



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Türk tınkal kons. şlamının filt.

Yüksek Lisans Tezi

İbrahim Yaka

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



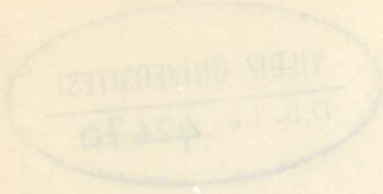
Comp

TÜRK TİNKAL KONSANTRESİ ŞLAMININ FİLTRASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ.

KİM.MÜH. İBRAHİM YAKA

3



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

R 361

Kot : 3
Alındığı Yer : Fen Bil. Enst.
Tarih : 7/9/1987
Fatura : -
Fiatı : 1000 TL
Ayniyat No : 1/6
Kayıt No : 44860
UDC : 54 378.242
Ek :

†



İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖNSÖZ

1

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ

11

ÖZET

111

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmanın yazılması sırasında meydana gelmiş olabilecek aksama ve hataların hoşgörü ile karşılanacağını ümid eder, laboratuvarında çalışma olanağı sağlayan Kimya Mühendisliği Bölüm Başkanı Doç. Dr. Selâhattin Gökmen'e, Çalışmalar sırasında bilgi ve deneyimlerinden geniş ölçüde yararlandığımız Termodinamik ve Temel İşlemler Ana Bilim Dalı Başkanı Doç. Dr. Bedri Emir'e, örneklerin sağlanmasında yakın ilgilerini gördüğümüz Bandırma Boraks ve Asit Fabrikaları yetkililerine, çalışmalarını birlikte yürüttüğümüz Arş. Gör. Rahmi Yıldırım'a teşekkürü borç bilirim.

39

3. DENEYSEL ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRME

3.1 DENEYSEL ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRME ÜNİTESİ

İbrahim Yaka

3.2 DENEYSEL ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRME ÜNİTESİNİN TANITIMI

1984

3.3. TEMEL İŞLEMLERİNİN KURULANMASI

46

3.4. SİYAHİ KİMYASAL ÜNİTESİNİN KURULANMASI

47

3.5. FİZİKSEL KİMYASAL ÜNİTESİNİN KURULANMASI VE ÜNİTELERİ

47

3.6. FİZİKSEL KİMYASAL ÜNİTESİNİN KURULANMASI

49

3.7. TEMEL İŞLEMLERİNİN KURULANMASI

49

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1 DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

51

4.2. SONUÇLAR

52

EK 1

ÖZETİ

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA</u>
ÖNSÖZ	1
İÇİNDEKİLER	11
ÖZET	111
SUMMARY	iv
1. GİRİŞ	1
2. MATERİYEL VE YÖNTEM	
2.1. FİLTRASYON KURAMINA GİRİŞ	2
2.2. KATI BİR YATAKTAN SIVI AKIŞKANIN KARŞI- LAŞTIĞI SÜRTÜNME KAYBI	9
2.3. FİLTRASYON İŞLEMİNİN TEMEL DENKLEMLERİ	14
2.4. KİLLER VE ÖZELLİKLERİ	22
2.5. FLOKÜLASYON	26
2.6. ELEKTRİKSEL ÇİFT TABAKA VE ZETA POTANSİYELİ	35
2.7 FİLTRE YARDIMCI MADDELERİ	39
3. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR	
3.1 TİNKALDEN BORAKS DEKAHİDRAT ÜRETİMİ	43
3.2 DENEYLERDE KULLANILAN HAMMADDENİN TANITILMASI	45
3.3. TİNKAL ÇÖZELTİSİNİN HAZIRLANMASI	46
3.4. SAFSIZLIKLARIN ÇÖKTÜRÜLMESİ	47
3.5. FİLTRE YARDIMCI MADDESİ VE ÖZELLİKLERİ	47
3.6 FİLTRASYON DENEYLERİ	49
3.7. DENEY SONUÇLARI	49
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	
4.1 DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	81
4.2. ÖNERİLER	82

EK 1

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

Bu çalışmada, Etibank tarafından Eskişehir Kırka bölgesinde üretilmekte olan tinkal cevherinden bor içeren sanayi ürünlerinin üretimi sırasında karşılaşılan, belki de prosesin en önemli sorunlarından olan cevher içindeki safsızlıkların filtrasyonu üzerinde durulmuştur.

Tinkal cevherinde yer alan safsızlıkların montmorillonit türü kil, dolomitik karbonatlar ve volkanik tüf kalıntıları olduğu anlaşılmıştır. Bu safsızlıklar içinde yer alan kilin çözeltinin süzülmesi sırasında büyük sorunlar yarattığı bilinmektedir.

Yapılan bu çalışmada, tinkalden boraks deka hidrat üretimi sırasında süzme işlemini kolaylaştırmak amacıyla yeni bir yöntemle filtre yardımcı maddeleri kullanılarak süzme hızı, kek direnci, filtre bezi direncinin değişimi incelenmiş aralarındaki ilişkiler ortaya konmuştur. Bu yöntem safsızlıkların çöktürülmesi (Flokülasyon), Ön kaplama (Pre-coat) ve çözelti ortamına perlit ilâvesi (body aid) olarak düşünülmüş, deneysel çalışmalarla çok avantajlı ve sürekli çalışan vakum filtrelerinin kullanılmasına olanak verdiği anlaşılmıştır.

Proses veriminin arttırılması, bor kayıplarının ve çevre kirliliğinin azaltılması açısından, elde edilen çalışma sonuçlarının, bor endüstrimize yararlı olacağı ümit edilmektedir.

It is hoped that the results obtained in this work will be useful for Turkish boron processing industry.

SUMMARY

The world's richest tincal deposits is found at Kirka, near Eskişehir. The design of any industrial process, aiming to produce boron chemicals from Kirka tincal ores. Confronts with the major problem of filtration of impurities from the process streams. In this work this problem is investigated and the results obtained are discussed.

It is known from previous scientific work, that the impurities of the Kirka tincal concentrate consist of montmorillonitic clays, dolomitic carbonates and at the lesser extend from some tuffitic material, each of which resulting from the hydrothermal genesis of the mineral. It is known that the clay component is the most responsible for the difficulty of filtration of the impurities from the process streams.

In this work a new method of filtration has been employed for the process of production of borax decahydrate from Kirka tincal ores. This method of using simultaneously three filtration aid processes, flocculation, precoat filtering and addition of body aid. This method is considerable advantage over single mechanism systems providing the opportunity of usage of continuous vacuum filters for production and thus offering the ease and continuity to the production system. In addition it offers the opportunity of cutting costs for filter installation, improvement of boron recovery and elimination of environmental pollution problem.

It is hoped that the results obtained in this work will be useful for Turkish boron processing industry.

1. GİRİŞ

Büyük ölçüde bor minerali rezervlerine sahip olan Türkiye'de Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ve borik asit üretimi Bandırma'daki, Etibank Boraks ve Asit Fabrikaları İşletmeleri tarafından yapılmaktadır. Boraks ve borik asit üretimi, büyük tinkal yataklarının bulunmasından önce 1967 yılında Kolemanitten ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), güç ve pahalı bir yöntemle başlamıştır(1).

Eskişehir Kırka bölgesinde tinkal yataklarının bulunması ile boraks üretiminde tinkal kullanılmaya başlanmıştır. Tinkal konsantresinden hareketle, boraks üretiminde karşılaşılan önemli güçlüklerden biri cevherde bulunan % 8 oranındaki çözünmeyen safsızlıkların ortamdaki uzaklaştırılmasıdır. Fabrikalarda halen uygulanan yöntemle, tinkal konsantresi reaktörde 95°C da çözülmekte, safsızlıklar uygun bir flokülan ile çöktürülüp bir kıvamlaştırıcıya alınmaktadır. Berrak çözelti prosese verilirken, kıvamlaştırıcıdan alınan ve bir miktar boraks içeren killi çamur denize atılmaktadır. Bu durum bor kayıplarına neden olmakta ve proses verimini düşürmektedir.

Ülkemiz için önemli olan bu sorun, proses verimini artırmak ve çevre kirlenmesini azaltmak bakımından filtrasyon işleminin incelenmesini zorunlu kılmaktadır.

2. MATERİYEL VE YÖNTEM

2. 1.FİLTRASYON KURAMINA GİRİŞ

Filtrasyonda bir akışkan , katı parçacıklarla dolu bir yatağın boşlukları arasından akmaktadır.Ufak parçacıklardan ibaret olan katılar arasındaki boşluktan geçen akışkanın karşılaştığı direnç,yatak içindeki tüm parçacıkların toplam sürtünme kuvvetidir. Reynolds sayısına bağlı olarak laminar akış, türbülent akış, şekilsel sürtünme ve girdaplanma olayları meydana gelmektedir.

Toplam direncin hesaplanmasında şu varsayımlar yapılmıştır(2).

a)Akışkanın geçtiği gerçek kanallar, herbiri değişik kesit alanına sahip birbirinin aynı olan bir seri kanal olarak düşünülebilir.

b) Kanalların kesit alanları farklı olduğundan, toplam kesitin tek bir hidrolik yarıçap ile gösterilmesi uygun görülmüştür.

c) Kanalların birim yüzeyindeki sürtünme iki kuvvetten meydana gelmiştir.

1) Viskoz kayma (çekme) kuvvetleri.

2) Atalet kuvvetleri.

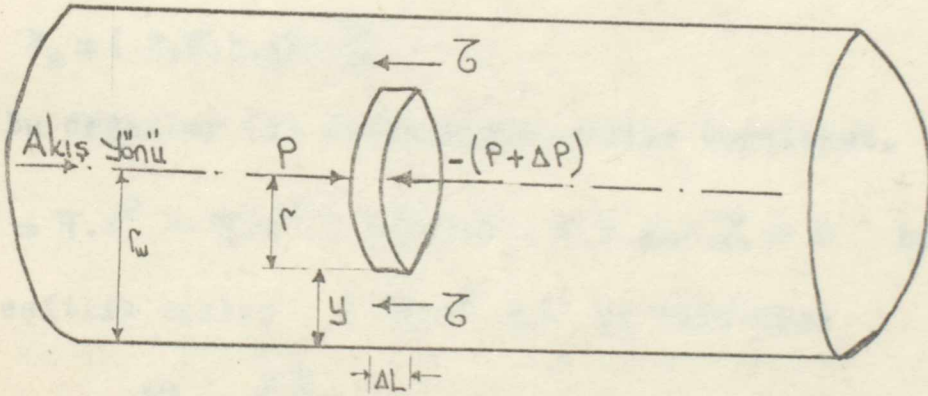
d)Bütün parçacıklar aynı büyüklük ve şekilde olup herhangi bir özel yönlendirme olmadan gelişigüzel doldurulmuşlardır.

e) Yatağın çapı ve derinliği, tek bir parçacığın çapına oranla çok büyük olduğundan duvar ve dip tesirleri ih-

mal edilebilir.

Tüm bu varsayımlar sayesinde çok karışık olan sürtünme olayı basite indirgenebilmektedir. Elde edilen deneysel sonuçlardan varsayımların doğruluğu saptanmıştır.

Viskoz bir akışkanın, sabit bir hızda, kararlı akışta yatay bir boru içinden aktığını düşünelim. Boru ile aynı eksene sahip, (r) yarıçaplı ve (ΔL) uzunluğunda (kalınlığında) disk şeklinde bir hacim elemanı tek başına izole edilmiş olsun. Bu elemana akım yönünde etkiyen kuvvet (P) , akımın ters yüzeyine etki eden kuvvet $(P + \Delta P)$ dir(3). Akışkanın viskozitesi dolayısı ile akışa karşı bir kayma (kesme) gerilimi oluşacaktır. (Şekil 1.)



Şekil 1. Kararlı akımda, boru içindeki akışta hacim elemanı.

Bu hacim elemanına etki eden toplam kuvvet :

$$F = P_a \cdot S_a - P_b \cdot S_b - F_s \quad \text{dir.} \quad (1)$$

P_a : Akım yönündeki yüzeye etki eden basınç (Pascal)

P_b : Akımın aksi yönündeki yüzeye etki eden basınç (Pa)

S_a : Akış elemanının akım yönündeki yüzeyi (m²)

S_b : Akış elemanının akımın aksi yönündeki yüzeyi (m²)

F_s : Akışkanla boru cidarı arasındaki kesme (kayma) kuvveti
(Newton)

Kararlı akışta momentumun korunumu prensibi

uyarınca $F=0$ dir.

$$S_a = S_b = \pi \cdot r^2 \quad P_a = P \quad P_b = (P + \Delta P)$$

olduğundan

$$P_a \cdot S_a = P \cdot \pi \cdot r^2 \quad \text{ve} \quad P_b \cdot S_b = (P + \Delta P) \cdot \pi \cdot r^2 \quad \text{olur.}$$

Kesme kuvveti (F_s), kesme gerilimi ile silindirik yüzeyinin çarpımına eşittir.

$$F_s = (2 \cdot \pi \cdot r \cdot \Delta L) \cdot \tau$$

Bu değerler (1) denkleminde yerine konularak,

$$F = \pi \cdot r^2 \cdot P - \pi \cdot r^2 \cdot (P + \Delta P) - (2 \cdot \pi \cdot r \cdot \Delta L) \cdot \tau = 0 \quad \text{bulunur.}$$

Bu eşitlik açılıp ($\pi \cdot r^2 \cdot \Delta L$) ye bölünürse

$$\frac{\Delta P}{\Delta L} + \frac{2 \cdot \tau}{r} = 0 \quad \text{elde edilir} \quad (2)$$

Kararlı bir akışta basınç kanalın herhangi bir kesitinde sabittir. Dolayısı ile ($\frac{\Delta P}{\Delta L}$), (r) ile değişmez. (2) numaralı eşitlik bütün kanal kesiti için yazılabilir.

$$\frac{\Delta P}{\Delta L} + \frac{2 \cdot \tau_w}{r_w} = 0 \quad (3)$$

r_w : Kanal (boru) yarıçapı (m)

τ_w : Kanal cidarında kesme (kayma) gerilimi (N/m²)

(2) ve (3) numaralı denklemler taraf tarafa çıkarılırsa:

$$\frac{\Delta P}{\Delta L} + \frac{2\tau_w}{r} = \frac{\Delta P}{\Delta L} + \frac{2\tau_w}{r_w} \quad \frac{\tau_w}{r_w} = \frac{\tau}{r} \quad (4) \text{ bulunur.}$$

$r=0$ iken $\tau=0$ olup (r) arttıkça (τ) da artar.

$\lim_{r \rightarrow r_w} \tau = \tau_w$ olarak ifade edilebilir.

Newtonian bir akışkanda kayma hızı gradienti kayma gerilimi ile orantılı olup orantı katsayısına viskozite denilmiştir.

$$\tau = -\mu \frac{du}{dy}$$

μ : Mutlak viskozite katsayısı (kg/m.sn)

τ : Laminer akımda kayma gerilimi (N/m²)

$\left(\frac{du}{dy} \right)$: y uzaklığındaki paralel 2 tabakanın kayma hızı gradienti (1/sn)

Kararlı akışta bir hacim elemanının mekanik enerji dengesi Bernoulli denklemine göre yazılabilir.

$$\frac{P_a}{\rho} + g \cdot Z_a + \frac{\bar{V}_a^2}{2} + \eta \cdot W_p = \frac{P_b}{\rho} + g \cdot Z_b + \frac{\bar{V}_b^2}{2} + \sum h_f$$

(ΔL) uzaklığı için Bernoulli denklemi:

$$P_a = P \quad \text{ve} \quad P_b = (P + \Delta P) \quad Z_a = Z_b \quad W_p = 0$$

$$\sum h_f = h_{fs} \quad \text{alınarak}$$

$$\frac{P}{\rho} = \frac{P + \Delta P}{\rho} + h_{fs} \quad \underline{-\frac{\Delta P}{\rho} = h_{fs}} \quad (5) \text{ elde edilir.}$$

h_{fs} : Cidar sürtünme kayıpları. (m^2/sn^2)

ρ : Sıvı yoğunluğu (kg/m^3)

(5) ve (3) numaralı denklemlerden (ΔP) yok edilerek (h_{fs}) ile (Z_w) arasında bir bağıntı elde edilebilir.

$$\Delta P = -\rho \cdot h_{fs} \quad \frac{\Delta P}{\Delta L} + \frac{2 \cdot Z_w}{r_w} = 0 \quad \underline{-\frac{\rho \cdot h_{fs}}{\Delta L} + \frac{2 \cdot Z_w}{r_w} = 0}$$

$$\underline{\frac{h_{fs} \cdot \rho}{\Delta L} = \frac{2 \cdot Z_w}{r_w}}$$

$$\underline{h_{fs} = \frac{2 \cdot Z_w \cdot \Delta L}{\rho \cdot r_w} = \frac{4 \cdot Z_w \cdot \Delta L}{\rho \cdot D}} \quad (6)$$

D: Boru çapı (m')

Newtonian akışkanların laminar akışı için yerel hız, kayma bölgesinden (kanal cidarı) uzaklaştıkça artar.

$$\mu = -\frac{Z}{\frac{dU}{dr}} \quad (\text{r arttıkça } u \text{ azalmaktadır.})$$

$$\frac{dU}{dr} = -\frac{Z}{\mu} \quad \text{ve} \quad \frac{Z_w}{r_w} = \frac{Z}{r}$$

$$\underline{\frac{dU}{dr} = -\frac{Z_w}{r_w} \cdot \frac{r}{\mu}} \quad (7) \text{ elde edilir.}$$

sınır yüzeyinde akış hızı $u=0$ ve $r=r_w$ dir.

$$\int_0^u du = - \frac{Z_w}{r_w \cdot \mu} \int_r^{r_w} r \cdot dr$$

$$u = - \frac{Z_w}{2 \cdot r_w \cdot \mu} (r_w^2 - r^2) \quad ((8))$$

(8) nolu denklem bir kanal içindeki kararlı ve laminar akışta , akış hızını (u), akım elemanının yarıçapına (r) bağlı olarak vermektedir.

Herhangi bir (s) kesitindeki ortalama akış hızı ($\bar{V}$) aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$\bar{V} = \frac{1}{S} \int_S u \cdot dS$$

$$S = \pi \cdot r_w^2$$

olduğundan

$$dS = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr$$

(r yarıçaplı ve dr kalınlığında hacim elemanı)

$$\bar{V} = \frac{1}{\pi \cdot r_w^2} \cdot \int_0^{r_w} \frac{Z_w}{2 \cdot r_w \cdot \mu} \cdot (r_w^2 - r^2) \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr$$

$$\bar{V} = \frac{Z_w}{2 \cdot \pi \cdot r_w^3 \cdot \mu} \left[r_w^2 \int_0^{r_w} 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr - \int_0^{r_w} r^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr \right]$$

$$\bar{V} = \frac{2 \cdot \pi \cdot Z_w}{2 \cdot \pi \cdot r_w^3 \cdot \mu} \left[r_w^2 \int_0^{r_w} r \cdot dr - \int_0^{r_w} r^3 \cdot dr \right]$$

$$\bar{V} = \frac{\tau_w}{\tau_w^3 \mu} \left[\tau_w^2 \cdot \frac{\tau_w^2}{2} - \frac{\tau_w^4}{4} \right] = \frac{\tau_w}{\tau_w^3 \mu} \cdot \frac{\tau_w^4}{4} = \frac{\tau_w \cdot \tau_w}{4 \cdot \mu} \quad (9)$$

$$h_{fs} = \frac{4 \cdot \tau_w \cdot \Delta L}{\rho \cdot D} \quad \text{den} \quad \tau_w = - \frac{\Delta P \cdot D}{4 \cdot \Delta L}$$

Ortalama hız denkleminde (9) yerine konulursa

$$\tau_w = \frac{D}{2} \quad \bar{V} = \frac{\tau_w \cdot \tau_w}{4 \cdot \mu} = \frac{(-\Delta P \cdot D / 4 \cdot \Delta L) (D/2)}{4 \cdot \mu}$$

$$\bar{V} = - \frac{\Delta P_s \cdot D^2}{32 \cdot \Delta L \cdot \mu} \quad (10) \text{ bulunur.}$$

(10) Numaralı denklem Hagen-Poiseuille denklemi olup laminar akımda kayma geriliminden ileri gelen başıncı kaybını akım hızına bağlı olarak ifade etmektedir.

$$- \Delta P_s = \frac{32 \cdot \Delta L \cdot \bar{V} \cdot \mu}{D^2} \quad \text{olur.}$$

$$h_{fs} = - \frac{\Delta P_s}{\rho} = \frac{4 \cdot \tau_w \cdot \Delta L}{\rho \cdot D} \quad - \Delta P_s = \frac{4 \cdot \tau_w \cdot \Delta L}{D}$$

$$\frac{4 \cdot \tau_w \cdot \Delta L}{D} = \frac{32 \cdot \Delta L \cdot \bar{V} \cdot \mu}{D^2}$$

$$\tau_w = \frac{8 \cdot \bar{V} \cdot \mu}{D} \quad (11)$$

(11) Nolu denklem laminar akımda kayma geriliminin genel ifadesidir.

2. 2. KATI BİR YATAKTAN SIVI AKIŞININ KARŞILAŞTIĞI SÜRTÜNME KAYBI (ERGUN DENKLEMİ)

Tek bir kanal için sürtünme kaybının viskoz kayma kuvvetleri ile ilgili olan kısmı, Hagen-Poiseuille denkleminin uygulanması ile yukarıda bulunmuştu. Şimdi, bütün akış kanalları için bu kuvvetlerin bileşkesini ifade etmek gerekir. Bütün kanallar için kayma kuvvetleri:

Kayma gerilimi = $-\frac{\text{kayma kuvveti}}{\text{alan}}$ bağıntısından bulunabilir.

$$\tau_w = \frac{8 \cdot \bar{V} \cdot \mu}{D} \quad \text{ifadesi genişletilerek}$$

$$\frac{F_s}{A_s} = \frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}}{r_H} \quad (12) \quad \text{yazılabilir.}$$

F_s : Viskoz kayma kuvvetlerinin toplamı (Newton)

A_s : Kanalların toplam iç yüzeyi (m^2)

k_1 : Sabit

μ : Viskozite katsayısı ($kg/m.sn$)

V : Kanaldan katsayısı ($kg/m.sn$)'ına hızı (m/sn)

r_H : Hidrolik yarıçap (m)

Yüksek hızlarda kayma kuvvetleri ihmal edilebilir. Viskozite parametre olmaktan çıkar ve atalet kuvvetleri önem kazanır. Birim alana etki eden atalet kuvveti:

$$\frac{F_i}{A_s} = k_2 \cdot \rho \cdot \bar{V}^2 \quad (13) \quad \text{olarak ifade edilir.}$$

Atalet ve kayma kuvvetlerinin toplanabilirliği duru-

munda katı yatak içinden akan bir sıvının (poröz ortam) etkilendiği toplam kuvvet:

$$\frac{F_D}{A_s} = \frac{F_s}{A_s} + \frac{F_i}{A_s} = \frac{k_1 \mu \bar{V}}{r_H} + k_2 \rho \bar{V}^2 \quad (14) \text{ olur.}$$

Burada porozite (gözeneklilik) ve permeabilite (akışkan geçirgenliği) kavramları üzerinde durmak gerekir. Doğal ve yapay gözenekli maddelerin büyük bir kısmı dağınık bir boşluk yapısı gösterir. Bu maddelerin yapıları gerçekte istatistiksel olarak belirtilebilir. Buna karşın akışkanların gözenekli maddelerdeki akışını makroskopik olarak ayrıntılı bir şekilde inceleme olanağı vardır.

Yatak içindeki boşlukların hacminin, yatağın toplam hacmine oranına porozite (ϵ) denir (4).

$$\epsilon = \frac{\text{Boşlukların hacmi}}{\text{Yatağın toplam hac.}} = \frac{\text{Gözeneklerin hacmi}}{\text{Kaba hacim}}$$

Porozite boyutsuz bir büyüklüktür.

Permeabilite ise, uygulanan bir basınç gradyenti ile akışkanın gözenekli ortamdaki akış kolaylığını karakterize eden gözenekli maddenin bir özelliğidir.

