeren sentetik sudan bulanıklık ve PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> in birlikte giderilmesi sonucu geriye kalan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> miktarlarının Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> - tanin ve Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> - AN913 e göre mukayesesi



Şekil 7.111. 100 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan bulanıklık miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



Şekil 7.112. 100 FTU bulanıklıkta 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sudan bulanıklık ve  $PO_4^{3-}$  in birlikte giderilmesi sonucunda geriye kalan  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi

10 FTU bulanıklıkta 1-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarlarının hepsinde bulanıklık gidermede  $Al_2(SO_4)_3$  etkili olmuştur. Ancak  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 şeklinde ikili durumlarda kullanılan  $Al_2(SO_4)_3$  miktarları dikkate alındığında, ikili kullanımlar da çok iyi neticeler vermiştir. 1 ve 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sularda  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 birlikte kullanımıyla,  $Al_2(SO_4)_3$  tan daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. 5 ve 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sularda hem  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin hemde  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ikilileri etkili olup,  $Al_2(SO_4)_3$  a eşdeğer bakiye bulanıklık sağlamışlardır. 15 ve 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sularda ise  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ikilisi etkili olup,  $Al_2(SO_4)_3$  a eşdeğer bakiye bulanıklık elde edilmiştir.

10 FTU bulanıklıkta 1-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sularda fosfat giderme bakımından da en etkili  $Al_2(SO_4)_3$  olmuştur. Ancak yine ikili kullanımlardaki  $Al_2(SO_4)_3$  miktarları dikkate alındığında; ikili kullanımlarda,  $PO_4^{3-}$  gidermede aynı miktar  $Al_2(SO_4)_3$  ın tek başına verdiği sonuçlara göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  için  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 iyi neticeler verirken, 3-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sularda  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ikilisi daha iyi sonuçlar vermiştir.

20 FTU bulanıklıkta 1-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sularda bakiye bulanıklık bakımından yine en etkili  $Al_2(SO_4)_3$  olmuştur. İkili kullanımlardaki  $Al_2(SO_4)_3$  miktarları dikkate alındığında; ikili kullanımlarda, hemen hemen bütün sularda bulanıklık gidermede aynı miktar  $Al_2(SO_4)_3$  ın tek başına verdiği sonuçlara kıyasla daha iyi sonuçlar alınmıştır. Bu bulanıklıklarda tanin ve AN913 ile birbirine çok yakın sonuçlar elde edilmiştir.

20 FTU bulanıklıkta 1-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sularda fosfat giderebilirlik açısından en iyi sonuçları yine  $Al_2(SO_4)_3$  vermiştir. Fakat ikili kullanımlardaki  $Al_2(SO_4)_3$  miktarları dikkate alındığında, yine bütün sularda aynı miktar  $Al_2(SO_4)_3$  ın tek başına kullanıldığı durumlardan daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. Tanin ve

AN913 karşılaştırıldığında ise 1 ve 3 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarında tanin daha etkili olmuş ve 5-20 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarında ise eşdeğer verim elde edilmiştir.

50 FTU bulanıklıkta 1-20 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  içeren sularda yapılan bulanıklık giderme çalışmalarında; 1 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  için en iyi bakiye bulanıklık sonucunu  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  verirken, 3-20 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarları için  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  - tanin ve  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  - AN913 birbirine oldukça yakın sonuçlar vermişlerdir.

50 FTU bulanıklıkta 1-20 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  ihtiva eden sularda giderilen fosfat miktarı bakımından en iyi verim  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile elde edilmiştir. İkili kullanımlardaki  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  miktarı açısından olay irdelendiğinde, ikili kullanımlarda kullanılan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  miktarıyla, tek başına kullanımda elde edilenden daha iyi sonuçlar alınmıştır. Tanin ve AN913 karşılaştırıldığında 1-3 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarında tanin daha etkili olurken, 10-20 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarında birbirine eşdeğer sonuçlar vermişlerdir.

100 FTU bulanıklıkta 1-20 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  ihtiva eden sularda, bakiye bulanıklık bakımından elde edilen neticeler birbirine çok yakın değerlerde olmuştur.

100 FTU bulanıklıkta 1-20 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  ihtiva eden sularda en iyi bakiye fosfat miktarı  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile elde edilmiştir. İkili kullanımlarda  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  miktarı dikkate alındığında, aynı miktar  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile giderilen fosfattan daha fazlası ikili kullanımlarda giderilmiştir. Tanin ve AN913 karşılaştırıldığında ise 1 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarında tanin daha iyi sonuçlar vermektedir. 3-20 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarlarında ise birbirine çok yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Sonuç olarak; bulanıklık giderme bakımından 10 ve 20 FTU bulanıklık değerlerinde  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  daha iyi, 50 ve 100 FTU bulanıklıkta ise ikili karışımlar ile  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  hemen hemen aynı neticeleri vermektedirler. Bu da düşük bulanıklıklarda kolloid konsantrasyonu az olduğundan, polielektrolitlerin köprü oluşturmada çok başarılı

olmadıklarını göstermektedir. Yüksek bulanıklık değerlerinde ise son derece etkili oldukları görülmektedir.

Fosfat giderme açısından,  $Al_2(SO_4)_3$  çok iyi sonuçlar verirken, polielektrolitler istenilen düzeyde giderme sağlayamamaktadır. Bu durum, polielektrolitlerin direkt fosfat gidermede etkili olmayıp,  $Al_2(SO_4)_3$  in çöktürmesine yardımcı olmasından kaynaklanmaktadır. Polielektrolitlerle yapılan çalışmalarda kullanılan  $Al_2(SO_4)_3$  miktarı az olduğundan yeterli düzeyde fosfat giderimi sağlanamamaktadır.

## 7.2. Bulanık Olmayan Sulardan Fosfat Giderme

Bölüm 7.1 de yapılan çalışmalarda tanin ve AN913 ün bulanıklık ile birlikte fosfat gidermede tek başlarına etkili olmadıkları bulunmuştur. Bu nedenle bulanık olmayan sulardan fosfat giderme çalışmalarında tanin ve AN913 tek başlarına kullanılmayıp,  $Al_2(SO_4)_3$  ile birlikte kullanılarak çalışmalar yapılmıştır.

### 7.2.1. $Al_2(SO_4)_3$ ile fosfat gidermeye pH'nın etkisi

10 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sentetik sular üzerinde 10 mg/L  $Al^{3+}$  kullanılarak farklı pH larda jar-test deneyleri yapılmıştır. Bulunan sonuçlar Tablo 7.17 de verilmiştir.

Tablo 7.17.  $Al_2(SO_4)_3$  ile fosfat gidermeye pH'nın etkisi

Başlangıç $PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	Başlangıç pH sı / Bakiye $PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)								
		5.05	5.50	6.00	6.52	7.02	7.52	7.97	8.53	9.01
10	10	8.91	8.64	7.23	3.39	1.04	0.73	2.31	2.69	2.97

Tablo 7.17 den  $Al_2(SO_4)_3$  ile fosfat gidermek için optimum pH'nın 7.5 olduğu görülmektedir. Fosforun giderilmesi için optimum pH, bazı gidermelerde 6.5 in üzerinde olmakla beraber, genellikle 5.5-6.5 aralığında kalmaktadır [111]. İlk bakışta pH 7.5 değerinin literatür ile uyuşmadığı görülmektedir. Bu durumu aydınlatmak için, başlangıç pH sı 7.5 olan ve 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden suda,  $Al_2(SO_4)_3$  ile fosfat giderme işlemi sonundaki pH lar ölçülmüş ve Tablo 7.18 de verilmiştir.

Tablo 7.18. Başlangıç pH sı 7.5 olan ve 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden suyun  $Al_2(SO_4)_3$  ile fosfat giderme işleminden sonraki  $Al_2(SO_4)_3$  miktarı-pH ilişkisi

$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00
Son pH	7.48	7.43	7.25	7.13	6.92	6.58
Bakiye $PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	9.13	9.05	7.69	6.48	5.18	0.74

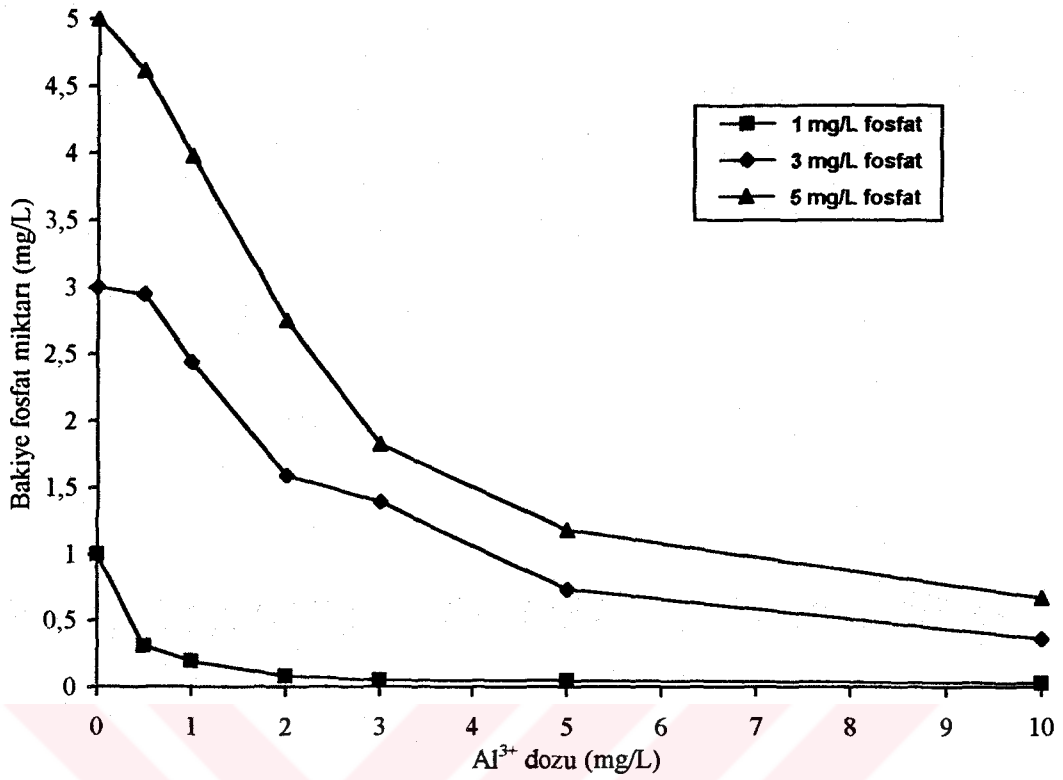
Tablo 7.18 den de görüldüğü gibi optimum fosfat gidermeyi sağlayan 10 mg/L  $Al^{3+}$  dozu, başlangıç pH sın da fosfat giderme için optimum değer olan 6.5 e kadar düşürmektedir. Sonuç olarak optimum fosfat giderme pH 6.5 civarında olmakta ve bu da literatür ile uyum göstermektedir.

