

EİGADIÇ BOR MADENLERİ İŞLETME MÜESSESESİ.  
YIKAMA TESİSİ ARTIĞININ KATI-SIVI  
AYIRIMI

Abdülkadir COŞANAY

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı  
Cevher Hazırlama Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç.Dr.Hüseyin ÖZDAĞ

Temmuz-1989

Anadolu Üniversitesi  
Merkez Kütüphanesi

Abdülkadir COŞANAY 'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı " Etibank Bigadiç Bor madenleri konsantratör artığının katı-sıvı ayırımı " başlıklı bu çalışma, jürimizce lisans üstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.3./7./ 1989

Başkan : Doc. Dr. Rifat Bozkurt

Üye : Doc. Dr. Hüseyin Özdeş

Üye : Y. Doc. Dr. Gürkan Yersel

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim kurulu'nun .....  
11.7.1989 gün ve 215/3../.....sayılı kararıyla  
onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem KAYA

Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamı yöneten, yönlendiren ve her türlü yardımlarını esirgemiyen Hocam Sayın Doç. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ ' a ve bana yaşam boyu destek olan aile efradıma teşekkürü bir borç bilirim.

Saygılarımla.

Abdülkadir COSANAY

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
TABLolar DİZİNİ .....	xi
1.GİRİŞ .....	1
2.SEDİmantasyon .....	2
2.1.Konsantre süspansiyonlarında boyuta göre çökelme şekilleri .....	4
2.2.Süspansiyonun katı madde konsantrasyonuna ve parçacıkların birleşme şekillerine göre çökelme şekilleri .....	5
2.2.1.(1.) Sınıf çökelme .....	6
2.2.2.(2.) Sınıf çökelme .....	8
2.2.3. Bölgesel çökelme .....	8
2.2.4. Sıkıştırılmış çökelme .....	9
2.3.İnce parça süspansiyonlarında parçaların çökelme hızını etkileyen etkenler.	10
2.3.1.Flokülasyon derecesi .....	10
2.3.2.Karıştırma derecesi .....	11
2.3.3.Süspansiyonun konsantrasyonu ...	11
2.3.4.Sıcaklık .....	12
2.3.5.Yoğunluk farkı .....	12
2.3.6.Vizkozite .....	12
2.3.7.Çöktürme yapılan kabın şekli ...	13
2.3.8.Kimyasal maddelerin etkisi .....	14
2.4.Kil minerallerinde çökelme .....	14
3.FLOKÜLasyon VE KOAGÜLasyon .....	15
3.1.Birleşme kinetiği .....	16
3.1.1.Perikinetik birleşme mekanizması	17
3.1.2.Ortokinetik birleşme mekanizması	17
3.2.Flokülasyon mekanizmasının bağlı olduğu parametreler .....	17

	<u>Sayfa</u>
3.2.1.Katı-sıvı arayüzeyindeki iyonlar	17
3.2.2.Brown hareketi .....	19
3.2.3.Yüzey enerjisi .....	19
3.2.4.Su çözeltilerinde parçaların iyonla kaplanması .....	19
3.2.5.Elektrolit ilavesi .....	21
3.3.Salkımlaştırma işleminin amacı .....	21
3.4.Flokülasyon(Salkımlaştırma) yöntemleri	21
3.4.1.Elektrolit eklenmesiyle flokülasyon (Koagülasyon) .....	21
3.4.2.Hidrofobik bağlamayla flokülasyon	22
3.4.3.Polimer köprüleriyle flokülasyon	22
3.4.4.Manyetik bağlama ile flokülasyon	23
3.5.Yapay polimerlerin kullanılmasında flokülasyona etki eden etkenler .....	24
3.5.1.Polimer molekül ağırlığının etkisi .....	24
3.5.2.Polimer dozajının etkisi .....	24
3.5.3.Parça boyutunun etkisi .....	26
3.5.4.Pulp yoğunluğunun etkisi .....	27
3.5.5.Kesme kuvvetinin etkisi .....	27
3.5.6.PH`ın etkisi .....	27
3.5.7.Sıcaklığın etkisi .....	28
3.6.Flokülasyonda kullanılan floküle- edici maddeler .....	28
3.6.1.Doğal flokülanlar .....	28
3.6.2.Yapay flokülanlar .....	28
3.6.2.1.Yapay flokülanların tane- leri bağlama şekilleri .	30
3.7.Flokülasyon oluşum şekli .....	31
3.7.1.Katı oranı yüksek pulp`ler .....	32
3.7.2.Katı oranı düşük pulp`ler .....	32

3.8.Flokülanların kullanım alanları .....	33
4.BİGADIÇ İŞLETME MÜESSESESİ .....	34
4.1.Coğrafi konum .....	34
4.2.Tarihçe .....	34
4.3.Tektonik .....	35
4.4.Bigadiç bor yatakları ve rezerv durumu	35
4.5.Cevher üretim yerleri ve uygulanan metodlar .....	36
4.6.Konsantratör tesisi .....	36
5.DENEYSEL ÇALIŞMA .....	39
5.1.Örnek alımı .....	39
5.2.Boyut analizi .....	39
5.3.Sedimantasyon deneyleri .....	40
5.4.Flokülasyon-Koagülasyon deneyleri ....	42
5.4.1.Orta katyonik flokülan ile yapılan flokülasyon deneyi .....	43
5.4.2.Orta anyonik flokülan ile yapı- lan flokülasyon deneyi .....	45
5.4.3.Düşük anyonik flokülan ile yapı- lan flokülasyon deneyi .....	47
5.4.4.Non ionik flokülan ile yapılan flokülasyon deneyi .....	49
5.4.5.Değişik flokülan cinslerinin maksimum oranlarda kullanılması ile yapılan flokülasyon deneyi .	51
5.4.6.Değişik flokülan cinslerinin maksimum oranlarda kullanılması sonucu oluşan katı yoğunlaştırma oranları .....	53
5.5.Pulp'ın seyreltilmesi ile yapılan flokülasyon deneyleri .....	54
5.5.1.Pulp'un (1/2) oranında seyrel- tilmesiyle yapılan deneyler ....	54

5.5.1.1.Orta katyonik flokülün ile seyreltilmiş(1/2) pulp'ün flokülasyon deneyi .....	54
5.5.1.2.Orta anyonik flokülün ile seyreltilmiş(1/2) pulp'ün flokülasyon deneyi .....	56
5.5.1.3.Düşük anyonik flokülün ile seyreltilmiş(1/2) pulp'ün flokülasyon deneyi .....	58
5.5.1.4.Non ionik flokülün ile seyreltilmiş(1/2) pulp'ün flokülasyon deneyi .....	60
5.5.1.5.Değişik flokülün cinslerinin maksimum oranlarda kullanılması ile seyreltilmiş(1/2) pulp'ün flokülasyon deneyi .....	62
5.5.1.6.Değişik flokülün cinslerinin seyreltilmiş(1/2) pulp'te maksimum oranlarda kullanılması sonucu oluşan katı yoğunlaştırma oranları .....	64
5.5.2.1.Orta katyonik flokülün ile seyreltilmiş (1/1) pulp'ün flokülasyon deneyi .....	65
5.5.2.2.Orta anyonik flokülün ile seyreltilmiş(1/1) pulp'ün flokülasyon deneyi .....	67
5.5.2.3.Düşük anyonik flokülün ile seyreltilmiş(1/1) pulp'ün flokülasyon deneyi .....	69
5.5.2.4.Non ionik flokülün ile seyreltilmiş(1/1) pulp'ün flokülasyon deneyi .....	71

5.5.2.5. Değişik flokülün cinslerinin maksimum oranlarda kullanılması ile seyreltilmiş(1/1) pulp'ün flokülasyon deneyi .....	73
5.5.2.6. Değişik flokülün cinslerinin seyreltilmiş(1/1) pulp'te maksimum oranlarda kullanılması sonucu oluşan katı yoğunlaşma...	75
5.5.3.1. Orta katyonik flokülün ile seyreltilmiş(2/1) pulp'ün flokülasyon deneyi .....	76
5.5.3.2. Orta anyonik flokülün ile seyreltilmiş(2/1) pulp'ün flokülasyon deneyi .....	78
5.5.3.3. Düşük anyonik flokülün ile seyreltilmiş(2/1) pulp'ün flokülasyon deneyi .....	80
5.5.3.4. Non ionik flokülün ile seyreltilmiş(2/1) pulp 'ün flokülasyon deneyi .....	82
5.5.3.5. Değişik flokülün cinslerinin maksimum oranlarda kullanılması ile seyreltilmiş(2/1) pulp ün flokülasyon deneyi .....	84
5.5.3.6. Değişik flokülün cinslerinin seyreltilmiş(2/1) pulp'te maksimum oranlarda kullanılması sonucu oluşan katı yoğunlaştırma oranları .....	86
5.6. Alüminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ile yapılan flokülasyon-koagülasyon deneyi .....	87
5.6.1. Alüminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve orta katyonik flokülün ile flokülasyon deneyi .....	88



5.6.2. Aluminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ) ve orta anyonik flokülün ile flokülasyon deneyi .....	90
5.6.3. Aluminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ) ve non ionik flokülün ile flokülasyon deneyi .....	92
5.7. Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ile yapılan flokülasyon-koagülasyon deneyi .....	94
5.7.1. Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta katyonik flokülün ile flokülasyon deneyi .....	95
5.7.2. Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta anyonik flokülün ile flokülasyon deneyi .....	97
5.7.3. Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve düşük anyonik flokülün ile flokülasyon deneyi .....	99
5.7.4. Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve non ionik flokülün ile flokülasyon deneyi .....	101
5.8. Kalsiyum klorür ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ile yapılan flokülasyon-koagülasyon deneyi ...	103
5.8.1. Kalsiyum klorür ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta katyonik flokülün ile flokülasyon deneyi .....	105
5.8.2. Kalsiyum klorür ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta anyonik flokülün ile flokülasyon deneyi .....	107
5.8.3. Kalsiyum klorür ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve düşük anyonik flokülün ile flokülasyon deneyi .....	109

5.8.4.Kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve non ionik flokülân ile flokülasyon deneyi .....	111
5.9.Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ile yapılan flokülasyon-koagülasyon deneyleri ....	113
5.9.1.Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta katyonik flokülân ile flokülasyon deneyi .....	114
5.9.2.Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta anyonik flokülân ile flokülasyon deneyi .....	116
5.9.3.Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve düşük anyonik flokülân ile flokülasyon deneyi .....	118
5.9.4.Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve non ionik flokülân ile flokülasyon deneyi .....	120
5.10.Polietilenoksit ile yapılan flokülasyon deneyi .....	122
5.10.1.P.E.O.'in seyreltilmiş (1/2) pulp ile flokülasyon deneyi ..	124
5.10.2.P.E.O.'in seyreltilmiş (1/2) pulp ile flokülasyon deneyi ..	126
5.10.3.P.E.O.'in seyreltilmiş (2/1) pulp ile flokülasyon deneyi ..	128
5.11.P.E.O.'in flokülânlar ile yapılan flokülasyon deneyi .....	130
5.11.1.P.E.O. ve orta katyonik flokülân ile flokülasyon deneyi ...	130
5.11.2.P.E.O. ve orta anyonik flokülân ile flokülasyon deneyi ...	132

5.11.3.P.E.O. ve düşük anyonik flokülân ile flokülasyon deneyi .....	134
5.11.4.P.E.O. ve non ionik flokülân ile flokülasyon deneyi .....	136
5.12.Aluminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve P.E.O. ile yapılan flokülasyon deneyi .....	138
5.13.Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve P.E.O. ile yapılan flokülasyon deneyi .....	140
5.14.Kalsiyum klorür ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve P.E.O ile yapılan flokülasyon deneyi .....	142
5.15.Demir klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) ve P.E.O. ile yapılan flokülasyon deneyi .....	144
6. $B_2O_3$ ANALİZİ .....	146
7.SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	148
8.KAYNAKLAR DİZİNİ .....	151

## ÖZET

Cevher hazırlama işlemleri sonucunda suda dağılmış ince boyutlu malzemenin sudan uzaklaştırılması veya başka bir yere nakledilmesi daima sorun yaratmaktadır. Günümüzde pek yaygın olmasa da kullanılmaya başlanılan çökelmeyi hızlandırıcı maddeler ile ( Flokülan ve Koagülan ) bu sorunubelirli ölçüde gidermek mümkün olmaktadır.

Etibank Bigadiç Bor mineralleri yıkama tesisi artığının katı-sıvı ayırımı bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Tesis artığı % 22,53 katı oranında ve 200-250 m<sup>3</sup>/saat miktarında olup göletlerde biriktirilmekte ve böylece çevreye zarar vermesi önlenmeye çalışılmaktadır.

Katı-sıvı ayırma işleminde, katıyı değişik flokülan cinsleri kullanılarak salkımlaştırmak suretiyle ayırma yoluna gidilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda katıların normal kritik noktasına çökme hızı 0,0028 cm/dak dan 0,235 cm/dak ya yükseltilmiştir. Böylece çökme hızı yaklaşık 80 kat artırılmıştır. Katı yoğunlaştırma oranı ise % 8,01 den % 17,17 ye yükseltilmiştir.

Orta Anyonik bir flokülanın 1665 gr/tn.katı miktarında kullanılması ile elde edilen bu sonuçlar diğerleriyle karşılaştırıldığında en uygun sonuçlar olarak ortaya çıkmıştır.

## SUMMARY

It has always been a major problem to handle and to remove finely divided material from effluent produced in ore processing plants. Although the usage of flocculating agents is not common, recently it has been possible to overcome the problem in certain degree by the use of flocculants and coagulants.

The solid-liquid separation of effluent of Etibank Bigadiç Boron Minerals (Colemanite and Uleksite) Concentrator has been the subject of this study. The plant effluent which contains 22.53 % solid in weight is discharged to the tailing dam with a rate of 200-250 cubic meter per hour, so that the environmental pollution is prevented to some degree.

In the solid - liquid separation experiments, solids have been separated by flocculants. The settling rate of the solids to the normal critical point has been increased from 0.0028 cm/min. to 0.235 cm/min. so that the settling rate increased by 80 folds.

The thickening rate of solid has been increased from 8,01 % to 17,17 %.

A medium anionic flocculant with the consumption of 1665 g/ t. solid gave the best result comparing with other types of flocculants.

## SEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1. Sedimentasyon olayı .....	3
2. (1.) Sekil çökelme .....	4
3. (2.) Sekil çökelme .....	5
4. Akışkan içindeki serbest bir parçacığa etki eden kuvvetler .....	6
5. Bölgesel çökelme .....	9
6. Sıkıştırma bölgesinde çamur yüksekliği .....	10
7. Kalsiyumkarbonat için ortam eğrisi .....	12
8. Düşey ve eğik kapta çökelme .....	13
9. Parçalar arası itme ve çekme kuvvetleri .....	16
10. Zeta Potansiyeli .....	18
11. Elektriksel çift tabaka .....	20
12. Polimerlerin kullanım oranları .....	25
13. Flokülanların taneleri bağlaması .....	30
14. Flokülanların taneleri bağlaması .....	31
15. Flokülasyon oluşumu .....	32
16. Sedimentasyon deneyi ile meydana gelen çökelme eğrisi.....	41
17. Orta katyonik flokülan kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	44
18. Orta anyonik flokülan kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	46
19. Düşükanyonik flokülan kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	48
20. Non ionik flokülan kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	50
21. Değişik flokülan cinslerinin maksimum oranlarda kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	52
22. Orta katyonik flokülanın seyreltilmiş(1/2) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	55

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
23. Orta anyonik flokülânın seyreltilmiş(1/2) pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	57
24. Düşükanyonik flokülânın seyreltilmiş(1/2) pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	59
25. Non ionik flokülânın seyreltilmiş(1/2) pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	61
26. Değişik flokülânların maksimum oranlarda seyreltilmiş(1/2) pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	63
27. Orta katyonik flokülânın seyreltilmiş(1/1) pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	66
28. Orta anyonik flokülânın seyreltilmiş(1/1) pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	68
29. Düşükanyonik flokülânın seyreltilmiş(1/1) pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	70
30. Non ionik flokülânın seyreltilmiş(1/1) pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	72
31. Değişik flokülânların maksimum oranlarda seyreltilmiş(1/1) pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	74
32. Orta katyonik flokülânın seyreltilmiş(2/1) pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	77
33. Orta anyonik flokülânın seyreltilmiş(2/1) pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	79

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
34. Düşük anyonik flokülânın seyreltilmiş(2/1) ..... pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	81
35. Non ionik flokülânın seyreltilmiş(2/1) pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	83
36. Değişik flokülânların maksimum oranlarda seyreltilmiş(2/1) pulp`te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	85
37. Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve orta katyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	89
38. Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve orta anyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	91
39. Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve non ionik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	93
40. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta katyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	96
41. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta anyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	98
42. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve düşük anyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	100
43. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve non ionik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	102
44. Kalsiyum Klorür ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) kullanıl- ması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	104



## SEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
45. Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta katyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	106
46. Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta anyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	108
47. Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve düşük anyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	110
48. Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve non ionik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	112
49. Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta katyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	115
50. Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta anyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	117
51. Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve düşük anyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	119
52. Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve non ionik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	121
53. Polietilenoksit kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	123
54. Polietilenoksitin seyreltilmiş(1/2) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	125
55. Polietilenoksitin seyreltilmiş(1/1) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	127

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
56. Polietilenoksitin seyreltilmiş (2/1) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	129
57. Polietilenoksit ve orta katyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	131
58. Polietilenoksit ve orta anyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	133
59. Polietilenoksit ve düşükanyonik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	135
60. Polietilenoksit ve non ionik flokülânın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	137
61. Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve polietilenoksit kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	139
62. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve polietilen oksit kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	141
63. Kalsiyum Klorür ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve polietilen oksit kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	143
64. Demir Klorür ( $FeCl_3 \cdot 18H_2O$ ) ve polietilen oksit kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi .....	145

## TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1. Sedimentasyon deneyi ile meydana gelen çökelme miktarları .....	40
2. Orta katyonik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	43
3. Orta anyonik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	45
4. Düşük anyonik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	47
5. Non ionik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	49
6. Değişik flokülün cinslerinin maksimum oranlarda kullanılması ile normal pulp'te meydana gelen çökelme miktarı .....	51
7. Flokülünlerin katı yoğunlaştırma oranları ....	53
8. Orta katyonik flokülün ile seyreltilmiş (1/2) pulp'un flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	54
9. Orta anyonik flokülün ile seyreltilmiş (1/2) pulp'un flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	56
10. Düşük anyonik flokülün ile seyreltilmiş (1/2) pulp'un flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	58
11. Non ionik flokülün ile seyreltilmiş (1/2) pulp'un flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	60
12. Değişik flokülün cinslerinin maksimum oranlarda kullanılması ile seyreltilmiş (1/2) pulp'un flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	62
13. Seyreltilmiş (1/2) pulpnumunesinde flokülünlerin katı yoğunlaştırma oranları ....	64

## TABLOLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
14. Orta katyonik flokülân ile seyreltilmiş (1/1) pulp`ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	65
15. Orta anyonik flokülân ile seyreltilmiş (1/1) pulp`ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	67
16. Düşük anyonik flokülân ile seyreltilmiş (1/1) pulp`ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	69
17. Non ionik flokülân ile seyreltilmiş (1/1) pulp`ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	71
18. Değişik flokülân cinslerinin maksimum oranlarda kullanılması ile seyreltilmiş (1/1) pulp`ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	73
19. Seyreltilmiş (1/1) pulp numunesinde flokülânların katı yoğunlaştırma oranları ....	75
20. Orta katyonik flokülân ile seyreltilmiş (2/1) pulp`ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	76
21. Orta anyonik flokülân ile seyreltilmiş (2/1) pulp`ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	78
22. Düşük anyonik flokülân ile seyreltilmiş (2/1) pulp`ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	80
23. Non ion k flokülân ile seyreltilmiş (2/1) pulp`ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	82
24. Değişik flokülân cinslerinin maksimum oranlarda kullanılması ile seyreltilmiş(2/1) pulp`ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	84

## TABLOLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
25. Seyreltilmiş (2/1) pulp numunesinde flokülânların katı yoğunlaştırma oranları ....	86
26. Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve orta katyonik flokülân kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	88
27. Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve düşük anyonik flokülân kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	90
28. Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve non ionik flokülân kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	92
29. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta katyonik flokülân kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	95
30. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta anyonik flokülân kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	97
31. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve düşük anyonik flokülân kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	99
32. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve non ionik flokülân kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	101
33. Kalsiyum Klorür ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) kullanılması ile yapılan deneyde meydana gelen çökelme miktarları .....	103
34. Kalsiyum Klorür ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta katyonik flokülân kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	105
35. Kalsiyum Klorür ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta anyonik flokülân kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	107

## TABLOLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
36. Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve düşük anyonik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	109
37. Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve non ionik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	111
38. Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta katyonik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	114
39. Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta anyonik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	116
40. Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve düşük anyonik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	118
41. Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve non ionik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	120
42. Polietilenoksit kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	122
43. Polietilenoksit ile seyreltilmiş (1/2) pulp'un flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	124
44. Polietilenoksit ile seyreltilmiş (1/1) pulp'un flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	126
45. Polietilenoksit ile seyreltilmiş (2/1) pulp'un flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları .....	128
46. Polietilenoksit ve orta katyonik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	130

## TABLOLAR DİZİNİ (devam)

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
47. Polietilenoksit ve orta anyonik flokülân kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	132
48. Polietilenoksit ve düşük anyonik flokülân kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	134
49. Polietilenoksit ve non ionik flokülân kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	136
50. Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve P.E.O. kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	138
51. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve P.E.O. kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	140
52. Kalsiyum Klorür ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve P.E.O. kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	142
53. Demir Klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) ve P.E.O. kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları .....	144

## 1.GİRİŞ

Dogadaki minerallerin yer altından çıkartılıp cevher hazırlama tesislerinde zenginleştirirken ortaya çıkardıkları artık kısımların dogaya ve çevre sağlığına zarar vermemesi için günümüzde çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Dogadan daha önce çıkartılan yüksek tenörlü madenler artık azalmakta bunun sonucu olarak da düşük tenörlü madenlerin işletilmesi yoluna gidilmektedir. Bu düşük tenörlü madenlerin zenginleştirilebilmesi için öğütme yoluna gidilmekte ve böylece cevher hazırlama süreçlerinde artık olarak çıkan kısım oranı artmakta bu ise çevreye zarar vermektedir.

Bu süreçlerde ortaya çıkan artık kısımların (İnce taneli cevher vb.) ileride tekrar değerlendirilmesi veya çevreyi korumak amacıyla depolanmaları gerekmektedir. Bu amaçla günümüzde zenginleştirme tesislerinin yanına ek olarak artık arıtma tesisleri veya artık barajları inşa edilerek kullanılmaya başlanılmıştır.

Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar sonucunda, bazı cevher hazırlama tesisi artıklarının ekonomik olarak polimerlerin kullanılması suretiyle salkımlaştırma işlemi ile ortandan uzaklaştırılmaları mümkün olmaktadır.

Etibank Bigadiç Bor Madenleri konsantratör artıklarının katı - sıvı ayırımı konusunda daha önce bir çalışma yapılmış fakat bu çalışma sonucunda elde edilen değerlerin ekonomik olarak tesise büyük maliyetler getireceğinden pek onaylanmamıştır.



## 2. SEDİMANTASYON (ÇÖKTÜRME)

Sedimentasyon işlemi, durgun bir akışkan içerisinde bulunan katı maddelerin yerçekimi kuvveti veya santrafüj kuvveti çöktürülerek sudan arındırılmasıdır.

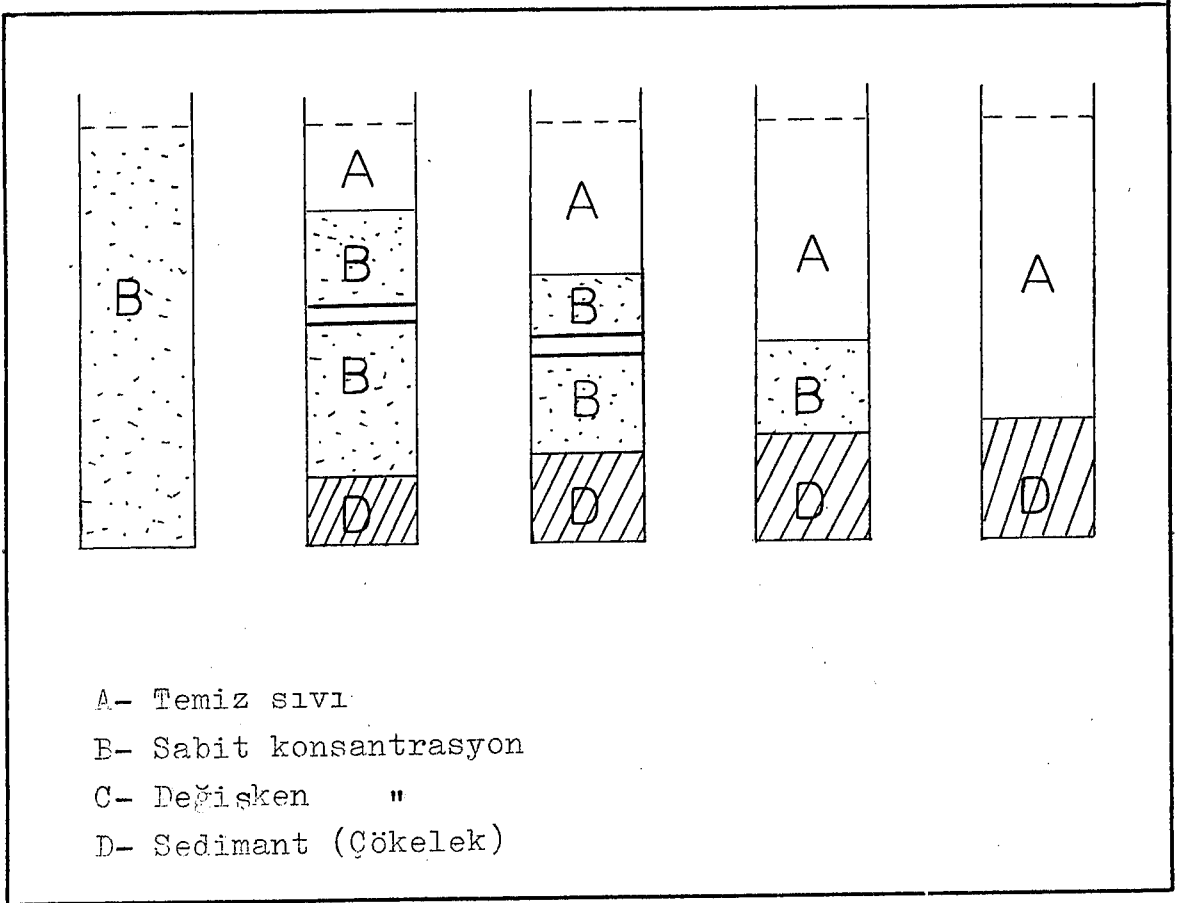
Genellikle artık su arıtım tesislerinde, suda bulunan kum, çakıl ve askıda bulunan katı maddelerin ayrılmasında, kimyasal maddelerle oluşturulan salkımların biyolojik arıtım birimlerinde oluşan biyolojik salkımların (yumakların) uzaklaştırılmasında kullanılır. Sedimentasyon işleminin verimliliğini artırmak için çoğu kez suya katkı maddeleri ilave edilir. Bu durumda çöktürme işlemi, koagülasyon-flokülasyon gibi isimler alır.

Çöktürme işleminin amacı, katı parçacıklardan arındırılmış temiz bir su ile kolay işlenebilecek veya taşınıp depolanabilecek pekismiş bir çamur elde etmektir. (Özdağ, 1987, Emrulloğlu 1984)

Süspansiyonda ilk hızlanma periyodundan sonra, alt kısımda çökelme olayı başlar. Çökelen tabakanın üzerinde ise katı oranı yavaş olarak artan bir tabaka ve onun üzerinde de katı oranı azalan bir tabaka yer alır. En üstte ise temiz bir sıvı zonu oluşmaya başlar. Temiz sıvı ile çökelek arasındaki uzaklık, kritik çökme noktasının yavaşlama derecesini azaltır. Ayrıca çökelme işleminin sonuna doğru parçaların yerini alan sıvının akış hızı azalır.

Sedimentasyon olayında çökelmenin meydana gelişi sematik olarak şekil-1'de görülmektedir.

Süspansiyonda bulunan en büyük parça çapının en küçük parça çapına olan oranı 6'dan küçük olduğu takdirde süspansiyonda kütle halinde çökelme gözlenir. Kesin bir çamur hattı seviyesi ile çok berrak bir çözeltili üst kısımda oluşur. Çökelme esnasında büyük parçalar çökerken küçük parçacıklara nazaran daha hızlı



Sekil- 1 Sedimantasyon olayının sematik olarak gösterimi.

çöktüklerinden kendileriyle beraber küçük parçacıkların bir kısmını çöktürürler. Eğer süspansiyondaki parça Boyut dağılım aralığı çok fazla değil ise bütün parçalar aynı hızla çökmeye eğilim göstereceği söylenebilir. (Poslu, 1987; Yesilkaya, 1989)

Yüksek konsantrasyonlarda tanelerin çökme hızlarında önemli değişiklikler yapılabilir. Özellikle,

-Çöken parçalar tarafından ver değiştiren sıvının hızında değişiklik yapılabilir.

-Akışkan numune önemli miktarda değiştirilebilir.

Bu işlem Endüstride tikner tanklarında engelli çökme olarak görülmektedir. Süspansiyondaki sedimantasyonun hızı bağımsız tanecik hızından daha az olmaktadır. Sulu süspansiyon parçacıklarının normal terminal akış hızının 1-5 katından daha hızlı çökebileceğini yapılan çalışmalar neticesinde bulunmuş olup neden olarak-

ta salkımlasmaya eğilim göstermesini ileri sürülmüştür. Çöktürme işleminin başarıla olabilmesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir.

(Emrulloğlu, 1984)

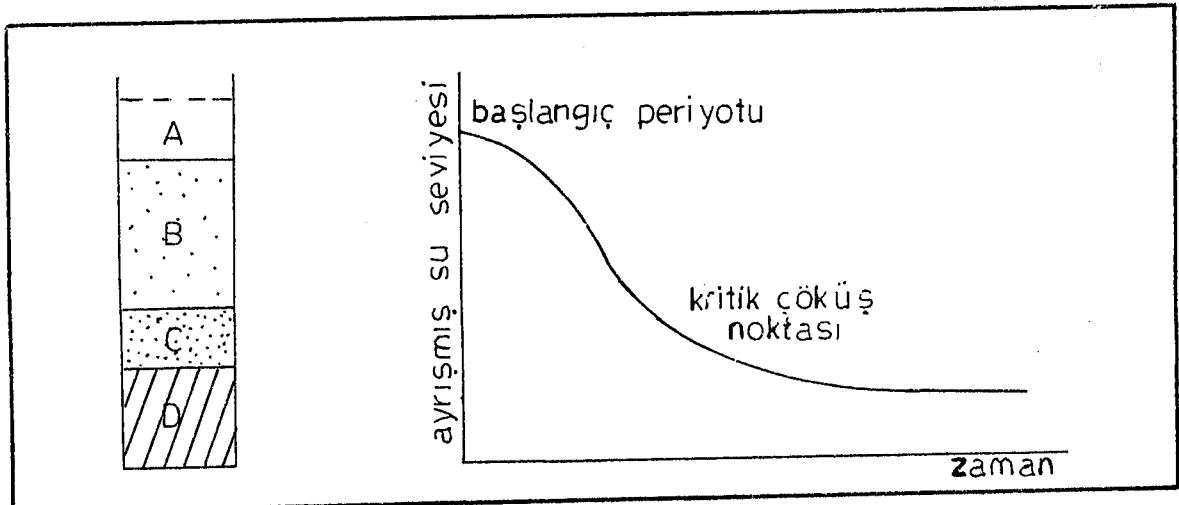
- İnce katı kolloidal parçacıkların flokülasyonu,
- Sıvıda bulunan salkımların sedimentasyonu,
- Tabakalasan salkımların sıkışması,
- Berrak sıvının ve koyu çamurun ayrı ayrı alınması.

### 2.1. Konsantre süspansiyonlarında boyuta göre çökme şekilleri.

Kovulastırma işlemi, konsantre süspansiyonlarındaki ince boyutlu parçacıkların çökmesiyle ilgili olup, bu durumda da engelli çökme koşulları söz konusudur. Bu konuda COE ve CLEVENGER (1916) yapmış oldukları çalışmalarda çökmenin iki farklı yol ile olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

#### 1. Sekil çökme:

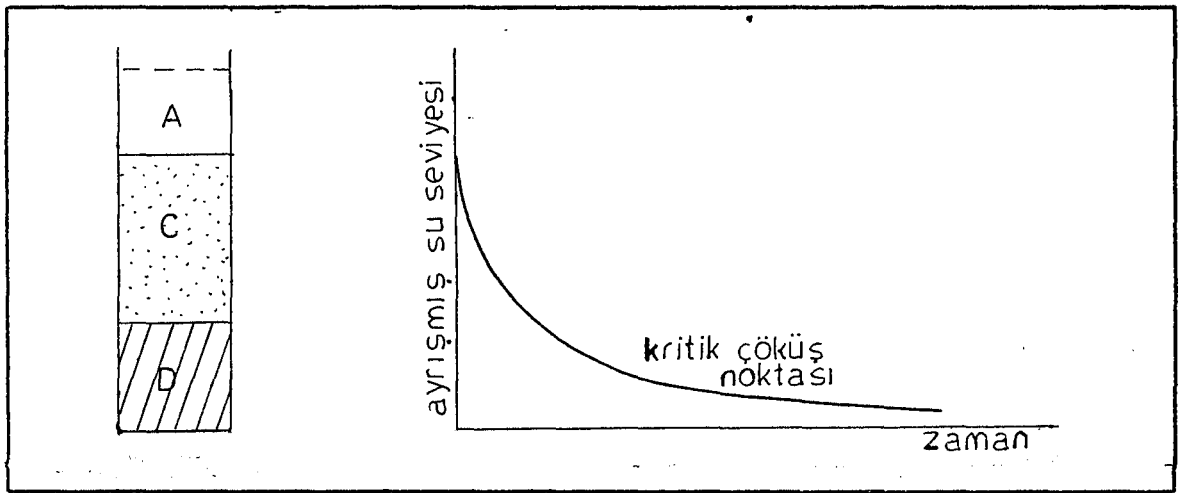
Genel olarak ince parçacıkların sedimentasyonunda görülen bir modeldir. "C" zonu üzerindeki zonda sedimentasyon hızı kritik çökme noktasına kadar azalır. Daha sonra çökme sabitleşir. Genelde çökmeler bu yolla olmaktadır. Sekil 2'de çökme modeli ve grafiği görülmektedir.



Sekil-2 1. Sekil Çökme modeli ve grafiği

## 2. Şekil Çökme

1. Şekil çökme durumundan daha az sıklıkta rastlanır. Genellikle bu tip çökme parça boyutları arasında büyük fark olduğu durumda karşılaşılr. B zonu yoktur. Çökme hızı gittikçe azalır. 2. tip çökme modeli ve grafiği şekil-3 de görülmektedir.



Şekil-3 2. Şekil çökme modeli ve grafiği.

### 2.2. Süspansiyonun katı madde konsantrasyonuna ve parçacıkların birleşme şekillerine göre çökme şekilleri.

-Seyreltik süspansiyonlarda, birbirleriyle birleşme eğilimleri zayıf olan parçacıkların çökmesi

#### "1. Sınıf Çökme"

-Seyreltik süspansiyonlarda birleşme (Salkımlaşma) özelliği gösteren katı parçacıkların çökmesi

#### "2. Sınıf Çökme"

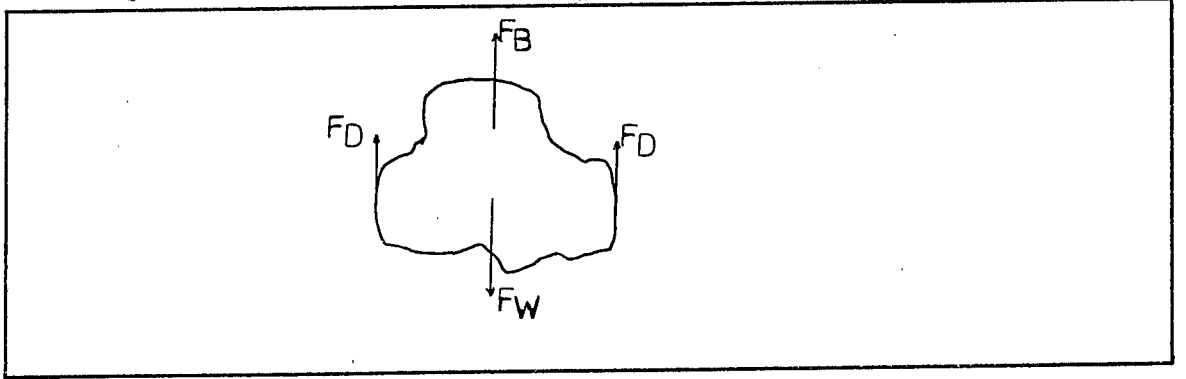
-Parçacıkların birbirlerine yeterince yakın oldukları derişik süspansiyonlarda, parçalar arası kuvvetler katı parçacıkları birbirlerine göre sabit bir pozisyonda tutarlar. Bu durumda parçacıklar birleşik büyük kütleler halinde çökerler. Bu tür çökme-ye "Bölge çökmesi" denir.

-Ortamdaki katı konsantrasyonu arttıkça birbirleriyle pekişen katı parçacıklar, üstteki sıvıdan ge-

len parçacıkların ağırlığının etkisi ile sıkışmış bir yapı oluştururlar. Sıkıştırılmış çökme denir. "4. Sınıf Çökme" (Oğuz, 1986)

#### 2.2.1. (1.) Sınıf Çökme:

Seyreltik süspansiyonlarda salkımlaşma özelliği göstermeyen ayrı parçacıkların çökmesi klasik mekanik kanunlarıyla açıklanmaktadır. Böyle bir parçacığın çökmesi diğer parçacıklar tarafından engellenmediğinden, çökme; parçacığın, akışkanın özelliklerine bağlıdır. Şekil-4' de akışkan içinde çöken bir parçacığa etki eden kuvvetler görülmektedir.



Şekil-4 Akışkan içinde serbest bir parçacığa etki eden kuvvetler.

Şekilde  $F_W$ , yerçekim kuvvetini,  $F_B$  Akışkanın yüzdürme kuvvetini ve  $F_D$  sürtünme kuvvetini ifade etmektedir. Parçacığın çökmesini sağlayan net kuvvet ( $F_R$ ), aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$F_R: F_W - F_D - F_B \text{-----} (1)$$

$$m \cdot \frac{dV_s}{dt} : F_W - F_D - F_B \text{-----} (2)$$

Burada,

M: Parçacığın kütlesi

$V_s$ : Parçacığın çökme hızı

t: Zamandır.

Yerçekimi kuvveti:

$$F_w: Q_s \cdot V_p \cdot g \text{-----} (3)$$

$\rho_s, V_p$ : Parçacığın yoğunluğu ve hacmi

$g$  : Yer çekimi ivmesi

Yüzme kuvveti:

$$F_B = Q_1 \cdot V_p \cdot g \text{ ----- (4)}$$

$Q_1$ : Akışkanın yoğunluğu,

$F_D$ : Sürtünme kuvveti olup, parçacığın şekline, büyüklüğüne ve hızına, akışkanın yoğunluğuna bağlı olup, aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot A_p \cdot Q_1 \cdot V_s^2 \text{ ----- (5)}$$

$C_D$ : Boyutsuz sürtünme katsayısı

$A_p$ : Parçacığın akışkan yönündeki kesit alanı

Esitlik (3), (4) ve (5), esitlik (2)'de yerine koyulursa,

$$m \cdot \frac{dV_s}{dt} = Q_s \cdot V_p \cdot g - Q_1 \cdot V_p \cdot g - \frac{1}{2} C_D \cdot A_p \cdot Q_1 \cdot V_s^2 \text{ ----- (6)}$$

esitliği elde edilir. Parçacığın hızı bir süre sonra sabitleseceğinden  $dV_s/dt = 0$  olur.

Bu durumda parçacığın sabit çökme hızı ( $V_t$ ),

$$V_t = \sqrt{\frac{2g \cdot (Q_s - Q_1) \cdot V_p}{C_D \cdot Q_1 \cdot A_p}} \text{ ----- (7)}$$

Çapı  $d_p$  olan küresel parçalar için,

$$\frac{V_p}{A_p} = \frac{d^3/6}{d^{3/4}} = \frac{2}{3} \cdot d_p \text{ ----- (8) yazılabilir.}$$

Esitlik (7) ve (8) Den,

$$V_t = \sqrt{\frac{2g \cdot (Q_s - Q_1) \cdot 2d_p}{C_D \cdot Q_1 \cdot 3}} \text{ -----}$$

$$V_t = \sqrt{\left(\frac{4g}{3C_D}\right) \cdot \left(\frac{Q_s - Q_1}{Q_1}\right)} \text{ ----- (9)}$$

Buradaki Newton sürtünme katsayısı  $C_D$ 'nin parçacık şekline göre değiştiğini ve Reynold sayısının ( $R_E$ ) bir fonksiyonu olduğu bilinmektedir.

$R_E < 1$  olduğu laminar akış bölgesi, Stokes bölgesi olarak bilinmekte ve sürtünme katsayısı aşağıdaki gibi verilmektedir,

$C_D: \frac{24}{N_{R_E}}$ ,  $N_{R_E} : 1$  alınırsa sabit çökme hızı

$$V_t: \frac{0}{18M} \cdot (Q_s - Q_L) \cdot dp^2 \text{-----(10)}$$

olarak bulunur.

$1000 < N_{R_E} < 25.000$  olduğu bölgede ise,

$$V_t: 1,82 \sqrt{\frac{(Q_s - Q_L) \cdot dp \cdot g}{Q_L}} \text{-----(11)}$$

olmaktadır.

Reynold sayısının 1 ile 1000 arasında olduğu geçiş bölgesinde ise  $C_D$ ,

$$C_D: \frac{18,5}{(N_{R_E})^{0,6}} \text{-----(12)}$$

ile verilmektedir.

Geçiş bölgesinde son hız,

$$V_t: 2,32 (Q_s - Q_L) dp^{1,6}$$

olarak bulunabilir. (Poşlu, 1987 )

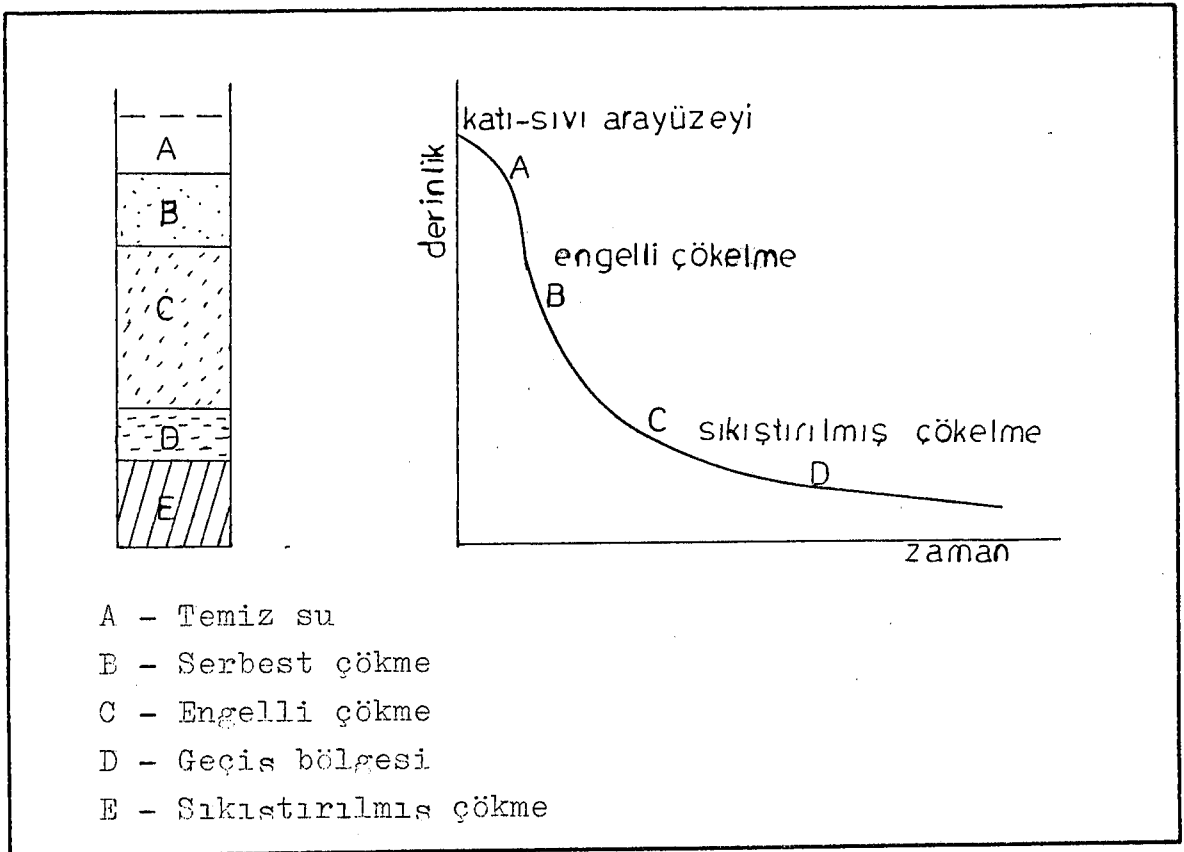
### 2.2.2. (2) Sınıf Çökelme :

Sevreltik süspansiyonlarda birleşme özelliği gösteren parçacıkların uzaklaştırılması, hidrolik koşullara, hız değişimine, sıcaklığa, parçacığın büyüklüğüne ve konsantrasyonu gibi bir çok değişkene bağlıdır. Süspansiyonda hızlı çökelen parçacıklar çökelme sırasında küçük parçacıkları da beraberinde sürükleyerek büyük salkımları oluşturlar. Çöktürme kabının derinliği arttıkça salkım oluşma olasılığı o derece artacağından, 2. sınıf çökelme kullanılan kabin derinliğine bağlıdır.