Akışın yatağa girmeden önceki hızı ($\bar{V}_0$), boşluk hızı olarak adlandırılır. Akışkanın yatak içindeki hızı boşluk hızı cinsinden $\bar{V} = \frac{\bar{V}_0}{\epsilon}$ dir. Birim zamanda akan madde miktarı boşlukta ve yatakta eşittir(2).

A_s : Toplam katı yüzeyi

N_p : Yataktaki toplam parçacık sayısı.

S_p : Yataktaki tek parçacığın yüzeyi. ise,

$$A_s = N_p \cdot S_p \quad \text{yazılabilir.}$$

Yataktaki toplam parçacık sayısı, yataktaki toplam katı hacminin bir parçacığın hacmine oranı olarak bulunur.

$$N_p = \frac{S_o \cdot L \cdot (1 - \varepsilon)}{V_p}$$

$$A_s = \frac{S_o \cdot L \cdot (1 - \varepsilon)}{V_p} \cdot S_p$$

V_p : Bir partikülün hacmi (m^3)

S_o : Boş kulenin yüzeyi (m^2)

L : Yatağın derinliği (m)

ε : porozite

$$\text{Hidrolik yarıçap} = \frac{\text{Akışkanın aktığı toplam boşluk kesiti}}{\text{Akışkanın ıslattığı toplam çevre}}$$

ifadesinin ikinci tarafı (L) ile çarpılıp, bölünürse:

$$r_H = \frac{\text{Akışkanın aktığı toplam boşluk hacmi}}{\text{Parçacıkların toplam yüzeyi}} \quad \text{olur.}$$

$$r_H = \frac{S_o \cdot L \cdot \varepsilon}{A_s} = \frac{S_o \cdot L \cdot \varepsilon \cdot V_p}{S_o \cdot L \cdot (1 - \varepsilon) \cdot S_p} = \frac{V_p \cdot \varepsilon}{S_p (1 - \varepsilon)}$$

Bulunan V , A_s , r_H değerleri (14) eşitliğinde yerine konularak:

$$\frac{F_d}{A_s} = \frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}}{r_H} + k_2 \cdot \rho \cdot \bar{V}^2 = \frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}_o / \varepsilon}{V_p \cdot \varepsilon / S_p (1 - \varepsilon)} + k_2 \cdot \rho \cdot \bar{V}_o^2 / \varepsilon^2$$

$$F_D = \frac{S_o \cdot L \cdot (1-\varepsilon) \cdot S_p}{V_p} \left[\frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}_o \cdot S_p \cdot (1-\varepsilon)}{V_p \cdot \varepsilon^2} + k_2 \cdot \rho \cdot \frac{\bar{V}_o^2}{\varepsilon^2} \right]$$

$$F_D = \frac{S_o \cdot L \cdot (1-\varepsilon) \cdot S_p \cdot \rho}{V_p \cdot \varepsilon^2} \left[\frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}_o \cdot S_p \cdot (1-\varepsilon)}{\rho \cdot V_p} + k_2 \cdot \bar{V}_o^2 \right] \quad (15)$$

bulunur.

Yatak içindeki sürtünmeden dolayı basınç düşüşü $(-\Delta P)$ sürtünme kuvvetinin toplam kanal kesitine bölümü olacağından :

$$-\Delta P = \frac{F_D}{\varepsilon \cdot S_o} \quad F_D = \varepsilon \cdot S_o \cdot (-\Delta P) \quad \text{yazılır.}$$

(15) numaralı denklemde yerine konulursa:

$$(-\Delta P) \cdot \varepsilon \cdot S_o = \frac{S_o \cdot L \cdot (1-\varepsilon) \cdot S_p \cdot \rho}{\varepsilon^2 \cdot V_p} \left[\frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}_o \cdot S_p \cdot (1-\varepsilon)}{\rho \cdot V_p} + k_2 \cdot \bar{V}_o^2 \right]$$

$$-\frac{\Delta P}{\rho \cdot L} = \frac{(1-\varepsilon) \cdot S_p}{\varepsilon^3 \cdot V_p} \left[\frac{k_1 \cdot \mu \cdot \bar{V}_o \cdot S_p \cdot (1-\varepsilon)}{\rho \cdot V_p} + k_2 \cdot \bar{V}_o^2 \right] \quad (16)$$

(16) nolu denklem poröz ortamdan akan bir sıvının basınç kaybını veren genel denklemdir ve çıkartılması esnasında yapılan kabullerin geçerliliği oranında geçerlidir. k_1 ve k_2 katsayılarının deneysel tayini ile teori deneye bağlanmış olur. (16) denklemini (D_p) çapında tam küresel tanecikler için çözülürse:

$$S_p = \pi \cdot \bar{D}_p^2 \quad V_p = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot D_p^3 \quad \text{olur.}$$

$$\frac{S_p}{V_p} = \frac{6}{D_p} \text{ bulunur. } \rho \cdot \bar{V}_0 = G_0 \text{ olarak tanımlanırsa}$$

$$-\frac{\Delta P \cdot \bar{V}_0^3 \cdot V_p}{\rho \cdot L \cdot \bar{V}_0^2 \cdot (1-\varepsilon) \cdot 6} = \frac{k_1 \cdot \mu \cdot S_p \cdot (1-\varepsilon)}{\bar{V}_0 \cdot \rho \cdot V_p} + k_2$$

$$-\frac{\Delta P \cdot \bar{V}_0^3 \cdot D_p}{G_0 \cdot L \cdot \bar{V}_0 \cdot (1-\varepsilon) \cdot 6} = \frac{k_1 \cdot 6 \cdot (1-\varepsilon)}{G_0 \cdot \frac{D_p}{\mu}} + k_2$$

$$-\frac{\Delta P \cdot \bar{V}_0^3 \cdot D_p}{G_0 \cdot L \cdot \bar{V}_0 \cdot (1-\varepsilon)} = \frac{36 \cdot k_1 \cdot (1-\varepsilon)}{D_p \cdot G_0 / \mu} + 6 k_2 \quad (17)$$

(17) denklemi tam küresel taneciklerle dolu bir poröz ortam içinden akan sıvının sürtünmesinden dolayı basınç kaybını veren genel denklemdir. k_1 ve k_2 katsayıları deneysel olarak saptanıp denklem pratiğe bağlanır. Sabri Ergun geniş bir deneysel sonucun korelasyonu ile $36 k_1 = 150$ ve $6 k_2 = 1,75$ olduğunu göstermiştir. Bu katsayılar ile denklem şu durumu alır.

$$\frac{-\Delta P \cdot D_p \cdot \bar{V}_0^3}{G_0 \cdot L \cdot (1-\varepsilon) \cdot \bar{V}_0} = \frac{150 \cdot (1-\varepsilon)}{D_p \cdot G_0 / \mu} + 1,75 \quad (18) \text{ ERGUN denklemi}$$

Ergun denklemi laminar ve türbülent akıma uygulanabilir.

Filtrasyon sırasında akımın laminar olduğugösterilmiştir(5). Akışın laminar olması durumunda olayı sadece visko-

zite kuvvetlerinin kontrol ettiği atalet kuvvetlerinin ihmal edilebileceği kabul edilerek Ergun denkleminin sadece 1. kısmı alınır, 2. terimi ihmal edilebilir.

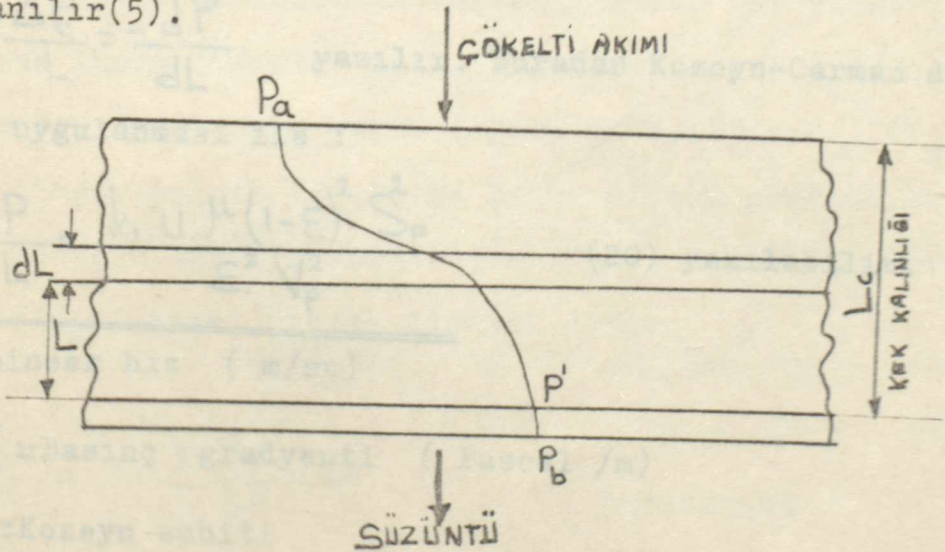
$$\frac{\Delta P \cdot D_p \cdot \varepsilon^3}{G_o \cdot L \cdot (1-\varepsilon) \cdot \bar{V}_o} = \frac{150 (1-\varepsilon)}{D_p \cdot G_o / \mu}$$

buradanda

$$\frac{\Delta P \cdot D_p^2 \cdot \varepsilon^2}{L \cdot \bar{V}_o \cdot \mu \cdot (1-\varepsilon)^2} = 150 \quad (19) \text{ KOZENY-CARMAN denklemi.}$$

2. 3. FİLTRASYON İŞLEMİNİN TEMEL DENKLEMLERİ

Filtrasyon işleminde akımın, yatağın olduğu ilk anlar hariç laminar olduğu gösterilmiştir. Filtrasyon olayının özelliği nedeni ile denklemlerdeki katsayı her işlem için aynıdır. Bu nedenle yarı ampirik denklemler denklemler kullanılır(5).



Şekil 2. Filtrasyon işlemi şeması.

Şekil 2. Filtrasyon işleminin başlangıcından (t) zaman sonra filtrasyon ortamı ve filtre kek yatağının şematik kesitini göstermektedir. Filtrasyon ortamından taneliklerin üst sınırına kadar yatağın derinliği (L_c), filtrenin akım yönünde dik yüzeyi (A), sıvının giriş basıncı (P_a), çıkış basıncı (P_b), filtrasyon ortamı (filtre bezi) ile kek yatağının ara yüzeyindeki basınç (P') olsun(6).

Toplam basınç kaybı:

$$-\Delta P = P_a - P_b = (P_a - P') + (P' - P_b) = -\Delta P_c - \Delta P_m \text{ yazılabilir.}$$

($-\Delta P$) : Toplam basınç kaybı (Pascal)

($-\Delta P_c$) : Kek yatağındaki basınç kaybı (Pascal)

($-\Delta P_m$) : Filtre bezindeki basınç kaybı (Pascal)

Filtre bezinden (L) uzaklığında ve (dL) kalınlığındaki bir tabakada basınç düşüşü (dP) olsun.

$$\frac{-\Delta P_c}{L} = -\frac{dP}{dL} \text{ yazılır. Buradan Kozeyn-Carman denklemi-}$$

nin uygulanması ile :

$$\frac{dP}{dL} = \frac{k_1 \cdot u \cdot \mu \cdot (1-\varepsilon)^2 \cdot S_p^2}{\varepsilon^3 \cdot V_p^2} \quad (20) \text{ yazılabilir.}$$

u: Lineer hız (m/sn)

$\frac{dP}{dL}$ = Basınç gradyenti (Pascal /m)

k_1 = Kozeyn sabiti

(u) Lineer hızının bulunması için boşluktan (t) zamana

kadar geçen süzüntü hacmi (V), toplam filtre yüzeyine (A) bölünür.

$$u = \frac{dV/A}{dt} = \frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt}$$

$\sum V_p$ = Bütün yataktaki toplam katı madde hacmi

ρ_p = Tanecik yoğunluğu

dm = Bütün yataktaki katı madde ağırlığı, ise

$$\sum V_p = A \cdot (1 - \varepsilon) \cdot dL$$

$$dm = \rho_p \cdot A \cdot (1 - \varepsilon) \cdot dL \quad \text{değerleri (20) de yerine}$$

konularak:

$$dP = \frac{k_1 \cdot \mu \cdot u \cdot (1 - \varepsilon)^2 \cdot (S_p / V_p)^2}{\varepsilon^3} \cdot \frac{dm}{\rho_p \cdot (1 - \varepsilon) \cdot A}$$

$$dP = \frac{k_1 \cdot \mu \cdot u \cdot (1 - \varepsilon) \cdot (S_p / V_p)^2}{\rho_p \cdot A \cdot \varepsilon^3}$$

Filtre bezinden (L) uzaklığındaki bir düzlemde sürtünme basıncı, filtre keki başlangıcından (L) düzlemine kadar toplam basınç kaybı ($P_a - P$) ye eşittir. k_1 , (S_p / V_p) ve ε , değerlerinin ($P_a - P$) ye bağlı olduğu görülür. Bu nedenle denklem tek bir sabite ile ifade edilebilir. Bu sabiteye (α_L) yerel filtre direnci denir.

$$\alpha_L = \frac{k_1 \cdot (S_p / V_p)^2 \cdot (1 - \varepsilon)}{\rho_p \cdot \varepsilon^3}$$

buradan da

$$dP = \frac{\alpha_L \cdot \mu \cdot u}{A} dm$$

yazılabilir.

$$d(P_a - P) = -dP \quad \frac{dP}{\alpha_L} = -\frac{d(P_a - P)}{\alpha_L}$$

$$-\frac{d(P_a - P)}{\alpha_L} = \frac{\mu \cdot U}{A} \cdot dm$$

(α_L) , $(P_a - P)$ ye bağılı olarak ifade edilebilirse denklem integre edilebilir.

t anında yatakta toplanan katı madde kütlesi m_c ise,

$$m=0 \text{ için } (P_a - P) = 0$$

$m = m_c$ için $(P_a - P) = (P_a - P')$ integral sınırları olur.

$$-\int_{(P_a - P')}^0 \frac{d(P_a - P)}{\alpha_L} = \frac{\mu \cdot U}{A} \int_0^{m_c} dm$$

$$\text{Sonuçta } \frac{P_a - P'}{\alpha} = \frac{\mu \cdot U}{A} \cdot m_c \text{ yazılır.}$$

İntegrasyon sonucu yerel filtre keki direnci (α_L) nin ortalama kek direnci (α) ya dönüştüğü görülür.

$$(P - P') = -\Delta P_c \text{ olduğundan } -\frac{\Delta P_c}{\alpha} = \frac{\mu \cdot U}{A} \cdot m_c \text{ olur.}$$

$$\alpha = -\frac{(\Delta P_c) \cdot A}{\mu \cdot U \cdot m_c} \text{ bulunur. } (\alpha) \text{ nin boyutu } [LM^1] \text{ dir.}$$

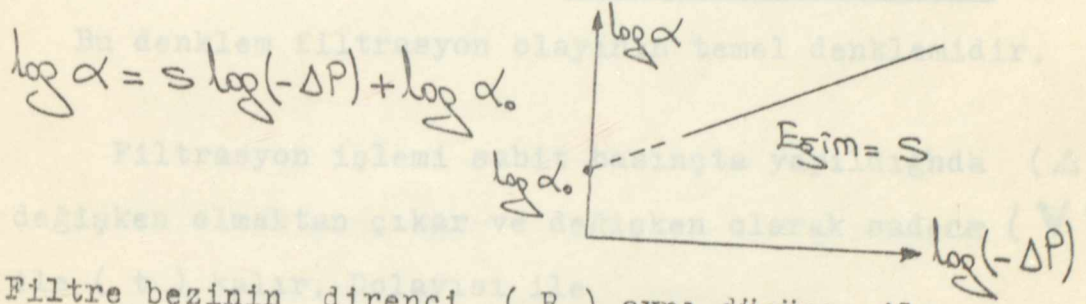
Spesifik kek direnci belirli bir kek için sadece basınç düşüşüne bağlıdır. Her kek için özel olan değeri deneyle saptanır.

$$\underline{\underline{\alpha = \alpha_0 (-\Delta P)^s}}$$

s : Bastırılma katsayısı

α_0 : Deneysel sabit (m/kg)

Çeşitli basınçlarda saptanan (α) değerlerinden yararlanılarak çizilen grafikten (s) ve (α_0) hesaplanır.



Filtre bezinin direnci (R_m) aynı düşünce ile,

$$-\frac{\Delta P_m}{R_m} = \mu \cdot u \quad \text{yazılır. Buradan } R_m = \frac{-\Delta P_m}{\mu \cdot u} \text{ bulunur.}$$

R_m in boyutu [M^{-1}] dir.

(R_m) yalnız filtrasyon başlangıcında önemlidir ve değeri belirli bir filtrasyon için sadece deneysel olarak saptanır.

Her iki direncin toplamı:

$$-\Delta P = -\Delta P_c - \Delta P_m = \mu \cdot u \left(\frac{m_c \cdot \alpha}{A} + R_m \right) \text{ olur.}$$

Burada (α), ($-\Delta P_c$) ye bağlıdır. Ancak filtrasyonda (ΔP_m), (ΔP_c) ye göre küçük olduğundan (α) değeri yukarıdaki denklemden bulunur. Denklemdaki (u) ve (m_c) değerlerini zaman biriminde toplanan süzüntü hacmi cinsinden yazarsak:

$$m_c = V \cdot C$$

V : Toplam süzüntü hacmi (m^3)

C: Süzüntünün birim hacmi başına filtreye yığılan madde miktarı (kg/m^3)

$$U = \frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt} \text{ olduğundan } \frac{dt}{dV} = \frac{\mu}{A(-\Delta P)} \left(\frac{\alpha \cdot C \cdot V}{A} + R_m \right) (21) \text{ olur.}$$

Bu denklem filtrasyon olayının temel denklemidir.

Filtrasyon işlemi sabit basınçta yapıldığında (ΔP) değişken olmaktan çıkar ve değişken olarak sadece (V) ile (t) kalır. Dolayısı ile

$$\frac{dt}{dV} = \frac{\mu \cdot \alpha \cdot C \cdot V}{A^2 (-\Delta P)} + \frac{\mu \cdot R_m}{A (-\Delta P)} \text{ yazılır.}$$

$$K = \frac{C \cdot \alpha \cdot \mu}{A^2 (-\Delta P)} \quad B = \frac{R_m \cdot \mu}{A (-\Delta P)} \text{ yazılırsa}$$

$$\frac{dt}{dV} = K \cdot V + B \quad (22) \text{ yazılabilir.}$$

t: Zaman (sn)

V: Filtrat hacmi (m^3)

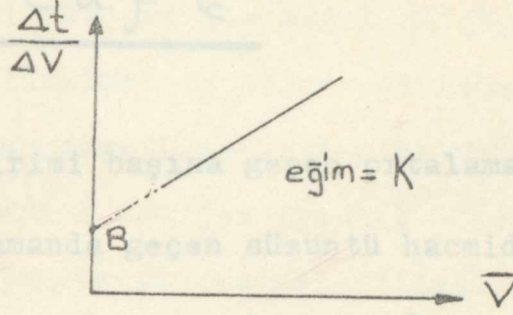
K: Deneysel sabit (sn/m^6)

B: Deneysel sabit (sn/m^3)

Belirli bir hacmin geçmesi için geçen süre deneyle saptanır. Bu değerlerden birbirini takip eden iki hacim ortalaması alınır. $\bar{V} = \frac{V_1 + V_2}{2}$

$\frac{\Delta t}{\Delta V}$ ile $\bar{V}$ arasında çizilen doğrunun eğimi (K), ordinatı kestiği nokta (B) yi verir(1).

Bu değerlerden filtre kekinin ortalama spesifik direnci ve filtre bezi direnci hesaplanabilir.



Sürekli çalışan vakum veya basınçlı filtrelerde R_m değeri ihmal edilebilir. Bu takdirde,

$$\frac{dt}{dV} = K \cdot V, \quad \int_0^t dt = K \int_0^V dV, \quad t = \frac{K \cdot V^2}{2} \quad \text{bulunur.}$$

t : Kek oluşumu için geçen süredir.

$$t = f \cdot t_c$$

t_c : Bir cycle (devir) tamamlanma zamanı

f : Kek oluşumu için gerekli olan cycle (devir) fonksiyonu olup değeri genellikle $1/3$ dür.

$$K = \frac{C \cdot \alpha \cdot \mu}{A^2 (-\Delta P)} \quad \text{ve} \quad t = f \cdot t_c, \quad t = \frac{K \cdot V^2}{2} \quad \text{de yerine konursa}$$

$$t = \frac{C \cdot \alpha \cdot \mu \cdot V^2}{2 \cdot A^2 (-\Delta P)} = f \cdot t_c$$

$$\frac{V^2}{A^2} = \frac{(-\Delta P)(2) \cdot f \cdot t_c}{C \cdot \alpha \cdot \mu}$$

$$\frac{V}{A} = \sqrt{\frac{2(-\Delta P) \cdot f \cdot t_c}{C \cdot \alpha \cdot \mu}}$$

yazılabilir. Eşitliğin her

iki yanı t_c ile bölüntürse:

$$\frac{V}{A \cdot t_c} = \sqrt{\frac{2(-\Delta P) \cdot f}{C \cdot \alpha \cdot \mu \cdot t_c}} \quad (23) \quad \text{elde edilir.}$$

$\frac{V}{A \cdot t_c}$: Alan birimi başına geçen ortalama süzüntü hızıdır.

V/t_c : Birim zamanda geçen süzüntü hacmidir.

$$\frac{V}{t_c} = (\text{Besleme hızı}) (C_s/C) \quad m^3/sn \quad \text{dir.}$$

$$C = \frac{C_s}{1 - \left(\frac{m_F - 1}{m_c} \right) \frac{C_s}{P}} \quad (24) \quad \text{den bulunur.}$$

C_s : Süzülecek karışımın, m^3 başına katı madde miktarı

(kg katı / m^3 çözelti)

$\frac{m_F}{m_C}$ = Filtre besleme akımının, kekin tuttuğu su miktarına oranıdır(6).

tetrahedr şebekesi Si_4O_{10} formülünde bir pul teşkil etmektedir. Bu esas yapıya Al^{3+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , OH^- iyonlarının rol oynamadığı bir çok şebeke de katılabilirliğinden killer çeşitli tipler göstermektedir. Bunlar sadece yarı yarıya bulunan pullardan ibaret olup plâstiklikleri böylece açıklanabilir.



$(Si_4O_{10})^{4-}$ TAŞAKASI

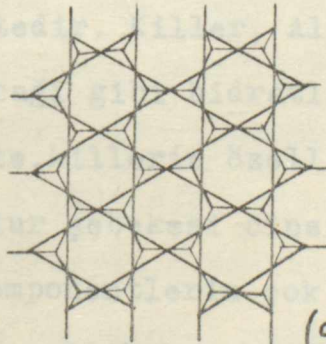
Şekil 3. Pul şeklindeki silikatların yapısı.

2. 4. KİLLER VE ÖZELLİKLERİ

X ışınları yardımı ile doğal silikatların billuri bir yapıya sahip oldukları ispatlanmıştır. Genelde billuri şebekenin esas komponenti merkezi ufak yarıçaplı bir Si^{4+} iyonu ve tepeleri 4 oksijen iyonu (O^{2-}) tarafından işgal edilmiş bir tetraedr ile temsil edilebilen ortosilikat iyonudur (SiO_4^{4-}). Si-O mesafesi $1,62 \text{ \AA}$, O-O mesafesi ise $2,7 \text{ \AA}$ dır. Böyle tetraedrlerin birbirine değişik şekilde bağlanması ile silikatların struktürü aydınlatılabilmıştır (7)

- a) Bütün tepeleri ile birbirine bağlı olan kütle halindeki silikatlar (feldspatlar, feldspatoidler, zeolitler.)
- b) Üç tepe ile birbirine bağlanan pul şeklindeki silikatlar (mika, kil)

İkinci tipte, tepelerin üçü ile birbirine bağlanan tetraedr şebekesi Si_4O_{10} formülünde bir pul teşkil etmektedir. Bu esas struktüre Al^{3+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , OH^- iyonlarının rol oynadığı bir çok şebeke de katılabildiğinden killeri çeşitli tipler göstermektedir. Bunlar sadece yan yana bulunan pullardan ibaret olup plâstiklikleri böylece açıklanabilir.