### 7.2.2. Bulanık olmayan sulardan $Al_2(SO_4)_3$ ile fosfat giderme çalışmaları

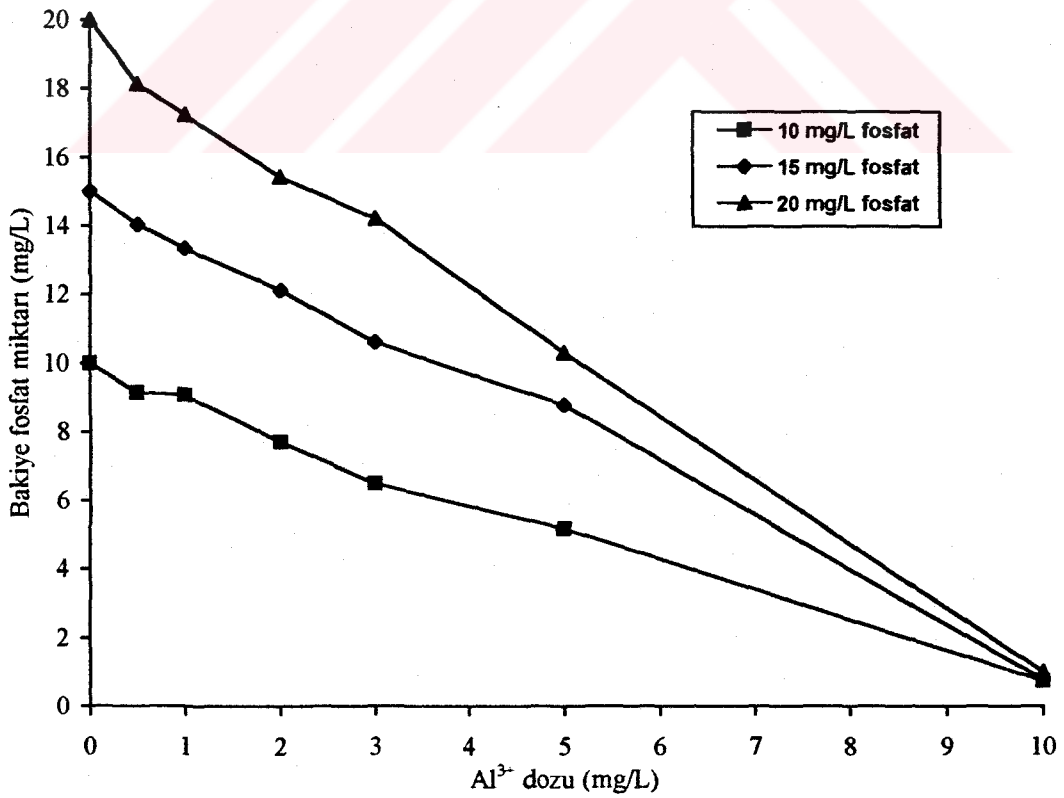
1, 3, 5, 10, 15 ve 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sulardan  $Al_2(SO_4)_3$  ile fosfat giderme deneylerinin sonuçları Tablo 7.19 da ve  $Al_2(SO_4)_3$  miktarı ile bakiye fosfat miktarı arasındaki ilişki Şekil 7.113 ve 7.114 de verilmiştir.

Tablo 7.19. Bulanık olmayan sulardan  $Al_2(SO_4)_3$  ile fosfat giderme çalışmalarının sonuçları

Başlangıç $PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	$Al^{3+}$ dozu (mg/L) / Bakiye $PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)					
	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00	10.00
1.17	0.31	0.19	0.08	0.05	0.05	0.03
3.28	2.95	2.44	1.59	1.39	0.73	0.36
5.19	4.62	3.98	2.76	1.82	1.18	0.67
10.30	9.13	9.05	7.69	6.48	5.18	0.74
15.45	14.05	13.33	12.12	10.60	8.78	0.78
20.16	18.14	17.23	15.41	14.20	10.30	1.01



Şekil 7.113. Farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ile giderilmesi



Şekil 7.114. Farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ile giderilmesi

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  in fosfat giderme mekanizması;  $\text{Al}^{3+}$  iyonlarının  $\text{PO}_4^{3-}$  iyonlarıyla birleşerek  $\text{AlPO}_4$  çökmesi şeklindedir. Dolayısıyla ortamda bulunan fosfat miktarına bağlı olarak gerekli  $\text{Al}^{3+}$  miktarı da değişmektedir. Bu durum Şekil 7.113 ve 7.114 den de açıkça görülmektedir.  $\text{Al}^{3+}$  miktarı ne kadar fazla ise fosfat gidermesi de o ölçüde fazla olmaktadır. Bütün fosfat miktarları için en iyi giderme 10 mg/L  $\text{Al}^{3+}$  dozunda gerçekleşmektedir. Bu da hem  $\text{PO}_4^{3-}$  ı gidermek için yeterli  $\text{Al}^{3+}$  iyonunun olmasından hem de bu miktar, başlangıç pH sın,  $\text{AlPO}_4$  ın en iyi çöktüğü pH ya düşürmesinden ileri gelmektedir. Yüksek  $\text{PO}_4^{3-}$  miktarları için bu  $\text{Al}^{3+}$  dozunun da yeterli olmadığı ve daha fazla  $\text{Al}^{3+}$  kullanılması halinde daha iyi neticeler alınabileceği söylenebilir.

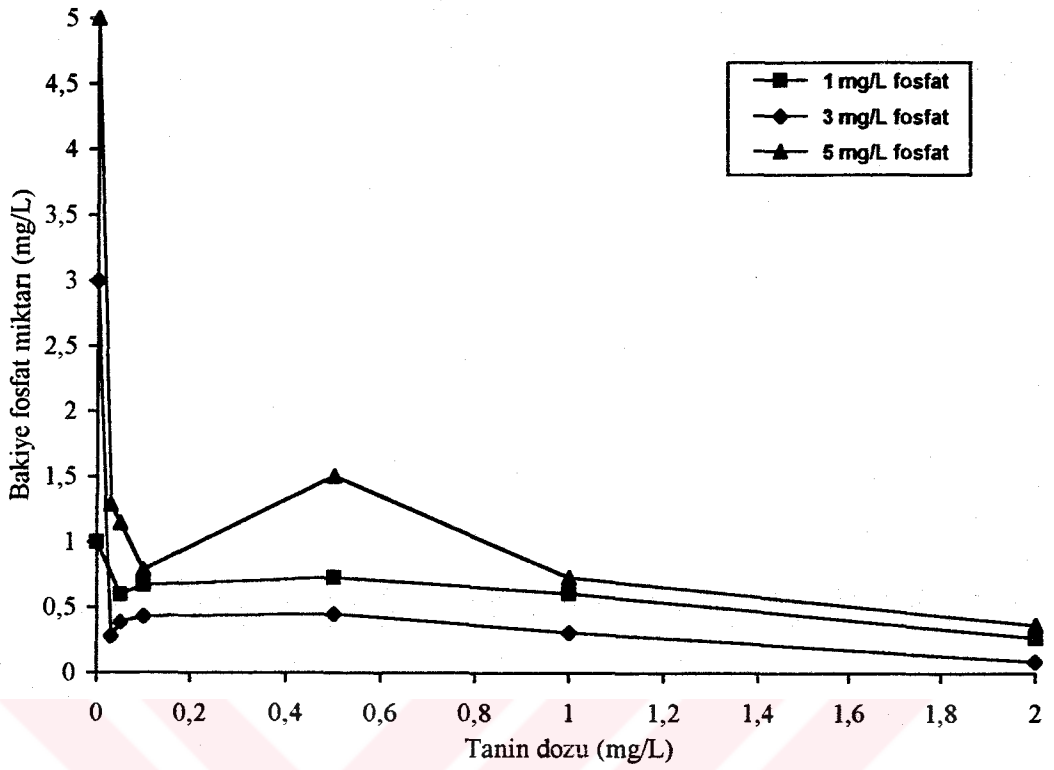
### 7.2.3. Bulanık olmayan sulardan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ve tanin birlikte kullanılarak fosfat giderme çalışmaları

1, 3, 5, 10, 15 ve 20 mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$  içeren sentetik sulardan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ile fosfat giderme deneylerinde optimum bulunan  $\text{Al}^{3+}$  dozunun yarısı ile birlikte taninin farklı miktarları kullanılarak fosfat giderme deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 7.20 de ve tanin miktarı ile bakiye fosfat miktarı arasındaki ilişki Şekil 7.115 ve 7.116 da verilmiştir.

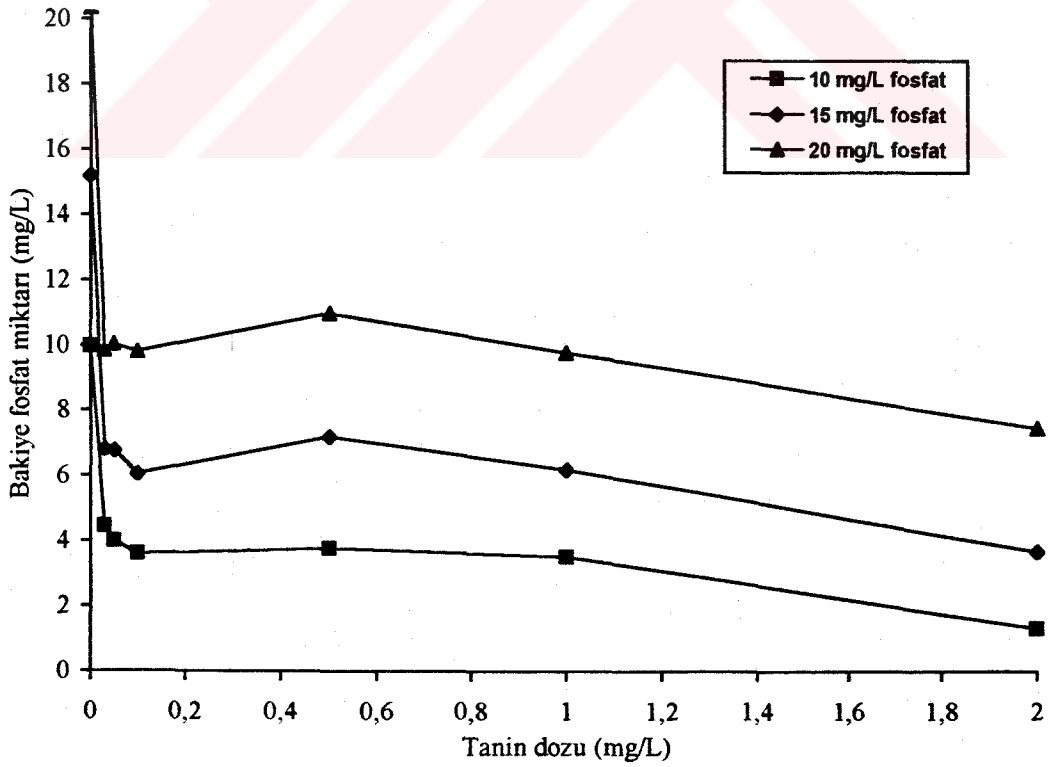
Tablo 7.20. Bulanık olmayan sulardan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak fosfat giderme çalışmalarının sonuçları

Başlangıç $\text{PO}_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	$\text{Al}^{3+}$ dozu (mg/L)	Tanin dozu (mg/L) / Bakiye $\text{PO}_4^{3-}$ miktarı (mg/L)					
		0.03	0.05	0.10	0.50	1.00	2.00
1.21	1.5	0.52	0.60	0.67	0.73	0.61	0.27
3.16	5.0	0.28	0.39	0.43	0.45	0.31	0.09
5.14	5.0	1.29	1.15	0.79	1.51	0.73	0.37
9.98	5.0	4.45	4.01	3.61	3.77	3.51	1.31
15.20	5.0	6.82	6.78	6.06	7.18	6.18	3.67
20.36	5.0	9.86	10.02	9.82	10.98	9.78	7.46





Şekil 7.115. Farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak giderilmesi



Şekil 7.116. Farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak giderilmesi