### 2.2.3. Bölgesel Çökelme :

Bölgesel çökelme olayında, süspansiyon içerisindeki parçacıklar birbirleriyle birleşerek kütleler halinde çöklerler. Kütleler halinde çökelme derisik süspansiyonlarda meydana gelir.

Parçacıklar kütleler halinde çökeldikçe bu kütlelerin üzerinde nispeten temizlenmiş bir sıvı zonu meydana gelir ve katı-sıvı ara yüzeyi belirgin bir şekilde ortaya çıkar. Şekil-5'de kütle çökmesi modeli ve grafiği görülmektedir.



Şekil-5 Bölgesel Çökme.

#### 2.2.4. Sıkıştırılmış Çökme:

Süspansiyon içerisinde çökelen parçacıklar kabın alt kısmında biriktikçe burada sıkıştırılmış bir çökme olayı meydana gelir. Bu bölgede parçacıkların birleşmesi için uzun bir süreye gereksinim olmakta ve birleşme hızı ise aşağıdaki eşitlikle verilmektedir. (Poşlu, 1987 )

$$-\frac{dh_z}{dt} : k. (h_z - h_z \infty) \text{ -----(14)}$$

Bu eşitlikte,

$h_z$ : Belli bir  $t$  anındaki çamur yüksekliği



$h_{z\infty}$ : Uzun bir süre ( $t:\infty$ ) sonunda çamur yüksekliği,

$k$ : 1. dereceden hız sabiti (1/zaman)

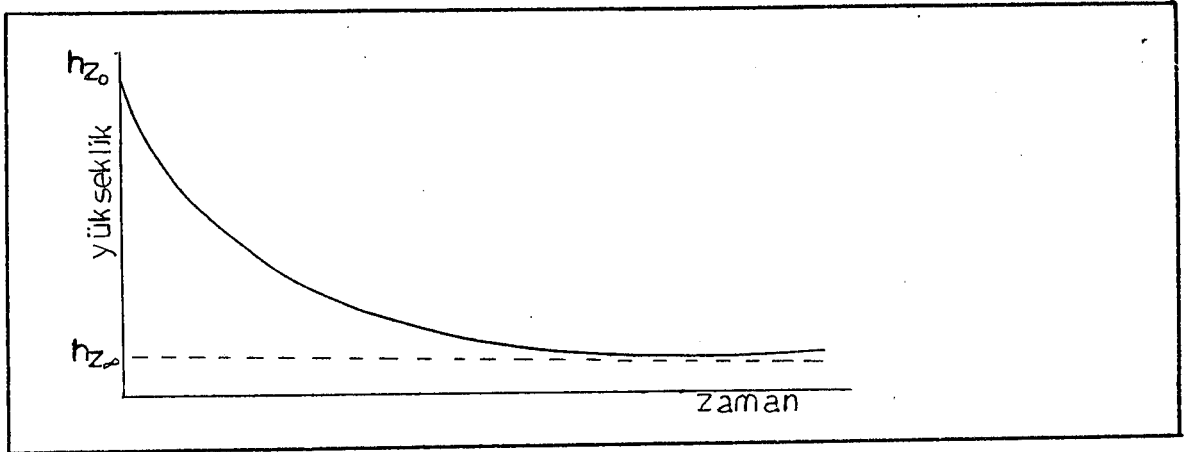
Eşitlik (14)'ün integrali

$$\int_{h_{z\infty}}^{h_z} \frac{dh_z}{h_z - h_{z\infty}} : - \int_0^t k dt$$

$$\ln \left( \frac{h_z - h_{z\infty}}{h_{z0} - h_{z\infty}} \right) : -kt \text{ ----- (15)}$$

elde edilir.

$h_{z0}$ ,  $t:0$  anında çamur yüksekliği,



Sekil 6 - Sıkıştırma bölgesinde çamur yüksekliği

$(h_z - h_{z\infty}) : (h_{z\infty} - h_{z0}) \cdot (1 - e^{-kt})$  ----- (16)  
sekinde de yazılabilir.

### 2.3. İnce parça süspansiyonlarında parçaların cökme hızını etkileyen etkenler :

#### 2.3.1. Flokülasyon derecesi, flokülasyon derecesini etkileyen etkenler şöyle sıralanabilir.

- a- Süspansiyon içerisinde elektrolitlerin olup, olmadığı,
- b- Çözeltinin PH'sı,
- c- Katı yüzeyinin kimyasal ve fiziksel özellikleri,
- d- Ortamda her hangi bir flokülasyon reaktifinin varlığı,

Çöktürülecek olan pulp içerisindeki polimerlerin dağılımı çok önemli olmaktadır. Homojen bir karışım yapmak için kullanılacak olan flokülünlerin pulp'a besleme şekli önemli olmaktadır.

İyi bir besleme;

- Süspansiyona, flokülün beslemekabına bir boru ile beslenebilir.
- Flokülün ile süspansiyon beraberce zigzaglı bir bordan geçirilmek suretiyle, oluşan türbülanslı akım sonucunda iyi bir karışım elde edilerek, beslenebilir. (Poslu, 1987; Özdaş, 1987)

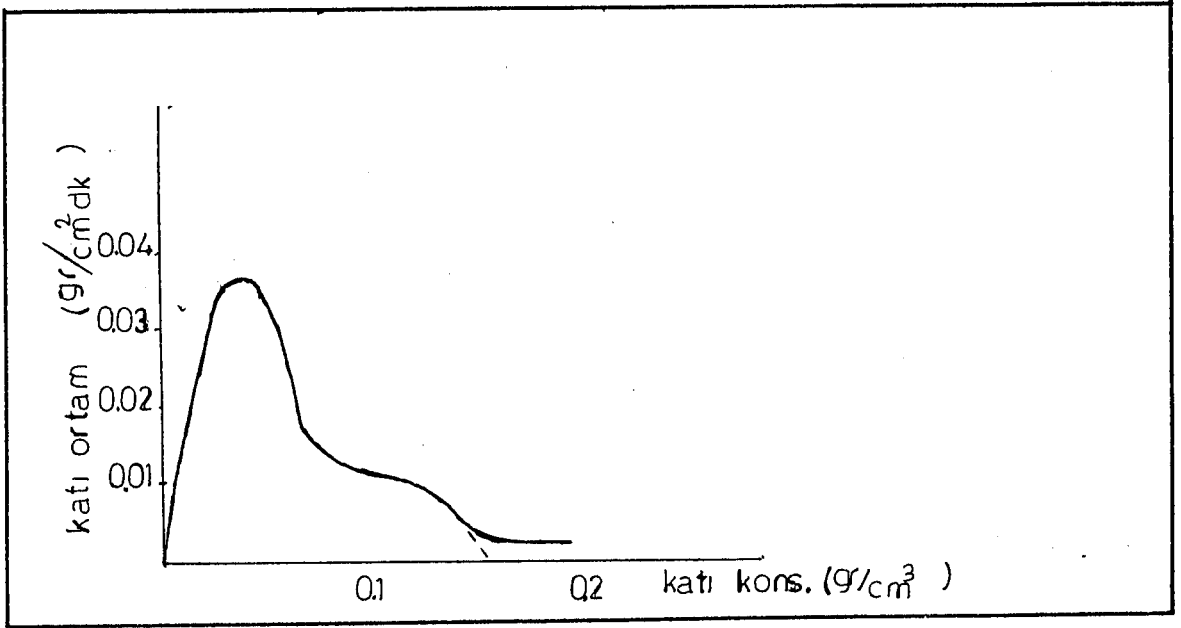
### 2.3.2. Karıştırma derecesi :

Süspansiyon içerisindeki ince parçaları bir araya getirip flokları (salkımları) oluşturmak için bazen bir miktar karıştırma gerekebilir. Fakat karıştırma derecesi fazla olmayıp yavaş bir şekilde yapılmalıdır. Örneğin, santrafüj tipi pompalamadan kaçınılmalıdır. Çünkü oluşan salkımlar pompalama sırasında bozulmakta daha sonra tekrar salkımları oluşturmak zorlaşmaktadır.

Newton akışkanı gibi hareket etmeyen bir süspansiyonun çökme hızı hafif bir karıştırma ile artırılabilir. Çok yavaş olarak yapılacak olan bir karıştırma ile oluşan çökeleğin daha da pekişmesi sağlanır ve parçaların köprü kurması engellenir.

### 2.3.3. Süspansiyonun konsantrasyonu :

Konsantrasyon ne kadar yüksek olursa, çamur hatının çökme hızı o kadar daha yavaş olur, fakat toplu haldeki parçaların çökme hızı yüksek olabilir.



Sekil:7 - Kalsiyum karbonat için ortam eğrisi,

Bu eğri, baslangıç konsantrasyonu değisik olan süspansiyonların çökelme hızları ölçülerek elde edilir. (Poslu, 1987)

#### 2.3.4. Sıcaklık :

Süspansiyonun sıcaklığını arttırmak suretiyle çökelme hızını önemli ölçüde arttırmak mümkündür. Fakat süspansiyonun sıcaklığının arttırılması olayı ayrı bir masraf teskil etmekte bu nedenle ekonomik olarak uygulanabilmesi uygun değildir.

#### 2.3.5. Yoğunluk Farkı :

Ortam ile katı parçacık arasındaki yoğunluk farkı ne kadar fazla olur ise çökelme hızı o derece yüksek olur.

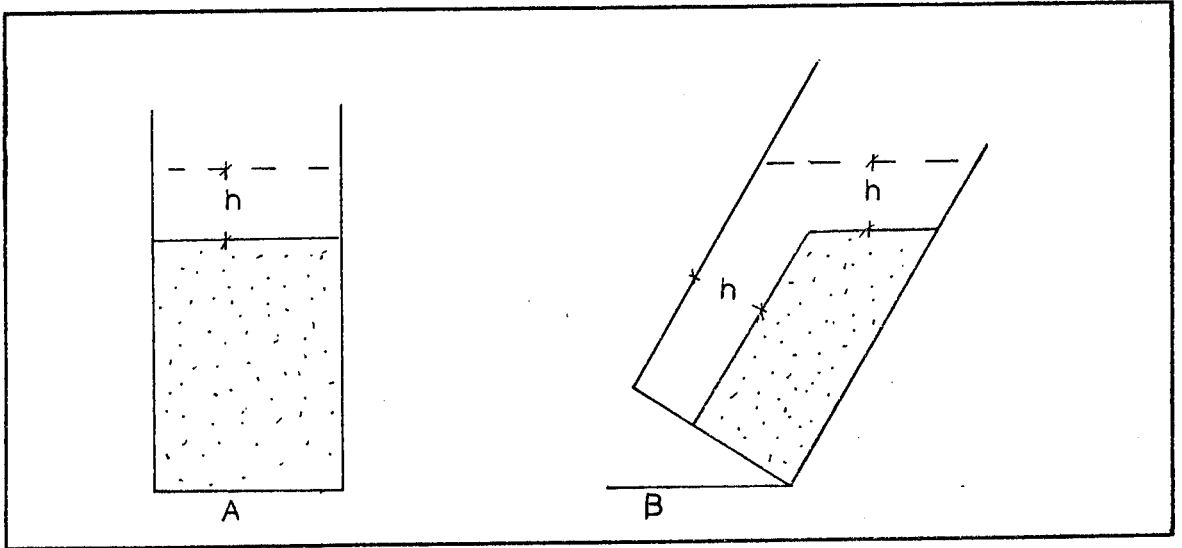
#### 2.3.6. Vizkozite :

Floküle ve disperse olmuş taneler arasında farklı çökelme hızları vardır. Akışkanın vizkozitesi arttıkça çökelme hızı azalmaktadır. Pulp vizkozitesi arttıkça zaman reaktif flokülünleri homojen bir şekilde dağıtmak daha zor gerçekleşmektedir.

### 2.3.7. Cöktürme yapılan kabın şekli :

Kullanılan kabın çapının parça çapına olan oranı "100" den büyük ise kabın çeperleri çökelme hızına etki etmez. Fakat kabın çeperleri dikey bir konumda değilse bu durum çökelme hızını önemli ölçüde etkileyebilir.

REANSE, bu durum üzerinde bir çalışma yapmıştır. Yapmış olduğu çalışmada biri dik diğeri eğimli durumda bulunan kaplarda parçalar aynı zamanda çökelmeye başlarlar. (Özdağ, 1987)



Şekil:8 Düşey ve Eğik kaptaki Çökelme.

Şekilde görüldüğü gibi her iki kaptaki da aynı sürede "h" yüksekliğine kadar çökelme olacaktır. Fakat "B" kabı eğik olduğu için kabın her tarafında "h" yüksekliği kadar çökelme vardır. "B" kabının alt kısmında oluşan temiz su zonu kabı düzeltildiğinde kabın üst kısmında birikme göstereceğinden temiz su miktarının artmasına neden olacaktır. Bundan dolayı çökelme olayında "B" kabı avantajlıdır. Çünkü parçacıkların çökelme mesafesi daha azdır. Dolayısıyla çökelme olayı daha kısa sürede gerçekleşerek temiz su ve koyu pulp

miktarı artar. Bunlara dayanılarak lamel tiknerler (lamella thickener) dizayn edilmiştir. Böylece çok büyük bir tiknerin yaptığı iş küçük bir lamel tikner kullanılarak gerçekleştirilebilir.

#### 2.3.8. Kimyasal maddelerin etkisi :

Kimyasal maddelerin süspansiyonlarda çökelmeye etkisi olduğu bilinmektedir. Bu amaçla yapılan çalışmalarda mineraller, hızlı, orta ve yavaş çökelen olarak sınıflandırılırlar. Minerallerin özelliklerine göre ortama kimyasal madde ilavesi yapılır.

#### 2.4. Kil Minerallerinde Çökeltme :

Kil minerallerinin yapısı, ince plakalar şeklinde olmaktadır. Plakaların kenar ve köselerinde iyonlar pozitif yüklü olarak, üst kısmında ise negatif yüklü olarak bulunurlar. Su içinde bulunan kil minerallerinin yavaş çökmesinin nedeni bu olmakla beraber süspansiyonlar içinde bulunan kil mineralleri çöklerken beraberinde diğer kolay çökelebilen mineralleri de taşıyarak karışımın çökmesini engellemektedirler.

### 3. FLOKÜLASYON VE KOAGÜLASYON :

Flokülasyon ve koagülasyon kolloidler kimyasında birbirini bağlama anlamına gelir. Bazı durumlarda biri diğ̈erinin yerine kullanılabilir. Flokülasyon, [kolloid süspansiyonlarda yüksek molekülü ağır polimerler yada indirgeme olayının söz konusu olmadığı diğ̈er fiziksel etkilerle sürekli bir fazla meydana gelen salkımlasma olayı,] [koagülasyon ise kolloid dispersiyonların sisteme katılan iyonların etkisi ile katı-sıvı aravüzevinde oluşan elektriksel çift tabaka kuvvetlerindeki azalma sonucu sistemin dengesinin bozulması olayı olarak tanımlanır.]

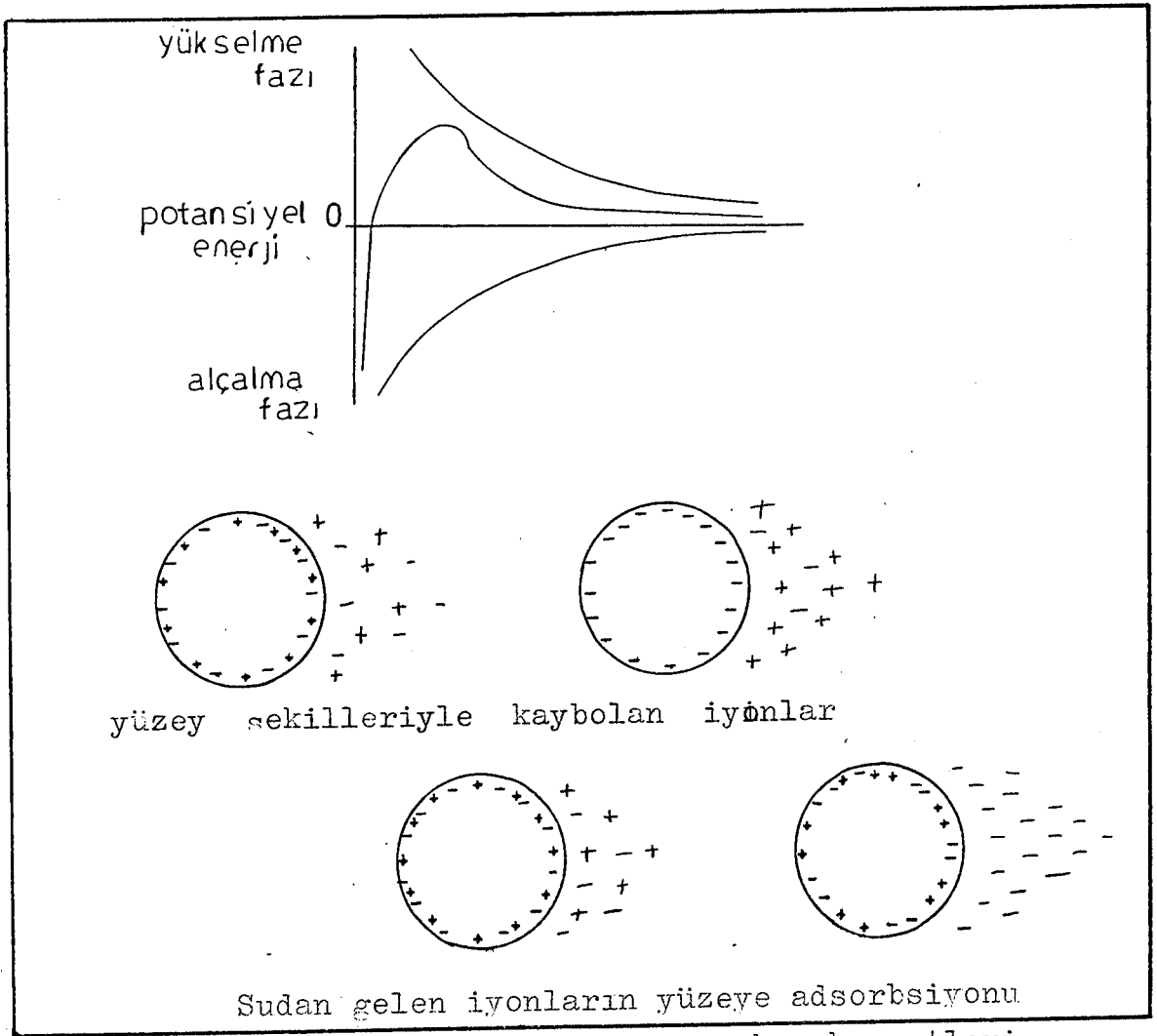
Salkımlasma bir sistem duraysız bir sistem olmaktadır. Çünkü sistemde bulunan katı parçacıklar birbirleriyle bağlandıktan sonra oluşturdıkları salkımların yoğunluğuna göre hareket ederler. Eğer oluşan salkımların yoğunluğ̈u bulunduğ̈u ortamın (sıvının) yoğunluğundan büyük olması halinde salkımlar çökelirler. Ters durumda ise sıvının üst kısmına yükselip toplanırlar. Parçacıkların sistem içinde sürekli dispersiyon şeklinde kaldığı sistemler duraylı sistemlerdir. Bu tür süspansiyonların duraylılığ̈ını etkileyen üç etken vardır.

1. Parçaların seçimli olarak iyon kaplaması
2. Brown hareketi
3. Yüzey Enerjisi

İyon kaplaması olayı dağılma, Brown hareketi hem dağılma hem salkımlasma, yüzey enerjisi ise salkımlasma yönünde etki yapar. (Cikcik, 1986)

Çökelme olayı doğal olarak kendi kendine gerçekleşir. Bunun için ortamın durgun bir yapıya sahip olması gerekir. Ortamda bulunan zıt yüklü iyonlar taneğin dış yüzeyindeki elektrik potansiyelinden dolayı nötrleşirler. Bu ise elektriksel çift tabakada

karsıt iyonların tek sıra halinde sıralanmasına ve elektriksel çift tabakanın sıkışmasına neden olur. Bilinen bu usulde Van der wals çekme kuvveti, maddenin elektriksel itme kuvvetini yenerek sözü edilen küçük pulcuklar pıhtılaşarak Kolloidal bir yapı oluştururlar. (Reuter und Winiker, 1981.)



Şekil: 9 Parçalar arası itme ve çekme kuvvetleri

### 3.1. Birleşme Kinetiği :

Parçacıklar arası birleşme üç ayrı mekanizma ile açıklanabilir.

- Perikinetik birleşme,
- Ortokinetik birleşme,
- Çökme hızları farklı parçacıkların birleşmesi.

### 3.1.1. Perikinetik birleşme mekanizması :

Süspansiyon içerisinde salkımların oluşumu esnasında, katı parçacıkların gelisi güzel hareketleri olmaktadır. Katı kolloidlerin Brown veya ısısız hareket olarak belirtilen bu hareketi, akışkan moleküllerle yaptıkları çarpışma sonucu oluşurlar. Parçacıkların salkımlama hızı, sıvı vizkozitesine ve sıcaklığa bağlı, parçacık büyüklüğünden bağımsızdır. Yani parçacık düşük konsantrasyon, düşük sıcaklık ve yoğun süspansiyonlarda salkımlanabilmesi için uzun zaman bekleyecektir.

### 3.1.2. Ortokinetik Birleşme Mekanizması :

Parçacıklar arası birleşme akışkan hareketi ile meydana geliyorsa birleşme mekanizması SMOLUCHOWSKI tarafından geliştirilen ortokinetik model ile açıklanır. Bu mekanizmanın esası ise, akışkanı karıştırmak suretiyle parçacıkların birleşme olasılığını arttırma olmaktadır. Yine bu mekanizmaya göre, salkımlama hızının parçacık konsantrasyon ve büyüklüğüne, hız değişimine bağlı olduğu bunun da birinci dereceden hız fonksiyonuna uyduğunu kabul etmişlerdir.

Karıştırmadan dolayı taneler arası birleşme olasılığını arttırdığından ortokinetik salkımlamada gereken süre, perikinetik salkımlamadaki süreden daha kısa olmaktadır.

## 3.2. Flokülasyon Mekanizmasının Bağlı Olduğu Parametreler :

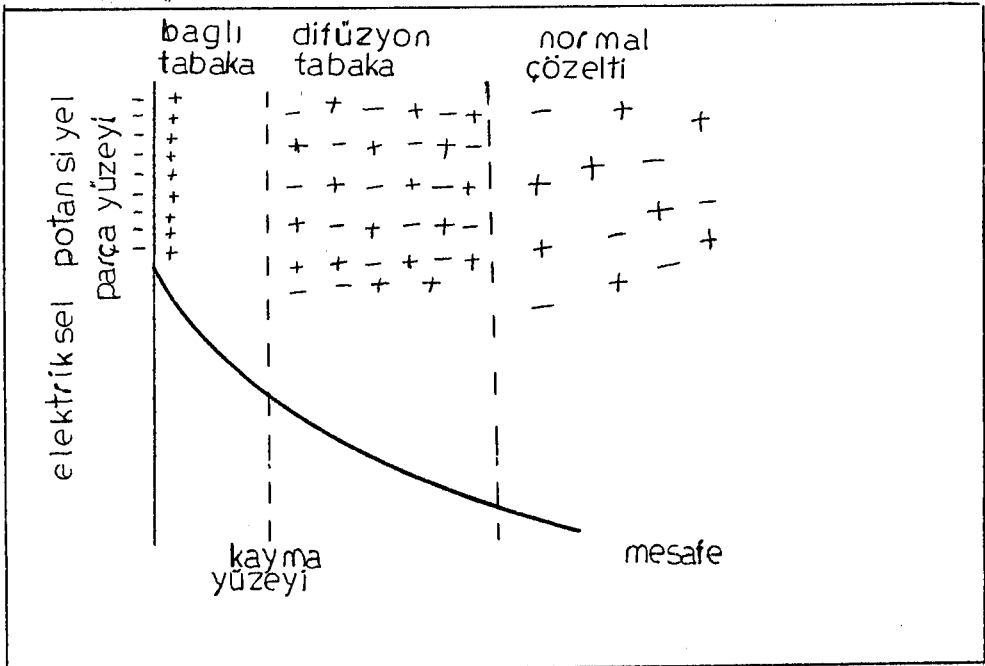
### 3.2.1. Katı-Sıvı Arayüzeyindeki İyonlar :

Katı ve bunun etrafını saran sıvı, fiziksel ve kimyasal kuvvetlerin denge durumunda olduğu bir sistemi oluşturur. İnce parçaların su ile meydana getirdiği pulp'de çeşitli iyonlar bulunur. Bu iyonlar az



veya çok hidrate olmuş durumda olup, bir veya daha fazla su molekülü taşırlar. Hidrate iyonlar mineral yüzeyine bağlanırlar ve mineral yüzeyinden ayrılan iyonlar su fazına geçerler. İyonların mineral yüzeyine bağlanması veya yüzeyden ayrılması her bir mineral için farklı olmaktadır. (Atak, 1982)

Katı parçacıkların yüzeylerindeki elektriksel yük nedeniyle parça yüzeyine yakın sahalarda bir elektrostatik potansiyel doğar. Şekil-10'da görüldüğü gibi parçacık yüzeyinde sabit ve hareketsiz bir yük tabakası vardır. Bu yüke zıt yüklerden oluşan ikinci tabaka hareketlidir. Yüzeyden uzaklaştıkça bu hareketli tabakadaki yük derişimi azalır. Böylece katı yüzeyindeki hareketsiz yükler ile içerisine doğru dağılan hareketli yükler arasında bir elektrostatik potansiyel doğar. Parçacıkların bir araya gelerek çökelebilmeleri için, zeta potansiyelinin parçacığın birbirini itmemesini sağlayacak şekilde düşürülmesi gerekir. Bu düşme "Koagülant Madde" olarak bilinen bazı iyonların ilavesi ile gerçekleştirilir. (Oğuz, 1986)



Şekil: 10 Sudaki bir parçacık ve zeta potansiyeli.

### 3.2.2. Brown Hareketi :

Bir süspansiyon içinde bulunan çok küçük boyutlu tanelerin gelisi güzel hareketleri, olarak tanımlanır. Brown hareketi ile, süspansiyon içinde bulunan pek çok mineral tanesi bir karıştırma olmaksızın birbirlerine yaklaşıyor veya uzaklaşırlar. Bir hipoteze göre Brown hareketinin elektriksel çift tabakada mineral yüzeyine bağlı iyonlarla serbest iyonlar arasındaki, iyonlar arası kuvvetler nedeniyle meydana geldiği ileri sürülmüştür. Brown hareketi parçacıkların yaklaşıp birbirine bağlanmasına neden olur. (Atak, 1982)

### 3.2.3. Yüzey Enerjisi :

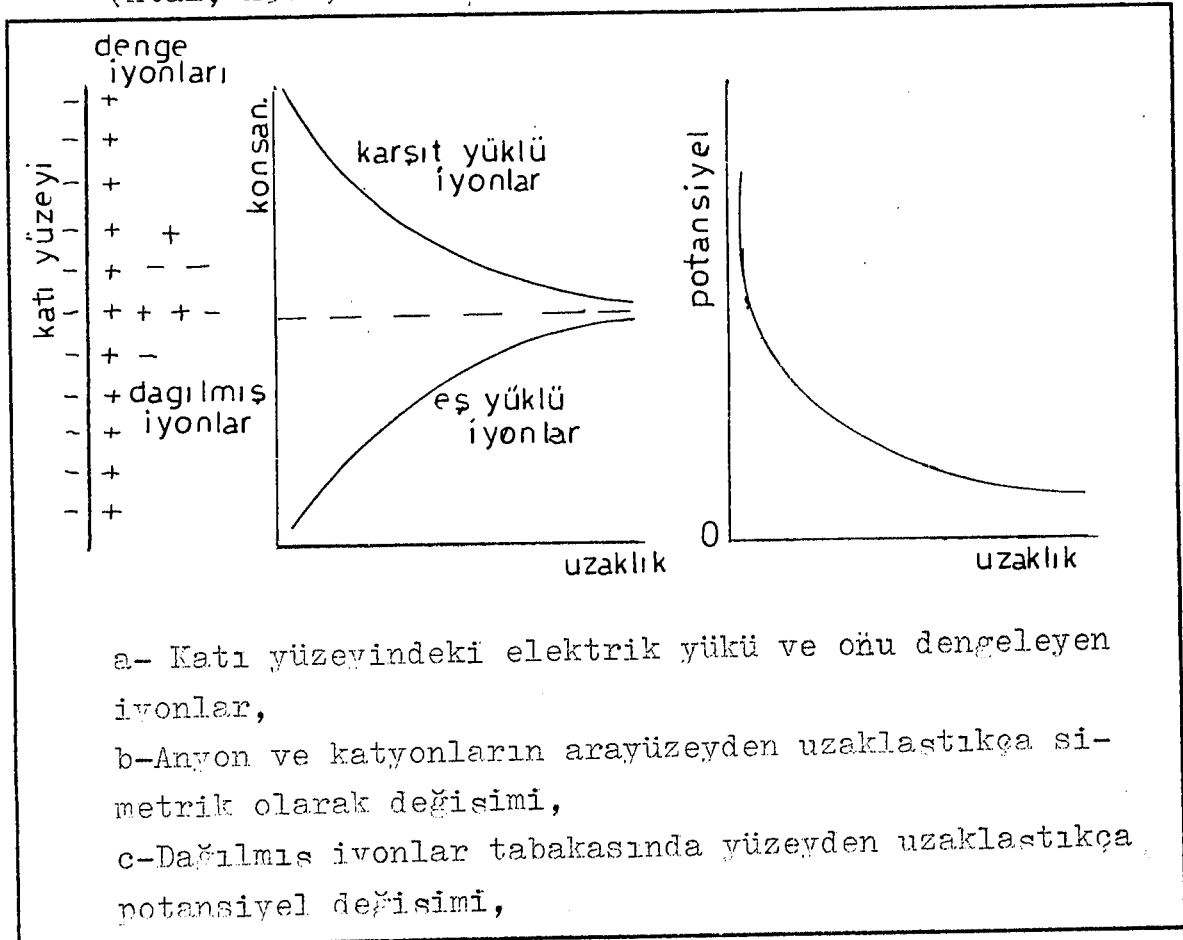
Her arayüzeyde bir enerji vardır. Bu enerji yüzeydeki kuvvetlerle ilgilidir. Flokülasyon olayı sırasında bir enerji diğer enerji cinslerine dönme eğilimi gösterir. Küçük parçaların birleşerek moleküller meydana getirmeleri arayüzey alanını küçültür. Buna bağlı olarak yüzey enerjisinde azalma olur. Yüzey enerjisinin azalması, yüzey alanındaki azalma nedeniyle olduğundan parçacıklar birbirine bağlanarak flokülasyon durumunu oluşturlar. (Atak, 1982)

### 3.2.4. Su çözeltilerinde parçaların iyonla kaplanması:

Bir elektrolitte pozitif yük, negatif yüke eşit olduğunda, mineral yüzeyinde negatif yükün bulunması elektrolitle daha fazla pozitif yükün bulunmasına neden olur. Helmholtz tarafından ortaya atılan elektriksel çift tabaka fikri ile mineral yüzeyi civarında pozitif iyon konsantrasyonu arttığı ve mineral yüzeyinden uzaklaştıkça çözeltinin elektriksel bakımdan nötr olan normal iyon bileşimine eriştiği görüşü mevcuttur. Mineral parçası ile bunu çevreleyen iyon atmosferi şekil 11'de görülmektedir. (Atak, 1982 )

Elektrolitte bulunan iyon cinslerine göre, iyonların bazıları mineral yüzeyinde toplanarak mineral yüzeyinin belirli bir elektrik yükü yüklenmesine neden olur. Yüklü mineral tanecikleri ile etrafındaki sulu çözeltinin birbirine göre relatif hareketlerinde çözültü ile tane arasında kayma yüzeyinde ölçülebilen ortalama elektrokinetik potansiyele "zeta potansiyeli" denir. (Atadimir, 1987)

Elektrolit çözeltilerindeki iyon cinslerinin değişimi, Zeta potansiyelinin değişimine neden olur. İyon cinsine ve konsantrasyonuna göre bunun değeri bazen azalır. Bazan çoğalır ve bazen de isareti değişir. Zeta potansiyelinin mutlak değeri küçük olduğu zaman flokülasyon durumu olduğu deneylerde gösterilmiştir. (Atak, 1982)



- a- Katı yüzeyindeki elektrik yükü ve onu dengeleyen iyonlar,  
b-Anyon ve katyonların arayüzeyden uzaklaştıkça simetrik olarak değişimi,  
c-Dağılmış iyonlar tabakasında yüzeyden uzaklaştıkça potansiyel değişimi,

Sekil :11 Elektriksel çift tabaka ve özellikleri.

### 3.2.5. Elektrolit İlavesi :

Ortama uygun cinste ve uygun miktarda elektrolit ilave edilerek, elektriksel çekimi arttırmak ve elektriksel yükü azaltmak suretiyle koagülasyon derecesi arttırılabilir. İyonların floküle olma özelliği değerlikleriyle doğru orantılı olarak artar.

### 3.3. Salkımlastırma İşleminin Amacı :

Günümüzde artık bir çok Endüstriyel alanda problem yaratan su ve artık suların arıtılması için gerekli olan tesislerde kullanılan salkımlastırma işleminin amacı, su veya artık suların içine ilave edilen kimyasal maddeler yardımıyla suda bulunan maddelerin çökmesi veya bir araya gelip daha büyük parça oluşturmaları bunun neticesinde de çökelmeleri olmaktadır. Bazen kimyasal maddeler ilave edilmeden de sudaki katı parçacıkların birleştirilmeleri mümkün olmaktadır. Küçük katı parçacıkların birleşerek oluşturdukları büyük parçaların çökmesi daha kısa zamanda daha kolay olur. Bu nedenle salkımlastırma, çöktürmeyi kolaylaştıran ve hızlandıran bir işlem olmaktadır.

### 3.4. Flokülasyon (Salkımlastırma) Yöntemleri :

Dengeli bir mineral süspansiyonunda en az dört ayrı şekilde yada bir kaçının ortak etkisi ile flokülasyonu sağlamak mümkündür.

1. Elektrolit eklenmesiyle flokülasyon (koagülasyon)
2. Hidrofobik bağlanmasıyla flokülasyon,
3. Polimer köprüleri ile flokülasyon,
4. Manyetik bağlama ile flokül.

#### 3.4.1. Elektrolit eklenmesiyle flokülasyon(koagülasyon)

Mineral süspansiyonuna uygun ölçülerde elektrolit ilave edilmesiyle, mineral parçacıkları arasındaki elektrostatik itme azalır ve kolloid dengeliliği

teorisine uygun olarak kümeleşme sağlanır. (Tefek, 1979)

Elektrolitik flokülasyon, elektrolitik adı verilen ve parçacıklar arasındaki itici güçleri nötralleştirilen sülfürik asit vb. gibi maddeler etkisi ile meydana gelir. Bu durum Van der Waals çekim kuvvetlerinin etkili olmasına ve dolayısıyla parçaların birbirine bağlanarak flok oluşturmalarına neden olur.

Heppel'e göre elektrolitik salkımlaşmanın amacı sistemin elektrokinetik potansiyelini mümkün olduğu kadar sıfıra indirmektir. Sistemdeki iyonların değerliliği ile elektrokinetik potansiyel ters orantılıdır. (Cikcik, 1986)

#### 3.4.2. Hidrofobik bağlanmayla flokülasyon :

Mineral yüzeylerine adsorbe olan toplayıcılar minerali hidrofobik yaparlar. Böylece mineral yüzeyinde oluşan hidrofobik tabakadan dolayı parçacıklar arasındaki çekim kuvvetleri etkin duruma geçerek mineral parçacıklarını birbirlerine yapıştırarak kümeleşmesini sağlarlar. (Tefek, 1979)

#### 3.4.3. Polimer köprüleri ile flokülasyon :

Polimer köprüleri kurarak meydana getirilen salkımlaşma olayı, polielektrolit adı verilen tabii yada yapay yüksek molekül ağırlıklı, uzun zincirli organik polimerler aracılığı ile yapılır. Parçacıklar bu polimer parçalara yapışarak köprü kurarlar. (Yeşilkaya, 1989)

Bazı polimerler mineral karışımları için selektivite gösterirler ve selektif flokülasyona neden olurlar. Kitchener'e göre selektif flokülasyon ile flotasyon işlemi aynı olmaktadır. Her iki işlemde de moleküllerin etkin grupları ayrılarak minerallerin yüzeyine bağlanırlar.

Verilen bu bilgilere dayanarak, polimer köprüleri ile flokülasyon için gerekli koşullar şunlardır, a-Flokülan floküle olacak mineralin yüzeyine adsorbe olmalıdır.

b-Flokülan köprüleri mineral parçacıkları arasındaki çift tabaka itmesini önleyecek kuvvette olmalıdır.

c-Karşılıklı kümeleşmeyi önlemek için dengeli bir süspansiyon gereklidir. (Bu denge PH ayarlaması yaparak ve dispersant kullanarak sağlanır.)

d-İyi bir ayırma için, süspansiyon katı oranının fazla olması gereklidir. Flokülan çok düşük konsantrasyonla çözeltiler halinde yavaşça, çok hızlı karıştırılan pulp'a eklenmelidir.

e-Çok büyük salkımlar oluşturan flokülanlar kullanılmamalıdır.

f-Selektif flokülasyon uygulanacak bir cevherin içerdiği minerallerin tam bir serbestleşme göstermiş olması gerekir. (Tefek, 1979)

#### 3.4.4. Manyetik bağlama ile flokülasyon :

Kolloidal parçacıklardan oluşan bir süspansiyon dışarıdan uygulanan bir manyetik alana maruz bırakıldığı zaman, elektriksel çift tabaka ve Van der Waals çekim kuvvetleri yanında üçüncü bir kuvvet olarak manyetika çekim kuvveti söz konusu olur ki bu kuvvet salkımlaşmayı arttırıcı yönde etki yapar. Bu tür parçalar tanelerin sistem içinde yeniden düzenlenmesine yetecek siddette bir manyetik alanın etkisinde kaldıktan sonra bu etkilenmeyle mıknatıslanmayı korurlar. Böylece parçacıklar küçük birer mıknatıs gibi davranırlar ve uçlarından birbirini çekerler. Büyük salkımlar oluşturlar. Olay "Manyetik salkımlaşma" olarak adlandırılır. (Cikcik, 1986)

### 3.5. Yanay Polimerlerin Kullanılmasında Flokülasyona Etki Eden Etkenler.

#### 3.5.1. Polimer molekül ağırlığının etkisi :

Flokülasyon sisteminde kullanılan sentetik Polimerlerin molekül ağırlığının salkımlasmaya etkisi oldukça büyüktür. Özellikle ortalama 0,01 kg/tn polimer ilavesinden sonra yüksek molekül ağırlıklı poliakrilamidlerin pulp içindeki katılar üzerindeki etkisi büyük olup, çökme hızları oldukça yüksek bulunmaktadır. Çesitli araştırmacılar tarafından yüksek molekül ağırlıklı polimer içeren pulpler de meydana gelen salkımların çaplarının daha büyük olduğu saptanmıştır. Polimer miktarının arttırılmasıyla oluşan salkımların çökme hızlarında bir artma olduğu gözlenmiştir. Cevher hazırlamada vakum filtrasyon işleminde dayanıklı ve sağlam olması nedeniyle küçük boyuttaki salkımlar tercih edilmektedir. Filtrasyon işleminde genellikle orta molekül ağırlıklı polimerler ( $8-10 \times 10^6$ ) kullanılır. (Hunter ve Pearse, 1982)

Funun yanında polimer anyonik değerinin artması sonucu çökelen katı miktarında hızlı bir şekilde artışı yapılan çesitli araştırmalarda elde edilmiştir. (Ateşok, 1987)

#### 3.5.2. Polimer dozaının etkisi :

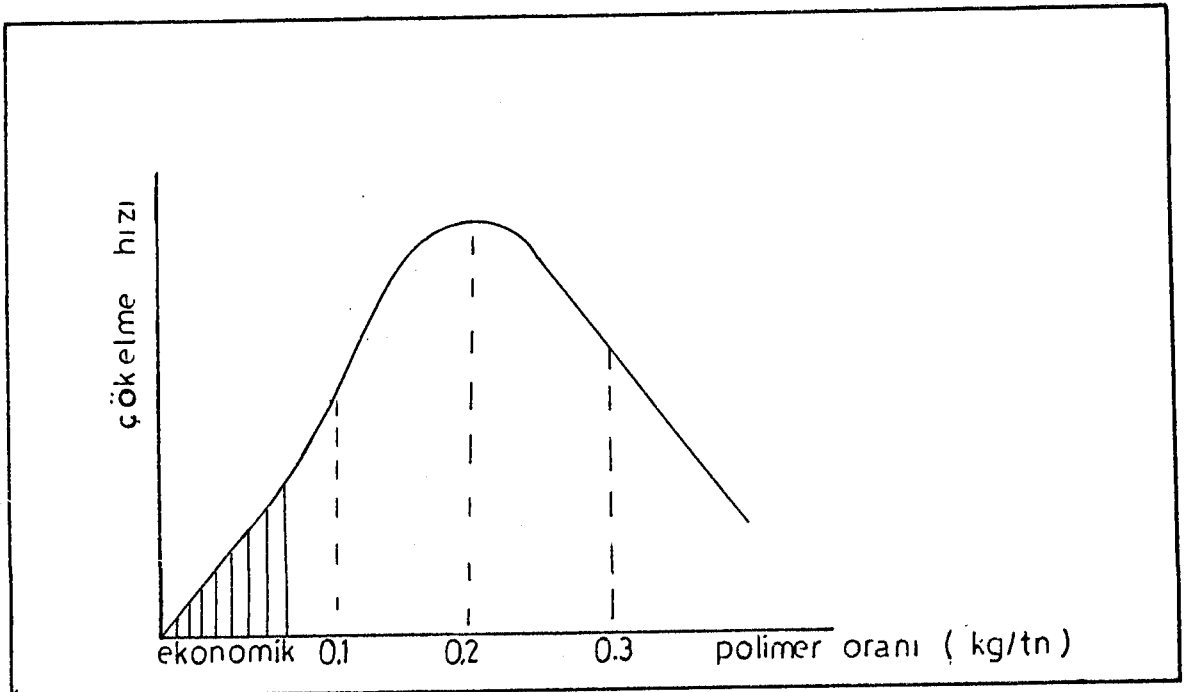
Flokülasyon işleminde kullanılan polimerlerin miktarının ayarlanması önemli olmaktadır. Fazla miktarda kullanılan polimer maliyeti arttıracağı gibi, eğer elde edilecek olan temiz su tekrar tesiste kullanılacaksa su içinde bulunan flokülün madde tesisteki işlemi olumsuz yönde de etkilevebilir. (Moss ve Dymond, 1978)

Flokülen miktarının ayarlanması ve bir sistem için etken olan parametrelerin optimal değerleri sağ-

lıklılı bir biçimde labaratuvar düzeyinde saptandığı tak-  
dirde, endüstrideki uygulamalarda da basarılı olacağı  
kesin olmaktadır. Kullanılan fazla flokülönlör mineral  
yüzeyinde sıkışma yapar. Polimerlerin, parçanın bütün  
yüzeyini kaplıyarak sıkışması ve köprü kurulacak yer-  
leri kapatmasından dolayı dengeli bir süspansiyon o-  
lusumu olan peptizasyona nedne olur yani parçaların  
üzerinde köprü kurulması için gereken boş yerleri kap-  
lar ve bir araya gelmesini önleyip flokülasyon oluş-  
masına yardım eder. (Poslu, 1987)

Özellikle polimerlerle salkımlastırılacak ve  
salkımlastırılmayacak pulp içinde mevcut katıların fi-  
ziksel, kimyasal ve elektrokinetik özelliklerinin çok  
iyi bilinmesi, basarınının en önemli faktörü kabul edil-  
mektedir. (Atesok, 1987)

Endüstride ekonomik olarak ton-katı başına 50  
gram flokülönlör kullanılır. Ancak özel durumlarda bu mik-  
tar 2-6 kg/tn katına çıkabilir.



Sekil : 12 Polimerlerin kullanım oranları.