$(\text{Si}_4\text{O}_{10})^{4-}$ TABAKASI

Şekil 3. Pul şeklindeki silikatların yapısı.

lerin (-) elektrik yük almasına neden olur) kolloidal özel-
likler gösterirler. Ayrıca killeri cinslerine göre az çok
değişen sıcaklıklarda dehidratasyona uğrarlar.

ASİDİK ÖZELLİKLER: Killeri bazik boyar maddeleri tutar ve s-
su eşliğinde H^+ iyonlarını serbest hale getirir. Ancak
asidik özellikler dehidratasyonla ortadan kalkar.

KOLLOİDAL ÖZELLİKLER: Kolloidal çözelti teşkil ederler.
Ayrıca bazı killeri (bentonit) verdikleri çözeltiler ol-
duğu gibi donmakta ve karıştırmakla tekrar gel haline gel-
mektedir (tikotropi olayı) (7).

Killerdeki kolloidal kısım elektronegatif nitelik
arzettiğinden çeşitli katyonlar tesiri ile flokülasyona
uğrar. Flokülasyon gücü, az çok katyonların değerine bağlı-
dır.

Na^+	için	1	
NH_4^+ , K^+	"	2,5	
Ca^{++} , Mg^{++}	"	10	
Fe^{3+} , Al^{3+}	"	30	dur.

Ancak burada pH da önemlidir. Yüksek pH larda (al-
kali tesiri ile) elektrik yükleri belli bir değer alır.
Hall'a göre, max. yük, max. deflokülasyon bölgesinde bulu-
nur. Bu durumda kolloidal tanecikler uzun süre süspansiyon
halinde kalırlar. Killi bir süspansiyonun çökmesi bu neden-
le düşük pH larda (pratikte $pH = 4,5-5$) sağlanır. Yalnız
 $pH > 12$ için de flokülasyon olmaktadır. Ayrıca likidlerde
süspansiyon halinde bulunan (-) yüklü tanecikler pH ya
göre yüklendiğinden min. yükde nötrallikte gözlenir. Bu

sonuçlardan killerdeki CaCO_3 , BaSO_4 gibi kolloidlerin flokülasyonla ayrılmasının güç olduğu anlaşılmaktadır. Diğer taraftan elektrolitlerin pH değerine göre flokülasyona etki ettiği görülmüştür. (NaCl bazik çözeltilerde sedimentasyonu arttırır, asidik çözeltilerde ise azaltır.)

DEHİDRATASYON: Killer havada kurutulmakla sertleşir. Su ile ıslatılmakla tekrar yumuşak hale gelirler. Ancak ısıtıldıklarında 80-160 °C arasında adsorbsiyon sularını, 400-600 °C'da bünye sularını terk ederler. Olay diferansiyel termik analiz (DTA) ve termogravimetrik analiz (TGA) ile incelenebilir(8).

Killerin ısıtılması ile asidik özellikler ortadan kalkar ve ayrıca sertlik de artarak bir büzülme ve gözeneklilik gözlenir. Her ne kadar suyun bıraktığı boşluk büzülme dolayısı ile azalırsa da tamamen ortadan kalkmaz. Büzülme, sertlik dolayısı ile bazı çatlaklar meydana gelmesine neden olur.

KİL ÇEŞİTLERİ: Killer saflık derecelerine ve fiziksel özelliklerine göre değişik tipler gösterirler.

a) Kaolin: Kilin en saf şeklidir. Rengi beyazdır.

b) Smektik killer: Kireç ve magnezya gibi bazı yabancı maddeler ihtiva ederler. Renk ve yağ giderici olarak kullanılır

c) Plâstik killer: Tuğla, çanak çömlek imalinde kullanılırlar. Bileşiminde Demir oksit ve bazen de kireç bulunur.

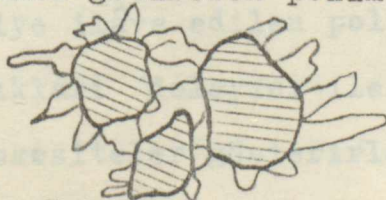
d) Refrakter Killer: Yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır.

e) Bentonit: Montmorillonit tipinde Kompleks bir Al, Fe, Ca ve Na silikattan meydana gelmiştir.

2. 5. FLOKÜLASYON

a) FLOKÜLASYON REAKSİYONUNUN TABİATI: Polielektrolit teriminin yeni yeni kullanılmağa başlanmasına rağmen doğal polielektrolitler uzun zamandan beri flokülan olarak kullanılmaktadır. Genellikle protein ve polisakkaritler olan bu maddelerin hareketi suda çözünen polimerlerin varlığına bağlıdır. Floküasyonda kullanılan diğer polimerler ise çözünebilen nişastalar, jelâtin, guar zamkıtanenler ve sodyum alginat'dır(9). Daha sonraları bu doğal maddeler yerine genellikle poliakrilik asit türevleri olan sentetik polielektrolitler kullanılmaya başlanmıştır. Sentetik polielektrolitlerin maliyetleri yüksek olmakla beraber düşük dozajlarda kullanılması ve karıştırma ile daha dayanıklı flok (yumak) elde edilmesi gibi avantajları vardır.

Floküasyon reaksiyonları mekanizmasına, çalışma şartları, floküle olmuş tanecikler ve floküasyon vasıtalarının özellikleri etki etmektedir. Ruehrwein ve Ward polielektrolit flokülanların şekilde görüldüğü gibi parçacıklar arasında köprüler meydana getirerek etki ettiğini öne sürmüştür. Bume kanizmaya göre, çözeltide bir parçacık üzerine adsorbe olan polimer zincirinin yeteri kadar yakınına diğer bir parçacık geldiğinde iki parçacık arasında fiziksel bir köprü meydana getirerek polimer zinciri uzamaktadır.



Şekil 5. Polimer köprüsü ile parçacıkların floküasyonu

Bu elemanter flok diğer parçacıklarla köprü kurmak suretiyle optimum flok büyüklüğüne erişir. Flokülasyon reaksiyonu koagülasyon reaksiyonuna benzemez ve irreversibldir. Bu nedenle flokların bir denge büyüklüğüne ulaşacağı düşüncesi yanlıştır. Genel olarak zeta potansiyelinin indirgenmesi ile meydana getirilen koagülasyon reaksiyonu, polielektrolit flokülasyon içinde önemsizdir. Oldukça yüklü polielektrolitlerin elektriksel çift tabaka üzerindeki ana etkisi zeta potansiyelinin azalması değil artmasıdır. Örneğin düşük molekül ağırlıklı (10 000 den 50 000 e kadar) poliakrilatlar flokulan olarak değil dispersant olarak kullanılır. Yük etkileri polietilen iminler gibi bazı düşük molekül ağırlıklı polielektrolitlerde daha önemli olabilir. Bu maddelerle polimer zincirinin uzunluğu dikkate değer derecede köprüler meydana getirmek için yetersiz olduğundan, zeta potansiyelinin indirgenmesi alternatif mekanizma olarak düşünülmelidir. Araştırmalar bunun doğru olduğunu göstermiştir(9).

Floküle edilen solid' in çok geniş hacimdeki süspansiyonuna az miktarda konsantre edilmiş polielektrolit flokulan ilâve edildiği düşünülecektir. Reaksiyonun yürüyüşü için öne sürülen mekanizma şöyledir.

1) Flokulanın süspansiyon içinde dağılması (dispersiyon):

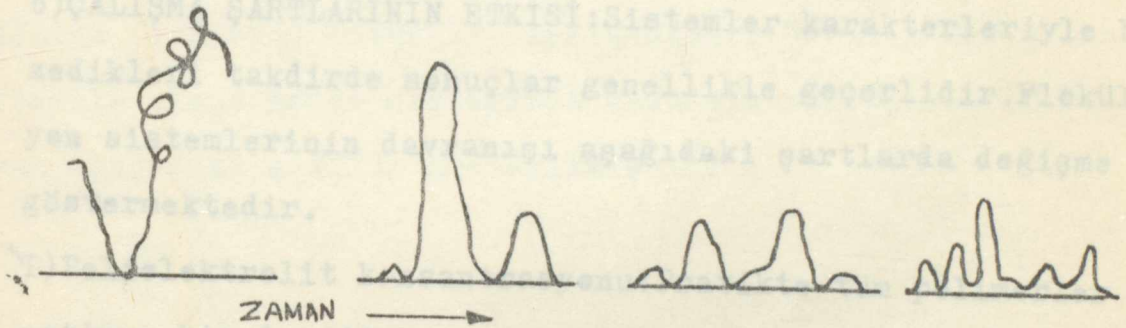
Çözeltiye ilâve edilen polielektrolitler, yüksek molekül ağırlıkları dolayısı ile düşük diffüzyon hızları ve yüksek viskoziteler gösterirler. Fazların birini diğeri içi

ne dağıtma pratikte karıştırma yapılarak sağlanır.

2) Solid-likid iç yüzeyine diffüzyon.

3) Flokülanın solid yüzeyinde adsorbsiyonu.

Zincir uzunluğu ve zincirin solid yüzeyine bağlanma noktalarının sayısı adsorbe edilen madde miktarı ve molekül ağırlığının artması nedeniyle sıkışmış bir denge tabakası elde edilinceye kadar artar. Bu durum aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil. 6. Adsorbe polielektrolit tabakanın sıkıştırılması.

Adsorbsiyon prosesinin tabiatı, çözelti içindeki polielektrolitin yapısına, polielektrolitin çözünme gücüne, çözeltinin pH'ına ve mevcut diğer iyonların varlığına bağlıdır.

Molekül ağırlığı aralığı dar olan maddeleri elde etmek güç olduğundan ve iyi bir analitik tekniğin olmaması nedeniyle poliakrilamid türevleri adsorbsiyonu ile az hassas sonuçlar elde edilir.

İlk adsorbsiyon hızlı ve irreversibl dır. Her bir bağın adsorbsiyon enerjisinin oldukça küçük olmasına rağmen belli bir noktada adsorbsiyon reversibl dır.

Solid yüzeyi ve polimer arasındaki bağlanma kuvvetleri çözelti içindeki şartlara ve her iki maddenin tabiatına bağlıdır. En yaygın olarak görülen adsorbsiyon mekanizması iyonik yük etkileri ile hidrojen bağlanması ve bazı sistemlerde spesifik olmayan Van der Waals adsorbsiyonudur.

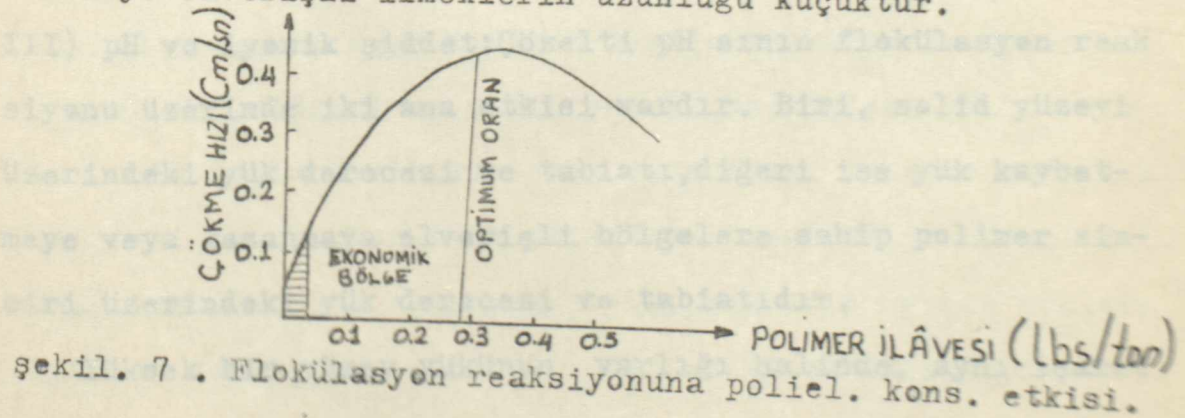
4) Polimerle kaplı parçacığın diğer parçacıklarla çarpışması.

5) Çarpışmalar neticesinde flokların oluşması.

b) ÇALIŞMA ŞARTLARININ ETKİSİ: Sistemler karakterleriyle benzedikleri takdirde sonuçlar genellikle geçerlidir. Flokülasyon sistemlerinin davranışı aşağıdaki şartlarda değişme göstermektedir.

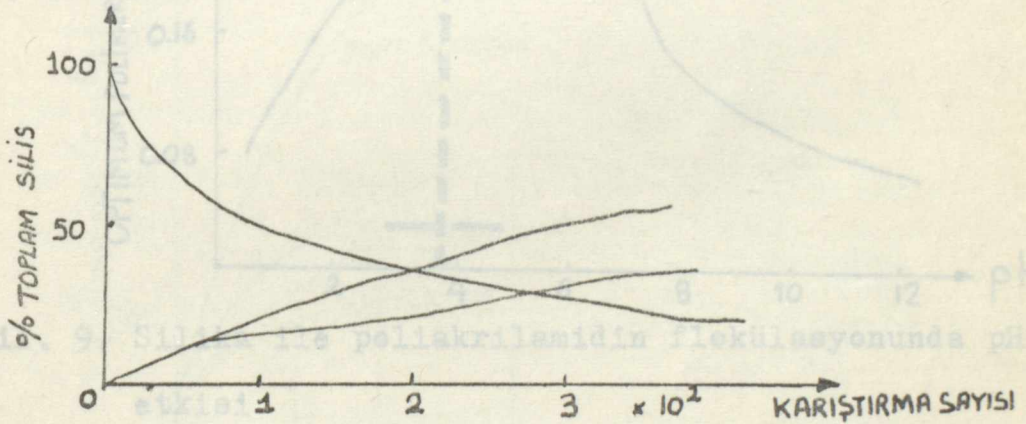
1) Polielektrolit konsantrasyonu: Pratikte tüm polimerler optimum bir dozajda adsorbe edilir. Optimum dozaj, parçacık büyüklüğü ve çözelti konsantrasyonuna bağlıdır. La Mer ve Healey solid alanının yarısının polielektrolit ile kaplandığı durumda optimum flokülasyonun vuku bulunduğunu iddia etmiştir (9).

Yüksek konsantrasyonlarda flokülasyon derecesi artar. Çok düşük solid konsantrasyonlarında köprü meydana getirmeye elverişli ilmeklerin uzunluğu küçüktür.



II) Karıştırma: Karıştırmanın etkileri karmaşıktır. Karıştırma işlemi flokülanın dağılması ve solid yüzeylerde elverişli flokülanı temin etmek için gereklidir. Eğer başlangıçta karıştırma yetersiz ise flokülun solidlerin bir kısmı üzerinde fazla adsorbe olacağından artan kısım tamamen kaplanmayı sağlayamayacaktır. Karıştırma sonucu çarpışma oranı artacağından flokülasyon oranı da artar.

Kuvvetli karıştırma durumunda floklar kopacak ve elde edilen flokların büyüklüğü azalacaktır. Devamlı karıştırma floküle olmuş madde miktarında azalmaya yol açacaktır. Durum aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



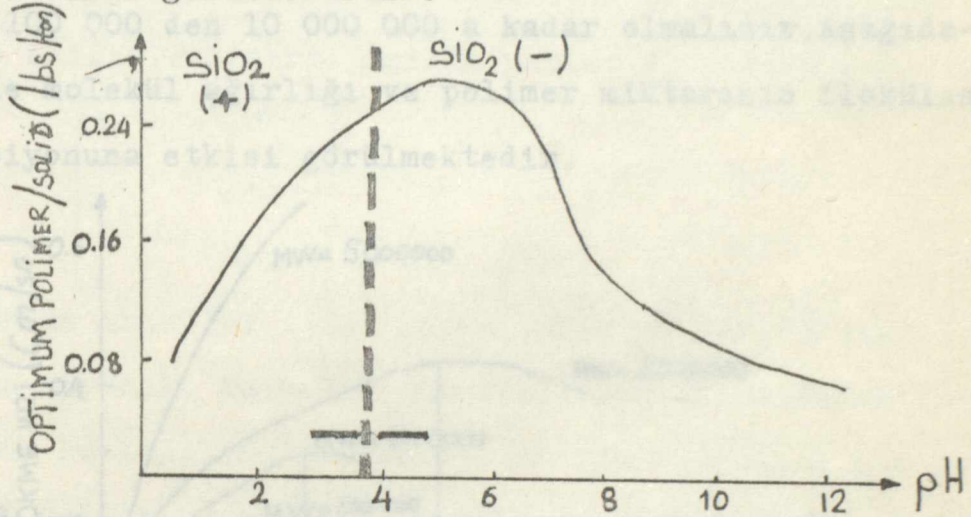
Şekil. 8 . Silika-poliakrilamid flokülasyonunda karıştırmanın etkisi.

III) pH ve iyonik şiddet: Çözelti pH sıının flokülasyon reaksiyonu üzerinde iki ana etkisi vardır. Biri, solid yüzeyi üzerindeki yük derecesi ve tabiatı, diğeri ise yük kaybetmeye veya kazanmaya elverişli bölgelere sahip polimer zinciri üzerindeki yük derecesi ve tabiatıdır.

Yüksek bir yüzey yükünün varlığı halinde, aynı işaret

li yük taşıyan bir polielektrolitin adsorbsiyonu engellenecektir. Zıt işaretli yük taşıyan polielektrolitin adsorbsiyonu ise artacaktır. Molekül ağırlığının artması ile bu etki azaltılabilirse de bu durumda flok meydana getirecek çarpışmalara engel olunmaktadır.

Silika-poliakrilamid sistemi için pH in izoelektrik noktadan uzaklaşması ile optimum polimer dozajı azalır. Şekilde bu durum görülmektedir.

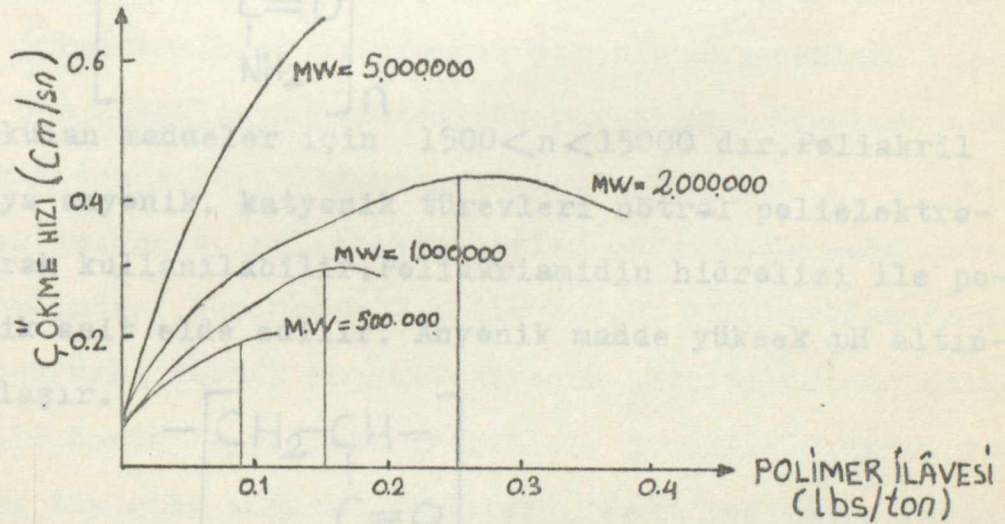


Şekil. 9. Silika ile poliakrilamidin flokülasyonunda pH in etkisi

Yük etkilerinin yokluğunda çözeltideki polimer molekülü gelişigüzel halka gibi bir zincir şeklinde bulunmaya eğilim gösterir. Mevcut diğer iyonların konsantrasyonu ile de polimer zinciri ve solid yüzeyi üzerindeki yük dereceleri etkilenir. Özellikle çok değerlikli iyonlar genellikle solid-likid iç yüzeyinde potansiyel azalmasına neden olur. Reaksiyon üzerine tuzların etkisi, bunların mevcut yüklere katkısı dolayısı iledir. Bu polimer zincirinin yapısı ve

çözücü ile polimer zinciri arasındaki etkidir.

IV) Polielektrolit molekül ağırlığı: Deneyler, etkili flokülasyon için zincir uzunluğu gibi optimum bir polimer molekül ağırlığı olduğunu göstermiştir. Eğer molekül ağırlığı çok küçük ise polimer zincirleri köprü meydana getirmek için yeteri kadar uzun olmayacaktır. Molekül ağırlığı çok büyük ise maddenin dağılımı zor ve üretimi pahalı olur. Pratikte poliakrilamid türevleri için ortalama molekül ağırlıkları 100 000 den 10 000 000 a kadar olmalıdır. Aşağıdaki şekilde molekül ağırlığı ve polimer miktarının flokülasyon reaksiyonuna etkisi görülmektedir.



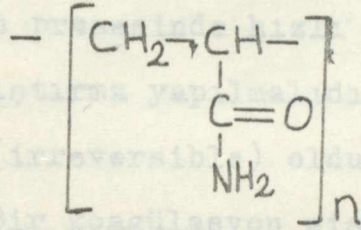
Şekil. 10. Flokülasyon reaksiyonlarında polielektrolit molekül ağırlığının etkisi.

Genel olarak artan molekül ağırlığı flokülasyonu artırır, ve flokları kuvvetlendirir. Ancak büyük miktarlar birim polielektrolit maliyeti ile dengelenir.

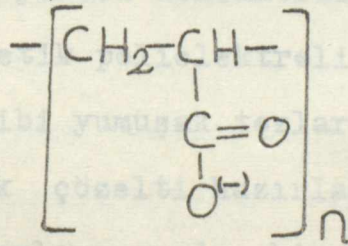
V) Solid konsantrasyonu: Solid konsantrasyonu ile elde edilen flokların kuvveti artmaktadır. Düşük solid konsantrasyonlarında ise parçacık çarpışma oranı azdır.

Genellikle flokülân olarak kullanılan doğal polielektrolitler, sentetik maddelere dayalı olanlardan ağırlık dozajı olarak daha az etkilidir. Buna rağmen ucuz ve bol üretimleri nedeniyle büyük miktarların kullanılması fazla bir dezavantaj teşkil etmemektedir(10).

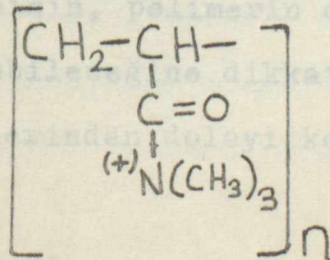
SENTETİK POLİELEKTROLİTLER: En çok kullanılan sentetik polielektrolit sınıfı poliakrilamid ve türevleridir. Bunlar akrilamid veya akrilonitrilin katalitik polimerizasyonu ile elde edilir. Poliakril amidin yapısı aşağıdaki gibidir.



Flokülân maddeler için $1500 < n < 15000$ dır. Poliakrilamid veya anyonik, katyonik türevleri nötral polielektrolit olarak kullanılabilir. Poliakrilamidin hidrolizi ile poliakrilik asit elde edilir. Anyonik madde yüksek pH altında iyonlaşır.



Ticari flokülânlarda amid grupları % 5- % 30 arasında hidroliz olur. Aynı şekilde katyonik flokülân akrilamid ve quarternary akrilamid gruplarının kopolimerizasyonu veya quarternary amid gruplarının indirgenmesi ile üretilir,



Nötral akrilamid flokülânlar anyonik ve katyonik şekillerden daha etkindir. Diğer sentetik bir çok polielektrolitler patent literatürde akrilamidlerin diğer maddelerle kopolimeri olarak tanımlanmıştır. Polietilen iminler gibi bazı sentetik polielektrolitler düşük molekül ağırlıklı olup köprü bağlantı elemanı olmaları beklenir. Temel etkileri zeta potansiyelini indirgeyerek koagülasyona yatkınlıklarıdır,

FLOKÜLAN ve KOAGÜLANTLARIN KULLANILMASI: Herhangi bir flokülasyon prosesinde hızlı bir karıştırmanın ardından yavaş bir karıştırma yapılmalıdır. Flokülasyon reaksiyonu tersinmez (irreversible) olduğundan parçalanma problemi önemlidir. Bir koagülasyon sisteminde parçalanma flokları daha küçük bir denge büyüklüğüne getirir.