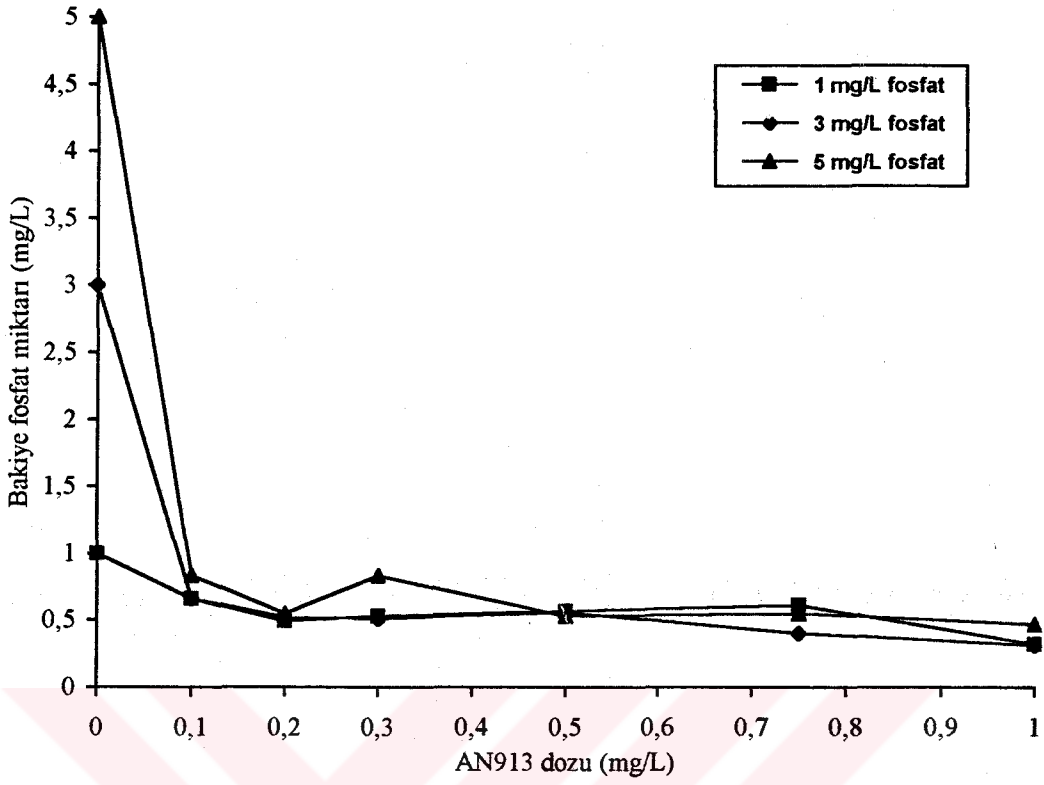
$Al_2(SO_4)_3$  - tanin ile fosfat gidermede 3 ve 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarları için  $Al_2(SO_4)_3$  tan daha iyi sonuçlar alınmıştır. Diğer fosfat miktarları için  $Al_2(SO_4)_3$  ile gidermede daha düşük bakiye fosfat miktarları elde edilmiştir. Ancak ikili kullanımdaki  $Al_2(SO_4)_3$  miktarı dikkate alındığında; aynı  $Al_2(SO_4)_3$  miktarları tek başına kullanıldığında elde edilen bakiye fosfat miktarından daha fazlası, ikili kullanımda elde edilmektedir. Bu durum da göstermektedir ki, tanin fosfat gidermede  $Al_2(SO_4)_3$  a yardımcı olmaktadır. Bunu da muhtemelen çöken  $AlPO_4$  flokları arasında alüminyum tannatları oluşturarak, daha büyük flokların elde edilmesiyle sağlamaktadır.

#### 7.2.4. Bulanık olmayan sulardan $Al_2(SO_4)_3$ ve AN913 birlikte kullanılarak fosfat giderme çalışmaları

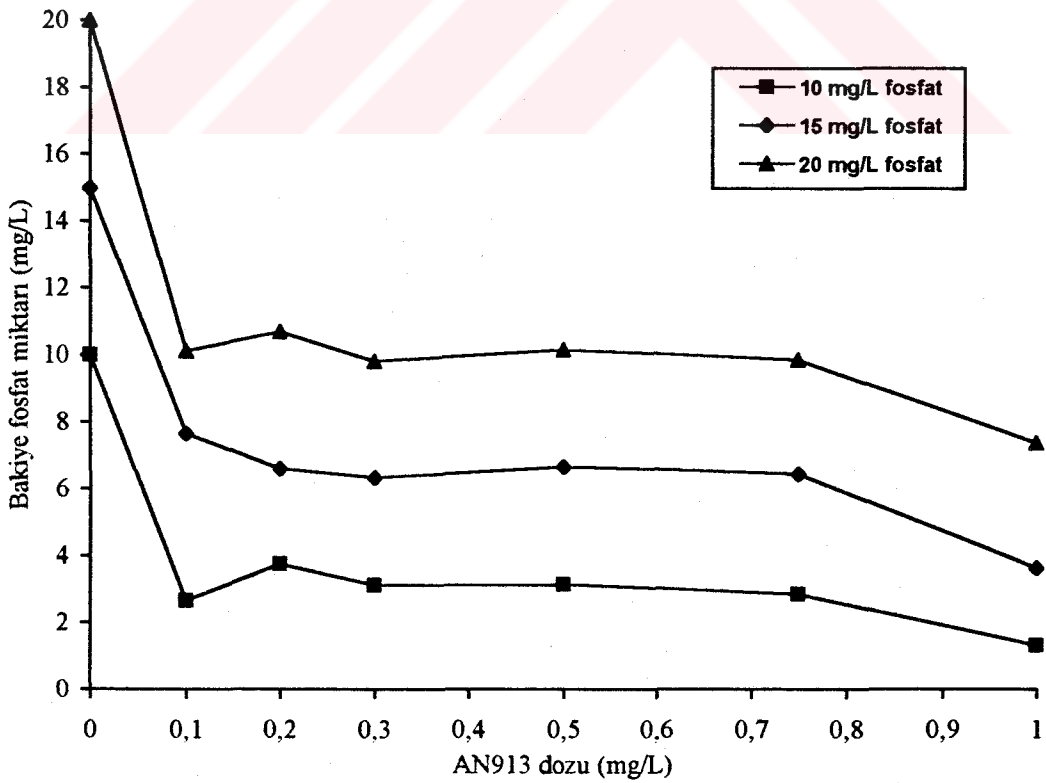
1, 3, 5, 10, 15 ve 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sulardan  $Al_2(SO_4)_3$  ile fosfat giderme deneylerinde optimum bulunan  $Al^{3+}$  dozunun yarısı ile birlikte AN913 ün farklı miktarları kullanılarak fosfat giderme deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları Tablo 7.21 de ve AN913 miktarı ile bakiye fosfat miktarı arasındaki ilişki Şekil 7.117 ve 7.118 de verilmiştir.

Tablo 7.21. Bulanık olmayan sulardan  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak fosfat giderme çalışmalarının sonuçları

Başlangıç $PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)	$Al^{3+}$ dozu (mg/L)	AN913 dozu (mg/L) / Bakiye $PO_4^{3-}$ miktarı (mg/L)					
		0.10	0.20	0.30	0.50	0.75	1.00
1.20	1.5	0.66	0.49	0.53	0.57	0.61	0.32
3.29	5.0	0.66	0.52	0.51	0.56	0.40	0.31
5.15	5.0	0.83	0.55	0.83	0.53	0.55	0.47
10.11	5.0	2.65	3.75	3.11	3.14	2.84	1.31
14.96	5.0	7.65	6.59	6.32	6.66	6.44	3.64
20.26	5.0	10.11	10.68	9.81	10.15	9.85	7.38



Şekil 7.117. Farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak giderilmesi

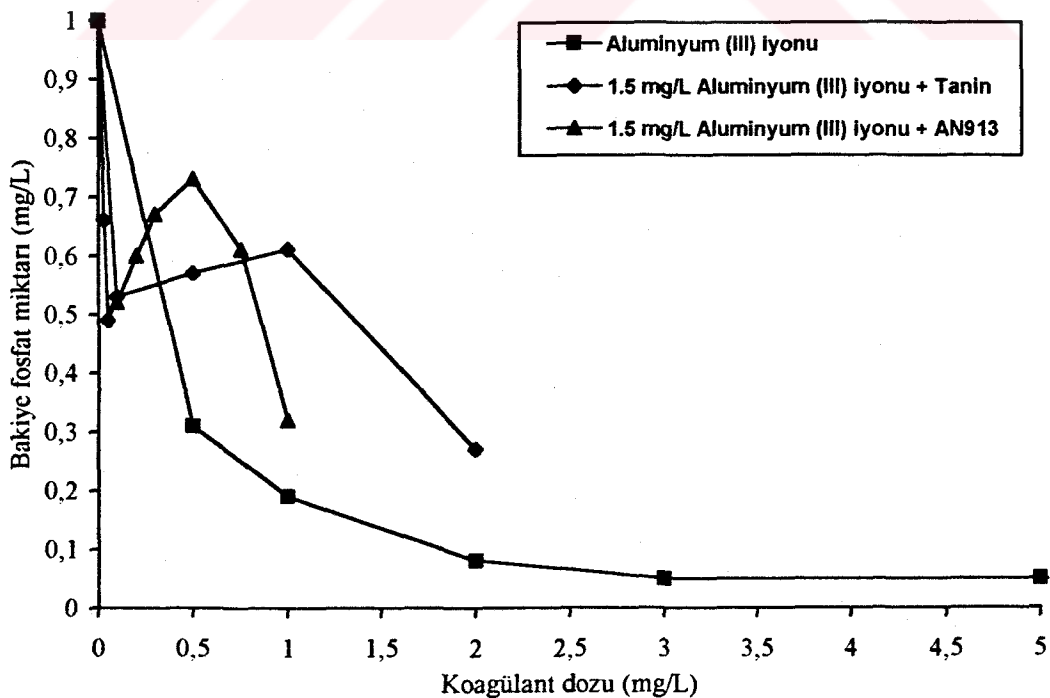


Şekil 7.118. Farklı  $PO_4^{3-}$  miktarlarının  $Al_2(SO_4)_3$  ve AN913 birlikte kullanılarak giderilmesi