### 3.5.3. Parça boyutunun etkisi :

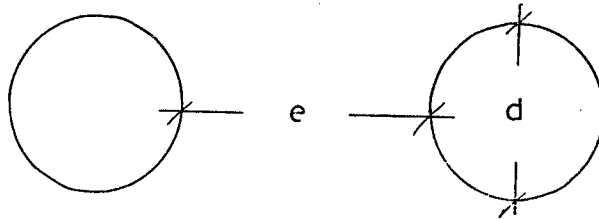
Ortamda bulunan tanelerin birbirine yapışma olasılığı yok ise bekleme süresi ne kadar uzatılırsa da flokülasyon olayı gerçekleşmez. Ancak tanelerin yapışma olasılığı bulunduğu zaman belli bir süre sonra flokülasyon olayı gerçekleşir. Flokülasyonun gerçekleşmesi için gerekli olan süre süspansiyon içerisinde bulunan katı madde miktarına, katı maddenin tane büyüklüğüne ve diğer ortam şartlarına bağlıdır. Floküle olabilecek tanelerin maximum büyüklüğü, ortamın seyreltme oranına, çökme zamanına veya mesafesine bağlı olarak bulunabilir.

$$Q: 2.4r^3 \frac{y^2(y+1)}{(y+1)-y+(y+z)} \text{-----}(17)$$

Q:Flokülasyon zamanı (sn)

r:Parça boyutu (mikron)

y:Taneler arası uzaklığın tane çapına olan oranı



$$y: \frac{e}{d} \quad y: \sqrt[3]{D+1} - 1 \text{-----}(18)$$

e:Taneler arası uzaklık

d:Tane çapı

D:Su hacminin katı hacmine olan oranı

Floküle edilecek maximum tane büyüklüğü,

$$r: 2.53 \times L^{1/5} \times \left[ \frac{(y+1) - y+(y+2)}{y^2 \cdot (y-1)} \right]^{1/5} \text{-----}(19)$$

L: Çökme yüksekliği

İnce tanelerle beraber iri tanelerde bulunursa taneler iri taneler etrafında toplanarak floküle olmadan kısa sürede çökerler.

#### 3.5.4. Pulp yoğunluğunun etkisi :

Ortaman pulp yoğunluğunun artmasıyla tanelerin birbirlerine değme ve çarpışma olasılığı artar. Bu da flokülasyonu etkiler.

#### 3.5.5. Kesme kuvvetinin etkisi :

Süspansiyonun çökme hızını arttırmak için kısa bir süre düşük hızlı karıştırma işlemi yapılabilir. Ancak bu karıştırma salkımlaşmış bulunan parçaların ayrılmasını engelliyecek türden olmamalıdır. Bu nedenle de su ve artık su arıtım tesislerinde salkımlaştırma işlemi için genellikle kanatlı karıştırıcılar kullanılır. Ancak perdeli tanklarda hidrolik olarak ve havalandırmalı olamlarda ise hava dağıtıcıları ile de, gerekli yavaş karıştırmayı sağlamak, mümkündür. (Yeşilkaya, 1989)

#### 3.5.6. PH'ın tesiri :

Çözelti PH değerinin salkımlama işleminde çok önemli bir veri vardır. Ortam PH'sına bağlı olarak, pulp içerisinde meydana gelen salkımların özellikleri de değişmektedir. (Hunter ve Pearse, 1982) Düşük PH değerinde (asitik ortam) oluşan salkımlar genellikle küçük boyutlu ve sağlam bir yapıda olmalarına karşın, yüksek PH değerinde (bazık ortam büyük boyutlu ve gevsek-kırılgan bir yapı özelliği gösterirler. Salkımların ortamPH'sına bağlı olarak göstermiş olduğu bu yapısal özellikleri, flotasyon ve filtrasyon işlemlerinde büyük önem taşır.

Salkımlama yönteminde çok önemli bir parametre olan ve salkımların oluşmasında doğrudan etkili o-

lan adsorpsiyon faktörü, ortam PH'sına bağlı olarak önemli değişiklikler görür. Ortam PH değeri, gerek pulp içinde bulunan katılara ve gerekse pulp'a ilave edilen polimere etki etmekte ve doğal özelliklerini değiştirmektedir. (Ateşok, 1987)

### 3.5.7. Sıcaklığın etkisi :

Bilindiği gibi sıcaklığın arttırılması sonucunda mineral tanelerinin floküle olma özelliği de artmaktadır. Ters durumda ise tanelerin floküle olma özelliği azalır.

## 3.6. Flokülasyonda Kullanılan Floküle Edici Maddeler:

### 3.6.1. Doğal flokülanlar :

Flokülasyon işleminde en çok kullanılan doğal flokülan kireçtir. Bundan başka, un, nişasta, zambak, jips, sülfürik asit, bakır sülfat gibi doğal olarak bulunan maddelerde flokülan olarak kullanılır.

### 3.6.2. Yapay flokülanlar :

Yapay flokülanlar geniş kullanım alanı bulan polimerler olarak adlandırılan maddelerdir. Polimerler, Poliakrilamidler olup, salkımlastırıcı olarak işlev görürler. Üç gruba ayrılırlar.

Anyonik Polimerler

Katyonik Polimerler

İyonik olmayan Polimerler, olup molekül ağırlığına göre,

-Yüksek molekül ağırlıklı  $(14-20) \times 10^6$ ,

-Orta molekül ağırlıklı  $10 \times 10^6$ ,

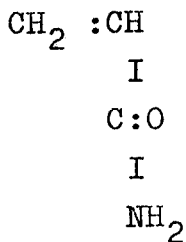
-Düşük molekül ağırlıklı  $1 \times 10^6$  ayrılırlar.

Polimerlerin cevher hazırlama tesislerinde kullanım şekli ise,

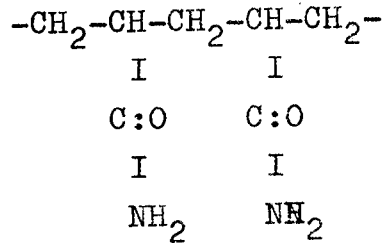
- 1- Anyonik ve iyonik olmayan poliakrilamidler katyonik yapıda olanlara nazaran daha yaygın olarak kullanılırlar,
- 2- Yüksek molekül ağırlığına sahip polimerler genellikle alkali ortamlarda kullanılırlar,
- 3- İyonik olmayan polimerler asidik ortamlar için uygundur,
- 4- Orta molekül ağırlıklı polimerler filtrasyon işlemi için uygundur,
- 5- Yüksek molekül ağırlıklı polimerler, sedimantasyon işlemlerinde tercih edilir.

Polimerler, parçalar üzerinde çok kuvvetli olarak adsorbe olurlar. Yapay polimerler, yeterli uzunlukta yüksek molekül ağırlıklı olup bunlar parçaların üzerine üç boyutlu matriks şeklinde adsorbantırlar. (Özdağ, 1987)

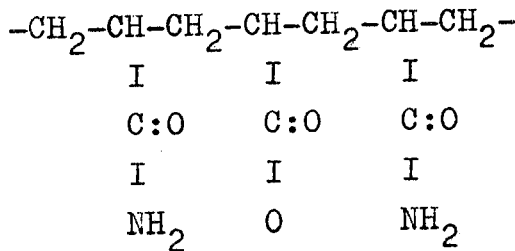
#### AKRİLAMİD



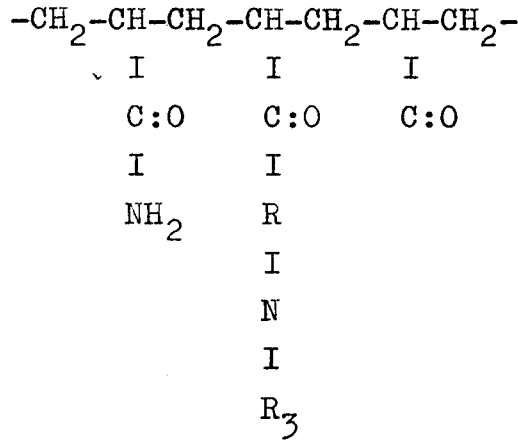
#### POLİAKRİLAMİD



#### ANYONİK POLİAKRİLAMİD



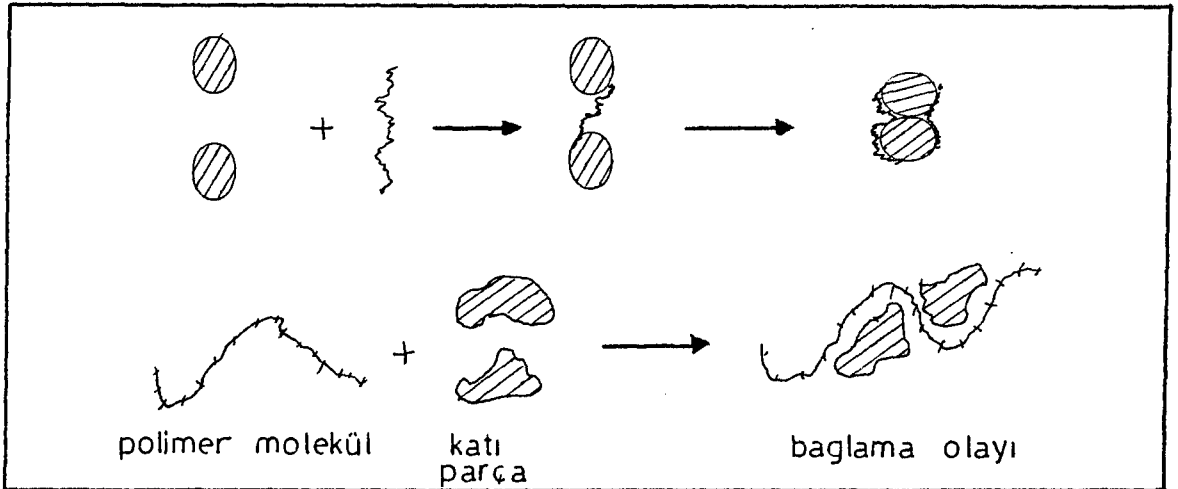
KATYONİK POLİAKRİLAMİD



3.6.2.1. Yapay flokülünlerin taneleri bağlama şekilleri:

Yapay polimerlerin taneleri bağlamaları iki teori ile açıklanabileceği belirtilmiştir. (Özdağ,1987)

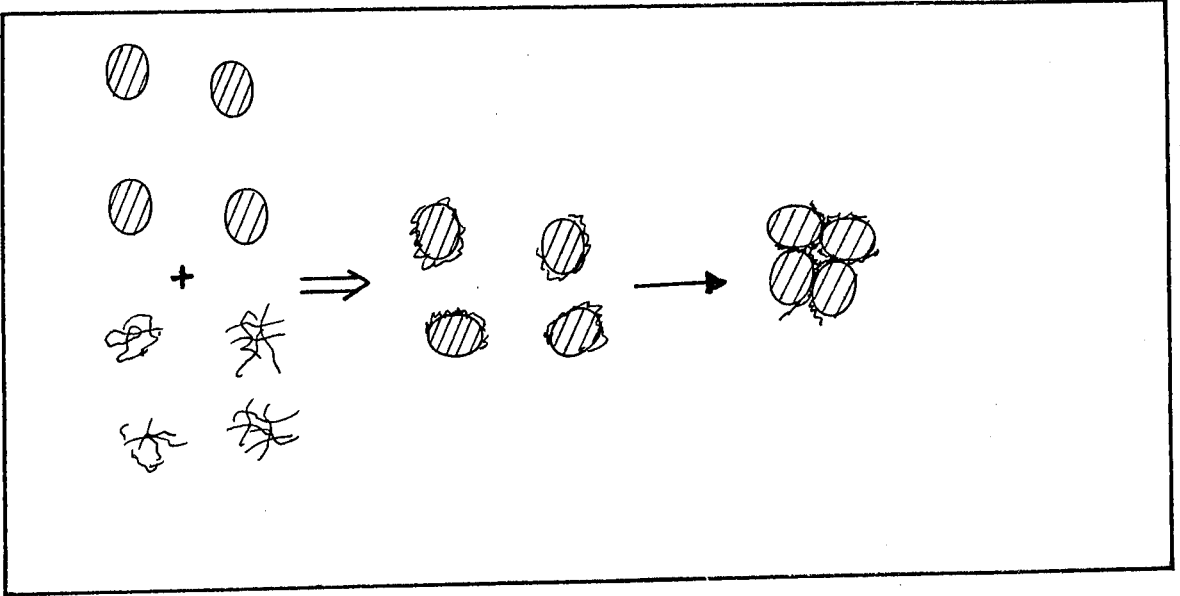
1- Polimer molekülü iki parça arasında köprü kurarak onların etrafını sarmaktadır.



Şekil:13 Flokülünlerin taneleri bağlaması.

2- Su içerisinde dağılmış durumda bulunan her polimer molekülü, yine su içerisinde bulunan dağılmış durumdaki her bir mineral tanesi üzerine adsorblanır. Polimer molekülleri ile adsorblanmış bulunan dağılmış mineral taneleri süspansiyonun karıştırılması ile çarpışırlar ve bu çarpışma sırasında birbirleriyle birleşirler.

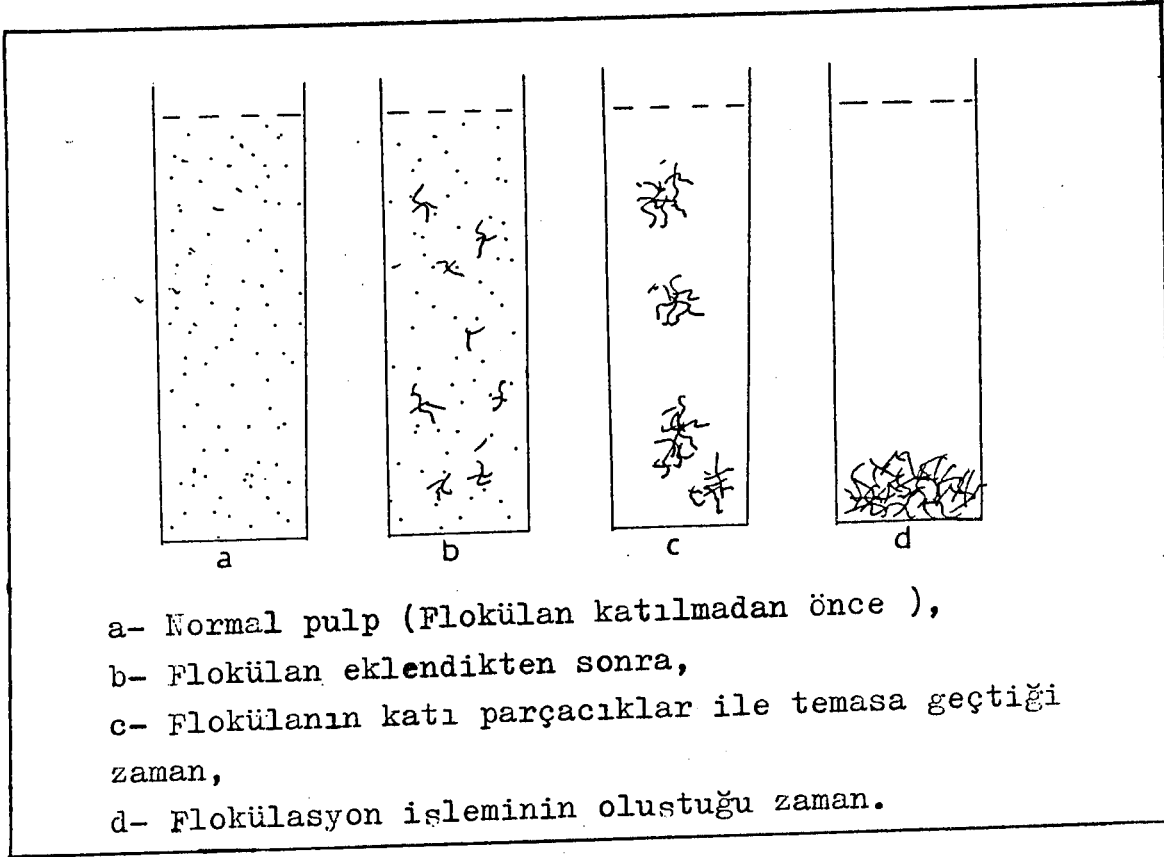
Bu yolla daha fazla sayıda tanenin bir araya gelmesi sağlanarak daha etkin bir çökeltme sağlanmış olur.  
(Mosş ve Dymond, 1978)



Şekil : 14 Flokülünlerin taneleri bağlama durumları.

### 3.7. Flokülasyon Oluşum Sekli :

Flokülünler yüksek molekül ağırlıklı polimerler olup katı parçacıkların yüzeylerine yakınlık gösterirler. Bu yakınlıklarından doğan netice, katı parçaların bir araya gelmesi ve bir salkım oluşturmalarıdır. Şekil 14'de şematik olarak görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi flokülünler parçacıkların birbirine bağlanmasına neden olur. Daha sonra bir araya gelen (salkımlanan) parçacıklar dibe kısa sürede çökeltme eğilimi gösterir ve çökerler. (Yeşilkaya, 1989)



Şekil:15 Flokülasyon oluşum seması.

Flokülasyon işleminde katı oranı yüksek ve düşük konsantrasyonlu pulplarda çökeltme genel olarak iki şekilde meydana gelmektedir.

### 3.7.1. Katı Oranı Yüksek Pulp'ler :

Katı oranı yüksek olan pulp'lerin çökeltmesi için gerekli zaman daha fazla olmaktadır. Bunun nedeni ise ortamdaki katı parçacıkların birbirleriyle etkileşiminin fazla olmasıdır.

### 3.7.2. Katı Oranı Düşük Pulp'ler :

Katı oranı düşük pulp'lerin çökeltme zamanı daha kısa olmaktadır. Ortama floküle edici maddeler katıldığında taneler kısa zamanda çökeltmek kabın dip kısmında bir zon oluştururlar. Katı oranı düşük pulp'lerde flokülanlar katı parçacıklarının yüzeylerine daha iyi bir şekilde ve daha hızlı adsorbe olurlar.

### 3.8. Flokulanların Kullanım Alanları :

Günümüzde özellikle madencilik sektöründe, üretimde mekanizasyonun yerleşmesi ve zenginleştirme işleminde öğütme olayının artması nedeniyle ince malzeme sorunu ortaya alınmalıdır. Proseslerde çeşitli problemler yaratan bu ince malzemelerin değerlendirilmesi veya kullanılabilir duruma getirilmesi bilinen cevher hazırlama yöntemleriyle mümkün değildir.

Bu sorun sonucunda yeni yeni zenginleştirme yöntemleri uygulanmakta veya geliştirilmektedir. En çok bakır, fosfat kömür, demir ve seramik hammaddeleri gibi madenlerde olmaktadır. Bunun yanında flotasyon işleminden sonra susuzlaştırma işleminde de önemli bir sorun olmaktadır.

Günümüzde flokulanların kullanıldığı bazı endüstri dalları, (Stockhausen,1988 )

- Pis su
- Madencilik
- Potasyum
- Kömür ve topraklama
- Cevher hazırlama
- Durulama
- Kimya Endüstrisi
- Kağıt "
- Şeker "
- Kozmatik "
- Ziraat "
- Bira "
- Gübre "
- Yağ/gaz/su
- Filtrasyon
- Sedimentasyon
- Demir - Çelik Endüstrisi



#### 4. BIGADIÇ İŞLETME MÜESSESİ

Rezerv olarak dünyanın sayılı yataklarından birisidir. Cevher niteliği olarak kolemanit ve üleksit olmaktadır.

##### 4.1. Coğrafi Konum :

Etibank Bigadiç Müessese Müdürlüğü, Balıkesir iline bağlı bigadiç ilçesinin 12 km kuzey doğusunda osmanca köyü mevkiinde kurulmuştur.

Bigadiçin kışları soğuk ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak geçer. Açık arazide çalışma koşulları sadece ocak ve subat aylarında güçlesir. Cevher (tüvenan) üretim yerlerinin müesseseye olan uzaklıkları 1 ile 12 km arasında değişmektedir. Yörede yükseklikleri fazla olmayan tepeler mevcuttur. Bitki örtüsü olarak seyrek olarak çalılık, fundalık, bodur çamve meşeler bulunur. Akarsu olarak düzensiz rejimli az sulu simav çayı vardır. İlçenin rakımı 141 olmaktadır.

##### 4.2. Tarihçe :

Bigadiç yöresinde borat yataklarını bulunuşu 1950 yılında Muharrem AGA isimli amatör madencinin çanköy yakınlarından topladığı örneklerin Dr. H. YAKAL tarafından kolemanit cevheri olarak tespit edilmesiy-le başlamıştır.

Aramaların başlamasıyla hızla gelişen bu bölgede dört Türk ve bir Fransız şirketi tarafından 17 adet ocak işletmeye açılmıştır. Daha sonra Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 1976'da aldığı bir kararla sahanın bir tanesi Etibanka devredilmiş. Genel müdürlüğünün 1976' da aldığı bir karar ile de "Etibank bigadiç kolemanit şantiyesi" Emet müessese müdürlüğüne bağlanmış fakat 1977'de alınan bir kararla ayrılıp Tesis Müdürlüğü olarak faaliyet sürdürmüştür.

4.10.1978 tarih ve 2172 sayılı devletçe işletilecek madenler hakkındaki kanun gereği özel şirketlere ait olup işletilmekte olan bor sahaları Etibank'a devredilmiş olup, bigadiç yöresindekiler tesis müdürlüğü

bünyesinde işletmeve başlanmıştır.

4.6.1982 tarihinde tesis müdürlüğü işletme müdürlüğüne dönüştürülmüş, 13.6.1983 tarihinde yürürlüğe giren 2840-sayılı yasa gereğince civarda bulunan ve daha önce devredilmeyen diğer bor tuzu sahalarında işletme müdürlüğü bünyesine geçirilmiştir.

19.10.1983 tarihinde alınan bir karar ile 1.1.1984 tarihinden geçerli olmak üzere Etibank Bigadiç madenleri işletmeleri müessesese müdürlüğü haline getirilmiş olup halen bu statüyle faaliyetine devam etmektedir.

Müessesenin işletmekte olduğu halen toplam 405 saha mevcuttur.

#### 4.3. Tektonik :

Bigadiç volkanosedimanter havzasının neojen yaşlı çökellerinin genel doğrultulara kuzeydoğu-güneybatı (KD-GB) dir. Tabakalı yapıya sahip olan birimlerde yerel değişimler dışında tabaka egim açıları 0-30 arasındadır. Eğim yönleri çoğunlukla KB-GD dur.

Havzanın ana tektonik unsurları kıvrımlar, faylar ve diskordanslardır. Üretim yapılan simav vb. bölgede faylar mevcuttur. Bölgede Palezoik yaşlı düşük dereceli metamorfizmaya uğramış kayalar, mesozoyik yaşlı efiyelitli seri kayaları ile bunların üzerine diskordansla gelen borat yatakları, neojen yaşlı volkanik, volkanosedimanter ve sedimanter kayalar bulunur.

Alt ve üst boratlı birimlerde borat oluşumlarının volkanizma ilişkileri açıktır. Bu boratlı birimler alt ve üst tüf birimlerini veren volkanizmaların bor bakımından zengin hidrotermal evrelerinin ürünleridir.

Foratlar, killi, kireçtaşlı ve marnlı serilerde ardalı olarak yer alırlar.

#### 4.4. Bigadiç Bor Yatakları Ve Rezerv Durumu :

Rezerv olarak Bigadiç bor yatakları Türkiye'nin en önemli bor yataklarındandır. Çalışma sahasındaki ekonomik bor mineralleri kolemanit ve üleksittir, ancak

pandermit, havlit, propertit, meyerhaffenit gibi bor mineralleride mevcuttur.

Kolemanit:Suda çok zor, asitte kolay çözünür ısıtıldığında yeşil alev verir, camsı parlaklıktadır, sertlik 4, yoğunluk  $2.4^2 \text{ gr/cm}^3$ tür.

Üleksit:Soğuk suda az, sıcak suda daha fazla ve asitlerde kolay çözünür. İpek parlaklığındadır, sertlik 2,5 yoğunluk  $1.97 \text{ gr/cm}^3$ tür.

Müessesenin 1.1.1986 yılı rezerv durumu aşağıdaki gibidir.

	Görünür(tn)	Muhtemel(tn)	TOPLAM (tn)
Kolemanit	346.961.836	264.443.329	611.405.165
Üleksit	40.897.129	13.072.377	53.965.506
Toplam	387.858.965	277.515.706.	665.374.671.

#### 4.5. Cevher Üretim Yerleri Ve Uygulanan Metodları :

Tüvenan cevher üretimi halen 6 adet kapalı ve 1 adet açık ocaktan yapılmaktadır. Kapalı ocakların hepsi özel şirketlerden devr alınmış olup, üretim metodu ise "Geri dönümlü tavan göçertmeli uzun ayak" yöntemi uygulanmaktadır.

#### 4.6. KONSANTRATÖR TESİSİ :

maden ocaklarından üretilen tüvenan kolemanit veya üleksit cevherleri ocak silo ve stoklarından kamyonlarla konsantratör üstü stok sahasına getirilip oradan konsantratör tüvenan silosuna aktarılır. Buradan konsantratöre beslenen tüvenan cevher aşağıda belirtilen kırma ve yıkama ünitelerinden geçirilerek konsantre cevher haline dönüştürülür.

Cevher silo ağzındaki sabit ızgaradan (3.8mx 4.9m ebadında ızgara açıklığı 400mm x 400mm ve 93 tn/h kapasiteli) geçirilerek tane büyüklüğü 400mm ile sınırlandırılıp, tüvenan silosunda stoklanır. Silo altından çelik paletli bant (1,400 x 3.600mm ebadında, 50-200 tn/h ayarlanabilir kapasiteli) vasıtasıyla alınan -400mm boyutundaki malzeme sabit ızgaralı eleğe veri-

lır. Elek üstü (+125-400mm) çeneli kırıcıya verilir. (50-200 tn kapasiteli) Elek altı ve çeneli kırıcıdan çıkan -125mm boyutundaki tüvenan cevher bant konveyör (900 x 18.500mm ebadındaki, 100tn/h kapasiteli hızı 1.3m/sn) vasıtasıyla ıslatma havuzunun (500m<sup>3</sup> x4 Adet) boş göziğine aktarılır. Havuz su ile doldurulduktan sonra üzerine cevher verilip malzeme su ile ıslanır. Bir vardiya süresince kırılan cevher bir ıslatma havuzunu doldurur. Cevher su altında (16-24 saat) bırakılarak içinde bulunan bil ve benzeri gang metarveli yumuşatılır. Bu sırada küçük ahsap parçalarında yüzdürülerek temizlenir.

Islatma havuzunda bekletilmiş olan malzeme ve suyu havuz dibindeki vana ve boru bağlantısı yardımıyla vibratör eleğe verilir. Vibrör eleğin üstüne verilen malzeme gezer köprü viyç (12 ton ve 7,5 ton kapasiteli 2 adet) yardımıyla bunkere (93tn/h kapasiteli) beslenir. Bunkerden çıkan malzeme varvatörlü besleyici vasıtasıyla yıkama tamburuna (93tn/h) aktarılan cevher üzerine yeterince su verilir. Böylece kil sulu ortama geçer ve cevher kilden arınır. Yıkama tamburunu geçen ve kilden ayrılan malzeme tambur sonundaki salyangoz vasıtasıyla tamburdan atılır. Tamburun çıkış tarafında gövdeye tespit edilen döner tromer eleğe (konik, elek açıklığı 25mm 93 tn/h kapasiteli) dökülen yıkanmış cevher elenirken bir su dusunun altından geçer ve yüzeyindeki kirli sudan arınır. Elek üzerinde kalan malzeme triyaj bandına (50t/h kapasiteli) dökülür. Bu bant malzemeyi 0.25m/sn hızla 25-125mm konsantre ürün silolarına götürürken el ile triyaj yapılır. Triyajda cevher içindeki gang ve benzeri taşlar ayıklanarak triyaj bandının altında bulunan posa bandına aradan da posa silosına atılır. Triyaj bandının üstünde kalan konsantre mekik konveyör (50tn/h kapasiteli, 1m/sn hızlı) ile son ürün silolarına (135 x2 :270m<sup>3</sup>) stoklanır. Nihai ürün ve posa silolarındaki malzeme silo diplerindeki kapak tertibatıyla kamyonlara yüklenir.

Yıkama tamburu eleğinden geçen -25mm ebadındaki

malzeme vibrör eleğe (50tn/h) aktarılır. Vibrör elek açıklığı 3mm'dir. Böylece 3mm'den küçük malzeme sulu olarak elekte süzülüp, alttaki tulumba havuzuna (24tn/h) geçer. Elek üstünde kalan malzemenin kil'den tam arınması için elek üstüne su dusu uygulanır. Elek üstü 3-25mm ebadındaki malzeme dustan geçip fazla serbest suyunu bıraktıktan sonra klasifikatöre beslenir. Burada cevher taşarından atılır ve aynı zamanda cevherin yüzeysel temizliği yapılır. Klasifikatör çıkışı bant konveyörle (26tn/h) 3-25mm konsantre ürün silosuna nakledilir.

Tulumba havuzuna gelen elek altı malzemesi kum pompası (24 t/h) yardımıyla siklon grubuna aktarılır. -100 Mes boyutunda olan siklon üstü artık barajına atılır. Siklon altı ise spiral klasifikatöre (14.6t/h) beslenir. Klasifikatöre ayrıca temiz su ilave edilerek siklon altının içerdiği kil oranı azaltılır. Spiral klasifikatörden taşan slam siklon üstü ile beraber artık barajına gönderilir. Klasifikatör çıkışı ise -3mm konsantre olarak bant konveyörle nihai ürün silosuna gönderilir.

## 5. DENEYSEL ÇALIŞMA

### 5.1. Örnek Ağırlığı :

Bu çalışmaya esas olan örnek, konsantratör artığını, artık barajına nakleden boru donanımında bulunan numune alma vanasından 73 lt. alınmıştır. Numunenin katı oranı % 22,53 tür.

### 5.2. Boyut Analizi :

Etibank Biğadiç Bor Madenleri Konsantratör artığının boyut analizi yapılmış olup tablodaki değerler bulunmuştur. Tabloya bakıldığı zaman artık içinde iri parçacıkların bulunduğu anlaşılır.

Flokülasyon-Koagülasyon işleminde iri taneciklerin ortamı etkiledikleri bilindiğinden numune 0,212 mm'lik elekten geçirilmiştir. Elek üstünün  $B_2O_3$  oranı % 18,64 olarak bulunmuştur. Elek altı ise deneylerde kullanılan numune olmaktadır.

Katı oranı % 12,02

Elek Boyutu (mm)	Miktar (Gr)	Dağılım %	Kümülatif Elek altı %	Kümülatif Elek üstü %
+0,850	56,45	25,00	100,00	25,00
-0,850+0,500	35,60	15,80	75,00	40,00
-0,500+0,300	18,00	8,00	59,20	48,80
-0,300+0,212	7,50	3,30	51,20	52,10
-0,212+0,150	3,25	1,45	47,90	53,55
-0,150+0,075	9,90	4,48	46,45	58,03
-0,075+0,053	7,50	3,30	41,97	61,33
-0,053	87,10	38,67	38,67	100,00
TOPLAM	225,30	100,00	-	-

### 5.3. Sedimentasyon Deneyleri :

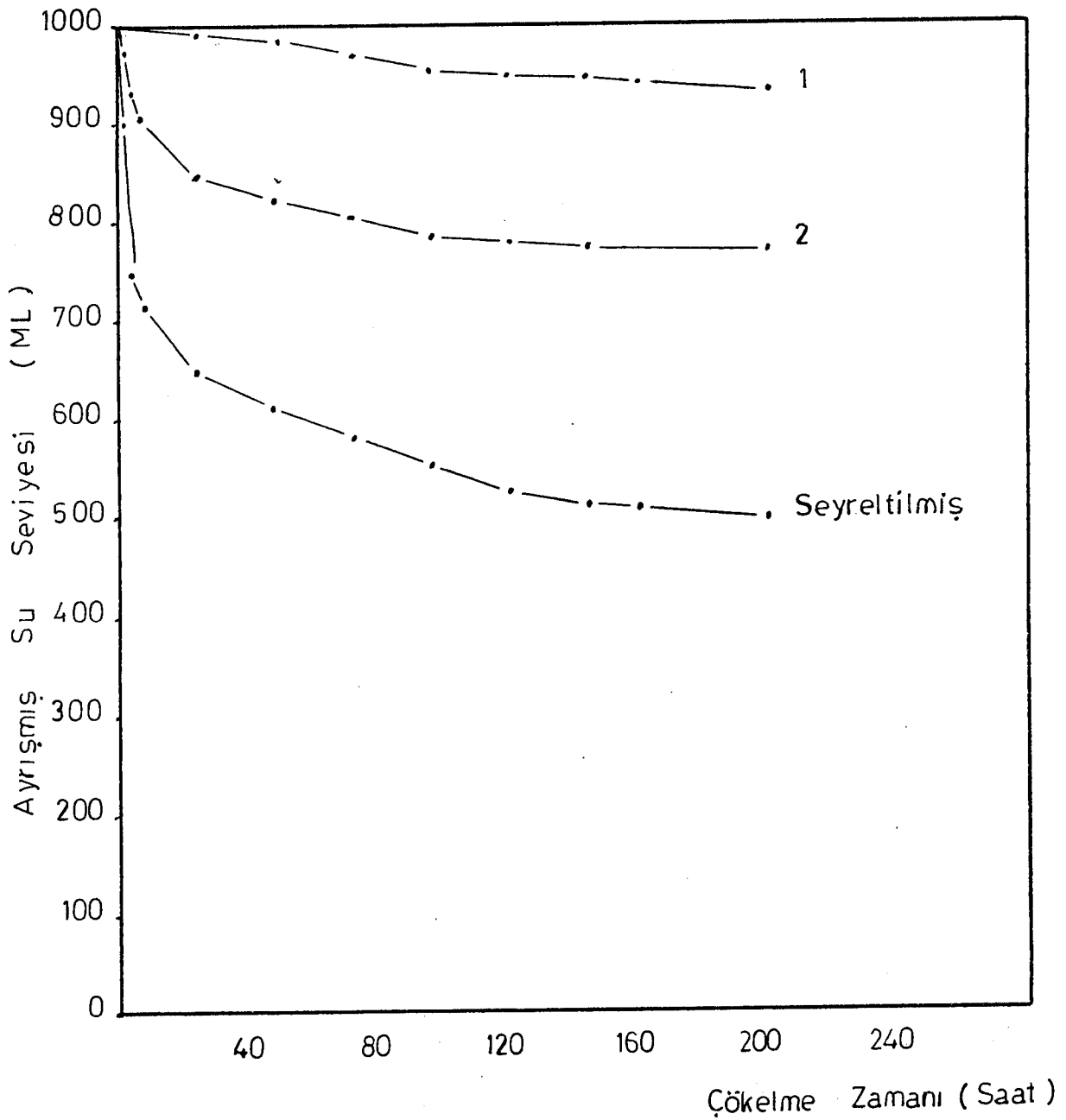
Sedimentasyon deneyleri, 1000 ml'lik mezürlerde üç ayrı katı oranın da yapılmıştır. Birincisi katı oranı % 22,53 olan pulp'un, ikincisi katı oranı % 12,02 olan pulp'un ve üçüncüsü ise ikincisinin (1/1) oranında saf su ile seyreltilmesi sonucunda yapılan sedimentasyon deneyleridir.

Sedimentasyon deneylerinin yapıldığı mezür 1000 ml'lik olup yükseklik 31,0cm , iççap 6,0cm dir.

Aşağıdaki tabloda sedimentasyon deneylerine ait veriler bulunmaktadır.

Çökme Zamanı (Saat)	Ayrılmış Su Seviyesi (Ml)		
	1.	2.	Seyreltilmiş(1/1)
0	1000	1000	1000
1	1000	980	1000
2	1000	960	900
4	1000	940	750
8	1000	910	720
24	990	860	650
48	980	830	610
72	970	810	575
96	960	780	555
120	955	775	535
144	950	770	520
160	945	770	510
200	940	770	500

Tablo : 1 Sedimentasyon deneyi ile meydana gelen çökme miktarları.



Şekil : 16 Sedimentasyon deneyi ile meydana gelen çökelme eğrisi.



#### 5.4. Flokülasyon - Koagülasyon Deneyleri :

Flokülasyon - Koagülasyon deneylerinde değişik flokülünler ve koagülünler kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan flokülünlerin özellikleri,

<u>Flokülün</u> <u>cinsi</u>	<u>Çözünür-</u> <u>lülüğü</u>	<u>Vizkozitesi</u> <u>(m.Pa.s)</u>	<u>Etkile olduğu</u> <u>( PH )</u>
Orta Katyonik	çok iyi	10	1-13
Orta Anyonik	çok iyi	40	6-13
Düşük Anyonik	çok iyi	10	1-12
Non İonik	çok iyi	10	0-13

Yukarıda belirtilen flokülünlerden başka Poli etilenoksit ve koagülün maddeler kullanılmıştır. Kullanılan flokülünler ve Polietilenoksit Ağırlıkça % 0,04 oranında hazırlanmıştır.

Koagülün olarak kullanılan, Aluminyum Sülfat  $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$ , Demir Klorür  $[FeCl_3 \cdot 6H_2O]$ , Baryum Klorür  $[BaCl_2 \cdot 2H_2O]$  ve Kalsiyum Klorür  $[CaCl_2 \cdot 2H_2O]$  maddeleri Ağırlıkça % 20 oranında hazırlanmıştır.

Deneylerde kullanılan mezürler,  
250 ml'lik ; yükseklik 13,50 cm , iç çap 4,60 cm  
500 ml'lik ; yükseklik 17,00 cm , iç çap 5,90 cm

5.4.1. Orta Katyonik Flokulan ile Yapılan Flokulasyon Deneyi :

Kullanılan flokulan miktarları,

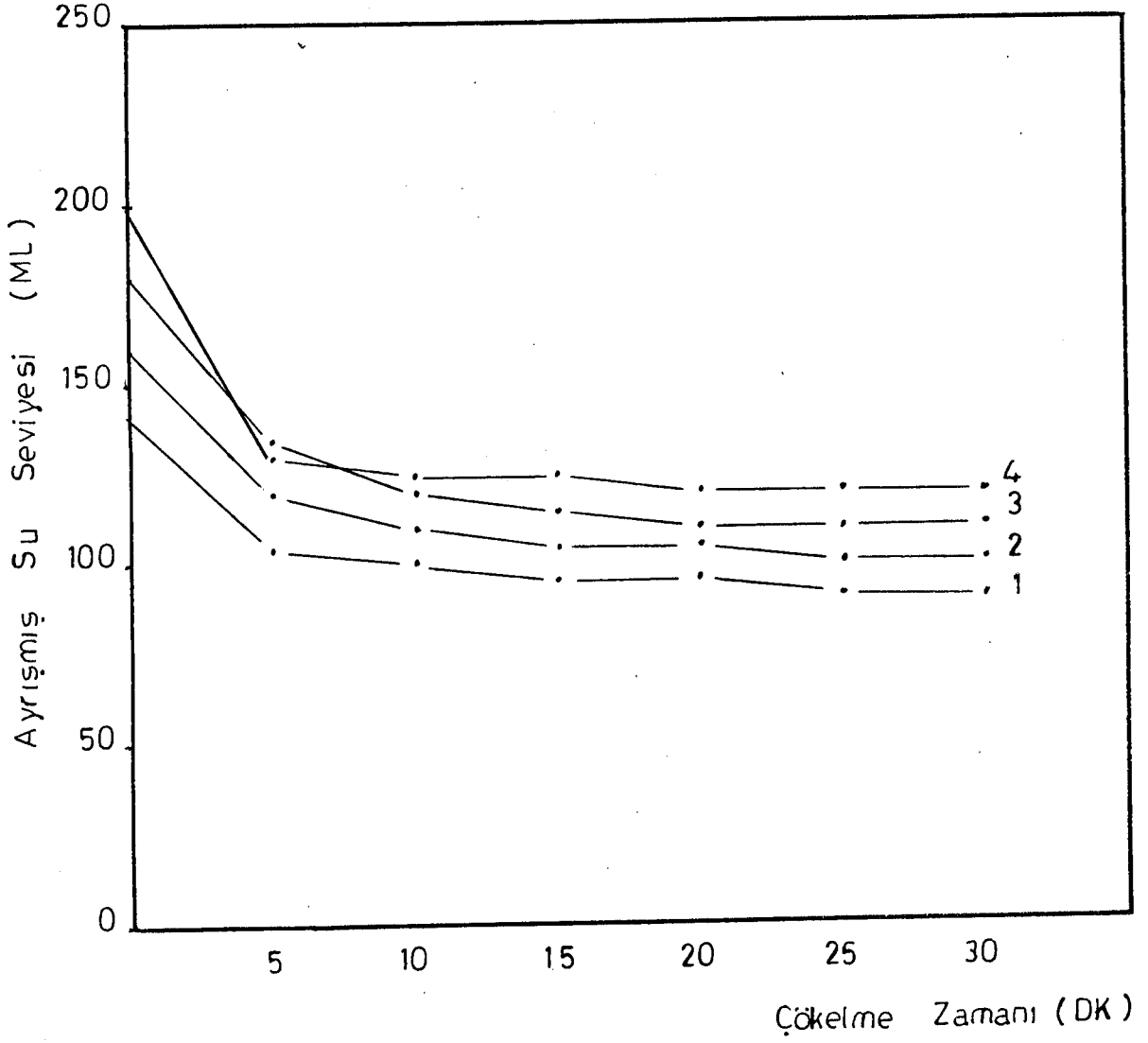
	<u>(Ml)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn.katı</u>
M <sub>1</sub> :	40 -----	1.331
M <sub>2</sub> :	60 -----	1.996
M <sub>3</sub> :	80 -----	2.662
M <sub>4</sub> :	100 -----	3.327

Pulp miktarı :100ml

üst sıvı zonu: Berrak

Çökelme zamanı (DK)	Ayrılmış su seviyesi (ml)			
	M1	M2	M3	M4
0	140	160	180	200
5	105	120	135	180
10	100	110	120	125
15	95	105	115	125
20	95	105	110	120
25	90	100	110	120
30	90	100	110	120

Tablo:2 Orta Katyonik flokulan ile yapılan flokulasyonda meydana gelen çökelme miktarları.



Sekil : 17 Orta Katyonik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.4.2. Orta Anyonik Flokulan ile yapılan Flokülasyon Deneyi :

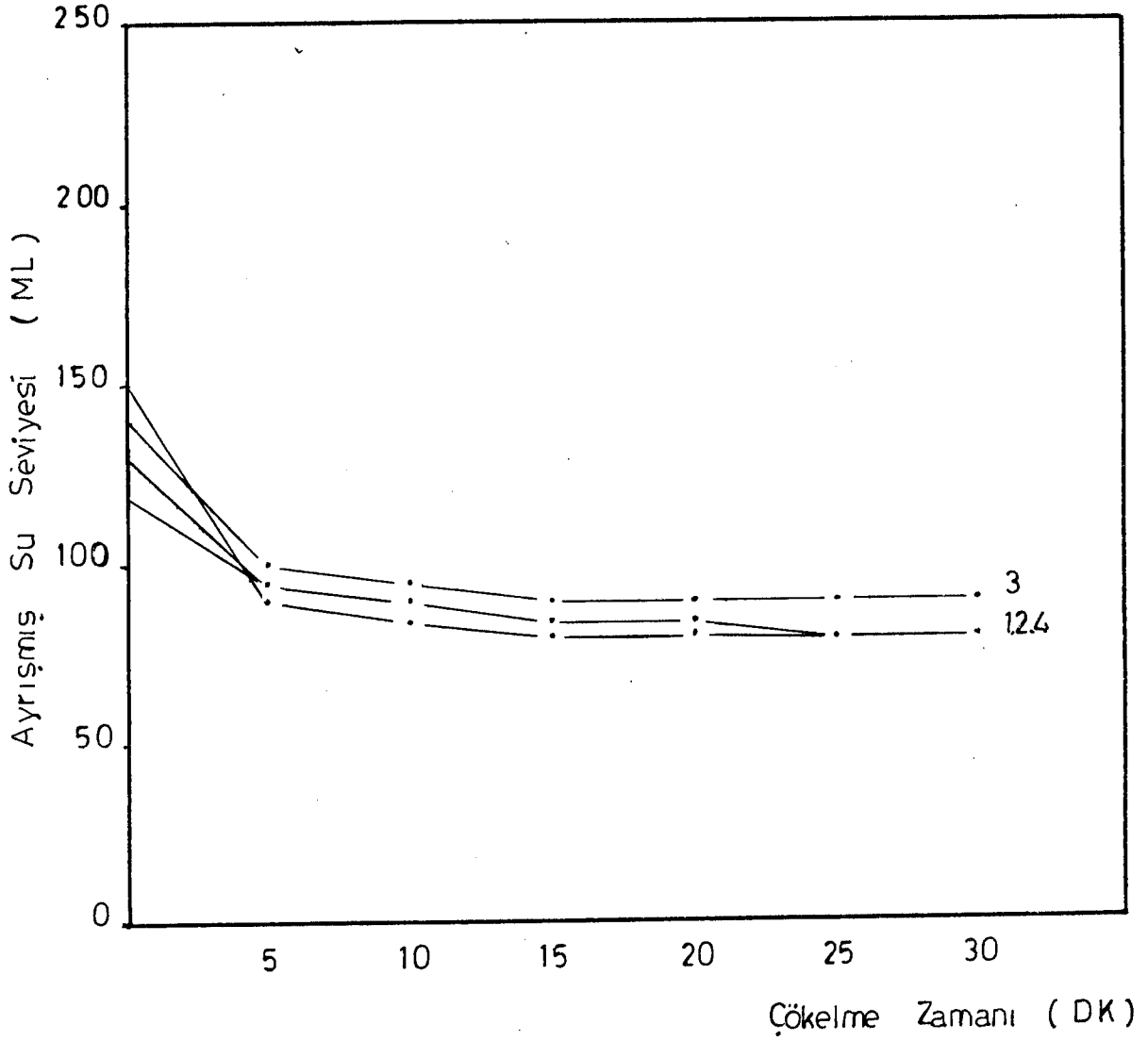
Kullanılan flokulan miktarı,	
<u>(ml)</u>	<u>Gr. Flokulan /tn.katı</u>
M <sub>1</sub> : 20	----- 665
M <sub>2</sub> : 30	----- 998
M <sub>3</sub> : 40	-----1.331
M <sub>4</sub> : 50	----- 1.663

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu: Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su seviyesi (ml)			
	M1	M2	M3	M4
0	120	130	140	150
5	95	95	100	90
10	90	90	95	85
15	85	85	90	80
20	80	85	90	80
25	80	80	90	80
30	80	80	90	80

Tablo: 3 Orta Anyonik flokulan ile yapılan flokülasyonda meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 18 Orta Anyonik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi.