Flokülasyonda polielektrolitler genellikle sulu çözeltiler halinde (hacimce % 0,1 ile % 0,01 lik) kullanılması na rağmen daha yüksek konsantrasyonlu çözeltiler de hazırlanabilir. Sentetik polielektrolitler genellikle düşük yoğunluklu tüy gibi yumuşak tozlardır. Katı toz suya yavaş yavaş katılarak çözelti hazırlanmalıdır. Laboratuvar çözeltilerinin hazırlanmasında, bir karıştırıcı yardımı ile oluşturulan girdapa toz yavaşça bırakılır. Çözeltinin hazırlanması birkaç saat sürebilir. Bu esnada devamlı olarak karıştırılır. Yapımcılar, polielektrolit çözeltilerinin fazla karıştırılmasının, polimerin daha basit bileşikler vermesine neden olabileceğine dikkati çekmektedirler.

Düşük viskozitelerinden dolayı koagülantların ilâvesi

ve karıştırılması flokülânlardan daha kolaydır. Reaksiyon reversibldir.

Sentetik polielektrolitler tarafından oluşturulmuş floklar kopmaya karşı koagülanlar tarafından üretilenlerden daha dayanıklıdır, ve yüksek filtre keki gösterirler.

2. 6. ELEKTRİKSEL ÇİFT TABAKA VE ZETA POTANSİYELİ:

Katı bir madde suya atıldığında, su içinde başka iyonlar olmasa bile, katı maddeden suya geçen iyonlar ve suyu meydana getiren H^+ ve OH^- iyonları nedeniyle katı madde yüzeyi pozitif veya negatif bir elektrik şarjı kazanır. Böylelikle katı maddeyi çevreleyen su muhtelif iyonları içeren bir çözelti durumunu alır. Coulomb kanununa göre, zıt yüklü iyonlar katı yüzeyi tarafından çekilir. Böylece çözelti içindeki iyonların bazılarının konsantrasyonu katı yüzeyi civarında artar, bazılarının ki ise azalır. Ara yüzeylerde bazı iyonların konsantrasyonlarının artmasına adsorbsiyon denir. Katı yüzeyinde adsorbe olan iyonların konsantrasyonu yüzeyden uzaklaştıkça azalır(11). Sonuçta çözeltinin normal konsantrasyonuna erişir. Zıt yüklü iyonların yüzeye toplanması ile katı yüzeyi potansiyeli (ψ_0) yüzeyden uzaklaştıkça azalmaktadır. Yüzeyle zıt işaretli olan iyonlar yüzey yakınında toplanarak yüzey elektrik yükünü dengelemeye çalışırlar. Yüzey yakınında katı-sıvı ara yüzeyinde toplanan bu iyonlara dengeleyici iyonlar (counter ions) denir. Kimyasal dengeye ulaşıldığında katı yüzeyindeki elektrik yükü (Q_k), ile dağılmış iyonların

oluşturduğu elektrik yükü (ρ_0) ile dengelenmiş olur ve katı yüzeyi potansiyeli (ψ_0), sıfıra iner. Bu duruma elektiriksel çift tabaka adı verilir.

$C(x)$: Çift tabakanın herhangi bir noktasındaki iyon konsantrasyonu. (mol/litre)

C_0 : Çözeltinin iyon konsantrasyonu. (mol/litre)

z : İyon değerliği.

e : Elektron yükü ($1,9 \cdot 10^{-9}$ Coulomb)

ψ : Potansiyel. (volt)

k : Boltzman sabiti ($1,381 \cdot 10^{-23}$ joule/mol $^{\circ}K$)

T : Mutlak sıcaklık ($^{\circ}K$)

olmak üzere

$$C(x) = C_0 e^{-\frac{ze\psi}{kT}} \quad \text{dir.}$$

Yüzey potansiyeli (ψ_0), yüzeyden uzaklaştıkça azalmaktadır. Eğer çözeltinin konsantrasyonu artarsa potansiyel çok daha hızlı azalır. Yani konsantrasyon arttıkça dengeliyici iyonlar çok daha yoğun olarak yüzey civarında bulunurlar ve elektiriksel çift tabakanın kalınlığı azalır. Helmholtz elektiriksel çift tabaka ile kondansatör plakaları arasında bir benzetme yaparak şu bağıntıyı vermiştir.

$$\psi_0 = \frac{4\pi \rho_{kd}}{D}$$

d : Elektiriksel çift tabaka kalınlığı.

D : Ortamın dielektrik sabiti.

Debye-Hückel ise elektriksel çift tabaka kalınlığını şu bağıntı ile vermiştir.

$$d = \frac{3}{Z \sqrt{C_0}}$$

Yüzey potansiyelinin (Ψ_0), değişimi incelenirse, bunun yüzey civarında hızlı düştüğü, daha sonra yavaş yavaş azalarak sifıra ulaştığı görülür. Bu durum Stern tarafından yeni bir model ile açıklanmıştır. Bu modele göre, hemen hemen bir molekül kalınlığı kadar bir uzaklıkta Stern düzlemi denilen hayali bir düzlem düşünülür. Burada bulunan zıt yüklü iyonlar yüzey potansiyelini lineer olarak azaltırlar. Bunun dışında ise dağılmış iyonları kapsayan tabaka bulunur. Burada potansiyel azalması lineer değildir. Daha uzun bir mesafede azalarak sifıra düşer. Yani iyon konsantrasyonu yüzeyden uzaklaştıkça çözeltinin normal konsantrasyonuna erişir. Katı yüzeyindeki elektrik yükü (σ_k), Stern düzlemindeki elektrik yüküdür. Bu elektrik yükü şu bağıntı ile hesaplanır.

$$\sigma_k = - \frac{D}{4\pi} \left(\frac{d\Psi}{dx} \right)_{x=0} = \frac{D}{4\pi} \left(\frac{\Psi_0 - \xi}{d} \right)$$

Katı yüzeyinin ölçülebilen potansiyeli ξ (zeta) dır. Buna elektrokinetik potansiyel (zeta potansiyeli) denir. Zeta potansiyeli elektrostatik prensiplerine göre şöyle

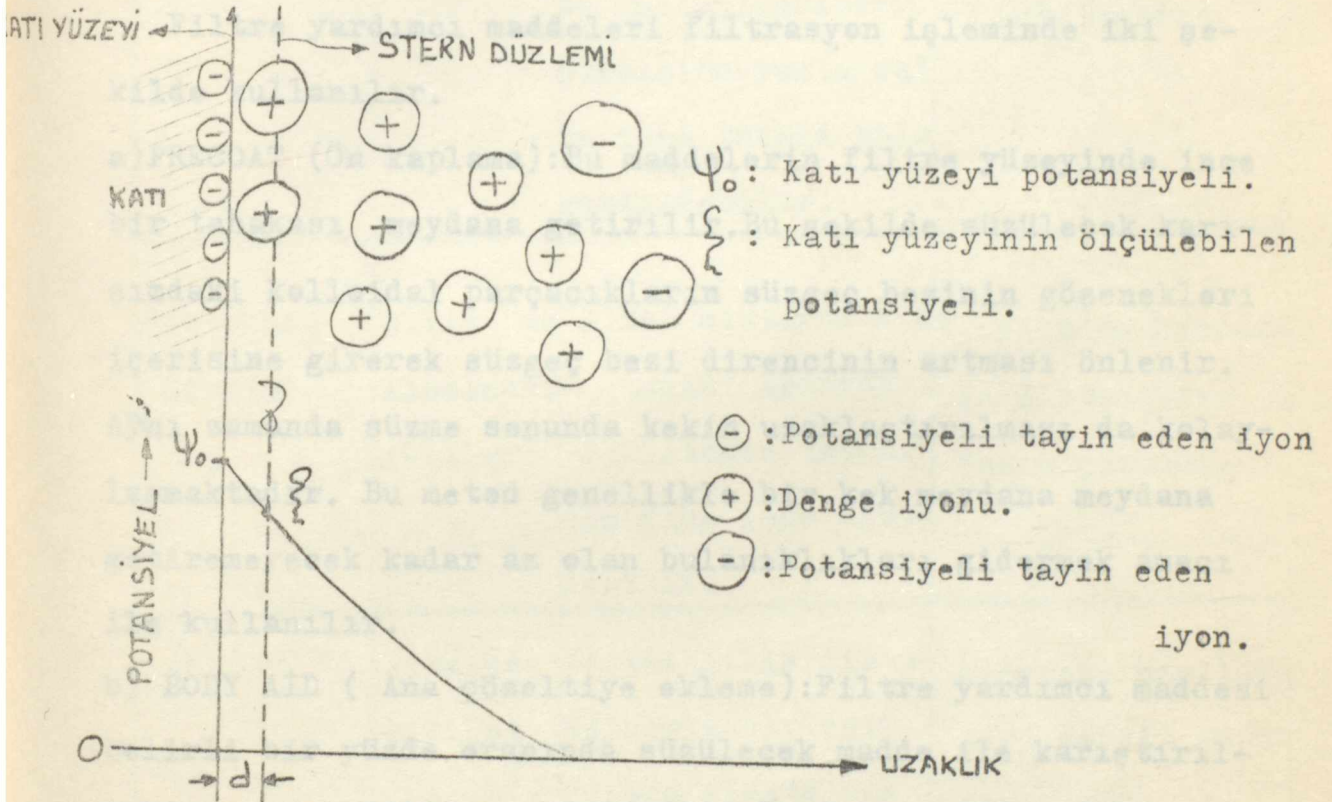
bulunur.

$$\xi = \frac{4\pi \epsilon d}{D}$$

d:Elektriksel çift tabaka kalınlığı.

ϵ :Stern düzlemindeki elektrik yükü.

D: Dielektrik sabiti.



şekil. 11. Stern modeli.

Filtre yardımcı maddelerinin kimyasal yönden inert ve ucuz olması gerekir. Aşağıdaki tabloda filtre yardımcı maddelerinin bazı özellikleri görülmektedir(13).

2. 7. FİLTRE YARDIMCI MADDELERİ.

Süzülmeleri esnasında güçlük çıkaran maddeler için çok sayıda filtre yardımcı maddeleri kullanılır. Filtre yardımcı maddeleri sert yapılı, çok ince öğütülmüş sağlam katı parçacıklardan ibaret olup, bastırılmaz özelliğe sahiptirler(12).

Filtre yardımcı maddeleri filtrasyon işleminde iki şekilde kullanılır.

a) PRECOAT (Ön kaplama): Bu maddelerin filtre yüzeyinde ince bir tabakası meydana getirilir. Bu şekilde süzülecek karışımındaki kolloidal parçacıkların süzgeç bezinin gözenekleri içerisine girerek süzgeç bezi direncinin artması önlenir. Aynı zamanda süzme sonunda kekin uzaklaştırılması da kolaylaşmaktadır. Bu metod genellikle bir kek meydana meydana getiremeyecek kadar az olan bulanıklıkları gidermek amacı ile kullanılır.

b) BODY AİD (Ana çözeltiye ekleme): Filtre yardımcı maddesi belirli bir yüzde oranında süzülecek madde ile karıştırıldıktan sonra filtreye gönderilir. Yardımcı madde, filtre yüzeyine oturacak çökeltinin geçirgenliğini arttırır ve bastırılabilmesini azaltır. Süzme işlemi esnasında kek direncinin artmasını önler.

Filtre yardımcı maddelerinin kimyasal yönden inert ve ucuz olması gerekir. Aşağıdaki tabloda filtre yardımcı maddelerinin önemli özellikleri görülmektedir(13).

Table 1. Filtre yardımcı maddelerinin özellikleri.

MADDE	Kimyasal bileşim.	Avantajları.	Dezavantajları.
Diatomlu toprak (silisli toprak)	Silis (SiO_2)	1) Bol miktarda cinsi olup, temini kolaydır. 2) Çok ince filtrasyon da kullanılabilir. 3) Kalsinasyonla saf ve ince taneli hale getirilebilir.	Sulu asit ve alkali kalilerde önemsiz bir çözünürlüğü vardır.
Öğütülmüş PERLİT	Silis ve Alüminosilikatlar.	1) Bol miktarda olup temini kolaydır. 2) Diatomlu topraktan daha ince öğütülebilir.	Asit ve bazlarda diatomitten fazla çözünür.
ASBEST	Alüminosilikat	1) Genellikle diatomitlerle birleşir. 2) Kaba elekte çok iyi tutulur.	Kimyasal özellikleri perlit gibidir.
SELÜLOZ	Selüloz	1) Saflığı yüksektir 2) Kimyasal dayanıklılığı iyidir. 3) Kuvvetli alkali çözücülerde önemsiz çözünürlüğü vardır.	Pahalıdır.

KARBON	Karbon	Kuvvetli alkali çözeltilerin filtrasyonunda kullanılabilir,	1)Pahalıdır. 2)Yalnız kaba maddeler için uygundur.
--------	--------	---	---

PERLİT:Perlit erimiş volkanik lâvların suda soğumasıyla şekil almış volkanik bir kayadır.Ani soğutma deneyleri sonunda perlit bünyesinin camsı bir yapı gösterdiği anlaşılmıştır.İçinde bir miktar su bulunmaktadır.Şayet ezilir, elenir ve hızlı bir şekilde sürekli olarak ısıtılırsa yumuşama noktasında perlit bünyesindeki su buharlaşır.

Büyük miktarda Al_2O_3 , Na_2O ve K_2O içeren perlit diatomlu toprakla karıştırıldığında çözünürlüğü artar ve pH sınırı 4 den 9 a değişir. Perlit diatomlu topraktan daha masraflıdır,ancak perlitin yoğunluğu diatomlu topraktan daha küçüktür.

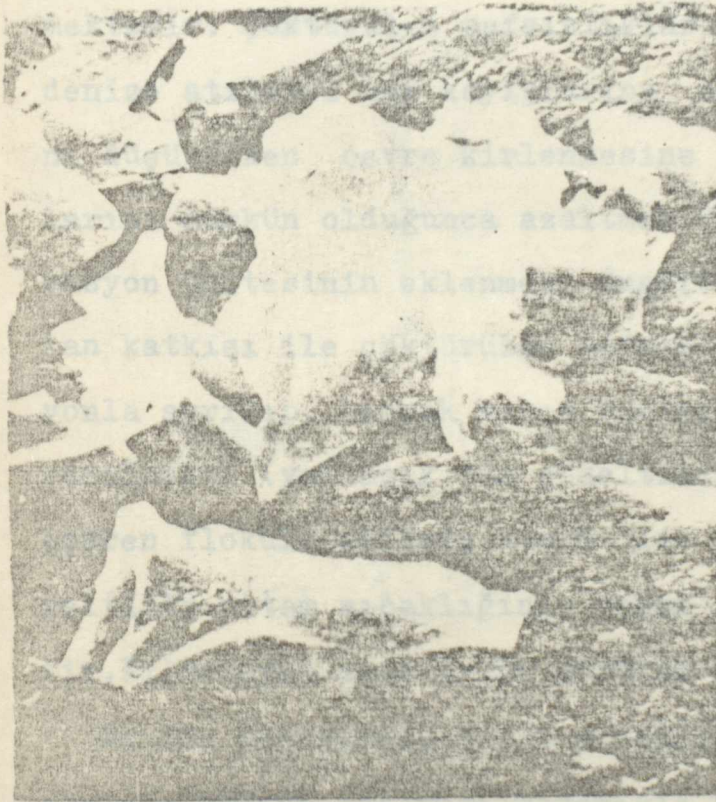
Perlit in yoğunluğu 3-6 lb/ft³ (50-96 kg/m³)

Diatomik toprak yoğ. 8-12 " (128-192 ")

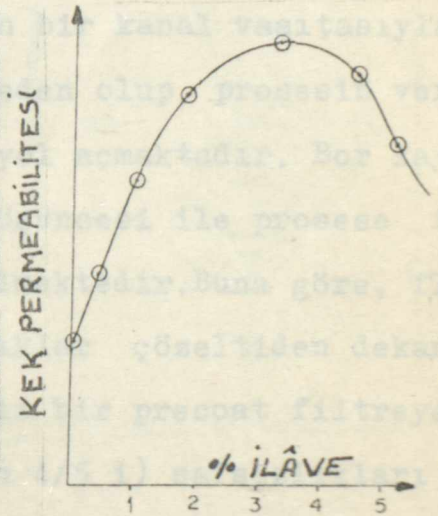
Bu nedenle perlit kullanmak oldukça ekonomiktir. Aşağıdaki şekilde elektron mikroskobu ile bakıldığında düzensiz bir yapıdaki perlit partikülleri görülmektedir(13).

FİLTRE YARDIMCI MADDESİNİN SEÇİMİ:Genel olarak geniş bir partikül büyüklüğü dağılımına sahip olan maddeler düşük porozite ve düşük permeabilite ye neden olan bir tabaka meydana getirirler.Body aid katılması ile tabakanın ayrılarak porozite ve permeabilitenin yükselmesi sağlanır.

Eğer yardımcı madde partikülleri filtre edilen solid partiküllerinden çok büyük ise çok küçük bir etkiye neden olur. Maksimum etki için, yardımcı maddenin partikül büyüklüğü dağılımı küçük veya filtre edilen solide yapışık olması gereklidir. Yardımcı maddenin uygun partikül büyüklüğü dağılımının seçiminde optimum dozajın belirtilmesi gerekir. Pratikte yardımcı madde dozajı genellikle solide bağlı olarak ağırlıkça %1-% 10 arasındadır. Yardımcı madde kullanılması ile kek miktarı da artacağından kek hacminin sınırlı olduğu süzme proseslerinde kek kütlesinin artması istenmeyecektir(13).



Şekil. 12 Filtre yardımcısı perlitin elektron mikroskobu ile görünüşü.



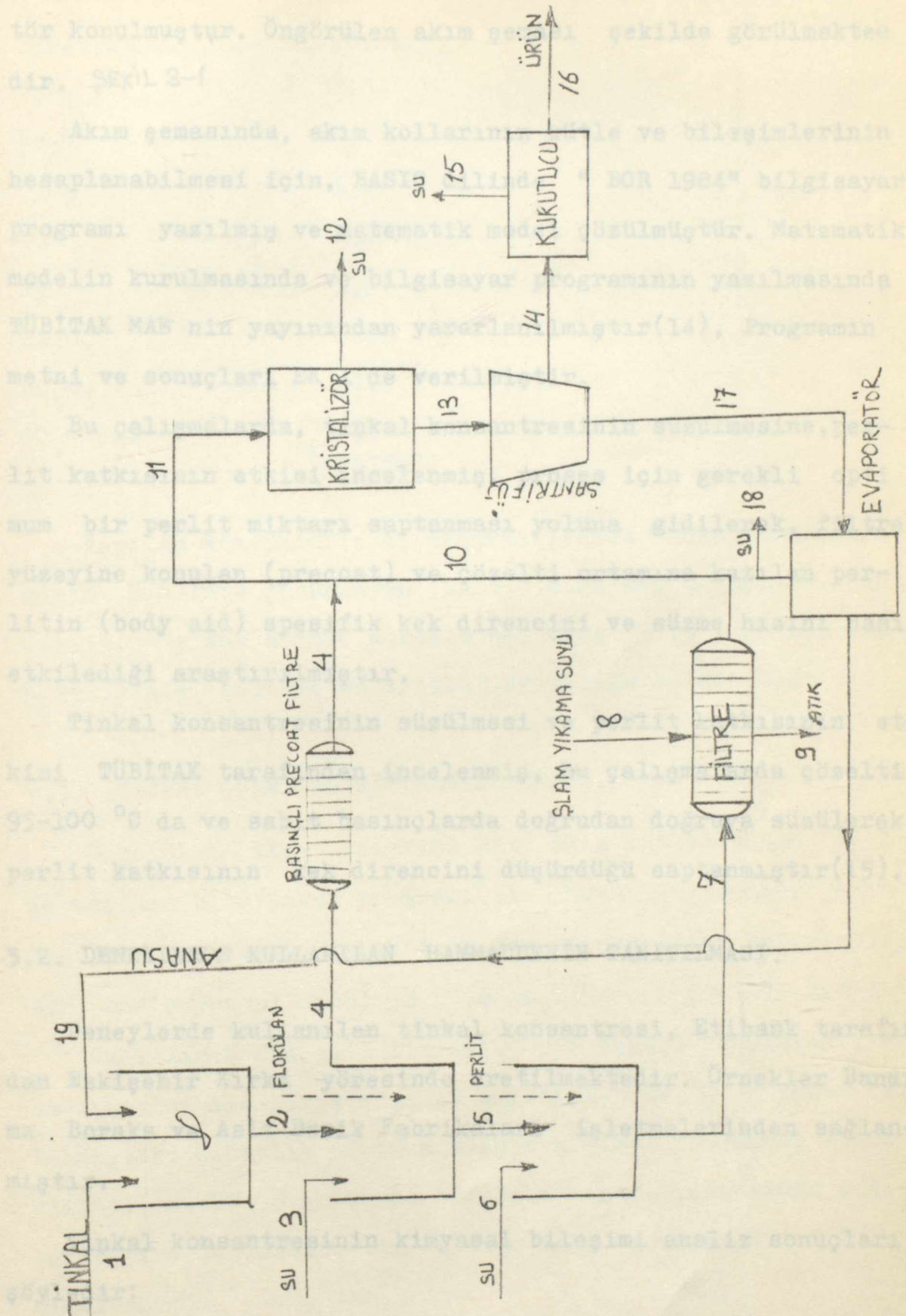
Şekil. 13 Filtre yardımcısı konsantrasyonu ile kek permeabilitesinin değişim eğrisi.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR

3.1. TİNKAL KONSANTRESİNDEN BORAKS DEKAHİDRAT ÜRETİMİ.

Türkiye'de tinkalden boraks dekahidrat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) üretimi Bandırma'daki Etibank Boraks ve Asit Fabrikaları işletmeleri tarafından yapılmaktadır. Fabrikalarda prosesin yürüyüşü şöyle olmaktadır: Hazırlanan tinkal konsantresi, besleyici elevatör yardımı ile çözme reaktörüne verilmekte reaktörde sıcaklık $95-100^\circ\text{C}$ dolayında tutulmaktadır. Çözünen boraks ve çözünmeyen kil, dolomit, CaCO_3 gibi maddeler tiknere alınmaktadır. Tiknerde çözünmeyen safsızlıklar flokülün ilâvesi ile çöktürülüp zaman zaman dışarı atılırken üstten alınan boraks çözeltisi 80°C da kristalizöre verilmektedir. Çöktürülen safsızlıkların bir kanal vasıtasıyla denize atılması bor kayıplarına neden olup, prosesin verimini düşürürken çevre kirlenmesine yol açmaktadır. Bor kayıplarını mümkün olduğunca azaltmak düşüncesi ile prosese filtasyon ünitesinin eklenmesi öngörülmektedir. Buna göre, flokülün katkısı ile çöktürülen safsızlıklar çözeltiden dekantasyonla ayrılıp, berrak kısım basınçlı bir precoat filtreye verilmekte (yaklaşık tüm çözeltinin $4/5$ i) safsızlıkları içeren floküle edilmiş kısım ise iki katı kadar su ile seyreltilip ortam sıcaklığında vakum altında filtre edilmektedir. Filtrasyon için uygun görülen vakum 260 mm Hg dir.

Su ile seyreltme, düşük sıcaklıklarda boraks çözeltisinin çözünürlüğünün azalması nedeniyle yapılmaktadır. Bu işlem prosesin su yükünü arttırmakta olup, su yükünü azaltmak amacıyla kristalizörü terk eden ana su çıkışına bir evapora-



SEKIL 3-1

tör konulmuştur. Öngörülen akım şeması şekilde görülmektedir. ŞEKİL 3-1

Akım şemasında, akım kollarının kütle ve bileşimlerinin hesaplanabilmesi için, BASIC dilinde " BOR 1984" bilgisayar programı yazılmış ve matematik model çözülmüştür. Matematik modelin kurulmasında ve bilgisayar programının yazılmasında TÜBİTAK MAE nin yayınından yararlanılmıştır(14), Programın metni ve sonuçları EK 1 de verilmiştir.