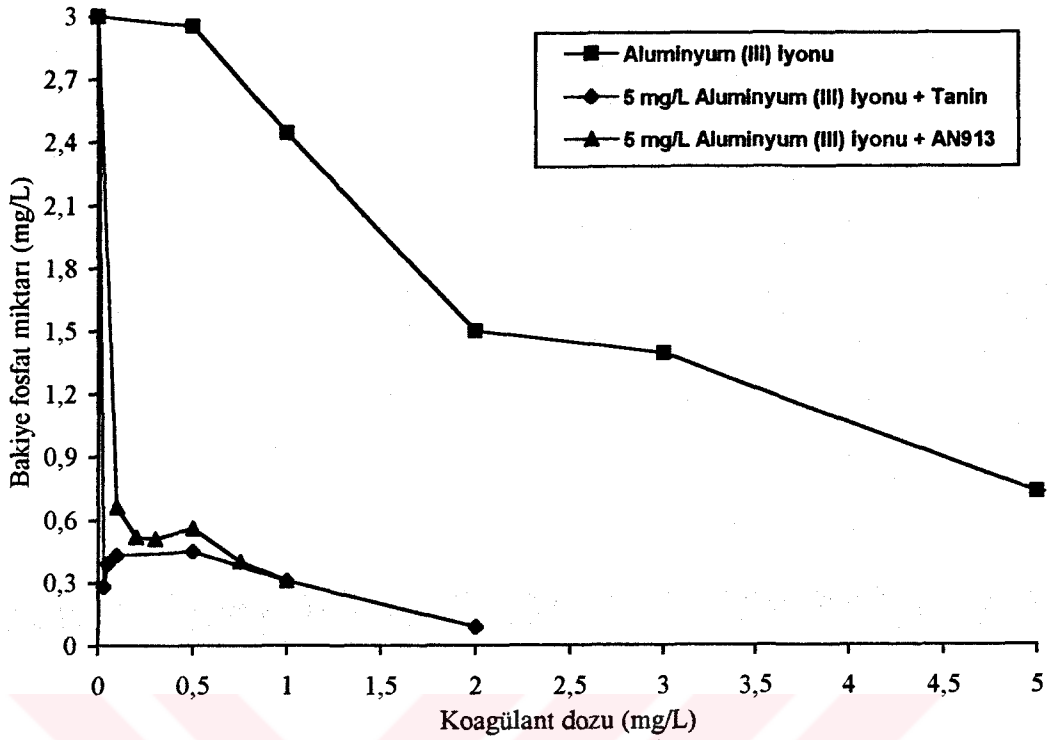
$Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ile fosfat gidermede, tanin ikilisindeki benzer durumlar görülmekte olup, 3 ve 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarı için  $Al_2(SO_4)_3$  tan daha iyi sonuçlar alınmıştır. Diğer fosfat konsantrasyonları için  $Al_2(SO_4)_3$  ile gidermede daha düşük bakiye fosfat miktarları elde edilmiştir. Ancak ikili kullanımdaki  $Al_2(SO_4)_3$  miktarı dikkate alındığında; aynı miktarlar tek başına kullanıldığında elde edilen bakiye fosfat miktarından daha fazlası ikili kullanımda elde edilmektedir. Bu da göstermektedir ki, AN913 fosfat gidermede  $Al_2(SO_4)_3$  a yardımcı olmaktadır. Bunu da muhtemelen çöken  $AlPO_4$  flokları arasında köprü oluşturarak, daha büyük flokların elde edilmesiyle sağlamaktadır.

#### 7.2.5. Bulanık olmayan sulardan $Al_2(SO_4)_3$ , $Al_2(SO_4)_3$ - tanin ve $Al_2(SO_4)_3$ - AN913 ün fosfat giderme yeterliliklerinin mukayesesi

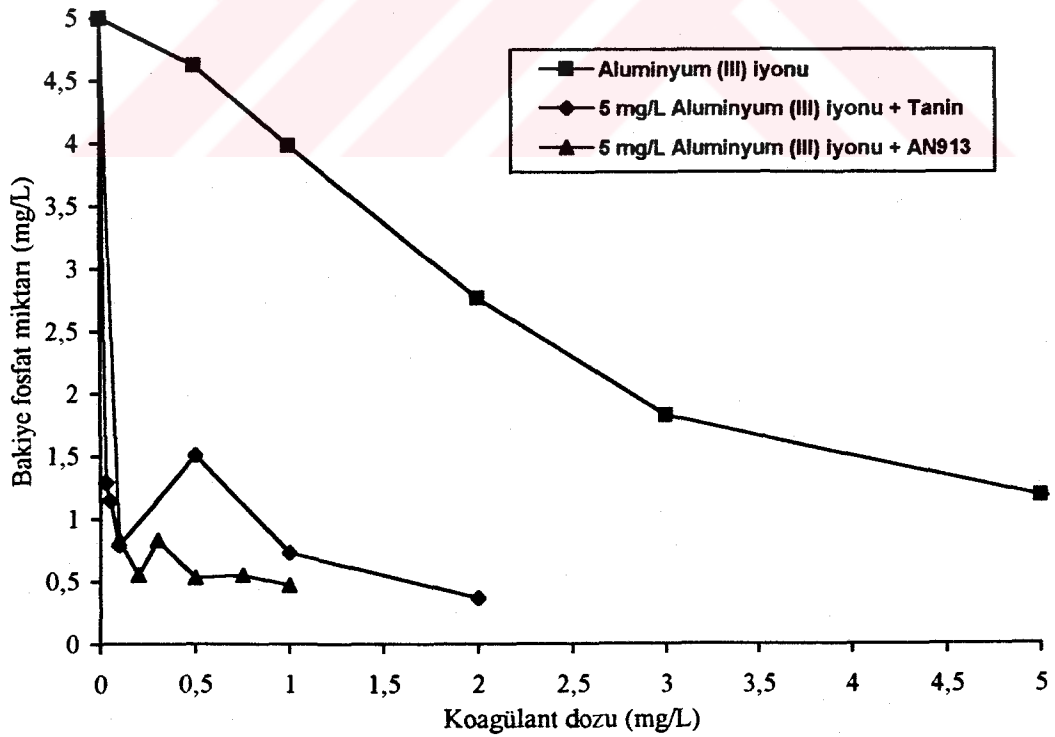
1, 3, 5, 10, 15 ve 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  ihtiva eden sentetik sulardan fosfatın giderilebilirliğinin  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 miktarları ile ilişkileri mukayeseli olarak Şekil 7.119 - 7.124 de verilmiştir.



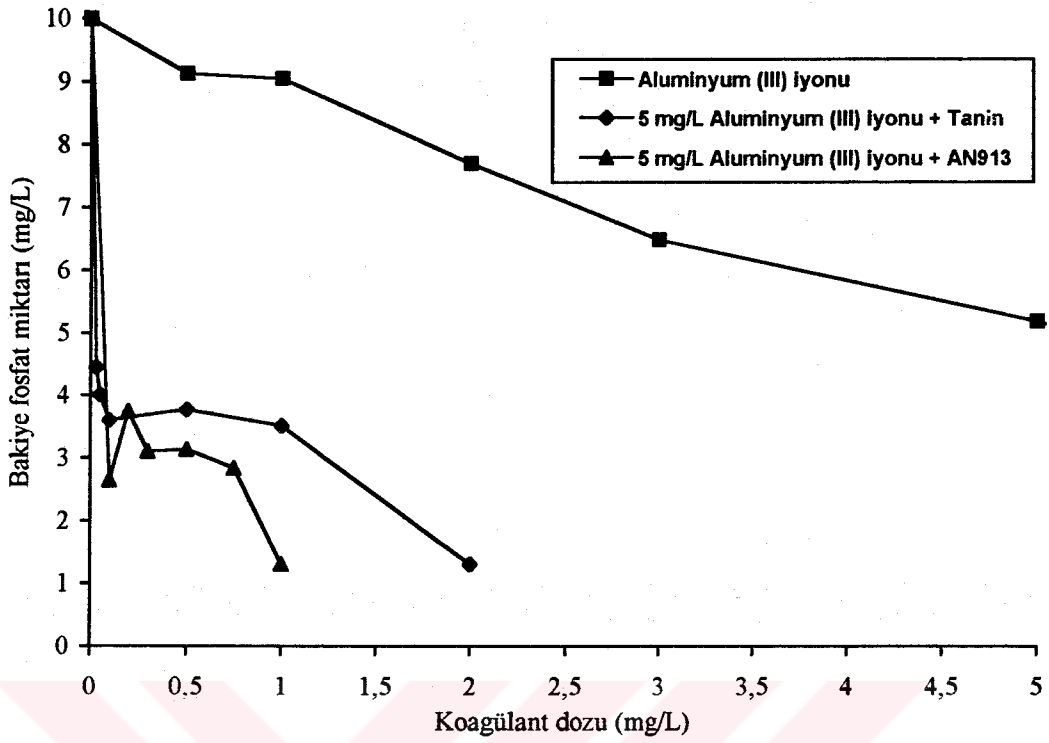
Şekil 7.119. 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sulardan  $PO_4^{3-}$  gideriminin  $Al_2(SO_4)_3$  ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



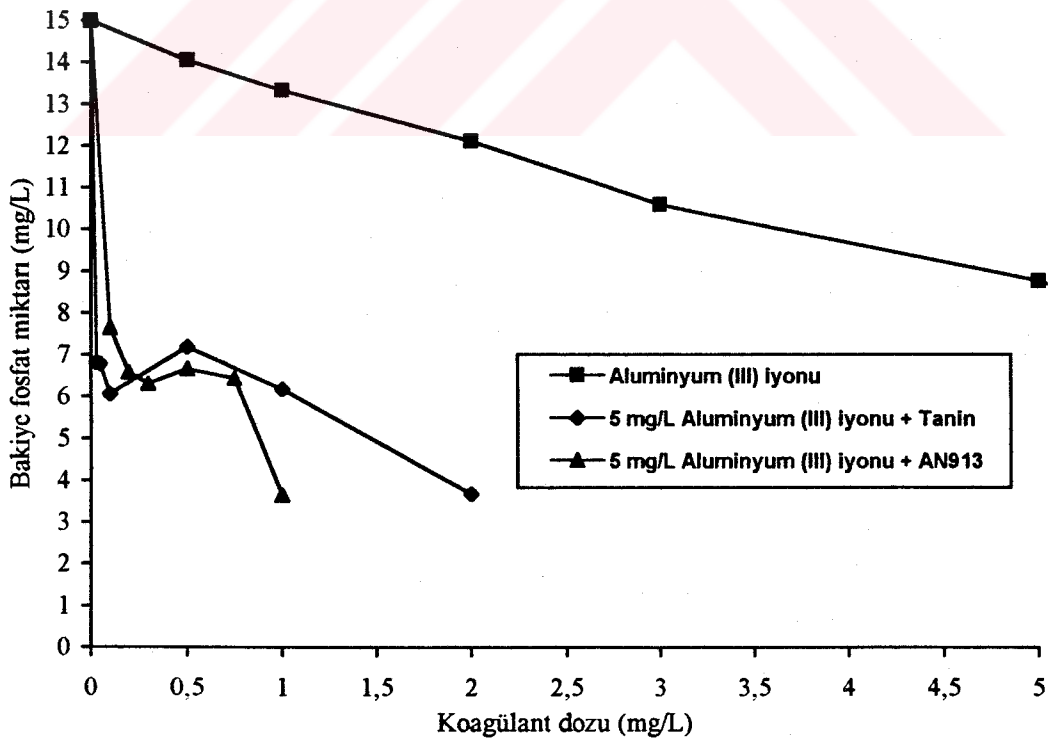
Şekil 7.120. 3 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sulardan  $PO_4^{3-}$  gidermenin  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



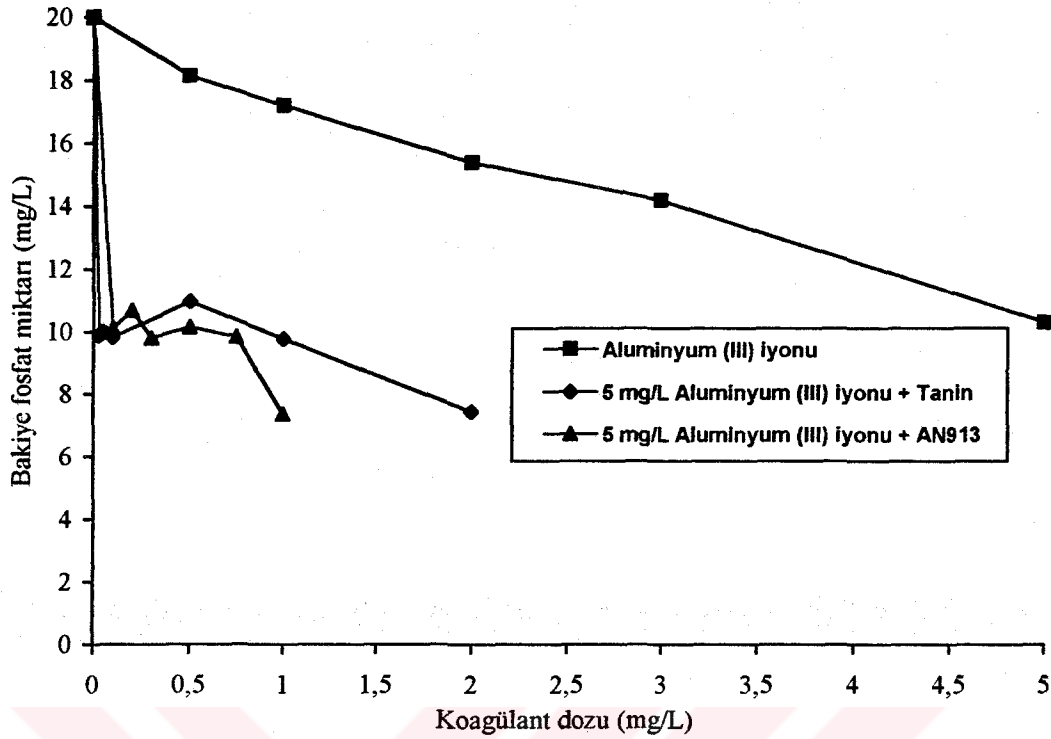
Şekil 7.121. 5 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sulardan  $PO_4^{3-}$  gidermenin  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