5.4.3.Düşük Anyonik Flokulan İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan Flokulan miktarı,

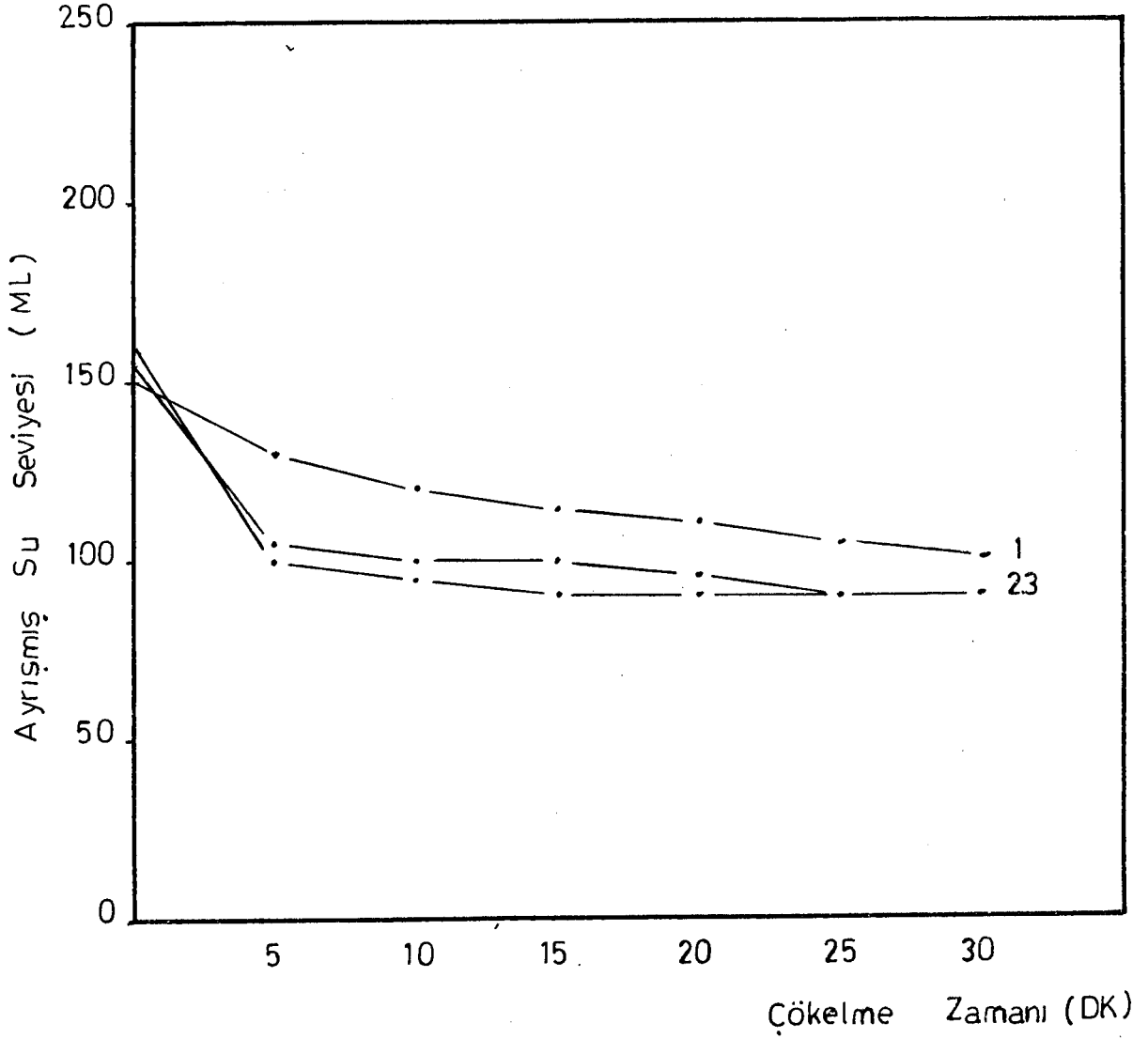
<u>(ml)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn.katı</u>
M <sub>1</sub> : 50	1.663
M <sub>2</sub> : 55	1.830
M <sub>3</sub> : 60	1.996

Pulp miktarı : 100 ml

Üst sıvı zonu: Berrak değil, hafif salkımlaşma gözlenmektedir.

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su seviyesi (ml)		
	M1	M2	M3
0	150	155	160
5	130	105	100
10	120	100	95
15	115	100	90
20	110	95	90
25	105	90	90
30	100	90	90

Tablo: 4 DüşükAnyonik flokulan ile yapılan flokülasyon da meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 19Düşük Anyonik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi.

5.4.4. Non İonik Flokulan İle Yapılan Flokülasyon

Deneyi :

Kullanılan Flokulan Miktarı :

	<u>(ML)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn.katı</u>
M <sub>1</sub> :	65 -----	2.163
M <sub>2</sub> :	75 -----	2.495

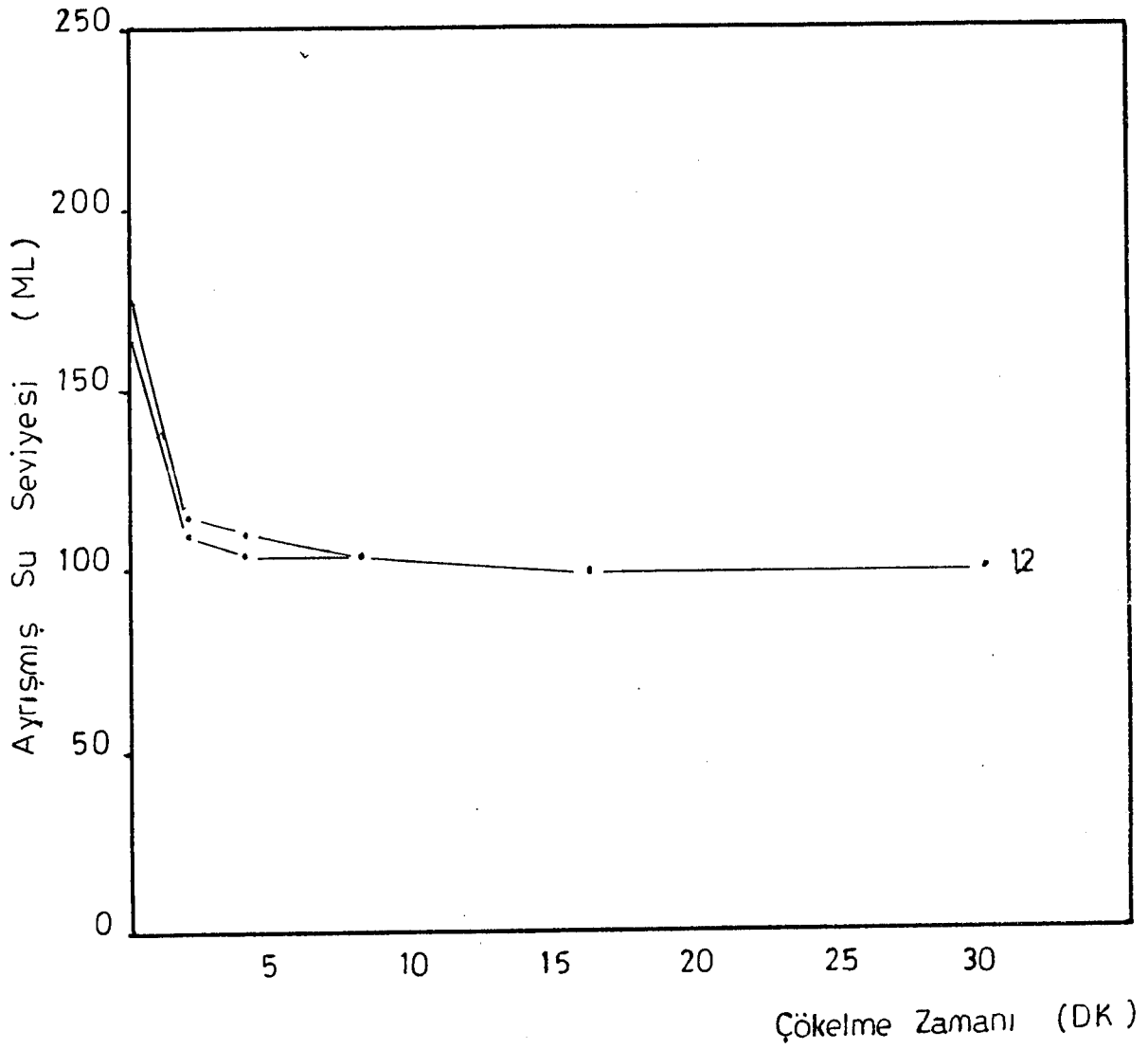
Pulp miktarı : 100 ml.

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış Su Seviyesi (ml)	
	M1	M2
0	165	175
2	110	115
4	105	110
8	105	105
16	100	100
30	100	100

Tablo:5 Non İonik Flokulan İle Yapılan Flokülasyon  
da Meydana Gelen Çökelme Miktarları.





Şekil : 20 Non İonik flokülün kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi

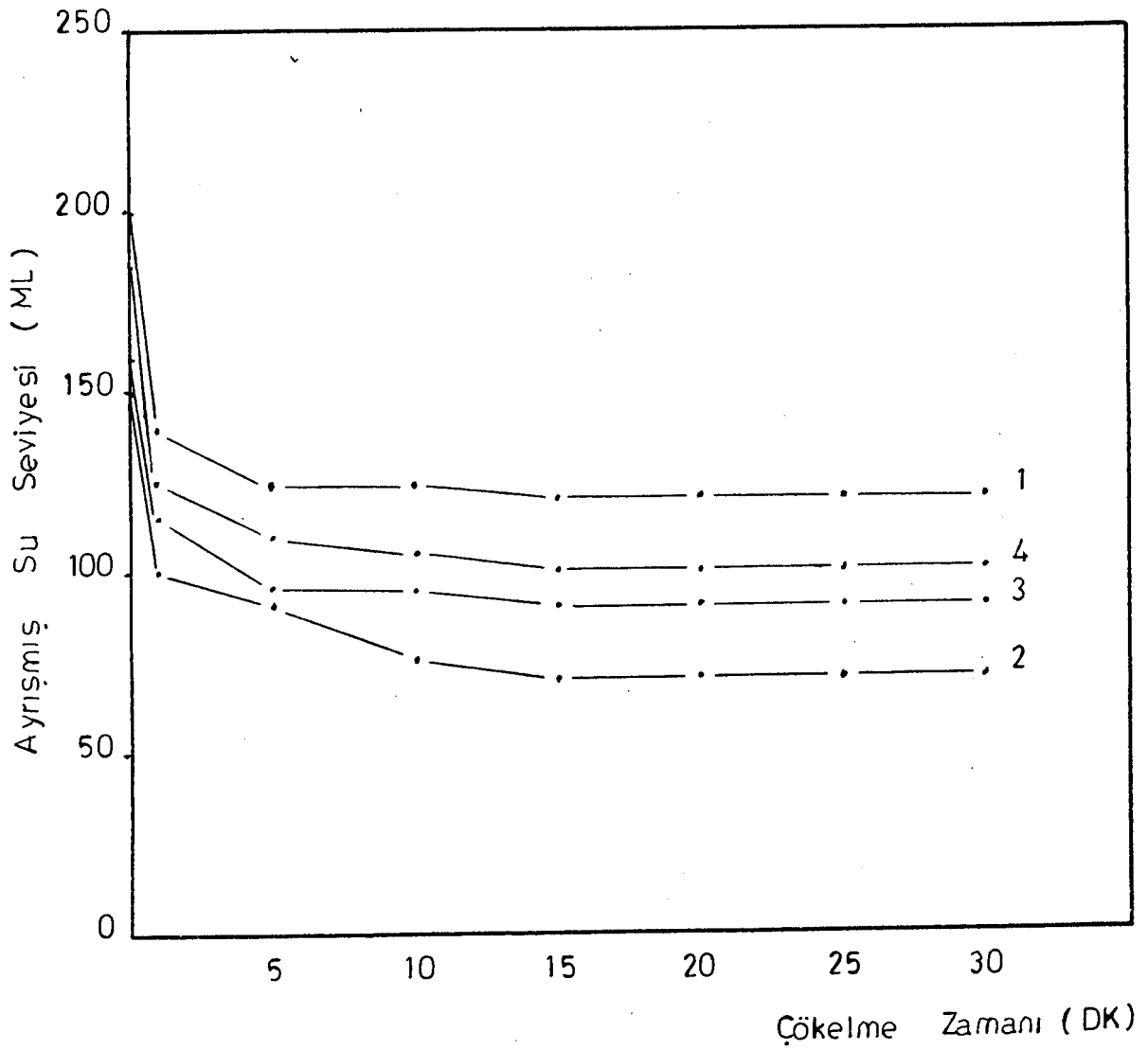
5.4.5. Değişik Flokülan Cinslerinin Maksimum Oranlarda, Kullanılması ile Normel Pulp'un Flokülasyon Deneyi :

Pulp miktarı : 100 ml.

Flokülan Cinsi	Kullanılan Flokülan Miktarı	
	(ml)	Gr. Flokülan/tn katı
1. Orta Katyonik	100	3.327
2. Orta Anyonik	50	1.663
3. Düşük Anyonik	60	1.996
4. Non Ionik	75	2.495

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su seviyesi (ml)			
	M1	M2	M3	M4
0	200	150	160	175
1	140	100	115	125
5	125	90	95	110
10	125	75	95	105
15	120	70	90	100
20	120	70	90	100
25	120	70	90	100
30	120	70	90	100

Tablo :6 Değişik flokülan cinslerinin maksimum oranlarda kullanılması ile normal pulp'te meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil :21 Değişik flokülün cinslerinin maksimum oranlarda kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi

5.4.6. Değişik Flokulan Cinslerinin Maksimum Oranlarda Kullanılması İle Meydana Gelen Çökelmelerin Neticesinde Katı Yoğunlaştırma Oranları :

Tabloda en yüksek katı yoğunlaştırma değeri % 17.17 ile Orta Anyonik flokülana ait olduğu görülmektedir.

Flokulan Cinsi	Flokülasyondan önceki Ağırlık/Hacim oranı (%)	Flokülasyondan sonraki Ağırlık/Hacim oranı (%)
1.O. Katyonik	12.0215/200:6.01	12.0215/120:10.01
2.O. Anyonik	12.0215/150:8.01	12.0215/ 70:17.17
3.D. Anyonik	12.0215/160:7.56	12.0215/ 90:13.35
4.Non İonik	12.0215/175:6.86	12.0215/100:12.02

Tablo:7 Flokulanların katı yoğunlaştırma oranları.

5.5.1.1. Orta Katyonik Flokulan ile Seyreltilmiş (<sup>1</sup>/<sub>2</sub>) Pulp'ün Flokülasyon Deneyi :

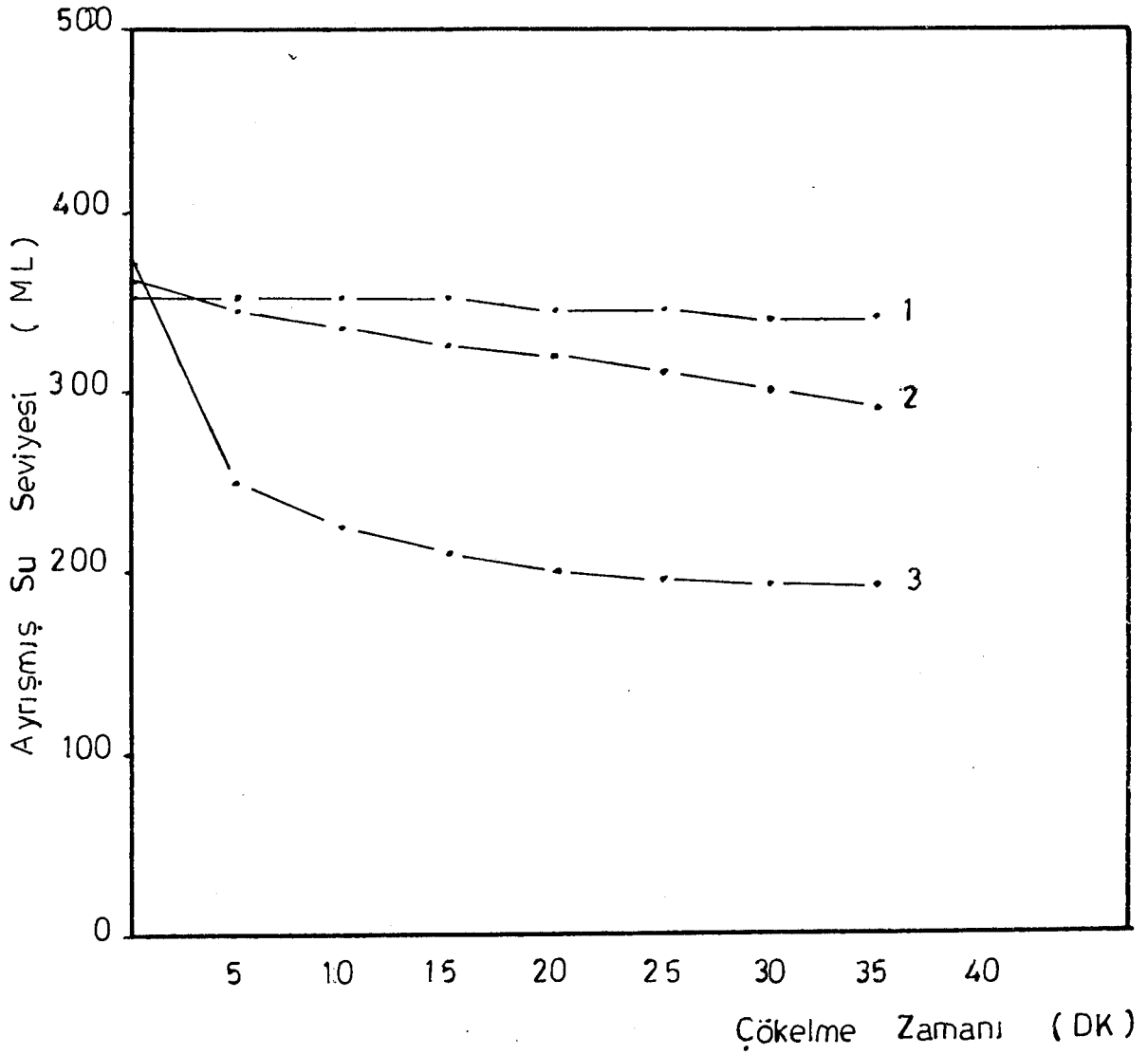
Kullanılan flokulan miktarı

<u>(ML)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn.katı</u>
M <sub>1</sub> : 50	----- 1.663
M <sub>2</sub> : 60	----- 1.996
M <sub>3</sub> : 70	----- 2.329

Pulp miktarı : 200 ml+ 100 ml saf su  
Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	350	360	370
5	350	345	250
10	350	335	225
15	345	325	210
20	345	320	200
25	340	310	195
30	340	300	190
35		290	190

Tablo :8 Orta katyonik flokulan ile seyreltilmiş (<sup>1</sup>/<sub>2</sub>) pulp'ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 22 Orta Katyonik flokümanın seyreltilmiş (1/2) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi

5.5.1.2. Orta Anyonik Flokulan ile Seyreltilmiş (<sup>1</sup>/2) Pulp'ün Flokülasyon Deneyi :

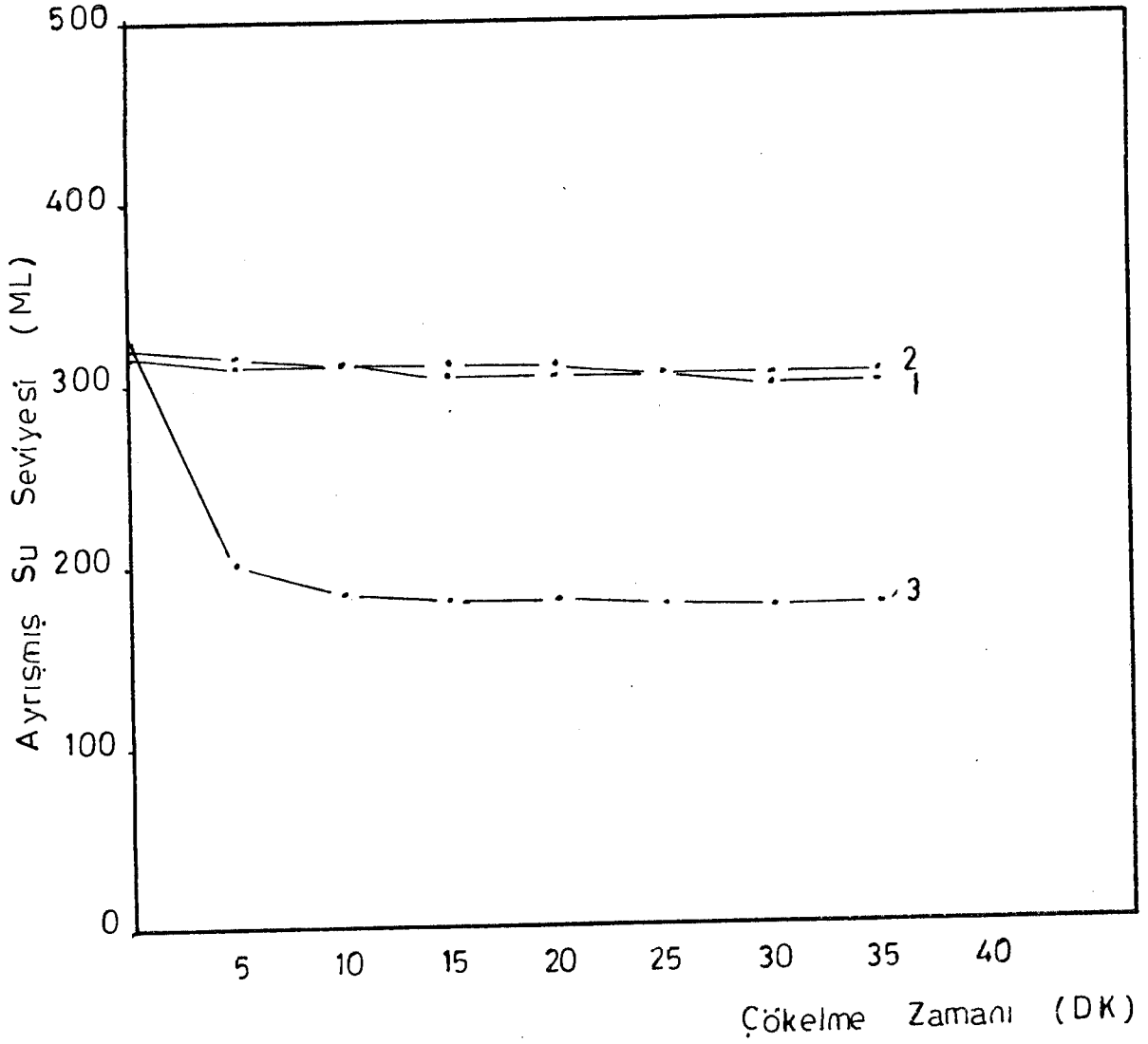
Kullanılan flokulan miktarı

<u>(ML)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn.katı</u>
M <sub>1</sub> : 15	----- 499
M <sub>2</sub> : 20	----- 665
M <sub>3</sub> : 25	----- 831

Pulp miktarı : 200 ml + 100 ml saf su  
Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrışmış su seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	315	320	325
5	310	315	200
10	310	310	185
15	310	305	180
20	310	305	180
25	305	305	175
30	305	300	175
35	305	300	175

Tablo:9 Orta Anyonik flokulan ile seyreltilmiş (<sup>1</sup>/2) Pulp'ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 23 Orta Anyonik flokümanın seyreltilmiş (1/2) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.



5.5.1.3. Düşük Anyonik Flokulan İle Seyreltilmiş ( $1/2$ ) Pulp'ün Flokülasyon Deneyi :

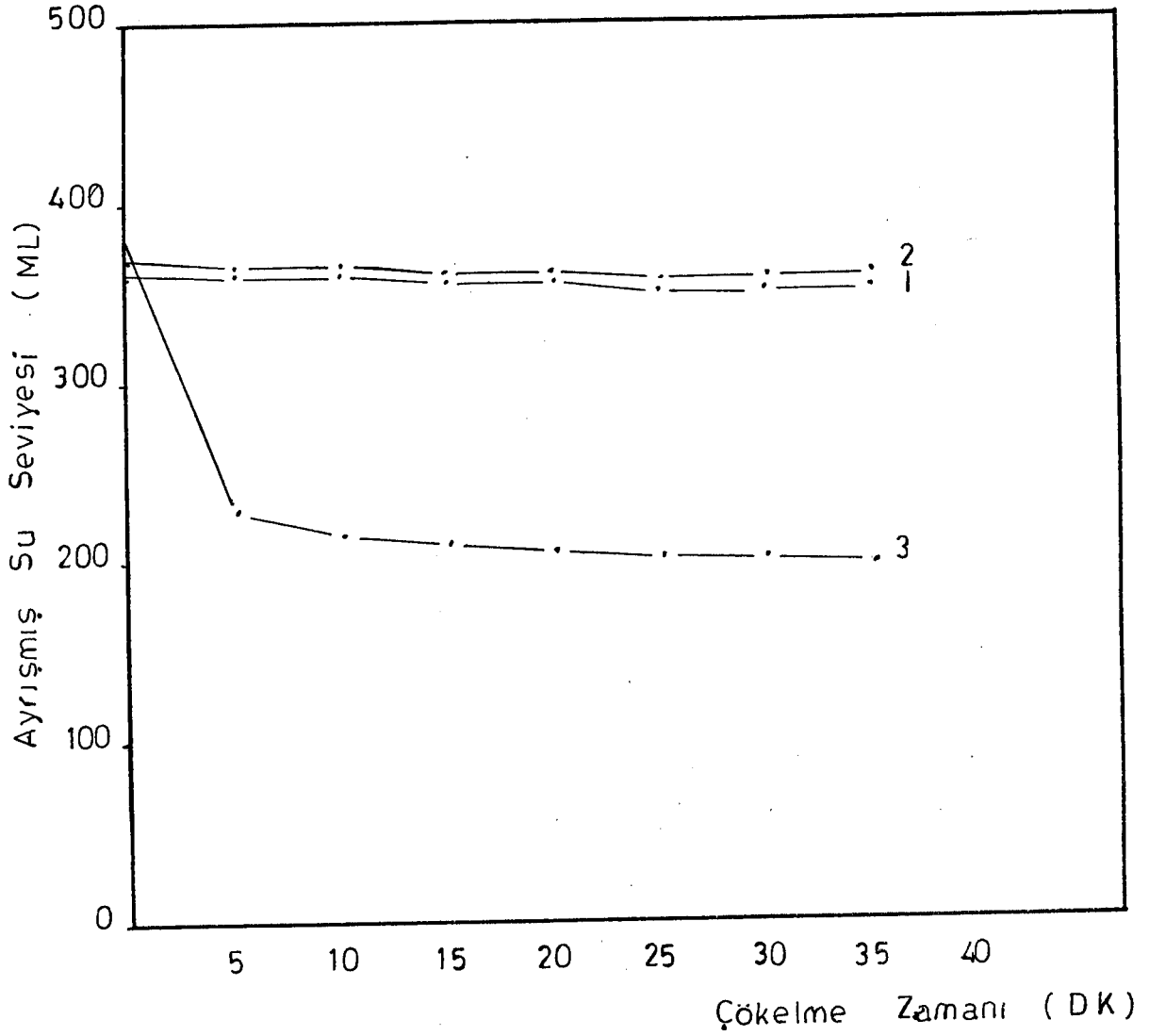
Kullanılan Flokulan Miktarı

<u>(ML)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn.katı</u>
M <sub>1</sub> : 60	----- 1.996
M <sub>2</sub> : 70	----- 2.329
M <sub>3</sub> : 80	----- 2.661

Pulp miktarı : 200 ml + 100 ml. saf su

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrışmış su seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	360	370	380
5	360	365	230
10	360	365	215
15	355	360	210
20	355	360	205
25	350	355	200
30	350	355	200
35	350	355	195

Tablo:10 Düşük Anyonik flokulan ile seyreltilmiş ( $1/2$ ) Pulp'ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 24 Düşük Anyonik flokülanın seyreltilmiş (1/2) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.5.1.4. Non İyonik Flokulan İle Seyreltilmiş ( $\frac{1}{2}$ )  
Pulp'ün Flokülasyon Deneyi :

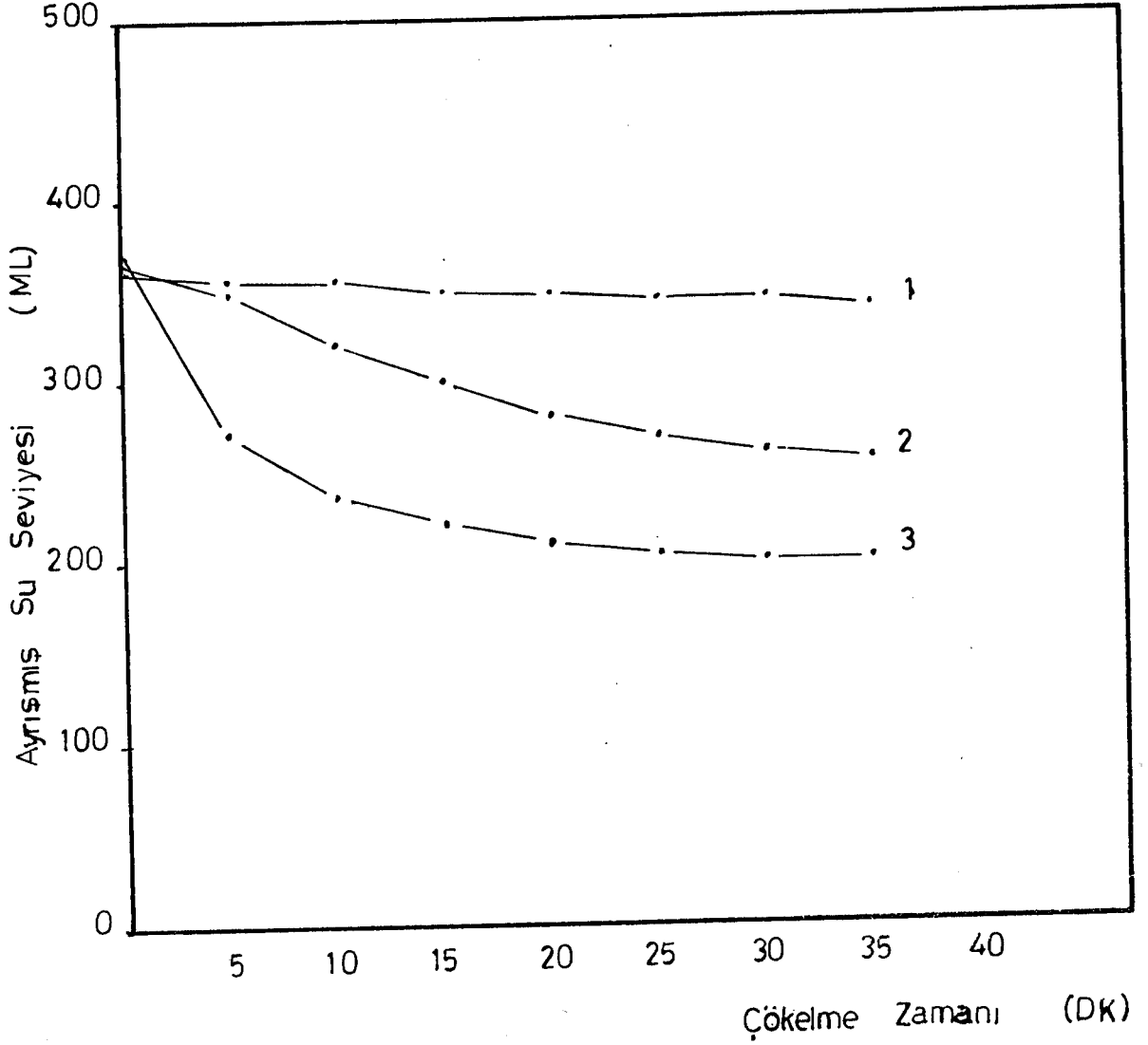
Kullanılan flokulan miktarı

<u>(ML)</u>	<u>Gr.Flokulan/tn.katı</u>
M <sub>1</sub> : 60	----- 1.996
M <sub>2</sub> : 65	----- 2.162
M <sub>3</sub> : 70	----- 2.329

Pulp miktarı : 200 ml. + 100 ml saf su

Çökeltme Zamanı (DK)	Ayrışmış su seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	360	365	370
5	355	350	270
10	355	320	235
15	350	300	220
20	350	280	210
25	345	270	205
30	345	260	200
35	340	255	200

Tablo:11 Non ionik flokulan ile seyreltilmiş ( $\frac{1}{2}$ ) pulp'ün flokülasyonunda meydana gelen çökeltme miktarları.



Sekil : 25 Non İyonik flokülanın seyreltilmiş(1/2) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

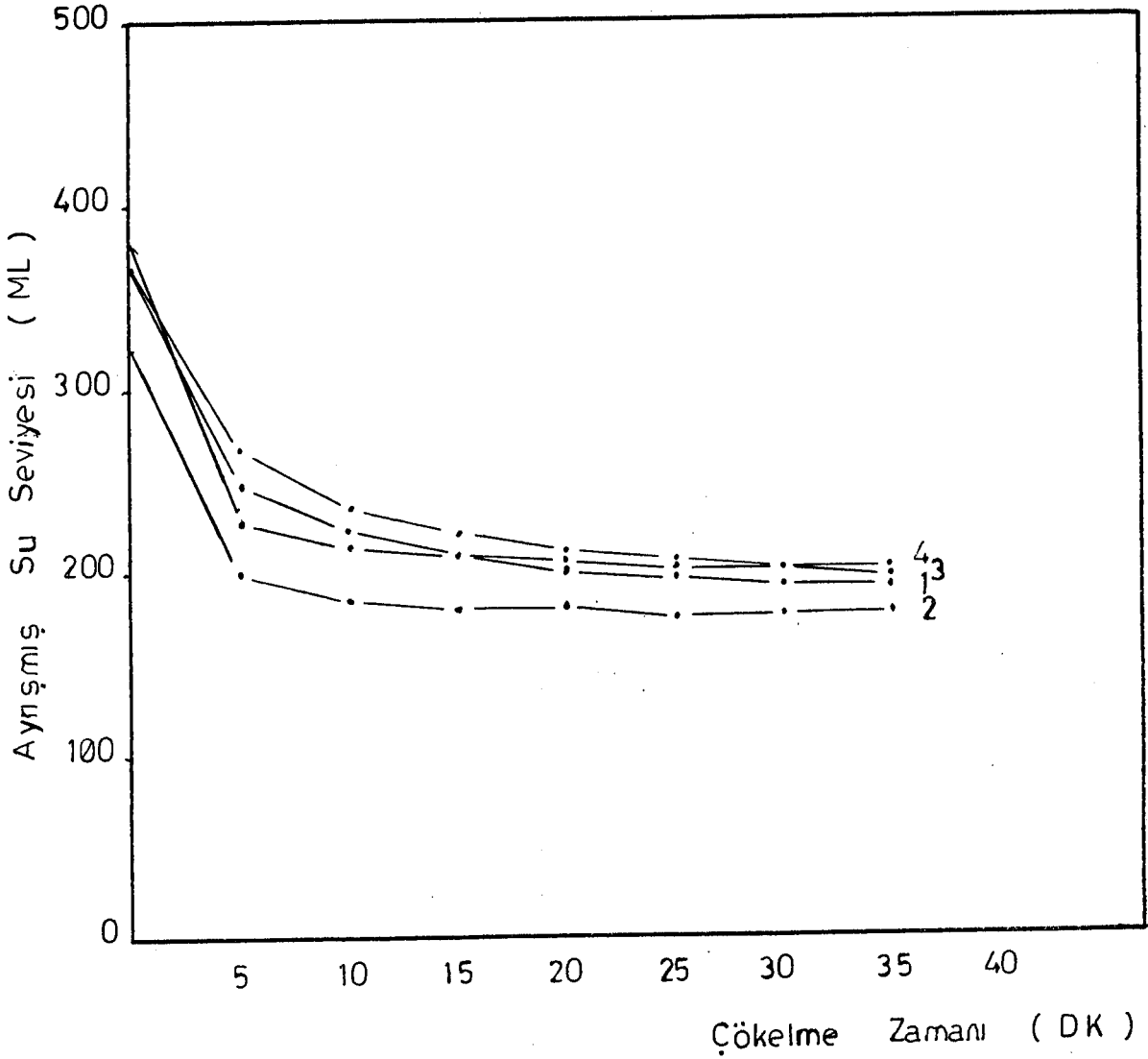
5.5.1.5. Değişik Flokulan Cinslerinin Maksimum Oran-  
larda Kullanılması ile Seyreltilmiş ( $\frac{1}{2}$ ) Pulp'ün  
Flokülasyon Deneyleri :

<u>Flokulan Cinsi</u>	<u>Kullanılan Flokulan miktarları (ML)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn. katı</u>
1.Orta Katyonik	70	2.329
2.Orta Anyonik	25	831
3.DüşükAnyonik	80	2.661
4.Non İonik	70	2.329

Pulp miktarı : 200 ml. + 100 ml. saf su

Çökelme zamanı (DK)	Ayrışmış su seviyesi (ML)			
	M1	M2	M3	M4
0	370	325	380	370
5	250	200	230	270
10	225	185	215	235
15	220	180	210	220
20	200	180	205	210
25	195	175	200	205
30	190	175	200	200
35	190	175	195	200

Tablo:12 Değişik flokulan cinslerini maksimum oranlarda kullanılması ile seyriltilmiş ( $\frac{1}{2}$ ) pulp'ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları.



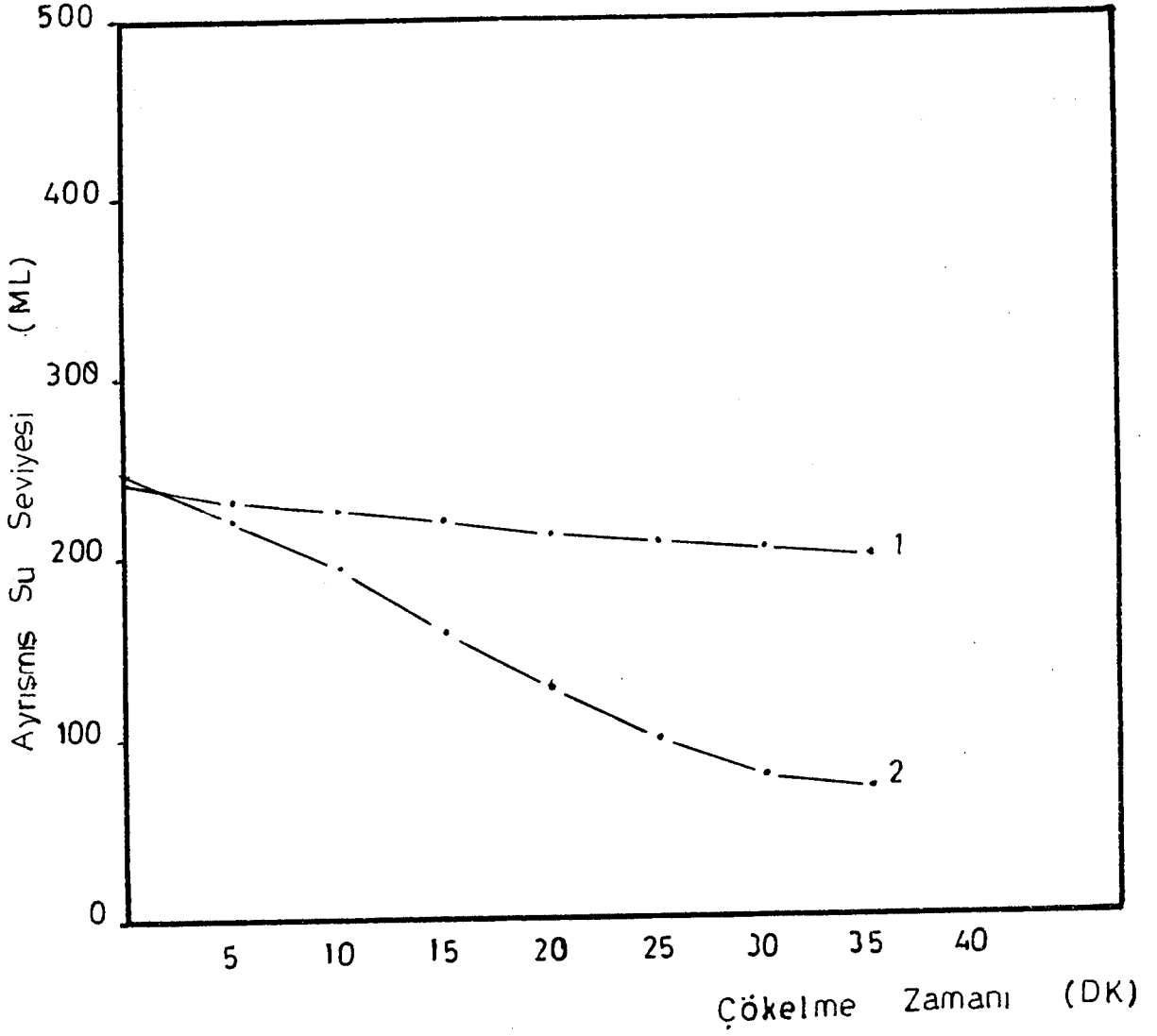
Şekil : 26 Değişik flokülanların maksimum oranlarda seyreltilmiş(1/2) pulp te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi.

5.5.1.6. Değişik Flokülân Cinslerinin Seyreltilmiş (1/2) Pulp Numunesinde Maksimum Oranlarda Kullanılması İle Meydana Gelen Çökelmelerin Netiscesinde Katı Yoğunlaştırma Oranları :

Tablodaki en yüksek katı yoğunlaştırma değeri %013,73 ile Orta Anyonik flokülana ait olmaktadır.

Flokülân Cinsi	Flokülasyondan önceki Ağırlık/Hacim Oranı (°/o)	Flokülasyondan sonraki Ağırlık/Hacim Oranı (°/o)
O. Katyonik	24,043/370:6,49	24,043/190:12,65
O. Anyonik	24,043/325:7,39	24,043/175:13,73
D. Anyonik	24,043/380:6,32	24,043/195:12,32
Non İonik	24,043/370:6,49	24,043/200:12,02

Tablo:13 Seyreltilmiş (1/2) pulp numunesinde flokülânların katı yoğunlaştırma oranları.



Şekil : 27 Orta Katyonik flokülanın seyreltilmiş (1/1) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi.