Bu çalışmalarda, tinkal konsantresinin süzülmesine, perlit katkısının etkisi incelenmiş, proses için gerekli optimum bir perlit miktarı saptanması yoluna gidilerek, filtre yüzeyine konulan (precoat) ve çözelti ortamına katılan perlitin (body aid) spesifik kek direncini ve süzme hızını nasıl etkilediği araştırılmıştır.

Tinkal konsantresinin süzülmesi ve perlit katkısının etkisi TÜBİTAK tarafından incelenmiş, bu çalışmalarda çözelti 95-100 °C da ve sabit basınçlarda doğrudan doğruya süzülerek perlit katkısının kek direncini düşürdüğü saptanmıştır(15).

3.2. DENEYLERDE KULLANILAN HAMMADDENİN TANITILMASI.

Deneylerde kullanılan tinkal konsantresi, Etibank tarafından Eskişehir Kırka yöresinde üretilmektedir. Örnekler Bandırma Boraks ve Asit Borik Fabrikaları işletmelerinden sağlanmıştır.

Tinkal konsantresinin kimyasal bileşimi analiz sonuçları şöyledir:

Bileşen	%
B_2O_3	33,31
Na_2O	15,02
SiO_2	1,44
CaO	2,1
MgO	1,87
Fe_2O_3	0,2
Al_2O_3	0,1
$CO_2 + H_2O$	46
	$\pm 100,04$

Yapılan analizlerle, I. ekstraksiyonda tinkal konsantresinin % 8 inin çözünmeyen katı olduğu saptanmış, IV. ekstraksiyon şlamı asitle muamele edilerek % 75 inin karbonat % 25 ininde çözünmeyen silikatlar olduğu anlaşılmıştır(1).

3.3. TINKAL ÇÖZELTİSİNİN HAZIRLANMASI.

Öngörülen akım şemasına ait, akım kütlelerinin EK 1 de verilen bilgisayar programı ile hesaplanmış değerlerinden yararlanılarak deney için ana su çözeltisi hazırlanmıştır. Ana suyun bileşimi % 14,8 $Na_2B_4O_7$, % 85,197 H_2O dur. Hazırlanan ana su 1 litrelik bir behere konularak , bir karıştırıcı ile karıştırılmak suretiyle 60 °C a kadar ısıtılmıştır. Sıcaklık 60 °C a ulaşınca tinkal numunesi ilâve edilmiş, 85-90 °C arasında boraksın tamamen çözündüğü gözlenmiştir. Çözünmenin tam olduğu anda ortamın pH ı 9,2 olmaktadır.

3.4. SAFSIZLIKLARIN ÇÖKTÜRÜLMESİ.

Tinkal konsantresindeki safsızlıklar, CaCO_3 , dolomit, SiO_2 ve Mg-montmorillonit dir(1).

Hazırlanan tinkal çözeltisindeki safsızlıklar, çözelti ortamında ince partiküller halinde dağılarak süspansiyon oluşturmaktadır. Bu safsızlıkları çöktürmek amacı ile karışıma uzun zincirli organik polielektrolitler olan çöktürücü (flokülan) ilâve edilmiştir. Deneylerde, İngiliz Allied Colloids firmasının ürettiği Magnafloc R-351 noniyonik flokülan kullanılmıştır. Bu flokülan Bandırma boraks ve asit borik fabrikalarında da kullanılmaktadır.

Flokülan çözeltisi % 0,05 lik olarak hazırlanmıştır. Su da güç çözünmesi nedeniyle manyetik karıştırıcıda, ortama birkaç damla metanol ilâvesiyle yaklaşık 1 saat karıştırılmış ve çözünme sağlanmıştır. 100 gr tinkal için 40 ml flokülan kullanılmıştır.

3.5. FİLTRE YARDIMCI MADDELERİ VE ÖZELLİKLERİ.

Süzme yardımcı maddesi olarak, "Pabalk Ticaret ve Perlit Sanayiinden " sağlanan perlit kullanılmıştır. Perfil 1 in özellikleri tabloda verilmiştir(16).

Fiziksel Özellikler	PERFİL 1
Fiziksel görünüş	gri toz
pH	7,7
Tane yoğunluğu (gr/cm ³)	2,20
Gevşek doldurulmuş olarak (gr/cm ³)	0,063
Sıkıştırılmış olarak "	0,123

Tane irilik dağılımı %	PERFİL 1
30- 40	1,5
20-30	12
10-20	76
10 den küçük	10
Yaklaşık yüzey alanı (cm^2/gr)	15900
Gözeneklilik (%)	85
Çözünürlük	pH sı 4-9 arasında olan sıvılarda emhiyetle kullanılır
Ergime noktası ($^{\circ}\text{C}$)	1295

Perfil süzme yardımcı maddelerinin kimyasal analizi şöyledir(16).

SiO_2 : % 74

Al_2O_3 : %14,53

Na_2O : %2,4

K_2O : % 4,95

MgO : % 0,28

CaO : % 0,5

Fe_2O_3 : % 0,97

Nem : % 0,32

Yakma kaybı: % 1,7

Deneylerde Keçesan pamuklu filtre bezi kullanılmıştır.

Filtre yüzeyi $44,2 \text{ cm}^2$ dir.

3.6. FİLTRASYON DENEYLERİ

Litrelik beherlerde hazırlanan örnekler üzerine flokülân ilâvesiyle safsızlıklar çöktürülmüş, berrak kısım dekan te edildikten sonra kalan çökelti iki katı su ile seyreltilerek laboratuvar sıcaklığında bir süre bekletilmiş, herhangi bir kristallenme olmadığı gözlenmiştir. Örnekler bir sü- re (10 dak) karıştırıldıktan sonra ortam sıcaklığında ve vakumda ($-\Delta P$):260 mm Hg) filtre edilmiştir. Çöken tane- ciklerin filtre bezi gözeneklerini tıkaması sonucu filtre bezi direnci artmış, süzüntü hızı azalmıştır.

Yapılan ön deneylerle filtre bezi yüzeyine ön kaplama (precoat) olarak perlit katılmasıyla filtre bezi direncinin azaldığı, süzüntü hızının arttığı gözlenmiştir. Ancak zaman la çöken kil taneciklerinin kek geçirgenliğini azaltması sonucu süzme hızının zamanla yavaşladığı görülmüştür. Karı- şıma bu kez yine perlit ilâve edilmiş (body aid) , kek ge- çirgenliğinin artması sonucu filtrasyon hızının da arttığı saptanmıştır. Laboratuvar çalışmalarında kullanılan filtras- yon cihazının şeması aşağıdadır. ŞEKİL 3-2

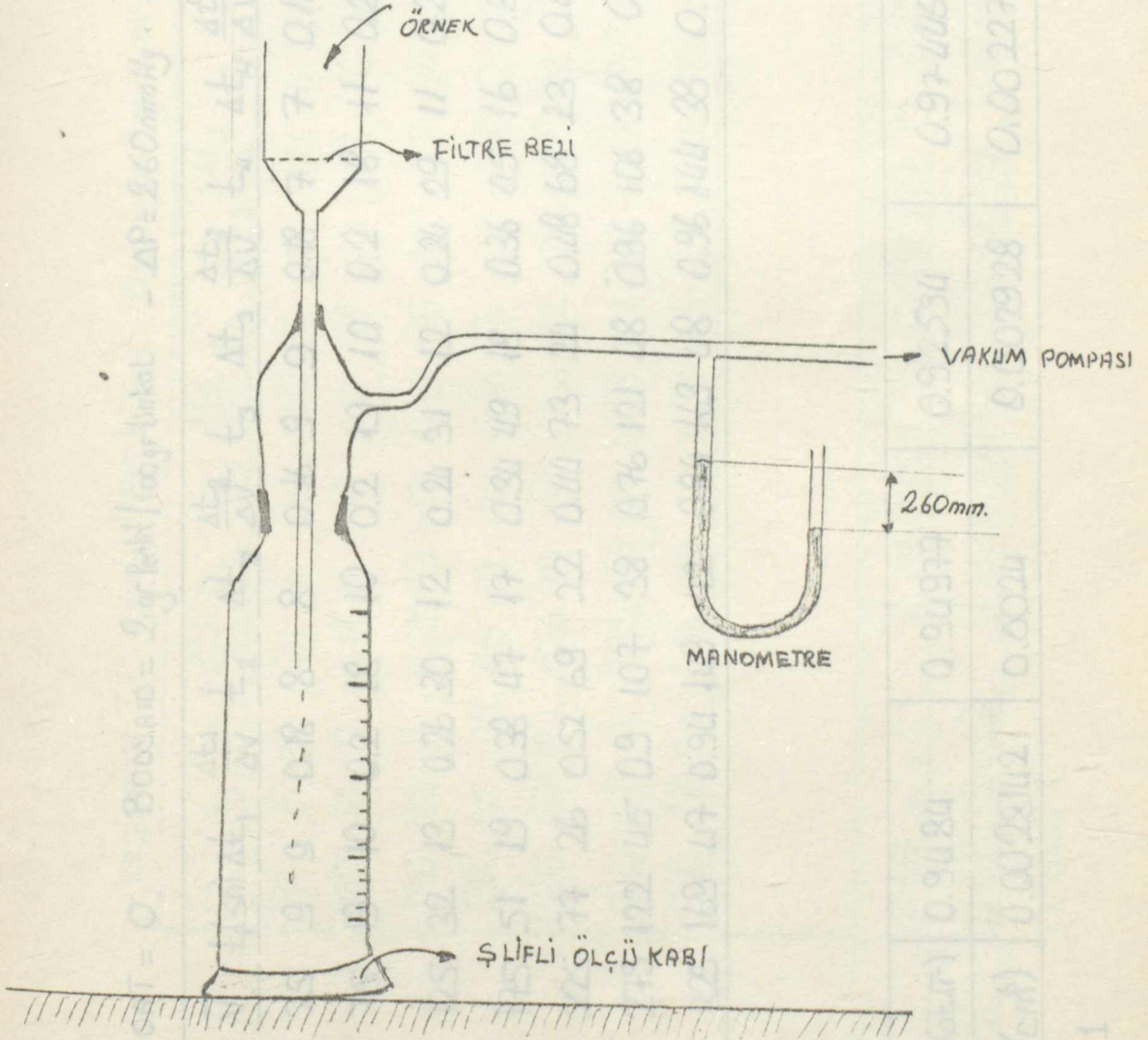
3.7. DENEY SONUÇLARI.

a) Ön kaplama (precoat) miktarının saptanması:

— 100 gr tinkal/300 ml su olacak şekilde 500 ml lik beher- lerde beş ayrı örnek hazırlandı. 60 °C da flokülân çözeltisi ilâve edilerek safsızlıklar çöktürüldü. Berrak kısmın 4/5 i dekan te edildi. Çökelti iki katı su ile seyreltilerek ortama 2 gr perlit ilave edildi (body aid).

Değişik precoat miktarlarında çalışılarak uygun bir pre coat miktarı saptanması yoluna gidildi. Bütün çalışmalarda 100 gr tinkal başına % 0,05 lik 40 ml flokülan çözeltisi ve perfil 1 yardımcı maddesi kullanılmıştır.

Deney sonuçları, 1-2-3-4-5-6 nolu tablolarda verilmiştir.



ŞEKİL 3-2

FİLTASYON CİHAZI

TABLO 1

PRECOAT = 0 BODYAID = 2 gr. Perlit / 100 gr. tinkal - $\Delta P = 260 \text{ mmHg}$ SÜZÜNTÜ: Babank

$V(\text{ml})$	ΔV	$\bar{V}$	t_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	Δt_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	Δt_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	t_4	Δt_4	$\frac{\Delta t_4}{\Delta V}$	t_5	Δt_5	$\frac{\Delta t_5}{\Delta V}$
50	50	25	9	9	0.18	8	0.16	9	9	0.18	7	7	0.14	8	8	0.16
100	50	75	19	10	0.2	18	0.2	19	10	0.2	18	11	0.22	16	8	0.16
150	50	125	32	13	0.26	30	0.24	31	12	0.24	29	11	0.22	27	11	0.22
200	50	175	51	19	0.38	47	0.34	49	18	0.36	45	16	0.32	43	14	0.28
250	50	225	77	26	0.52	69	0.44	73	24	0.48	68	23	0.46	66	23	0.46
300	50	275	122	45	0.9	107	0.76	121	48	0.96	106	38	0.76	112	46	0.92
350	50	325	169	47	0.94	149	0.84	169	48	0.96	144	38	0.76	159	47	0.94
Regresyon Katsayı			0.9484		0.94977		0.92534		0.97445		0.91884					
K (Sn/cm ²)			0.0028142		0.0024		0.002928		0.002274		0.0029285					

TABLO 1

PRECOAT = 1.5 gr. perlite / 100 gr. tinalı BODY AID = 2 gr. - $\Delta P = 260 \text{ mm Hg}$ Süzütü : Bulanak

V	t_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	t_4	$\frac{\Delta t_4}{\Delta V}$	t_5	$\frac{\Delta t_5}{\Delta V}$
50	5	0.1	6	0.12	5	0.1	6	0.12	6	0.12
100	14	0.18	16	0.2	15	0.2	16	0.2	17	0.22
150	30	0.32	33	0.34	30	0.3	34	0.36	34	0.34
200	55	0.5	57	0.48	53	0.46	59	0.5	62	0.56
250	87	0.64	90	0.66	82	0.58	92	0.66	95	0.66
300	128	0.82	134	0.88	121	0.78	136	0.88	144	0.96
350	182	1.08	186	1.04	169	0.96	189	1.06	204	1.2

$\bar{r}$	0.99	0.99 225	0.99 247	0.99 337	0.985
K	0.00 32 428	0.00 317 14	0.00 287 14	0.00 32	0.00 36 285

TABLO 2

PRECOAT = 2 gr, BOWAID = 2 gr, -AP = 260 mm Hg SÜTÜNTÜ: A2 bulamk

V	t_1	Δt_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	Δt_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	Δt_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	t_4	Δt_4	$\frac{\Delta t_4}{\Delta V}$	t_5	Δt_5	$\frac{\Delta t_5}{\Delta V}$
50	12	12	0.24	11	11	0.22	8	8	0.16	11	11	0.22	9	9	0.18
100	32	20	0.4	31	20	0.4	23	15	0.3	31	20	0.4	26	17	0.34
150	55	23	0.46	53	22	0.44	43	20	0.4	54	23	0.46	49	23	0.46
200	116	61	1.22	93	40	0.8	72	29	0.58	86	32	0.64	94	45	0.9
250	227	111	2.22	160	67	1.34	112	40	0.8	142	56	1.12	155	61	1.22
300	380	153	3.06	250	90	1.8	175	63	1.26	228	86	1.72	239	84	1.68

F	0.9465	0.958	0.9598	0.9358	0.977
K	0.011611	0.00633	0.0041	0.0056228	0.00604

TABLO 3

$$\text{PRECOAT} = 3\text{gr} \quad \text{BODYAID} = 2\text{gr} \quad -\Delta P = 260\text{mm Hg} \quad \text{SÜZÜNTÜ} = \text{Bemak}$$

V	t_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	t_4	$\frac{\Delta t_4}{\Delta V}$	t_5	$\frac{\Delta t_5}{\Delta V}$
50	10	0.2	8	0.16	10	0.2	14	0.28	10	0.2
100	27	0.34	27	0.38	28	0.36	34	0.44	28	0.36
150	44	0.34	47	0.44	47	0.38	56	0.44	49	0.42
200	73	0.58	70	0.46	74	0.54	90	0.68	77	0.56
250	124	1.02	140	1.4	118	0.88	138	0.96	125	0.96
300	198	1.48	207	1.34	175	1.14	190	1.04	196	1.42
350	286	1.76	290	1.66	250	1.5	247	1.14	270	1.48

$\bar{r}$	0.96	0.9354	0.9664	0.98167	0.9644
K	0.005457	0.0053	0.004257	0.158214	0.004642

TABLO 4

PRECOAT = 4 gr. BODY AID = 2 gr. - $\Delta P = 260 \text{ mm Hg}$ SÜZÜNTÜ: Çok berrak

V	t_1	Δt_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	Δt_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	Δt_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	t_4	Δt_4	$\frac{\Delta t_4}{\Delta V}$	t_5	Δt_5	$\frac{\Delta t_5}{\Delta V}$
50	10	10	0.2	10	10	0.2	9	9	0.18	11	11	0.22	11	11	0.22
100	26	16	0.32	24	14	0.28	23	14	0.28	27	16	0.32	25	14	0.28
150	44	18	0.36	41	17	0.34	42	19	0.38	46	19	0.38	46	21	0.42
200	69	25	0.5	67	26	0.52	68	26	0.52	72	26	0.52	70	24	0.48
250	15	46	0.92	99	32	0.64	112	44	0.88	119	47	0.94	115	45	0.9
300	167	52	1.04	152	53	1.06	169	57	1.14	176	57	1.14	177	62	1.24
350	224	57	1.14	213	61	1.22	231	62	1.24	239	63	1.26	238	61	1.22

$\bar{r}$	0.966	0.9623	0.9783	0.97	0.9588
K	0.0034128	0.0035142	0.003857	0.0038	0.003857

TABLO 5

PRECOAT = 5 gr BOOY AID = 2 gr $\Delta P = 260 \text{ mm Hg}$ Süzünü: Çok berrak

V	t_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	t_4	$\frac{\Delta t_4}{\Delta V}$	t_5	$\frac{\Delta t_5}{\Delta V}$
50	8	0.16	9	0.18	8	0.16	7	0.14	8	0.16
100	24	0.32	16	0.32	22	0.28	22	0.13	14	0.28
150	51	0.54	47	0.44	43	0.42	41	0.38	19	0.38
200	85	0.68	73	0.64	74	0.62	73	0.64	29	0.58
250	133	0.96	124	0.9	114	0.8	110	0.74	37	0.74
300	194	1.22	184	1.2	165	1.02	164	1.08	49	0.98
350	272	1.56	246	1.24	230	1.3	228	1.28	62	1.24
$\bar{V}$	0.9913		0.9876		0.99172		0.9869		0.98769	
K	0.0045857		0.003857		0.00377		0.0038142		0.0035744	

TABLO 6

Tablolarda gösterilen deney sonuçlarına göre her bir deney için lineer regresyonla hesaplanan K sabitlerinin aritmetik ortalaması alınmış ve ortalama spesifik kek dirençleri hesaplanmıştır.

20 °C da çözeltinin yoğunluğu piknometre ile, viskozitesi ise Ubbelohde viskozimetresi ile tayin edilmiştir(17).

Deneysel tayinlerde $\rho: 1,026 \text{ gr/cm}^3$
 $\mu: 0,01132 \text{ gr/cm sn (Poise)}$

bulunmuştur.

Filtre kekinin tuttuğu nem bir çok kez yapılan deneylerle yaklaşık % 30 bulunmuştur. Spesifik kek direnci (α), 22 bağıntısından hesaplanmıştır.

$$(-\Delta P): 260 \text{ mm Hg} = 346638,15 \text{ dyn/cm}^2 \quad A: 44,2 \text{ cm}^2$$

$$C = \frac{C_s}{1 - \left[\frac{m_F}{m_c} - 1 \right] \frac{C_s}{\rho}} \quad m_F/m_c = 100/30 \text{ dur.}$$

C_s : Süzülecek karışımda m^3 başına katı madde miktarı olup (8 gr çözünmeyen + perlit miktarı)/ 300 ml çözeltidir.

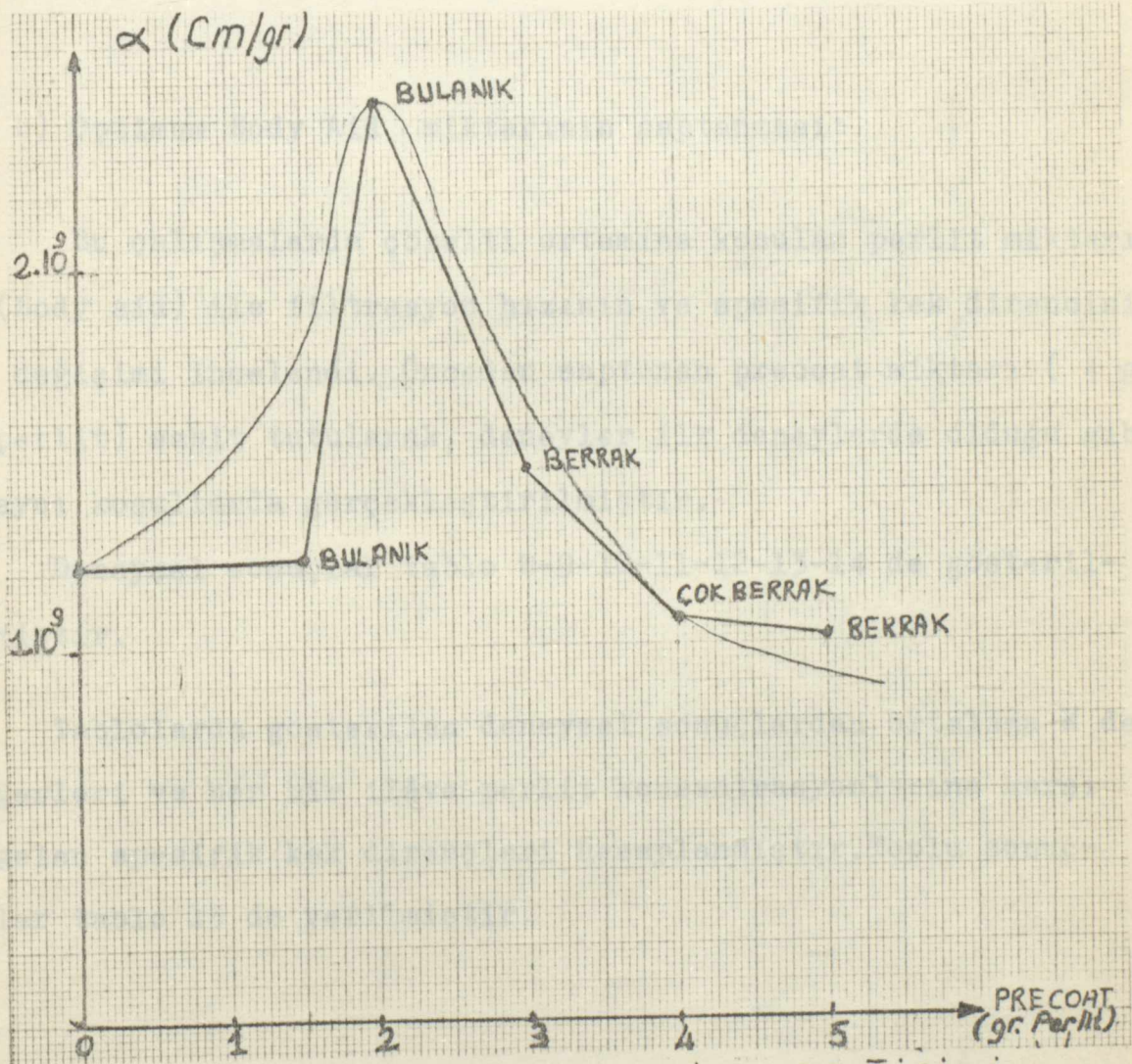
Hesaplanan değerler tablo 7 de verilmiştir.

Grafik 1 de ise ortalama spesifik kek direncinin precort miktarı ile değişimi görülmektedir.