Şekil 7.122. 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sulardan  $PO_4^{3-}$  gideriminin  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



Şekil 7.123. 15mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sulardan  $PO_4^{3-}$  gideriminin  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi



Şekil 7.124. 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  içeren sentetik sulardan  $PO_4^{3-}$  gidermenin  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 e göre mukayesesi

1-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarlarının hepsi için de en etkili gidermeyi  $Al_2(SO_4)_3$  yapmaktadır. Ancak tanin ve AN913 ile ikili kullanımlardaki  $Al_2(SO_4)_3$  miktarının aynı, tek başına kullanıldığındaki durumlara kıyaslandığında, sadece  $Al_2(SO_4)_3$  kullanımına göre ikili kullanımların daha etkili olduğu (1 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarı hariç) görülmektedir. 1 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarında ikili kullanımların etkisiz kalması, oluşan  $AlPO_4$  miktarının az olması nedeniyle polielektrolitlerin köprü oluşturmada başarı gösterememelerinden kaynaklanmaktadır.

Taninle, AN913 karşılaştırıldığında ise 1-5 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarlarında taninin daha etkili olduğu, 10 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarında eşdeğer sonuçlar verdikleri, 15 ve 20 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarlarında ise AN913 ün çok küçük farklarla biraz daha iyi olduğu görülmektedir. Bu sonuç, taninin aluminyum-tannat oluşturma miktarının, fosfat miktarıyla değişmediğini, ancak AN913 ün köprü oluşturmalarının,  $PO_4^{3-}$  miktarı arttıkça oluşan  $AlPO_4$  miktarına bağlı olarak arttığını ortaya koymaktadır.

## BÖLÜM 8. SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar özet halinde aşağıda verilmiştir.

1. Sakin çökelmeyle, bulanıklık oluşturan askıdaki maddeleri uzaklaştırmanın süre, gerekli havuz alanı ve ekonomik açıdan mümkün olmadığı, bu nedenle koagülasyon yapmanın gerekli olduğu;

2. Yapılan çalışmalarda tanin ve AN913 ün, koagülant dozu-süpernetant bulanıklığı ilişkisi bakımından, alüminyum sülfat ile yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçları veremedikleri;

3. Tanin ve AN913 ün sırasıyla 11 ve 10 gibi yüksek pH değerlerinde etkili oldukları ve dolayısı ile içme suyu arıtımında tek olarak kullanılamayacakları, ancak pH sı yüksek atıksuların arıtılmasında kullanılabilecekleri;

4.  $Al_2(SO_4)_3$  ile bulanıklık gidermede  $SO_4^{2-}$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  ve  $Fe^{3+}$  iyonlarının, tanin ile bulanıklık gidermede  $PO_4^{3-}$ ,  $Mg^{2+}$  ve  $Fe^{3+}$  iyonlarının ve AN913 ile bulanıklık gidermede, 10 FTU gibi düşük bulanıklıkta sadece  $PO_4^{3-}$  iyonunun 50-60 mg/L gibi yüksek miktarlarının koagülantların etkinliğini arttırdığı;

5. Bulanıklık gidermede hem anyonların hem de kationların etkilerinin  $Al_2(SO_4)_3$ , tanin ve AN913 sırasında olduğu;

6. Gerek tanin ve gerekse AN913 ün  $Al_2(SO_4)_3$  a göre su bırakma ve filtre edilebilme kabiliyeti daha fazla olan çamurlar meydana getirdikleri, polielektrolitlerin bu özelliğinin kolloidler arasında köprü oluşturarak daha yoğun floklar vermelerinden ileri geldiği;



7. Tanin ve AN913 ün,  $Al_2(SO_4)_3$  tan daha önce flok oluşturdukları, bu özelliğin bünyelerindeki fonksiyonel grupların kolloidlere daha çabuk adsorbe olmaları ve kısa sürede köprü teşekkül ettirmelerinden kaynaklandığı;
8.  $Al_2(SO_4)_3$  ve taninin çökme hızlarının birbirine yakın olduğu, AN913 ün daha yoğun floklar oluşturarak henüz karıştırma esnasında çöktükleri;
9. Taninin  $Al_2(SO_4)_3$  a flokülant yardımcısı olarak kullanılmasının, bulanıklık gidermede AN913 ten daha etkili olduğu, bunun da alüminyum ile alüminyum - tannat kompleksleri oluşturmasından kaynaklandığı;
10.  $Al_2(SO_4)_3$  a flokülant yardımcısı olarak tanin kullanılması halinde, AN913 ten daha geçirgen çamurlar oluşturduğu, bunun da taninin kompleks oluşturmak suretiyle ürettiği çamurların daha geçirgen olmasından kaynaklandığı;
11. Flokülant yardımcısı olarak, tanin ve AN913 ün flok ilk oluşum zamanlarının hemen hemen aynı olduğu;
12. Flokülant yardımcısı olarak taninin oluşturduğu flokların çökme hızlarının AN913 ten daha düşük olduğu, bu durumun AN913 ün daha yoğun floklar oluşturmasından kaynaklandığı;
13.  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılarak bulanıklık gidermenin;  $Al_2(SO_4)_3$  ile bulanıklık gidermeye göre ~ %50 ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ile bulanıklık gidermeye göre farklı bulanıklık değerleri ile değişmekle birlikte ~ %25 daha ucuz olması nedeniyle;  $Al_2(SO_4)_3$  - taninin birlikte kullanılmasının ekonomik bakımdan daha uygun olduğu;
14. Sağlık açısından alüminyum ve sentetik polielektrolitlerin mahsurları gözönüne alındığında da  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin birlikte kullanılmasının daha uygun olduğu;
15. Bulanıklık ve fosfatın birlikte giderilmesinde bulanıklık giderme bakımından düşük bulanıklıklarda  $Al_2(SO_4)_3$  hem tanin ve AN913 ten hem de  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve

$Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ten daha etkili olduğu, yüksek bulanıklıklarda ise eşdeğer gidermeler sağladıkları; bu durumunda tanin ve AN913 ün düşük kolloid konsantrasyonlarında köprü oluşturmada başarılı olamadıklarından ileri geldiği;

16. Bulanıklık ve fosfatın birlikte giderilmesinde fosfat giderme bakımından;  $Al_2(SO_4)_3$  in hem tanin ve AN913 ten hem de  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ten daha etkili olduğu, bunun da tanin ve AN913 ün fosfat gidermede direkt bir etkilerinin olmamasından kaynaklandığı ve ancak ikili kullanımlardaki  $Al_2(SO_4)_3$  miktarlarının,  $Al_2(SO_4)_3$  ile gidermede kullanıldığında giderdiği fosfat miktarı dikkate alındığında, ikili kullanımların daha etkili oldukları;

17. Bulanıklık içermeyen sulardan  $Al_2(SO_4)_3$  ile fosfat gidermenin en iyi başlangıç pH sı 7.5 olan sularda gerçekleştiği;

18. Bulanıklık içermeyen sulardan  $Al_2(SO_4)_3$  ile fosfatın giderilmesinin alüminyumun stokiometrik miktarlarıyla ilişkili olarak değiştiği;

19. Bulanıklık içermeyen sulardan fosfat gidermede  $Al_2(SO_4)_3$  in;  $Al_2(SO_4)_3$  - tanin ve  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ile fosfat gidermeden daha etkili olduğu, ancak ikili kullanımlardaki  $Al_2(SO_4)_3$  miktarı dikkate alındığında aynı miktar  $Al_2(SO_4)_3$  in tek başına giderdiği fosfattan daha fazlasının giderilebildiği;

20. Bulanıklık ihtiva etmeyen sulardan fosfatın giderilmesinde 1-5 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarlarında  $Al_2(SO_4)_3$  - taninin,  $Al_2(SO_4)_3$  - AN913 ten daha etkili olduğu ve 10-20 mg/L  $PO_4^{3-}$  miktarlarında ikisinin de eşdeğer fosfat giderebildiği;

sonucuna varılmıştır.

## BÖLÜM 9. TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Sakin çökeltme deneyleri; çökeltme havuzlarındaki çökeltme olayının hızını ve süspansiyonların çökeltme karakteristiklerini belirlemek amacıyla yapılır. Deney sırasındaki çökeltme zamanı, genellikle çökeltme havuzundakinden daha büyük seçilir. Katı madde konsantrasyonu; süspansiyon madde, bulanıklık, demir, alüminyum, kalsiyum, sertlik, renk, BOİ veya çökeltme sırasında azalan herhangi bir indeks cinsinden ölçülebilir. Gerçek bir havuzda, türbülans, taban çamurunun hareketi, hızlı yumaklaşma, konveksiyon akımları ve başka sebeplerle meydana gelen kısa devreler ve çevrimler dolayısıyla çökeltme olayı, bir kap içindeki sakin çökeltmeden farklı olur. Bu faktörlerin çoğu çökeltmeyi geciktirir, fakat hızlı yumaklaşma çökeltmeyi kolaylaştırır [94].

Yapılan sakin çökeltme deneylerinde; bu çalışmada sentetik bulanık suların hazırlanmasında kullanılan kilin oluşturduğu kolloidal tanecikleri gidermek için gerekli sürenin çok fazla olduğu görülmüş (Bkz. Tablo 5.1 ve 5.2 ile Şekil 5.1 ve 5.2) ve üstelik yeterli bir arıtma da mümkün olmamıştır. Ayrıca bu şekilde bulanıklık giderilmesi için bir havuz tasarlanacak olursa, gerekli havuz alanı çok büyük olacağı gibi, gerek yapım ve gerekse işletme maliyetinin de çok büyük olacağı tesbit edilmiştir. Bu nedenle deneylerde kullanılan kil gibi bulanıklık oluşturan kolloidal tanecikleri gidermek için koagülasyon yapmak kaçınılmazdır.

Tabiattaki yüzeysel sularda rastlanan kolloidal ve askıdaki maddeler negatif elektrik yüküdür. Genellikle kil ve siltten ibaret olan ve kaba askıda maddeyi teşkil eden iri taneler çoğunlukla hidrofobik tabiatlıdır. Bulanıklık yapan böyle iri maddeler, eskiden beri  $Al_2(SO_4)_3$  ve  $FeCl_3$  gibi trivalent katyonlar ihtiva eden koagülantlarla yumaklaştırılarak çöktürülmüşlerdir. Son yıllarda ise gerek koagülant olarak gerekse flokülant yardımcısı olarak doğal ve sentetik polielektrolitler kullanılmaktadır.