5.5.2.2. Orta Anyonik Flokulan ile Seyreltilmiş (<sup>1</sup>/1)  
Pulp'ün Flokülasyon Deneyi :

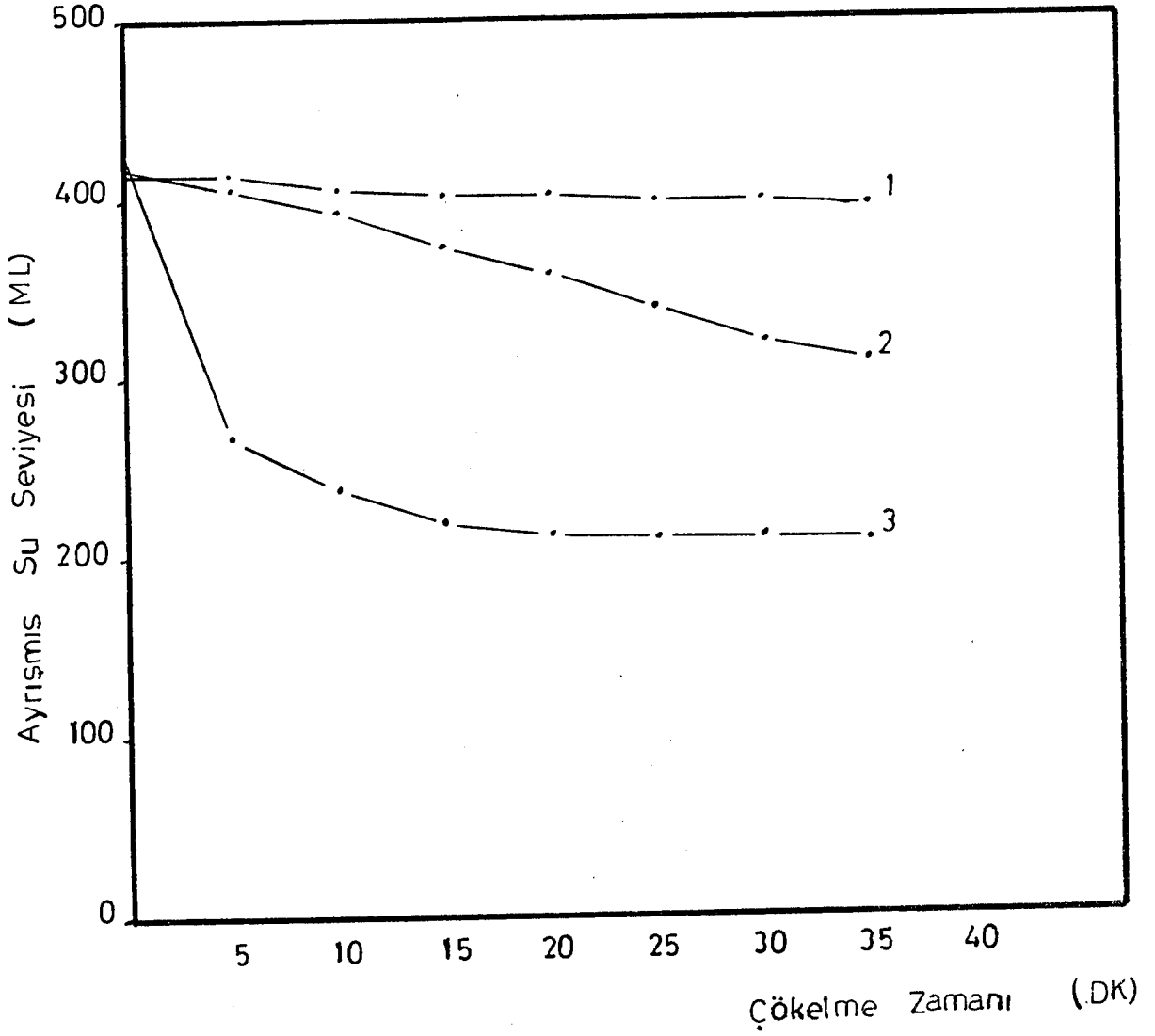
Kullanılan Flokulan Miktarı

<u>(ML)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn.katı</u>
M <sub>1</sub> :15	-----499
M <sub>2</sub> :20	----- 665
M <sub>3</sub> :22,5	----- 748

Pulp miktarı : 200 ml. + 200 ml. saf su  
 Üst sıvı zonu : Berrak

Çökeltme Zamanı (DK)	Ayrışmış su seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	415	420	422,5
5	415	410	270
10	410	395	240
15	405	375	220
20	405	360	215
25	400	340	210
30	400	320	210
35	395	310	210

Tablo:15 Orta Anyonik flokulan ile seyreltilmiş (<sup>1</sup>/1) pulp'ün flakülasyonun da meydana gelen çökeltme miktarları.



Sekil : 28 Orta Anyonik flokülanın seyreltilmiş(1/1) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi.

5.5.2.3. Düşük Anyonik Flokulan İle Seyreltilmiş (1/1)

Pulp'ün Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan Flokulan miktarı

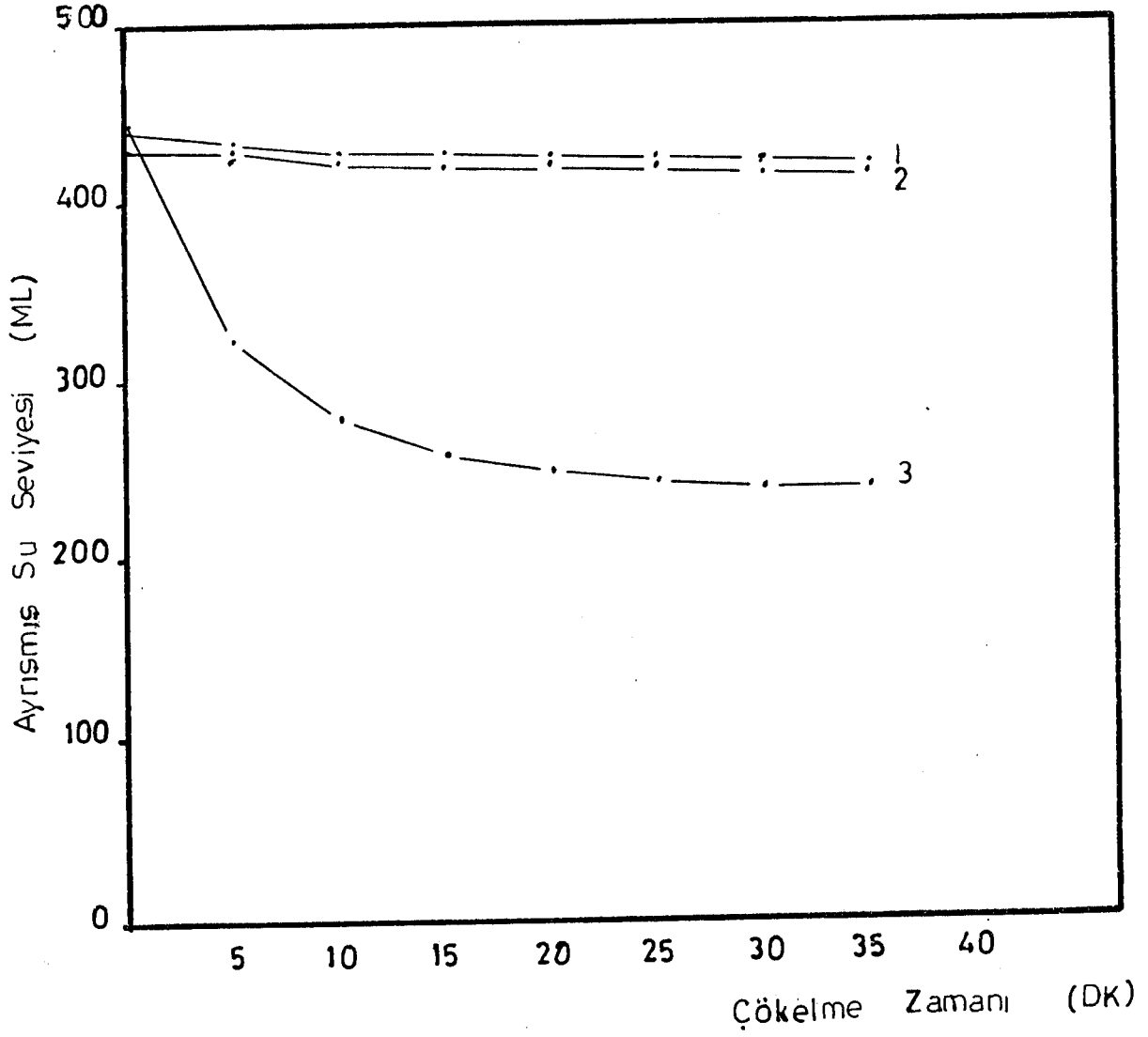
<u>(ML)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn.katı</u>
M <sub>1</sub> :30	----- 998
M <sub>2</sub> :40	-----1.331
M <sub>3</sub> :45	-----1.497

Pulp miktarı : 200 ml. + 200 ml. saf su

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	430	440	445
5	430	435	325
10	425	430	280
15	420	430	260
20	420	425	250
25	420	425	245
30	415	425	240
35	415	420	240

Tablo:16 Düşük Anyonik flokulan ile seyreltilmiş (1/1) pulp'ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 29 Düşük Anyonik flokülanın seyreltilmiş (1/1) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.5.2.4. Non İyonik Flokulan ile Seyreltilmiş (<sup>1</sup>/1) pulp'ün Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan flokulan miktarı

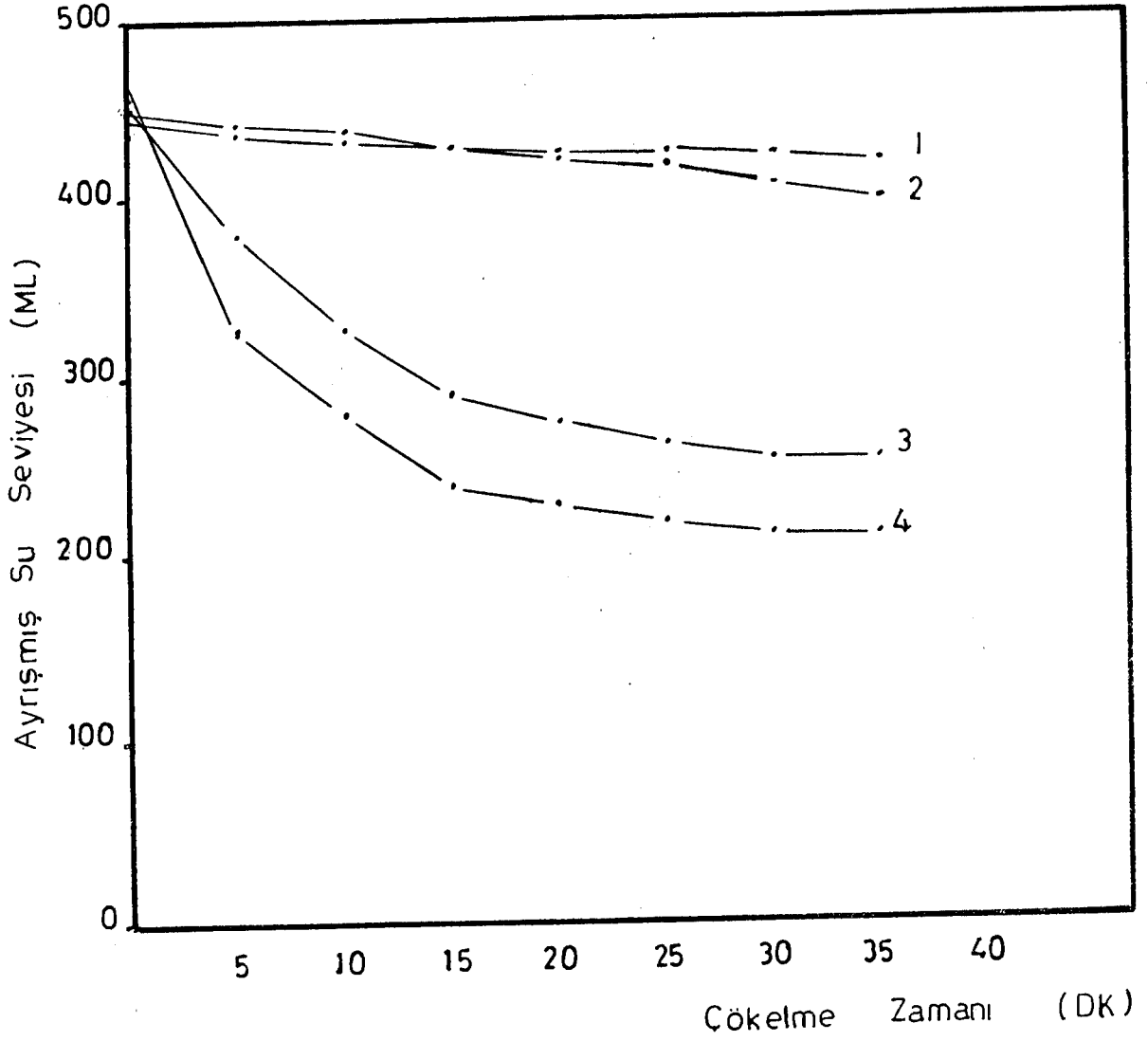
<u>(ML)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn.katı</u>
M <sub>1</sub> :40	----- 1.331
M <sub>2</sub> :50	----- 1.663
M <sub>3</sub> :55	-----1.830
M <sub>4</sub> :60	-----1.996

Pulp miktarı :200 ml. + 200 ml. saf su

Üst sıvı zonu:Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su seviyesi (ML)			
	M1	M2	M3	M4
0	440	450	455	460
5	440	445	385	330
10	435	440	330	280
15	430	430	295	240
20	430	425	275	230
25	430	420	265	220
30	425	410	255	215
35	420	400	255	215

Tablo:17 Non ionik flokulan ile seyreltilmiş (<sup>1</sup>/1) pulp'ün flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 30 Non İyonik flokülanın seyreltilmiş(1/1) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

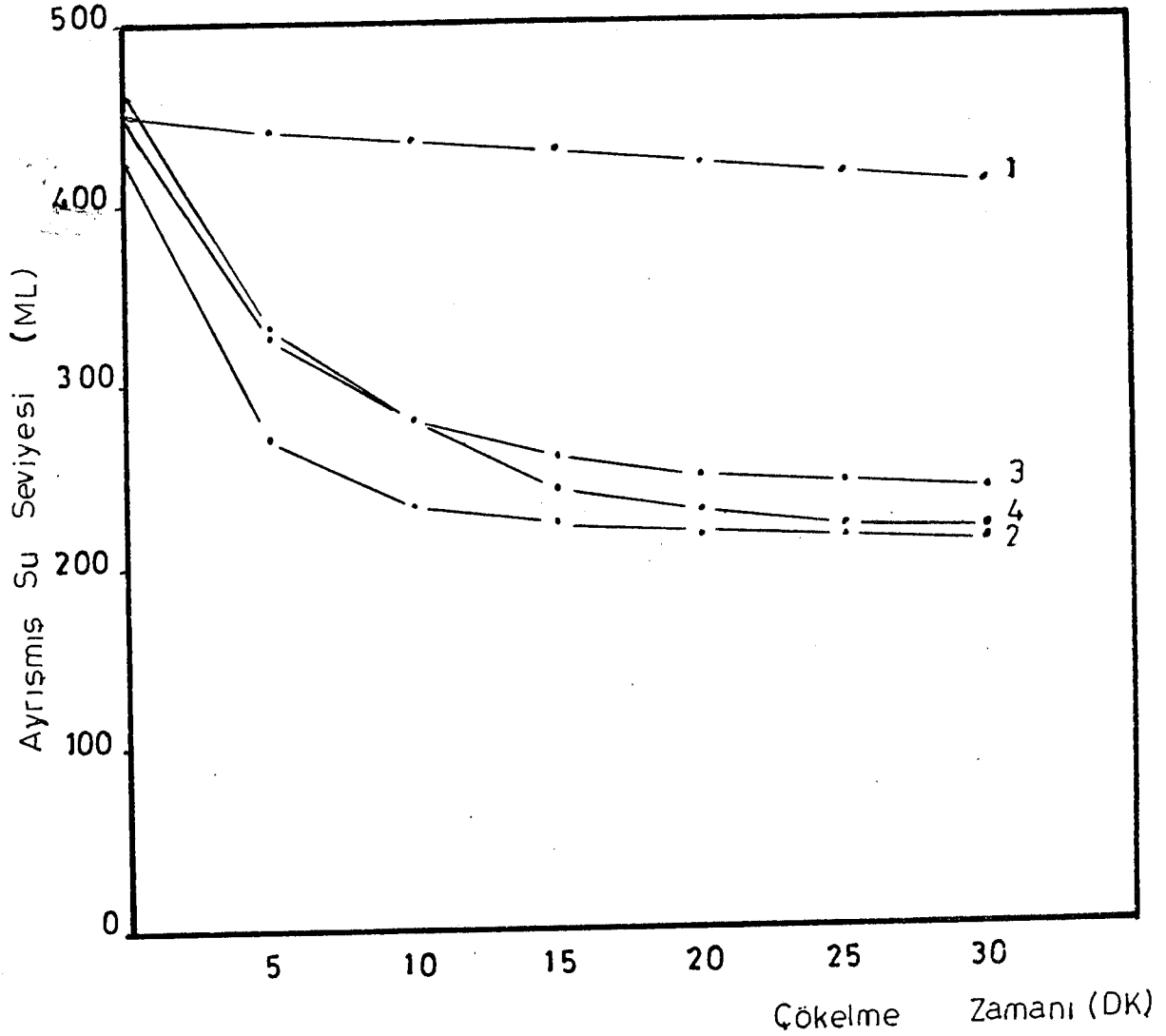
5.5.2.5. Değişik Flokulan Cinslerinin Maksimum Oran-  
larda Kullanılması İle Seyreltilmiş (1/1) Pulp'ün  
Flokülasyon Deneyleri :

Pulp miktarı : 200 ml. + 200 ml. saf su

Flokulan Cinsi	Kullanılan Flokulan Miktarı (ML)	Gr. Flokulan/tn.katı
1.Orta Katyonik	50	1.663
2.Orta Anyonik	22,5	748
3.DüşükAnyonik	45	1.497
4.Non İonik	60	1.996

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrışmış su seviyesi (ML)			
	M1	M2	M3	M4
0	450	422,5	445	460
5	440	270	325	330
10	435	235	280	280
15	430	225	260	240
20	420	220	250	230
25	415	215	245	220
30	410	210	240	215

Tablo:18 Değişik flokulan cinslerinin maksimum oran-  
larda kullanılması ile seyreltilmiş (1/1) pulp'ün  
meydana getirdiği çökelme miktarları.



Şekil : 31 Değişik flokülanların maksimum oranlarda seyreltilmiş (1/1) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi.



5.5.2.6. Değişik Flokülân Cinslerinin Seyreltilmiş (1/1) Pulp Numunesinde Maksimum Oranlarda Kullanılması İle Meydana Gelen Çökelmelerin Neticesinde Katı Yoğunlaştırma Oranları :

Tabloda en yüksek katı yoğunlaştırma değeri % 11,44 ile orta Anyonik flokülana ait olmaktadır.

Flokülân Cinsi	Flokülasyondan önceki Ağırlık/Hacim Oranı(°/o)		Flokülasyondan sonraki Ağırlık/Hacim Oranı(°/o)	
1.Orta Katyonik	24,043/450	:5,34	24,043/270:	8,90
2.Orta Anyonik	24,043/422,5	:5,69	24,043/210:	11,44
3.DüşükAnyonik	24,043/445	:5,40	24,043/240:	10,01
4.Non İonik	24,043/460	:5,22	24,043/215:	11,18

Tablo:19 Seyreltilmiş (1/1) pulp numunesinde flokülânların katı yoğunlaştırma oranları.

5.5.3.1. Orta Katyonik Flokulan İle Seyreltilmiş  
(<sup>2</sup>/1) Pulp'ün Flokülasyon Denevi :

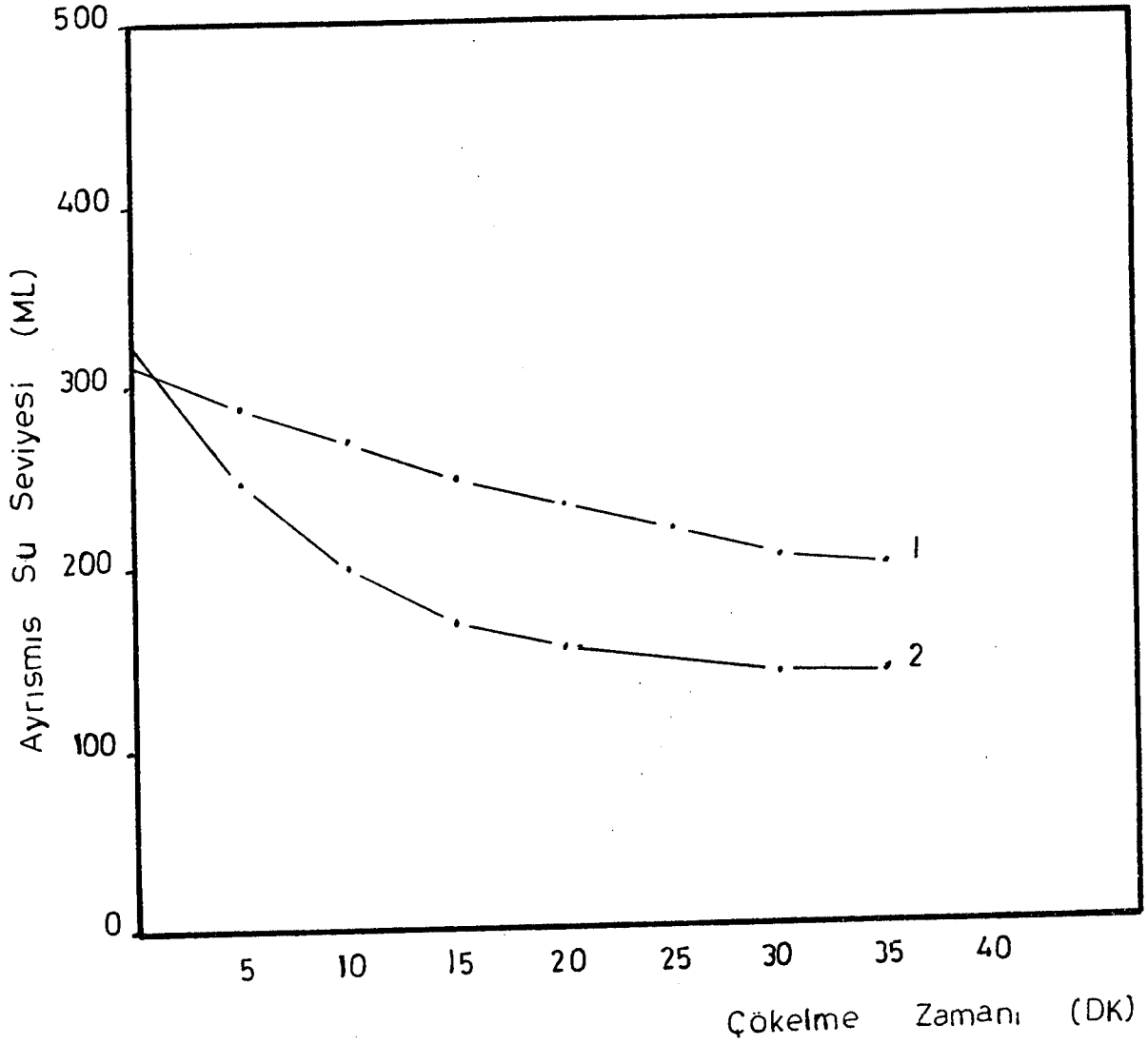
Kullanılan flokulan miktarı

<u>(ML)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn.katı</u>
M <sub>1</sub> : 10 -----	332
M <sub>2</sub> : 20 -----	665

Pulp miktarı : 100 ml + 200 ml saf su  
 Üst sıvı zonu:Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrışmış su seviyesi (ML)	
	M1	M2
0	310	320
5	290	250
10	270	200
15	250	170
20	235	155
25	220	155
30	205	140
35	200	140

Tablo:20 Orta katyonik flokulan ile seyreltilmiş (<sup>2</sup>/1) pulp'ün meydana getirdiği çökelme miktarları.



Şekil : 32 Orta Katyonik flokülanın seyreltilmiş(2/1) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökeltme eğrisi.

5.5.3.2. Orta Anyonik Flokulan İle Seyreltilmiş (2/1)  
Pulp'ün Flokülasyon Deneyi :

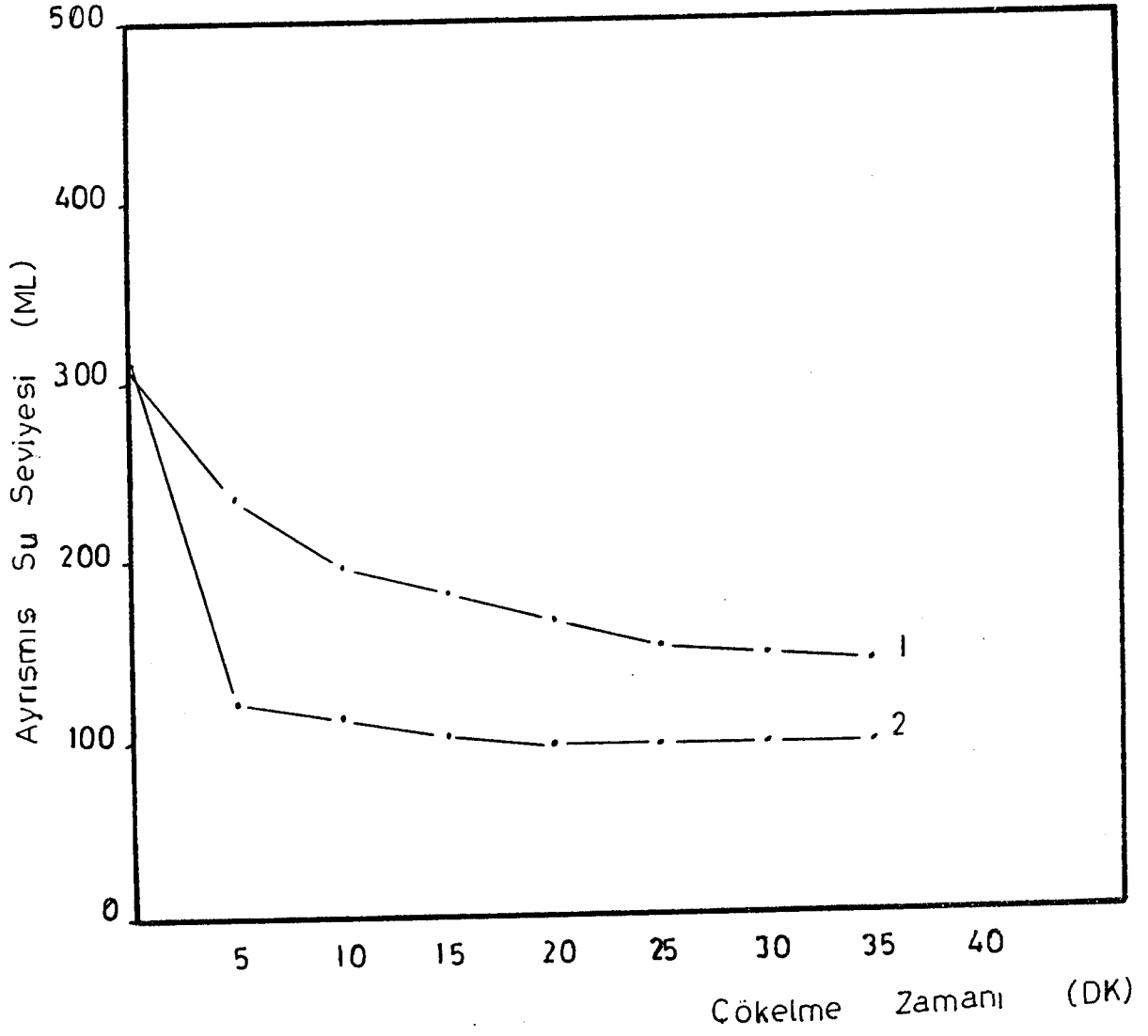
Kullanılan flokulan miktarı

<u>(ML)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn katı</u>
M <sub>1</sub> : 5 -----	166
M <sub>2</sub> :10 -----	332

Pulp miktarı : 100ml + 200ml saf su  
 Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrışmış su seviyesi (ML)	
	M1	M2
0	305	310
5	235	120
10	195	110
15	180	100
20	165	95
25	150	95
30	145	95
35	140	95

Tablo:21 Orta anyonik flokulan ile seyreltilmiş (2/1)  
 pulp'ün meydana getirdiği çökelme miktarları.



Şekil : 33 Orta Anyonik flokülanan seyreltilmiş(2/1) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.5.3.3.Düşük Anyonik Flokulan İle Seyreltilmiş (2/1)  
Pulp'ün Flokülasyon Deneyi :

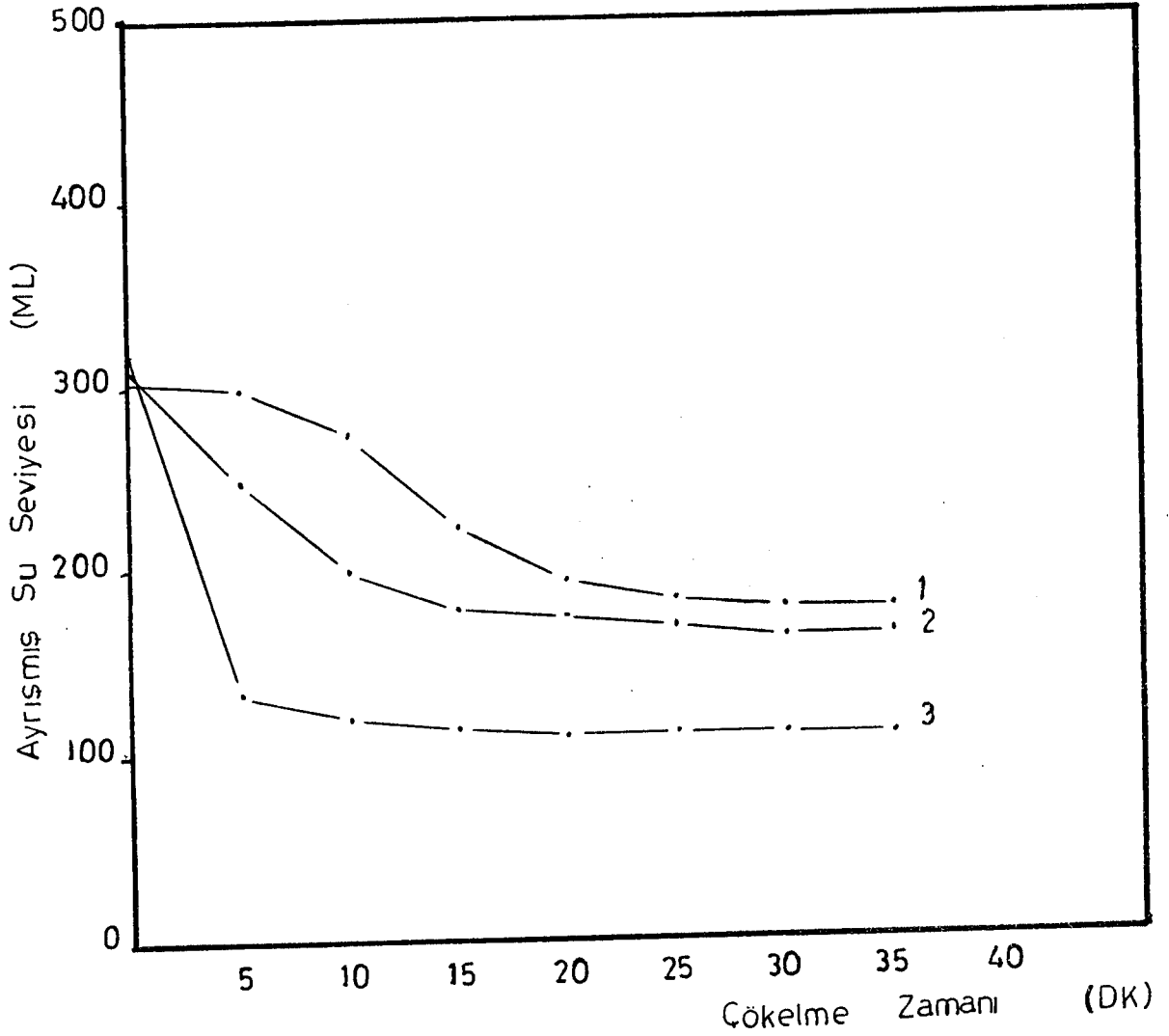
Kullanılan flokulan miktarı

<u>(ML)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn katı</u>
M <sub>1</sub> : 5 -----	166
M <sub>2</sub> : 10 -----	332
M <sub>3</sub> : 20 -----	665

Pulp miktarı : 100ml + 200ml saf su  
 Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	305	310	320
5	300	250	135
10	275	200	120
15	225	180	115
20	195	175	110
25	185	170	110
30	180	165	110
35	180	165	110

Tablo:22 Düşük anyonik flokulan ile seyreltilmiş (2/1) pulp'ün meydana getirdiği çökelme miktarları.



Şekil : 34 Düşük Anyonik flokülanın seyreltilmiş (2/1) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.5.3.4. Non İonik Flokulan İle Seyreltilmiş (<sup>2</sup>/1)  
Pulp'ün Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan flokulan miktarı

<u>(ML)</u>	<u>Gr. Flokulan/tn.katı</u>
M <sub>1</sub> : 15 -----	499
M <sub>2</sub> : 20 -----	665
M <sub>3</sub> : 25 -----	832

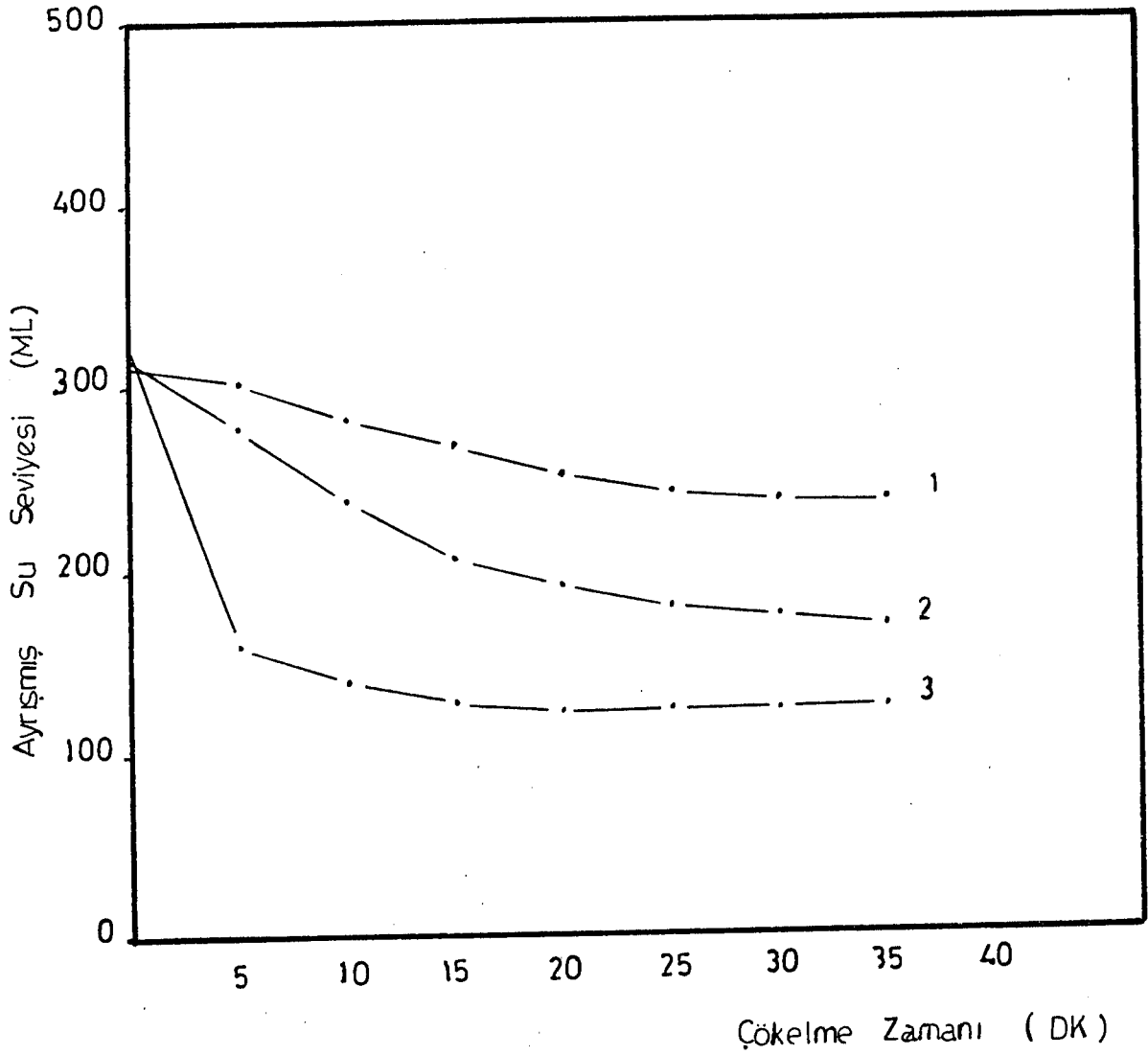
Pulp miktarı : 100 ml + 200 ml saf su

Ust sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su seviyesi (ml)		
	M1	M2	M3
0	315	320	325
5	305	280	160
10	285	240	140
15	270	210	130
20	255	190	125
25	245	180	125
30	240	175	125
35	240	170	125

Tablo:23 Non ionik flokulan ile seyreltilmiş (<sup>2</sup>/1) pulp'ün meydana getirdiği çökelme miktarları.





Şekil : 35 Non İonik flokülanın seyreltilmiş (2/l) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.5.3.5. Değişik Flokülan Cinslerinin Maksimum Oran-  
larda Kullanılması ile Seyreltilmiş(2/1) pulp'un  
Flokülasyon Deneyi :

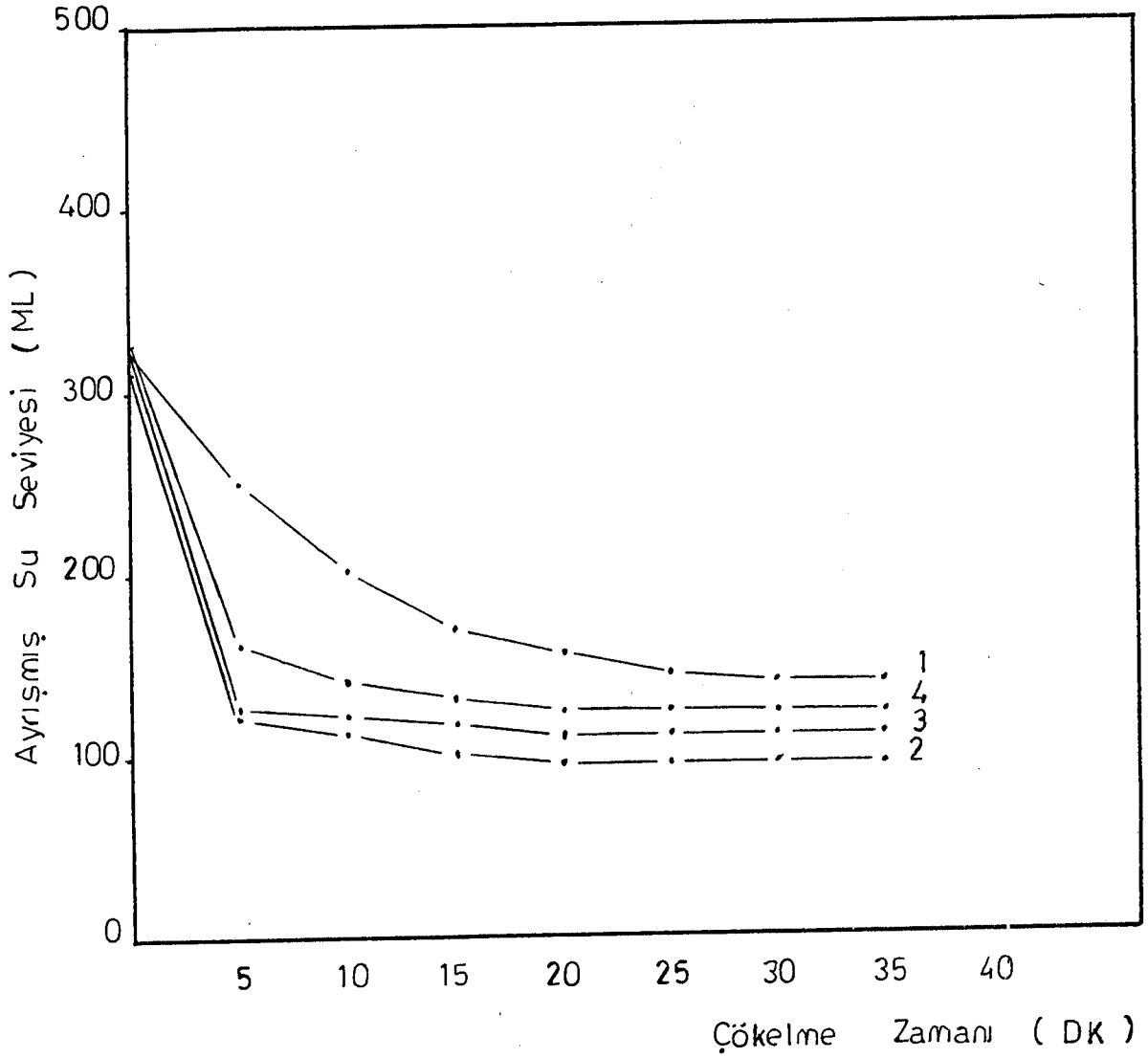
Pulp miktarı : 100ml + 200ml saf su .

Üst sıvı zonu : Berrak

<u>Flokülasyon</u> <u>Cinsi</u>	<u>Kullanılan Flokülan Miktarı</u> <u>(ML)</u>	<u>Gr. Flokülan/tn.katı</u>
1-Orta Katyonik	20 -----	665
2-Orta Anyonik	10 -----	332
3-DüşükAnyonik	20 -----	665
4-Non İonik	25 -----	831

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrışmış su seviyesi (ML)			
	M1	M2	M3	M4
0	320	310	320	325
5	250	120	125	160
10	200	110	120	140
15	170	100	115	130
20	155	95	110	125
25	145	95	110	125
30	140	95	110	125
35	140	95	110	125

Tablo:24 Değişik flokülan cinslerinin maksimum oran-  
larda kullanılması ile seyreltilmiş(2/1) pulp'un  
flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil :36 Değişik flokülünlerin maksimum oranlarda seyreltilmiş(2/1) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökeltme eğrisi.

5.5.3.6. Değişik Flokülün Cinslerinin Seyreltilmiş (2/1) Pulp Numunesinde Maksimum Oranlarda Kullanılması İle Meydana Gelen Çökelmelerin Neticesinde Katı Yoğunlaştırma Oranları :

Tabloda en yüksek katı yoğunlaştırma değeri % 12,65 ile orta anyonik flokülana ait olmaktadır.

<u>Flokülün Cinsi</u>	<u>Flokülasyondan önceki Ağırlık/Hacim Oranı( % )</u>	<u>Flokülasyondan sonraki Ağırlık/Hacim Oranı ( % )</u>
1-Orta Katyonik	12,0215/320:3,75	12,0215/140:8,58
2-Orta Anyonik	12,0215/310:3,87	12,0215/ 95:12,65
3-DüşükAnyonik	12,0215/320:3,75	12,0215/110:10,92
4-Non İonik	12,0215/325:3,69	12,0215/125: 9,61

Tablo:25 Seyreltilmiş (2/1) pulp numunesinde flokülünlerin katı yoğunlaştırma oranları.

5.6. Alüminyum Sülfat  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  ile yapılan  
Flokülasyon - Koagülasyon Deneyi :

Alüminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 \cdot H_2O$ ) ile yapılan deneylerde katı oran % 12,02 olan 100ml pulp numunesi üzerinde değişik oranlarda Alüminyum sülfat eklenmesiyle çökelmeler gözlenmiştir. 30 dakikalık gözlemler neticesinde herhangi bir çökelmeye rastlanmamıştır. Pulp'e eklenen Alüminyum sülfat miktarı arttırıldığında belli bir değere kadar salkım oluşturmakta fakat çökeltme olmamaktadır, daha sonra salkımlar dağılmaktadır.

Alüminyum sülfat % 20 oranında hazırlanmıştır. Alüminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ) ile flokülantların beraber kullanılması neticesinde yapılan flokülasyon deneyleri.

Deneylerden, Alüminyum sülfat ile orta Anionic flokülant beraber kullanılan deneyde hiçbir çökelmeye veya salkımlaşmaya rastlanmamıştır.