KEK DIRENCİNİN PRECORT İLE DEĞİŞİMİ

PRECOAT (gr. PERLİT)		K.ort. (Sn/cm ⁶)	C (gr.katı/cm ³ çöz.)	α (cm/gr)
(gr.)	(mm.)			
0	0	0.0026684	$129.43 \cdot 10^{-3}$	$1.233 \cdot 10^9$
1.5	1	0.0032228	$155.72 \cdot 10^{-3}$	$1.238 \cdot 10^9$
2	2	0.0067428	$165. \cdot 10^{-3}$	$2.444 \cdot 10^9$
3	3	0.0045571	$184.5 \cdot 10^{-3}$	$1.477 \cdot 10^9$
4	4	0.0036942	$205.38 \cdot 10^{-3}$	$1.076 \cdot 10^9$
5	5	0.00392	$227.645 \cdot 10^{-3}$	$1.03 \cdot 10^9$

TABLO 7



KEK DİRENCİNİN PRECOAT İLE DEĞİŞİMİ

GRAFİK 1

Görüldüğü gibi kek direnci 2 gr perlit için birden artarak bir maksimum yapmakta, sonra sürekli olarak düşmektedir. Deneylerde en uygun sonuçlar 4 gr perlit için alınmıştır. Bu noktada filtrasyon hızı uygun süzüntü görünümü berrak olmaktadır.

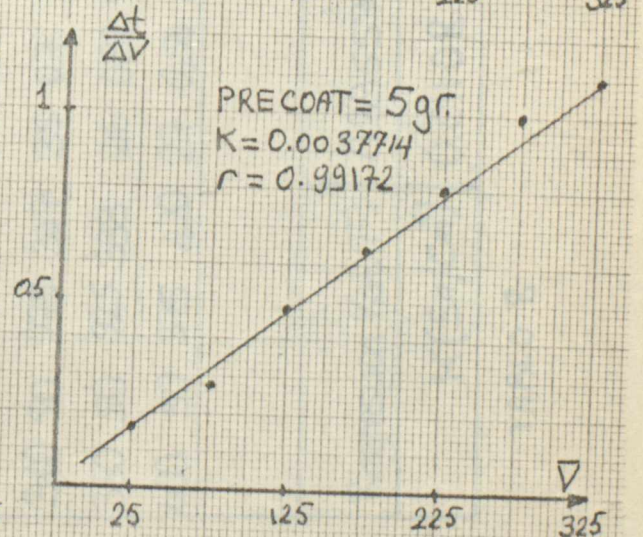
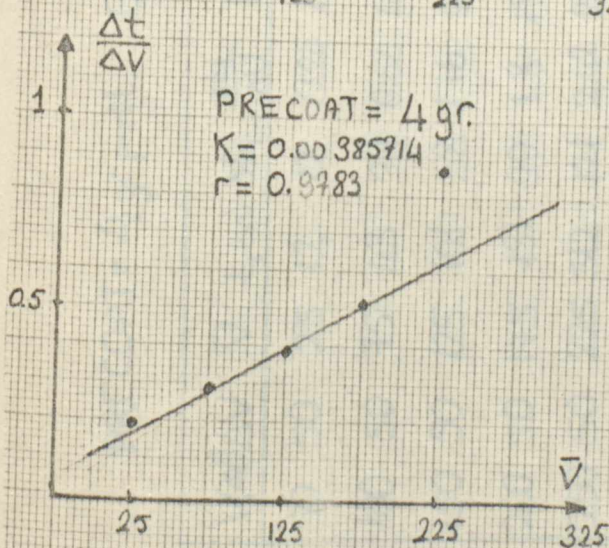
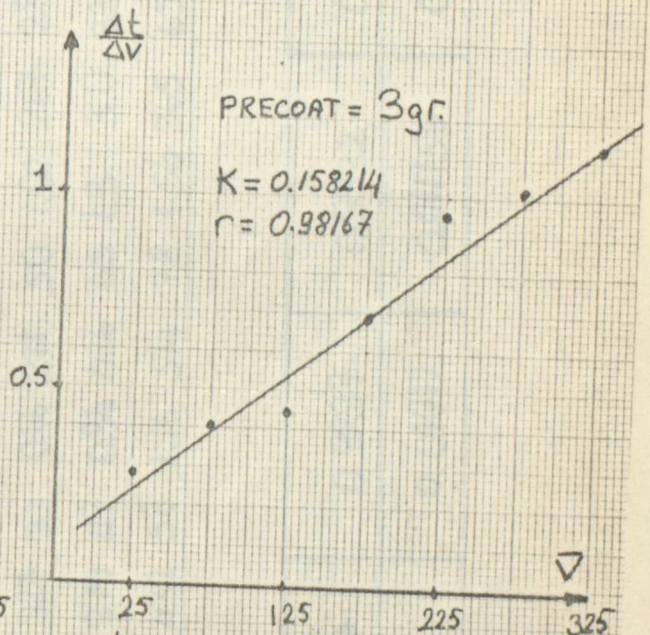
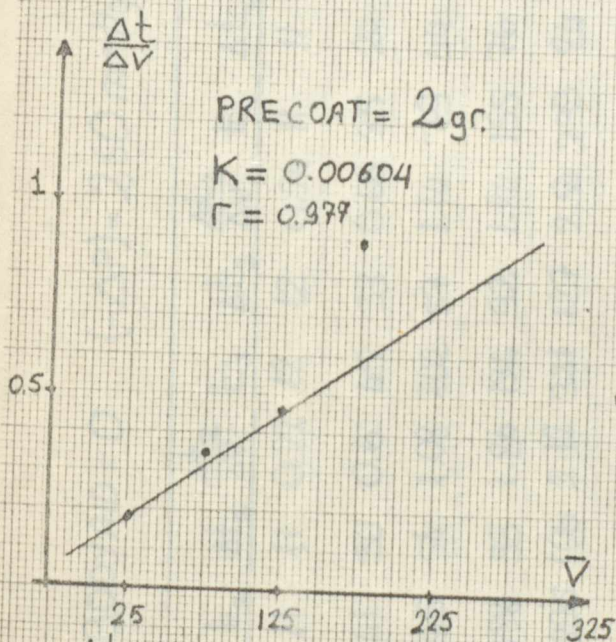
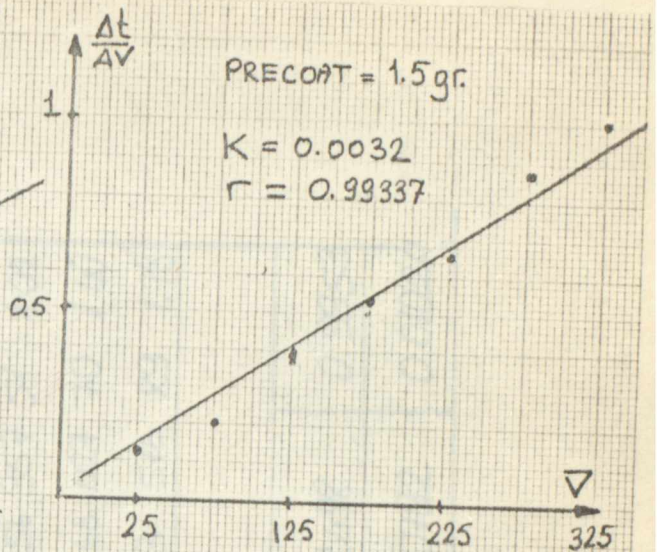
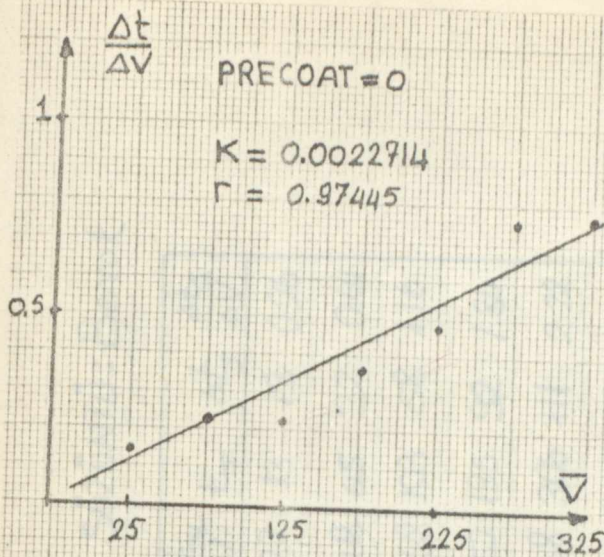
En iyi regresyon katsayısına ait deneysel değerlerin $\bar{V} - \frac{\Delta t}{\Delta V}$ değişimleri grafik 2 de görülmektedir.

b) Optimum Body Aid miktarının saptanması:

Bu çalışmalarda çözelti ortamına konulan perlit miktarı (Body aid) ile filtrasyon hızının ve spesifik kek direncinin değişimi incelendi. Önceden saptanan precoat miktarı (4 gr perlit) sabit tutularak, deneyler ilk deneylerde olduğu gibi aynı koşullarda gerçekleştirilmiştir.

Deneysel sonuçlar tablo 8-9-10-11-12-13-14 de gösterilmiştir.

Tablolarda gösterilen deneysel sonuçlardan ortalama K değerleri ve her bir ilâve perlit konsantrasyonlarına karşı gelen spesifik kek dirençleri hesaplanmıştır. Toplu sonuçlar tablo 15 de verilmiştir.



GRAFIK 2

PRECOAT = 4 gr per lit. BODYAID = 0 $(-\Delta P) = 260 \text{ mm Hg}$ SÜZÜNTÜ: Bernak

$V(\text{ml})/\Delta V$	$\bar{V}$	$t_1(\text{sn})$	Δt_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	Δt_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	Δt_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	t_4	Δt_4	$\frac{\Delta t_4}{\Delta V}$	t_5	Δt_5	$\frac{\Delta t_5}{\Delta V}$	
50	50	25	12	0.24	11	11	0.22	12	12	0.24	11	11	0.22	13	13	0.26	
100	50	75	43	31	0.62	41	30	0.6	45	33	0.66	35	24	0.48	45	32	0.64
150	50	125	101	58	1.16	95	54	1.08	102	57	1.14	79	44	0.88	103	58	1.16
200	50	175	191	90	1.8	188	93	1.86	194	92	1.84	155	76	1.52	195	92	1.84
250	50	225	312	121	2.42	295	106	2.12	321	127	2.54	239	84	1.68	306	111	2.22
300	50	275	347	35	0.7	327	33	0.66	371	50	1.00	267	28	0.56	357	51	1.02
350	50	325	393	46	0.92	374	47	0.94	436	65	1.3	300	33	0.66	427	70	1.40
400	50	375	420	27	0.54	432	58	1.16	514	78	1.56	365	65	1.3	516	89	1.78

Regresyon Kat.($\bar{r}$)	0.99557	0.9897	0.9932	0.98498	0.9953
K(Sn/Cm ⁹)	0.01108	0.01012	0.011156	0.00792	0.01024

TABLO 8

PRECOAT = 4gr. BODY AID = 1gr. $-\Delta P = 260 \text{ mmHg}$ SÜZÜNTÜ : Bernak

V	t_1	Δt_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	Δt_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	Δt_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	t_4	Δt_4	$\frac{\Delta t_4}{\Delta V}$	t_5	Δt_5	$\frac{\Delta t_5}{\Delta V}$
50	13	13	0.26	13	13	0.26	13	13	0.26	14	14	0.28	13	13	0.26
100	42	29	0.58	41	28	0.56	42	29	0.58	42	28	0.56	42	29	0.58
150	89	47	0.94	88	47	0.94	91	49	0.98	92	50	1.00	92	50	1.00
200	167	78	1.56	159	71	1.42	169	78	1.56	164	72	1.44	162	70	1.4
250	272	105	2.1	260	101	2.02	261	92	1.84	262	98	1.96	261	99	1.98
300	368	96	1.92	373	113	2.26	380	119	2.38	384	122	2.44	388	127	2.54
350	513	145	2.9	494	121	2.42	519	139	2.78	521	137	2.74	518	130	2.6

$\bar{r}$	0.97559	0.9895	0.9976	0.99728	0.99137
K	0.0084	0.00782	0.0085857	0.0086428	0.0085142

TABLO 9

PRECOAT = 4 gr. BODYAID = 3 gr. $-\Delta P = 260 \text{ mm Hg}$ SÜZÜNTÜ: Berrak

V	t_1	Δt_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	Δt_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	Δt_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	t_4	Δt_4	$\frac{\Delta t_4}{\Delta V}$	t_5	Δt_5	$\frac{\Delta t_5}{\Delta V}$
50	12	12	0.24	12	12	0.24	9	9	0.18	10	10	0.2	10	10	0.2
100	38	26	0.58	37	25	0.5	31	22	0.11	34	24	0.48	33	23	0.46
150	77	39	0.78	71	34	0.68	61	30	0.6	68	34	0.68	65	32	0.64
200	125	48	0.96	118	47	0.94	103	42	0.84	112	44	0.88	109	44	0.88
250	192	67	1.34	171	53	1.06	155	52	1.04	171	59	1.18	161	52	1.04
300	272	80	1.6	239	68	1.36	225	70	1.4	241	70	1.4	234	73	1.46
350	355	83	1.66	324	85	1.7	311	86	1.72	334	93	1.86	317	83	1.66

$\bar{r}$	0.992	0.99388	0.99298	0.992	0.99383
K	0.0049857	0.0046285	0.0049857	0.0052985	0.0048128

TABLO 10

PRECOAT = 4 gr. BODYAID = 4 gr. - $\Delta P = 260 \text{ mmHg}$ SÜZÜNTÜ: Berak

V	t_1	Δt_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	Δt_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	Δt_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	t_4	Δt_4	$\frac{\Delta t_4}{\Delta V}$	t_5	Δt_5	$\frac{\Delta t_5}{\Delta V}$
50	13	13	0.26	13	13	0.26	12	12	0.24	12	12	0.24	12	12	0.24
100	37	24	0.48	34	21	0.42	32	20	0.40	33	21	0.42	35	20	0.40
150	66	29	0.58	61	27	0.54	60	28	0.56	61	28	0.56	58	26	0.52
200	102	36	0.72	95	34	0.68	95	35	0.70	94	33	0.66	89	31	0.62
250	145	43	0.86	131	36	0.72	132	37	0.74	132	38	0.76	125	36	0.72
300	194	49	0.98	184	53	1.06	182	50	1.00	182	50	1.00	173	48	0.96
350	253	59	1.18	238	54	1.08	240	58	1.16	237	55	1.10	226	58	1.06
400	321	68	1.36	304	66	1.32	307	67	1.34	302	65	1.30	285	59	1.18

$\bar{r}$	0.9964	0.98669	0.99338	0.995	0.99536
K	0.0079857	0.0029333	0.0030619	0.0029112	0.0026904

TABLO 11

PRECOAT = 4gr. BODY AID = 5gr. $-\Delta P = 260 \text{ mmHg}$ Süzünü: Çok benek

V	t_1	Δt_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	Δt_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	Δt_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	t_4	Δt_4	$\frac{\Delta t_4}{\Delta V}$	t_5	Δt_5	$\frac{\Delta t_5}{\Delta V}$
50	11	11	0.22	11	11	0.22	10	10	0.20	11	11	0.22	9	9	0.18
100	35	24	0.08	32	21	0.02	29	19	0.38	30	19	0.38	25	16	0.32
150	62	27	0.54	54	22	0.04	49	20	0.40	52	22	0.44	47	22	0.44
200	93	31	0.62	84	30	0.60	79	30	0.60	81	29	0.58	69	22	0.44
250	128	35	0.70	117	23	0.66	110	31	0.62	114	33	0.66	102	33	0.66
300	172	44	0.88	157	40	0.80	146	36	0.72	152	38	0.76	134	32	0.64
350	218	46	0.92	201	44	0.88	190	44	0.88	198	46	0.92	170	36	0.72
400	275	57	1.14	252	51	1.02	241	51	1.02	250	52	1.04	218	48	0.96

$\bar{r}$	0.98336	0.99271	0.98839	0.99622	0.973
K	0.0023190	0.0021523	0.0021952	0.0022571	0.009714

TABLO 12

PRECOAT = 4 gr. BODYAID = 7 gr. $(-\Delta P) = 260 \text{ mm Hg}$ SÜZÜNTÜ: Bernak

V	t_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	t_4	$\frac{\Delta t_4}{\Delta V}$	t_5	$\frac{\Delta t_5}{\Delta V}$
50	8	0.16	8	0.16	6	0.12	7	0.14	7	0.14
100	20	0.24	22	0.28	18	0.24	17	0.2	17	0.2
150	38	0.36	40	0.36	32	0.28	28	0.22	27	0.2
200	60	0.44	63	0.46	49	0.34	43	0.28	42	0.3
250	83	0.46	91	0.56	71	0.44	63	0.4	59	0.34
300	113	0.6	123	0.64	95	0.48	88	0.5	80	0.42
350	147	0.68	161	0.76	123	0.56	113	0.5	104	0.48
400	183	0.72	204	0.86	155	0.64	143	0.6	132	0.56
Σ	0.9925		0.9999		0.995		0.9843		0.98938	
K	0.0016333		0.0019619		0.0014142		0.0013523		0.0012	

TABLO 13

PRECOAT = 4gr. BODYAID = 9gr. $-\Delta P = 260 \text{ mm Hg}$ Süzünü: Çok berrak

V	t_1	Δt_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	Δt_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	Δt_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$	t_4	Δt_4	$\frac{\Delta t_4}{\Delta V}$	t_5	Δt_5	$\frac{\Delta t_5}{\Delta V}$
50	5	5	0.1	5	5	0.1	5	5	0.1	5	5	0.1	6	6	0.12
100	11	6	0.12	11	6	0.12	12	7	0.14	13	8	0.16	14	8	0.16
150	18	7	0.14	18	7	0.14	21	9	0.18	22	9	0.18	21	7	0.14
200	28	10	0.2	27	9	0.18	30	9	0.18	32	10	0.2	31	10	0.2
250	38	10	0.2	37	10	0.2	40	10	0.22	45	13	0.26	43	12	0.24
300	50	12	0.24	48	11	0.22	51	11	0.22	59	14	0.28	57	14	0.28
350	64	14	0.28	61	13	0.26	65	14	0.28	75	16	0.32	72	15	0.3
400	80	16	0.32	75	14	0.28	81	16	0.32	93	18	0.36	89	17	0.34

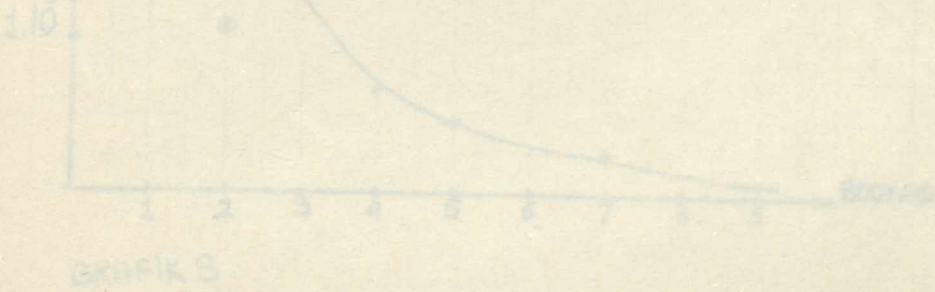
$\bar{r}$	0.9892	0.99613	0.9738	0.9935	0.9803
K	0.00062857	0.00052857	0.00056666	0.00070952	0.000642857

TABLO 14

Deneysel sonuçlara göre ortalama spesifik kek direnci i
ile çözültü ortamına ilâve edilen perlit miktarı arasındaki
ilişki grafik 3 de görülmektedir.

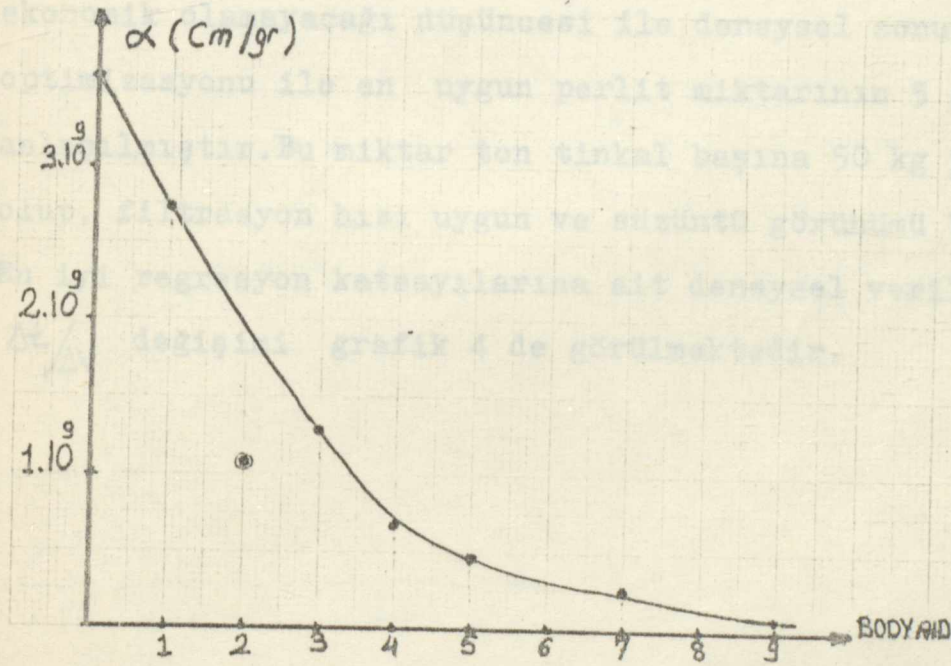
İLAVE PER- LIT (gr)	$K_{(ort)} (Sn/cm^6)$	$C (gr/cm^3)$	$\alpha (cm/gr)$	KEK KA- LİNLİĞİ (mm)
0	0.010184	$165 \cdot 10^{-3}$	$3.6924 \cdot 10^9$	~ 4
1	0.0083927	$184.55 \cdot 10^{-3}$	$2.72051 \cdot 10^9$	~ 5
2	0.0036942	$205.381 \cdot 10^{-3}$	$1.076 \cdot 10^9$	~ 6
3	0.0049341	$227.645 \cdot 10^{-3}$	$1.29665 \cdot 10^9$	~ 7
4	0.0029171	$251.5 \cdot 10^{-3}$	$0.6938 \cdot 10^9$	~ 8
5	0.002179	$277.125 \cdot 10^{-3}$	$0.47062 \cdot 10^9$	~ 9
7	0.0015123	$334.528 \cdot 10^{-3}$	$0.27044 \cdot 10^9$	~ 11
9	0.0006152	$401.925 \cdot 10^{-3}$	$0.09157 \cdot 10^9$	~ 12

TABLO 15



Deneysel sonuçlara göre ortalama spesifik kek direnci 1 ile çözelti ortamına ilâve edilen perlit miktarı arasındaki ilişki grafik 3 de görülmektedir. elirl bir perlit miktarında (9-10-11 gr gibi) kek direnci çok az değişmektedir.