Polielektrolitler yüksek moleküler ağırlıklı, uzun zincir yapılı organik polimerlerdir. Zincir yapının uzunluğu boyunca iyonize olabilecek bir çok gruplar ihtiva ederler. Polielektrolitler; kolloidal tanecikler içeren süspansiyona ilave edildikleri zaman iyonize olabilecek kısımlar ayrılarak polimer üzerinde bir yük meydana getirirler. Bu yükün işareti polielektrolitin cinsine bağlıdır. Polielektrolitler zincir uzunluğu boyunca ihtiva ettiği yüklü birimlerin yanında kolloidal taneciklere çok iyi adsorbe olabilen yanlar da taşırlar. Bu özellikleri nedeniyle polimer yapılar sayısız kolloidal tanecik arasında çok iyi bağlantılar kurarak meydana getirdikleri köprüler sayesinde iri floklar meydana getirirler [9, 83].

Katyonik, anyonik veya noniyonik sentetik organik polielektrolitler düşük bulanıklıklarda, yani kolloidal partikül konsantrasyonu düşük sularda, etkili koagülantlar değildirler. Bu durum, böyle sistemlerde partiküller arası temasların düşük olmasından kaynaklanmaktadır [88].

Sentetik polielektrolitlerin yanısıra bu çalışmada kullanılan ve doğal polielektrolit özelliği olan tanin ve sentetik anyonik bir polielektrolit olan AN913 ile yapılan çalışmalarda  $Al_2(SO_4)_3$  a nazaran iyi sonuçlar alınamamıştır. Bu durum büyük ölçüde fonksiyonel gruplarının kolloidal taneciklerle aynı yükü taşımalarından kaynaklanmaktadır. Bunun yanında çok az miktarda kullanılmış olmasına rağmen, bakiye tanin suya bir miktar renk vermektedir. Suyu vermiş olduğu bu renk absorbans ölçümlerinde görülür bir artışa neden olmuştur. Bunun sonucu olarak bulanıklık miktarı yüksek bulunmuş ve hatta başlangıç değerlerinin üzerinde çıkmıştır.

Koagülantların belirli pH aralıklarında daha etkili oldukları öteden beri bilinen bir husustur. Tanin ve AN913 ün 11 ve 10 gibi yüksek pH değerlerinde etkili olarak, oldukça iyi neticeler verdikleri bulunmuştur. Bu haliyle içme suyu arıtımında tek başlarına koagülant olarak kullanılmaları mümkün değildir. Ancak pH sı yüksek atıksulardan bulanıklık gidermede tek başlarına kullanılabilirler.

Bulanıklık gidermede;  $Al_2(SO_4)_3$  , tanin ve AN913 ün etkinliklerini; değişik ölçülerde olmakla beraber, hem katyonlar hem de anyonlar arttırmışlardır. Katyonlar kolloidal

taneciklerle zıt yüklü olmaları nedeniyle, ilave edildikleri miktara bağlı olarak koagülantların kolloidleri destabilize etmelerine katkıda bulunmuşlardır.

Kolloidlerin stabilitelerine; zeta potansiyellerinin yanında bu tanecikleri saran zarf suyu da katkıda bulunur. Zarf suyu tabakası, suya yüksek konsantrasyonlarda tuz ilave edilerek küçültülebilir, buna "tuzla ayırma" denir. Tuzla ayırmanın tesir derecesi verilen kationlardan daha çok anyonların özelliğine dayanır. Anlaşıldığına göre, kolloidal taneciklerin pıhtılaşp çökmesi için suya verilen anyonlar zarf suyunu üzerlerine almak için, bu taneciklerle mücadeleye girerler [83].

Tanin ve AN913 ün bulanıklık giderdikten sonra oluşturdukları çamurlar,  $Al_2(SO_4)_3$  ın meydana getirdiği çamurlardan daha geçirgen yapıdadırlar. Polielektrolitlerin, kolloidler arasında kurdukları köprüler sayesinde, meydana gelen floklar daha büyük ve dolayısıyla ürettikleri çamurlar daha geçirgen yapıda olmaktadır. Bunun yanında  $Al_2(SO_4)_3$  ile bulanıklık gidermede teşekkül eden  $Al(OH)_3$  jel yapıda olduğundan, meydana gelen çamurların geçirgenliği daha az olmaktadır.

Çamur özgül dirençleri açısından; tanin ve AN913 karşılaştırıldığında; AN913 daha yoğun floklar oluşturarak henüz karıştırma esnasında çökmesine rağmen meydana gelen çamurların geçirgenliği daha az olmaktadır. Bu durum, AN913 ün oluşturduğu flokların hemen çökmesi nedeniyle, dispersiyon ortamında AN913 uzun süreli kalamadığından, tanine göre daha fazla bakiye bulanıklık bırakmasından kaynaklanmaktadır.

Bulanıklık gidermede  $Al_2(SO_4)_3$  a flokülant yardımcısı olarak taninin; bakiye bulanıklık, optimum doz ve buna bağlı olarak maliyet, çamur özgül dirençleri ve toksiklik özelliği kriterleri esas alındığında AN913 ten daha uygun olduğu tesbit edilmiştir.

Tanin alüminyumla; çöken alüminyum-tannat kompleksleri vermesi nedeniyle daha etkili bağlar oluşturarak, AN913 ün köprü mekanizmasıyla çalışarak bıraktığı bakiye bulanıklıktan daha düşük bulanıklık değerleri verebilmektedir. Başlangıç bulanıklık

miktarlarıyla değişmekle birlikte; hem taninin kullanılan optimum doz miktarları AN913 ten daha az, hem de fiyat bakımından tanin, AN913 ten daha ucuz olduğundan; tanin flokülant yardımcısı olarak AN913 ten daha ekonomiktir.

Taninin, alüminyum-tannat kompleksleri oluşturması sonucunda meydana getirdiği floklar, AN913 ün köprü kurarak oluşturduğu floklardan daha geçirgen olduğundan; taninin flokülant yardımcısı olarak ürettiği çamurların özgül dirençleri daha düşük bulunmuştur.

Tanin doğal bir polielektrolit olduğundan, bulanıklık giderme işleminden sonra suda bakiye kalan küçük tanin miktarları sağlık açısından bir problem teşkil etmeyecektir. Zira çay, elma, üzüm v.s. gibi besin maddeleri de tanin ihtiva etmekte ve bunlar bol miktarda tüketilmektedir. Ayrıca  $Al_2(SO_4)_3$  ve tanin birlikte kullanıldığında bakiye alüminyum miktarı da çok az bulunmuştur. Sentetik polielektrolitler ise polimerleşme reaksiyonuna iştirak etmeyen bir miktar serbest monomeri her zaman ihtiva ederler. Nitekim AN913 de serbest monomer içermektedir (Bkz. Tablo 4.1). Bu serbest monomerlerin ise sinir sistemi rahatsızlıklarına sebep olduğü tesbit edilen bir husustur.

Tanin bıraktığı bakiye bulanıklık, daha ucuz su arıtma imkanı, oluşturduğu çamurların daha kolay filtre edilebilmesi ve sağlık açısından bir problem olmaması yanında, Türkiye’de üretilmektedir. Tanin bir çoğu atıl durumda olan ancak bir kısmı üretime alınabilen bir orman ürünümüz olan palamuttan, son derece kolay bir yöntemle üretilebilmektedir. Bütün bu özellikler göz önüne alındığında; taninin flokülant yardımcısı olarak kullanılmasıyla hem etkili bir bulanıklık giderme sağlanmış olacak, hem de ulusal ekonomiye büyük katkılarda bulunulacaktır.

Bulanık sulardan, bulanıklık ile birlikte fosfat gidermede; kriter olarak bakiye bulanıklık ele alındığında, düşük bulanıklıklarda  $Al_2(SO_4)_3$  in daha etkili olduğü bulunmuştur. Daha yüksek bulanıklıklarda ise polielektrolitlerin de hemen hemen  $Al_2(SO_4)_3$  ile aynı sonuçları verdikleri görülmüştür. Bu durum düşük bulanıklıklarda polielektrolitlerin köprü kurmaları için ortamda yeterli kolloid bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Giderilen fosfat miktarı ele alındığında yine,  $Al_2(SO_4)_3$  in en etkili

koagülant olduğu görülmektedir. Polielektrolitler,  $Al_2(SO_4)_3$  a kıyaslandığında yeterli fosfat gidermesi sağlayamamaktadır, çünkü, polielektrolitler direkt olarak fosfat ile bağlanmamaktadır.  $Al^{3+}$  iyonları ise  $PO_4^{3-}$  iyonları ile birleşerek,  $AlPO_4$  şeklinde çökmektedir. Polielektrolitlerin ancak alüminyum ile fosfat gidermeye yardımcı olabildikleri görülmektedir.  $Al_2(SO_4)_3$  - polielektrolit karışımı ile fosfatın çöktürülmesinde kullanılan  $Al_2(SO_4)_3$  miktarı dikkate alındığında; aynı miktar  $Al_2(SO_4)_3$  ın tek başına giderebildiği fosfattan daha fazla arıtma sağlandığı bulunmuştur. Bu da, polielektrolitlerin oluşan  $AlPO_4$  flokları arasında köprü kurarak daha büyük floklar teşekkül ettirmek suretiyle daha iyi çöktürme sağlamasından ileri gelmektedir.

Bulanık olmayan sulardan fosfat gidermede de tamamen benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu durumda, bulanık sulardaki fosfat giderme mekanizmasının, bulanık olmayan sulardan fosfat gidermede de aynı şekilde olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma sonunda ileride üzerinde araştırma yapılması için öneriler;

Yurdumuzda yetişen ve ekonomik değeri haiz tanin içeren bitkilerin tesbiti (bilhassa çam kabukları gibi atıl olanlarda) ve bu taninlerin yapılarının aydınlatılması,

Yapıları aydınlatılmış taninlerin verebilecekleri reaksiyonlar dikkate alınarak, koagülant özelliklerini arttırmak için proteinler gibi azot ihtiva eden grupların taninlere bağlanarak, koagülasyon çalışmalarının yapılması,

Bilhassa protein içeren atıksuların arıtılmasında taninlerin kullanılması,

$Mg^{2+}$  iyonlarının taninlerle koagülasyona etkileri dikkate alınarak, deniz suyunun kolay elde edilebileceği sahile yakın arıtma tesislerinde taninlerin koagülant olarak kullanılması,



Taninleri,  $Al_2(SO_4)_3$  a flokülant yardımcısı olarak kullanmak suretiyle; pilot tesislerde veya tasfiye tesislerinde koagülasyon çalışmalarının yapılması,

Taninlerle ağır metallerin giderilmesi,

Taninlerle kompleks oluşturarak çöken metallerin liç çözeltilerinden geri elde edilmesi,

Tanin ekstrakte edildikten sonra atılan palamut tırnağı posalarının adsorban özelliklerinin araştırılması,

şeklinde özetlenebilir.