5.6.1. Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ) ve Orta Katyonik Flokulan Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan Miktarlar

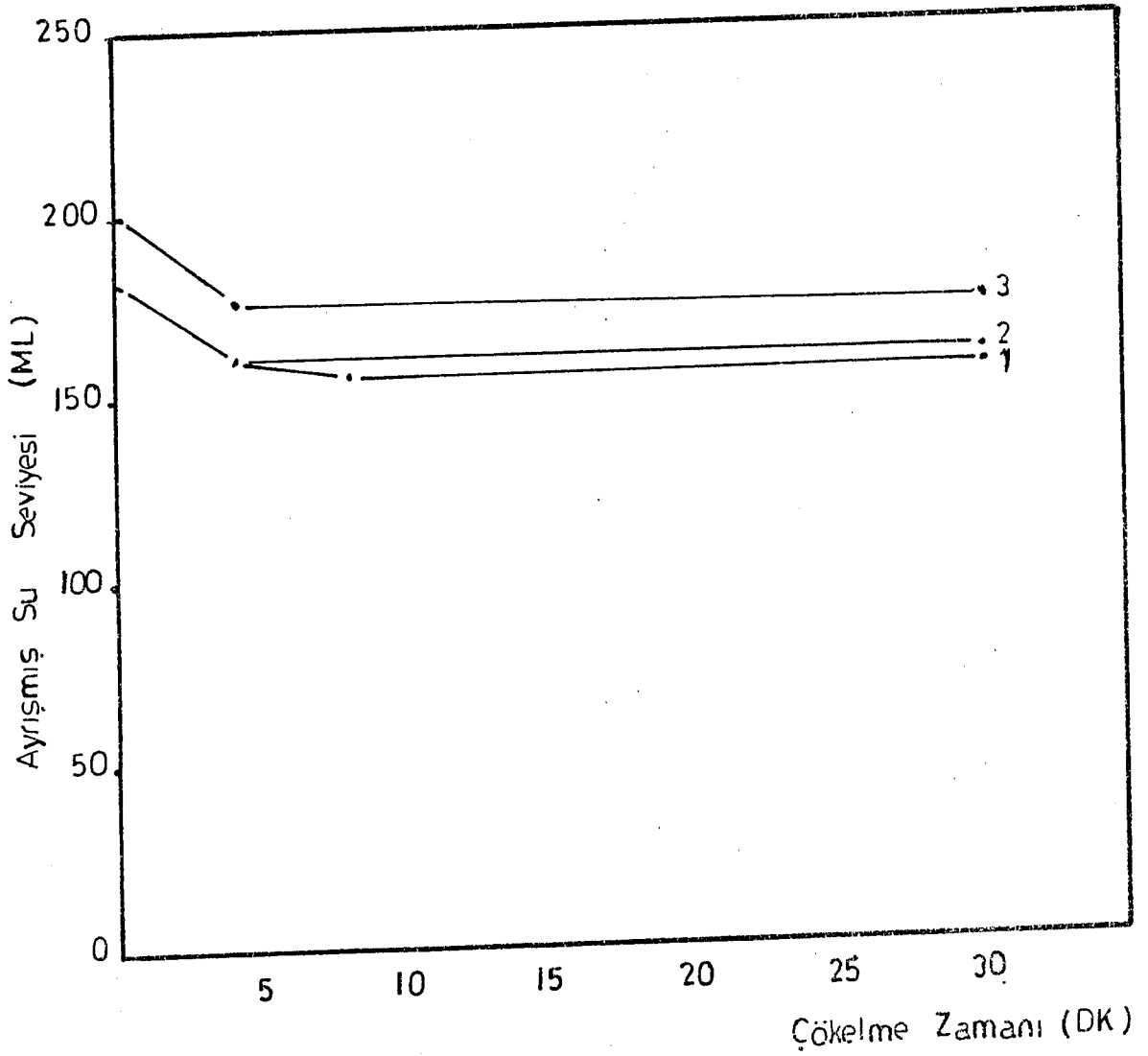
Flokulan (ML)	$Al_2(SO_4)_3$ (ML)	Flokulan/tn.katı (gr)	$Al_2(SO_4)_3$ /tn.katı (kg)
M <sub>1</sub> :50	M <sub>1</sub> :30	1.664	256,26
M <sub>2</sub> :30	M <sub>2</sub> :50	998	471,10
M <sub>3</sub> :50	M <sub>3</sub> :50	1.664	471,10

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak olup pulp'te küçük hava kabarcıkları gözlenmektedir.

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	180	180	200
2	165	160	180
4	160	160	175
8	155	160	175
16	155	160	175
30	155		175

Tablo:26 Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ) ve orta katyonik flokulan kullanılması ile meydana gelen çökeltme miktarları.



Şekil : 37. Alüminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ) ve Orta Kat onü flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi

5.6.2. Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ) ve Düşük Anyonik Flokulan Kullanılmasıyla Yapılan Flokülasyon Deneyi:

Kullanılan Miktarlar

Flokulan (ML)	$Al_2(SO_4)_3$ (ML)	Flokulan/tn katı (gr)	$Al_2(SO_4)_3$ /tn katı (kg)
$M_1:8C$	$M_1:2C$	2.662	170,84

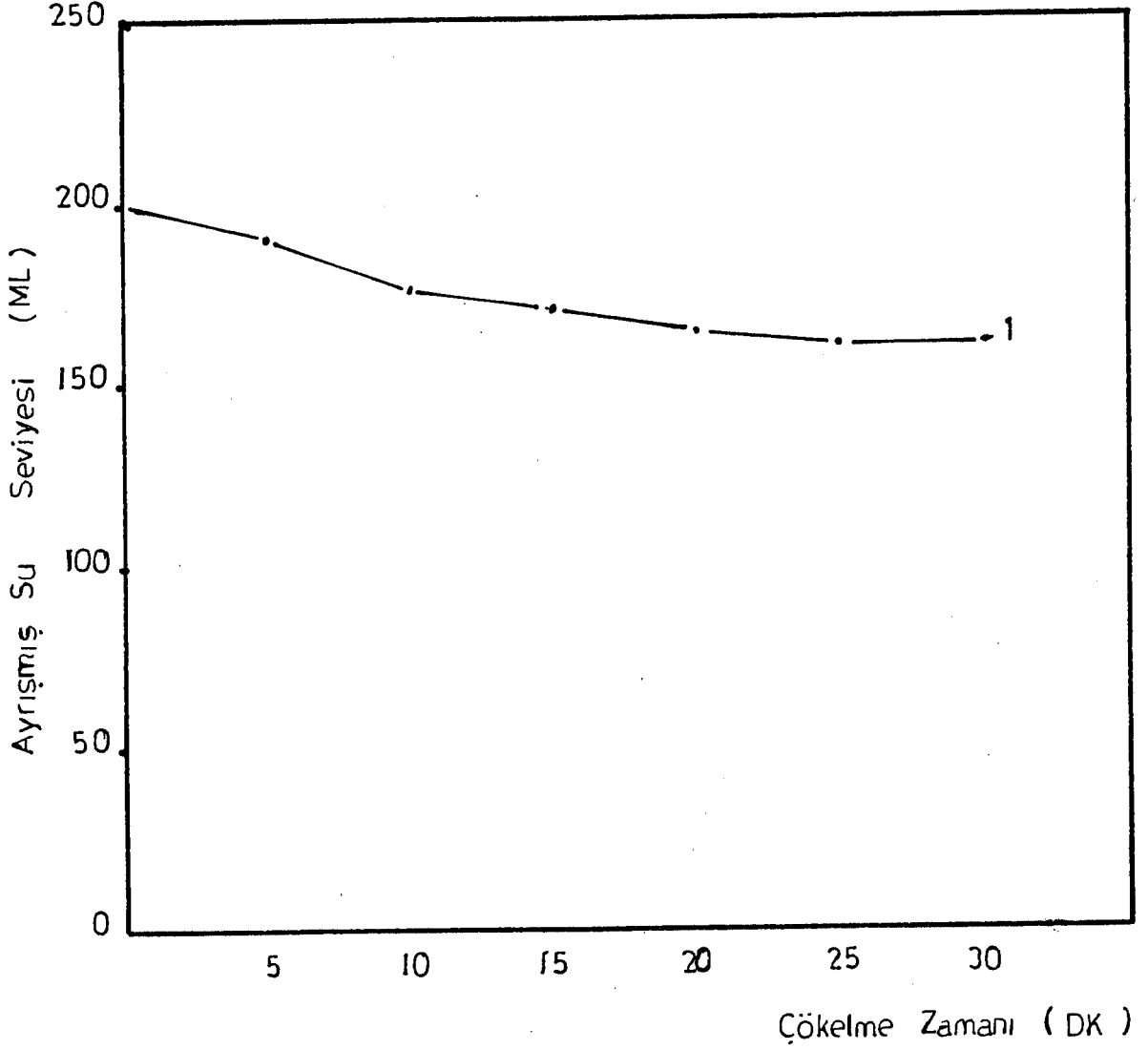
Pulp miktarı : 100 ml

Üst sıvı zonu : Berrak hava kabarcıkları mevcut olmakta ve Aluminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ) miktarı arttırıldığında çökme çok yavaş olmaktadır.

Çökme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)
	ML
0	200
5	190
10	175
15	170
20	165
25	160
30	160

Tablo:27 Aluminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ) ve Düşük Anyonik Flokulan kullanılmasıyla meydana gelen çökme miktarları.





Şekil : 38 Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve Düşük Anyonik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi.

5.6.3. Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ) ve Non İyonik Flokulan Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan Miktarlar

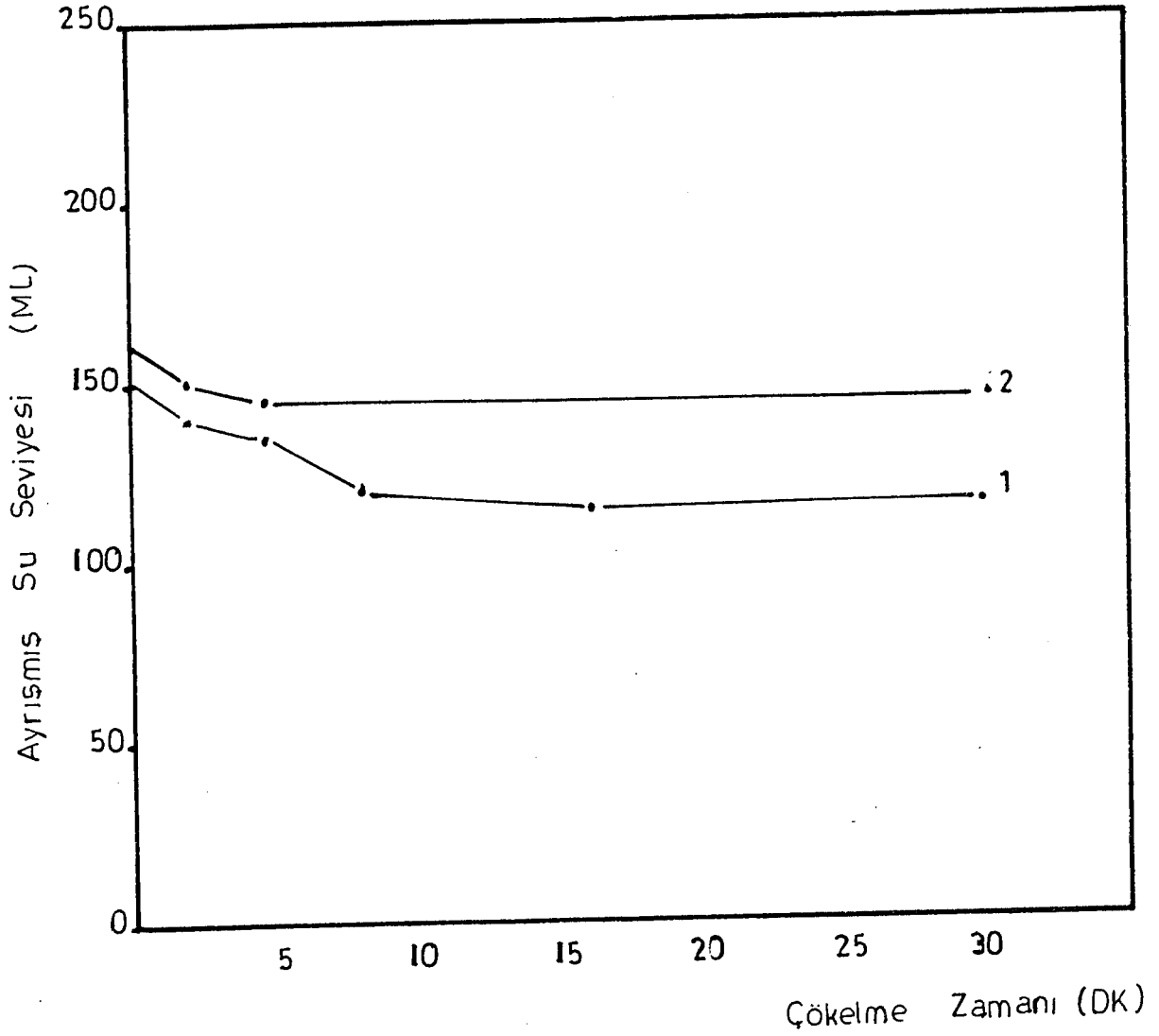
Flokulan (ML)	$Al_2(SO_4)_3$ (ML)	Flokulan/tn katı (gr)	$Al_2(SO_4)_3$ /tn katı (kg)
$M_1:20$	$M_1:30$	665	256,26
$M_2:30$	$M_2:20$	998	170,84

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak ,pulp içinde hava kabarcıkları gözleniyor.

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)	
	M1	M2
0	150	160
2	140	150
4	135	145
8	120	145
16	115	145
30	115	145

Tablo:28 Aluminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ) ve non ionik flokulan kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 39 Alüminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ) ve Non İyonik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökeltme eğrisi

5.7. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ile Yapılan Flokülasyon-Koagülasyon Deneyi :

Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ile yapılan deneylerde katı oranı % 12,02 olan 100ml pulp numunesi neticesinde üzerinde değişik oranlarda Baryum klorür eklenmesiyle çözeltide çökelmeye rastlanmamıştır.

Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) % 20 oranında hazırlanmıştır.

Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ile Flokülünların beraber kullanılmasıyla yapılan flokülasyon deneyleri.

5.7.1. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta Katyonik Flokülân Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan Miktarlar

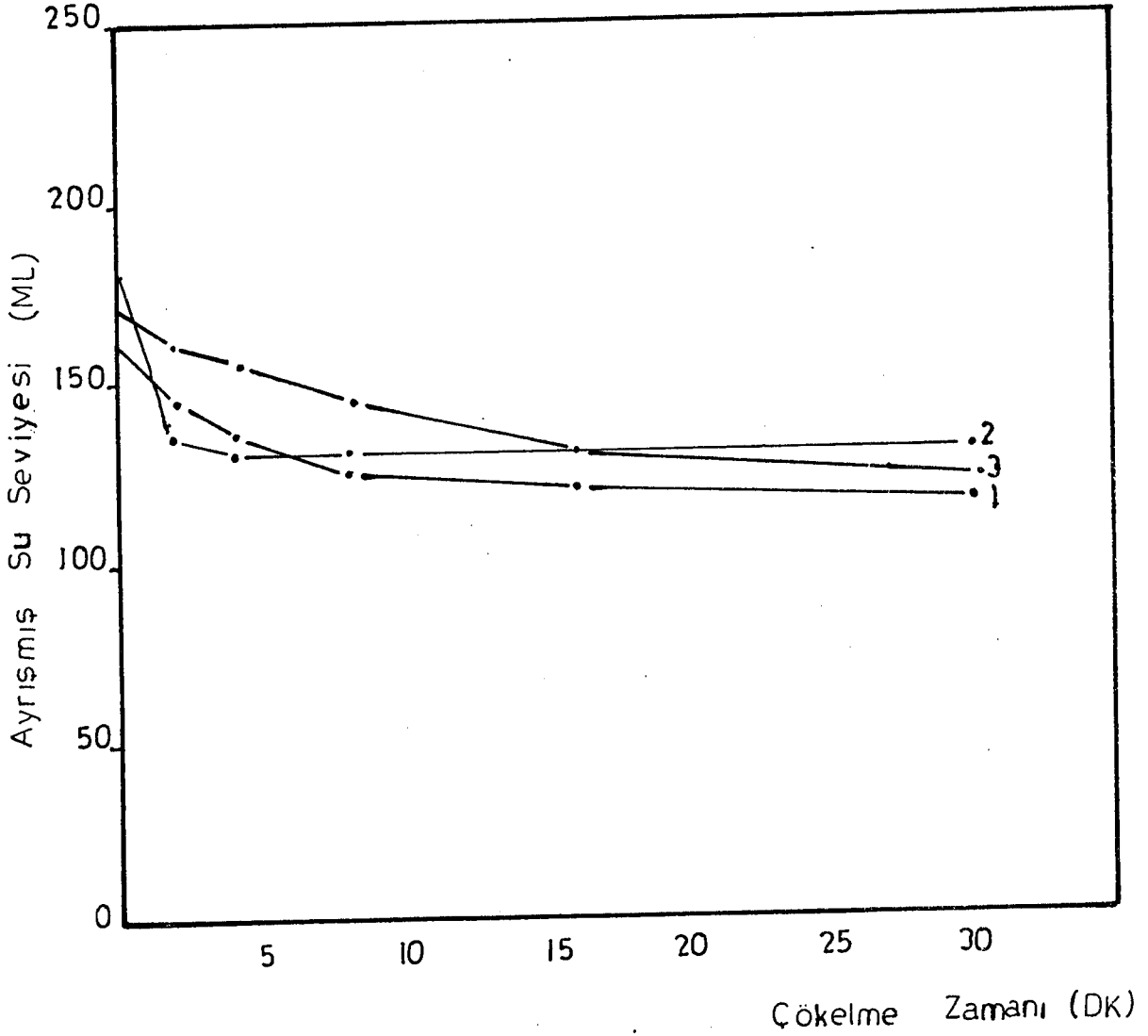
Flokülân (ML)	$BaCl_2$ (ML)	Flokülân/tn.katı (gr)	$BaCl_2$ /tn.katı (kg)
$M_1:40$	$M_1:20$	1.331	259,24
$M_2:40$	$M_2:40$	1.331	518,48
$M_3:30$	$M_3:40$	998	518,48

Pulp miktarı :100ml

Üst sıvı zonu :Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	160	180	170
2	145	135	160
4	135	130	155
8	125	130	145
16	120	130	130
30	115	130	120

Tablo :29 Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta katyonik flokülân kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Sekil : 40 Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve Orta Katyonik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.7.2. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve Orta Anyonik Flokulan Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Denevi :

Kullanılan Miktarlar

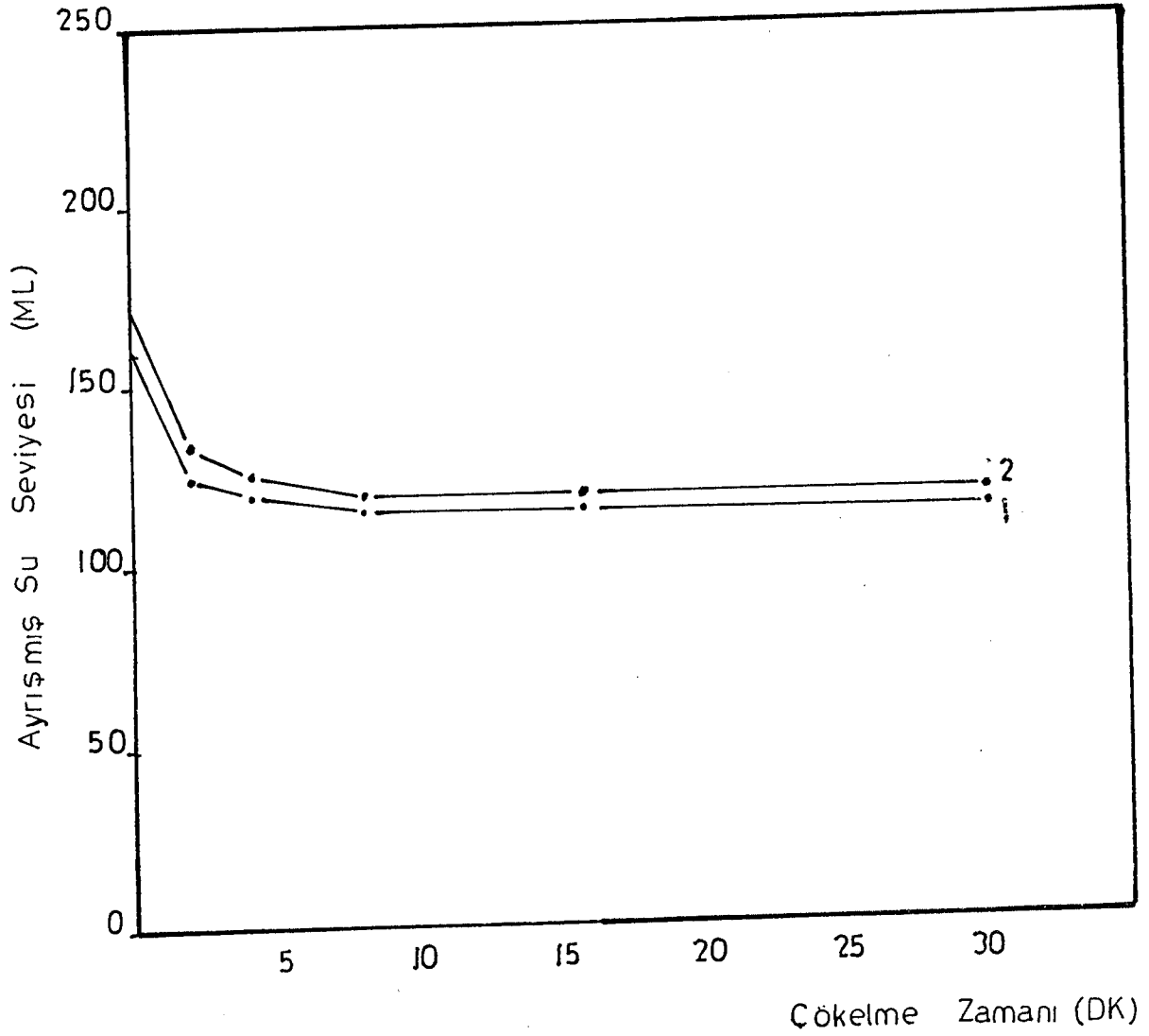
Flokulan (ML)	$BaCl_2$ (ML)	Flokulan/tn.katı (gr)	$BaCl_2$ /tn.katı (kg)
$M_1:40$	$M_1:20$	1.331	259,24
$M_2:30$	$M_2:40$	998	518,48

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)	
	M1	M2
0	160	170
2	125	135
4	120	125
8	115	120
16	115	120
30	115	120

Tablo:30 Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta anyonik flokulan kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 41. Baryum Klörür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve orta Anyonik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.



5.7.3. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve Düşük Anyonik Flokulan Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan Miktarlar

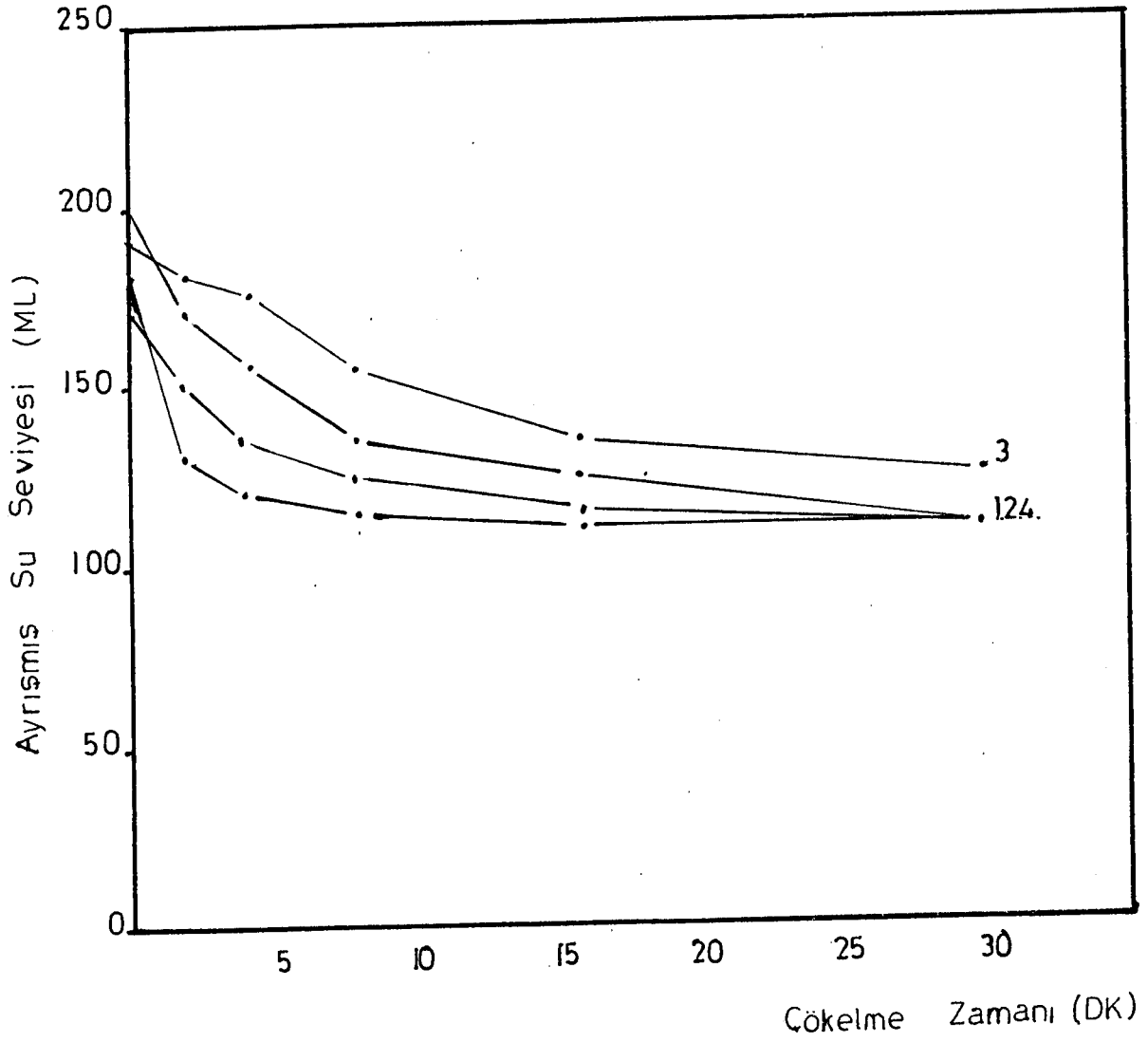
Flokulan (ML)	$BaCl_2$ (ML)	Flokulan/tn.katı (gr)	$BaCl_2$ /tn.katı (kg)
$M_1:40$	$M_1:30$	1.331	388,86
$M_2:50$	$M_2:30$	1.664	388,86
$M_3:40$	$M_3:50$	1.331	648,10
$M_4:50$	$M_4:50$	1.664	648,10

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)			
	M1	M2	M3	M4
0	170	180	190	200
2	150	130	180	170
4	135	120	175	155
8	125	115	155	135
16	115	110	135	125
30	110	110	125	110

Tablo:31 Baryum klorür( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve Düşük anyonik flokulan kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Sekil : 42 Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve Düşük Anyonik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi.

5.7.4. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve Non İyonik Flokülan Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Denevi :

Kullanılan Miktarlar

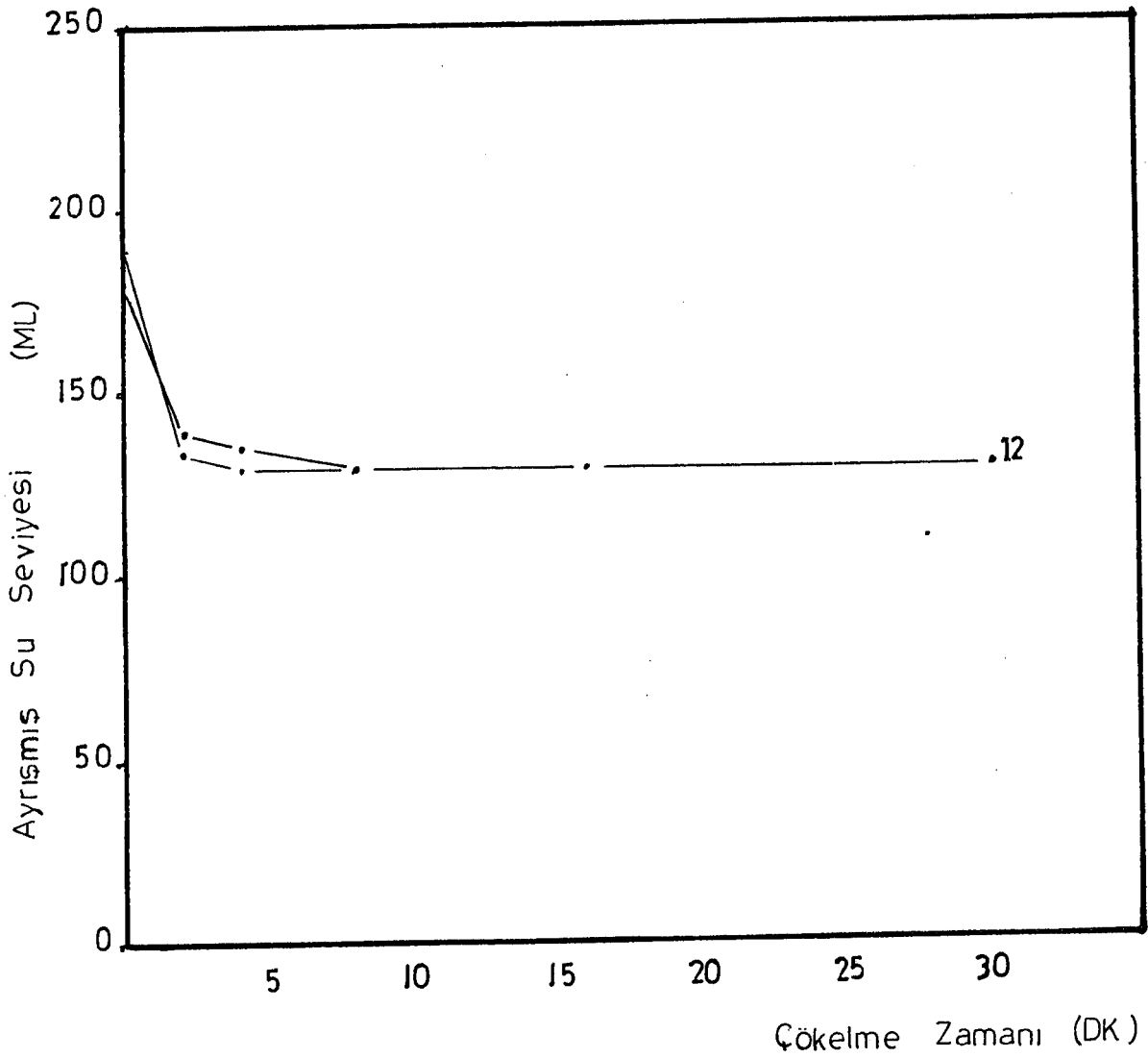
Flokülan (ML)	$BaCl_2$ (ML)	Flokülan/tn.katı (gr)	$BaCl_2$ /tn.katı (kg)
$M_1:50$	$M_1:40$	1.664	518,48
$M_2:30$	$M_2:40$	998	518,48

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrısmıs su Seviyesi (ML)	
	M1	M2
0	190	170
2	135	140
4	130	135
8	130	130
16	130	130
30	130	130

Tablo:32 Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve non ionik flokülan kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 43 Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve non İyonik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi

5.8. Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ile Yapılan Flokülasyon-Koagülasyon Deneyi :

Kullanılan Kalsiyum Miktarları

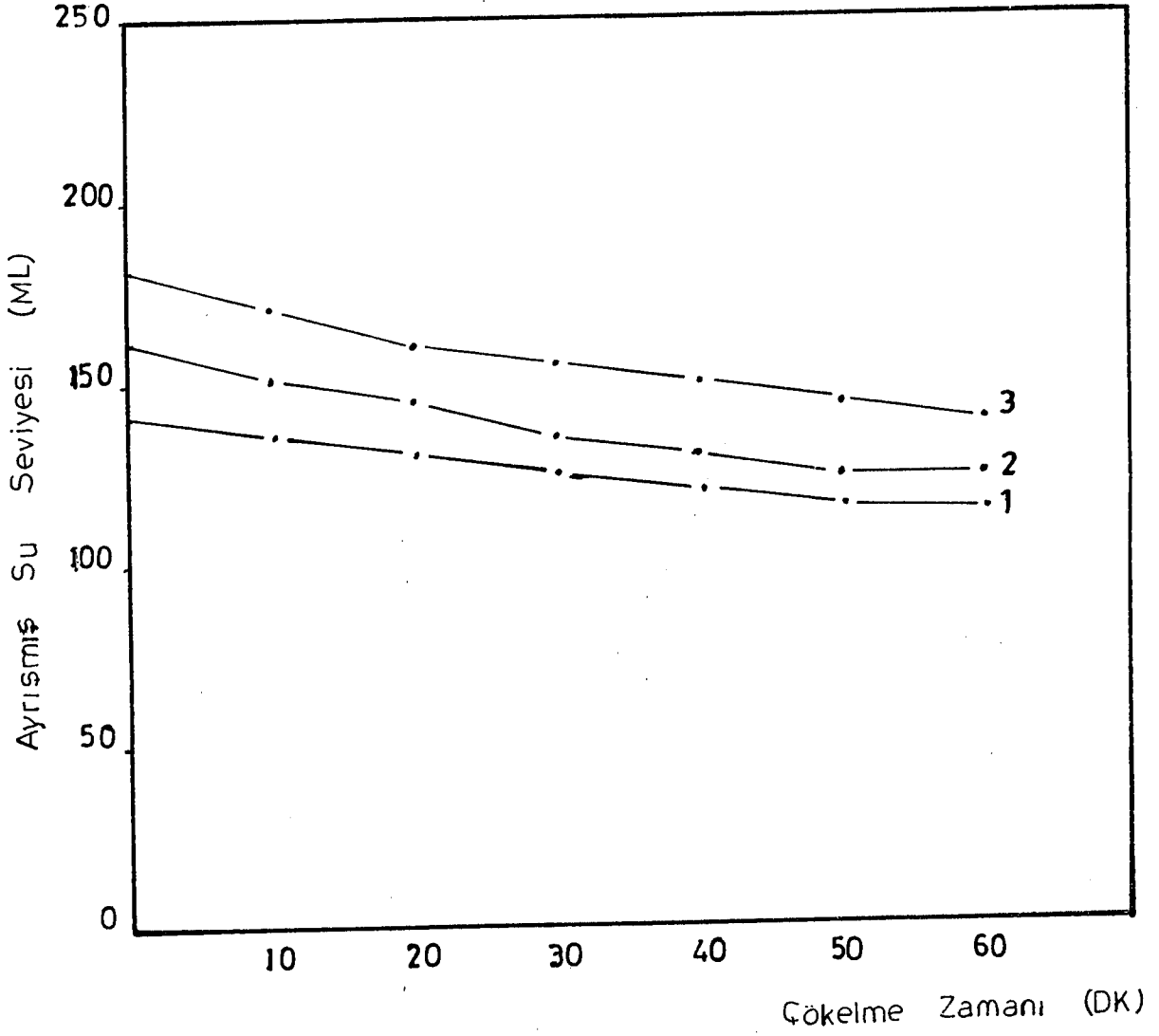
<u>(ML)</u>	<u>kg. <math>\text{CaCl}_2</math> /tn.katı</u>
$M_1$ : 40	502,48
$M_2$ : 60	753,72
$M_3$ : 80	1004,96

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	140	160	180
10	135	150	170
20	130	145	160
30	125	135	155
40	120	130	150
50	115	125	145
60	115	125	140

Tablo:3 Kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ile yapılan flokülasyon-koagülasyon da meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 44 Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve Flokulanların Beraber Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyleri :

5.8.1. Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve Orta Katyonik Flokulan Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan Miktarlar

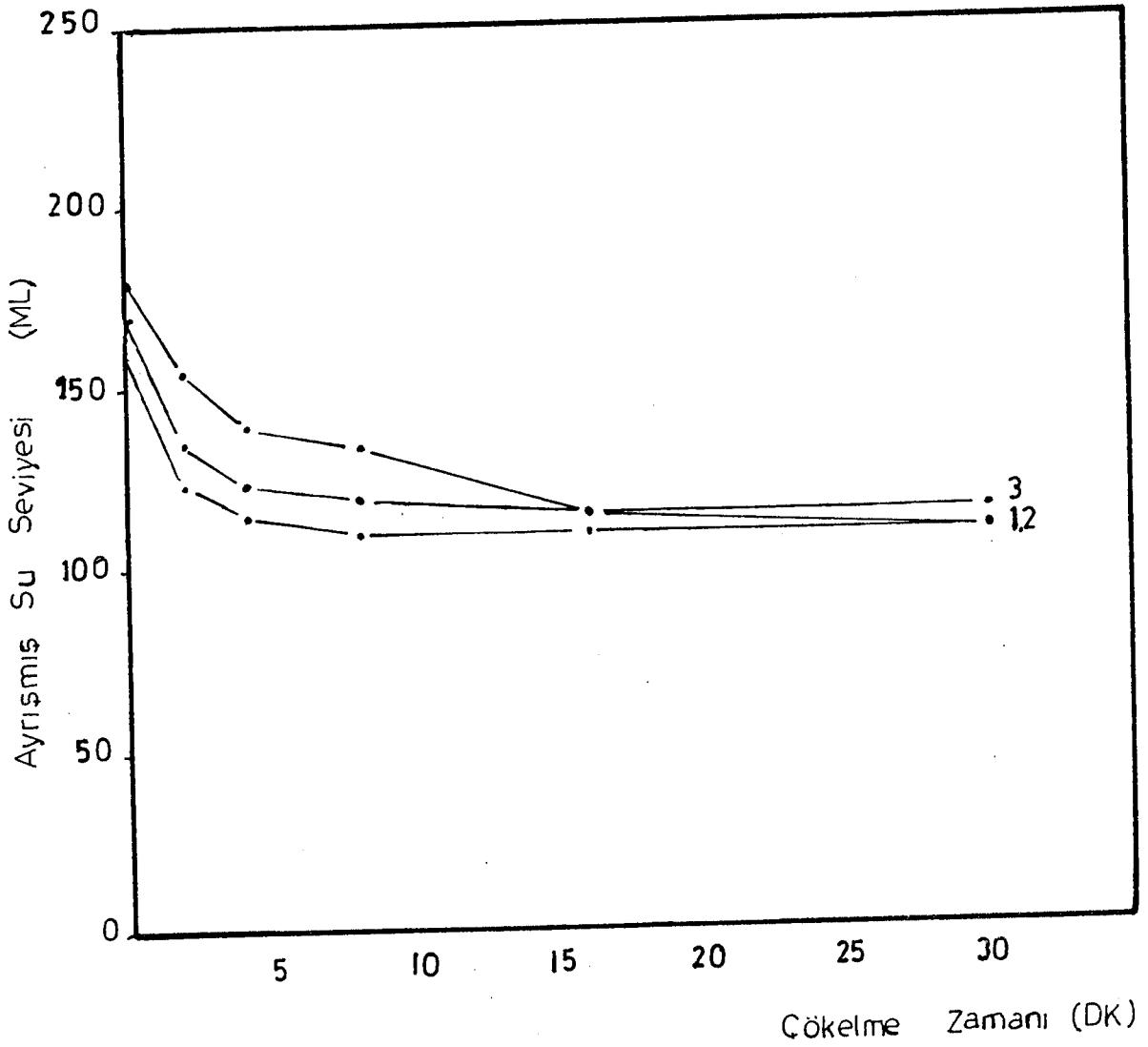
Flokulan (ML)	$\text{CaCl}_2$ (ML)	Flokulan/tn.katı (gr)	$\text{CaCl}_2$ /tn.katı (kg)
$M_1:40$	$M_1:20$	1.331	251,24
$M_2:40$	$M_2:30$	1.331	376,86
$M_3:40$	$M_3:40$	1.331	502,48

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	160	170	180
2	125	135	155
4	115	125	140
8	110	120	135
16	110	115	115
30	110	110	115

Tablo :34 Kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta katyonik flokulan kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Sekil : 45 Kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta katyonik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.



5.8.2. Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve Orta Anyonik Flokulan Beraber Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon

Deneyi :

Kullanılan Miktarlar

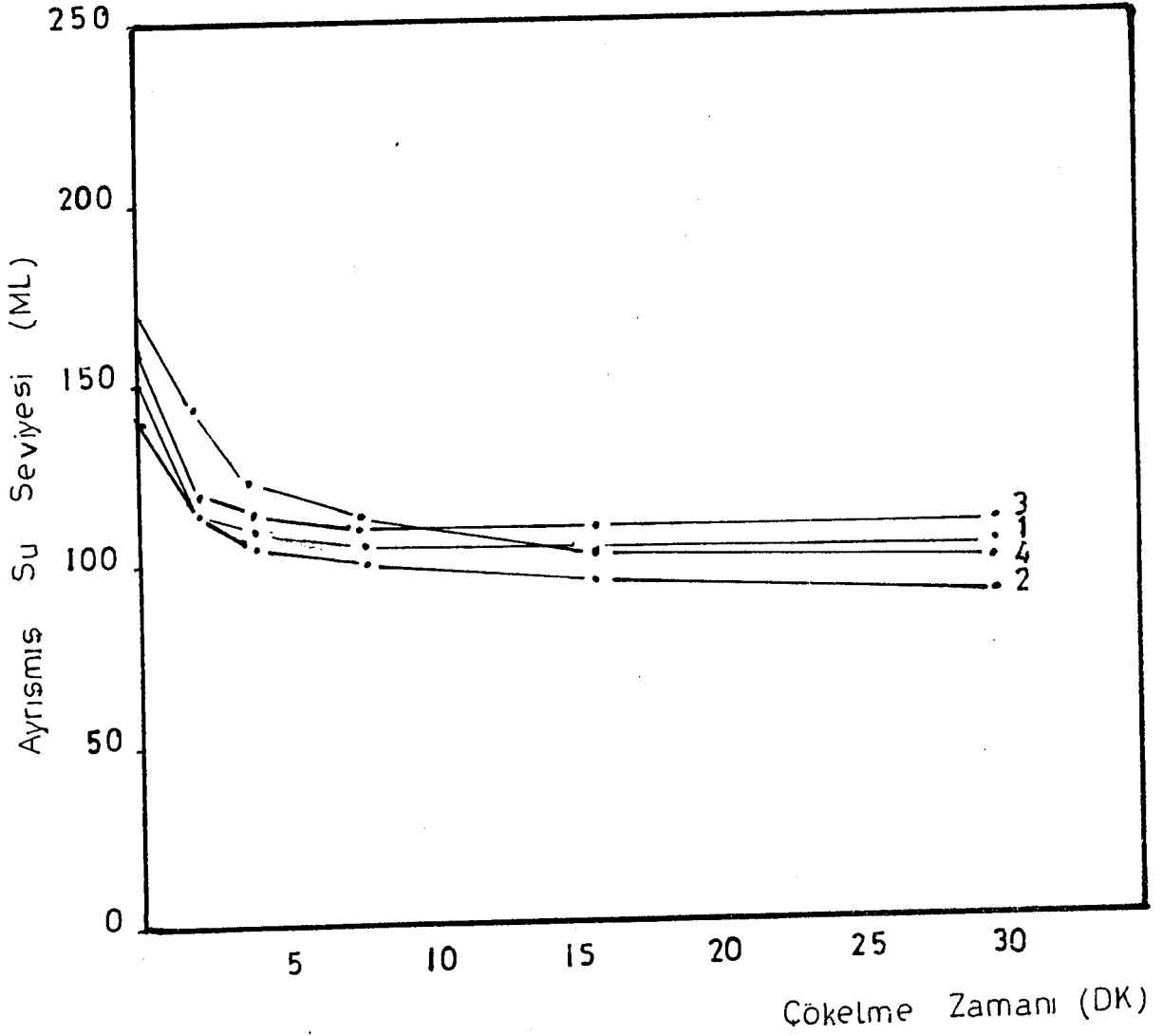
Flokulan (ML)	$\text{CaCl}_2$ (ML)	Flokulan/tn.katı (gr)	$\text{CaCl}_2$ /tn.katı (kg)
$M_1:30$	$M_1:10$	998	125,62
$M_2:30$	$M_2:20$	998	251,24
$M_3:30$	$M_3:30$	998	376,86
$M_4:30$	$M_4:40$	998	502,48

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)			
	M1	M2	M3	M4
0	140	150	160	170
2	115	115	120	145
4	110	105	115	125
8	105	100	110	115
16	105	95	110	105
30	105	90	110	100

Tablo:35 Kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta anyonik flokulan beraber kullanılarak elde edilen çökelme miktarları.