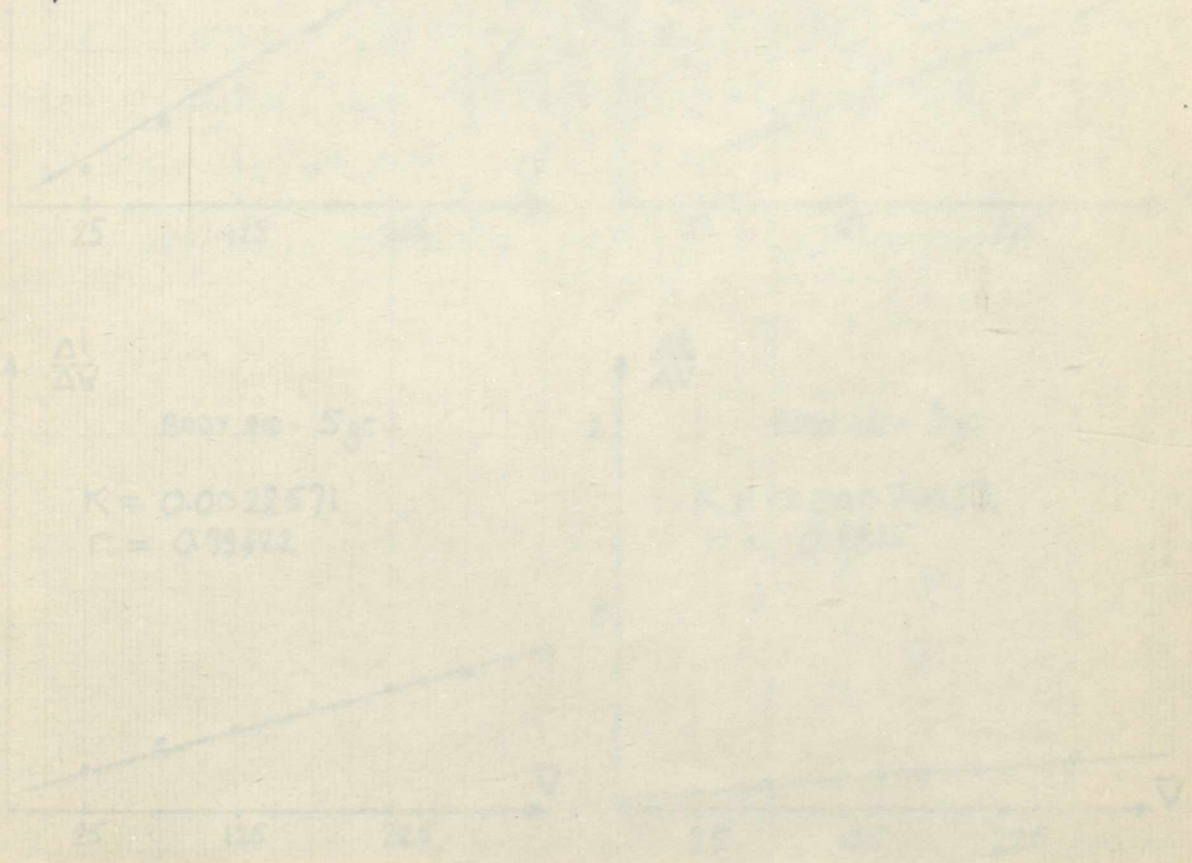
Yapılan çalışmalarda filtrasyon hızının en iyi olduğu body aid miktarının 9 gr perlit olduğu (90 kg perlit/ton tınkal) anlaşılmıştır. Bu noktada elirl görülmüşse çok büyük olmaktadır. Ancak ton tınkal başına 90 kg perlitin

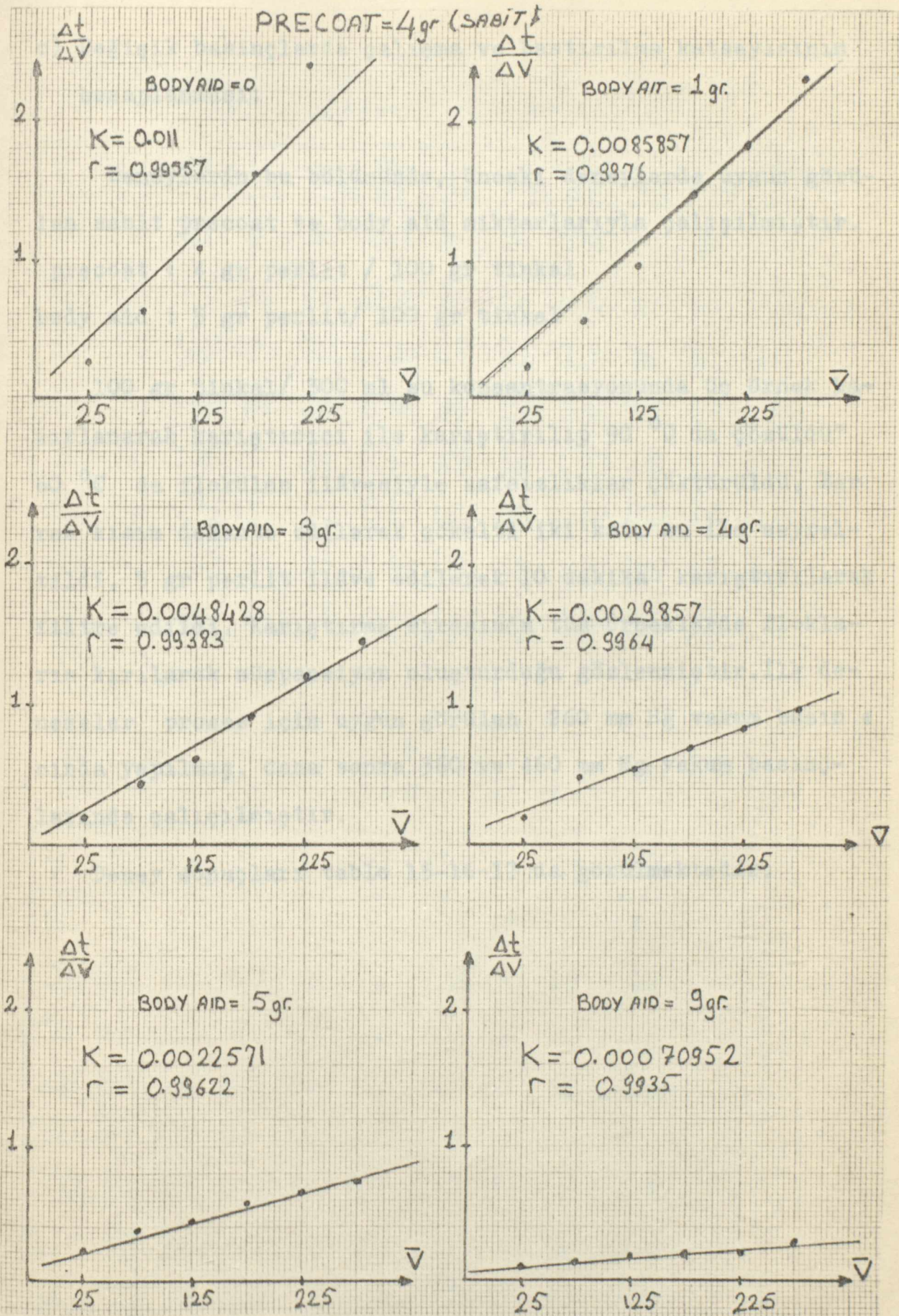


GRAFİK 3

Ortamda perlit yok iken spesifik kek direnci belli bir değer göstermekte ($3,6924 \cdot 10^9 \text{ cm/gr}$), daha sonra ilâve edilen perlitle sürekli düşmektedir. Belirli bir perlit miktarında (9-10-11 gr gibi) kek direnci çok az değişmektedir.

Yapılan çalışmalarda filtrasyon hızının en iyi olduğu body aid miktarının 9 gr perlit olduğu (90 kg perlit/ton tinkal) anlaşılmıştır. Bu noktada süzüntü görünümünde çok berrak olmaktadır. Ancak ton tinkal başına 90 kg perlitin ekonomik olamayacağı düşüncesi ile deneysel sonuçların optimizasyonu ile en uygun perlit miktarının 5 gr olduğu anlaşılmıştır. Bu miktar ton tinkal başına 50 kg perlit olup, filtrasyon hızı uygun ve süzüntü görünümü berraktır. En iyi regresyon katsayılarına ait deneysel verilerin $\bar{V}$ ve $\Delta t / \Delta V$ değişimi grafik 4 de görülmektedir.





GRAFIK 4

c) Değişik basınçlarda çalışma ve bastırılma katsayısının hesaplanması:

Deneylerin bu bölümünde, önceki deneylerde uygun görülen sabit precoat ve body aid miktarlarıyla çalışılmıştır.

precoat : 4 gr perlit / 100 gr tinkal

body aid : 5 gr perlit/ 100 gr tinkal

100 gr tinkal/ 300 ml su konsantrasyonunda üç örnek hazırlanarak karıştırıcı ile karıştırılıp 90 °C da çözöldü? 60 °C da flokülan ilâvesiyle safsızlıklar çöktüröldü. Berak kısım dekante edilerek çökelti iki katı su ile seyreltildi. 5 gr perlit ilâve edilerek 10 dakika karıştırılarak filtre edildi. Karıştırma sırasında tüm örneklerde flokların kırılarak süspansiyon oluşturduğu gözlenmiştir. İlk deneyler proses için uygun görölen 260 mm Hg vakum basıncında yapılmış, daha sonra 360 ve 460 mm Hg vakum basınçlarında çalışılmıştır.

Deney sonuçları tablo 15-16-17 da görölmektedir.

50	8	8	0.16	8	8	0.16	8	8	0.16
100	22	14	0.28	21	13	0.26	22	14	0.28
150	42	20	0.4	41	20	0.4	42	20	0.4
200	67	25	0.5	66	25	0.5	68	26	0.52
250	97	30	0.6	96	30	0.6	98	30	0.6
300	135	38	0.76	137	41	0.82	137	41	0.82
350	171	36	0.72	172	35	0.7	173	36	0.72
400	219	48	0.96	220	48	0.96	221	48	0.96

PRECOAT = 4gr
BODY AID = 5gr

$-\Delta P = 260 \text{ mmHg}$
SÜZÜNTÜ : Çok berrak

KEK : ~ 9mm.

V	ΔV	$\bar{V}$	t_1	Δt_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	Δt_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	Δt_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$
50	50	25	9	9	0.18	9	9	0.18	9	9	0.18
100	50	75	26	17	0.34	25	16	0.32	26	26	0.34
150	50	125	48	22	0.44	47	22	0.44	46	20	0.4
200	50	175	76	28	0.56	74	27	0.54	73	27	0.54
250	50	225	111	35	0.7	110	36	0.72	112	39	0.78
300	50	275	151	40	0.8	153	43	0.86	152	40	0.8
350	50	325	194	43	0.86	196	43	0.86	195	43	0.86
400	50	375	242	48	0.96	245	49	0.98	247	52	1.04

TABLO 15

PRECOAT = 4gr
BODY AID = 5gr

$-\Delta P = 360 \text{ mmHg}$
SÜZÜNTÜ : Çok berrak

KEK : ~ 8mm

V	t_1	Δt_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	Δt_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	Δt_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$
50	8	8	0.16	8	8	0.16	8	8	0.16
100	22	14	0.28	21	13	0.26	22	14	0.28
150	42	20	0.4	41	20	0.4	42	20	0.4
200	67	25	0.5	66	25	0.5	68	26	0.52
250	97	30	0.6	96	30	0.6	98	30	0.6
300	135	38	0.76	137	41	0.82	137	47	0.94
350	171	36	0.72	172	35	0.7	173	36	0.72
400	219	48	0.96	220	48	0.96	221	48	0.96

TABLO 16

PRECOAT= 4gr
BOPYAIT= 5gr

$-\Delta P = 460 \text{ mmHg}$
SÜZÜNTÜ : Çok berrak

KEK: 7mm

V	t_1	Δt_1	$\frac{\Delta t_1}{\Delta V}$	t_2	Δt_2	$\frac{\Delta t_2}{\Delta V}$	t_3	Δt_3	$\frac{\Delta t_3}{\Delta V}$
50	6	6	0.12	6	6	0.12	5	5	0.1
100	17	11	0.22	17	11	0.22	16	11	0.22
150	31	14	0.28	32	15	0.3	31	15	0.3
200	48	17	0.34	50	18	0.36	48	17	0.34
250	69	21	0.42	70	20	0.4	71	23	0.46
300	101	32	0.64	103	33	0.66	102	31	0.62
350	134	33	0.66	136	33	0.66	135	33	0.66
400	175	41	0.82	178	42	0.84	176	41	0.82

TABLO 17

En iyi regresyon katsayısına ait deneysel veriler esas alınarak hesaplanan ve R_m değerleri tablo 18 de toplanmıştır.

TABLO 18

$\Delta P(\text{mmHg})$	$-\Delta P(\text{cmHg})$	$K(\text{Sn/cm}^6)$	$B(\text{Sn/cm}^3)$	$C(\text{gr/cm}^3)$	$\alpha(\text{cm/gr})$	$R_m(\text{cm}^1)$
260	346618.15	0.0022095	0.163	$277.125 \cdot 10^3$	$0.58197 \cdot 10^9$	$2.207 \cdot 10^8$
360	479960	0.002138	0.11988	$277.125 \cdot 10^3$	$0.639 \cdot 10^9$	$2.246 \cdot 10^8$
460	613283	0.00198	0.0438	$277.125 \cdot 10^3$	$0.75658 \cdot 10^9$	$1.049 \cdot 10^8$

Deneysel sonuçlardan görüldüğü gibi vakum arttıkça spesifik kek direnci ve filtrasyon hızı artmaktadır.

5-6-7-8- nolu grafiklerde değişik basınçlarda çalışmalara ait ilişkiler görülmektedir.

Bastırılma katsayısı $\alpha = \alpha_0 (-\Delta P)^S$
bağıntısından hesaplanmıştır.

$$\log \alpha = \log \alpha_0 + S \log (-\Delta P)$$

$$\log \alpha \quad \quad \quad \log (-\Delta P)$$

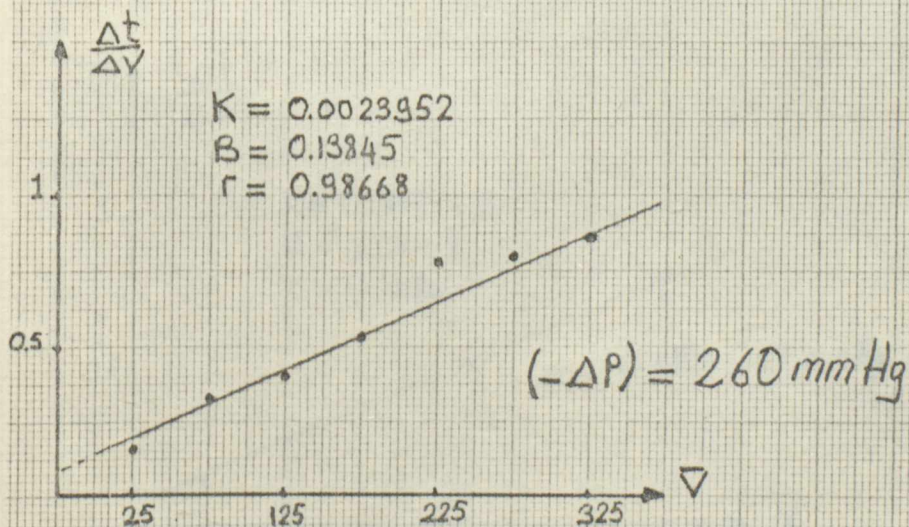
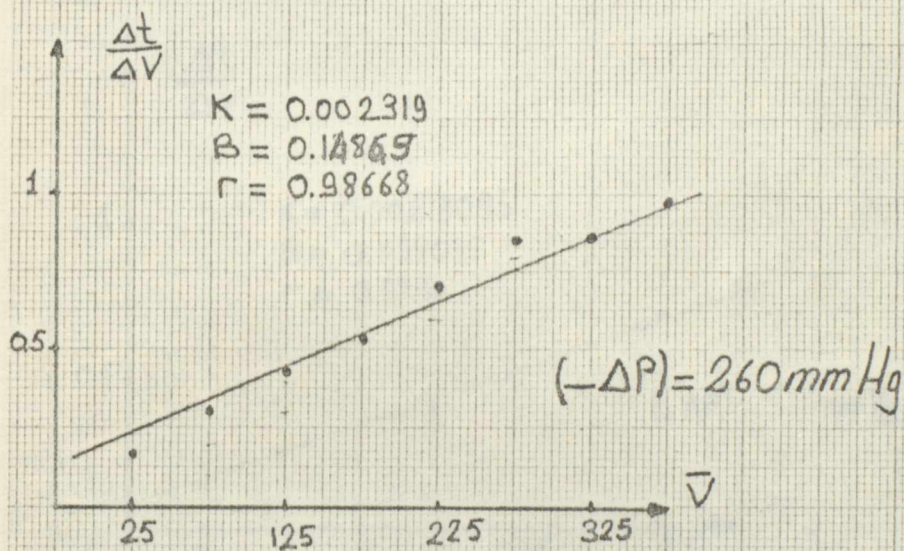
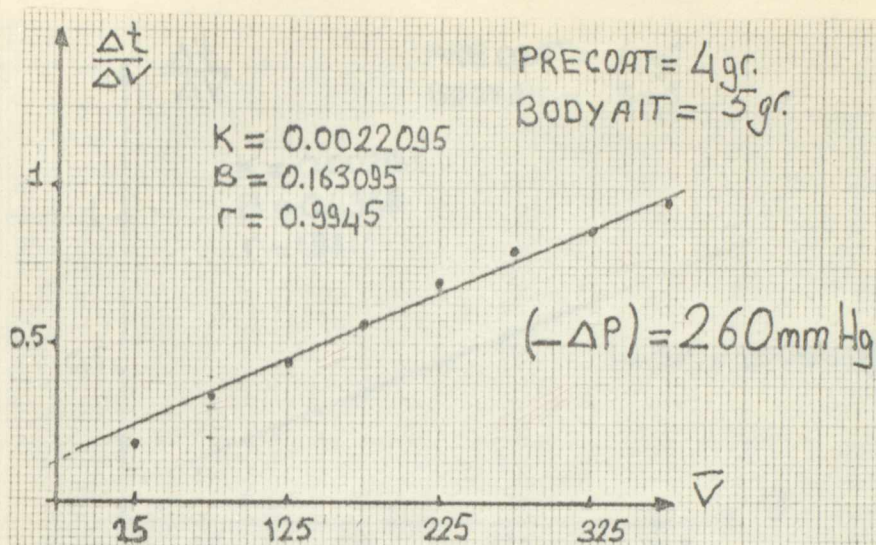
$$8,7649 \quad \quad \quad 5,53987$$

$$8,80553 \quad \quad \quad 5,6812$$

$$8,87885 \quad \quad \quad 5,78766$$

$\log$ ve $\log (-\Delta P)$ arasında çizilen grafik bir doğru olup eğimi (S) değerini ordinatı kestiği nokta $\log \alpha_0$ değerini vermektedir.

lineer regresyonla $S = 0,45$ ve $\alpha_0 = 1,824 \cdot 10^6 \text{ cm/gr}$ bulunmuştur.



GRAFIK 5

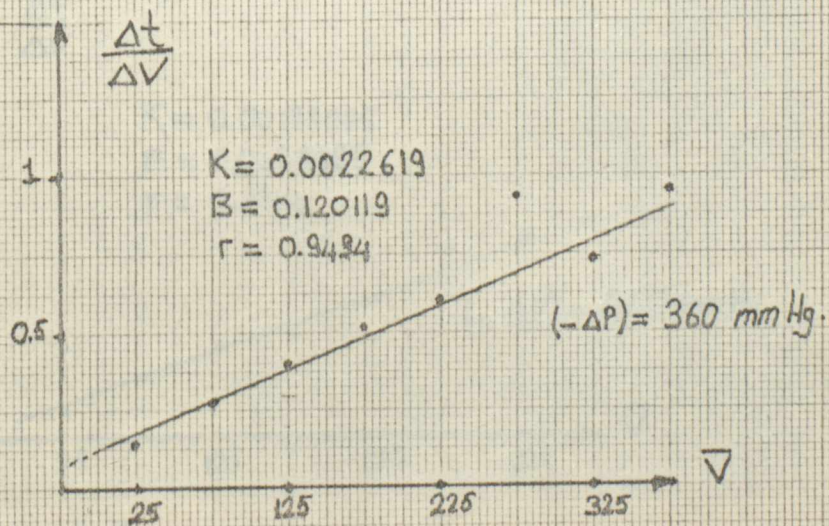
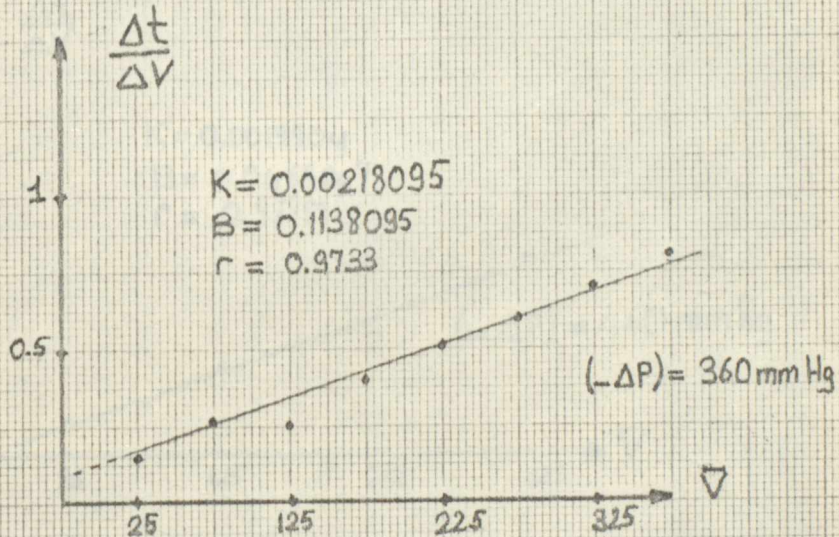
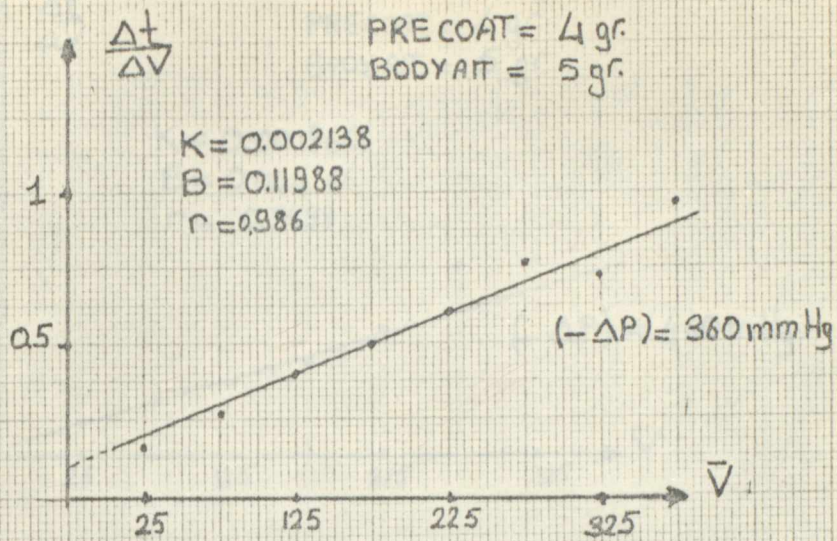
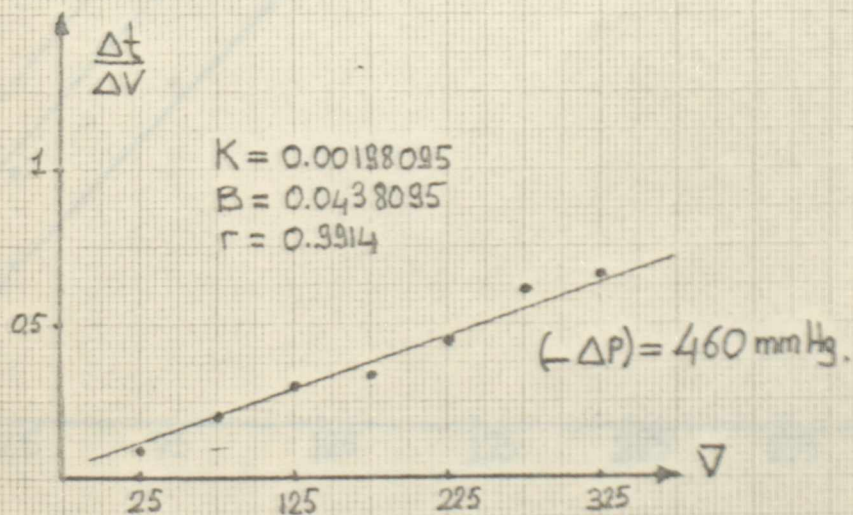
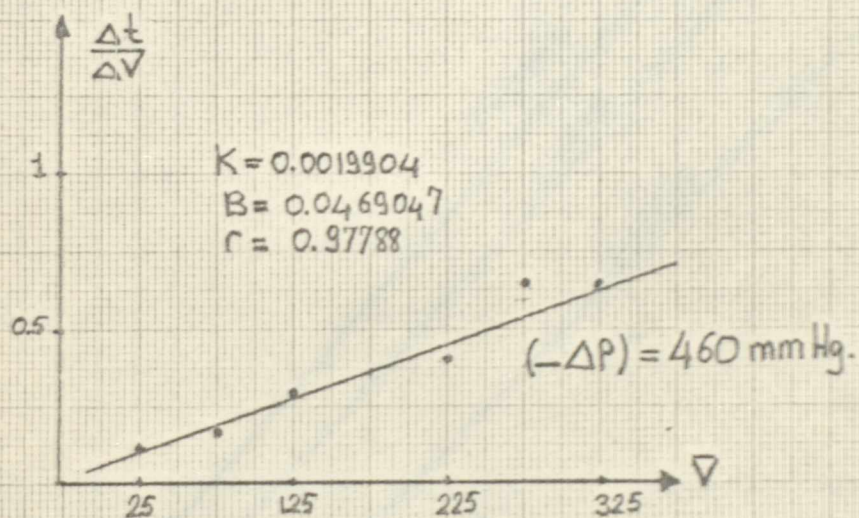
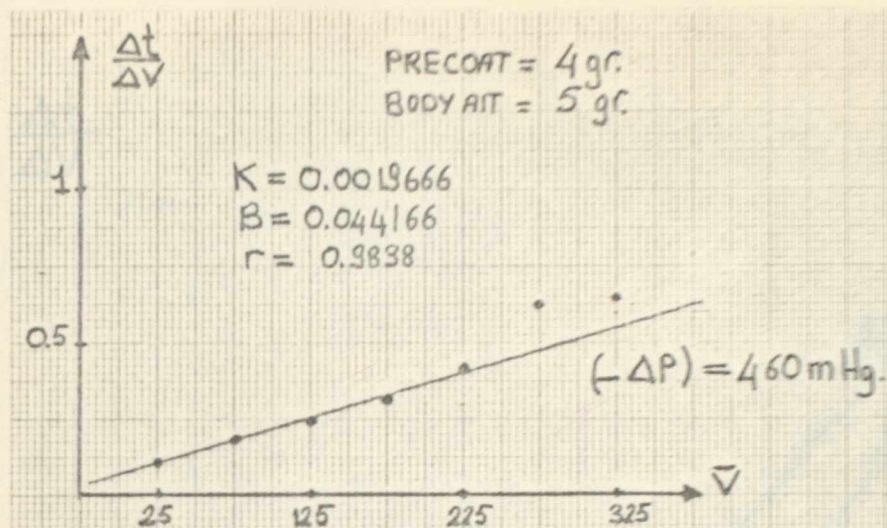
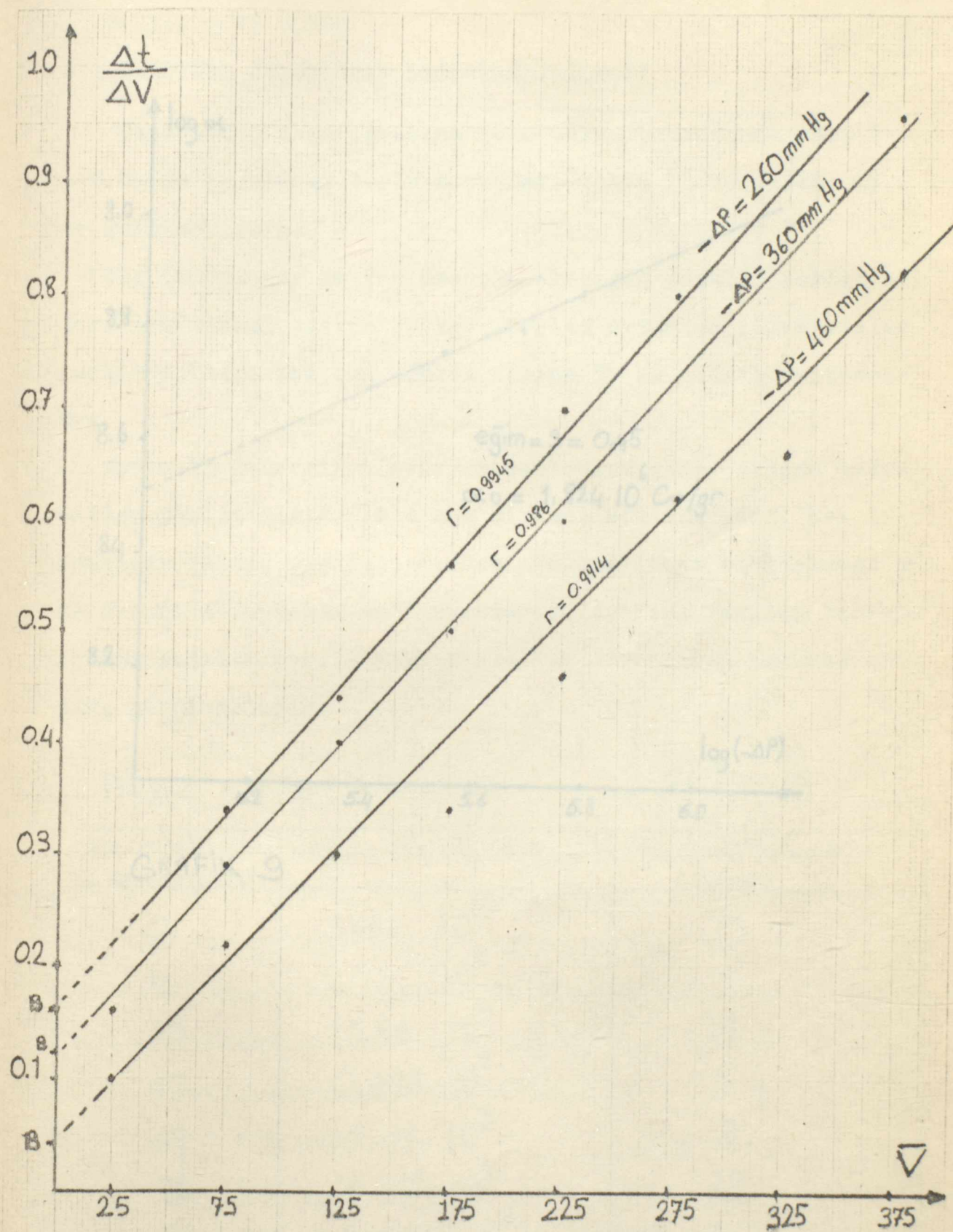