## KAYNAKLAR

- [1] Şengil, İ.A., Teker, M., Özacar, M., "Alunit-ZnO Sisteminin SO<sub>2</sub> Filtresi Olarak Kullanılması", SAÜ Araştırma Projesi, No: 005, 1996.
- [2] Yavuz, F., "Çevre Sorunları", (N. Yorgancı Ed.), Endüstride Artık Suların Tasfiye Metodları ve Projelendirilmesi Semineri Notları, Sümerbank Tekstil Eğitim ve Araştırma Merkezi Yayın No: 22, s. 159-165, Bursa, 24-28 Şubat 1975.
- [3] Gürdoğan, E., "Kirlenmenin Boyutları", İnsan Yayınları, İstanbul, 1989.
- [4] Berksan, N., "İnsan Sağlığı Açısından Endüstriyel Su Kirlenmesi", (N. Yorgancı Ed.), Endüstride Artık Suların Tasfiye Metodları ve Projelendirilmesi Semineri Notları, Sümerbank Tekstil Eğitim ve Araştırma Merkezi Yayın No. 22, s. 5-12, Bursa, 24-28 Şubat 1975.
- [5] Yorgancı, N., "Su Kirlenmesini Önlemenin Nedenleri", (N. Yorgancı Ed.), Endüstride Artık Suların Tasfiye Metodları ve Projelendirilmesi Semineri Notları, Sümerbank Tekstil Eğitim ve Araştırma Merkezi Yayın No: 22, s. 1-4, Bursa, 24-28 Şubat 1975.
- [6] Sümer, B., Şengil, İ.A., Aydın, A.O., "Sapanca Gölü Suyunun Analizi ve İçme Suyu Standartları ile Mukayesesi", Sakarya D.M.M.A. Dergisi, Sayı: MMA-12, 20-27, 1982.
- [7] Afşar, H., Demirata, B., "Aluminyum Tuzlarıyla Koagülasyonu Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi", Türk Devletleri Arasında 1. İlimi İşbirliği Konferansı Tebliğleri, s. 14-22, Lefkoşe-KKTC, 22-24 Haziran 1992.
- [8] Şengil, İ.A., Kor, N., Göknil, H., "Alunit Cevheri ile Pıhtılaştırma ve Yumaklaştırma", İTÜ Dergisi, 41(3-4), 8-22, 1985.
- [9] Bratby, J., "Coagulation and Flocculation", Uplands Press, England, 1980.
- [10] Nojaki, J., Messerschmidt, I., Rodriguez, D.G., "Tannery Wastes Cleaning with Natural Polyelectrolytes. Chemical Speciation Studies of Chromium", Arq. Biol. Tecnol., 36(4), 761-770, 1993.
- [11] Tauscher, B., "Water Treatment by Flocculant Compounds of Higher Plants", Plant Research and Development, Vol. 40, 56-70, 1994.

- [12] Gassenschmidt, U., Jany, K.D., Tauscher, B., Niebergall, H., "Isolation and Characterization of a Flocculating Protein from *Moringa Oleifera* Lam", *Biochimica et Biophysica Acta*, 1243, 477-481, 1995.
- [13] Kommalapati, R.R., Roy, D., "Bioenhancement of Soil Microorganisms in Natural Surfactant Solution. I. Aerobic", *J. Environ. Sci. Health*, A31(8), 1951-1964, 1996.
- [14] Al-Samawi, A.A., Shokralla, E.M., "An Investigation into an Indigenous Natural Coagulant", *J. Environ. Sci. Health*, A31(8), 1881-1897, 1996.
- [15] Yakar-Tan, N., "Bitki Morfolojisine Giriş", İ. Ü. Yayınları, Fen Fakültesi Basımevi, İstanbul, 1976.
- [16] Yakar, N., Bilge, E., "Genel Botanik", 3. Baskı, İ. Ü. Yayınları, Gençlik Basımevi, İstanbul, 1987.
- [17] Kirk-Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology" 2<sup>nd</sup> Edition, (A. Standen, Ed.), Vol. 12, pp. 303-343, USA, 1967.
- [18] Öztığ, F., "Bitki Anatomisi Praktikum", 2. Baskı, İ. Ü. Yayınları, Şirketi Mürebbiye Basımevi, İstanbul, 1970.
- [19] Baytop, T., Özcöbek, G., Alpuğan, G., "Recherches Phytochimiques sur les Plantes de la Turquie, II", *İstanbul Ecz. Mec.*, 6, 27-23, 1970.
- [20] Öztığ, F., "Faydalı Bitkiler", 2. Baskı, İ. Ü. Yayınları, Şirketi Mürebbiye Basımevi, İstanbul, 1971.
- [21] Scalbert, A., Monties, B., Janin, G., "Tanins in Wood: Composition of Different Estimation Methods", *J. Agr. Food Chem.*, 37(5), 1324-1329, 1989.
- [22] Türk Standartları, "Palamut Özü (Valeks)", TS 5829, Nisan 1988.
- [23] Haslam, E., "Chemistry of Vegetable Tannins", Academic Press, London, 1966.
- [24] Yakar, N., "Renkli Türkiye Bitkileri Atlası", I. Fasikül, İ. Ü. Yayınları, Sayı: 1090, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 1964.
- [25] Türk Standartları, "Palamut ve Palamut Tırnakları", TS 1016, Şubat 1975.
- [26] Lewis, N.G., Yamamoto, E., "Tannins-Their Place in Plant Metabolism", (R.W. Hemingway and J.J. Karchesy, Eds.), *Chemistry and Significance of Condensed Tannins*, pp. 23-46, Plenum Press, New York, 1989.
- [27] Zucker, V.W., "Tannins: Does Structures Determine Function ? An Ecological Perspective", *The Am. Nat.*, 121(3), 335-365, 1983.

- [28] Wilson T.C., Hagerman, A.E., "Quantitative Determination of Ellagic Acid", J Agr. Food Chem., 38(8), 1678-1683, 1990.
- [29] Lau, O.W., Luk, S.F., Huang, H.L., "Spectrophotometric Determination of Tannins in Tea and Beer Samples with Iron (III) and 1,10-Phenanthroline as Reagents", Analyst, 114, 631-633, 1989.
- [30] Lee, M.-W., "Hirsunin, an Ellagitannin with a Diarylheptanoid Moiety, from *Alnus Hirsuta* Var. *Microphylla*", Phytochemistry, 31(3), 967-970, 1992.
- [31] Laks, P.E., "An Overview of Condensed Tannin Structure", (R.W. Hemingway and J.J. Karchesy, Eds.), Chemistry and Significance of Condensed Tannins, pp. 131-136, Plenum Press, New York, 1989.
- [32] Hamingway, R.W., "Structural Variations in Proanthocyanidins and Their Derivatives", (R.W. Hemingway and J.J. Karchesy, Eds.), Chemistry and Significance of Condensed Tannins, pp. 83-107, Plenum Press, New York, 1989.
- [33] Haslam, E., "Plant Polyphenols, Vegetable Tannins Revisited", Cambridge Univ. Press, U.K., 1989.
- [34] Scalbert, A., "Quantitative Methods for the Estimation of Tannins in Plant Tissues", (R.W. Hemingway and P.E. Laks, Eds.), Plant Polyphenols, pp. 259-280, Plenum Press, New York, 1992.
- [35] Özacar, M., Şengil, İ.A., "Bitki Dokularındaki Taninlerin Tayini İçin Spektrofotometrik Metodlar", XI. Ulusal Kimya Kongresi, Kongre Özetleri Kitabı, 502, Van, 16-20 Haziran, 1997.
- [36] Makkar, H.P.S., Singh, B., "Detannification of Oak (*Quercus Incana*) Leaves: Treatment and Their Optimization", Animal Feed. Sci. Tech., 36, 113-127, 1992.
- [37] Aydın, K., et. al., "The Extraction of Tannin from Valonia with a New Extractor", JALCA, 85, 1-5, 1990.
- [38] Yorgun, S., et. al., "Studies on the Extraction of Pinus Brutia Bark Using the Gulbaran Extractor-Diffuser", JALCA, 85, 114-121, 1990.
- [39] Price, M.L., Butler, L.G., "Rapid Visual Estimation and Spectrophotometric Determination of Tannin Content of Sorghum Grain", J. Agr. Food Chem., 25(6), 1268-1273, 1977.
- [40] Sümer Holding A.Ş. Salihli Palamut ve Valeks İşletmesi, Teknik Rapor, Haziran 1996.
- [41] Hagerman, A.E., Butler, L.G., "Protein Precipitation Method for the Quantitative Determination of Tannins", J. Agr. Food Chem., 26(4), 809-812, 1978.

- [42] Kapel, M., Karunanithy, R., "The Determination of Tannins with Cerium (IV) Sulphate", *Analyst*, 99, 661-665, 1974.
- [43] Toma's, C., et. al., "A New Flow-Injection Spectrophotometric Method for the Determination of Tannins in Tea and Bear Using Iron (III) and 1,10-Phenanthroline", *Food Chem.*, 47, 201-204, 1993.
- [44] McGraw, G.W., "Reactions at the A-Ring of Proanthocyanidins", (R.W. Hemingway and J.J. Karchesy, Eds.), *Chemistry and Significance of Condensed Tannins*, pp. 227-248, Plenum Press, New York, 1989.
- [45] Broadhurst, R.B., Jones, W.T., "Analysis of Condensed Tannins Using Acidified Vanilin", *J. Sci. Food Agric.*, 29, 788-794, 1978.
- [46] Deshpande, S.S., Cheryan, M., "Evaluation Vanilin Assay for Tannin Analysis of Dry Beans", *J. Food Sci.*, 50, 905-910, 1985.
- [47] Pandey, R.K., Makkar, H.P.S., "Variation of Tannins in Oak Leaves", *Biochem. Physiol. Pflanze*, 187, 392-394, 1991.
- [48] Beasley, T.H., et. al., "Determination and Characterization of Gallotannin by High-Performance Liquid Chromatography", *Analytical Chem.*, 49(2), 238-243, 1977.
- [49] Delahaye, P., Verzele, M., "Analysis of Gallic, Digallic and Trigallic Acids in Tannic Acids by High-Performance Liquid Chromatography", *J. Chrom.*, 265, 363-367, 1983.
- [50] Verzele, M., Delahaye, P., "Analysis of Tannic Acids by High-Performance Liquid Chromatography", *J. Chrom.*, 268, 469-476, 1983.
- [51] Inoue, K.H., Hagerman, A.E., "Determination of Gallotannin with Rhodanine", *Anal. Biochem.*, 169, 363-369, 1988.
- [52] Yakalı, T., Dikmelik, Y., "Deri Teknolojisi Yaş İşlemler", Özen Ofset, İzmir, 1994.
- [53] Öncü, C., "Mezbaha Mahsulleri Teknolojisi I, Dericilik Temel Bilgileri", A. Ü., Ziraat Fakültesi Yayınları, Y. No: 322, Ankara, 1968.
- [54] Kedlaya, K.J., "Chemistry and Technology of Vegetable Tannins", *Leather Sci.*, 18, 75-87, 1971.
- [55] Achmadi, S.S., Choong, E.T., "Utilization of Tannins in Indonesia", (R.W. Hemingway and P.E., Laks, Eds.), pp. 881-893, Plenum Press, New York, 1992.
- [56] Shrewe, R.N., Brink, J.A., "Chemical Process Industries", McGraw-Hill International Book Company, 5<sup>th</sup> Edition, Singapore, 1984..