Sekil : 46 Kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta anyonik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.8.3. Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve Düşük Anyonik Flokulan Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan miktarlar

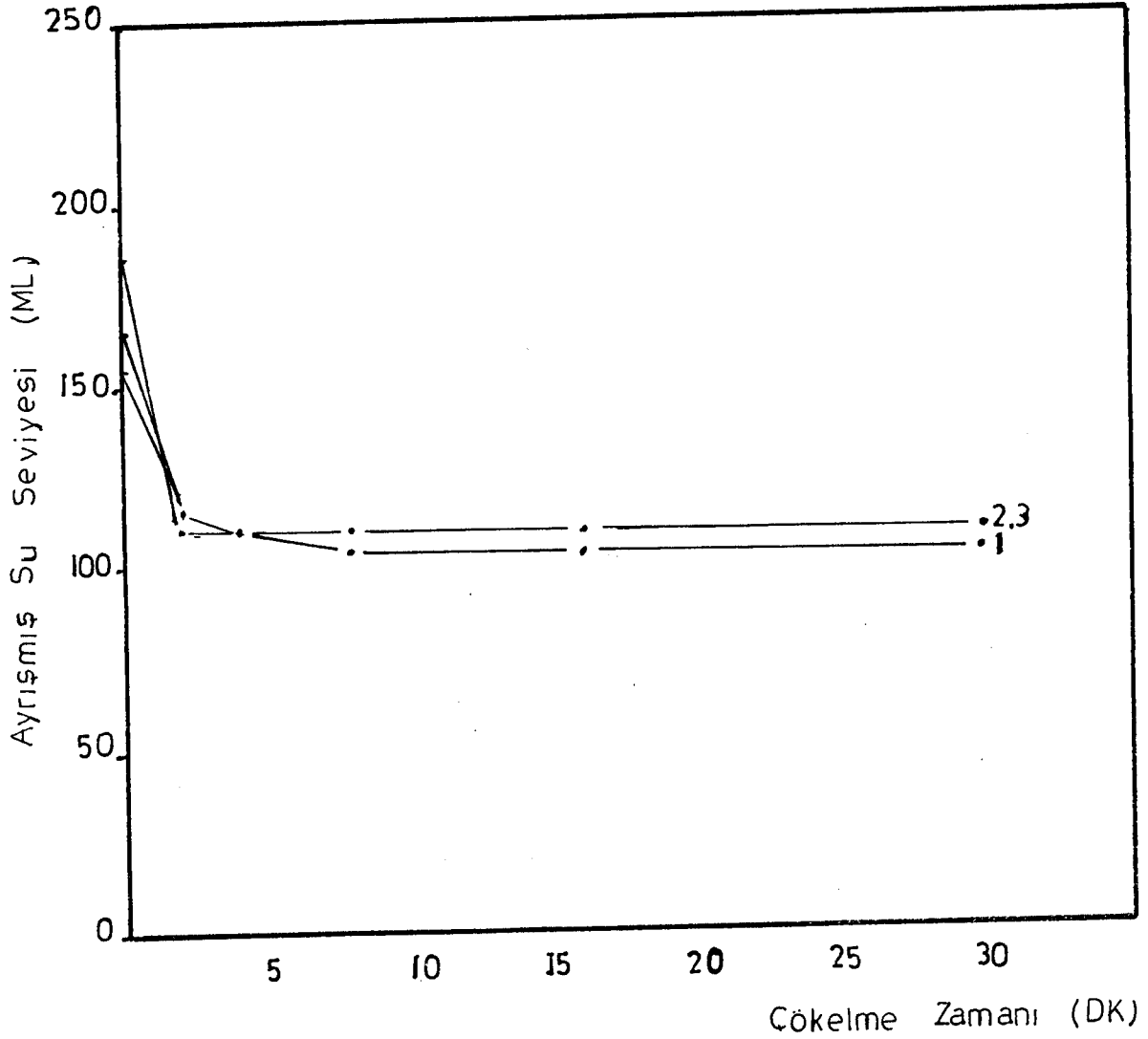
Flokulan (ML)	$\text{CaCl}_2$ (ML)	Flokulan/tn.katı (gr)	$\text{CaCl}_2$ /tn.katı (kg)
$M_1$ :40	$M_1$ :15	1.331	188,43
$M_2$ :40	$M_2$ :25	1.331	314,05
$M_3$ :60	$M_3$ :25	1.996	314,05

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	155	165	185
2	115	115	110
4	110	110	110
8	105	110	110
16	105	110	110
30	105	110	110

Tablo :36 Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve Düşük anyonik flokulan kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Sekil : 47 Kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve Düşük anyonik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.8.4. Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve Non İyonik Flokulan Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan Miktarlar

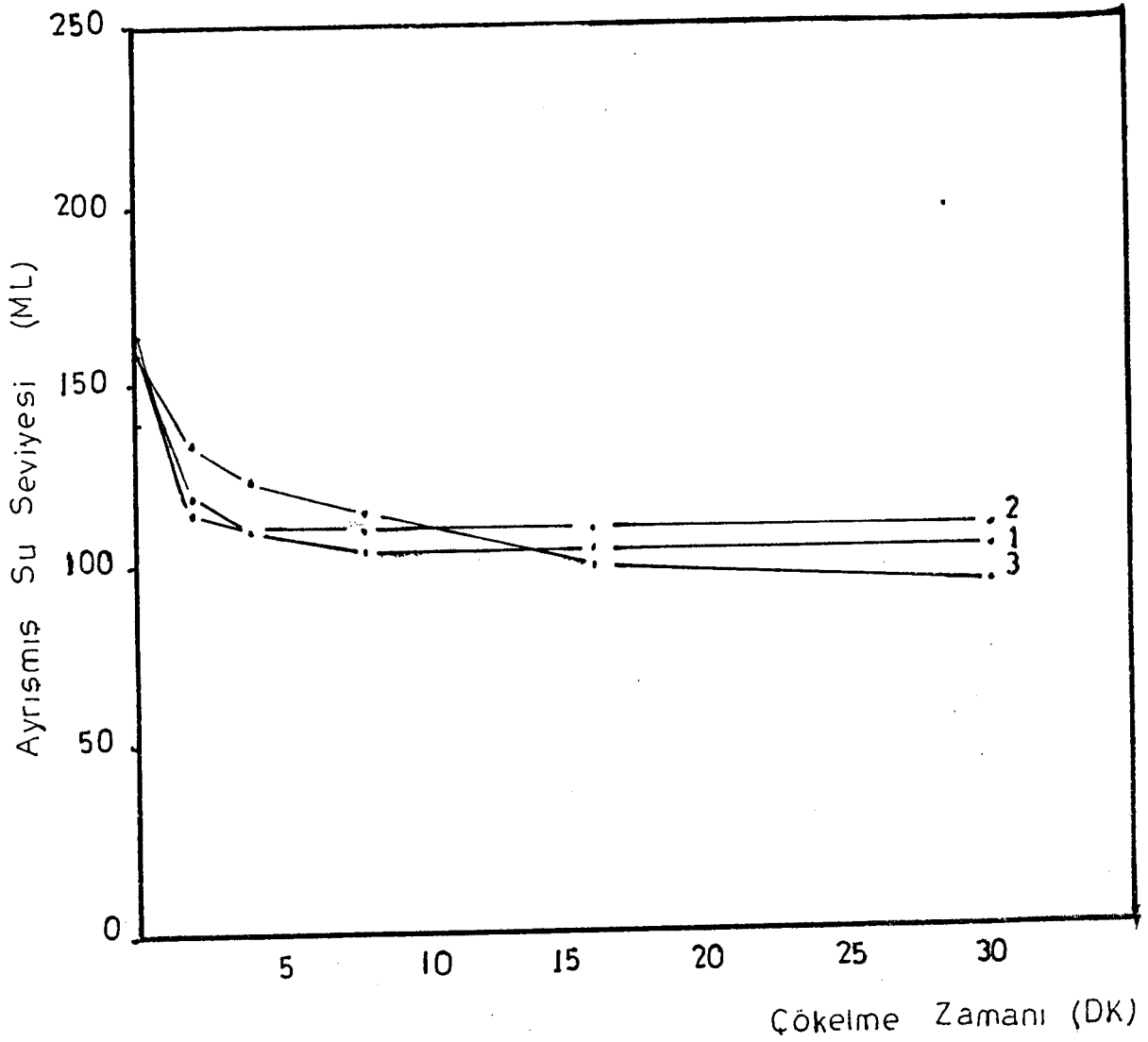
Flokulan (ML)	$\text{CaCl}_2$ (ML)	Flokulan/tn.katı (gr)	$\text{CaCl}_2$ /tn.katı (kg)
$M_1:45$	$M_1:15$	1.498	188,43
$M_2:50$	$M_2:15$	1.664	188,43
$M_3:35$	$M_3:25$	1.165	314,05

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme zamanı (DK)	Ayrışmış su Seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	160	165	160
2	120	115	135
4	110	110	125
8	105	110	115
16	105	110	100
30	105	110	95

Tablo:37 Kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve non ionik flokulan kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil :48 Kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve non ionik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

### 5.9. Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ile Yapılan Flokülasyon-Koagülasyon Deneyleri :

Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ile yapılan deneylerde katı oranı % 12.02 tir. 250 ml'lik mezürlerde 100 ml. pulp numunesi kullanılmıştır. Demir klorür tek olarak kullanıldığı zaman mezürde hiç bir çökelmeye rastlanmamıştır. Ancak Demir klorür miktarı artırılırsa salkımlaşma olmakta fakat çökelme olmamaktadır. Kullanılan Demir klorür % 20 'lik olarak hazırlanmıştır.

Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve flokülünların beraber kullanılması ile yapılan flokülasyon deneyleri.

Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ile yapılan flokülasyon deneyinde, Demir klorür ile orta katyonik flokülün birlikte kullanılması ile numunedeki çökelecek olan katı kısım belli bir zaman çökelme gösterdikten sonra toplu olarak mezürün üst kısmına yükselmekte ve üst kısımda sıkışma olmaktadır. Katı çökelek arasında hava kabarcıkları gözlenmektedir, suyun rengi ortama eklenen demir klorür'ün miktarına göre kahverengi tonunda olmaktadır.

5.9.1. Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve Orta Katyonik Flokulan Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan miktarlar

Flokulan (ML)	$\text{FeCl}_3$ (ML)	Flokulan/tn.katı (gr)	$\text{FeCl}_3$ /tn.katı (kg)
M <sub>1</sub> :50	M <sub>1</sub> :10	1.665	100,12
M <sub>2</sub> :50	M <sub>2</sub> :30	1.665	300,36
M <sub>3</sub> :50	M <sub>3</sub> :40	1.665	400,48

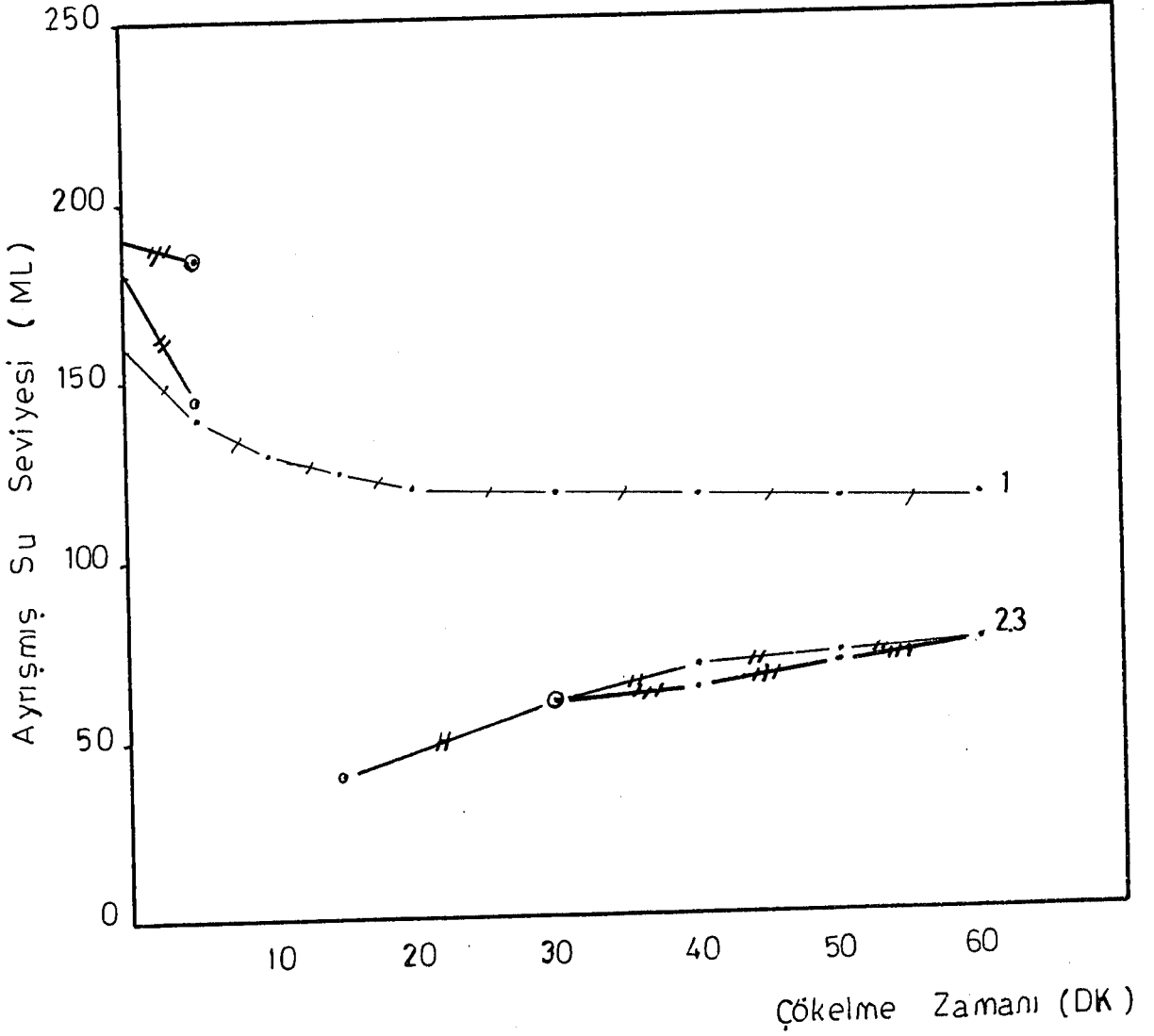
Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Bulanık

Çökme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	160	180	190
5	140	145	185
10	130	--	--
15	125	40	--
20	120	--	--
25	--	--	--
30	--	60	60
40	--	70	65
50	--	--	70
60	115	75	75

Tablo:38 Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve Orta katyonik flokulan kullanılması ile meydana gelen çökme miktarları.





Şekil : 49 Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta katyonik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.9.2. Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve Orta Anyonik Flokulan Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan Miktarlar

Flokulan (ML)	$\text{FeCl}_3$ (ML)	Flokulan/tn.katı (gr)	$\text{FeCl}_3$ /tn. katı (kg)
$M_1:50$	$M_1:10$	1.663	100,12

Pulp miktarı : 100ml

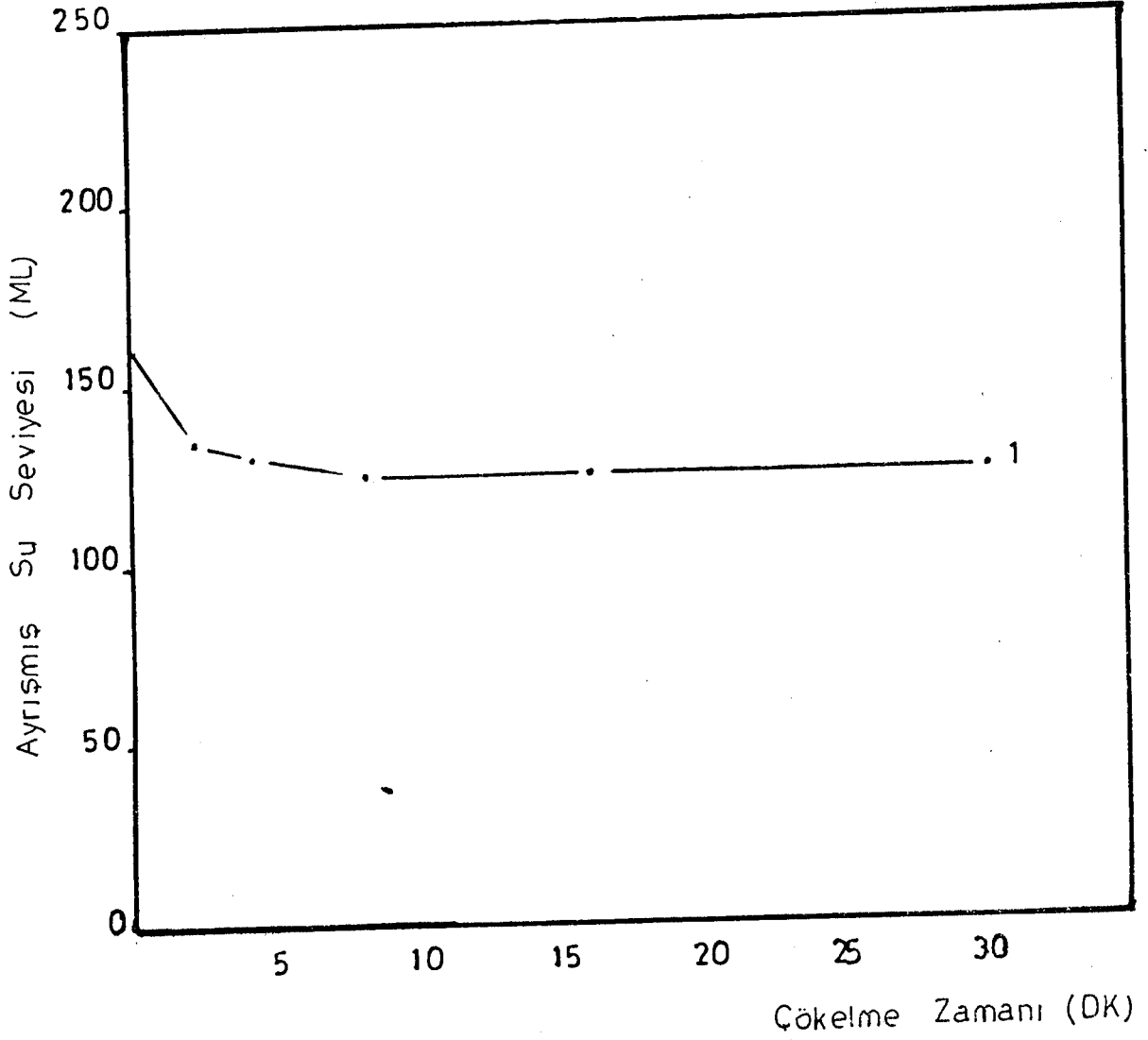
Üst Sıvı Zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)
	ML
0	160
2	135
4	130
8	125
16	125
30	125

Kullanılan madde oranı değiştirildiğinde sonuçta bir değişiklik gözlenmemiştir.

$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  miktarı arttırıldığında kullanılan flokulan miktarıda o nispette artmaktadır.

Tablo:39 Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta anyonik flokulan kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi



Şekil : 50 Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve orta anyonik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.9.3. Demir Klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) ve DüşükAnyonik Flo-  
külan Kullanılması ile yapılan Flokülasyon Denevi :

Kullanılan miktarlar

Flokülan (ML)	$FeCl_3$ (ML)	Flokülan/tn. katı (gr)	$FeCl_3$ /tn. katı (kg)
$M_1:45$	$M_1: 5$	1.497	50,06
$M_2:40$	$M_2:10$	1.331	100,12

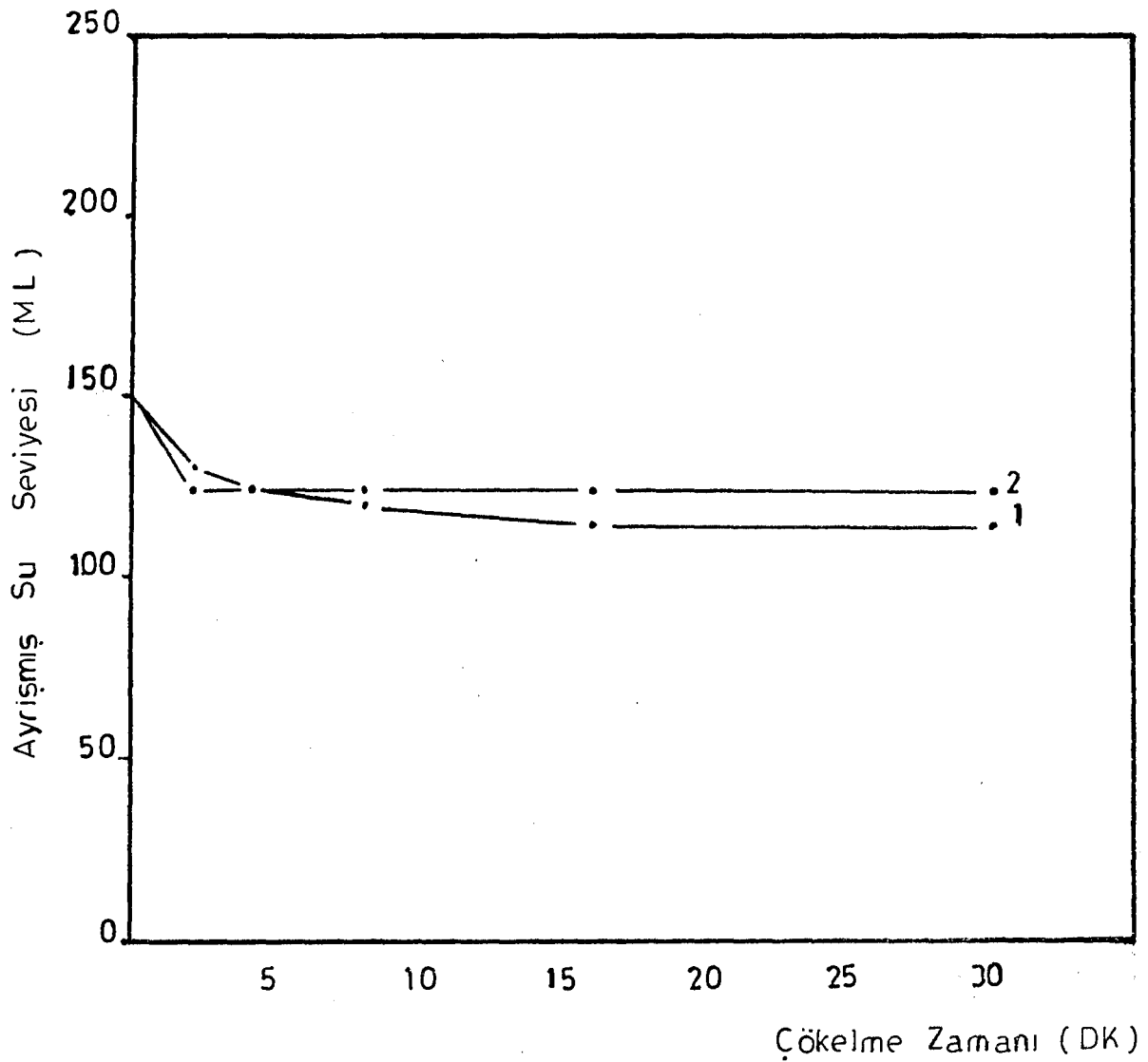
Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrısmıs su Seviyesi (ML)	
	M1	M2
0	150	150
2	130	125
4	125	125
8	120	125
16	115	125
30	115	125

Değişik oranlar denendiysede farklı bir sonuç gözlenmemiştir.

Tablo:40 Demir klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) ve Düşükanyonik flokülün beraber kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Sekil : 51 Demir klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) ve düşük anyonik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi.

5.9.4. Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve Non İyonik Flokülan Kullanılması ile yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan miktarlar

Flokülan (ML)	$\text{FeCl}_3$ (ML)	Flokülan/tn. katı (gr)	$\text{FeCl}_3$ /tn. katı (kg)
$M_1:60$	$M_1:10$	1.996	100,12
$M_2:40$	$M_2:20$	1.331	200,24
$M_3:60$	$M_3:20$	1.996	200,24

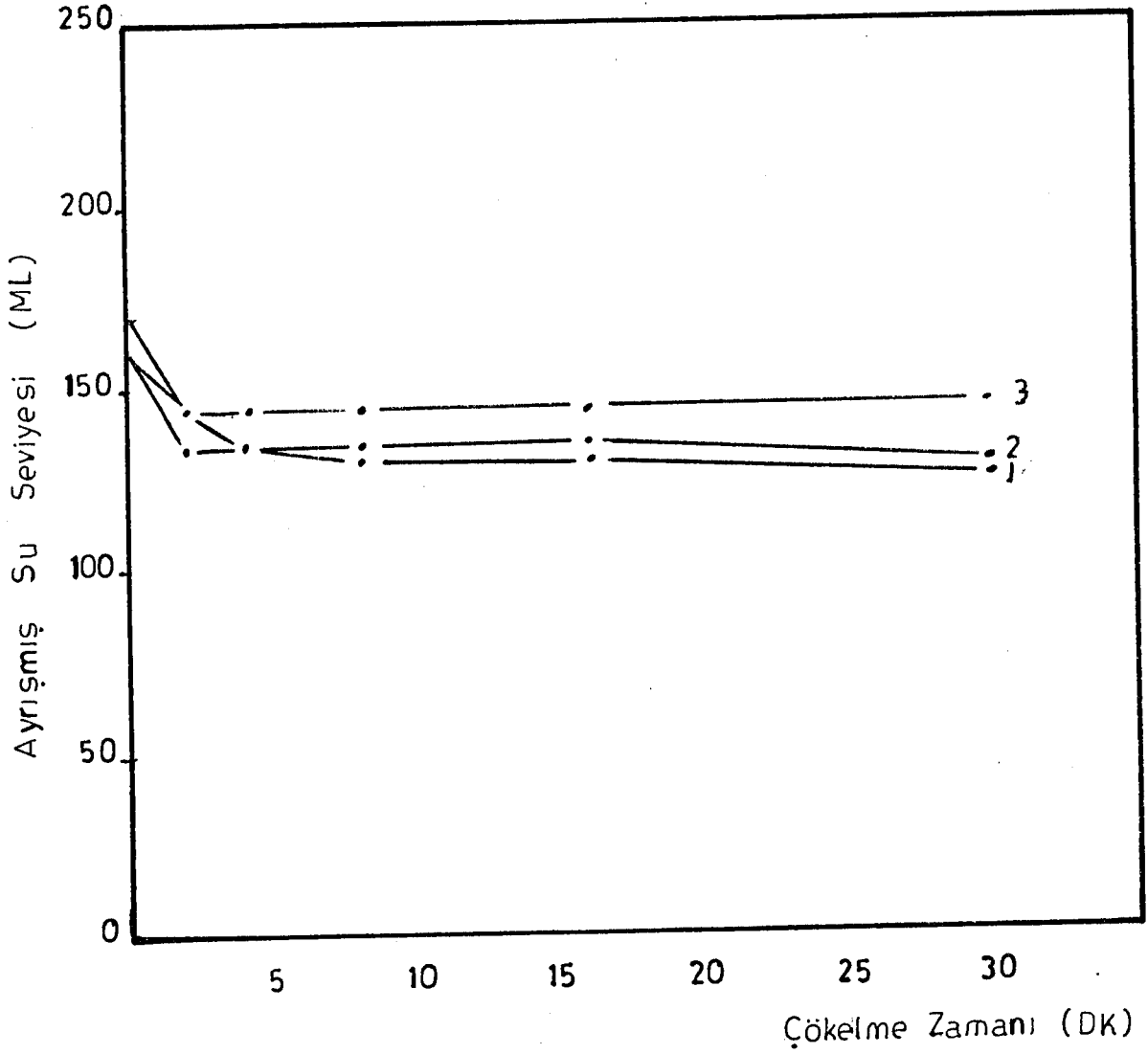
Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	170	160	160
2	145	135	145
4	135	135	145
8	130	135	145
16	130	135	145
30	125	130	145

Kullanılan madde oranları değiştirilse bile çökme süresinde bir değişme gözlenmemiştir.

Tablo:41 Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve non iyonik flokülün beraber kullanılması ile meydana gelen çökme miktarları.



Şekil :52. Demir klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) ve non ionik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi.

5.10. Poli Etilen Oksit (P.E.O.) İle Yapılan Flokü-  
lasyon Deneyi :

Kullanılan P.E.O miktarı

<u>(ML)</u>	<u>Gr. P.O.E /tn katı</u>
M <sub>1</sub> : 50	----- 1.663
M <sub>2</sub> : 60	----- 1.996

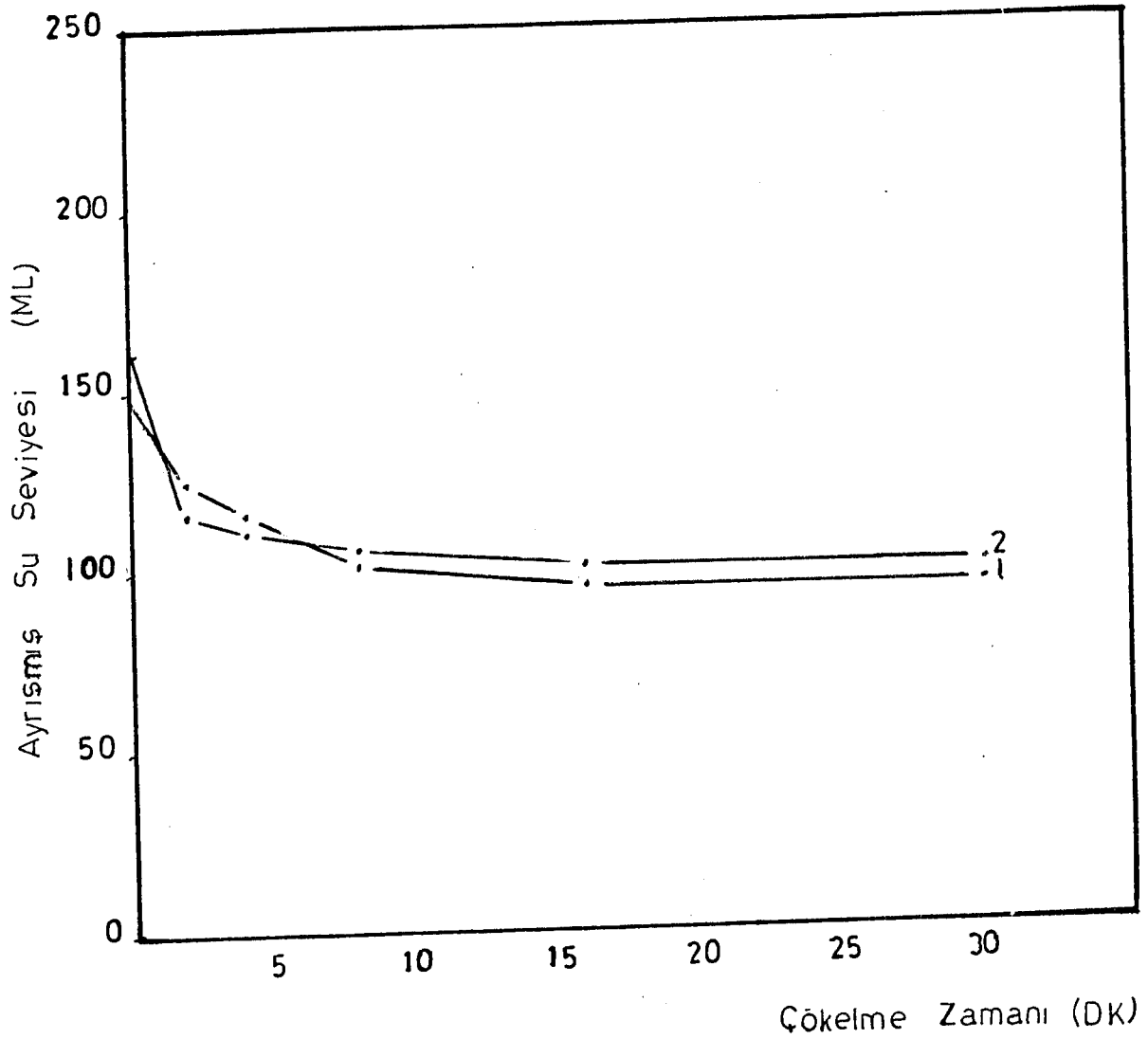
Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökeltme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)	
	M1	M2
0	150	160
2	125	115
4	115	110
8	100	105
16	95	100
30	95	100

Tablo:42 Poli etilen oksit ile yapılan Flokü-lasyon deneyinde meydana gelen çökeltme miktarları.





Şekil :53 Polietilen oksit kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.10.1. Polietilen Oksitin Seyreltilmiş ( $\frac{1}{2}$ ) Pulp İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan P.E.O miktarları

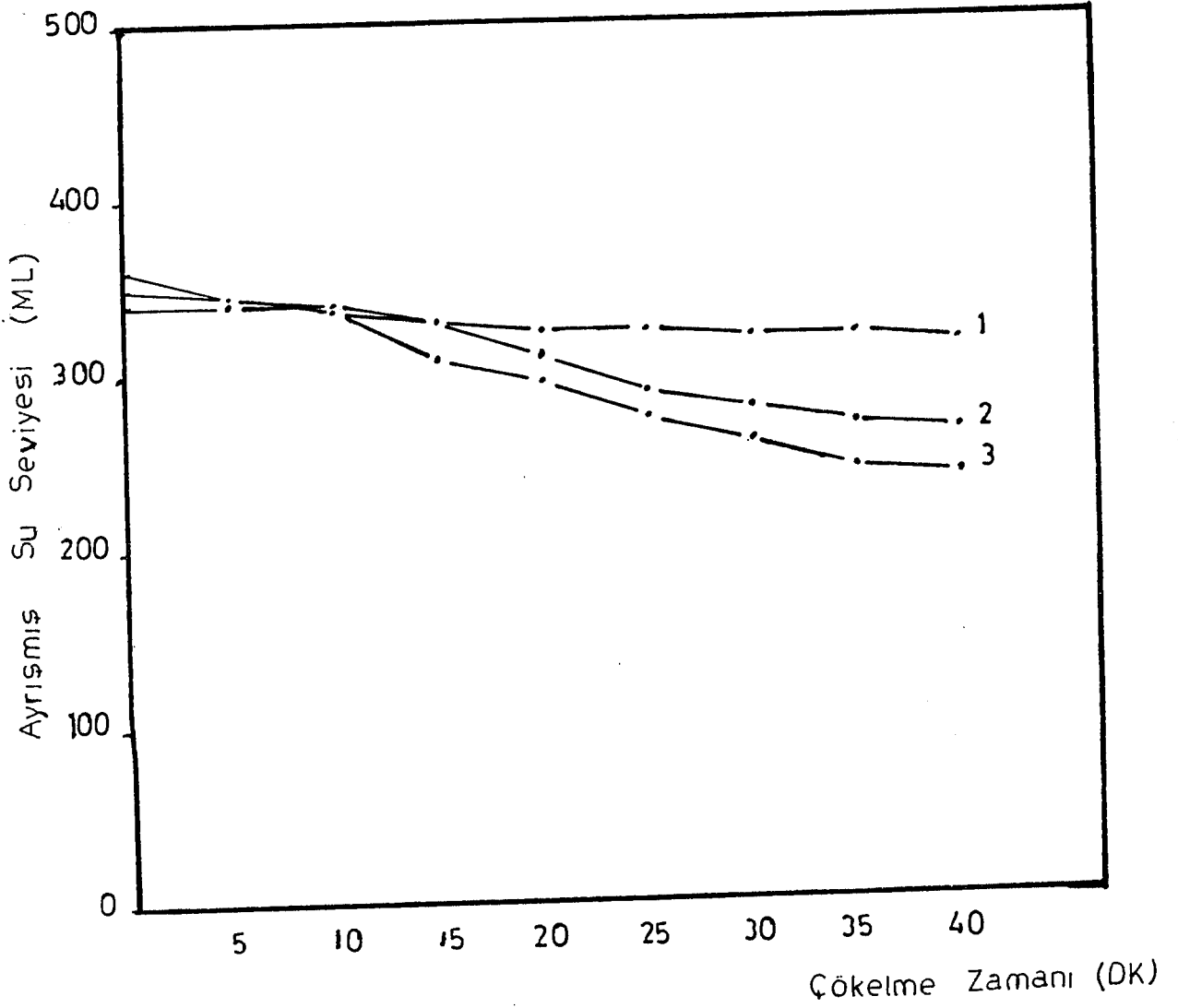
<u>(ML)</u>	<u>Gr. P.O.E /tn katı</u>
M <sub>1</sub> : 40	----- 1.331
M <sub>2</sub> : 50	----- 1.663
M <sub>3</sub> : 60	----- 1.996

Pulp miktarı : 200ml + 100ml safsu

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrışmış Su Seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	340	350	360
5	340	345	345
10	335	340	335
15	330	330	315
20	325	310	295
25	325	290	275
30	320	280	260
35	320	270	245
40	315	265	240

Tablo:43 Polietilen oksitin seyreltilmiş ( $\frac{1}{2}$ ) pulp'un flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 54 Polietilen oksitin seyreltilmiş(1/2) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.10.2. Polietilen Oksitin Seyreltilmiş (<sup>1</sup>/1) Pulp ile Yapılan Flokülasyon Deneyi :

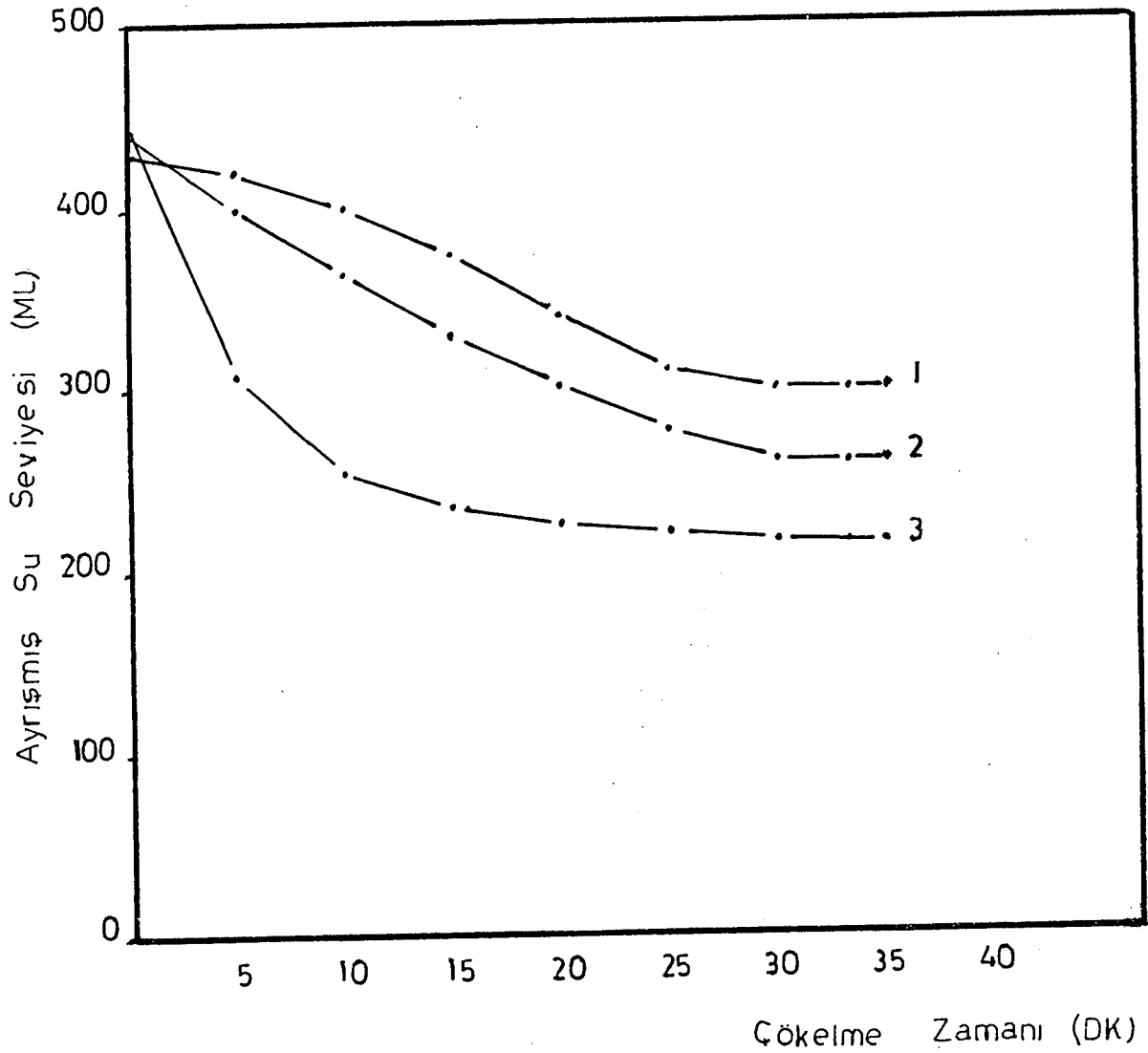
Kullanılan P.E.O Miktarı

<u>(ML)</u>	<u>Gr. P.O.E /tn katı</u>
M <sub>1</sub> : 30 -----	998
M <sub>2</sub> : 40 -----	1.331
M <sub>3</sub> : 45 -----	1.497

Pulp miktarı : 200ml + 200ml saf su  
Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrışmış Su Seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	430	440	445
5	420	400	310
10	400	365	255
15	375	330	235
20	340	300	225
25	310	275	220
30	300	265	215
35	295	260	215

Tablo:44 Polietilen Oksitin seyreltilmiş (<sup>1</sup>/1) Pulp'un flokülasyonunda meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 55 Polietilen oksitin seyreltilmiş (1/1) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.10.3. Polietilen Oksidin Seyreltilmiş (2/1) Pulp İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan P.E.O Miktarı

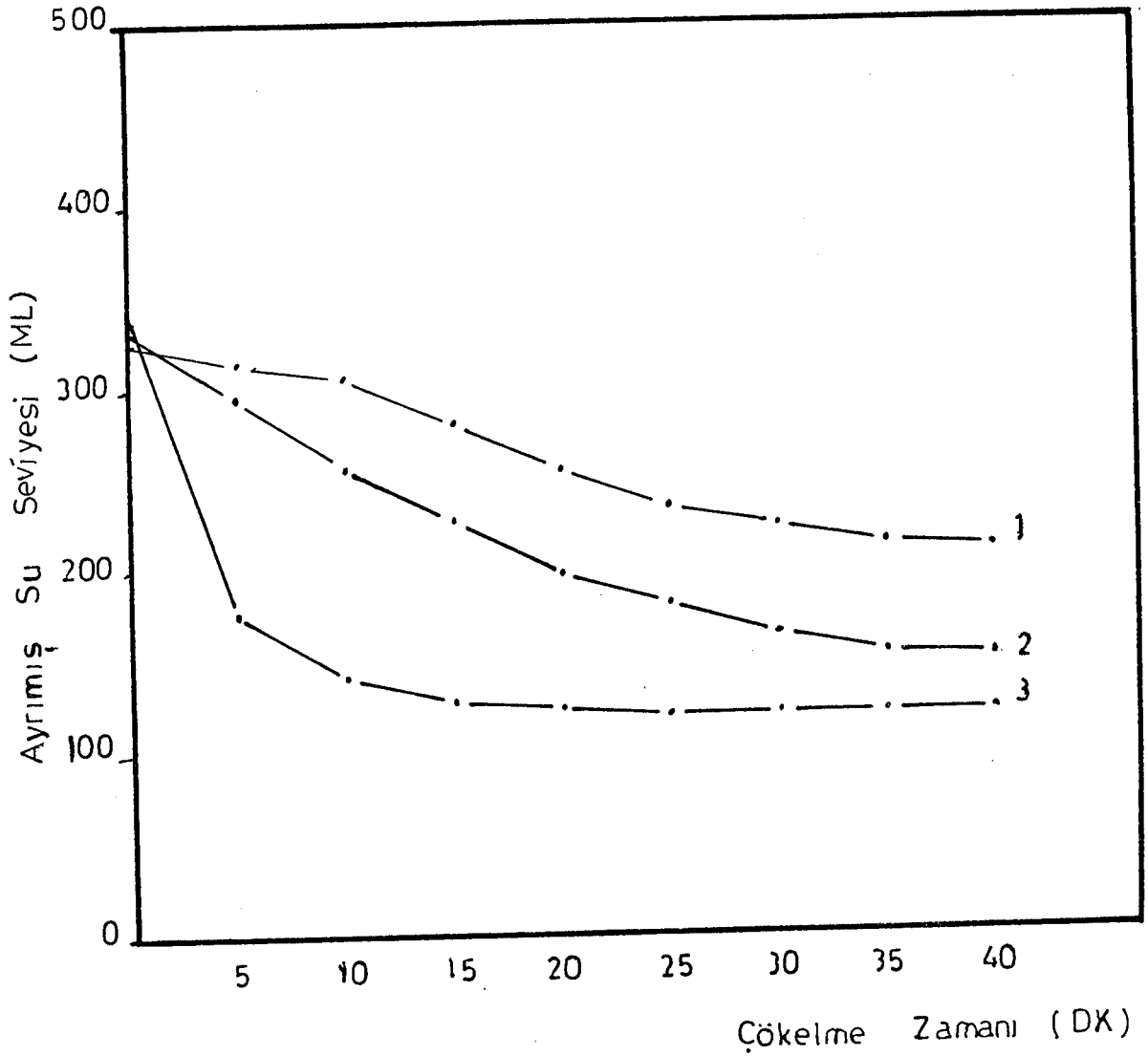
<u>(ML)</u>	<u>Gr. P.E.O /tn katı</u>
M <sub>1</sub> : 25 -----	831
M <sub>2</sub> : 30 -----	998
M <sub>3</sub> : 35 -----	1.164

Pulp miktarı :100ml-200 ml saf su

Üst sıvı zonu:Berrak

Çökeltme Zamanı (DK)	Ayrışmış Su Seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	325	330	335
5	315	295	175
10	305	255	140
15	280	225	130
20	255	195	125
25	235	180	120
30	225	165	120
35	215	155	120
40	210	150	

Tablo:45 Polietilen oksitin seyreltilmiş (2/1) pulp'-  
ün flokülasyonunda meydana gelen çökeltme miktarları.



Şekil : 56 Polietilen oksitin seyreltilmiş (2/1) pulp'te kullanılması ile meydana gelen çökeltme eğrisi.