ГРАФИК 6



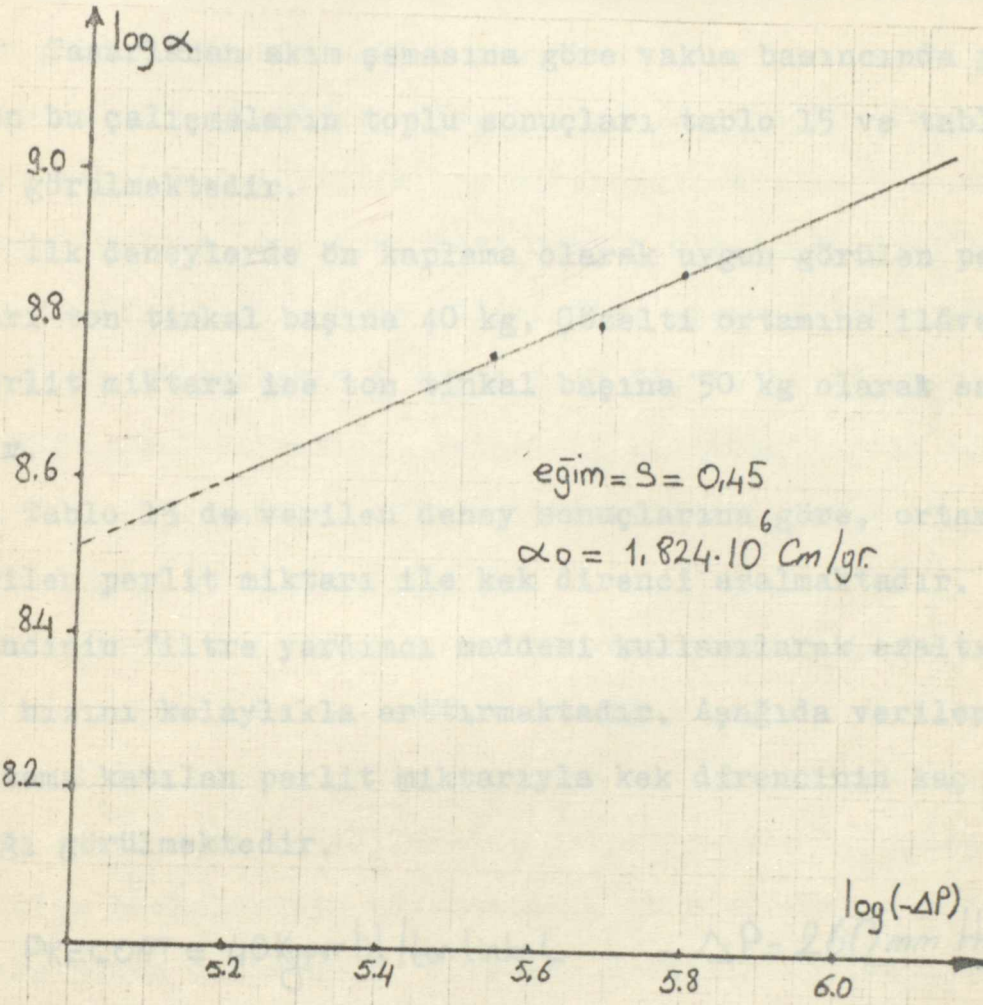
GRAFIK 7



GRAFIK 8

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1 DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ



GRAFİK 9

YAKLAŞIK KİTLE (g)	ÖZGÜ KİTLE (g/cm³)	ÖZGÜ KİTLE (g/cm³)
0	$3,682 \cdot 10^3$	0
10	$2,72 \cdot 10^3$	1
30	$1,296 \cdot 10^3$	3
40	$0,633 \cdot 10^3$	5
50	$0,47 \cdot 10^3$	8
70	$0,27 \cdot 10^3$	13
90	$0,0915 \cdot 10^3$	40

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1 DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tasarlanan akım şemasına göre vakum basıncında yürütülen bu çalışmaların toplu sonuçları tablo 15 ve tablo 18 de görülmektedir.

İlk deneylerde ön kaplama olarak uygun görülen perlit miktarı ton tinkal başına 40 kg, Çözelti ortamına ilâve edilen perlit miktarı ise ton tinkal başına 50 kg olarak saptanmıştır.

Tablo 15 de verilen deney sonuçlarına göre, ortama ilâve edilen perlit miktarı ile kek direnci azalmaktadır. Kek direncinin filtre yardımcı maddesi kullanılarak azaltılması süzme hızını kolaylıkla arttırmaktadır. Aşağıda verilen tabloda ortama katılan perlit miktarıyla kek direncinin kaç kez azaldığı görülmektedir.

$$\text{PRECOAT} = 40 \text{ Kgperlit/ton tinkal} \quad - \Delta P = 260 \text{ mm Hg}$$

İLAVE PERLİT Kg perlit/ton tinkal	SPESİFİK KEK DİRENCİ (Cm/gr)	DİREKTEKİ AZALMA (DEFA)
0	$3,692 \cdot 10^9$	0
10	$2,72 \cdot 10^9$	1
30	$1,296 \cdot 10^9$	3
40	$0,693 \cdot 10^9$	5
50	$0,47 \cdot 10^9$	8
70	$0,27 \cdot 10^9$	13
90	$0,0915 \cdot 10^9$	40

Çözelti basıncı : 260 mm Hg vakum : 34552 Pascal

4.2 ÖNERİLER

Filtre yardımcı maddeleri kullanılmasıyla filtrasyonu zor gibi görünen tinkal konsantresi şlamının tasarlanan akım şemasına göre süzülmesi olanaklı görülmektedir. Perlit katkıının etkisiyle spesifik kek direncinin azalması sonucu süzünme hızı artmış, bor kayıpları mümkün olduğunca azaltılarak daha temiz bir atık elde edilmiştir. Vakum filtrasyonu sürekli çalışan filtrelerin (vakum band filtre ve döner filtre) sanayide kullanılmasına olanak sağladığından tercih edilmektedir. Otomatik basınçlı filtreler yeni gelişmekte olup vakum filtrelerine göre pahalıdırlar.

Tasarlanan yeni akım şemasına göre çözme reaktöründe ton tinkal başına 3 ton su kullanılmasına rağmen çöktürme ünitelerine ilâve edilen suyla prosesin su yükü artmaktadır. Bu ise fazla suyun evapore edilmesini gerektirmekte dolayısı ile bazı ünite hacimlerinin büyümesine , ek masrafların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Proseste üretilen boraks dekahidratın kâr marjı bu masrafları karşılayacak nitelikte görülmektedir. Ancak proses için daha detaylı fizibilite araştırmalarının yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmalarda elde edilen deneysel sonuçlarla 1 ton/saat tinkal konsantresi kullanan bir proses için optimum bir filtre yüzeyi hesaplaması mümkün olmaktadır.

Hammadde : 1 ton tinkal

Flokülan : 200 gr /ton tinkal

Perlit : 90 kg/ton tinkal (40 kg precoat + 50 kg body aid)

Çalışma basıncı : 260 mm Hg vakum : 34662 Pascal

$$A = \frac{V}{t_c} \cdot \left[\frac{C \cdot t_c \cdot \mu \cdot \alpha}{2 \cdot f \cdot (-\Delta P)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$C = 277,125$$

$$C_s = 170$$

$$\frac{V}{t_c} = \left(\frac{3 \text{ m}^3}{3600 \text{ sn}} \right) \left(\frac{170}{277,125} \right) = 5,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\alpha = 0,47 \cdot 10^9 \text{ cm/gr} = 0,47 \cdot 10^{10} \text{ m/kg}$$

$$f = \frac{1}{3} \quad t_c = 5 \text{ dak} = 300 \text{ sn}$$

$$A = 5,11 \cdot 10^{-4} \left[\frac{277,125 \cdot 300 \cdot 1,132 \cdot 10^{-3} \cdot 0,47 \cdot 10^{10}}{2 \cdot \left(\frac{1}{3}\right) (34662)} \right]^{\frac{1}{2}} = \underline{\underline{2,235 \text{ m}^2}}$$

Saptanan uygun filtrasyon koşullarına göre hesaplanan filtre yüzeyi tolerans sınırları içerisinde 2-2,5 m² kadar olmaktadır. Bu sanayi için uygun bir filtre yüzeyidir.

Sonuç olarak tinkal konsantresi şlamının filtrasyonunda sanayi ve bilimsel açıdan yeni bulgular elde edilmiştir. zor gibi görünen filtrasyon işleminin olanaklı olduğunu gösteren bu çalışmaların ülkemiz ekonomisine az da olsa katkılarda bulunacağını umarım.

12) Çataltepe, İ., Kimya Mühendisliğine Giriş cilt 2, çeviri,

sayfa 693-694, İnkılâp-Aka Kitabevi, İstanbul 1973

13) Orr, G., Filtration, sayfa 236-242, New York 1977.

KAYNAKLAR.

- 1) Emir,B.D.,Tolun,R., Tinkal Konsantresinden Borik Asit ve Sodyum Sülfat Üretimi,TÜBİTAK, 0718017801 Kocaeli, mart 1979.
- 2) Mc Cabe,W.L., Smith,J.C., Unit Operations of Chemical Engineering, sayfa 157-162, Tokyo, Kogakusha 1967.
- 3) Mc Cabe,W.L.,Smith,J.C., Unit Operations of Chemical Engineering, sayfa 86-92 , Tokyo, Kogakusha 1967
- 4) Saydam,T., Akışkanların Gözenekli Ortamdaki Akışı, sayfa 3-11 , İstanbul, Çağlayan Basımevi, 1973
- 5) Emir,B.D., Filtrasyon Teorisine Genel Bakış, TÜBİTAK, Kocaeli, ocak 1976.
- 6) Mc Cabe,W.L.,Smith,J.C., Unit Operations of Chemical Engineering, Sayfa 891-904, Kogakusha 1967.
- 7) Terem,H.N., Anorganik Sıvı Kimya, sayfa 470-480, İstanbul, Kan Dağıtımcılık , 5. baskı 1984.
- 8) Terem,H.N., Gürgey,İ., Kimya ve Sanayi 44, sayfa 155 1960.
- 9) Orr,C., Filtration (Principles and Practices) , sayfa 214-225, Marcel Dekker Inc. , Newyork 1977.
- 10) Orr,C., Filtration , sayfa 226-231, Newyork, 1977.
- 11) Atak,S., Flotasyon İlkeleri ve Uygulamaları, İstanbul, İ.T.Ü. yayını 1982.
- 12) Çataltaş,İ., Kimya Mühendisliğine Giriş cilt 2, çeviri, sayfa 693-694, İnkılâp-Aka Kitabevi, İstanbul 1973
- 13) Orr,C., Filtration, sayfa 236-242, Newyork 1977.

- 14) Emir, B.D., Balkan, A., Öktem, Ü., Tolun, R., Tinkal Konsantresinden Sülfürik Asit Kullanımı ile Borik Asit ve Sodyum Sülfat Elde Edilmesi Prosesinin Kütle Akımlarının Hesaplanması ve Sistemin Sayısal Simülasyonu, TÜBİTAK MAE, 307-7502 No lu rapor, haziran 1977 .
- 15) Konuray, M., Tinkal Konsantresinin Süzülmesi ve Perlit Katkısının Etkisi, TÜBİTAK, VI. Bilim Kongresi, Mühendislik Araştırma grubu Tebliğleri, İzmir, ekim 1977.
- 16) Evranuz, Ö., Teke, İ., Pabalk Ticaret ve Perlit Sanayi A.Ş. nin Perlitten Elde Ettiği Süzme yardımcı Maddele-ri Üzerine Bir Araştırma, TBİTAK, Proje 2816, ekim 1976.
- 17) Alpar, S.R., Hakdiyen, İ., Bigat, T., Sinai Kimya Analiz Metodları, sayfa 69-71 , İ.Ü. yayını (2127), İstanbul 1976.

" bor 1984 " BİLGİSAYAR PROGRAMINDA KULLANILAN SEMBOLLER

N: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

H: H_2O

K: Çözünmeyen

X: KRİSTALDE $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

S: KRİSTALDE H_2O

Z: ÇÖZELTİDE $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

Y: ÇÖZELTİDE SU

X+S KRİSTAL BORAKS DEKAHİDRAT

V: KRİSTALİZÖRDEN BUHARLAŞAN SU

" bor 1984 " BİLGİSAYAR PROGRAMI

10 REM TİNKAL KONSANTRESİNDEN BORAKS DEKAHİDRAT ÜRETİMİ

20 DIM N(20): DIM H(20) : DIM K(20) : DIM T(20)

30 FOR I: 1 TO 20

40 LET N(I):0 : LET H(I):0 : LET K(I):0 : LET T(I):0

50 NEXT I

60 LET P:0 : LET qq:0

70 READ T(1); H(1) , N(1), K(1), C

80 DATA 1000, 434,58 , 485,41 , 80 , 0,0897

90 LET T(2):T(1)+T(19) : LET H(2):H(1) :

LET N(2):N(1) : LET K(2):0

100 LET N(3): 0 : LET K(3):0 : LET T(3): H(3):200 :LETK(3):0

110 LET T(4): 0,8(T(3)+T(2)-80) : LET H(4):0,8(H(3)+H(2))

LET N(4):0,8 N(2) : LET K(4):0 : LET T(4):H(4)+N(4)

120 LET T(5):H(5)+N(5) : LET H(5): H(2)+H(3)-H(4) :

LET N(5):N(2)-N(4) : LET K(5):80


```
130 LET T(6):H(6):300 : LET N(6):0 : LET K(6):0
140 LET T(7):H(6)+N(6)+H(5)+N(5) : LET N(7):N(5) :
    LET H(7):H(5)+H(6) : LET K(7):80
150 LET N(8):0 : LET K(8):0 : LET T(8):H(8):300
160 LET H(9):0: LET N(9):0 : LET T(9):K(9):80
170 LET T(10):N(10)+H(10) : LET H(10):H(7)+H(8):
    LET N(10):N(7) : LET K(10):0
180 LET T(11): H(4)+N(4)+H(10)+N(10) : LET K(11):0 :
    LET H(11): H(4)+H(10) : LET N(11): N(4)+N(10)
190 LET Y: (0,93067. H(11)-1,24652.N(11))/(1-1,2465.C) :
    LET Z: Y.C : LET X: N(11)-Z :
    LET S:0,895.X : LET V: H(11)-(S+Y)
200 LET T(13):X+Z+S+Y : LET R:0,05.(S+X)/(Y+Z) :
    LET H(14):R.Y : LET N(14):R.Z LET H(15):H(14) :
    LET T(14): (S+X)+H(14)+N(14)
210 LET T(15):H(15) : LET N(15):0 : LETK(15):0
220 LETT(16):N(14)+X+S : LETH(16):0 : LET N(16):N(14)
230 LET T(18):T(13)-T(14) : LET H(7):Y-H(1') :
    LET N(17):Z-N(14) : LET K(17):0
240 LET T(18): T(17)-T(19) : LET H(19):3000 : LET N(19):N(17)
250 LET T(19):H(19)+N(19) : LETK(19):0
260 LET P:P+1 : LET DIF: ABS(T(19)-qq)
270 IF DIF : 0,001 THEN GO TO 290
280 LET qq:T(19) GO TO 90
290 FOR I: 1 TO 19
300 PRINT " BORAKS:" , N(I),"N(",I,")"
310 PRINT "TOPLAM: " ,T(I),"T(",I,")"
320 PRINT "SU: " H(I),"H(",I,")"
330 NEXT I
```


+ SONUÇLARIN YAZDIRILMASI+

AKIM : 1

N(1):485,41

H(1):534,58

K(1):80

T(1) :1000

AKIM : 2

N(2):1007,1388

H(2):3434,58

K(2):80

T(2):4521,7288

AKIM : 3

N(3):0

H(3):200

K(3):0

T(3):200

AKIM: 4

N(4):805,711

H(4):2907,664

K(4):0

T(4):3713,375

AKIM : 5

N(5):201,4278

H(5):726,916

K(5):80

T(5):1008,3457

AKIM: 6

N(6):0

H(5):3000

K(5):0

T(5):3000

AKIM : 7

N(7):201,4278

H(7):3726,916

K(7):80

T(7):4008,3457

AKIM : 8

N(8):0

H(8):300

K(8):0

T(8):300

AKIM: 9

N(9):0

H(9):0

K(9):80

T(9):80

AKIM 10

N(10):201,4278

H(10):4026,916

K(10):0

T(10):4228,3457

AKIM 11

N(11):1007,1388

H(11):6934,58

K(11):0

T(11):7845,7297

AKIM 12

N(12):0

H(12):650,39

K(12):0

T(12):650,39

AKIM 13

N(13):524,983
H(13):5852,655
K(13):0
T(13):7291,323

AKIM 14

N(14):3,76
H(14):41,923
K(14):0
T(14):959,369

AKIM 15

N(15):0
H(15):41,923
K(15):0
T(15):41,923

AKIM 16

N(16):3,76
H(16):0
K(16):0
KRİSTAL:917,4456

AKIM 17

N(17):521,223
H(17):5810-732
K(17):0
T(17):6331,954

AKIM 18

N(18):0
H(18):2810,73
T(18):2810,73
K(18):0

AKIM 19 (ANA SU)

N(19):521,223
H(19):3000
K(19):0
T(19):3521,223

İTERASYON SAYISI : 5

ÖZGEÇMİŞ

— İbrahim Yaka 1958 yılında İznik'te doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İznikte tamamlayarak 1976 yılında istanbul Atatürk Eğitim Enstitüsü fen bölümüne girdi. Burada 2 yıl okuduktan sonra kendi isteği ile ayrılarak 1978 yılında İ.D.M.M.A. Galatasaray Mühendislik Yüksek Okulu Kimya Bölümüne kaydoldu. Öğrenimini 1981-1982 öğretim yılında tamamlayarak, Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünde lisans üstü öğrenimine başladı. Halen mayıs 1983 den beri aynı okulun Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Termodinamik ve Temel işlemler ana bilim dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