- [57] Bliss, E.D., "Using Tannins to Produce Leather", (R.W. Hemingway and J.J. Karchesy, Eds.), Chemistry and Significance of Condensed Tannins, pp. 493-502, Plenum Press, New York, 1989.
- [58] Walton, H.f., "Principles and Methods of Chemical analysis", 2<sup>nd</sup> Edition, Prentice-Hall of India (Private) Ltd., New Delhi, 1966.
- [59] Terem, H.N., "Anorganik Sınai Kimya", 5. Baskı, Okan dağıtımcılık ve yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 1984.
- [60] Favre, M., Landolt, D., "The Influence of Gallic Acid on the Reduction of Rust on Painted Steel Surfaces", Corros. Sci., 34(9), 1481-1494, 1993.
- [61] Gust, J., Wawer, I., "The Studies of Relationship Between Structure and Anticorrosion Properties of Gallotannins. Part I", Polish J. Chem., 66, 733-741, 1992.
- [62] Morcillo, M., et. al., "Corrosion of Rusted Steel in Aqueous Solutions of Tannic Acid", Corrosion (Houston), 48(12), 1032-1039, 1992.
- [63] Gust, J., Suwalski, J., "Use of Moessbauer Spectroscopy to Study Reaction Products of Polyphenols and Iron Compounds", Corrosion (Houston), 50(5), 355-365, 1994.
- [64] Steiner, P.R., "Tannins as Specialty Chemicals: An Overview", (R.W. Hemingway and J.J. Karchesy, Eds.), Chemistry and Significance of Condensed Tannins, pp. 517-523, Plenum Press, New York, 1989.
- [65] Ezaki, N., et. al., "Pharmacological Studies on *Linderae Umbellatae* Ramus, IV. Effects of Condensed Tannin Related Compounds on Peptic Activity and Stress. Induced Gastric Lesions in Mice", Planta Medica, 1, 34-38, 1985.
- [66] Ali, A.A., et. al., "Phytochemical Study of *Limonium axillare* (Forssk.) Ktze", Bull. Fac. Pharm. (Cairo Univ.), 29(3), 59-62, 1991.
- [67] Kreibich, R.E., "Tannin-Based Wood Adhesives", (R.W. Hemingway and J.J. Karchesy, Eds.), Chemistry and Significance of Condensed Tannins, pp. 457-478, Plenum Press, New York, 1989.
- [68] Chung, K.H., Hamed, G.R., "Adhesives Containing Pine Bark Tannin for Bonding Nylon Cord to Rubber", (R.W. Hemingway and J.J. Karchesy, Eds.), Chemistry and Significance of Condensed Tannins, pp. 479-492, Plenum Press, New York, 1989.
- [69] Bolto, B.A., "Soluble Polimers in Water Purification", Prog. Polym. Sci., 20, 987-1041, 1995.

- [70] Pulkkinen, E., Mikkonen, H., "Preparation and Performance of Tannin-Based Flocculants", (R.W. Hemingway and P.E. Laks, Eds.), pp. 953-966, Plenum Press, New York, 1992.
- [71] Pulkkinen, E., Mikkonen, H., "Cationic Tannins from Conifer Bark Extracts for Use in Wastewater Flocculation", Ger. Offen. DE 4, 219,343, Patent, 24 Dec 1992. (C.A. 119: 33710k).
- [72] Chen, J.C., et. al., "Tannin-Containing Polymers for Water Clarification and Wastewater Treatment", Eur. Pat. Appl. EP 630,858, Patent, 24 Dec 1994. (C.A. 122: 221955e).
- [73] Furusawa, I., Furusawa, Y., "Materials for Water Purification", Jpn. Kokai Tokkyo JP 06 23,373, Patent, 01 Feb 1994. (C.A. 120: 306987a).
- [74] Asahi Chem. Ind. Co. Ltd., "Wastewater Treatment with Tannin", Jpn. Kokai Tokkyo Koho JP 82 19,084, Patent, 01 Feb 1980. (C.A. 96: 222716j).
- [75] Takatoh, M., "Wastewater Treatment by Water Soluble Condensed Polymers", Japan Kokai 73 34,786, Patent, 22 May 1973. (C.A. 79:96656y).
- [76] Nakajima, K., Ohhara, S., "Decolorization of Wastewater", Japan. Kokai 77 01,962, Patent, 08 Jan 1977. (C.A. 87: 140777e).
- [77] Gloaguen, U., Morvan, H., "Removal of Heavy Metal Ions from Aqueous Solution by Modified Barks", J. Environ. Sci. Health, A32(4), 901-912, 1997. (C.A. 126: 320552).
- [78] Kemmer, N.F., "The Nalco Water Handbook", 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1988.
- [79] Laks, P.E., "Condensed Tannins as a Source of Novel Biocides", (R.W. Hemingway and J.J. Karchesy, Eds.), Chemistry and Significance of Condensed Tannins, pp. 503-515, Plenum Press, New York, 1989.
- [80] Van Sumere, C.F., et. al., "Plant Proteins and Phenolics", (J.B. Harborne and C.F. Van Sumere, Eds.), The Chemistry and Biochemistry of Plant Proteins, pp. 211-264, Academic Press, London, 1975.
- [81] Şengil, İ.A., "Su Tasfiyesinde Alunit ile Pihıtılaştırma Üzerine Bir Araştırma", Doktora tezi, İTÜ, İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1982.
- [82] Howe, R.H.L., "Applied Chemistry for Water Purification and Wastes Treatment", Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1967.
- [83] Gölhan, M., Aksoğan, S., "Suların Arıtılması", Cilt I, Pimaş A.Ş. Yayınları-3, İstanbul, 1970.



- [84] Taşçıoğlu, S., "Kolloid Kimyası Laboratuvar Deneyleri", Gazi Üniv., Fen-Ed. Fak., Yayın No: 26, Ankara, 1992.
- [85] Erkut, H., Tüzün, Ş., "Kolloid Kimya", Günay Matbaacılık, İstanbul, 1984.
- [86] Tutkun, O., "Fizikokimya I Ders Notları", Sakarya Üniv., Adapazarı, 1996.
- [87] Ezwald, J.K., Lawler, D.F., "Mechanism of Particle Destabilization for Polymers in Water Treatment", (M.C. Kavanaugh, Ed.), AWWA Seminar on Use of Organic Polyelectrolytes in Water Treatment, pp. 17-35, Las Vegas-Nevada, June 5-9, 1983.
- [88] Weber, W.J., "Physicochemical Process for Water Quality Control", Wiley-Interscience, 1972.
- [89] Baykut, S., Aroğuz, A.Z., "İleri Fizikokimya I", İstanbul, 1991.
- [90] Kirk-Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology", 2<sup>nd</sup> Edition, (A. Standen, Ed.), Vol. 22, pp. 90-97, USA, 1967.
- [91] Penniman, J.G., "Electrokinetics", (W.L.K. Schwoyer, Ed.), Polyelectrolytes for Water and Wastewater Treatment, pp. 61-89, CRC Press, Boca Raton, Florida, 1981.
- [92] Luttinger, L.B., "The Use of Polyelectrolytes in Filtration Process", (W.L.K. Schwoyer, Ed.), Polyelectrolytes for Water and Wastewater Treatment, pp. 211-242, CRC Press, Boca Raton, Florida, 1981.
- [93] San, H.A., "Yumaklaşan Danelerin Çökmesi ile İlgili Nümerik bir Model", Doktora Tezi, İTÜ, İnşaat Fakültesi, 1980.
- [94] Muslu Y., "Su Temini ve Çevre Sağlığı", Cilt III, İTÜ Matbaası, İstanbul, 1985.
- [95] Georgy, J., "Flocculation by Inorganic Salts", (K.J. Ives, Ed.), The Scientific Basis of Flocculation, pp. 89-99, Sijhoff & Noordhoff, 1978.
- [96] Nawlakhe, W.G., "A Comparative Study Using Aluminium and Iron Coagulants", Indian J. Environ. Health., 20(1), 36-49, 1978.
- [97] Georgy, J., "Effects of Polymers on Colloid Stability", (K.J. Ives, Ed.), The Scientific Basis of Flocculation, pp. 101-130, Sijhoff & Noordhoff, 1978.
- [98] Gutcho, S., "Waste Treatment with Polyelectrolytes and Other Flocculants", Noyes Data Corporation, New Jersey, 1977.
- [99] SNF Floerger Polyacrylamides Technical Information Bulletin, 1993.
- [100] Levine, N.M., "Natural Polymer Sources", (W.L.K. Schwoyer, Ed.), Polyelectrolytes for Water and Wastewater Treatment, pp. 47-59, CRC Press, Boca Raton, Florida, 1981.

- [101] Vorchheimer, N., "Synthetic Polyelectrolytes", (W.L.K. Schwoyer, Ed.), Polyelectrolytes for Water and Wastewater Treatment, pp. 1-45, CRC Press, Boca Raton, Florida, 1981.
- [102] Ezwald, J.K., "Coagulation", (C.H. Tate, Ed.), AWWA Seminar on Coagulation and Filtration Back to the Basics, pp. 23-44, Missouri, June 7 1981.
- [103] Özacar, M., Şengil, İ.A., "Koagülasyon Prosesinde Polielektrolitlerin Kullanılması", XI. Ulusal Kimya Kongresi, Kongre Özetleri Kitabı, s. 429, Van, 16-20 Haziran 1997.
- [104] İSKİ, "Ömerli Muradiye İçme Suyu Tasfiye Tesisi", Teknik Bülten, 1995.
- [105] Ray, S.A., "The Effect of Certain Anions of the Coagulation of Caolin Clay with Aluminium Sulfate", AWWA 96<sup>th</sup> Annual Conference Proceedings, Vol. 2, pp. 7-17, 1976.
- [106] Eroğlu, V., "Su Tasfiyesi", İTÜ, İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1995.
- [107] Tebbutt, T.H.Y., "Principles of Water Quality Control", 2<sup>nd</sup> Edition, Pergamon Press, U.K., 1977.
- [108] Ives, K.J., "Rate Theories", (K.J. Ives, Ed.), The Scientific Basis of Flocculation, pp. 37-62, Sijhoff & Noordhoff, 1978.
- [109] Amirtharajah, A., "Initial Mixing", (C.H. Tate, Ed.), AWWA Seminar on Coagulation and Filtration Back to the Basics, pp. 1-22, Missouri, June 7 1981.
- [110] Cornwell, D.A., Bishop, M.M., "Determining Velocity Gradients", (C.H. Tate, Ed.), AWWA Seminar on Coagulation and Filtration Back to the Basics, pp. 103-123, Missouri, June 7 1981.
- [111] U.S. EPA, "Process Design Manual for Phosphorus Removal", 1976.
- [112] Çeçen, F., "Physicochemical and Biological Treatability Studies on Surfactant Wastewaters", Wat. Sci. Tech., 26(1-2), 377-386, 1992.
- [113] Şengül, F., Küçükgül, E.Y., "Çevre Mühendisliğinde Fiziksel-Kimyasal Temel İşlemler ve Süreçler", D.E. Üniv., Müh. Fak. Yayınları No: 153, İzmir, 1995.
- [114] APHA, AWWA, WPCF, "Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater", 16<sup>th</sup> Edition, American Public Health Association, Washington, 1985.
- [115] Türk Standartları, "İçme Suları", TS 266, Nisan 1986.
- [116] Şengil, İ.A., Özacar, M., "Çevre ve Mühendislik Kimyası", Adapazarı, 1996.



[117] Gülensoy, H., "Kompleksometrinin Esasları ve Kompleksometrik Titrasyonlar", İstanbul, 1984.

[118] Schlauch, R.M., "Coagulation for Gravity Type Clarification and Thickening", (W.L.K. Schwoyer, Ed.), Polyelectrolytes for Water and Wastewater Treatment, pp. 91-144, CRC Press, Boca Raton, Florida, 1981.

[119] Türk Standartları, "Suyun Analiz Metodları, Koagülasyon-Flokülasyon Deneyi", TS 3660, Aralık 1981.

## ÖZGEÇMİŞ

Mahmut ÖZACAR 1970 yılında Eskişehir-Sivrihisar'da doğdu. İlk ve ortaokulu doğum yeri olan Eskişehir-Sivrihisar'da tamamladı. Liseye Kocaeli'de devam ederek, 1988 yılında bitirdi ve aynı yıl girdiği Uludağ Üniversitesi Balıkesir Necatibey Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği Bölümünden 1992 yılında mezun oldu. 1992-1993 yıllarında Artvin-Yusufeli'de Fen Bilgisi Öğretmeni olarak görev yaptı. Yüksek Lisansını Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim dalında 1995 yılında tamamladı. 1993 yılında Sakarya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak girdi ve halen bu göreve devam etmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır.