5.11.1. Polietilen Oksitin ve Orta Katyonik Flokulanın Karıştırılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan Flokulan Miktarı

Flokulan (ML)	P.E.O. (ML)	Gr. Flokulan/tn katı
M <sub>1</sub> : 20	20	----- 1.331
M <sub>2</sub> : 20	30	----- 1.663
M <sub>3</sub> : 40	40	----- 2.662
M <sub>4</sub> : 60	40	----- 3.327
M <sub>5</sub> : 70	10	----- 2.662

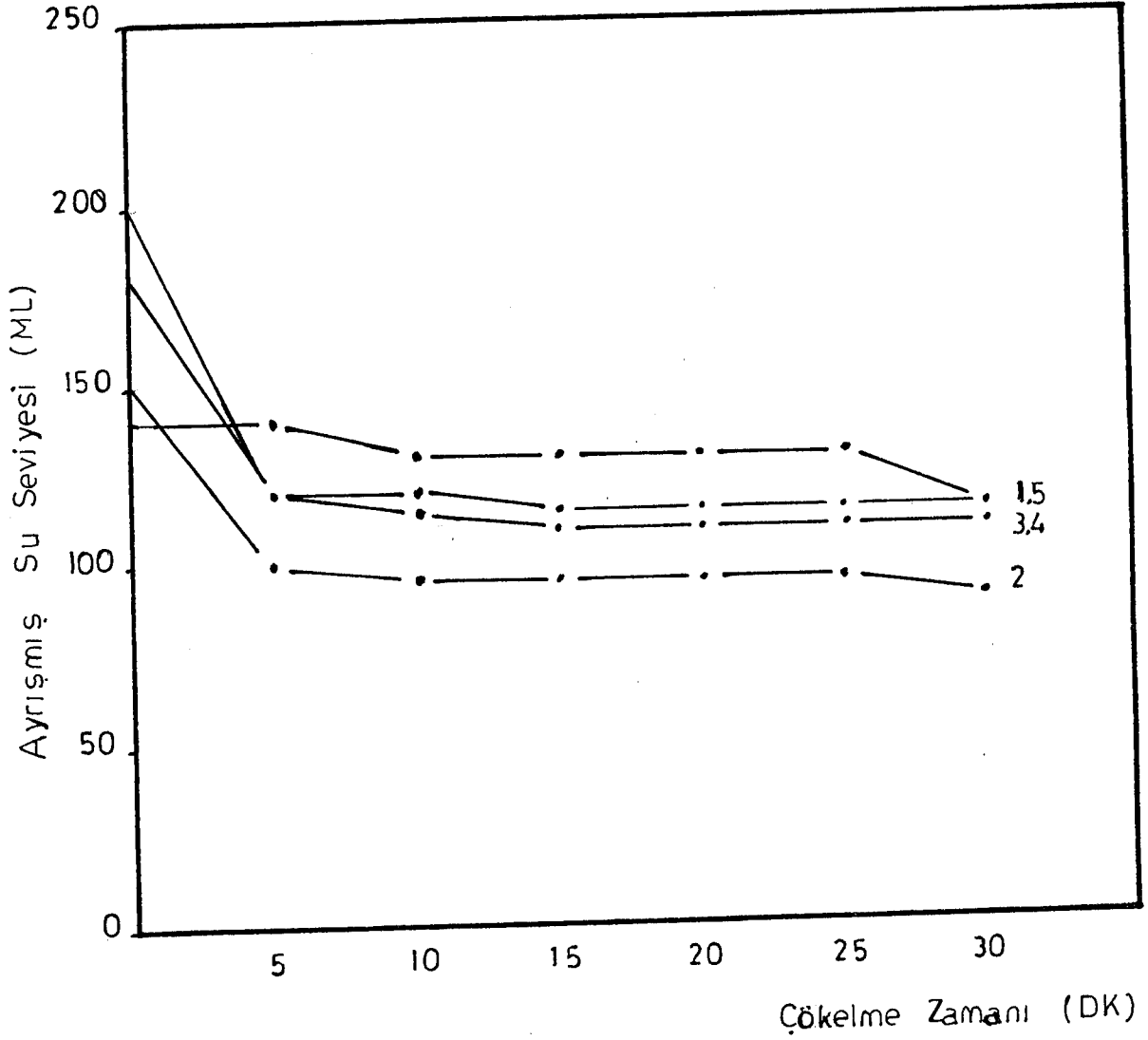
Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökeltme Zamanı (DK)	Ayrışmış Su Seviyesi (ML)				
	M1	M2	M3	M4	M5
0	140	150	180	200	180
5	140	100	120	120	120
10	130	95	120	115	115
15	130	95	115	110	115
20	130	95	115	110	115
25	130	95	110	110	115
30	115	90	110	110	115

Tablo:46 Polietilen oksit ve orta katyonik flokulan kullanılması ile meydana gelen çökeltme miktarları.





Şekil : 57 Polietilen oksit ve orta katyonik flokülanın kullanılması ile meydana gelen çökeltme eğrisi.

5.11.2. Polietilen Oksit ve Orta Anyonik Flokulan Karıştırılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

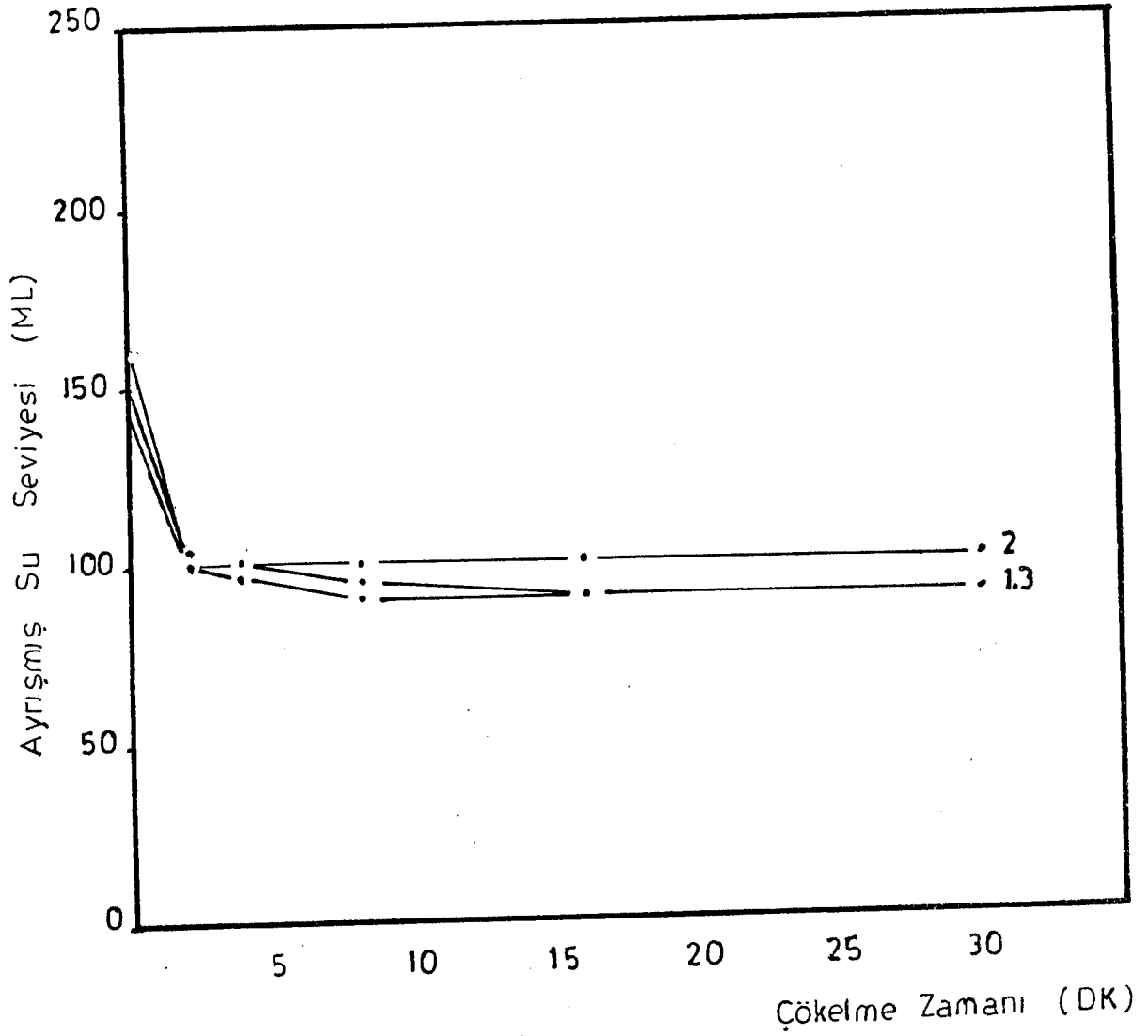
Kullanılan Flokulan Miktarı

Flokulan (ML)	P.E.O. (ML)	Gr. Flokulan/tn katı
M <sub>1</sub> : 20	20	1.331
M <sub>2</sub> : 20	40	1.996
M <sub>3</sub> : 30	20	1.663

Pulp miktarı : 100ml  
Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrışmış Su Seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	140	160	150
2	100	100	105
4	95	100	100
8	90	100	95
16	90	100	90
30	90	100	90

Tablo:47 Polietilen oksit ve orta anyonik flokulan kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 59 Polietilen oksit ve orta anyonik flokülünün kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi.

5.11.3. Polietilen Oksit ve DüşükAnyonik Flokulan Karıştırılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan Flokulan Miktarı

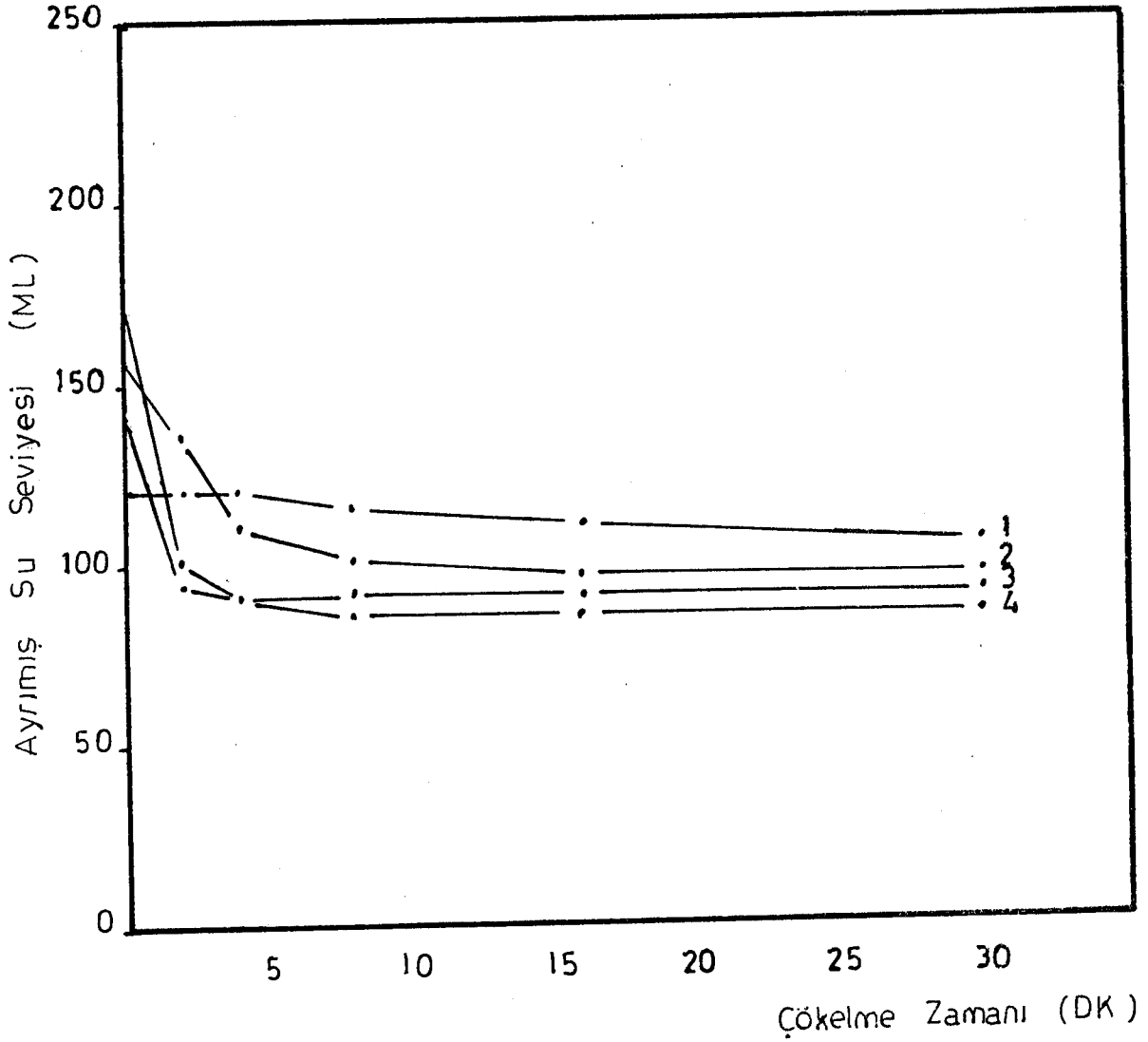
Flokulan (ML)	P.E.O (ML)	Gr. Flokulan/tn katı
M <sub>1</sub> : 10	10	668
M <sub>2</sub> : 20	20	1.337
M <sub>3</sub> : 30	25	1.830
M <sub>4</sub> : 40	30	2.340

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış Su Seviyesi (ML)			
	M1	M2	M3	M4
0	120	140	155	170
2	120	95	135	100
4	120	90	110	90
8	115	90	100	85
16	110	90	95	85
30	105	90	95	85

Tablo:48 Polietilen oksit ve düşükanyonik flokulan kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Sekil : 59 Polietilen oksit vedüşük anyonik flokülünün kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.11.4. Polietilen Oksit ve Non İyonik Flokulan Karıştırılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

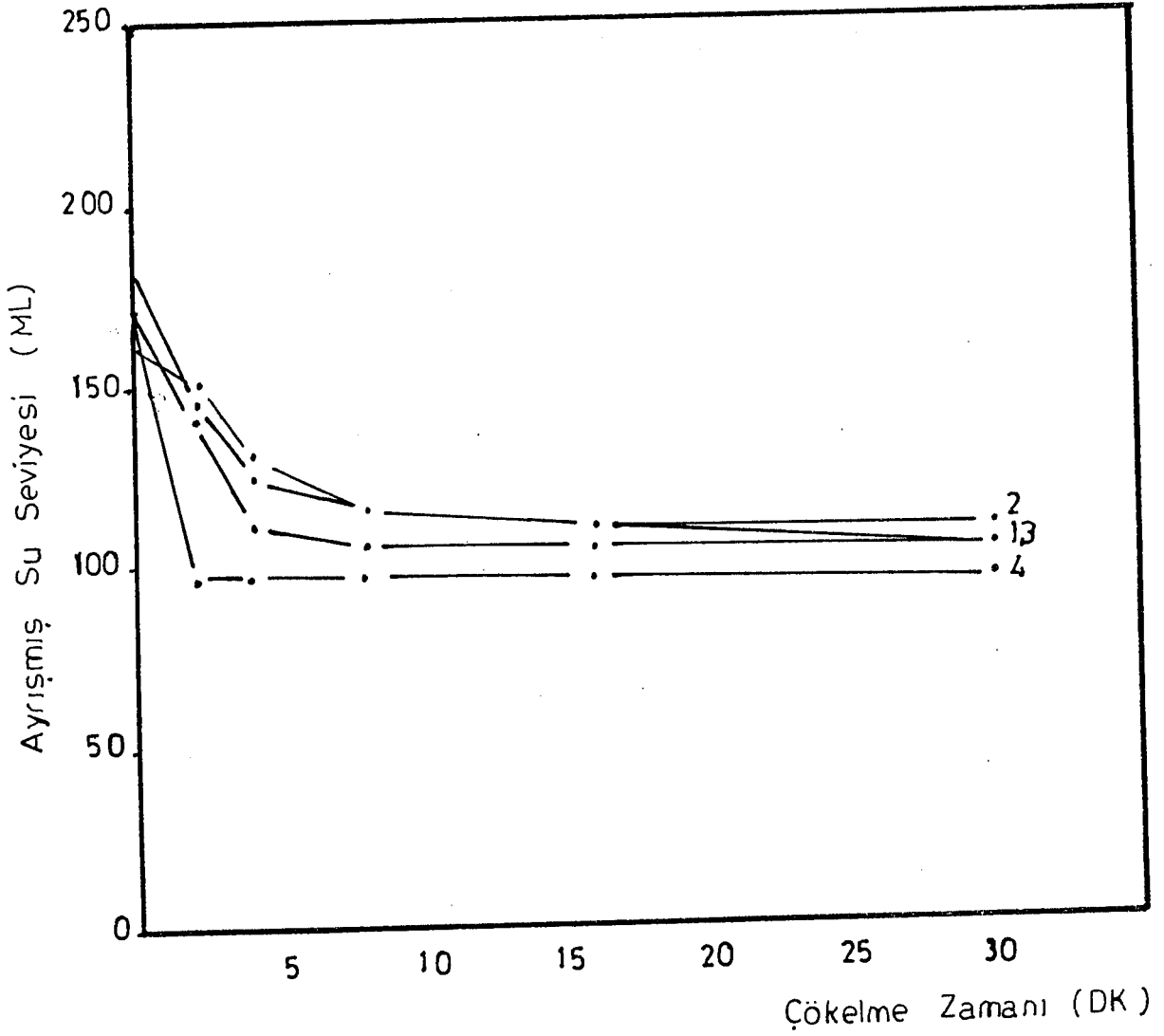
Kullanılan Flokulan Miktarı

Flokulan (ML)	P.E.O. (ML)	Gr. Flokulan/tn katı
M <sub>1</sub> : 40	20	1.996
M <sub>2</sub> : 40	30	2.330
M <sub>3</sub> : 40	40	2.662
M <sub>4</sub> : 50	20	2.330

Pulp miktarı : 100ml  
Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış Su Seviyesi (ML)			
	M1	M2	M3	M4
0	160	170	180	170
2	150	145	140	95
4	130	125	110	95
8	115	115	105	95
16	110	110	105	95
30	105	110	105	95

Tablo:49 Polietilen oksit ve non ionik flokulan kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Sekil : 60 Polietilen oksit ve non ionik flokülmanın kullanılması ile meydana gelen çökeltme eğrisi.

5.12. Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve P.E.O.

Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan miktarlar

$Al_2(SO_4)_3$ (ML)	P.E.O. (ML)	$Al_2(SO_4)_3$ /tn katı (kg)	P.E.O. /tn katı (g)
M <sub>1</sub> :40	M <sub>1</sub> :20	170,84	665
M <sub>2</sub> :40	M <sub>2</sub> :40	341,68	1.331
M <sub>3</sub> :40	M <sub>3</sub> :50	427,10	1.664

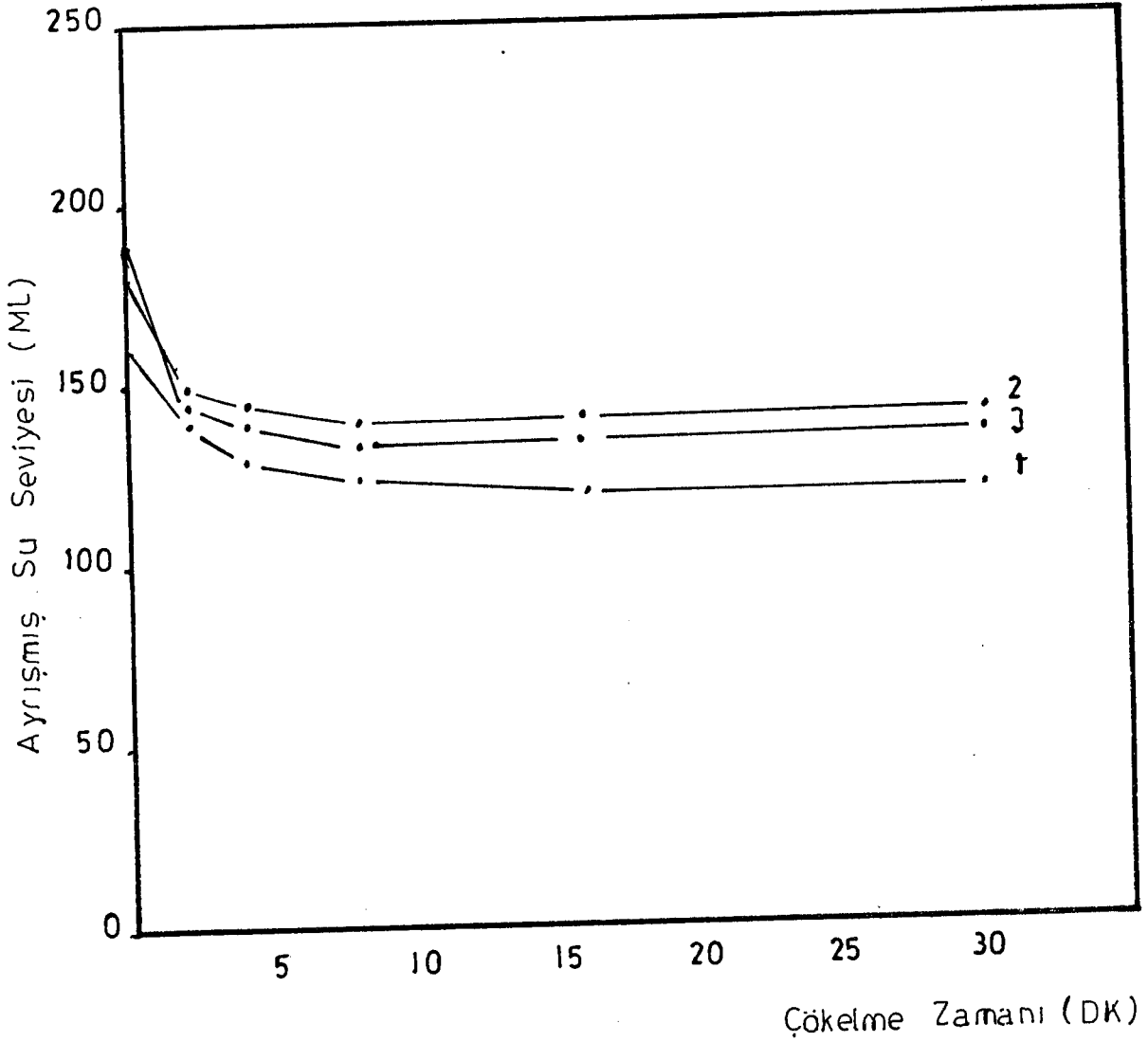
Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrışmış su Seviyesi (ML)		
	M1	M2	M3
0	160	180	190
2	140	150	145
4	130	145	140
8	125	140	135
16	120	140	135
30	120	140	135

Tablo :50 Aluminyum sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve P.E.O. kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.





Şekil : 61 Alüminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ) ve P.E.O. kullanılması ile meydana gelen çökeltme eğrisi.

5.13. Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve P.E.O. Kullanılması ile Yapılan Flokülasyon Deneyi :

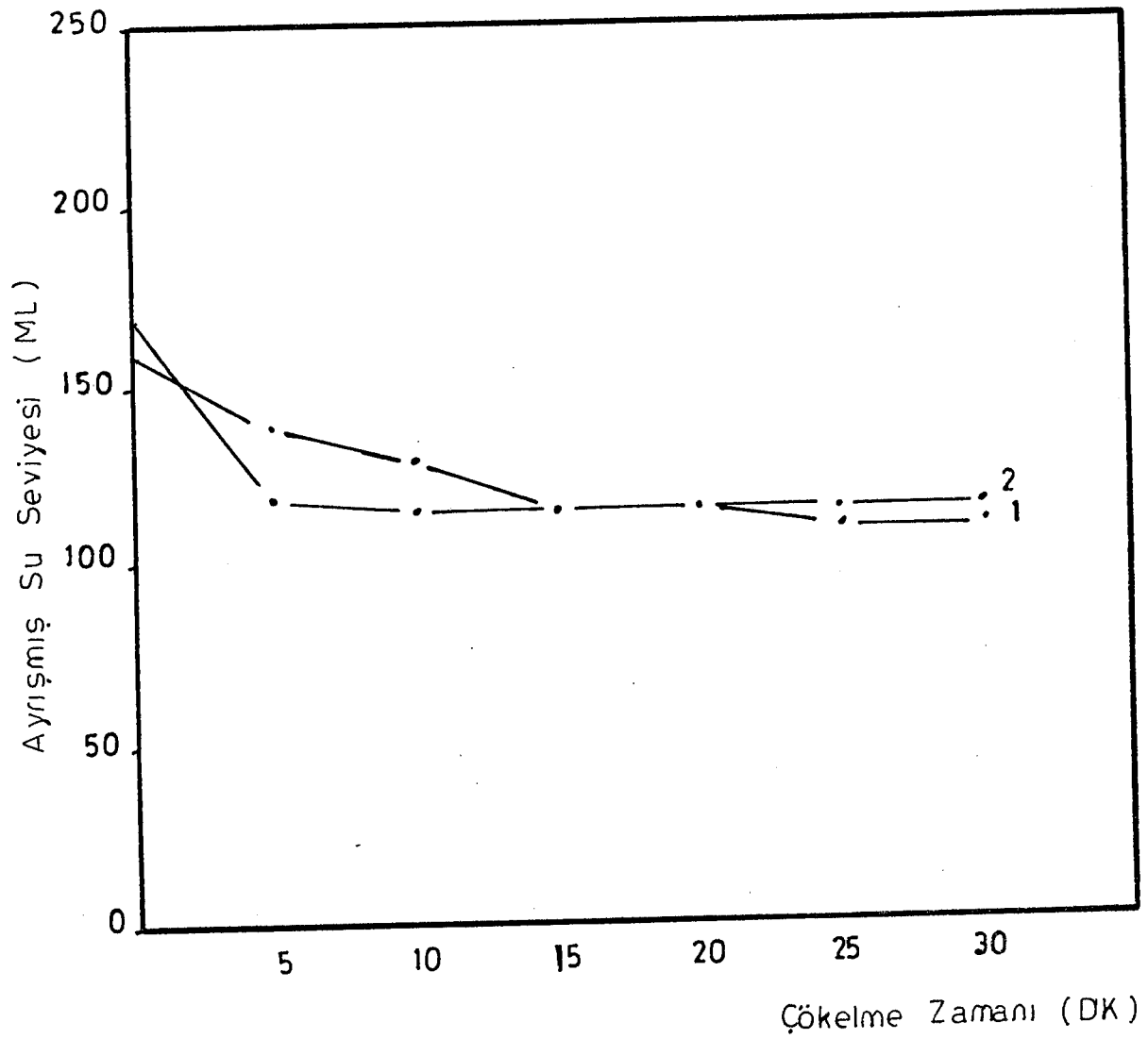
Kullanılan miktarlar

$BaCl_2$ (ML)	P.E.O. (ML)	$BaCl_2$ /tn katı (kg)	P.E.O /tn katı (gr)
$M_1:30$	$M_1:30$	388,86	998
$M_2:30$	$M_2:40$	518,48	1.331

Pulp miktarı :100ml  
Üst sıvı zonu :Berrak

Çökeltme Zamanı (DK)	Ayrışmış Su Seviyesi (ML)	
	M1	M2
0	160	170
5	140	120
10	130	115
15	115	115
20	115	115
25	110	115
30	110	115

Tablo :51 Baryum klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve P.E.O. kullanılması ile meydana gelen çökeltme miktarları.



Şekil : 62 Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve P.E.C. kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.14. Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve P.E.O. Kullanılması ile Yapılan Flokülasyon Deneyi :

Kullanılan miktarlar

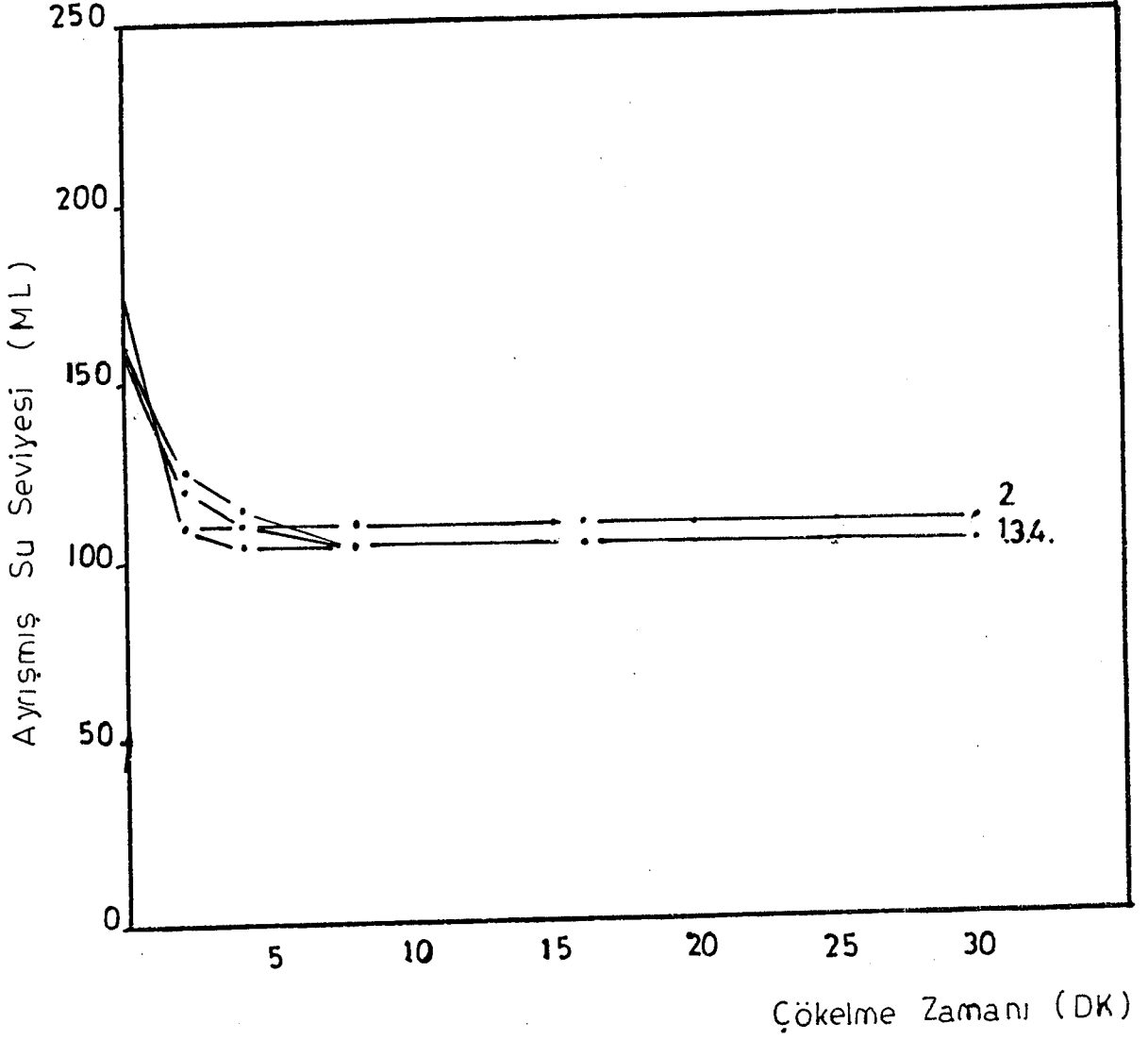
$\text{CaCl}_2$ (ML)	P.E.O. (ML)	$\text{CaCl}_2$ /tn katı ( kg)	P.E.O. /tn katı (gr)
M <sub>1</sub> :20	M <sub>1</sub> :40	502,48	1.331
M <sub>2</sub> :20	M <sub>2</sub> :50	628,10	1.664
M <sub>3</sub> :30	M <sub>3</sub> :30	376,86	998
M <sub>4</sub> :30	M <sub>4</sub> :40	502,48	1.331

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)			
	M1	M2	M3	M4
0	160	170	160	170
2	120	110	125	110
4	110	110	115	105
8	105	110	105	105
16	105	110	105	105
30	105	110	105	105

Tablo:52 Kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve P.E.O. Kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Sekil : 63 Kalsiyum Klorür ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve P.E.O. kullanılması ile meydana gelen çökme eğrisi.

5.15. Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve P.E.O. Beraber Kullanılması İle Yapılan Flokülasyon Deneyleri :

Kullanılan miktarlar

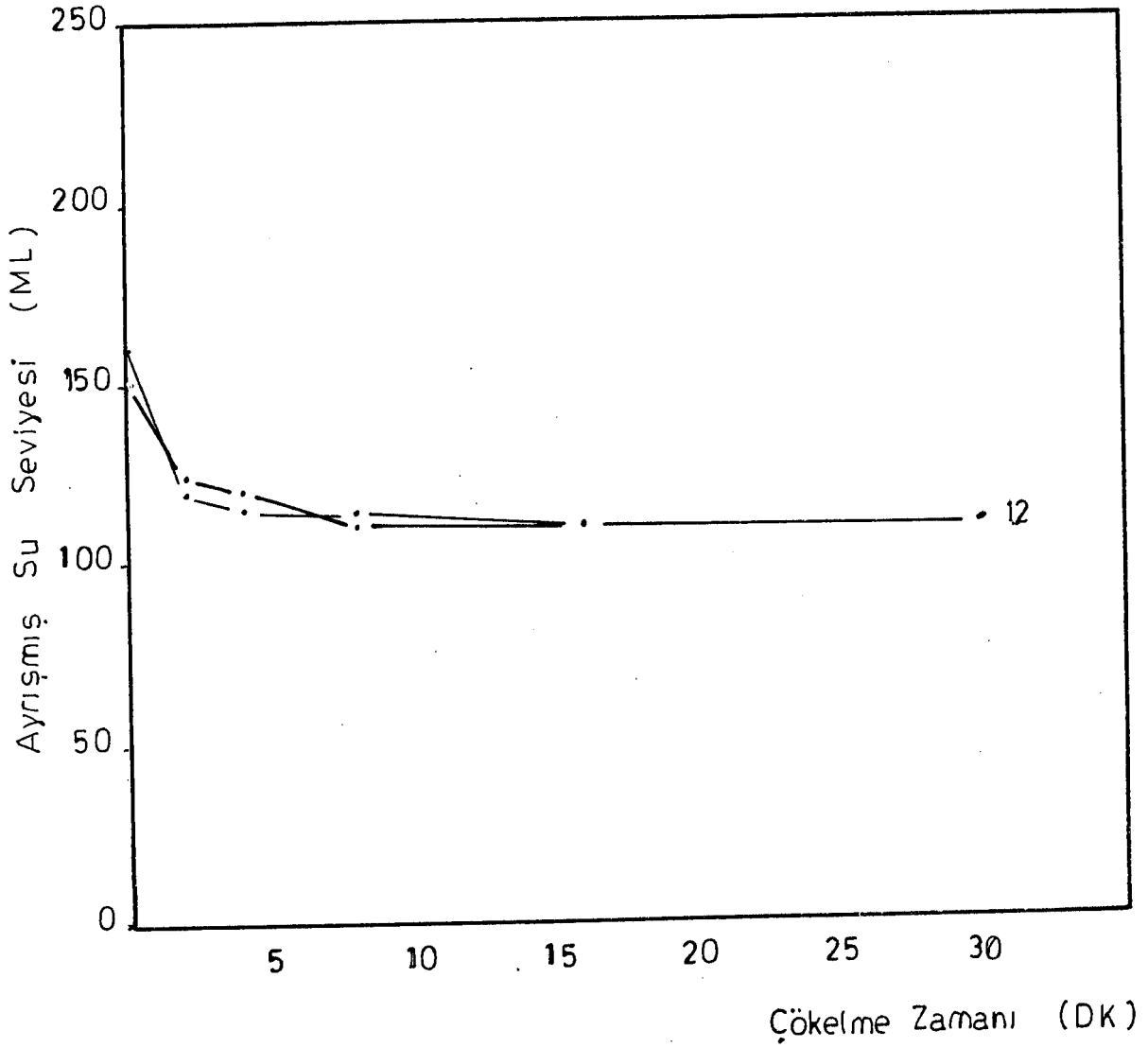
$\text{FeCl}_3$ (ML)	P.E.O. (ML)	$\text{FeCl}_3$ /tn katı ( kg )	P.E.O /tn katı (gr)
$M_1$ :10	$M_1$ :40	400,48	1.331
$M_2$ :10	$M_2$ :50	500,60	1.663

Pulp miktarı : 100ml

Üst sıvı zonu : Berrak

Çökelme Zamanı (DK)	Ayrılmış su Seviyesi (ML)	
	M1	M2
0	150	160
2	125	120
4	120	115
8	110	115
16	110	110
30	110	110

Tablo:53 Demir klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ve P.E.O. beraber kullanılması ile meydana gelen çökelme miktarları.



Şekil : 64 Demir Klorür ( $\text{FeCl}_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) ve P.E.O. kullanılması ile meydana gelen çökelme eğrisi.

### 6. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Analizi :

400 ml'lik behere yaklaşık 1 gr. tartım alınır üzerine 50 ml. kaynamıs saf su ve 5 ml. derişik HCl. ilave edilip üzerine saat camı kapatılıp 2-3 dakika kaynatılır. Ocaktan alınan numuneye bir kaç damla metil kırmızısı ilave edilir. Daha sonra üzerine 6 N NaOH çözeltisi damla damla ilave edilerek metil kırmızısına karşı nötrleştirilir. Bu işlemden sonra numune tekrar kaynatılır, kaynama işleminden sonra siyah band süzgeç kağıtından süzülür. Sıcak su ilave edilerek iyice yıkanır ve çözelti 250 ml'lik balon jojede işaret çizgisine kadar saf su ile tamamlanır, kendi halinde soğumaya bırakılır.

Balon jodedeki çözeltiden 25 veya 50 ml. analiz çözeltisi alınır üzerine bir kaç damla seyreltik HCl çözeltisi ile asidik yapılır. Bu çözelti üzerine burete konulan ayarlı 0.5 N NaOH çözeltisinden damla damla ilave edilerek indikatörün rengi sarıya dönüştürülür. Bu esnada 8-10 damla fenolftalein damlatılır, 25-30 ml. kadar gliserin yoksa mannit ilave edilerek, 0.5 N NaOH rengini alana kadar titre edilir ve dönüm noktasında işlem bırakılır.

Bu işlemden sonra numune üzerine biraz daha mannit ilave edilir, renk değişmiyorsa titrasyon işlemi bitmiştir. Renk sarıya dönerse titrasyon işlemine devam edilir, renk soğan kırmızısını alınca titrasyon işlemine son verilir.

NaOH sarfiyatından :

$$\% B_2O_3 : \frac{0.01741 \times F \times S}{T} \cdot 100. S_f$$



- F : 0.5 N NaOH `in faktörü,  
S : 0.5 N NaOH `in sarfiyatı ( ml ),  
S<sub>f</sub>: Seyreltme faktörü,  
T : Tartım ile alınan numune miktarı (gr).

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Etibank Bigadiç Bor işletmesi müessesesi konsantratör artığının katı - sıvı ayırma işlemi flokülasyon-koagülasyon yöntemiyle yapılmıştır.

Bu çalışmayla elde edilen sonuçlar şunlardır ;

1 - Tesis artığının kritik çökelme noktasına kadar olan çökelme hızı yaklaşık olarak 0.0028 cm/dak. dan 0.235 cm/dak. ya yükseltilmiştir. Bu çökelme işleminde 1665 gr/tn.katı orta anyonik flokülün kullanılmıştır. katı yoğunlaştırma oranı % 8.01 den % 17.17 ye yükselmiştir.

2 - Yapılan deneylerde kullanılan konsantratör artığının seyreltilmesi sonucunda çökelme olayının hızlandığı ve kullanılan flokülün miktarının azaldığı gözlenmiştir.

3 - Tesis artığının (1/2) oranında seyreltilmesi ve orta anyonik flokülünün kullanılması ile kritik çökelme hızı 0.30 cm/dak. ya yükselmekte, gerekli olan flokülün miktarı ise 832 gr.flokülün/tn.katı olmakta katı yoğunlaştırma oranı % 7.39 dan % 13.73 'e yükselmektedir.

4 - Tesis artığının (1/1) oranında seyreltilmesi sonucunda kritik çökelme hızı yaklaşık olarak 0.0073 cm/dak. ya yükselmektedir. (1/1) oranında seyreltilmiş pulp numunesinde orta anyonik flokülün kullanıldığı zaman çökelme hızı 0.35 cm/dak. ya yükselmekte olup gerekli olan flokülün miktarı ise 748 gr.flokülün/tn. katı olmakta ve katı yoğunlaştırma oranı ise % 5.77 den % 11.45 e yükselmektedir.

5 - Tesis artığının (2/1) oranında seyreltilmesi sonucunda orta anyonik flokülün kullanıldığı zaman kritik çökelme hızı yaklaşık olarak 0.46 cm/dak ya yükselmekte gerekli olan flokülün miktarı ise 332 gr.flokülün/tn. katı olup katı yoğunlaştırma oranı % 3.87 den % 12.65 e yükselmektedir.

6 - Aluminyum Sülfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ), Baryum Klorür ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ve Demir Klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) ile yapılan flokülasyon - koagülasyon deneylerinde ; Bu tür koagülant maddelerin tek başına kullanıldıkları zaman etkili olmadıkları gözlenmiştir. Fakat bu maddeler flokülantlar ile birlikte kullanıldıkları zaman çökeltme işlemine etki ettikleri ve ortamda bulunan çok ince parçacıkları salkımlaştırdıkları gözlenmiştir.

7 - Koagülant maddelerden olan Kalsiyum Klorür ( $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ile yapılan flokülasyon - koagülasyon deneylerinde çökeltme olayı gerçekleşmiş olup iyi bir sonuç elde edilememiştir.

8 - Flokülant ve koagülant maddelerin birlikte kullanılmalarıyla yapılan deneylerden, Orta katyonik flokülant ve Demir Klorür'ün ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) beraber kullanılarak yapılan deneyde, mezürde oluşan salkımlar başlangıçta belli bir zamana kadar mezürün alt kısmına doğru çökeltme eğilimi göstermekte fakat belli bir duraklama devresinden sonra alt kısımda çökeltmekte olan salkımlar mezürün üst kısmına ya toplu olarak yada parçalar halinde yükselmekte böylece sıkışma olayı bundan sonra mezürün üst kısmında olmaktadır. Bu durumda üstte salkımlaşmış olan kısım altta ise temiz su kısmı yer almaktadır. Ortama katılan Demir Klorür ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) miktarı artırıldığı zaman alt kısımdaki suyun rengi kahverengi tonlarında değişmektedir. Bir başka durum ise gözlemler sırasında salkımlar arasında bulunan küçük hava kabarcıklarıdır, zaten oluşan salkımları mezürün üst kısmına taşıyıp orada toplanan da bu hava kabarcıkları olmaktadır.

9 - Polietilenoksit ile yapılan flokülasyon deneylerinde kritik çökeltme hızı yaklaşık olarak 0.185 cm/dak. ya, katı yoğunlaştırma oranı % 7.5 dan % 12.02 ye yükseltile bilmektedir. kullanılan

dan % 12.02 ye yükseltilebilmektedir. Kullanılan polietilenoksit miktarı ise 1995 gr/tn.katı olmaktadır.

10 - Polietilenoksit'in diğer koagülan maddeler ile birlikte kullanılması sonucunda kritik çökeltme hızında pek bir artış gözlenmemiştir.

11 - Flokülasyon - Koagülasyon işlemlerinde kullanılacak olan flokülan - koagülan cinsinin salkımlaştırılacak olan cevherin yapısına uygun olarak seçilmesi ve gerekli olan optimum oranda en iyi çökelmeyi sağlayan miktarı labratuvar çalışmaları sonucunda tesbit edilmesi gerekir.

12 - Etibank Bigadiç Bor Madenleri konsantratör tesisi artığının 0.212 mm üzerindeki cevherin  $B_2O_3$  oranı % 18.64 tür. Bu cevherin değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapılabilir.

13 - Bor konsantratör tesis artıklarının salkımlaştırma işleminden sonra peletleme sonucunda filtre preslere verilerek kek haline getirilebilme özellikleri üzerine çalışma yapılabilir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- 1 - ATADEMİR, R; 1987, " Flotasyon Kimyası " Yüksek Lisans Ders Notları , Eskişehir
- 2 - ATAK , S ; 1982, " Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması ", İ.T.Ü. Maden Fakültesi, İstanbul
- 3 - ATEŞOK, G ; 1987, " Polimerlerin Cevher Hazırlamadaki yeri ve kullanım Özellikleri " Madencilik Dergisi, TMMOB, Eylül
- 4 - CİCİ , M ; 1985, "Maden-Dijle Çayı Suyundaki Ağır Metallerin kil ile Tasviyesi " II. Uluslararası Kil Sempozyumu, Ankara, Eylül
- 5 - CİKCİK, A ; 1986, " Flokülasyon ve Koagülasyon " Madencilik Dergisi, TMMOB, Eylül
- 6 - EMRULLAHOĞLU, Ö.F, ; 1984, " Cevher Hazırlamada, Koyulaştırma, Klasifikasyon, Kömür Hazırlama ve Çözümlü Problemler ", Eskişehir
- 7 - MOSS, N and DYMOND, B ; 1978, " Flocculation : Theory and Application ", Mayıs
- 8 - OCUZ , M ; 1986, " Fizikokimyasal Arıtım" TMMOB, Kimya Müh. Odası, Ankara

- 9 - ÖZDAĞ , H ; 1987," Cevher Zenginleştirme Sonrası İşlemler " Yüksek Lisans Ders Notları, Eskişehir
- 10 - POSLU - K ; 1987," Parça Mekaniği I-II" Yüksek Lisans Ders Notları, Eskişehir
- 11 - REUTER,J,and WİNIKER,R ; 1981," Anwendung Organischer Polymerer Flokungs- mittel bei der Trinkwassergewinnung "Sonderdruck aus umwelt, 2, S.94/98
- 12 - STOCKHAUSEN ; 1988," Hilfsmittel für die klarung von Trüben und die Entwässerung von Schlammen " West Deutschland
- 13 - TEFEK , M ; 1979," Hematitin Selektif Flokülasyonu " Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi 6. , Ankara,Subat
- 14 - YESİLKAYA, L ; 1989,"Kırka Boraks İşlt. Mües. Tinkal Konsantratörü Artıklarındaki Kilin Flokülasyon ile Ayrıştırılması ve Sanayide Kullanılabilirliğinin Arastırılması " Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir