



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Alkali ve tgr. alk. mtl. tuzları
sulu çözelt. çökt.basniç. incl

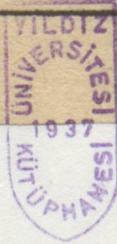
Yüksek Lisans Tezi

Jale Gülen

YILDIZ UNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

R 361 20

Kot :
Alındığı Yer : Fen Bil. Enst.
Tarih : 7/9/1987
Fatura :
Fiatı : 1500Tl.
Ayniyat No : 1/6
Kayıt No : 44883
UDC : 54. 378 242
Ek :



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Comp.

ALKALİ VE TOPRAK ALKALİ METAL
TUZLARI SULU ÇÖZELTİLERİNİN
ÇEŞİTLİ BASINÇLARDA İNCELENMESİ

20

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİM. MÜH. JALE GÜLEN

İSTANBUL 1986

ALKALİ VE TOPRAK ALKALİ METAL
TUZLARI SULU ÇÖZELTİLERİNİN
ÇEŞİTLİ BASINÇLARDA İNCELENMESİ

JÜRİ ÜYELERİ

ÖZET

Bu yüksek lisans tezi çalışmaları için gerekli ve 30 mm izni veren Kimya Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Salih DİNÇER'e, tez çalışmaları sırasında yardımcı olan Doç. Dr. Bedri EMİR'e, tez konusunu öneren ve yöneten Yrd. Doç. Dr. Mehmet FİLİZ'e, sıkıntılı anımda yardıma koşan Yrd. Doç. Dr. Sabriye PİŞKİN'e teşekkür ederim.

Bu arada tez yazımı sırasında yararlandığım kaynakların yazarlarına da büyük bir içtenlikle teşekkür etmek istiyorum.

Ayrıca tez çalışmalarımda yardımcı olan Arş. Gör. Rahmi YILDIRIM'a, bilgisayar programlarında yardımcı olan Mehmet MAHRAMANLIOĞLU, Muzaffer YAŞAR'a, tezi büyük bir dikkat ve itina ile daktilo ve fotokopi eden Cabir ÖMÜR, M. Nedim İŞİN ve Engin DİREN'e teşekkür ediyorum.

Son olarak bana çalışmalarım da daima destek olan anne ve babama da teşekkür etmeyi bir borç biliyorum.

Jale GÜLEN

Ocak, 1986

İÇİNDEKİLER

Ö Z E T

Bu çalışmada çeşitli metal tuzlarının atmosfer basıncı ve vakum altında kaynama noktaları incelenmiştir.

Bunun için 600 mm Hg vakumdan başlayarak ve 50 mm Hg azaltılarak, atmosfer basıncına kadar olan 13 basınç değerinde çözeltilerin kaynama noktaları incelenmiş ve %10, %20, %30, %40 ağırlık yüzdelerinde ki alkali ve toprak alkali metal tuzu sulu çözeltileri ile çalışılmıştır.

Kaynama noktalarına karşılık gelen $P_{\text{çözeltili}}$ buhar basınçlarına Raoult kanunu ve Babo kaidesi uygulanmış ve bulunan sonuçlar tablo ve grafik halinde verilmiştir.

S U M M A R Y

In this study, boiling points of the several metal salts under the atmospheric pressure and vacume have been investigated.

For this purpose, beginning with a pressure of 600 mm Hg. and decreasing 50 mm. Hg after each observation and so down to the atmospheric pressure, on the 13 pressure values, the boiling points of the solutions have been determined. Alkali and earth alkali salt solutions in water with a weight percentage of 10%, 20%, 30%, 40% have been used. Raoult's law and Babo's rule have been applied to the

P_{solution} steam pressures corresponding to the boiling points and the results corresponding to the boiling points and the results obtained have been given in tables and diagrams.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

	Sayfa
2.6.3.3. Duhring Kaidesi	25
2.6.3.4. Cox Grafikleri	25
2.6.4. Çözeltilerin Buhar Basınçlarını Tayin Yöntemleri	27
2.6.4.1. Sıvı - sıvı çözeltiler (Birbiriyle Karışan Sıvı- lar)	27
2.6.4.2. Raoult Kanun'undan Sapmalar ..	28
2.6.4.3. Seyreltik katı - sıvı çözelti hali (Uçucu olma- yan Bileşik)	30
2.6.4.4. Birbirinde Karışmayan Sıvılar	30
2.6.5. Kaynama Noktası Yükselmesinden Yararlanma	31
2.6.6. Babo Kaidesi	33
2.6.7. Duhring Diyagramı	33
2.6.8. Othmer Diyagramı	35
2.7. Fazlar Kaidesi	36
2.7.1. Bir Bileşenli Sistemler	37
2.7.2. İki Bileşenli Sistemler	38
3. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR	39
3.1. Kullanılan Cihazlar	39
3.2. Deneylerin Tanımı	39
3.3. Deneylerden Çıkarılan Bulgular	40
3.3.1. Duhring Diyagramları	40
3.3.2. K - t Diyagramları	56
3.3.3. Δt - t Diyagramları	81
3.3.4. % Raoult Sapma - Sıcaklık Diyagramları	106
3.3.4. % Raoult Sapma - Konsantrasyon Diyagramları	125
3.3.5. % Raoult Sapma - Konsantrasyon Diyagramları	125

3.4. Çok Seyreltik Tuzlar	138
3.4.1. Duhring Diyagramı	138
3.4.2. K - t Diyagramı	139
3.4.3. Δt - t Diyagramı	139
3.4.4. % Raoult Sapma - t Diyagramı	140
3.4.5. % Raoult Sapma - Konsantrasyon Diyagramı	141
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	146
BİLGİSAYAR PROGRAMI	147
KAYNAKLAR	149
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Çözünürlüğe tanecik büyüklüğünün etkisi...	9
Şekil 2. NaCl çözeltisinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen yoğunlukları.....	14
Şekil 3. Yüzey ve iç kısım moleküllerinin çekim durumu.....	16
Şekil 4. Dinamik denge.....	17
Şekil 5. Doyma basıncının maddenin cinsine bağlı oluşu.....	18
Şekil 6. Buhar basıncının sıcaklıkla ilişkisi.....	23
Şekil 7. $\log P^0, (1/T)$ bağıntısı.....	23
Şekil 8. $\ln P'$ 'nin $1/T$ ile değişimi.....	25
Şekil 9. Çeşitli maddelere ait Cox grafiği.....	26
Şekil 10. İdeal hal.....	28
Şekil 11. Raoult kanunundan (-) sapma gösteren hal...	28
Şekil 12. Raoult kanunundan (+) sapma gösteren hal..	29
Şekil 13. NaOH Çözeltilerine ait Dühring eğrileri...	34
Şekil 14. Sülfat asidi çözeltisinin Othmer diyagramı	36
Şekil 15. Suyun P-t diyagramı.....	37
Şekil 16. Deneysel çalışma düzeni.....	39
Şekil 3.3.1.1. NaCl çözeltilerinin Dühring diyagramı	48
Şekil 3.3.1.2. NaNO_3 çözeltilerinin Dühring diyagramı	48
Şekil 3.3.1.3. Na_2CO_3 çözeltilerinin Dühring diyagramı.....	49
Şekil 3.3.1.4. NaHCO_3 çözeltilerinin Dühring diyagramı.....	49

Şekil 3.3.1.5. Na_2SO_4 çözeltilerinin Duhring diyagramı	50
Şekil 3.3.1.6. NaOH çözeltilerinin Duhring diyagramı..	50
Şekil 3.3.1.7. KCl çözeltilerinin Duhring diyagramı...	51
Şekil 3.3.1.8. KNO_3 çözeltilerinin Duhring diyagramı..	51
Şekil 3.3.1.9. K_2CO_3 çözeltilerinin Duhring diyagramı.	52
Şekil 3.3.1.10. Kl çözeltilerinin Duhring diyagramı....	52
Şekil 3.3.1.11. MgCl_2 çözeltilerinin Duhring diyagramı..	53
Şekil 3.3.1.12. $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin Duhring diyagramı.....	53
Şekil 3.3.1.13. CaCl_2 çözeltilerinin Duhring diyagramı.	54
Şekil 3.3.1.14. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin Duhring diyagramı.....	54
Şekil 3.3.1.15. BaCl_2 çözeltilerinin Duhring diyagramı.	55
Şekil 3.3.1.16. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin Duhring diyagramı.....	55
Şekil 3.3.2.1. NaCl çözeltilerinin K-t diyagramı.....	65
Şekil 3.3.2.2. NaNO_3 çözeltilerinin K-t diyagramı.....	66
Şekil 3.3.2.3. Na_2CO_3 çözeltilerinin K-t diyagramı....	67
Şekil 3.3.2.4. NaHCO_3 çözeltilerinin K-t diyagramı....	68
Şekil 3.3.2.5. Na_2SO_4 çözeltilerinin K-t diyagramı....	69
Şekil 3.3.2.6. NaOH çözeltilerinin K-t diyagramı.....	70
Şekil 3.3.2.7. KCl çözeltilerinin K-t diyagramı.....	71
Şekil 3.3.2.8. KNO_3 çözeltilerinin K-t diyagramı.....	72
Şekil 3.3.2.9. K_2CO_3 çözeltilerinin K-t diyagramı.....	73
Şekil 3.3.2.10. Kl çözeltilerinin K-t diyagramı.....	74
Şekil 3.3.2.11. MgCl_2 çözeltilerinin K-t diyagramı.....	75
Şekil 3.3.2.12. $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin K-t diyagramı....	76

Şekil 3.3.2.13.	CaCl_2 çözeltilerinin K-t diyagramı...	77
Şekil 3.3.2.14.	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin K-t diyagramı	78
Şekil 3.3.2.15.	BaCl_2 çözeltilerinin K-t diyagramı...	79
Şekil 3.3.2.16.	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin K-t diyagramı	80
Şekil 3.3.3.1.	NaOH çözeltilerinin Δt -t diyagramları	84
Şekil 3.3.3.2.	KCl çözeltilerinin Δt -t diyagramları.	85
Şekil 3.3.3.3.	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin Δt -t diyagramları.....	86
Şekil 3.3.4.1.	NaCl çözeltilerinin % R. sapma-t diyagramları.....	96
Şekil 3.3.4.2.	NaNO_3 çözeltilerinin % R. sap.-t diyagramı.....	96
Şekil 3.3.4.3.	Na_2CO_3 çözeltilerinin % R. sap.-t diyagramı.....	97
Şekil 3.3.4.4.	NaHCO_3 çözeltilerinin % R. sapma-t diyagramı.....	97
Şekil 3.3.4.5.	Na_2SO_4 çözeltilerinin % R. sap-t diyagramı.....	98
Şekil 3.3.4.6.	NaOH çözeltilerinin %R. sap.-t diyagramı.....	99
Şekil 3.3.4.7.	KCl çözeltilerinin % R.sapma-t diyagramı.....	100
Şekil 3.3.4.8.	KNO_3 çözeltilerinin % R. sapma-t diyagramı.....	100
Şekil 3.3.4.9.	K_2CO_3 çözeltilerinin % R. sapma-t diyagramı.....	101
Şekil 3.3.4.10.	Kl çözeltilerinin % R. sapma-t diyagramı.....	101

Şekil 3.3.4.11. $MgCl_2$ çözeltilerinin % R. sapma-t diyagramı.....	102
Şekil 3.3.4.12. $Mg(NO_3)_2$ çözeltilerinin % R. sapma -t diyagramı.....	103
Şekil 3.3.4.13. $CaCl_2$ çözeltilerinin % R. sapma -t diyagramı.....	103
Şekil 3.3.4.14. $Ca(NO_3)_2$ çözeltilerinin % R. sapma -t diyagramı.....	104
Şekil 3.3.4.15. $BaCl_2$ çözeltilerinin % R. sapma -t diyagramı.....	104
Şekil 3.3.4.16. $Ba(NO_3)_2$ çözeltilerinin % R. sapma -t diyagramı.....	105
Şekil 3.3.4.1. $NaCl$ çözeltilerinin % R. sapma -konsantrasyon diyagramı.....	109
Şekil 3.3.4.2. $NaNO_3$ çözeltilerinin % R. sapma konsantrasyon diyagramı.....	109
Şekil 3.3.5.3. Na_2CO_3 çözeltilerinin % R. sapma konsantrasyon diyagramı.....	110
Şekil 3.3.5.4. $NaHCO_3$ çözeltilerinin % R. sapma - konsantrasyon diyagramı.....	110
Şekil 3.3.5.5. Na_2SO_4 çözeltilerinin % R. sapma- konsantrasyon diyagramı.....	111
Şekil 3.3.5.6. $NaOH$ çözeltilerinin % R. sapma - konsantrasyon diyagramı.....	112
Şekil 3.3.5.7. KCl çözeltilerinin % R. sapma - konsantrasyon diyagramı.....	113
Şekil 3.3.5.8. KNO_3 çözeltilerinin % R. sapma - konsantrasyon diyagramı.....	113
Şekil 3.3.5.9. K_2CO_3 çözeltilerinin % R. sapma - konsantrasyon diyagramı.....	114

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.3.5.10. K1 Çözeltilerinin % R. sapma-konsantrasyon diyagramı.....	114
Şekil 3.3.5.11. $MgCl_2$ çözeltilerinin % R. sapma-konsantrasyon diyagramı.....	115
Şekil 3.3.5.12. $Mg(NO_3)_2$ çözeltilerinin % R. sapma-konsantrasyon diyagramı.....	116
Şekil 3.3.5.13. $CaCl_2$ çözeltilerinin % R. sapma-konsantrasyon diyagramı.....	117
Şekil 3.3.5.14. $Ca(NO_3)_2$ çözeltilerinin % R. sapma-konsantrasyon diyagramı.....	117
Şekil 3.3.5.15. $BaCl_2$ çözeltilerinin % R. sapma-konsantrasyon diyagramı.....	118
Şekil 3.4.1.1. $CaCl_2$ çözeltilerinin Duhring diyagramı.....	123
Şekil 3.4.2.1. $CaCl_2$ çözeltilerinin K-t diyagramı	124
Şekil 3.4.3.1. çözeltilerinin $\Delta t-t$ diyagramları	125
Şekil 3.4.4.1. $CaCl_2$ çözeltilerinin % R. sapma-t diyagramı.....	126
Şekil 3.4.5.1. $CaCl_2$ çözeltilerinin % R. sapma-konsantrasyon diyagramı.....	126

TABLolar LİSTESİ

Tablo: 1	Metal tuzlarının suda sıcaklıkla değişen çözünürlük değerleri	6
Tablo: 2	Suyun buhar basıncının sıcaklıkla değişimi.....	19
Tablo: 3	Çeşitli maddelerin buhar basınçlarının sıcaklıkla değişimi.....	20
Tablo:	Suyun çeşitli basınçlarda kaynama noktası değerleri	41
Tablo: 3.3.1.1	NaCl çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	41
Tablo: 3.3.1.2	NaNO ₃ çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	41
Tablo: 3.3.1.3	Na ₂ CO ₃ çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	42
Tablo: 3.3.1.4	NaHCO ₃ çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	42
Tablo: 3.3.1.5	Na ₂ SO ₄ çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	42
Tablo: 3.3.1.6	NaOH çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	43
Tablo: 3.3.1.7	KCl çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	43
Tablo: 3.3.1.8	KNO ₃ çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	44
Tablo: 3.3.1.9	K ₂ CO ₃ çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	44
Tablo: 3.3.1.10	KI çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	45
Tablo: 3.3.1.11	MgCl ₂ çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	45

	<u>Sayfa</u>
Tablo: 3.3.1.12 $Mg(NO_3)_2$ çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	46
Tablo: 3.3.1.13 $CaCl_2$ çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	46
Tablo: 3.3.1.14 $Ca(NO_3)_2$ çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	47
Tablo: 3.3.1.15 $BaCl_2$ çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	47
Tablo: 3.3.2.1 $NaCl$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	57
Tablo: 3.3.2.2 $NaNO_3$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	57
Tablo: 3.3.2.3 Na_2CO_3 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	58
Tablo: 3.3.2.4 $NaHCO_3$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla K sabitleri	58
Tablo: 3.3.2.5 Na_2SO_4 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	59
Tablo: 3.3.2.6 $NaOH$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	59
Tablo: 3.3.2.7 KCl çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	60
Tablo: 3.3.2.8 KNO_3 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	60
Tablo: 3.3.2.9 K_2CO_3 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	61
Tablo: 3.3.2.10 KI çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	61
Tablo: 3.3.2.11 $MgCl_2$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	62
Tablo: 3.3.2.12 $Mg(NO_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	62

Tablo: 3.3.2.13 CaCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	63
Tablo: 3.3.2.14 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	63
Tablo: 3.3.2.15 BaCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	64
Tablo: 3.3.2.16 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri	64
Tablo: 3.3.3.1 NaOH çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen Δt değerleri	82
Tablo: 3.3.3.2 KCl çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen Δt değerleri	82
Tablo: 3.3.3.3 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltisinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen Δt değerleri	83
Tablo: 3.3.4.1 NaCl çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % R. sap. değerleri ...	88
Tablo: 3.3.4.2. NaN_3 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % R. sap.değerleri.	88
Tablo: 3.3.4.3. Na_2CO_3 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % R. sap.değerleri.	89
Tablo: 3.3.4.4. NaHCO_3 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % R. sap. değerleri .	89
Tablo: 3.3.4.5. Na_2SO_4 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % R. sap. değerleri	90
Tablo: 3.3.4.6. NaOH çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % R. sap. değerleri..	90
Tablo: 3.3.4.7. KCl çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % R. sap. değerleri	91
Tablo: 3.3.4.8. KNO_3 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % R. sap. değerleri...	91

Tablo: 3.3.5.4 NaHCO_3 çözeltilerinin konsantrasyon ve

basınçla değişen % R. sap. değerleri Sayfa 106

Tablo: 3.3.5.5 Na_2SO_4 çözeltilerinin konsantrasyon ve

Tablo: 3.3.4.9 K_2CO_3 çözeltilerinin sıcaklık ve
konsantrasyonla değişen % R. sap.
değerleri 92

Tablo: 3.3.4.10 KI çözeltilerinin sıcaklık ve
konsantrasyonla değişen % R. sapma
değerleri 92

Tablo: 3.3.4.11 MgCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve
konsantrasyonla değişen % R. sap.
değerleri 93

Tablo: 3.3.4.12 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklık
ve konsantrasyonla değişen % R. sapma
değerleri 93

Tablo: 3.3.4.13 CaCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve
konsantrasyonla değişen % R. sap.
değerleri 94

Tablo: 3.3.4.14 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklık
ve konsantrasyonla değişen % R. sap.
değerleri 94

Tablo: 3.3.4.15 BaCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve
konsantrasyonla değişen % R. sap.
değerleri 95

Tablo: 3.3.4.16 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklık
ve konsantrasyonla değişen % R. sap.
değerleri 95

Tablo: 3.3.5.1 NaCl çözeltilerinin konsantrasyon
ve P ile değişen % R. sap. değerleri 106

Tablo: 3.3.5.2 NaNO_3 çözeltilerinin konsantrasyon
ve P ile değişen % R. sap. değerleri 106

Tablo: 3.3.5.3 Na_2CO_3 çözeltilerinin konsantras-
yon ve basınçla değişen % R. sap. değer-
leri 106

Tablo: 3.3.5.4 NaHCO_3 çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri	106
Tablo: 3.3.5.5 Na_2SO_4 çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri	107
Tablo: 3.3.5.6. NaOH çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri	107
Tablo: 3.3.5.7. KCl çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri	107
Tablo: 3.3.5.8. KNO_3 çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri	107
Tablo: 3.3.5.9. K_2CO_3 çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri	107
Tablo: 3.3.5.10 KI çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri	107
Tablo: 3.3.5.11 MgCl_2 çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri	108
Tablo: 3.3.5.12 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri	108
Tablo: 3.3.5.13 CaCl_2 çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri	108
Tablo: 3.3.5.14 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri	108
Tablo: 3.3.5.15 BaCl_2 çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri	108
Tablo: 3.4.1.1 CaCl_2 çözeltilerinin basınçla değişen k.n. değerleri	119
Tablo: 3.4.1.2 CaCl_2 çözeltilerinin basınçla değişen K sabitleri	120
Tablo: 3.4.1.3 CaCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen Δt değerleri	121
Tablo: 3.4.4.1 CaCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % R. sap. değerleri ..	121
Tablo: 3.4.5.1 CaCl_2 çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri	122

I. GİRİŞ

Kimya Mühendisliği son yıllarda büyük gelişme göstermiştir. Bir çok sanayi dallarıyla yakın ilişki içinde bulunan kimya mühendisliğinde ürünlerin üretilmesi, saflaştırılması, birbirinden ayrılması çağımızın hızlı düzeninde çok önem kazanan işlemlerdendir. Maddelerin birbirinden ayrılmasında kaynama noktası, erime noktası, yoğunluk, ısı iletkenlik, viskozite v.s. gibi fiziksel özellikler yaygın olarak kullanılır. Bu fiziksel özellikler arasında maddelerin buhar basınçları ve dolayısıyla kaynama noktaları oldukça önemli bir yer tutar. Çünkü bir çözeltideki maddeleri bileşenlerine ayırmak için kaynama noktaları arasındaki farktan faydalanan damıtma işlemi çok yaygın olarak kullanılan bir ayırma işlemidir.

Bilindiği gibi bazı maddelerin suda veya diğer çözücülerdeki çözünürlükleri sıcaklıkla az değişir. Çözünürlüğü sıcaklıkla değişen maddeler, soğutma işlemi ile kristallendirilerek çözücünden ayırt edilebilir. Fakat çözünürlüğü sıcaklıkla pek değişmeyen maddelerin çözücünden kurtarılması için buharlaştırma işleminin daha ekonomik olacağı bilinen bir gerçektir. Bu durumda, buharlaştırma işleminde, kaynama noktası üzerine basıncın ve konsantrasyonun etkisinin incelenmesi önem kazanmaktadır.

Bugüne kadar bilinen bir çok yöntemle çeşitli sıcaklıklar için çözeltilerin buhar basınçları hesap edilebilmektedir. Bizim çalışmalarımızın bir amacı da çözeltilerin bilinen yöntemlerle hesaplanan buhar basınçları ile deneysel bulunan buhar

basınçları arasındaki sapmaları tesbit etmek ve bu sapmaların nedenleri üzerinde durmak olmuştur. Bunun için alkali ve toprak alkali metallерinin bazı tuzlarının sulu çözeltileri incelenmiş ve kaynama noktaları tespit edilerek, elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

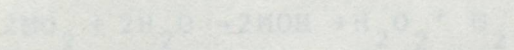
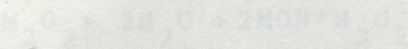
ALKALI METALLERİN ÖZELLİKLERİ (1)

Fiziksel sisteminin 1. grubunda metal olan Hidrojen'den sonra alkali metallер yani Li, Na, K, Rb, Cs, Fr bulunur. Bu elementler dış orbitalinde 1 elektron aktif ederler, ve bu elektronu vererek $+1$ yüklü kation oluşturmaları kolaydır. Elektronlar, çekirdeğe karşı daha fazla çekilirler ve bu nedenle normal atomlara göre daha küçükler. Elemental ve iyon hâzde alkali metallер Li, Na, K, Rb, Cs, Fr'ye gittikçe artar. Bu elementlerin yarıçapları, atom ağırlıkları, alkali metallерin iyonlaşma potansiyelleri, iletkenlikleri, elektropozitifliği ve çözünebilirliği artmaktadır. Alkali metallерin erime ve kaynama noktaları aşağıya doğru indeldikçe azalır. Her alkali metal kendine özel bir gaz elemente en kolayca, güçlü bir şekilde elektronları verir.

Bu elementler çok aktiflerdir, hava ile temas ettilerde tabaka tabaka oksitlenir. Bu ile oksijenin O_2 gazı, hidrojenin suya H_2O gazı, alkali metallер havaya yakıldığında Li_2O , Na_2O , K_2O , Rb_2O , Cs_2O (peroksit) M_2O_2 , K_2O , Rb_2O , Cs_2O (superoksit) M_2O_2 verirler.

ALKALI METALLERİN İYONLAŞMA POTANSİYELERİ

$LiOH$ diğer alkali hidroksitler gibi iyi çözüldür. Peroksit ve superoksitler su ve asitlerle H_2O_2 ve O_2 verirler, yükseltgenirler.

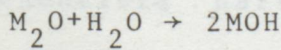


2- MATERYAL VE YÖNTEM

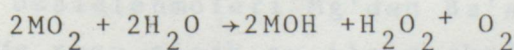
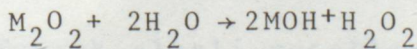
2.1. ALKALİ METALLERİN ÖZELLİKLERİ (1)

Periyotlar sisteminin 1. grubunda ametal olan Hidrojenden sonra alkali metaller yani Li, Na, K, Ru, Cs, Fr bulunur. Bu elementler dış orbitallerinde 1 elektron ihtiva ederler, ve bunu kolaylıkla vererek +1 yüklü katyon oluştururlar. Katyonlarda elektronlar çekirdeğe doğru daha fazla çekilirler ve katyonlar normal atomlardan daha küçüktürler, Elementel ve iyon halde büyüklükler Li'dan Fr'a gittikçe artar. Bu elementlerin yoğunlukları küçüktür. Alkali metallerin iyonizasyon potansiyelleri düşük, düşük elektronegativeli ve çok kuvvetli elektropozitif elementlerdir. Alkali metallerin erime ve kaynama noktaları aşağıya doğru inildikçe azalır. Her alkali metal kendinden evvelki asal gaz sistemine sahiptir, çiftleşmemiş elektronları yoktur.

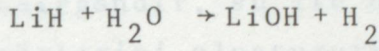
Bu elementler çok aktiftirler, hava ile temasta oksit tabakası ile örtülür. Su ile reaksiyonda H_2 çıkar, hidroksid meydana gelir. Alkali metaller havada yakılınca Li (monoksit) Li_2O , Na, K, Rb, Cs (peroksit) M_2O_2 , K, Rb, Cs (süperoksit) MO_2 verirler.



$LiOH$ dışında diğer hidroksidler suda iyi çözünür. Peroksit ve süperoksitler su ve asitlerle H_2O_2 ve O_2 verirler, yükseltgendirler.



Metallerin kendileri indirgendir, indirgenlik Li'dan Cs'a doğru azalır. Bu metaller Li'dan Cs'a gittikçe azalan kolaylıkla H_2 ile birleşerek tuz yapısında $M^+ H^-$ metal hidrürlerini verirler. Hidrürler su ile reaksiyon verir ve H_2 çıkartır.



Alkali metaller genellikle erimiş tuzlarının hidrolizi ile elde edilir.

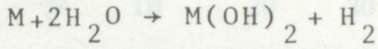
2.2. TOPRAK ALKALİ METALLERİN ÖZELLİKLERİ (1)

Periyodik sistemin 2. grubunda Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra bulunur. Bu elementler hep metal olup, Ca, Sr, Ba'a toprak alkali metalleri denir. Bu 3 element alkali oksid ve hidroksidlerle aynı özellikte olup, oksidleri killi toprakların esasını teşkil eden alüminyum oksidle beraber bulunuşları nedeniyle bu ismi almıştır. Bu grup elementleri en dış kılıflarındaki 2 elektronu vererek +2 yüklü bileşikler teşkil ederler.

Bu grup elementlerine ait atomlar, 1.grup element atomlarından daha küçük, daha yoğun ve daha serttirler. Birinci grup elementlerinden daha az olmakla beraber yine kuvvetli elektropozitifdir, metalik karakteri yüksektir. Yoğunlukları 5'in altında olan elementlere hafif metaller denir. Ra hariç, 1. ve 2. grup elementleri hafif metallerdir.

Bu elementler O_2 içinde yanıp MO oksidlerini, su ile $M(OH)_2$ hidroksidlerini verirler. Bu hidroksidler kuvvetli baz karakterindedir. Bu özellik ve çözünürlükleri Mg'dan Ba'a doğru artar.

Toprak alkali metallerin hepsi gümüş parlaklığındadır, hava da oksidlenmeleri Mg'dan Ba'a doğru kolaylaşır. Ca, Sr, Ba soğuk, Mg tozu sıcak su ile reaksiyon verir.



Atom tartısı arttıkça elektronegative azalır, su ile reaksiyon hızı artar. Ca, Sr, Ba normal şartlarda, Mg basınç altında H_2 ile birleşerek MH_2 hidrürlerini verirler. Bütün hidrürler indirgendir, su ile H_2 verirler. N_2 içinde ısıtılırsa M_3N_2 nitrürlerini oluştururlar. Nitrürler su ile amonyak verir. Uygun sıcaklıkta halojenlerle MX_2 halojenürlerini verirler. Be' da kovalent bağ varken, Ba ve Ra'un halojenli bileşiklerinde iyonik bağ görülür. Kalan metal halojenürleri iyonik bileşiklerdir, suda kolay çözünürler.

2.3. ÇÖZELTİ (2,3)

İki veya daha fazla maddenin tek bir faz oluşturmak üzere meydana getirdikleri homojen karışımlara çözelti denir. Çözeltide miktarca fazla olan bileşene çözücü, miktarca az olan bileşene ise çözünen madde denir. Bir katı maddenin bir sıvı içinde çözünmesi halinde çözücü ve çözünen madde bellidir. Ancak su ve aseton gibi iki sıvıdan oluşan çözeltilerde hangi maddenin çözücü, hangisinin çözünen madde olduğunu ayırmak güçtür. Bir çözeltiyi bileşenlerine ayırmak için bir enerji harcanmasına gerek vardır. İşte bu nedenle çözeltiler adi karışımlardan ayırt edilirler.

Verilen bir sıcaklıkta belli bir çözücü miktarında çözünebilen maksimum madde miktarına söz konusu koşullardaki cismin çözünürlüğü, bir maddenin sabit sıcaklıkta ve doymuş çözeltisindeki iyonları konsantrasyonu çarpımına da çözünürlük çarpımı denir. Belli koşullarda maksimum miktarda madde içeren çözeltiye doymuş çözelti adı verilir. Doymuş çözeltiye göre daha az çözünmüş madde içeren çözeltiye seyreltik çözelti, daha fazla çözünmüş madde içeren çözeltiye doymuş çözelti denir. Bu durum karsız bir haldir. Çünkü çözeltiyi karıştırmak ya da çözünen maddeden ilave etmekle, çözünen madde çöktürülebilir.

Tablo:1 Değişik sıcaklıklarda suda çeşitli metal tuzlarına ait çözünürlük değerleri:(4)

Madde	0°	10°	20°	30°	40°	60°	80°	90°	100°
Na_2CO_3	7.00	12.5	21.5	39.7	49.0	46.0	43.9	43.9	
NaCl	35.7	35.8	35.9	36.1	36.4	37.1	38.0	38.5	39.2
NaOH		98	109	119	129	174			
NaNO_3	73.0	80.8	87.6	94.9	102	122	148		180
Na_2SO_4	4.9	9.1	19.5	40.8	48.8	45.3	43.7	42.7	42.5
NaHCO_3	7.0	8.1	9.6	11.1	12.7	16.0			
K_2CO_3	105	108	111	114	117	127	140	148	156
KCl	28.0	31.2	34.2	37.2	40.1	45.8	51.3	53.9	56.3
KI	128	136	144	153	162	176	192	198	206
KNO_3	13.9	21.2	31.6	45.3	61.3	106	167	203	245
MgCl_2	52.9	53.6	54.6	55.8	57.5	61.0	66.1	69.5	73.3
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	62.1	66.0	69.5	73.6	78.9	78.9	91.6	106	
$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	59.5	64.7	74.5	100	128	137	147	154	159
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	102	115	129	152	191		358		363
$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	4.95	6.67	9.02	11.48	14.1	20.4	27.2		34.4
$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	31.6	33.3	35.7	38.2	40.7	46.4	52.4		58.8

Bu tablo °C olarak belirtilen sıcaklıkta suyun 100 gramında çözünebilen madde miktarını gösteriyor.

Çözeltiler yapı bakımından elektrolit çözeltiler ve elektrolit olmayan çözeltiler olarak ikiye ayrılırlar. Elektrolit olmayan çözeltilerde çözünen madde çözücü içinde molekül şeklinde ve yüksüz tanecikler halinde dağılır. Elektrolit çözeltilerde ise iyonlaşma söz konusu olduğundan tanecik sayısı artar.

Cisimlerin 3 fiziksel hali gözönüne alınırsa teorik olarak 9 tür çözelti düşünülebilir (2).

- | | |
|---------------------------|---|
| 1- Sıvı - sıvı çözeltiler | (Her oranda karışan sıvılar, Su-alkol gibi)
(Kısmen karışan sıvılar, su - fenol gibi)
(Hiç karışmayanlar, su - benzen gibi) |
| 2- Sıvı - katı çözeltiler | (Katı gözeneklerinde sıvı tutulur, absorbe edilir). |
| 3- Sıvı - gaz çözeltiler | (Gaz içinde sıvı tanecikleri dağılır). |
| 4- Katı - sıvı çözeltiler | (sıvı içinde katı dağılır). |
| 5- Katı - katı çözeltiler | (Alaşımlar, bakır içinde çinko gibi). |
| 6- Katı - gaz çözeltiler | (Gaz içinde katı dağılır, duman olayı). |
| 7- Gaz - sıvı çözeltiler | (Sıvı içinde gaz dağılır, köpük olayı). |
| 8- Gaz - katı çözeltiler | (Katı gözeneklerinde gaz tutulur, adsorpsiyon olayı). |
| 9- Gaz - gaz çözeltiler | (Gazların karışması, azot içinde oksijen gibi). |

2.3.1 . ÇÖZÜNÜRLÜK ÜZERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER:

Çözünürlük;

- 1 - Çözünen maddenin türüne,
- 2 - Çözücüye,
- 3 - Sıcaklığa,
- 4 - Basınca bağlıdır.

Sıcaklığın çözünürlüğe etkisi endotermik çözünmelerde sıcaklık artışı ile artar, ekzotermik çözünmelerde ise sıcaklık artışı ile azalır. Çözünürlük üzerine basıncın etkisi özellikle gaz cisimlerde büyüktür. Belli sıcaklıkta bir gazın bir sıvıdaki

çözünürlüğü sıvının üstündeki gazın kısmi basıncı ile orantılıdır. (Henry kanunu , 1803).

Bir cismin çözünürlüğünün sıcaklık ile değişmesi için Van't Hoff denklemi kullanılabilir.

$$\frac{d \ln S}{dT} = - \frac{\Delta H}{RT^2} \quad (1)$$

Bu denklemde S cismin çözünürlüğü, ΔH 'de çözünme ısıdır. ΔH T_1 ile T_2 arasında sabit olarak kabul edilip (1) denklemi integre edilirse,

$$\ln \frac{S_2}{S_1} = - \frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (2)$$

veya 10 tabanına göre

$$\log \frac{S_2}{S_1} = \frac{\Delta H}{4.576} \left(\frac{T_2 - T_1}{T_1 \cdot T_2} \right) \quad (2a)$$

elde edilir. Bu denklemde S_1 , T_1 sıcaklığında, S_2 de T_2 sıcaklığındaki çözünürlüktür. Eğer cismin iki farklı sıcaklıktaki çözünürlüğü belirlenecek olursa (2a) denklemden ΔH çözünme ısı hesaplanabilir. Grafik yolla da çözüm yapılabilir. (2a) denklemi şöyle yazılabilir.

$$\ln S = - \frac{\Delta H}{RT} + I \quad (3)$$

Ordinata $\log S$, apsise $\frac{1}{T}$ değerleri konulacak olursa bir doğru bulunur, bunun eğimi $-\frac{\Delta H}{4.576}$ dır. O halde $\Delta H = -4.576 \times$ eğim eşitliğinden ΔH çözünme ısı bulunabilir..

Polar bir bileşiğin bir çözücünde çözünebilmesi için çözücüsünde polar olması gereklidir. (Benzer benzeri çözer, kuralı). Bazı hal-lerde (asetonun suda çözünmesindeki gibi) hidrojen köprüsü çözünme üzerinde etkili olur.

2.3.2. ÇÖZÜNME HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER (1)

Bir madde ne kadar ince kristalli, ne kadar ince dağılmış bulunursa o kadar çabuk çözünür. Çözündükçe çözünme hızı yavaşlar ve çözelti doyduğu anda sıfır olur. Çözeltiyi karıştırmakla çözünme hızı artar. Sıcaklık artışı da çözünme hızını artırır.

Çözünürlüğe tanecik büyüklüğünün etkisi Gibbs ve Thomson tarafından yapılmış ve bir formül halinde ortaya konmuştur (5).

$$\ln \frac{C_1}{C_2} = \frac{2M\sigma}{RT\rho} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (4)$$

C_1, C_2 : çözünürlük ,

σ : yüzey enerjisi (J/cm^2),

M : mol kütlesi (gr/mol),

r_1, r_2 : tanecik yarıçapı (cm),

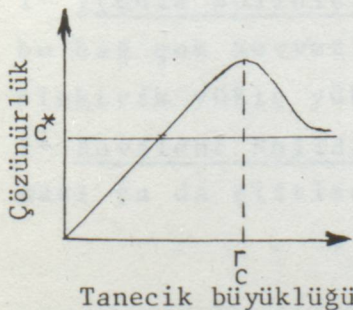
ρ : tanecik yoğunluğu (gr/cm^3),

C^* : Büyük bir taneciğin çözünürlüğü ise,

$$\ln \frac{C_r}{C^*} = \frac{2 M\sigma}{RT\rho r} \quad \text{yazılabilir.} \quad (5)$$

C_r : r yarıçaplı taneciğin çözünürlüğü.

Bu denklem düşük yarıçaplı taneciklerin çözünürlüğünün daha büyük olduğunu göstermektedir. Ancak bu ifade 10^4 a kadar tanecikler için kullanılır.



Çözünürlüğün azaldığı belirli bir çekirdek çapı olup bu çapa kritik çekirdek çapı adı verilir. Bir çekirdek kritik çapa ulaştıktan sonra büyümeye daha eğilimli hale gelir. Belirli bir çapa ulaşmadan çekirdekler kolay çözünürler.

Şekil 1. Çözünürlüğe tanecik büyüklüğünün etkisi

2.3.3. KRİSTAL, KRİSTAL YAPILARI (2)

Katı halde bulunan kimyasal maddeleri bir arada tutan kuvvet Coulomb kanununa göre $F = \frac{k \times Q \times Q'}{r^2}$ şeklinde ifade edilir.

- Q, Q' : Taneciklerin sahip olduğu elektriksel yük,
k : Ortama bağlı bir katsayı, boşlukta = 1 ,
r : Taneler arasındaki mesafe.

Katı maddeler yoğunlaşmış cisimler olarak tanınır. Bunlarda moleküller arasındaki Van der Waals kuvveti gaz ve sıvılara nazaran daha çoktur. Moleküller sadece titreşim hareketi yapabilirler. Katı maddeleri oluşturan yapı taşlarının sıralanışlarına göre ikiye ayrılırlar.

- 1 - Düzenli (kristalin, anizotrop) hal. (özellikler belli doğrultularda aynıdır).
- 2 - Düzensiz (amorf, izotrop) hal. (özellikler bütün doğrultularda aynıdır).

Bir kristal, kristali oluşturan az sayıda yapı taşından kurulmuş bir elementel kristalin üst üste gelmesinden oluşmuştur. 230 kristal tipi, simetri bakımından 32 sınıfa ayrılır. Bunlar da 6 kristal sistemi oluştururlar. Bu sistemler şunlardır;

- | | |
|-------------------------|----------------|
| 1- Kübik, | 4- Monoklinik, |
| 2- Tetragonal, | 5- Triklirik, |
| 3- Ortorombik (rombik), | 6- Hekzagonal. |

Katı maddeler kendilerini oluşturan yapı taşlarının aralarındaki bağ türlerine 4 gruba ayrılır.

- 1- İyonik Solidler: Katı madde yapı taşları iyonlar arasındaki bu bağ çok kuvvetlidir, iletkenidir. Bunlar da taneler (+) , (-) elektrik yüküyle yüklenmiştir.
- 2- Kovalent Solidler: Bu bağ iki atom arasında elektron ortaklaşması ya da çiftleşmesi sonucu oluşur. Kovalent bağ kuvvetlidir.

Bu bağı içeren solidlar kolayca erimez, buharlaşmaz, elektriği fena iletir, iyon içermezler. Bu madde su, alkol gibi polar çözücülerde çözünmez, ama benzen, eter gibi organik çözücülerde çözünürler.

3- Moleküler Solidlar: Bu solidlarda moleküller arasındaki kuvvet Van der Waals kuvvetidir. İyonik ve kovalent solidlara nazaran zayıf olmakla beraber, düşük sıcaklıklarda yoğunlaşma ve donma, yüksek sıcaklıklarda erime ve buharlaşma görülebilir. İyon olmadığından elektriği fena iletirler.

4- Metalik Solidlar: Metaller kristalize cisimlerdir. Çoğu metaller yüzü merkezli küp, gövdesi merkezli küp, hekzagonal sistemlerden birine göre billûrlaşır. X ışınları ile yapılan incelemede her bir atom komşu 6 veya 8 atomla düzgün olarak sarılmıştır. Metalik solidlarda koordinasyon sayısı 8 veya 12'dir.

2.4. SEYRELTİK ÇÖZELTİLER (2)

Bir çözeltideki cisimlerden birinin konsantrasyonu ötekini yanında çok az ise böyle bir çözeltiye seyreltik çözelti denir. Seyreltik çözeltiler bazı kanunlara uyarlar.

- 1- Tonometri (buhar basıncı azalması),
- 2- Ebülyometri (kaynama noktası yükselmesi),
- 3- Kriyometri (donma noktası alçalması),
- 4- Osmotik basınç.

1- Tonometri: Belli bir sıcaklıkta saf çözücünün buhar basıncı (P_0) aynı sıcaklıkta çözeltinin buhar basıncından (P) daha büyüktür. Buhar basıncının bu azalması çözücünün mol kesri ile orantılıdır ve

$$P = x P_0 \quad (6)$$

şeklinde ifade edilir.

2- Ebülyometri: Belli bir sıcaklıkta çözücünün buhar basıncı saf çözeltininkinden daha büyük olduğuna göre, çözücünün kaynama sıcaklığı (T_0) çözeltininkinden (T) daha aşağıdadır.

$$T - T_0 = \Delta T_b \quad \text{ye} \quad (7)$$

kaynama noktası yükselmesi denir.

3- Kriyometri: Bir seyreltik çözeltinin donma noktası çözücününkinden daha aşağıdadır. Aradaki farka donma noktası alçalması denir.

4- Osmotik Basınç: Çözücü moleküllerinin saf çözücüden çözeltiye doğru yarı geçirici zardan geçişini durdurmak için çözelti tarafından uygulanması gereken basınca Osmotik basınç denir. Osmotik basınç kanunları Vant' Hoff kanunları olarak bilinir. Belli bir sıcaklıkta Osmotik basınç çözeltinin konsantrasyonu ve mutlak sıcaklıkla doğru orantılıdır.

$$\pi V = nRT \quad (8)$$

π : Osmotik basınç,
 V : (n) molgram madde içeren çözeltinin hacmi,
 n : molgram sayısı,
 T : Mutlak sıcaklık,
 R : Gaz sabiti.

2.5. KARIŞIM VE ÇÖZELTİ BİLEŞİMLERİNİN BELİRTİLMESİ (6)

W : Sistemin toplam kütlesi,
 W_A, W_B : A ve B bileşenlerinin kütleleri,
 M_A, M_B : A ve B bileşenlerinin molekül veya formül ağırlıkları.
 n_A, n_B : A ve B bileşenlerinin mol oranları,
 V : Belirli basınç ve sıcaklıkta sistemin toplam hacmi.
 V_A, V_B : A ve B bileşenlerinin hacimleri (aynı şartlarda)

Ağırlık yüzdesi: Her bir cismin ağırlık yüzdesi kendi ağırlığını sistemin toplam ağırlığına bölüp, 100 ile çarparak hesaplanır.

$$A \text{ bil. ağı. yüzdesi} = \frac{W_A}{W} \times 100 = \%A \text{ (ağırlık)}$$

Bu şekilde ifade katı ve sıvı sistemlerdedir. Basınç ve sıcaklığın ifadeye etkisi yoktur. Gaz karışımlarında kullanılmaz.

Hacim Yüzdesi: Her bir cismin hacim yüzdesi, kendi hacmini toplam hacme bölüp, 100 ile çarparak hesaplanır.

$$A. \text{ bil. hacim yüzdesi} = \frac{V_A}{V} \times 100 = \%A \text{ (hacim)}$$

Sıvı ve gaz karışımlarında kullanılır, fakat katılar için kullanılmaz.

Mol Oranı ve Mol Yüzdesi: Molekül ya da formül yapısına sahip bileşiklerde mol oranı ve mol yüzdesi, elektrovalen bileşiklerde formül oranı ve formül yüzdesi deyimi kullanılır. Bir bileşene ait mol miktarının toplam mol miktarına oranına eşittir.

$$A \text{ bil. mol oranı } (n_A) = \frac{\frac{W_A}{M_A}}{\frac{W_A}{M_A} + \frac{W_B}{M_B}}$$

$$\text{mol yüzdesi} = \text{mol oranı} \times 100$$

2.5.1. KONSANTRASYON BİRİMLERİ (2,7)

Çözeltinin kantitatif olarak incelenebilmesi için çözeltiyi oluşturan cisimlerin karşılıklı miktarları yani konsantrasyonları bilinmelidir. Konsantrasyon çeşitli şekillerde tanımlanır.

1- Çözeltinin birim hacminde çözünen madde miktarı,

2- Çözücünün birim kütlesinde çözünen madde miktarı.

1- Çözeltinin birim hacminde çözünen madde miktarı.

1.1- Birim hacimde kütle: Bu yöntemde 1 lt. çözeltide çözünen maddenin gram miktarı alınır.

1.2- Molarite (C): 1 lt çözeltide çözünen maddenin molgram sayısına eşittir. $(C = \frac{n}{V})$ Molar konsantrasyon da denilen bu konsantrasyon sıcaklık değişimi ile değişir.

1.3- Normalite (N): 1 lt çözeltide çözölmüş maddenin ekivalangram sayısına eşittir.

1.4- Formalite (F): 1 lt çözeltide çözünen maddenin formölgram tartısı sayısidir.

2- Çözücünün birim kütlesinde çözünen madde miktarı.

2.1. Ağırlıkça yüzde: 100 gr çözücüde çözünen maddenin gram miktarıdır. Örneğin; yüzde 10'luk bir tuz çözeltisi 10 gram tuz, 90 gram su içeren bir çözeltidir.

2.2- Molalite (m): Bir çözeltinin molalitesi, 1000 gram çözücüde çözülmüş maddenin molgram sayısıdır. ($m = \frac{n}{1000}$) Bu sayıya molal denir. Bu konsantrasyon sıcaklığa bağlı değildir.

Kısmi molar konsantrasyon ya da mol kesri (X):

Bir bileşenin kısmi molar konsantrasyonu, bu bileşenin mol sayısının toplam mol sayısına oranıdır. Örneği, 1 ve 2 bileşenleri için kısmi molar konsantrasyon,

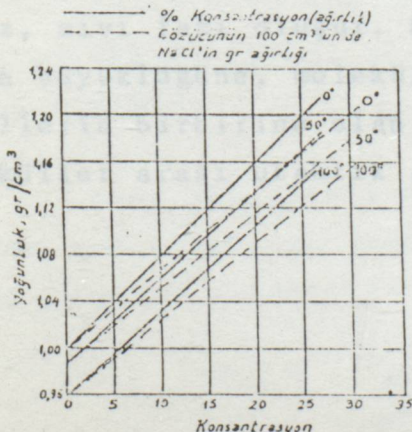
$$X_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} ; X_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} \text{ şeklindedir.}$$

Kısmi molar konsantrasyonların toplamı 1'e eşittir.

2.5.2. YOĞUNLUK VE ÖZGÜL AĞIRLIK (6)

Yoğunluk birim hacmin kütlesidir. gr/cm^3 ; gr/lt veya lb/ft^3 birimlerindedir.

Çözeltilerin yoğunlukları hem konsantrasyonlarına, hem de sıcaklığına bağlıdır. Bu bağıntılar grafik halinde verildiği zaman, bir çözeltinin yoğunluğunu, bilinen bir konsantrasyon ve sıcaklık için kolaylıkla bulabiliriz.



Şekil 2. NaCl çözeltisinin muhtelif temperatur ve konsantrasyonlardaki yoğunlukları.

Bir çözücü ve çözünenen oluşun bir sistemde, belirli bir sıcaklık-taki yoğunluk ve özgül ağırlıklardan faydalanarak çözelti konsantrasyonu bulunabilir. Bu metod özellikle saf çözücü ile çözeltinin yoğunlukları arasında büyük fark olduğu zaman faydalı olur.

Özgöl Ağırlık: Katı ve sıvıların özgöl ağırlıkları, bunlara ait yoğunlukların belirli sıcaklıktaki suyun yoğunluğuna oranına eşittir. Su referans maddesidir. Yoğunluk sıcaklığa bağlı olduğundan, su ve özgöl ağırlığı hesaplanan maddeye ait yoğunlukların hangi sıcaklıkta oldukları oran şeklinde belirtilmelidir.

2.6. BUHARLAŞMA VE BUHAR BASINCI (6,8)

Hammaddelerin ve ürünlerin birbirlerinden ayrılması ve saflaştırılması kimya mühendisliğinin önemli işlemlerinden biridir. En kolay ve tesirli ayırma metotları maddelerin fiziksel özellikleri arasındaki farkdan faydalanan metotlardır. Bunlar arasında en çok kullanılan ise maddelerin buhar basınçları ve dolayısıyla kaynama sıcaklıkları arasındaki farkdan faydalanan damıtma ve buharlaştırma işlemleridir. Damıtma işleminde bir çözeltiyi teşkil eden bileşenlerin buharlaşma faklarından, buharlaştırma işleminde ise çözeltiyi teşkil eden bileşenlerden birinin çok düşük buhar basıncına sahip olmasından faydalanılır.

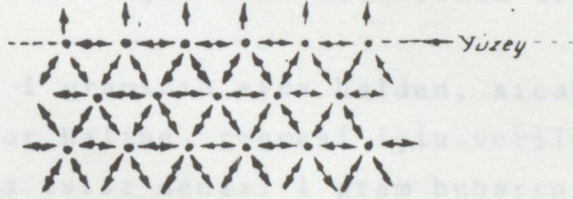
2.6.1. MADDENİN SIVI HALİ, BUHARLAŞMA, BUHAR BASINCI

2.6.1.1. SIVI HAL: (2) Bir gaz soğutulduğunda moleküllerin hızları ve buna bağlı olarak da kinetik enerjileri azalır. Soğutma işlemi esnasında gazın basıncı da arttırılacak olursa moleküller arası çekme kuvveti artar. Moleküller arasındaki soğutma ve sıkıştırılma işlemine devam edilirse, moleküller arası çekme kuvvetinin artışı nedeniyle kinetik enerji çekme kuvvetini yenemez ve eğer kritik noktanın da altında bulunursa yeni bir faz, sıvı fazı oluşur. Moleküller arası çekim kuvveti moleküllerin büyüklüğüne, moleküller arasındaki özel kuvvetlere ve moleküllerin birbirine olan uzaklığına bağlıdır. Bu çekim kuvveti moleküller arası uzaklık azaldıkça artar.

2.6.1.2. BUHARLAŞMA (1,6,8)

Maddenin yapı taşları olan moleküller belirli bir kinetik hızla uzayın 3 yönüne hareket halindedirler. Bu hareket sıvılarda taneciklerin birbiri üzerinden kaymaları, gaz ve buharlarda ise uzayın 3 yönüne doğru uçmaları şeklindedir.

Sıvı halde moleküller arasındaki çekme kuvveti kohezyon kuvvetidir. Sıvı içinde her sıvı molekülünün etrafında diğer moleküller vardır ve bir molekül üzerinde her taraftan yapılan kohezyon çekmeleri birbirlerini yok ederler.



Şekil 3 . Yüzey ve iç kısım moleküllerinin çekim durumu.

Sıvı yüzeyindeki moleküller ise sadece yan ve aşağısındaki moleküller tarafından sıvı içine çekilirler. Yüzeyde ince bir yüzey zarı teşkil eden moleküller kohezyon kuvveti nedeniyle kendini küçültmeye çalışır, bu olay yüzey gerilimidir. Ortamın sıcaklığı yükseltilecek olursa, moleküller daha yüksek bir hareket enerjisine sahip olur. Bu enerji yüzey moleküllerini bir arada tutan çekim kuvvetlerini yendiği zaman, moleküller yoğun olan sıvı fazdan çok daha az yoğun olan buhar fazına geçerler.

Yoğun fazın sıvı veya katı oluşunda olayın meydana gelişi ve sebebi aynıdır, sadece kullanılan terimler farklıdır. Yoğun fazın katı olduğu durumda olaya süblimleşme (naftalinin, CO_2 karının süblimleşmesi gibi), yoğun fazın sıvı olduğu durumda buharlaşma denir.

Aynı sıcaklıkta bütün sıvılar aynı hızla buharlaşmazlar. Eter çok çabuk, su daha yavaş, civa ise çok daha yavaş buharlaşır. Mutlak sıcaklıkla orantılı olan sıvı moleküllerinin hızları

hep aynı değildir, birbirinden çok farklıdır. Yeterli kinetik enerjiye sahip olup sıvı yüzeyine terk eden moleküller, arkalarında bıraktıkları moleküller tarafından çekilerek, hızları yavaşlatılır. Onun için buharın sıcaklığı sıvının sıcaklığının üstüne çıkmaz. Bir sıvı ile buharı arasındaki tek fark tanecikler arasındaki mesafedir. Buharlaşma basıncı kinetik basınç ile kohezyon çekmesi arasındaki farka eşittir. Hızlı moleküller çıkınca kalan moleküllerin hızı azalır ve sıvının sıcaklığı düşer, yakınından ısı alır ve bu ısı bütün sıvı buharlaşmaya kadar sürer. Ele dökülen eterin, eli soğutması bu yüzdendir. Farklı sıvılar için aynı sıcaklıkta buharlaşma hızı aynı değildir, bir sıvının buharlaşma hızı sıcaklıkla artar.

Bir cismin 1 gramının sıvı halden, sıcaklık değişimi olmaksızın, doymuş buhar haline geçmesi için verilmesi gereken ısı miktarına buharlaşma ısısı denir. 1 gram buharın yoğunlaşması ile de aynı miktar ısı açığa çıkar. Buharlaşma ısısı maddenin cinsine göre değişir ve sıcaklığa bağlıdır. Buharlaşma ısısı genellikle sıcaklık artışı ile azalır ve kinetik sıcaklıkta sıfır olur. Buharlaşma ısısı genellikle sıvının kaynama noktasında ölçülür. Örneğin; suyun 100°C 'da buharlaşma ısısı 540 Cal/g veya 9720 Cal/mol 'dür.

2.6.1.3. BUHAR BASINCI

Yoğun faz sıvı ise, yaptığı basınca sıvının o sıcaklıkteki buhar basıncı denir.

Büyük bir kısmı boş olan kapalı bir kapta sıvı, açık kaplarda olduğu gibi buharlaşır, ama burada buhar molekülleri hapsedilmiş durumdadır, dolayısıyla dolaşan moleküllerden bazıları sıvı yüzeyine çarpmaları sonucunda buhar halden sıvı hale geçerler, bu olaya yoğunlaşma denir. Kapalı bir kapta tutulan buhar sabit bir sıcaklıkta ise, sıvı halden buhar hale geçen ve buhar halden sıvı hale geçen molekküller arasında dinamik bir denge meydana gelir.



Şekil 4. Dinamik denge

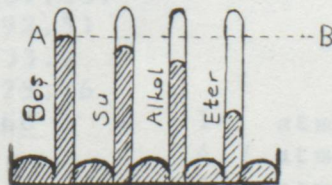
Buhar fazındaki moleküllerin denge konsantrasyonu, sıvı fazın miktarına bağlı değildir. Sıvı yüzeyi (süblimleşmede katı yüzeyi) azalacak veya çoğalacak olursa, buharlaşma ve yoğunlaşma bu durumdan aynı derecede etkilenir ve netice olarak buhar fazındaki moleküllerin sayısında bir değişme olmaz. Sıvı yüzeyi üzerindeki hacim arttırılacak olursa, fazlar arasında yeni bir dinamik denge meydana gelinceye kadar sıvı buharlaşır. Bir sıvının buharlaşması neticesi buharının yaptığı basınç buhar basıncıdır. Her sıvının belirli sıcaklıkta belirli bir buhar basıncı vardır. Sıvısı ile dengede olan buharın basıncına denge buhar basıncı denir.

Kendisini veren likid madde ile dengede olan buhar doymuş buhardır. Buna ait konsantrasyon doymuş konsantrasyonu, basınçta doymuş basıncıdır. Bu basınç sıvının o sıcaklıktaki buharlaşma basıncına eşittir. Konsantrasyonu doymuş konsantrasyonundan az olan buhar doymamış buhardır. Bu halde doymuş haline kadar buharlaşma sürer. Konsantrasyonu ve basıncı doymuş halinden fazla olan buhar aşırı doymuş buhardır. Bu halde de her an yoğunlaşma olabilir.

Doymuş basıncı buharla temasta olan sıvı kütlesine ve sıvı - buhar sisteminin hacmine bağlı değildir.

Sıcaklığın artışı moleküllerin kinetik enerji ve dolayısıyla buhar basıncını arttırır.

Maddenin cinsi de buhar basıncını etkileyen bir faktördür, doymuş basıncı buharlaşan cismin tabiatına bağlıdır. Moleküller arasındaki çekme kuvveti büyük olan maddelerin buhar basınçları, moleküller arasındaki çekme kuvveti küçük olan maddelerin buhar basınçlarından daha azdır. Çünkü bu çekme kuvveti, sıvı moleküllerinin gaz fazına geçmesini zorlaştırır.



Şekil 5. Doymuş basıncının maddenin cinsine bağlı oluşu

Doygunluk basıncının buharlaşan cismin tabiatına bağlı oluşuna dair şöyle bir örnek gösterebiliriz. Bir önceki sayfa-
daki şekilde görüldüğü gibi; 20° C'de içinde su bulunan boru-
daki cıvanın yüksekliği, içinde cıvadan başka bir şey bulunma-
yan borudaki cıvanın AB seviyesinden 17.53 mm eksik, alkollü
boruda 44.0 mm eksik, eterli boruda ise 439.8 mm eksik olacak-
tır.

2.6.2. BUHAR BASINCINA SICAKLIĞIN ETKİSİ (1)

Üstü açık bir kaptaki sıvının buhar basıncı sıcaklık ile
artar ve atmosfer basıncına erişince sıvı kaynar, bu sıcaklık
kaynama sıcaklığıdır. Bir sıvının buhar basıncının 760 mm Hg'ya
eşit olduğu sıcaklığa normal kaynama noktası denir. Normal kayna-
ma noktası suyun 100°C, alkolün 78,3°C, asetonun 56.2°C ve ete-
rin 34.6°C'dir. Yani bu maddelerin bu derecelerdeki buhar basınç-
ları hep 1 atmosfere eşittir. Suyun 20°C sıcaklıktaki buhar basın-
cı 17.535 mm Hg'dır. Saf sıvı kaynadıkça sıcaklık sabit kalır.

Birbiri ile karışmayan iki uçucu maddenin buhar basınçla-
rı toplamı dış basınca eşit olduğu sıcaklıkta her ikisi de kay-
nar. Bu durumun en yaygın uygulaması ise su buharı ile damıtma
işlemleridir.

Tablo:2 Suyun buhar basıncının sıcaklık ile değişimine ait aşağı-
daki tabloyu verebiliriz (9).

<u>t °C</u>	<u>P mm Hg</u>	
-15	1.436	
0	4.579	
20	17.535	
30	31.824	
50	92.51	
70	233.7	
90	525.76	
100	760	= 1 atm.
150		4.7 atm.
200		15.4 atm.
374		218 atm.

Tablo:3 Çeşitli maddelerin buhar basınçlarının sıcaklıkla değişimi

Su		Etil alkol		Aseton		Etil eter	
t °C	mm Hg	t °C	mm Hg	t °C	mm Hg	t °C	mm Hg
0	4.58	0	12.7	20	183	0	184.9
20	17.53	20	44.0	30	282.3	10	290.3
40	55.34	40	133.4	40	420.8	20	439.8
60	149.4	60	350.2	50	615.3	34.6	760
80	355.1	70	541	56.2	760	40	921
100	760	78.3	760	60	860		
110	1074.5						
150	3570.5						

2.6.3. BUHAR BASINCI İLE SICAKLIK ARASINDAKİ BAĞINTILAR (6,8)

Buhar basıncı ile sıcaklık arasında bir bağıntının bulunmasında iki yol takip edilir.

- 1- Birkaç buhar basıncı ve sıcaklığının ölçülmesi ile elde edilen bir kaç veriden yararlanılması. Bu durumda Clasius - Clapeyron eşitliği ve Duhring kaidesi gibi bağıntılardan yararlanılır.
- 2- İncelenmesi istenen sıcaklık aralığında çok sayıda buhar basıncı ve sıcaklık ölçülmesi ve grafiklerinin çizilmesi.

2.6.3.1. CLAPEYRON EŞİTLİĞİ

Teorik bir bağıntı olan Clapeyron eşitliğini ele alalım (3,10,11).

Çeşitli durumlarda kullanılan serbest entalpi fonksiyonunu buharlaşma ve erime gibi iki fazın birarada dengede bulunduğu olaylara uygulayalım. Bunun için, serbest entalpiyi sıcaklık ve basınç değişkenlerine göre ifade eden şu denklem yazılır.

$$dG = Vdp - SdT$$

(9)

Bu denklem saf bir sıvı ile buharının dengede olduğu sisteme uygulanırsa, sıvının ve buharın serbest entalpi değişimleri, sıcaklık ve basınca bağlı olarak,

$$dG_b = V_b dp - S_b dT \quad (10a)$$

$$dG_s = V_s dp - S_s dT \quad (10b)$$

şeklinde yazılabilir. Denge halinde sıvı ve buharın serbest entalpi değişimleri birbirine eşit olur. O halde,

$$V_b dp - S_b dT = V_s dT - S_s dT \quad (11)$$

$$\frac{dp}{dT} = \frac{S_b - S_s}{V_b - V_s} \quad (12)$$

ifadeleri yazılabilir. Buhar ve sıvının entropileri farkı buharlaşma entropisini, hacimler farkı ise, buharlaşma sırasındaki hacim değişimini ifade eder. Bu değerler yerine konulursa,

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta S_{\text{buharlaşma}}}{\Delta V_{\text{buharlaşma}}} \quad (13)$$

ifadesi bulunur. Buharlaşma entropisi buharlaşma entalpisi cinsinden şu şekilde ifade edilebilir.

$$\Delta S_{\text{buharlaşma}} = \frac{\Delta H_{\text{buharlaşma}}}{T} \quad (14)$$

Diğer taraftan sıvı hacmi buhar hacmi yanında ihmal edilecek kadar küçüktür. Bu durum gözönüne alınırsa,

$$\Delta V = V_b - V_s \approx V_b \quad (15)$$

yazılabilir. (14) ve (15) denklemleri (13) de yerine konularak

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_b}{TV_b} \quad (16)$$

clapeyron denklemi elde edilir.

2.6.3.2. CLASIUS - CLAPEYRON DENKLEMİ (2)

Clapeyron denklemi birçok bakımlardan yararlıdır. Örneğin buharlaşma ısısı biliniyorsa buhar basıncının sıcaklık ile değişimi, buhar basıncının sıcaklıkla değişmesi bilindiği takdirde buharlaşma ısısının ne olduğu bulunabilir.

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_b}{T (V_b - V_s)} \quad (17)$$

$\frac{dp}{dT}$: Buhar basıncının sıcaklıkla değişimi,

ΔH_b : T sıcaklığında maddenin molar buharlaşma gizli ısısı,

V_b : Gazın mol hacmi (T sıcaklığında),

V_s : Sıvının mol hacmi (T sıcaklığında).

Bu denklem,

1- $V_b \gg V_s$ olduğu,

2- İdeal gaz kanunlarının uygulanabildiği,

3- ΔH_b 'nin sıcaklığa bağlı olmadığı, yani sabit olduğu (sabit kabul edildiği sıcaklık aralığı için geçerli)

şartlarının kabulü ile integre edilebilir.

Clasius'un (1850) yukardaki şartları kabul etmesiyle Clasius denklemi basitleşmiş ve

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_b}{TV_b} \quad (16)$$

şeklini almıştır. Buhara ideal gaz kanunu uygulanır ve

$V_b = V = \frac{RT}{P}$ alınır (16) denklemi şu biçimi alır.

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_b P}{RT^2} \quad (18)$$

$$\frac{dp}{p dT} = \frac{\Delta H_b}{RT^2} \quad (19)$$

$$\frac{d \ln p}{dT} = \frac{1}{p} \frac{dp}{dT} \quad (19a)$$

eşitliklerinden yararlanılırsa (18) denklemi şu şekli alır.

$$\frac{d \ln p}{dT} = \frac{\Delta H_b}{RT^2} \quad (20)$$

Bu denkleme Clasius - Clapeyron denklemi denir.

Eğer ΔH_b molar buharlaşma ısısı, düşünülen sıcaklık aralığında sabit alınır (20) denkleminin integrasyonundan,

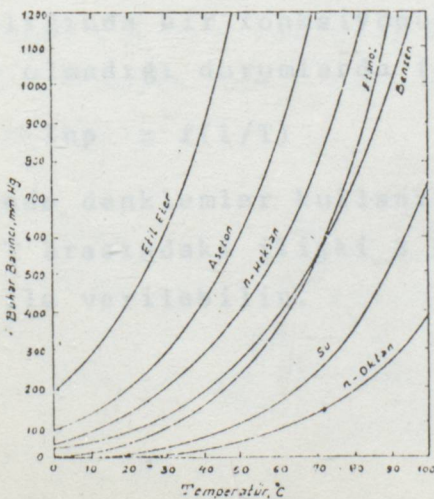
$$\int d \ln p = \frac{\Delta H_b}{R} \int \frac{dT}{T^2}$$

$$\ln p = - \frac{\Delta H_b}{R} \left(\frac{1}{T} \right) + I \quad (21)$$

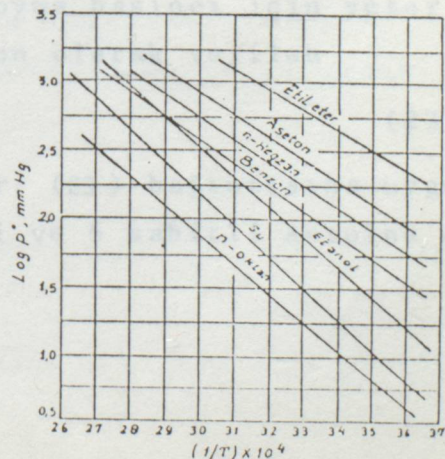
elde edilir. I integrasyon sabitidir. Bu tabii logaritma on tabanlı logaritmaya çevrilir, $R = 1.987$ alınır

$$\log p = - \frac{\Delta H_b}{2.303 \times 1.987} \left(\frac{1}{T} \right) + I = - \frac{\Delta H_b}{4.576} \left(\frac{1}{T} \right) + I \quad (21a)$$

elde edilir. Bu bir doğrunun denklemidir. Ordinata $\log p$, absise de $\frac{1}{T}$ değerleri konursa, bir doğru elde edilir, bu doğrunun eğimi $-\frac{\Delta H}{4.576}$ ya eşittir.



Şekil 6. p^0 - T bağıntısı



Şekil 7. $\log p^0$, $(1/T)$ bağıntısı

ΔH_b T_1 , T_2 arasında sabit kabul edilir ve T_1 , T_2 , p_1 , p_2 arasında integre edilirse,

$$\ln p_2 - \ln p_1 = \frac{\Delta H_b}{R} \left(-\frac{1}{T_2} - \left(-\frac{1}{T_1} \right) \right) \quad (22)$$

on tabanlı logaritmaya göre,

$$\log \frac{p_2}{p_1} = \frac{\Delta H_b}{2.303 R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (22a)$$

elde edilir. Bu eşitlik ile herhangi bir maddenin T_1 sıcaklığındaki p_1 buhar basıncı bilinirken, T_2 sıcaklığındaki p_2 buhar basıncını bulabiliriz veya p_2 ve T_2 bilinirken, T_1 'deki p_1 bulunabilir.

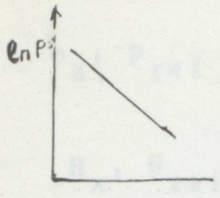
Bu denklemden yüksek basınçlarda sapmalar görülür. Nedeni;

- 1- ΔH_b sabit değildir, ΔH_b 'yi sabit kabul etmekle hata oranı artar,
- 2- İdeal gaz kanunlarından sapış vardır,
- 3- $V_b > V_s$ büyüklüğü V_s 'yi ihmal edecek kadar değildir. Çünkü gazın molar hacmi yüksek basınçta düşük basınca göre daha küçüktür.

Clapeyron denklemi ile genellikle doyma basıncı ve hacimsel değerler yardımı ile süblimasyon ve buharlaşma ısıları hesaplanabilir. (10,12). Doyma basıncı genellikle $p = f(T)$ şeklinde sıcaklığında bir fonksiyonudur. Doyma basıncı için yeter sayıda değer olmadığı durumlarda fonksiyon olarak verilen

$$\ln p = f(1/T) \quad (23)$$

şeklinde denklemler kullanılabilir. (23) bağıntısına uygun olarak p ve T arasındaki ilişki 3 sabitli ve 6 sabitli Antoine denklemleri ile verilebilir.



Şekil 8.
LnP'nin 1/T
ile değişimi

$$\ln p = A - \frac{B}{T+C} \quad A, B, C \text{ Antoine sabitidir.} \quad (24)$$

$$\ln p = A - \frac{B}{T+C} + DT + ET^2 + F \ln T \quad (24a)$$

2.6.3.3. DUHRİNG KAİDESİ (6)

Buhar basıncının sıcaklığa bağlı oluşu Duhring kaidesi ile de belirlidir.

$$\frac{T_{A'}}{T_A} = \frac{T_{B'}}{T_B} \quad (25)$$

T_A, T_B : A ve B bileşenlerinin P_1 basıncındaki kaynama sıcaklıkları,

$T_{A'}, T_{B'}$: A ve B bileşenlerinin P basıncındaki kaynama sıcaklıkları.

2.6.3.4. COX GRAFİKLERİ (6,8,12)

Buhar basıncı sıcaklığın lineer bir fonksiyonu olmadığı zaman, $\log p$, $(\frac{1}{T})$ arasındaki bağıntı eğri şeklini alır. Cox, buhar basıncını T lineer şekilde sıcaklığa bağlayan bir grafik geliştirmiştir. $\ln p = f(\frac{1}{T})$ (23) şeklindeki denklemler Antoine denklemi olarak bilinirken, bu denklemlerin grafik şekli Cox grafikleri olarak tanımlanmıştır.

Grafiğin çizilebilmesi için $d \ln p = - \frac{\Delta H_b}{R} (d(1/T))$ (21) eşitliği sabit sıcaklıkta bir x ve referans maddesine uygulanmıştır. Suyun buhar basıncı bilindiğinden su referans maddesi olarak alınmıştır.

$$\frac{d \ln p_x}{d \ln p_{ref}} = \frac{(\frac{\Delta H_x}{R}) d(1/T_x)}{(\frac{\Delta H_{ref}}{R}) d(1/T)} \quad (26)$$

$$\ln p_x = \frac{\Delta H_x}{\Delta H_{ref}} \ln p_{ref} + C \quad (26a)$$

$$y = mx + c$$

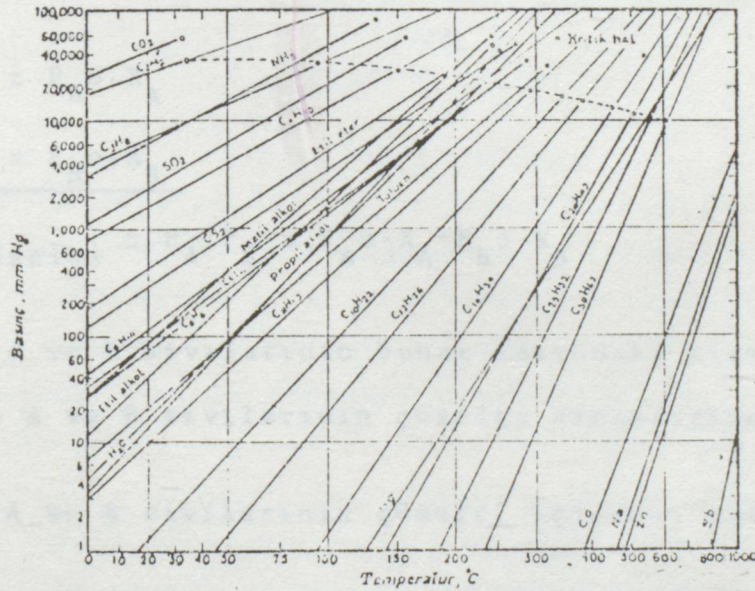
p_x, p_{ref} : X maddesi ve suyun molar buhar basıncı (aynı sıcaklıkta),

H_x, H_{ref} : X maddesi ve suyun molar buharlaşma gizli ısıları (aynı sıcaklıkta).

ΔH_x ve ΔH_{ref} sıcaklığa bağlıdır. Fakat bu bağlı oluş yaklaşık ikisi içinde aynı ve birbirine yakın olduğu için,

$\frac{\Delta H_x}{\Delta H_{ref}}$ oranı hemen hemen değişmez. X ve ref. maddesi birbirine benzer iseler ideal gaz kanunlarında görülen sapmalar da birbirlerini

yok edecektir. Bu nedenlerle bu grafikler $\ln p = A + B/T$ üzerinde büyük bir gelişme gösterirler. Bu grafikte her bir maddenin buhar basıncının logaritması aynı sıcaklıkta ref maddesinin buhar basıncının logaritmasına karşı çizilmiştir. Daha sonra absisse bu buhar basıncına uyan sıcaklıklar işaretlenmiştir.



Şekil 9. $p^o = f(T)$ bağıntısı lineer olmayan bileşikler için Cox-grafigi.

Cox grafikleri incelenirse birbirine çok benzeyen maddelere ait doğruların bir noktada kesiştikleri görülür.

Bir T sıcaklığında buhar basıncını bulurken herhangi 2 sıcaklıktaki basınçlar işaretlenir ve bir doğru ile birleştirilir. İstenilen T sıcaklığından dik çıkılarak eğri kestirilir ve ordinattan o sıcaklıktaki buhar basıncı bulunur.

2.6.4. ÇÖZELTİLERİN BUHAR BASINÇLARINI TAYİN YÖNTEMLERİ

Çözeltilerin buhar basınçlarını,

- 1- Raoult kanunundan,
- 2- Kaynama noktası yükselmesi kavramından,
- 3- Babo kaidesinden yararlanarak,
- 4- Çözeltilerin Duhring ya da Othmer diyagramlarını çizerek,
- 5- Duhring kaidesinden yararlanarak hesaplarız.

2.6.4.1. SIVI - SIVI ÇÖZELTİLER (BİRBİRLERİYLE KARIŞAN SIVILAR) (7, 13, 14)

1887'de Raoult birbiriyle karışarak bir çözelti veren iki sıvıdan her ikisinin de buhar basıncının azaldığını gördü. Raoult kanunu denilen bu kavram şu şekilde ifade edilir. Çözelti A ve B sıvılarından oluşsun.

$$P_A = P_A^o \cdot X_A$$

$$P_B = P_B^o \cdot X_B$$

$$P_{\text{çözelti}} = P_A + P_B = P_A^o \cdot X_A + P_B^o \cdot X_B \quad (27)$$

P_A, P_B : A ve B sıvılarının buhar fazındaki kısmi basınçları,

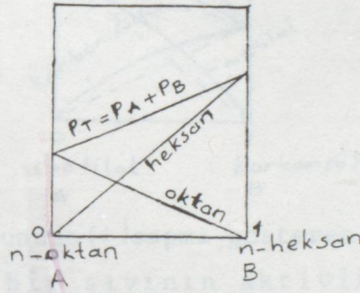
P_A^o, P_B^o : A ve B sıvılarının çözelti sıcaklığındaki buhar basınçları,

X_A, X_B : A ve B sıvılarının çözelti içindeki mol fraksiyonları,

Burada görüldüğü gibi her sıvının buhar basıncı polar çözeltideki mol fraksiyonu oranında azalmaktadır. Raoult kanunu karışabilen 2'den fazla sıvının meydana getirdiği çözeltiler içinde geçerlidir. Örneğin; A,B,C sıvıları halinde kısmi basınçlar P_A, P_B, P_C ve çözelti basıncı da $P_{\text{çözelti}} = P_A + P_B + P_C$ olacaktır.

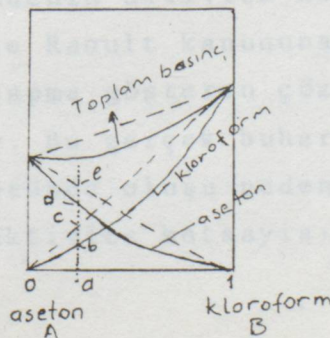
2.6.4.2. RAOULT KANUNUNDAN SAPMALAR (7, 14)

Her oranda karışabilen iki sıvının karıştırılmasında ne hacim, ne de ısı değişmesi görülüyorsa böyle çözeltilere ideal çözeltili denir. Böyle çözeltilerin deneysel ve Raoult kanunundan bulunan buhar basınçları aynıdır. İki sıvının molekülleri arasında karşılıklı bir çekme olmadığından toplam basınç kısmi basınçların toplamına eşittir. Bu tip çözeltiler Raoult kanununa tam uyuyor, demektir. Örneğin; n hekzan - n oktan, benzen - toluen, propilen bromür - etil bromür, su - metil alkol çözeltileri böyledir.

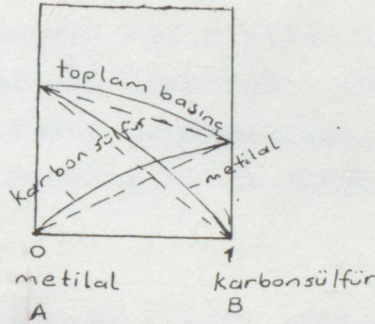


Şekil 10. İdeal hal

Bazı karışımlar Raoult kanunundan negatif sapma gösterir. Bu tipte A bileşeninin molekülleriyle B bileşeninin molekülleri arasındaki çekme kuvveti, A ve B bileşenlerinin kendi molekülleri arasındaki çekme kuvvetinden daha büyüktür. Bunun sonucu olarak kısmi basınç Raoult kanunundan hesaplanandan daha küçüktür. Böyle bir çözeltiliye negatif sapma gösteriyor, denir. Örneğin; aseton - metanol, aseton - kloroform, su - nitrik asit, su - hidroklorik asit çözeltileri bu tip sapma gösterirler. Bu tip çözeltilerin deneysel bulunan buhar basıncı Raoult kanunu ile hesaplanandan daha azdır.



Bazı karışımlar ise Raoult kanunundan pozitif sapma gösterirler. Bazı ikili çözeltilerde, A bileşeninin molekülleri ile B bileşeninin molekülleri arasındaki çekme kuvvetleri, A ve B bileşenin kendi molekülleri arasındaki çekme kuvvetinden daha azdır. Bu nedenle kısmi basınçlar, Raoult kanunundan hesaplanana göre daha büyüktür. Örneğin; metilal (dimetoksi etan) - karbon sülfür, aseton - karbon sülfür, eter - aseton, siklo heksan; benzen, metanol- Karbon tetraklorür, benzen - etil alkol, su - etil alkol çözeltileri bu tip sapma gösteren çözeltilerdir.



Şekil 12. Raoult kanunundan(+)sapma gösteren hal

Bu sapmalar az ise her bir sıvının aktivite katsayısı hesaplanarak Raoult kanununa ilave edilir.

$$P_A = \gamma_A P_A^o X_A \quad (28)$$

$$\gamma_A = \frac{P_A}{\gamma_A P_A^o} = \frac{\text{A bil. gerçek buhar basıncı}}{\text{A bil. Raoult kanununa göre hesaplanan buhar basıncı}}$$

Negatif sapma gösteren çözeltiler için her bir bileşenin aktivite katsayısı geniş bir konsantrasyon aralığında 1'den küçüktür. Bu gerçek buhar basıncı eğrisinin Raoult kanunu eğrilerinin altında olması nedeniyledir. Çok seyreltik çözeltilerde olduğu gibi çözünen maddenin aktivite katsayısı 1 ise, gerçek buhar basıncı eğrisi ile Raoult kanununa göre bulunan eğri çakışır. İdeallikten pozitif sapma gösteren çözeltiler için aktivite katsayısı 1'den büyüktür. Bu gerçek buhar basıncı eğrilerinin Raoult kanunu eğrilerinin üstünde oluşu nedeniyledir. Burada çok seyreltik çözeltiler için aktivite katsayısı 1'dir. Çünkü gerçek buhar

basıncı eğrileri Raoult kanunu eğrileri ile çakışır. Şekil 11'deki aseton ve kloroform için γ aktivite katsayıları aşağıdaki şekilde bulunur.

$$\gamma_{\text{kloroform}} = \frac{ab}{ac}, \quad \gamma_{\text{aseton}} = \frac{ad}{ae}$$

Eğer aktivite katsayısı 1'den uzak değerde bulunuyorsa sapma çok demektir, o zaman bu tip karışımların buhar basınçları deneysel bulunup, Duhring ya da Othmer diyagramları çizilmelidir.

Raoult kanunu sınırlı bir şekilde seyreltik katı - sıvı çözeltilerine de uygulanabilmektedir. Çözelti derişiklendikçe kanunun uygulanması mümkün olamamaktadır. Derişik çözeltiler halinde bu çözeltilerin Duhring ya da Othmer diyagramları çizilmelidir.

2.6.4.3. SEYRELTİK KATI - SIVI ÇÖZELTİ HALİ (UÇUCU OLMAYAN BİLEŞİK) (8, 14)

Bu tip çözeltilerde katı buharlaşmamaktadır. Çok az buharlaşan sıvıların buharlaşan sıvılarla yaptığı çözeltiler (glicer - su örneğinde olduğu gibi) katı - sıvı çözeltiler gibi düşünülebilir. Bu durumda çözelti basıncı sadece çözücü (buharlaşan sıvı) buharlarından ileri gelmesine rağmen, sıvının buhar basıncı çözeltideki mol fraksiyonu oranında azalacaktır.

$$P_{\text{çözelti}} = P^{\circ}_{\text{çözücü}} \cdot X_{\text{çözücü}} \quad (29)$$

Çözelti derişiklendikçe bu formülle bulunan çözelti buhar basıncı ile deneysel buhar basıncı arasındaki sapmalar artmaktadır.

2.6.4.4. BİRBİRİNDE KARIŞMAYAN SIVILAR

Birbiri ile karışmayan sıvılar düzenli çözeltiler gibi davranmalarına rağmen önemli bir farka sahiptirler. Karışmayan

sistemler durumunda, gaz fazdaki A molekülleri sıvı yüzeyinin A ile örtülü yüzeyi üzerinde yoğunlaşabilirler. Yoğunlaşma hızı ve buharlaşma hızı dengeye gelince birbirinde karışmayan bir sistemin her bir bileşeni konsantrasyondan bağımsız ve saf maddenin o sıcaklıktaki buhar basıncına eşit olan bir buhar basıncı meydana getirir. Bu çözelti basıncı dış basınca eşit olduğunda çözelti kaynamaya başlar. Bu yöntem yüksek molekül ağırlıklı ve ısıya karşı hassas organik malzemelerin ayrılması için önemli bir yöntemdir. Su buharı damıtmaları bu duruma örnek olarak gösterilebilir.

Çözeltide A ve B sıvıları mevcutsa,

P_A^o : A bileşeninin saf haldeki buhar basıncı,

P_B^o : B bileşeninin saf haldeki buhar basıncı ise

$$P_{\text{çözelti}} = P_A^o + P_B^o \text{ olur.} \quad (30)$$

$P_{\text{çözelti}} = P_{\text{dış basınç}}$ olduğunda çözelti kaynamaya başlar.

2.6.5. KAYNAMA NOKTASI YÜKSELMESİNDEN YARARLANMA (2,6,8)

Bir sıvı içinde uçucu olmayan bir katı maddenin çözünmesiyle oluşan bir çözeltinin kaynama noktası yükselir, donma noktası alçalır. Yani çözücünün buhar basıncı azalır ve bu azalma çözünen bileşenin mol kesri ile orantılıdır. Bu durumu açıklamak için Raoult kanunundan da yararlanılarak, şu eşitlik çıkarılmıştır.

$$\frac{P^o - P}{P^o} = \frac{n_2}{n_1 + n_2} = x_2 \quad (31)$$

P^o : çözücünün buhar basıncı,

P : çözeltinin buhar basıncı,

n_1 : çözücünün mol fraksiyonu,

n_2 : çözünen bileşenin mol sayısı.

$\frac{P_o - P}{P}$ ifadesine buhar basıncının bağıl azalması denir. Bu azalma, çözünen maddenin çözeltideki kısmî molar konsantrasyonuna eşittir. (31) bağıntısı şöyle yazılabilir.

$$\frac{P}{P_o} = 1 - x_2 \quad (31a)$$

$$x_1 + x_2 = 1 \text{ olduğundan,}$$

$$P = x_1 P_o \quad (6)$$

bulunur. Bu ifade ise Raoult kanunudur.

Seyreltik çözeltiler halinde buhar basıncını hesaplamak için,

$$P_S = K P_{S^o} \quad (32)$$

eşitliği kullanılır. Bu ifade de K çözünen madde (3) konsantrasyonuna ve çözücü tipine bağlıdır. P_S çözeltinin, P_{S^o} ise saf çözücünün buhar basıncıdır. Sabit sıcaklıkta buhar basıncı düşüşü yerine, sabit basınçta kaynama noktası yükselişi kavramı daha çok kullanıldığından, bu duruma uyan aşağıdaki eşitlik verilmiştir.

$$\Delta T = K_o \left(\frac{n}{n_s} \right) \quad (33)$$

ΔT : sabit basınçta kaynama noktası yükselişi,

K_o : çözücüye ait bir sabit,

K_o : $RT^2 / \Delta H_b$ (Clasius - Clapeyron eşitliğinden),

n/n_s : çözünen madde ve çözücünün mol sayıları oranı.

Pratikte moleküler ayrışma teorisi gözönüne alınırsa 0.1 M NaCl çözeltisinin, 0.1 M Sakkaros çözeltisine göre kaynama noktası yükselmesi 2 kat daha fazladır. Bu yüzden bu formülle bulunan ΔT ile deneysel ΔT arasında sapmalar görülür.

Bu formülle ya da deneysel bulunan ΔT , aynı konsantrasyon için sabittir. Bu özellikten yararlanarak çözelti buhar basıncı hesaplanabilir. Fakat çözelti derişiklendikçe, deneysel ve hesapla bulunan çözelti basınçlarında sapmalar olduğu ifade edilmektedir.

2.6.6. BABO KAİDESİ (15)

Bir çözeltide çözeltinin buhar basıncının çözücünün buhar basıncına oranı, aynı sıcaklık için sabittir.

$$\left(\frac{P_{\text{çözelti}}}{P_{\text{çözücü}}} \right)_t = K \quad (\text{sabit}) \quad (34)$$

$P_{\text{çözelti}}$: çözelti buhar basıncı,

$P_{\text{çözücü}}$: çözücü buhar basıncı,

t : çözelti ve çözücünün bulunduğu aynı sıcaklık,

K : sabit.

Yalnız K 'yı sabit etmekle az da olsa hatalı sonuç kabul edilmiş olur. Çünkü K sıcaklıkla değişmektedir. Bu kaide seyreltik çözeltiler için geçerlidir.

2.6.7. DUHRİNG DİYAGRAMI (6,8,13)

Derişik çözeltiler için seyreltik çözeltilere ait kanun ve prensipler uygulanamaz. Böyle çözeltiler için geliştirilmiş bağıntılardan biri Duhring diyagramıdır. Bu diyagramda suyun kaynama sıcaklıkları aynı basınçta çözeltinin kaynama sıcaklıklarına karşıt olarak konulmuştur. Çözelti konsantrasyonunun değişimi ile diyagramda bir doğrular ailesi meydana gelir.

Dühring diyagramının matematiksel açıklaması Clasius-Clapeyron eşitliğinden faydalanılarak yapılır. Su referans olarak alınırsa,

$$\frac{d \ln P_x^o}{d \ln P_{ref}^o} = \frac{(\Delta H_x / R) d(1/T_x)}{(\Delta H_{ref} / R) d(1/T_{ref})} \quad (26)$$

P_x^o : x maddesinin buhar basıncı,

P_{ref}^o : suyun buhar basıncı,

$\Delta H_x, \Delta H_{ref}$: x maddesi ve suya ait molar gizli buharlaşma ısıları,

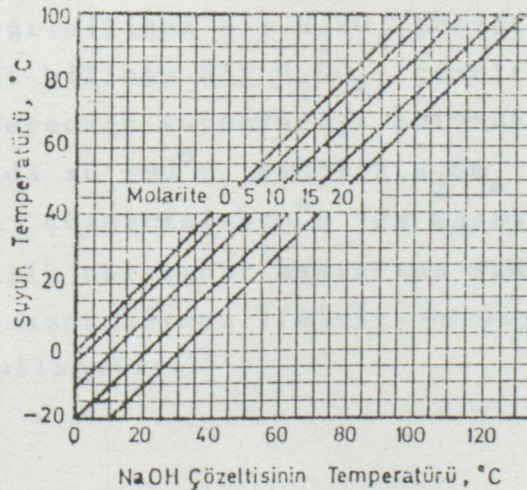
T_x, T_{ref} : x maddesi ve suya ait kaynama sıcaklıkları.

sabit basınçta
$$\frac{1}{T_{ref}} = \frac{1}{T_x} \cdot \frac{\Delta H_x}{\Delta H_{ref}} \quad (26b)$$

$$T_{ref} = \frac{\Delta H_{ref}}{\Delta H_x} T_x + C \text{ bulunur.}$$

Dühring söz konusu grafiği elde etmek için

$$T_{ref} = \frac{\Delta H_{ref}}{\Delta H_x} T_x \text{ bağıntısı kullanılmıştır.}$$



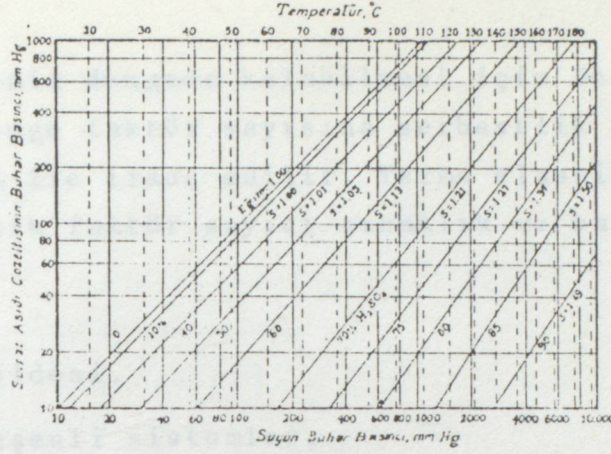
Şekil 13 . . Muhtelif molaritedeki NaOH çözeltilerine ait Dühring eğrileri.

Bu diyagramlar yardımı ile molalitesi bilinen bir çözeltinin herhangi bir sıcaklıktaki buhar basıncı veya bilinen bir basınçta herhangi bir molalitedeki çözeltinin kaynama sıcaklığı belirlenebilir. Örneğin; molalitesi 10 olan bir NaOH çözeltisinin 60°C da ki buhar basıncı, suyun 47.5°C daki buhar basıncına eşittir. Suyun 47.5°C daki buhar basıncı 85 mm Hg'dır. Dolayısıyla molalitesi 10 olan bir NaOH çözeltisinin de 60°C daki buhar basıncı 85 mm Hg olacaktır. Aynı basınç altında su 60°C da kaynarken, molalitesi 10 olan NaOH çözeltisi 72.5°C da kaynar.

200 mm Hg'da 10 molal NaOH çözeltisinin kaç derecede kaynayacağını bulmak için, suyun 200 mm Hg'daki kaynama noktası olan 60°C 'dan dik çizilerek 10 molal NaOH çözeltisine ait eğri kestirilir. Bu noktanın absisteki karşılığı olan 79°C , 10 molar NaOH çözeltisinin 200 mm Hg altında kaynama sıcaklığıdır.

2.6.8 . OTHMER DİYAGRAMI (6)

Clasius - Clapeyron eşitliğinden hareketle meydana getirilen bir diğer diyagram da Othmer diyagramıdır. Bu diyagramda sabit sıcaklıkta çözelti ve çözücünün buhar basınçları karşıt olarak yer almıştır. Çözelti konsantrasyonunun değişimi diyagramda bir doğrular ailesi meydana getirir. Örneğin; sülfat asidi çözeltisine ait Othmer diyagramı yardımı ile buhar basıncı ve sıcaklığı bilinen bir H_2SO_4 çözeltisinin konsantrasyonunu veya sıcaklığı bilinen bir H_2SO_4 çözeltisinin belli bir basınç altında kaç derecede kaynayacağı bulunabilir. Örneğin, atmosfer basıncı altında su 100°C , %50'lik H_2SO_4 çözeltisi 125°C ve %70'lik H_2SO_4 çözeltisi 170°C 'da kaynar. Sıcaklığı 110°C olan ve 100 mm Hg'lik bir buhar basıncına sahip olan sülfat asidi çözeltinin konsantrasyonu %70'dir. Bu diyagramlar derişik çözeltiler için kullanılır.



Şekil 14. Sulfat asidi çözeltisinin Othmer diyagramı.

2.7. FAZLAR KAİDESİ (2,6,8)

Fazlar kaidesi, bir sistemin dengede kalabilmesi için önceden tespiti gerekli olan denge faktör sayısını bildirir. Fazlar kuralı Amerika'lı Williard Gibbs tarafından 1876'da ortaya atılmıştır ve aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$F = C + 2 - P \quad (35)$$

P : Faz sayısı,

C : Bileşen sayısı,

F : Serbestlik derecesi.

Faz, maddenin diğer kısmından kesin sınırlarla ayrılmış homojen kısımlarıdır. Her bir solid bir faz, birbiriyle karışan sıvılar tek faz, birbiriyle karışmayan iki sıvı iki faz, gazlar bir tek faz verirler.

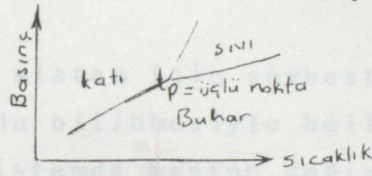
Sistemde yer alan her saf cisme bir bileşen (konstituent) denir. Denge halindeki sistemde bir arada bulunabilecek minimum konstituent sayısına serbest bileşen (komponent) denir. Konstituent aynı zamanda birbirlerine karşı bağımsız olmalıdır. Komponent sayısı için konstituent sayısı (n) ve bunlar arasındaki iki yönlü denge sayısı (r) ise, $C = (n - r)$ bağıntısı vardır.

Bir sistemin dengede kalabilmesi için önceden tespiti gerekli olan denge faktör sayısına serbestlik derecesi denir ve (35) denklemi ile ifade edilir. Termo elastik sistemler düşünüldüğünde fizik faktör sayısı sıcaklık ve basınç olmak üzere 2'dir.

Fazlar kaidesi,

- 1- 1 bileşenli sistemler,
 - 2- 2 bileşenli sistemler,
 - 3- 3 bileşenli sistemler
- adı altında 3 şekilde incelenir.

2.7.1. BİR BİLEŞENLİ SİSTEMLER



Şekil 15. Suyun P-t diyagramı

Suyu ele alalım. $C = 1$ 'dir. Su buhar halinde olsun. $P = 1$ 'dir. $F = 1+2 - 1 = 2$ 'dir. Su buharı iki değişkenle belirlidir. Şöyle ki su buharı halinin (veya tek bileşenden meydana gelen gazlar) belli olması için sıcaklık veya basıncın ikisini veya sıcaklık ve hacmi veya basınç ve hacim çiftlerinden birini bilmeliyiz.

Su - buharı ile yanyana bulunuyorsa; $P = 2$, $C = 1$ 'dir. $F = 1+2 - 1 = 1$ 'dir. Bu sistemin hali bir değişkeni bilmekle bilinir. Örneğin; sistemin sıcaklığını bilirsek, sistemin hali ni bilmiş oluruz. Bu durumda konsantrasyon sabit gibi olup, değişken basınç ve sıcaklıktır.

Buz - su - buhar yanyana bulunuyorsa; $P = 3$, $C = 1$, $F = 1+2 - 3 = 0$ 'dır. Sistemin hali hiç bir değişkene bağlı olmayıp, sıcaklık, basınç ve konsantrasyonun hepsi sabit gibidir.

2.7.2. İKİ BİLEŞENLİ SİSTEMLER

İki bileşenli sistemler,

- 1- Buhar - sıvı sistemi,
- 2- Sıvı - katı sistemi,
- 3- Sıvı - sıvı sistemi

olmak üzere 3'e ayrılır.

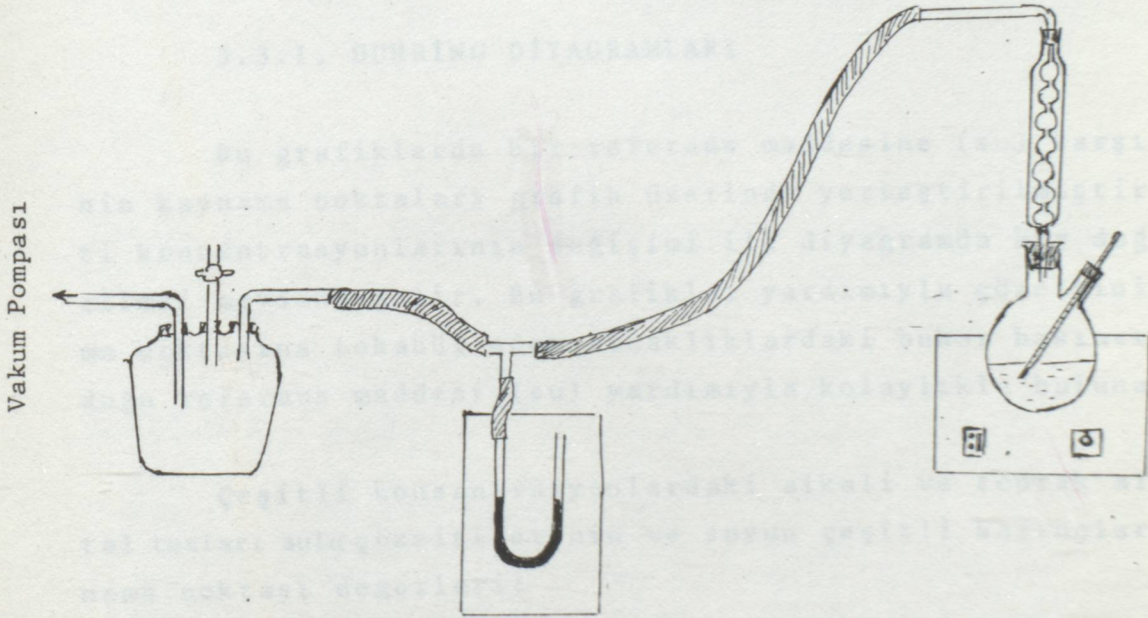
Bizim yaptığımız deneylerde çözelti buharıyla denge halinde bulunduğundan 1 maddesine uymaktadır. C ise çözücü ve çözünen olmak üzere 2'dir. P 1-sıvı faz, 2-buhar fazı olmak üzere 2'dir. $F = C + 2 - P = 2 + 2 - 2 = 2$ 'dir.

Böyle bir sistem için serbestlik derecesi 2 serbest değişkenin aynı anda bilinmesiyle belli olacaktır. Sabit basınçta çalışan bir sistemde basınç değişken olamayacağı için deney şartlarındaki değişken konsantrasyon ve sıcaklık olmaktadır. Bu durumda sistemin her andaki hali; konsantrasyon ve sıcaklığının bilinmesiyle belli olacaktır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BULGULAR

3.1. KULLANILAN CİHAZLAR

- 1- Vakum pompası,
- 2- Üç ağızlı önleyici,
- 3- Geri soğutucu,
- 4- 2 boyunlu balon,
- 5- Termometre.



Şekil 16. Deneysel çalışma düzeni

3.2. DENEYLERİN TANIMI

Bu çalışmada çeşitli konsantrasyonlarda alkali ve toprak alkali metal tuzu sulu çözeltilerinin, atmosfer basıncı ve vakum altında kaynama noktaları incelenmiştir. Bunun için uygun

çözünürlük durumlarına göre %10, %20, %30, %40 ağırlık yüzdelendeki tuz çözeltileri hazırlanmıştır. Laboratuvar koşullarında en fazla 600 mm Hg vakum yapılabilmiş ve bu basınç 50 mm Hg azaltılarak atmosfer basıncına kadar olan 13 değişik basınç altında kaynama noktaları saptanmıştır.

3.3. DENEYLERDEN ÇIKARILAN BULGULAR

%10, %20, %30, %40 konsantrasyonlarda ki alkali ve toprak alkali metal tuzu sulu çözeltilerinin 600 mm Hg'dan atmosfer basıncına kadar olan 13 değişik basınç altında bulunan kaynama noktası değerleri ve diğer deney sonuçları tablo ve grafiklerle gösterilmiştir.

3.3.1. DUHRİNG DİYAGRAMLARI

Bu grafiklerde bir referans maddesine (su) karşı çözeltinin kaynama noktaları grafik üzerinde yerleştirilmiştir. Çözelti konsantrasyonlarının değişimi ile diyagramda bir doğrular ailesi meydana gelir. Bu grafikler yardımıyla çözeltinin kaynama noktasına tekabül eden sıcaklıklardaki buhar basıncının ne olduğu referans maddesi (su) yardımıyla kolaylıkla bulunur.

Çeşitli konsantrasyonlardaki alkali ve toprak alkali metal tuzları sulu çözeltilerinin ve suyun çeşitli basınçlardaki kaynama noktası değerleri:

Suyun çeşitli basınçlarda
k.n. değerleri

<u>H₂O</u>	
P (mm Hg)	t °C
160	61.49
210	67.55
260	72.49
310	76.68
360	80.33
410	83.59
460	86.51
510	89.16
560	92.30
610	93.96
660	96.09
710	98.11
760	100.00

Tablo: 3.3.1.1
NaCl

NaCl çözeltilerinin çeşitli
basınçlarda k.n. değerleri

		kons. (ağ. %)	
P (mm Hg)	t °C	%10	%20
		t °C	t °C
160	67.9	72.3	
210	74.1	78.6	
260	79.2	83.0	
310	83.4	86.8	
360	87.0	89.6	
410	90.2	92.8	
460	93.0	95.8	
510	95.6	98.4	
560	97.8	100.8	
610	99.9	103.1	
660	102.0	105.2	
710	103.8	107.0	
760	106.6	109.0	

Tablo: 3.3.1.2 NaNO₃ çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

<u>NaNO₃</u>		kons. (ağ. %)		
P (mm Hg)	t °C	%10	%20	%30
		t °C	t °C	t °C
160	71.5	73.4	74.3	75.6
210	76.4	78.2	79.2	81.0
260	81.3	82.7	84.1	85.0
310	85.1	87.1	88.5	89.5
360	88.1	90.8	92.1	93.4
410	91.4	94.1	95.2	96.8
460	93.4	96.7	98.2	99.7
510	95.3	99.2	100.8	102.6
560	97.6	101.3	103.3	104.9
610	99.6	103.3	105.5	107.3
660	101.4	105.1	107.3	109.4
710	103.3	107.2	109.2	111.4
760	105.1	109.0	111.4	113.2

Tablo: 3.3.1.3 Na_2CO_3 çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

P (mm Hg)	Na_2CO_3	
	kons. (ağ.%)	
	%10 t °C	%20 t °C
160	68.4	69.6
210	73.6	74.4
260	77.6	78.5
310	81.5	82.6
360	85.2	86.2
410	88.2	89.5
460	90.9	92.5
510	93.6	95.1
560	95.8	97.5
610	97.8	99.5
660	99.8	101.4
710	101.6	103.3
760	103.8	105.4

Tablo: 3.3.1.4 NaHCO_3 çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

P (mm Hg)	NaHCO_3	
	kons. (ağ.%)	
	%10 t °C	%20 t °C
160	69.4	72.8
210	74.4	77.6
260	78.2	81.5
310	82.2	85.4
360	85.8	88.6
410	88.8	91.8
460	91.7	94.8
510	94.2	97.4
560	96.7	99.4
610	98.7	101.4
660	100.7	103.6
710	102.6	105.5
760	104.4	107.6

Tablo: 3.3.1.5 Na_2SO_4 çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

P (mm Hg)	Na_2SO_4	
	kons. (ağ.%)	
	%10 t °C	%20 t °C
160	69.7	72.3
210	74.8	78.1
260	78.8	83.3
310	82.7	87.2
360	86.1	90.3
410	89.3	93.2
460	92.2	96.2
510	94.8	98.2
560	97.2	100.1
610	99.5	102.4
660	101.6	104.3
710	103.2	106.2
760	105.0	108.4

Tablo: 3.3.1.6 NaOH çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri
NaOH

P (mm Hg)	kons. (ağ.%)			
	%10 t °C	%20 t °C	%30 t °C	%40 t °C
160	70.5	75.6	83.2	98.1
210	74.4	80.4	88.0	103.6
260	78.6	84.3	92.4	107.2
310	82.6	88.6	96.5	111.1
360	86.2	92.4	100.5	115.0
410	89.5	95.2	103.2	119.0
460	92.5	98.3	106.3	122.0
510	95.2	101.0	109.2	125.0
560	97.6	103.1	111.8	127.0
610	99.9	105.1	114.3	130.0
660	102.0	107.0	116.0	132.0
710	104.0	109.1	118.5	134.0
760	106.0	111.0	120.0	136.0

Tablo: 3.3.1.7 KCl çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

P (mm Hg)	kons. (ağ.%)		
	%10 t °C	%20 t °C	%30 t °C
160	70.4	72.4	74.6
210	75.3	77.4	79.6
260	80.4	81.4	83.3
310	84.3	85.1	87.6
360	87.2	88.4	90.8
410	90.2	91.6	93.7
460	93.2	94.5	96.7
510	95.8	97.0	98.4
560	98.2	99.4	100.2
610	100.3	101.5	102.4
660	102.4	103.5	104.3
710	104.4	105.2	106.3
760	106.3	107.1	108.2

Tablo: 3.3.1.8 KNO_3 çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

P (mm Hg)	<u>KNO_3</u> kons. (ağ.%)			
	%10	%20	%30	%40
	t°C	t°C	t°C	t°C
160	69.1	69.9	70.7	74.4
210	73.8	74.8	76.2	78.2
260	78.2	79.9	80.3	82.6
310	82.5	83.8	84.4	86.8
360	85.8	87.6	88.1	90.4
410	88.4	90.6	91.5	93.7
460	91.2	93.6	94.4	96.6
510	93.7	96.3	97.2	99.5
560	96.0	98.6	99.7	101.8
610	97.6	100.4	101.8	104.7
660	99.4	102.2	104.4	106.8
710	101.4	104.2	106.1	108.8
760	103.8	106.3	108.0	110.6

Tablo: 3.3.1.9 K_2CO_3 çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

P (mm Hg)	<u>K_2CO_3</u> kons. (ağ.%)			
	%10	%20	%30	%40
	t°C	t°C	t°C	t°C
160	68.8	69.4	71.6	74.7
210	73.8	74.4	76.6	79.2
260	78.1	79.4	81.2	83.6
310	82.3	83.3	85.6	87.5
360	85.5	87.1	89.4	91.3
410	88.4	90.2	92.4	94.2
460	91.3	93.1	95.3	97.3
510	93.8	95.6	98.0	100.0
560	96.2	97.8	100.5	102.4
610	98.3	100.1	102.4	104.3
660	100.2	102.3	104.5	106.3
710	102.2	104.3	106.5	108.2
760	104.1	106.2	108.3	110.1

Tablo: 3.3.1.10 KI çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

P (mm Hg)	KI			
	kons. (ağ.%)			
	%10 t °C	%20 t °C	%30 t °C	%40 t °C
160	65.5	66.9	67.4	69.8
210	70.4	72.2	73.2	76.0
260	75.0	76.8	78.2	81.2
310	79.2	80.8	82.4	85.5
360	82.8	84.4	86.0	89.2
410	85.8	87.6	89.3	92.6
460	88.6	90.5	92.2	95.6
510	91.2	92.9	94.9	98.4
560	93.6	95.4	97.3	101.0
610	95.8	97.6	99.6	103.8
660	97.8	99.6	101.7	105.2
710	99.6	101.4	103.5	107.1
760	101.5	103.7	105.4	109.7

Tablo: 3.3.1.11 MgCl₂ çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

P (mm Hg)	MgCl ₂			
	kons. (ağ.%)			
	%10 t °C	%20 t °C	%30 t °C	%40 t °C
160	70.2	73.2	83.4	94.8
210	76.5	79.7	88.3	99.9
260	84.5	84.8	93.3	104.9
310	85.9	89.2	97.6	110.0
360	89.5	93.1	101.6	114.1
410	92.8	96.5	105.5	118.0
460	95.8	99.6	108.7	121.0
510	98.4	102.4	111.6	124.0
560	101.0	105.0	113.6	127.0
610	103.2	107.2	116.4	130.0
660	105.3	109.2	118.5	132.0
710	107.2	111.8	120.6	134.0
760	109.7	113.8	122.7	136.0

Tablo: 3.3.1.12 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

P (mm Hg)	<u>$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$</u> kons. (ağ.%)			
	%10	%20	%30	%40
	t°C	t°C	t°C	t°C
160	67.4	68.8	73.2	78.5
210	73.0	74.4	79.2	84.1
260	77.8	79.1	84.3	89.3
310	82.0	83.4	88.5	93.8
360	85.5	86.9	92.3	97.6
410	88.7	90.1	95.6	101.0
460	91.6	93.0	98.5	103.7
510	94.2	95.7	101.3	106.4
560	96.4	98.2	103.9	108.7
610	98.5	100.4	106.2	111.4
660	100.5	102.4	108.4	113.2
710	102.4	104.1	110.2	115.4
760	104.3	106.3	112.3	117.5

Tablo: 3.3.1.13 CaCl_2 çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

P (mm Hg)	<u>CaCl_2</u> kons. (ağ.%)			
	%10	%20	%30	%40
	t°C	t°C	t°C	t°C
160	71.2	72.8	77.8	85.8
210	75.8	77.9	81.9	90.0
260	79.5	81.7	85.9	93.7
310	82.8	85.8	89.6	97.6
360	85.7	88.6	93.4	100.8
410	88.9	91.7	96.5	103.4
470	91.4	94.6	98.9	106.8
510	93.7	97.3	101.7	109.6
560	96.1	99.7	104.8	111.3
610	98.4	101.8	106.1	113.8
660	100.4	103.6	108.6	115.9
710	102.3	105.2	110.4	118.0
760	104.8	107.4	112.5	120.0

Tablo: 3.3.1.14 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

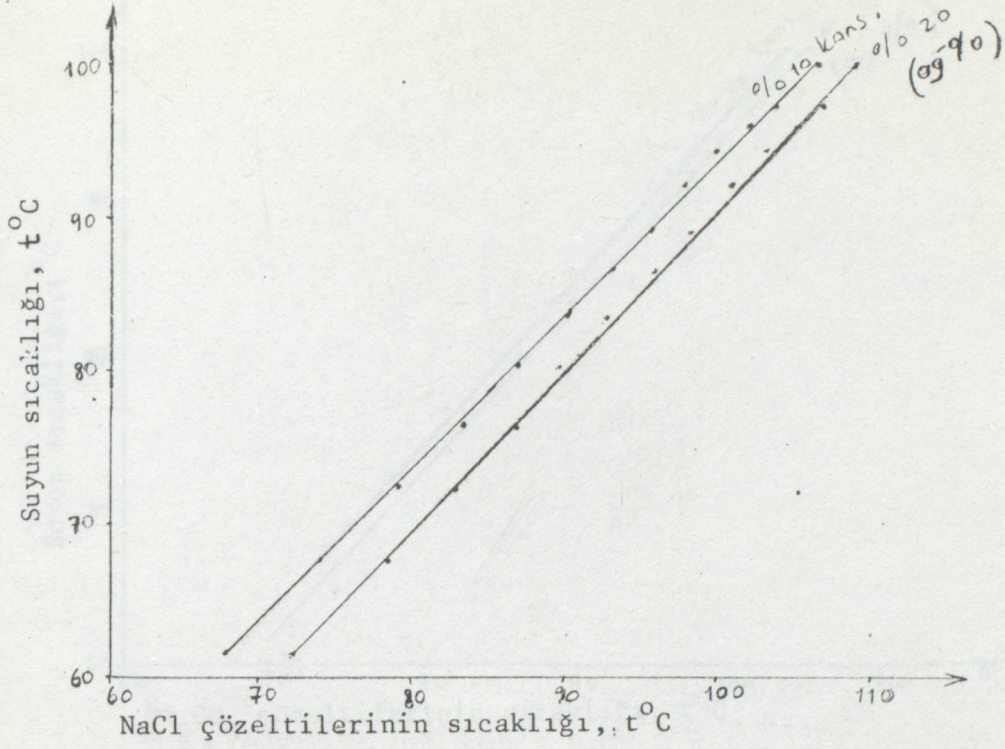
P (mm Hg)	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$			
	kons. (ağ.%)			
	%10 $t^{\circ}\text{C}$	%20 $t^{\circ}\text{C}$	%30 $t^{\circ}\text{C}$	%40 $t^{\circ}\text{C}$
160	66.8	68.1	72.4	75.1
210	72.7	73.8	78.4	80.8
260	77.5	78.5	82.6	85.2
310	81.7	82.7	86.6	89.5
360	84.9	86.2	90.2	93.3
410	87.9	89.5	93.6	96.5
460	90.5	92.3	96.6	99.4
510	93.3	94.8	99.3	102.6
560	95.5	97.2	101.8	104.5
610	97.6	99.4	104.4	106.6
660	99.6	101.5	106.5	108.4
710	101.4	103.3	108.3	110.2
760	103.3	105.3	110.3	112.2

Tablo: 3.3.1.15 BaCl_2 çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

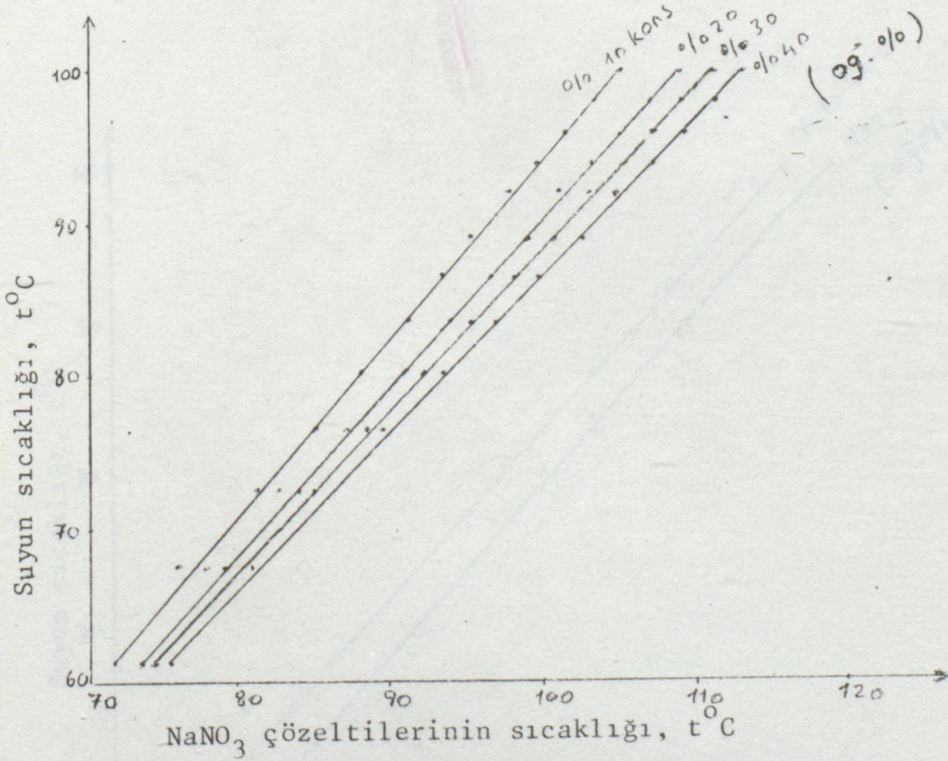
P (mm Hg)	BaCl_2		
	kons. (ağ.%)		
	%10 $t^{\circ}\text{C}$	%20 $t^{\circ}\text{C}$	%30 $t^{\circ}\text{C}$
160	70.7	71.4	72.7
210	75.5	76.5	77.8
260	79.4	80.7	82.4
310	83.3	84.9	86.7
360	86.5	88.6	90.5
410	89.6	91.8	93.8
460	92.4	94.8	96.7
510	95.0	97.6	99.4
560	97.3	99.5	101.9
610	99.5	101.5	104.6
660	101.5	103.3	106.5
710	103.2	105.2	108.7
760	105.5	107.0	110.5

Tablo: 3.3.1.16 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

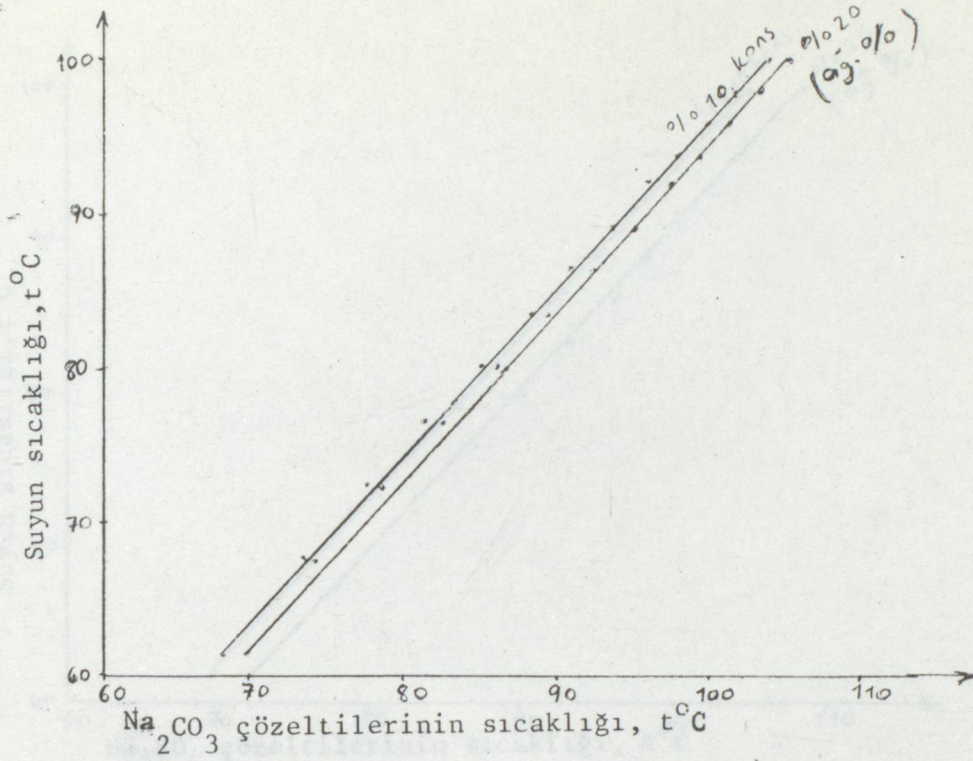
P (mm Hg)	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	
	kons. (ağ.%)	
	%10 $t^{\circ}\text{C}$	
160	68.3	
210	72.7	
260	77.2	
310	81.4	
360	84.8	
410	87.9	
460	90.9	
510	93.6	
560	96.0	
610	98.2	
660	100.3	
710	102.3	
760	104.3	



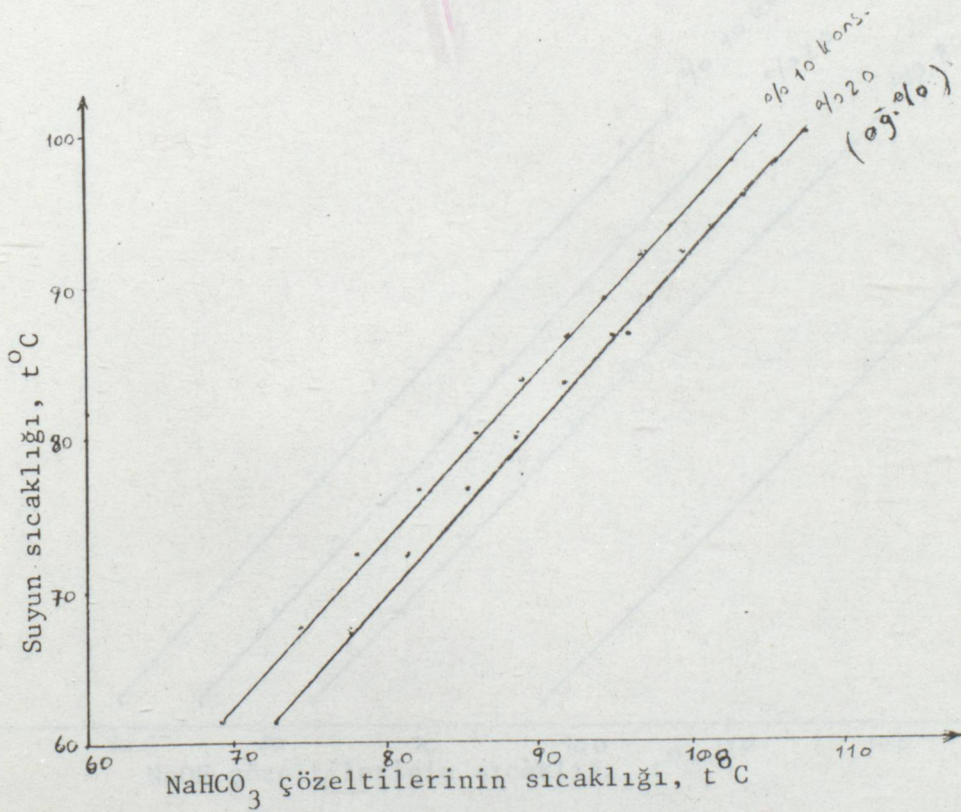
Şekil 3.3.1.1. NaCl çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.1 'den)



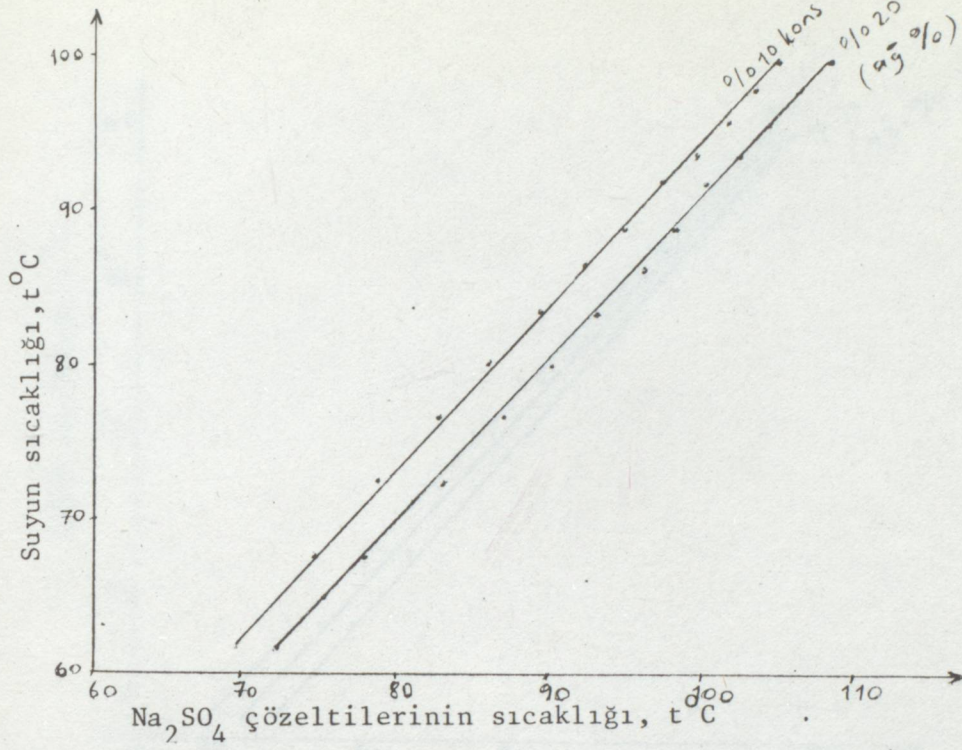
Şekil 3.3.1.2 . NaNO₃ çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.2 'den)



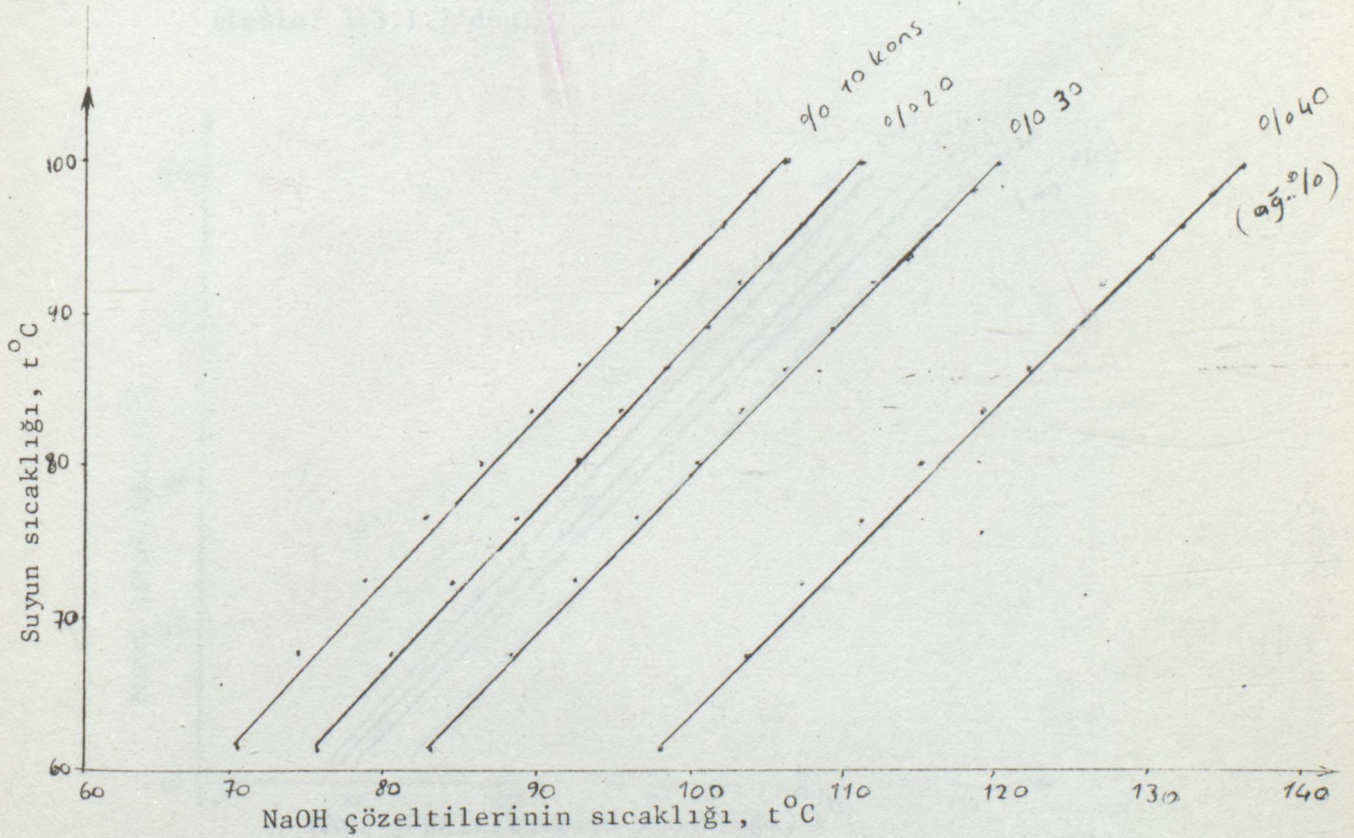
Şekil 3.3.1.3. Na_2CO_3 çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.3'den)



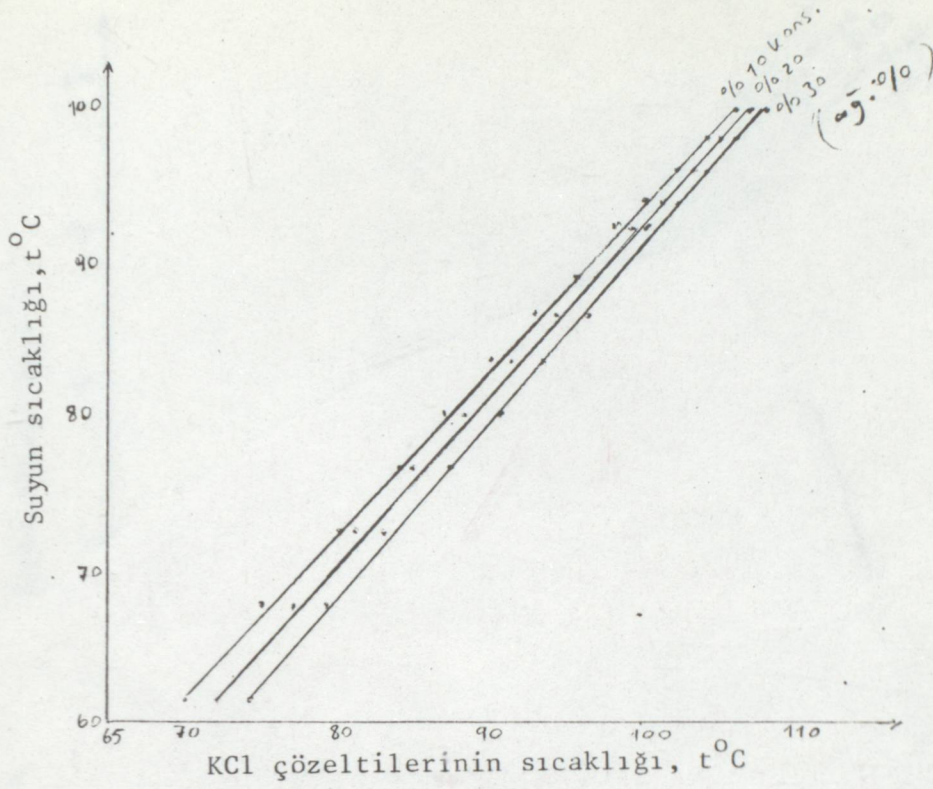
Şekil 3.3.1.4. çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.4'den)



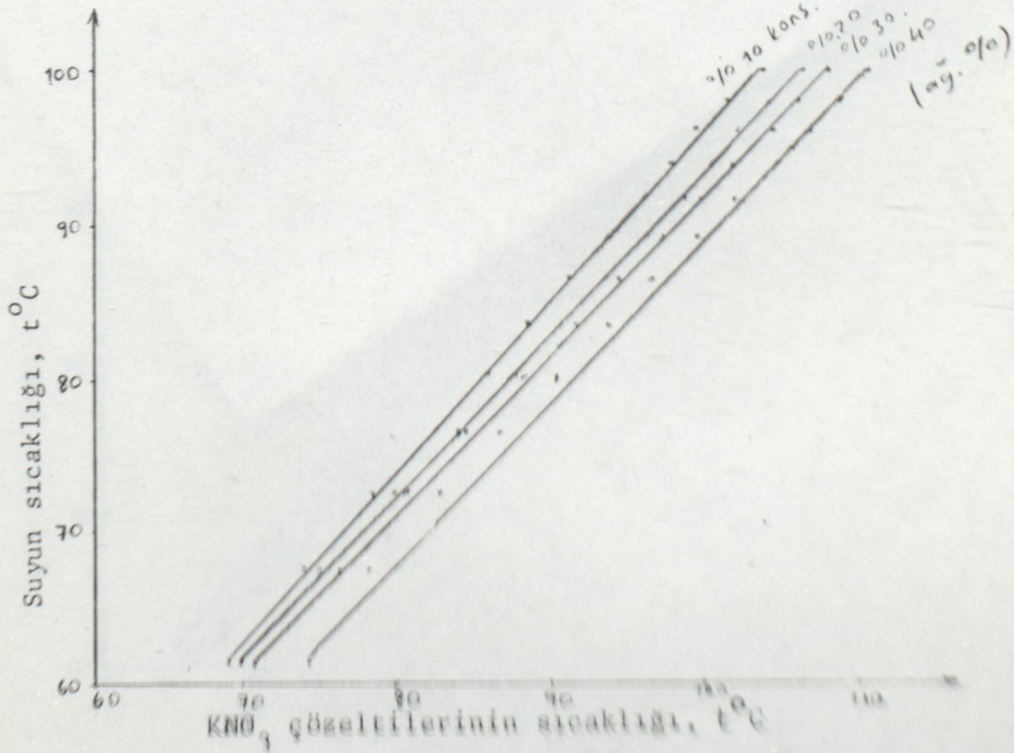
Şekil 3.3.1.5. Na_2SO_4 çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.5'den)



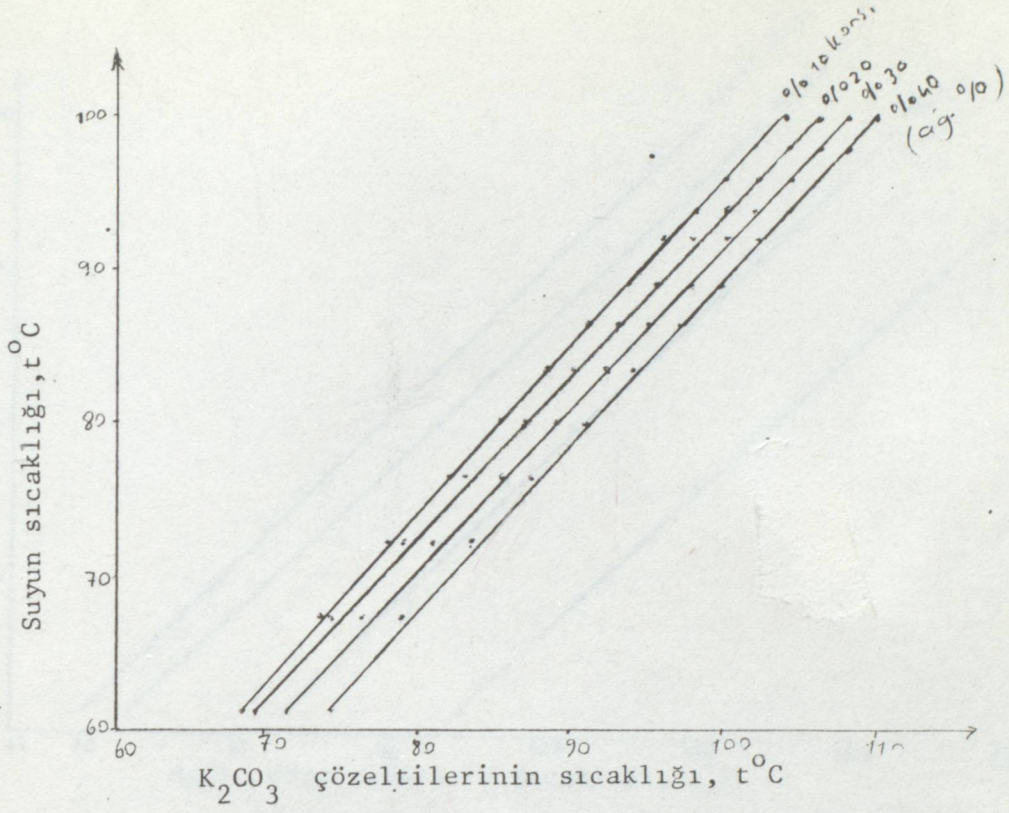
Şekil 3.3.1.6. NaOH çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.6'dan)



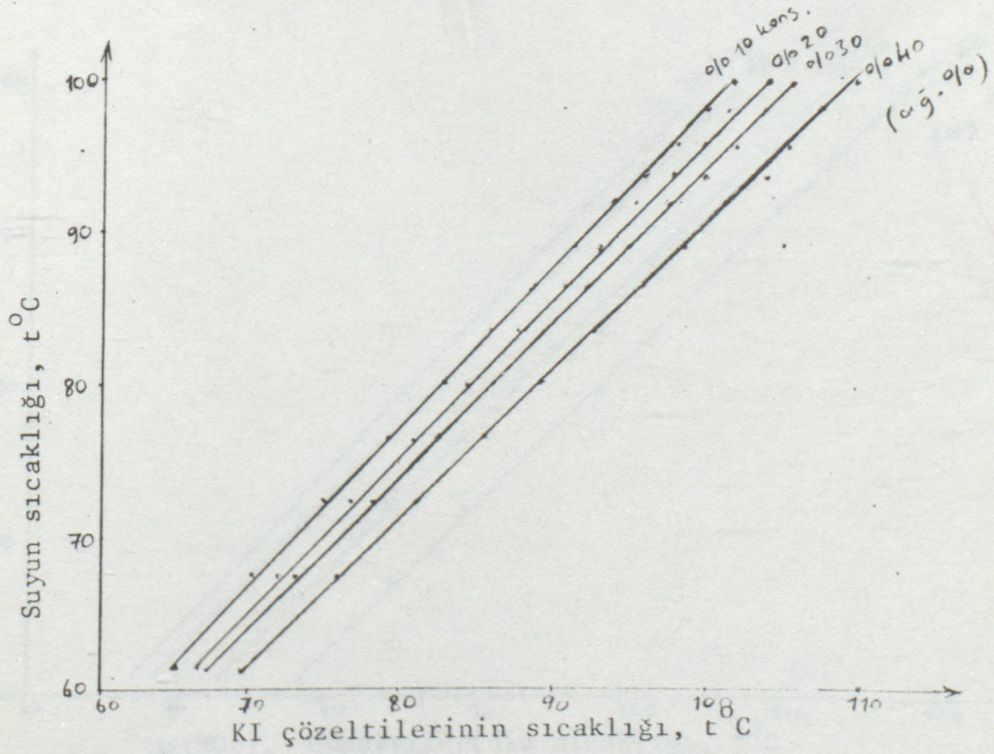
Şekil 3.3.1.7. KCl çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.7'den)



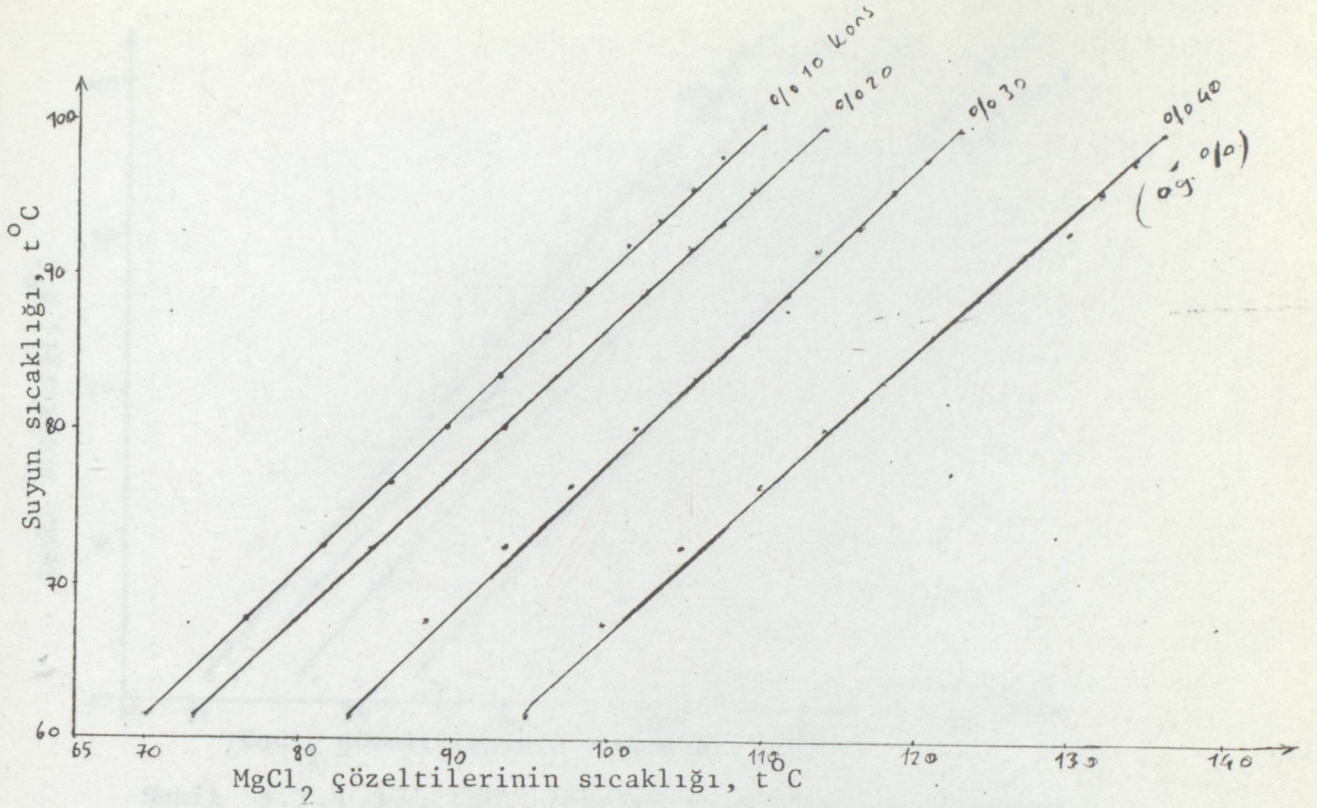
Şekil 3.3.1.8. KNO₃ çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.8'den)



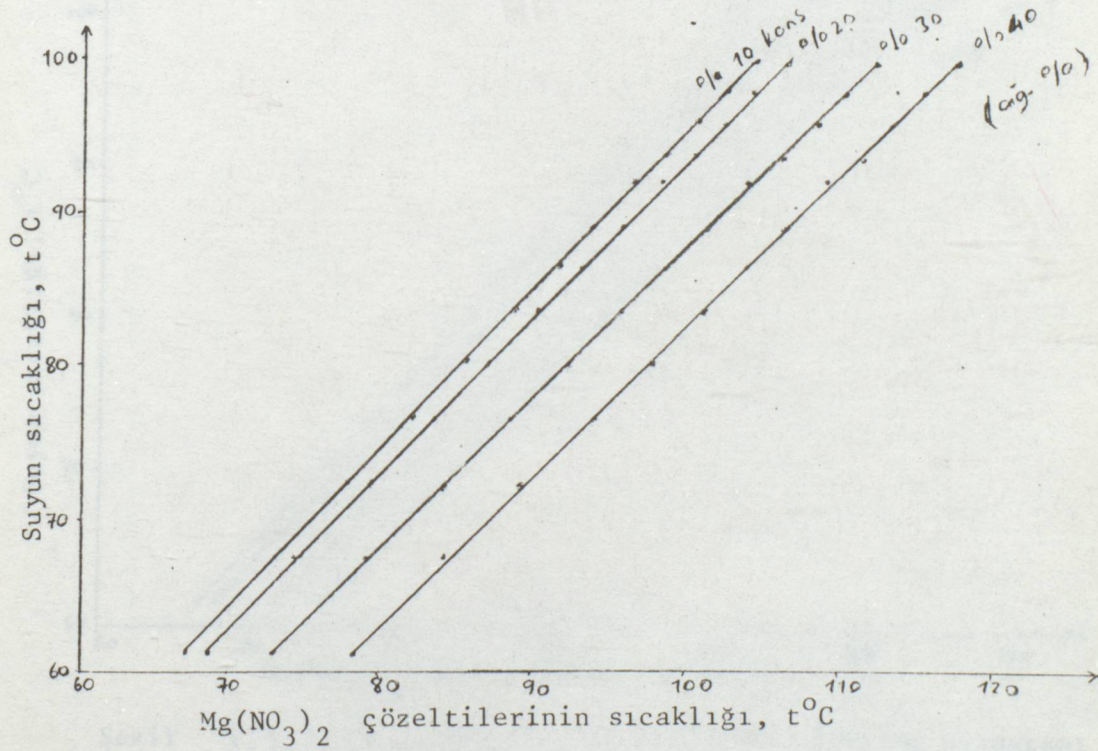
Şekil 3.3.1.9. K_2CO_3 çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.9'dan)



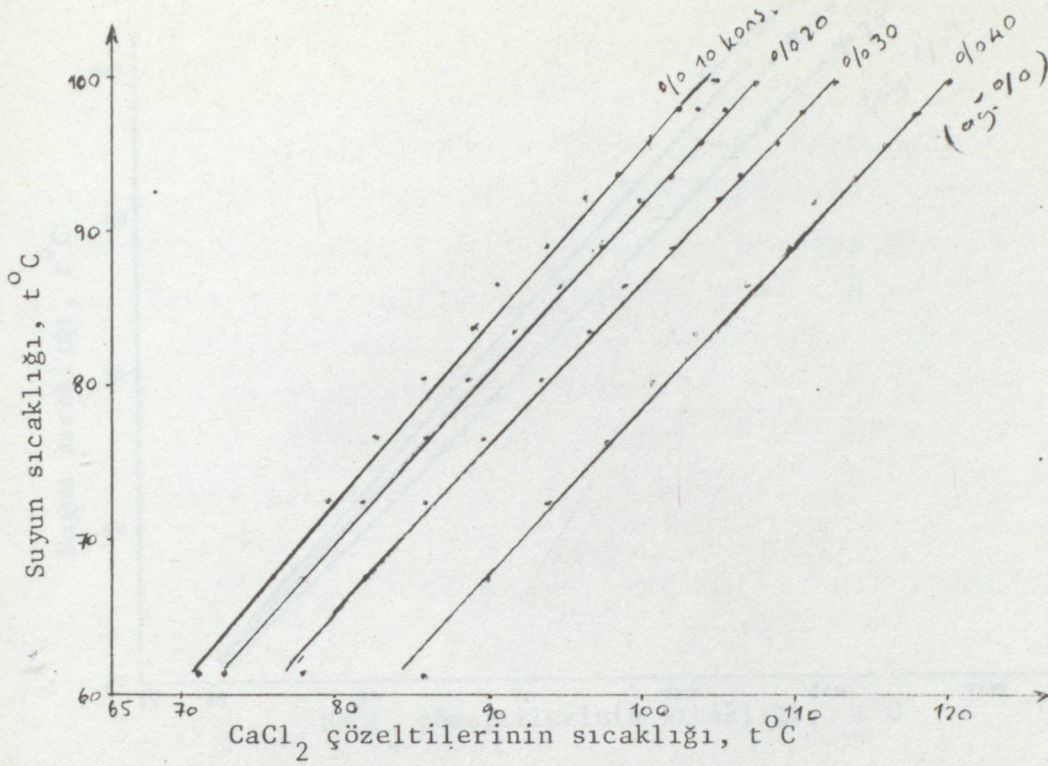
Şekil 3.3.1.10. KI çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.10'dan)



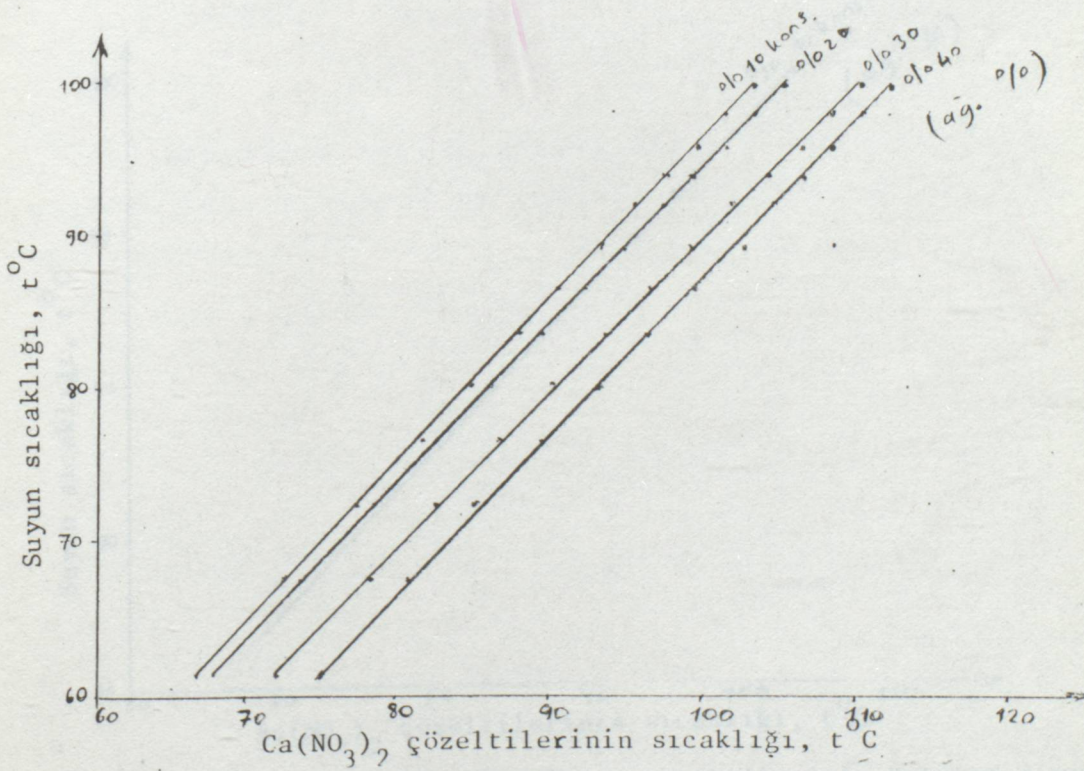
Şekil 3.3.1.11. $MgCl_2$ çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.11'den)



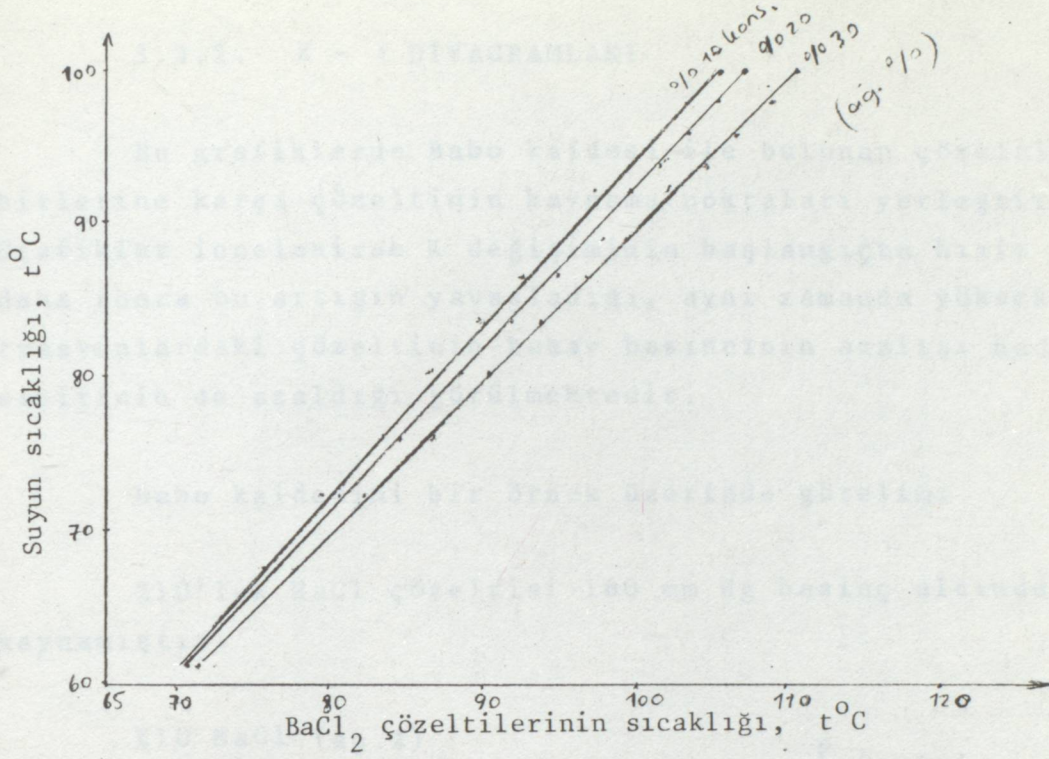
Şekil 3.3.1.12. $Mg(NO_3)_2$ çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.12'den)



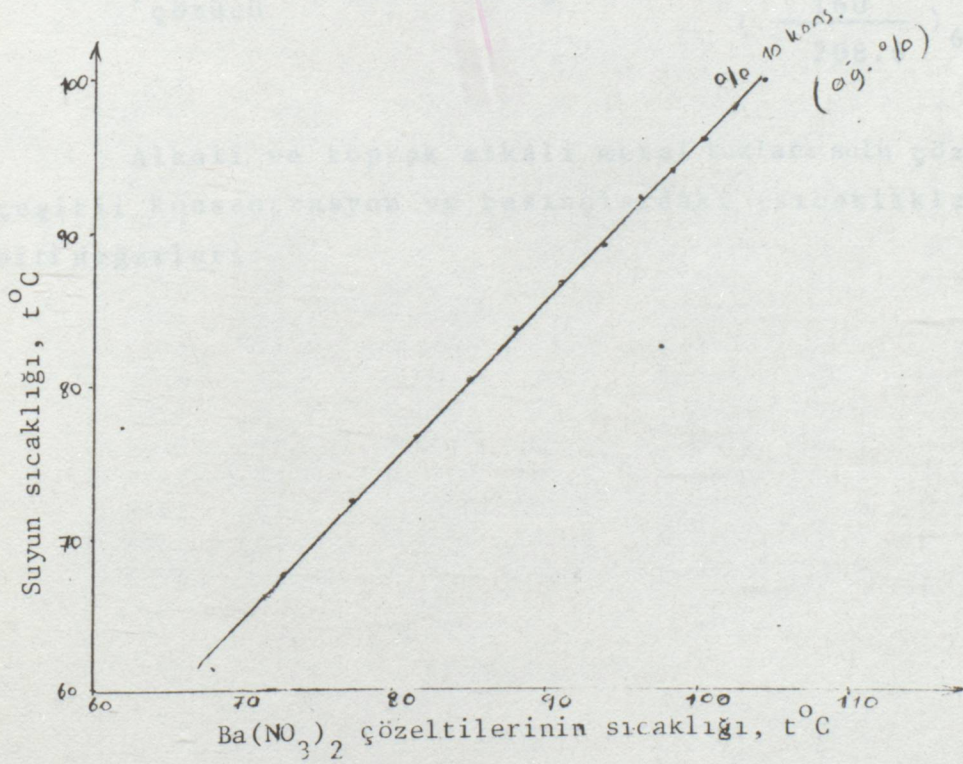
Şekil 3.3.1.13. CaCl_2 çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.13'den)



Şekil 3.3.1.14. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.14'den)



Şekil 3.3.1.15. BaCl_2 çözeltilerinin Duhring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.15'den)



Şekil 3.3.1.16 . $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin Duhring diyagramı
(Tablo: 3.3.1.16'dan)

3.3.2. K - t DİYAGRAMLARI

Bu grafiklerde Babo kaidesi ile bulunan çözeltinin K sabitlerine karşı çözeltinin kaynama noktaları yerleştirilmiştir. Grafikler incelenirse K değişiminin başlangıçta hızlı arttığı, daha sonra bu artışın yavaşladığı, aynı zamanda yüksek konsantrasyonlardaki çözeltinin buhar basıncının azalışı nedeniyle K sabitinin de azaldığı görülmektedir.

Babo kaidesini bir örnek üzerinde görelim:

%10'luk NaCl çözeltisi 160 mm Hg basınç altında 67.9°C'da kaynamıştır.

%10 NaCl (ağ.%)

t : 67.9 ° C

P_{çözelti} : 160 mm Hg

P_{çözücü} : 208.6 mm Hg

$$\left(\frac{P_{\text{çözelti}}}{P_{\text{çözücü}}} \right)_t = K$$

$$\left(\frac{160}{208.6} \right)_{67.9} = 0.7529$$

Alkali ve toprak alkali metal tuzları sulu çözeltilerinin çeşitli konsantrasyon ve basınçlardaki (sıcaklıklardaki) K sabiti değerleri:

Tablo: 3.3.2.1 NaCl çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

P (mm Hg)	NaCl			
	kons.(ağ.%)			
	%10	t ^o C	%20	t ^o C
	K		K	
160	0.7529	67.9	0.6230	72.3
210	0.7545	74.1	0.6257	78.6
260	0.7562	79.2	0.6490	83.0
310	0.7616	83.4	0.6663	86.8
360	0.7680	87.0	0.6952	89.6
410	0.7739	90.2	0.7017	92.8
460	0.7815	93.0	0.7046	95.8
510	0.7869	95.6	0.7107	98.4
560	0.7975	97.8	0.7161	100.8
610	0.8055	99.9	0.7192	103.1
660	0.8089	102.0	0.7233	105.2
710	0.8100	103.8	0.7305	107.0
760	0.8103	106.6	0.7315	109.0

Tablo: 3.3.2.2 NaNO₃ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

P (mm Hg)	NaNO ₃							
	kons.(ağ.%)							
	%10	t ^o C	%20	t ^o C	%30	t ^o C	%40	t ^o C
	K		K		K		K	
160	0.6419	71.5	0.5921	73.4	0.5702	74.3	0.5398	75.6
210	0.6853	76.4	0.6363	78.2	0.6108	79.2	0.5680	81.0
260	0.6950	81.3	0.6542	82.7	0.6212	84.1	0.5996	85.0
310	0.7149	85.1	0.6588	87.1	0.6242	88.5	0.6009	89.5
360	0.7361	88.1	0.6642	90.8	0.6325	92.1	0.6025	93.4
410	0.7396	91.4	0.6686	94.1	0.6420	95.2	0.6055	96.8
460	0.7699	93.4	0.6818	96.7	0.6457	98.2	0.6117	99.7
510	0.7957	95.3	0.6905	99.2	0.6521	100.8	0.6129	102.6
560	0.8033	97.6	0.7035	101.3	0.6626	103.3	0.6201	104.9
610	0.8142	99.6	0.7142	103.3	0.6646	105.5	0.6219	107.3
660	0.8262	101.4	0.7258	105.1	0.6729	107.3	0.6266	109.4
710	0.8312	103.3	0.7264	107.2	0.6737	109.2	0.6304	111.4
760	0.8358	105.1	0.7315	109.0	0.6748	111.4	0.6357	113.2

Tablo: 3.3.2.3 Na_2CO_3 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

P (mm Hg)	kons. (ağ.%)			
	%10 K	t °C	%20 K	t °C
160	0.7339	68.4	0.6965	69.6
210	0.7703	73.6	0.7452	74.4
260	0.8074	77.6	0.7779	78.5
310	0.8218	81.5	0.7860	82.6
360	0.8237	85.2	0.7922	86.2
410	0.8350	88.2	0.7978	89.5
460	0.8455	90.9	0.7992	92.5
510	0.8473	93.6	0.8015	95.1
560	0.8578	95.8	0.8091	97.5
610	0.8687	97.8	0.8171	99.5
660	0.8746	99.8	0.8262	101.4
710	0.8825	101.6	0.8312	103.3
760	0.8992	103.8	0.8387	105.4

Tablo: 3.3.2.4 NaHCO_3 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

P (mm Hg)	kons. (ağ.%)			
	%10 K	t °C	%20 K	t °C
160	0.7026	69.4	0.6074	72.8
210	0.7452	74.4	0.6521	77.6
260	0.7878	78.2	0.6922	81.5
310	0.7989	82.2	0.7039	85.4
360	0.8044	85.8	0.7221	88.6
410	0.8164	88.8	0.7285	91.8
460	0.8235	91.7	0.7310	94.8
510	0.8286	94.2	0.7369	97.4
560	0.8300	96.7	0.7528	99.4
610	0.8409	98.7	0.7636	101.4
660	0.8470	100.7	0.7646	103.6
710	0.8519	102.6	0.7700	105.5
760	0.8685	104.4	0.7830	107.6

Tablo: 3.3.2.5 Na_2SO_4 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

Na_2SO_4		kons. (ağ.%)		
P (mm Hg)	$\frac{\%10}{K}$	$t^{\circ}\text{C}$	$\frac{\%20}{K}$	$t^{\circ}\text{C}$
160	0.6965	69.7	0.6230	72.3
210	0.7327	74.8	0.6416	78.1
260	0.7687	78.8	0.6438	83.3
310	0.7860	82.7	0.6562	87.2
360	0.7984	86.1	0.6795	90.3
410	0.8001	89.3	0.6913	93.2
460	0.8052	92.2	0.6943	96.2
510	0.8105	94.8	0.7158	98.2
560	0.8150	97.2	0.7368	100.1
610	0.8171	99.5	0.7371	102.4
660	0.8203	101.6	0.7462	104.3
710	0.8343	103.2	0.7517	106.2
760	0.8387	105.0	0.7566	108.4

Tablo: 3.3.2.6 NaOH çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

NaOH		kons. (ağ.%)						
P (mm Hg)	$\frac{\%10}{K}$	$t^{\circ}\text{C}$	$\frac{\%20}{K}$	$t^{\circ}\text{C}$	$\frac{\%30}{K}$	$t^{\circ}\text{C}$	$\frac{\%40}{K}$	$t^{\circ}\text{C}$
160	0.6731	70.5	0.5398	75.6	0.3962	83.2	0.2262	98.1
210	0.7452	74.4	0.5817	80.4	0.4311	88.0	0.2484	103.6
260	0.7747	78.6	0.6187	84.3	0.4517	92.4	0.2678	107.2
310	0.7860	82.6	0.6218	88.6	0.4645	96.5	0.2789	111.1
360	0.7922	86.2	0.6254	92.4	0.4669	100.5	0.2839	115.0
410	0.7978	89.5	0.6420	95.2	0.4817	103.2	0.2842	119.0
460	0.7992	92.5	0.6457	98.3	0.4853	106.3	0.2900	122.0
510	0.7996	95.2	0.6475	101.0	0.4875	109.2	0.2929	125.0
560	0.8033	97.6	0.6626	103.1	0.4906	111.8	0.3025	127.0
610	0.8055	99.9	0.6732	105.1	0.4921	114.3	0.3055	130.0
660	0.8084	102.0	0.6799	107.0	0.5038	116.0	0.3069	132.0
710	0.8113	104.0	0.6810	109.1	0.5081	118.5	0.3112	134.0
760	0.8165	106.0	0.6839	111.0	0.5103	120.0	0.3145	136.0

Tablo: 3.3.2.7 KCl çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

KCl						
P (mm Hg)	kons. (ağ.%)					
	%10	t °C	%20	t °C	%30	t °C
	K		K		K	
160	0.6739	70.4	0.6177	72.4	0.5629	74.6
210	0.7173	75.3	0.6578	77.4	0.6010	79.6
260	0.7202	80.4	0.6922	81.4	0.6413	83.3
310	0.7347	84.3	0.7121	85.1	0.6461	87.6
360	0.7620	87.2	0.7277	88.4	0.6642	90.8
410	0.7739	90.2	0.7340	91.6	0.6786	93.7
460	0.7757	93.2	0.7391	94.5	0.6818	96.7
510	0.7812	95.8	0.7477	97.0	0.7207	98.4
560	0.7860	98.2	0.7528	99.4	0.7315	100.2
610	0.7940	100.3	0.7609	101.5	0.7371	102.4
660	0.7975	102.4	0.7673	103.5	0.7462	104.3
710	0.8000	104.4	0.7781	105.2	0.7491	106.3
760	0.8019	106.3	0.7803	107.1	0.7514	108.2

Tablo: 3.3.2.8 KNO₃ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

KNO ₃								
P (mm Hg)	kons. (ağ.%)							
	%10	t °C	%20	t °C	%30	t °C	%40	t °C
	K		K		K		K	
160	0.7151	69.1	0.6905	69.9	0.6675	70.7	0.5677	74.4
210	0.7641	73.8	0.7327	74.8	0.6912	76.2	0.6363	78.2
260	0.7878	78.2	0.7382	79.9	0.7262	80.3	0.6592	82.6
310	0.7924	82.5	0.7495	83.8	0.7318	84.4	0.6663	86.8
360	0.8044	85.8	0.7503	87.6	0.7361	88.1	0.6744	90.4
410	0.8287	88.4	0.7622	90.6	0.7396	91.5	0.6811	93.7
460	0.8360	91.2	0.7642	93.6	0.7419	94.4	0.6843	96.6
510	0.8473	93.7	0.7698	96.3	0.7423	97.2	0.6856	99.5
560	0.8515	96.0	0.7748	98.6	0.7474	99.7	0.6911	101.8
610	0.8750	97.6	0.7912	100.4	0.7528	101.8	0.6970	104.7
660	0.8872	99.4	0.8032	102.2	0.7532	104.4	0.7036	106.8
710	0.8888	101.4	0.8056	104.2	0.7543	106.1	0.7068	108.8
760	0.8992	103.8	0.8103	106.3	0.7566	108.0	0.7072	110.6

Tablo: 3.3.2.9 K_2CO_3 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K_2CO_3 K sabitleri

P (mm Hg)	kons. (ağ.%)							
	%10	t°C	%20	t°C	%30	t°C	%40	t°C
	K		K		K		K	
160	0.7213	68.8	0.7026	69.4	0.6392	71.6	0.5606	74.7
210	0.7641	73.8	0.7452	74.4	0.6798	76.6	0.6108	79.2
260	0.7911	78.1	0.7501	79.4	0.6977	81.2	0.6338	83.6
310	0.7956	82.3	0.7646	83.3	0.6981	85.6	0.6486	87.5
360	0.8141	85.5	0.7650	87.1	0.7005	89.4	0.6518	91.3
410	0.8287	88.4	0.7739	90.2	0.7123	92.4	0.6661	94.2
460	0.8329	91.3	0.7786	93.1	0.7176	95.3	0.6671	97.3
510	0.8410	93.8	0.7869	95.6	0.7210	98.0	0.6710	100.0
560	0.8453	96.2	0.7975	97.8	0.7238	100.5	0.6766	102.4
610	0.8531	98.3	0.7997	100.1	0.7371	102.4	0.6897	104.3
660	0.8623	100.2	0.8003	102.3	0.7411	104.5	0.6964	106.3
710	0.8640	102.2	0.8028	104.3	0.7440	106.5	0.7020	108.2
760	0.8654	104.1	0.8046	106.2	0.7489	108.3	0.7048	110.1

Tablo: 3.3.2.10 KI çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen KI K sabitleri

P (mm Hg)	kons. (ağ.%)							
	%10	t°C	%20	t°C	%30	t°C	%40	t°C
	K		K		K		K	
160	0.8381	65.5	0.7841	66.9	0.7670	67.4	0.6905	69.8
210	0.8834	70.4	0.8177	72.2	0.7835	73.2	0.6967	76.0
260	0.8993	75.0	0.8349	76.8	0.7878	78.2	0.6977	81.2
310	0.9016	79.2	0.8451	80.8	0.7924	82.4	0.7010	85.5
360	0.9058	82.8	0.8498	84.4	0.7984	86.0	0.7046	89.2
410	0.9162	85.8	0.8545	87.6	0.8001	89.3	0.7070	92.6
460	0.9227	88.6	0.8584	90.5	0.8052	92.2	0.7098	95.6
510	0.9269	91.2	0.8696	92.9	0.8075	94.9	0.7107	98.4
560	0.9304	93.6	0.8705	95.4	0.8121	97.3	0.7110	101.0
610	0.9344	95.8	0.8750	97.6	0.8142	99.6	0.7217	103.8
660	0.9399	97.8	0.8809	99.6	0.8203	101.7	0.7233	105.2
710	0.9476	99.6	0.8888	101.4	0.8254	103.5	0.7285	107.1
760	0.9514	101.5	0.8992	103.7	0.8387	105.4	0.7315	109.7

Tablo: 3.3.2.11 $MgCl_2$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

$MgCl_2$		kons. (ağ.%)						
P (mm Hg)	$\frac{\%10}{K}$	$t^{\circ}C$	$\frac{\%20}{K}$	$t^{\circ}C$	$\frac{\%30}{K}$	$t^{\circ}C$	$\frac{\%40}{K}$	$t^{\circ}C$
160	0.6788	70.2	0.5970	73.2	0.3931	83.4	0.2542	94.8
210	0.6825	76.5	0.5986	79.7	0.4276	88.3	0.2773	99.9
260	0.6892	84.5	0.6043	84.8	0.4384	93.3	0.2879	104.9
310	0.6901	85.9	0.6067	89.2	0.4446	97.6	0.2884	110.0
360	0.6978	89.5	0.6093	93.1	0.4474	101.6	0.2933	114.1
410	0.7017	92.8	0.6121	96.5	0.4525	105.5	0.2934	118.0
460	0.7046	95.8	0.6139	99.6	0.4579	108.7	0.2993	121.0
510	0.7107	98.4	0.6162	102.4	0.4589	111.6	0.3021	124.0
560	0.7110	101.0	0.6180	105.0	0.4623	113.6	0.3025	127.0
610	0.7167	103.2	0.6241	107.2	0.4656	116.4	0.3040	130.0
660	0.7208	105.3	0.6309	109.2	0.4723	118.5	0.3069	132.0
710	0.7264	107.2	0.6389	111.8	0.4767	120.6	0.3112	134.0
760	0.7315	109.7	0.6400	113.8	0.4791	122.7	0.3145	136.0

Tablo: 3.3.2.12 $Mg(NO_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

$Mg(NO_3)_2$		kons. (ağ.%)						
P (mm Hg)	$\frac{\%10}{K}$	$t^{\circ}C$	$\frac{\%20}{K}$	$t^{\circ}C$	$\frac{\%30}{K}$	$t^{\circ}C$	$\frac{\%40}{K}$	$t^{\circ}C$
160	0.7670	67.4	0.7213	68.8	0.5970	73.2	0.4787	78.5
210	0.7903	73.0	0.7452	74.4	0.6108	79.2	0.5017	84.1
260	0.8009	77.8	0.7593	79.1	0.6162	84.3	0.5074	89.3
310	0.8054	82.0	0.7616	83.4	0.6266	88.5	0.5112	93.8
360	0.8141	85.5	0.7709	86.9	0.6301	92.3	0.5164	97.6
410	0.8194	88.7	0.7768	90.1	0.6326	95.6	0.5205	101.0
460	0.8235	91.6	0.7815	93.0	0.6387	98.5	0.5311	103.7
510	0.8286	94.2	0.7840	95.7	0.6407	101.3	0.5362	106.4
560	0.8391	96.4	0.7860	98.2	0.6421	103.9	0.5444	108.7
610	0.8470	98.5	0.7912	100.4	0.6503	106.2	0.5489	111.4
660	0.8561	100.5	0.7975	102.4	0.6570	108.4	0.5558	113.2
710	0.8579	102.4	0.8085	104.1	0.6607	110.2	0.5599	115.4
760	0.8685	104.3	0.8103	106.3	0.6615	112.3	0.5617	117.5

Tablo: 3.3.2.13 CaCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

CaCl_2		kons. (ağ.%)						
P (mm Hg)	%10	$t^{\circ}\text{C}$	%20	$t^{\circ}\text{C}$	%30	$t^{\circ}\text{C}$	%40	$t^{\circ}\text{C}$
	K		K		K		K	
160	0.6504	71.2	0.6074	72.8	0.4929	77.8	0.3575	85.8
210	0.7028	75.8	0.6469	77.9	0.5478	81.9	0.3994	90.0
260	0.7471	79.5	0.6863	81.7	0.5788	85.9	0.4303	93.7
310	0.7800	82.8	0.6927	85.8	0.5986	89.6	0.4446	97.6
360	0.8076	85.7	0.7221	88.6	0.6025	93.4	0.4603	100.8
410	0.8132	88.9	0.7313	91.7	0.6121	96.5	0.4783	103.4
460	0.8298	91.4	0.7364	94.6	0.6296	98.9	0.4791	106.8
510	0.8441	93.7	0.7396	97.3	0.6316	101.7	0.4908	109.6
560	0.8484	96.1	0.7474	99.7	0.6399	104.8	0.4989	111.3
610	0.8501	98.4	0.7528	101.8	0.6481	106.1	0.5002	113.8
660	0.8561	100.4	0.7646	103.6	0.6570	108.6	0.5054	115.9
710	0.8609	102.3	0.7781	105.2	0.6607	110.4	0.5081	118.0
760	0.8685	104.8	0.7830	107.4	0.6615	112.5	0.5103	120.0

Tablo: 3.3.2.14 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

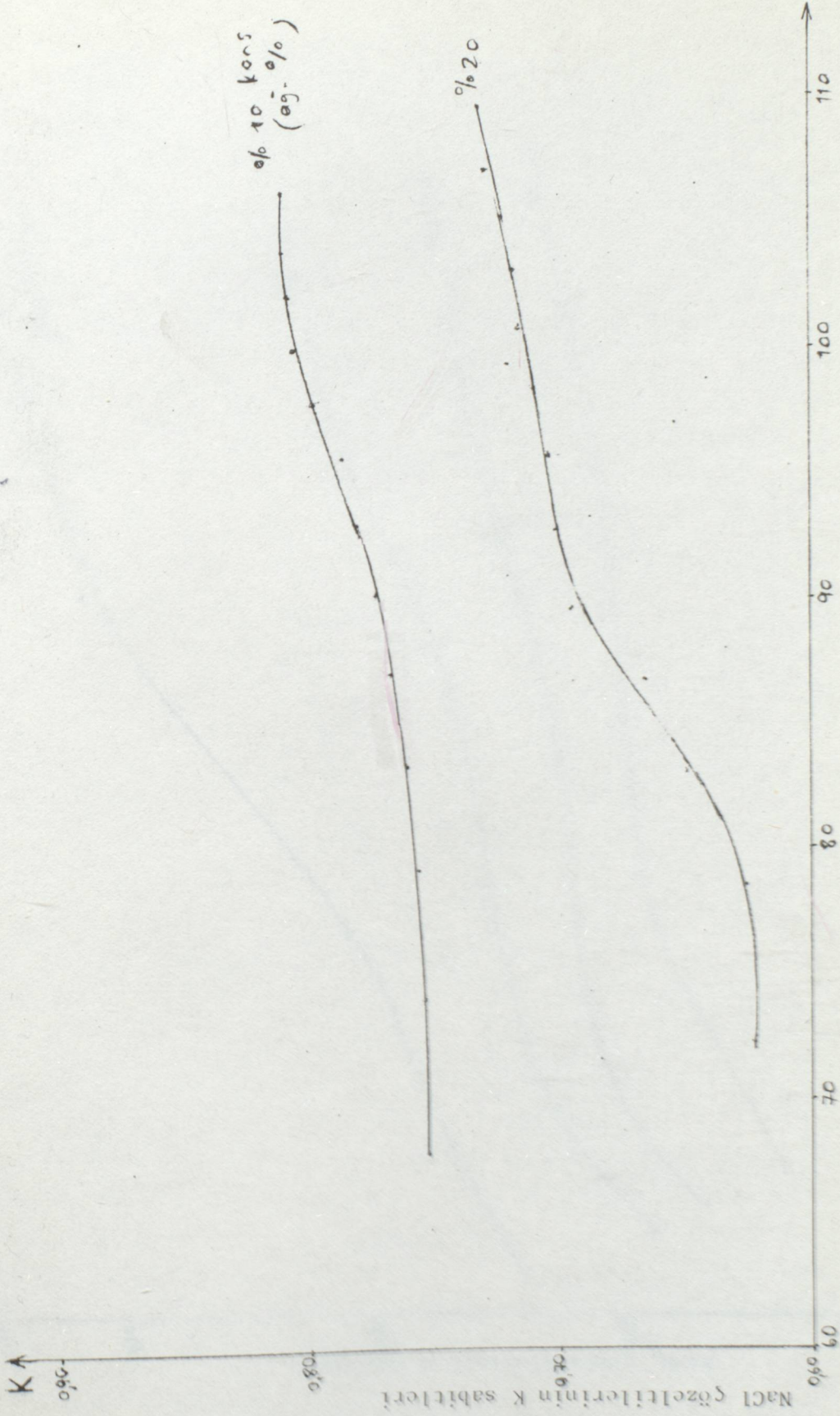
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$		kons. (ağ.%)						
P (mm Hg)	%10	$t^{\circ}\text{C}$	%20	$t^{\circ}\text{C}$	%30	$t^{\circ}\text{C}$	%40	$t^{\circ}\text{C}$
	K		K		K		K	
160	0.7877	66.8	0.7438	68.1	0.6177	72.4	0.5534	75.1
210	0.8006	72.7	0.7641	73.8	0.6310	78.4	0.5725	80.8
260	0.8109	77.5	0.7812	78.5	0.6592	82.6	0.5946	85.2
310	0.8183	81.7	0.7860	82.7	0.6715	86.6	0.6009	89.5
360	0.8335	84.9	0.7922	86.2	0.6795	90.2	0.6070	93.3
410	0.8449	87.9	0.7978	89.5	0.6811	93.6	0.6121	96.5
460	0.8584	90.5	0.8022	92.3	0.6843	96.6	0.6189	99.4
510	0.8600	93.3	0.8105	94.8	0.6880	99.3	0.6251	102.6
560	0.8673	95.5	0.8150	97.2	0.6911	101.8	0.6399	104.5
610	0.8750	97.6	0.8200	99.4	0.6970	104.4	0.6503	106.6
660	0.8809	99.6	0.8262	101.5	0.7036	106.5	0.6570	108.4
710	0.8888	101.4	0.8312	103.3	0.7068	108.3	0.6607	110.2
760	0.8992	103.3	0.8387	105.3	0.7072	110.3	0.6615	112.2

Tablo: 3.3.2.15 BaCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

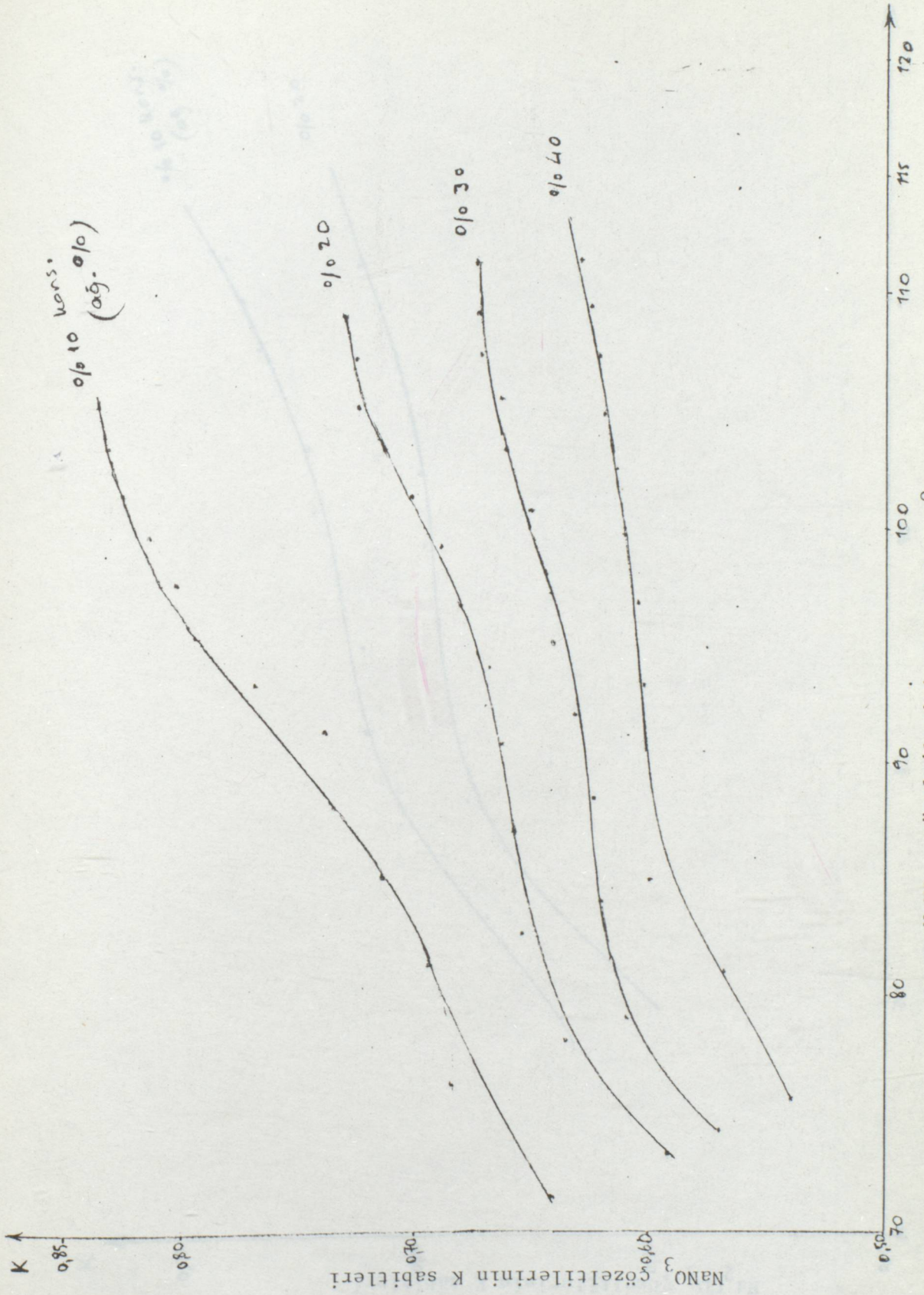
P (mm Hg)	BaCl_2					
	kons. (ağ.%)					
	%10 K	t°C	%20 K	t°C	%30 K	t°C
160	0.6675	70.7	0.6446	71.4	0.6099	72.7
210	0.7142	75.5	0.6825	76.5	0.6469	77.8
260	0.7501	79.4	0.7117	80.7	0.6646	82.4
310	0.7677	83.3	0.7177	84.9	0.6689	86.7
360	0.7860	86.5	0.7221	88.6	0.6718	90.5
410	0.7918	89.6	0.7285	91.8	0.6761	93.8
460	0.7992	92.4	0.7310	94.8	0.6818	96.7
510	0.8045	95.0	0.7316	97.6	0.6856	99.4
560	0.8150	97.3	0.7501	99.5	0.6887	101.9
610	0.8200	99.5	0.7609	101.5	0.6970	104.6
660	0.8232	101.5	0.7727	103.3	0.7036	106.5
710	0.8342	103.2	0.7781	105.2	0.7068	108.7
760	0.8387	105.5	0.7830	107.0	0.7072	110.5

Tablo: 3.3.2.16 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

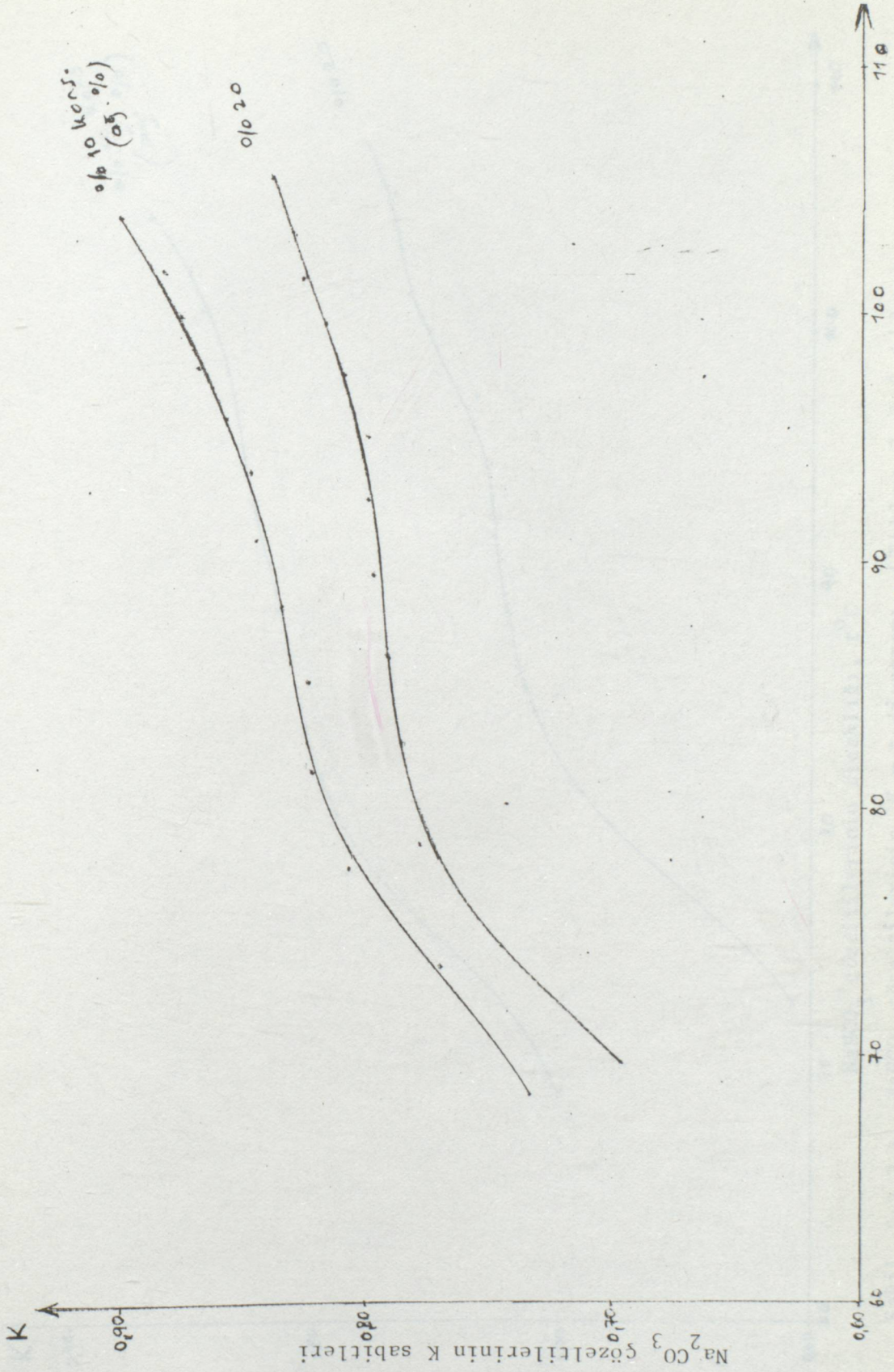
P (mm Hg)	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	
	kons. (ağ.%)	
	%10 K	t°C
160	0.7407	68.3
210	0.8006	72.7
260	0.8212	77.2
310	0.8253	81.4
360	0.8368	84.8
410	0.8449	87.9
460	0.8455	90.9
510	0.8473	93.6
560	0.8515	96.0
610	0.8562	98.2
660	0.8591	100.3
710	0.8609	102.3
760	0.8685	104.3



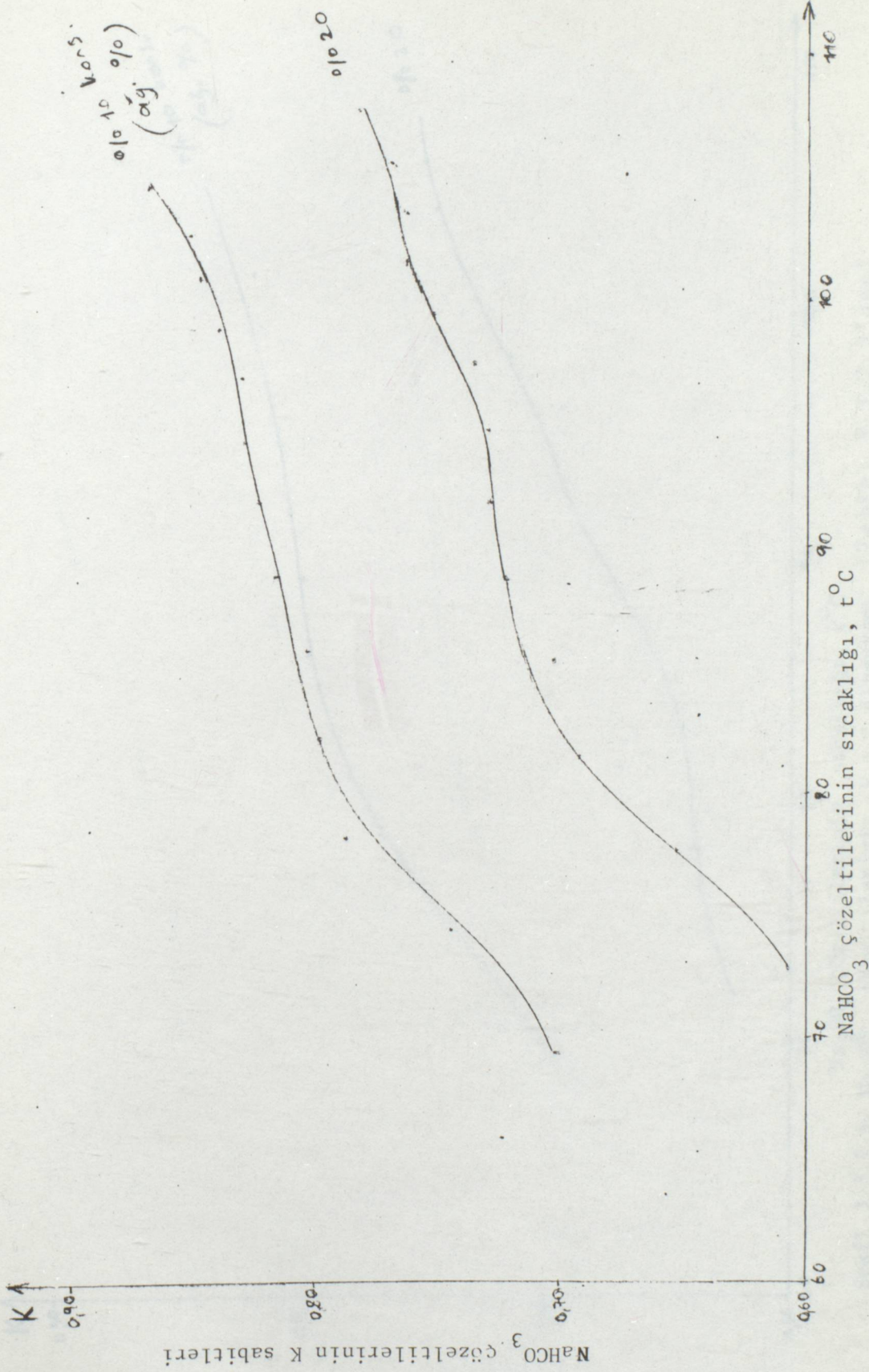
Şekil 3.3.2.1, NaCl çözeltilerinin K - t diyagramı (Tablo: 3.3.2.1'den)



Şekil 3.3.2.2. NaNO_3 çözeltilerinin K - t diyagramı (Tablo: 3.3.2.2'den)

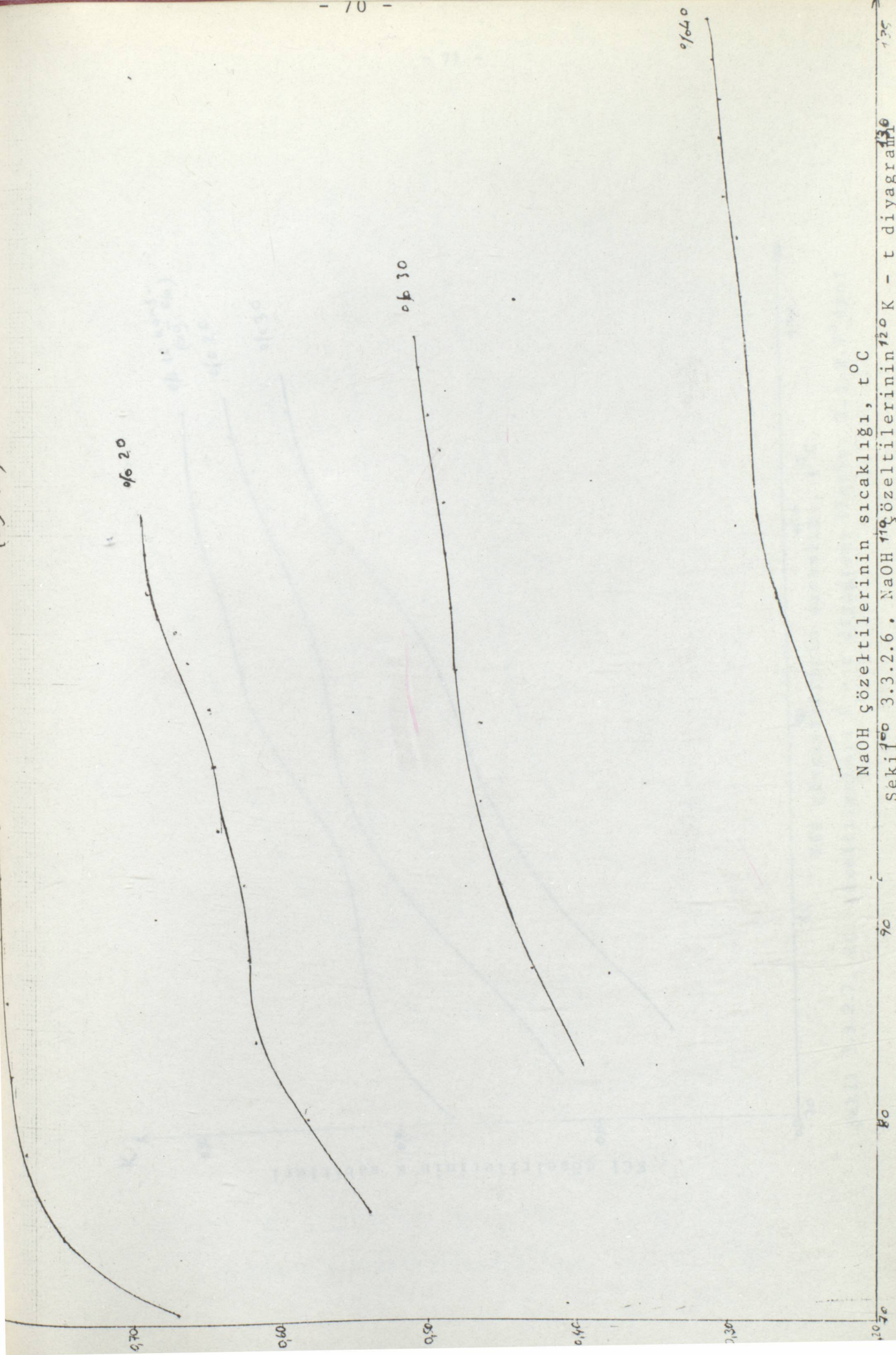


Şekil 3.3.2.3. Na_2CO_3 çözeltilerinin K- t diyagramı (Tablo: 3.3.2.3'den)



Şekil 3.3.2.4. NaHCO₃ çözeltilerinin K - t diyagramı (Tablo: 3.3.2.4'den)

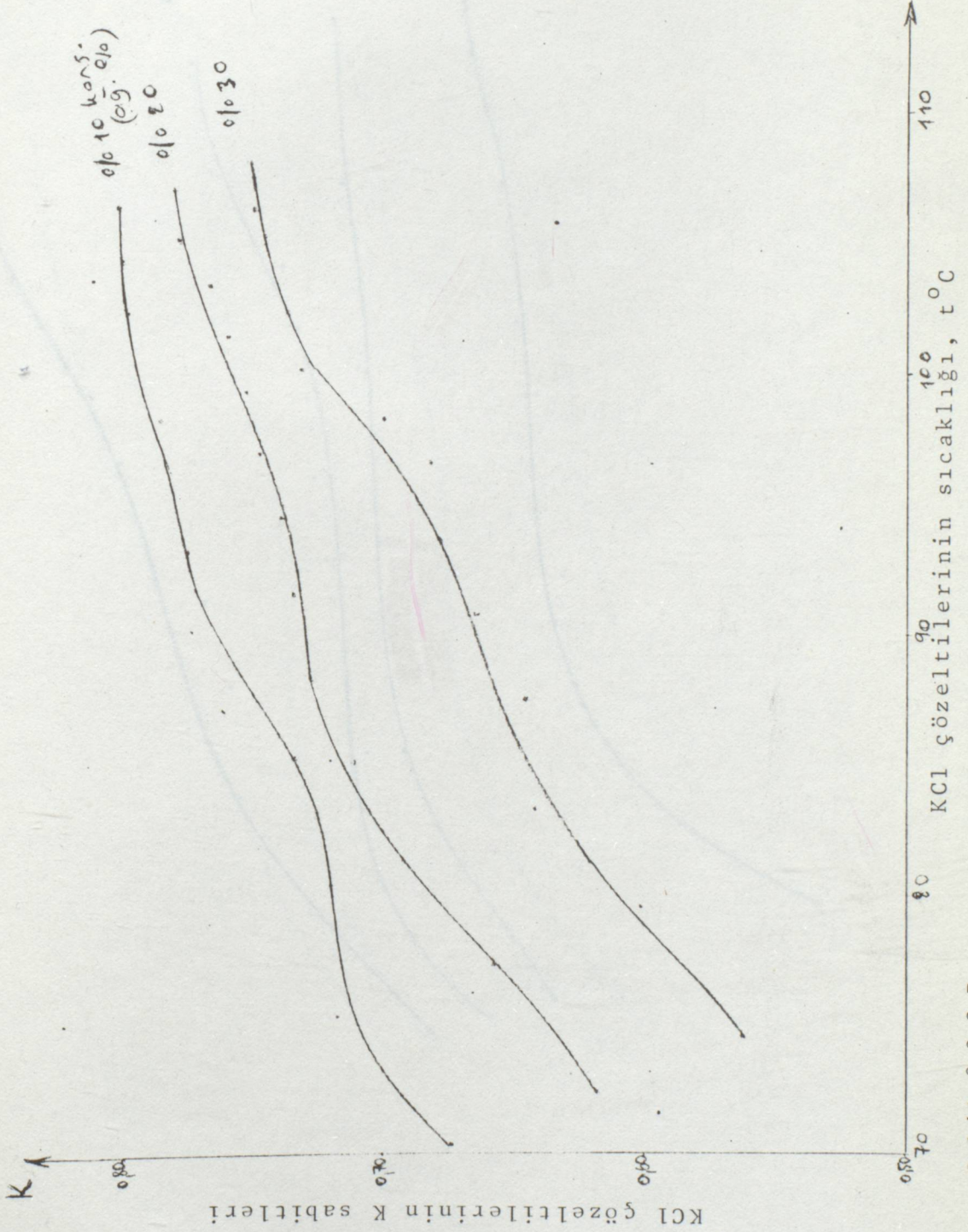
(ağ. %)



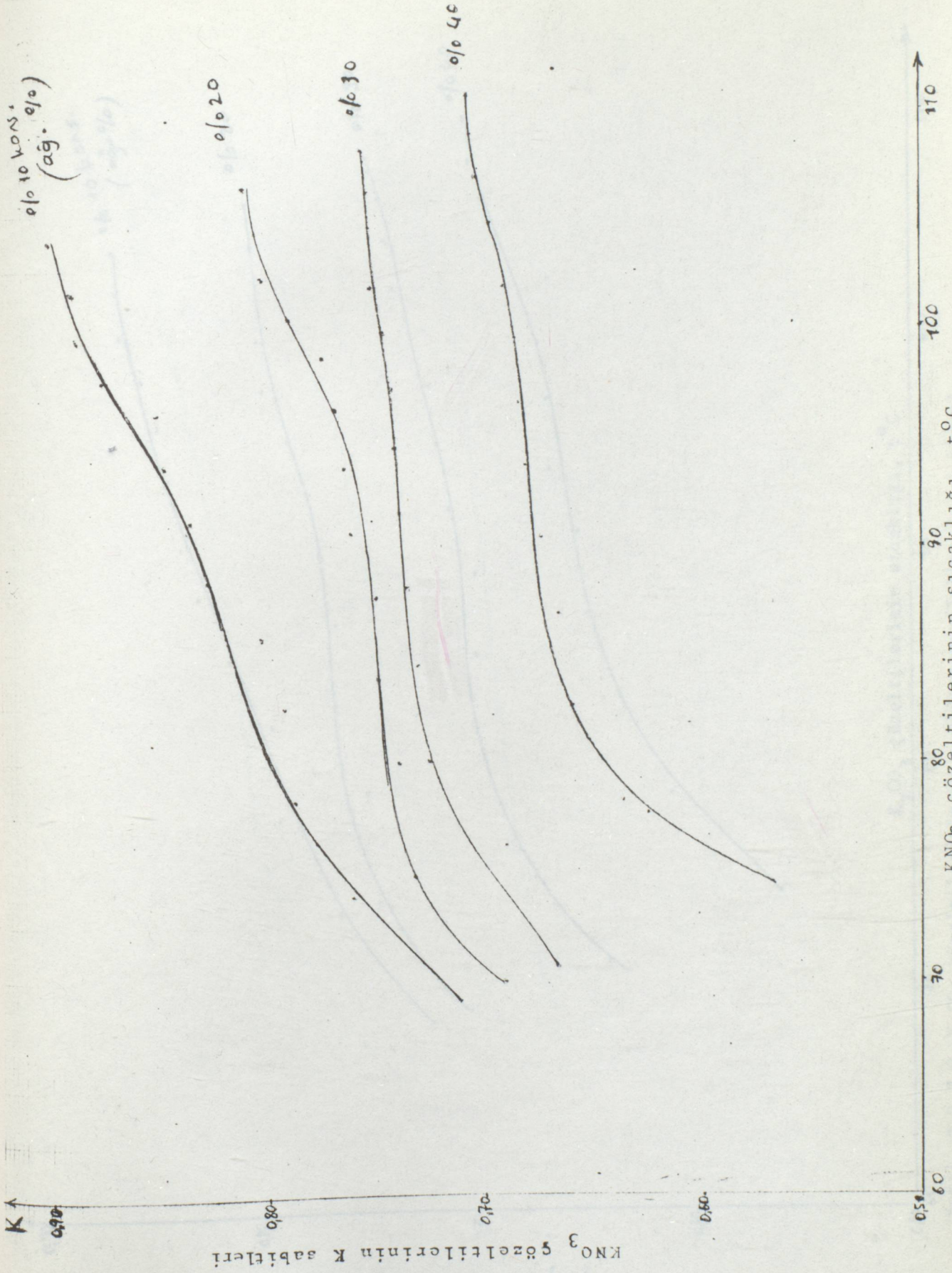
NaOH gözelttilerinin sıcaklığı, t °C

Şekil 3.3.2.6. NaOH gözelttilerinin 120 K - t diyagramı

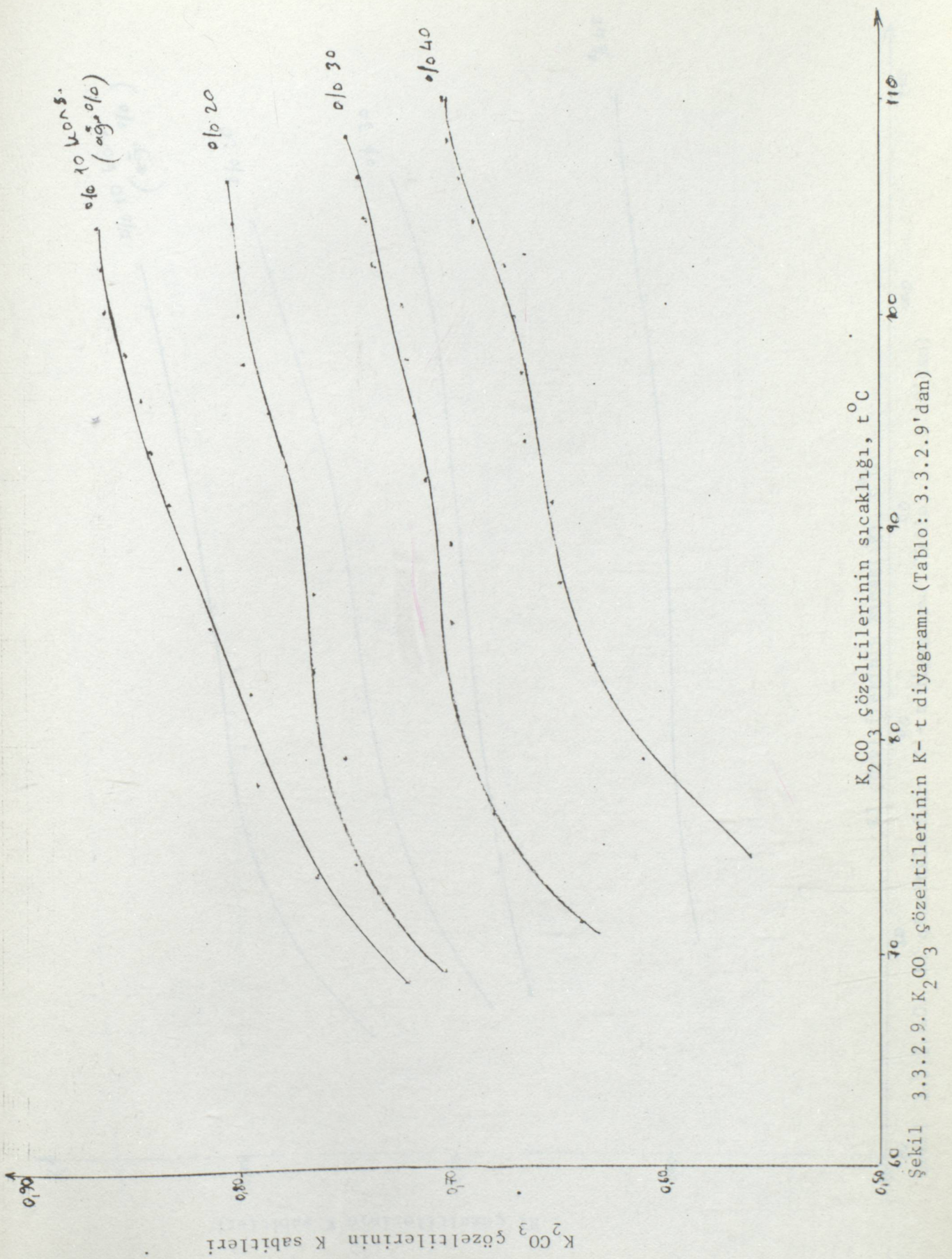
(Tablo: 3.3.2.6'dan)

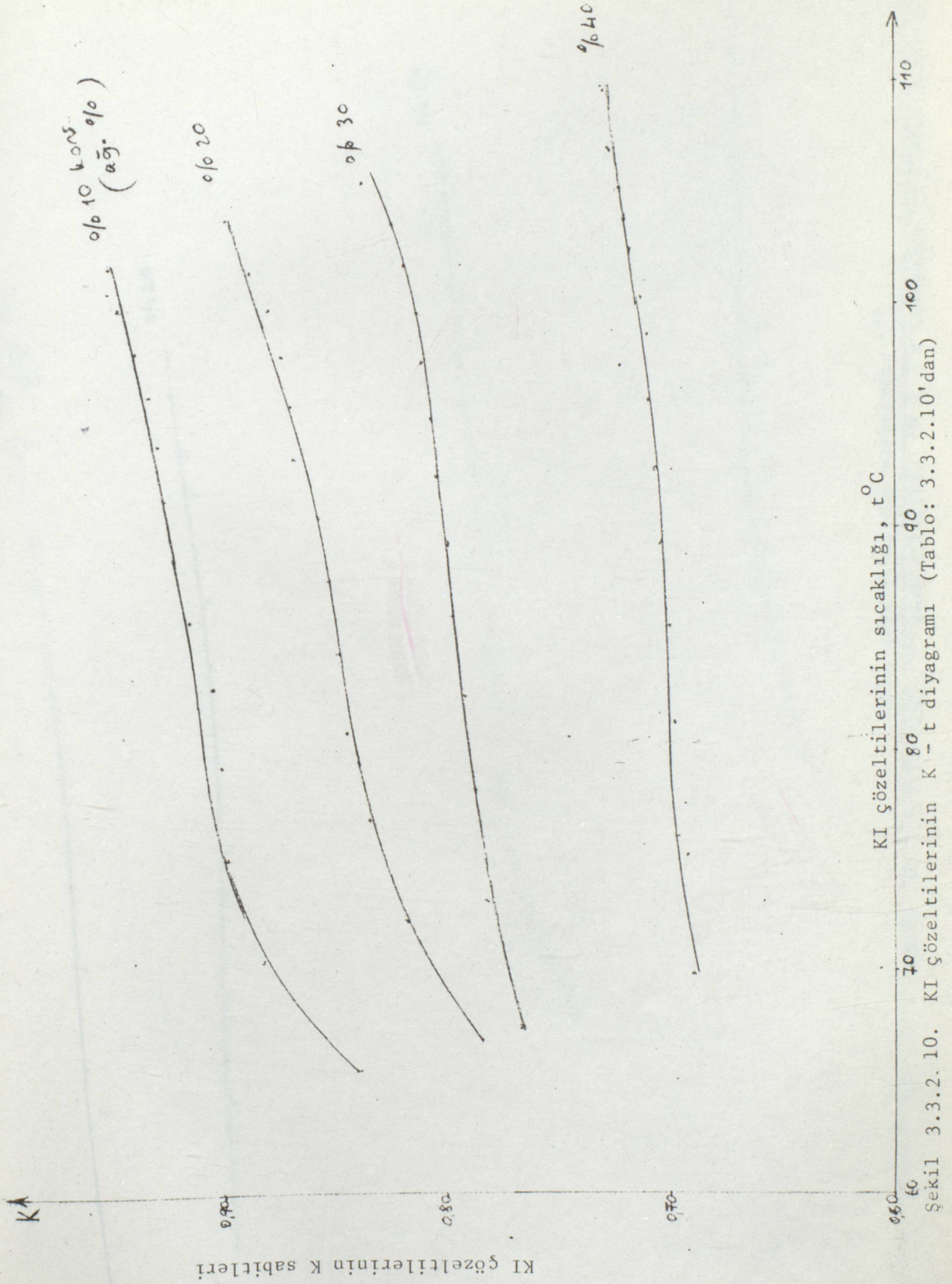


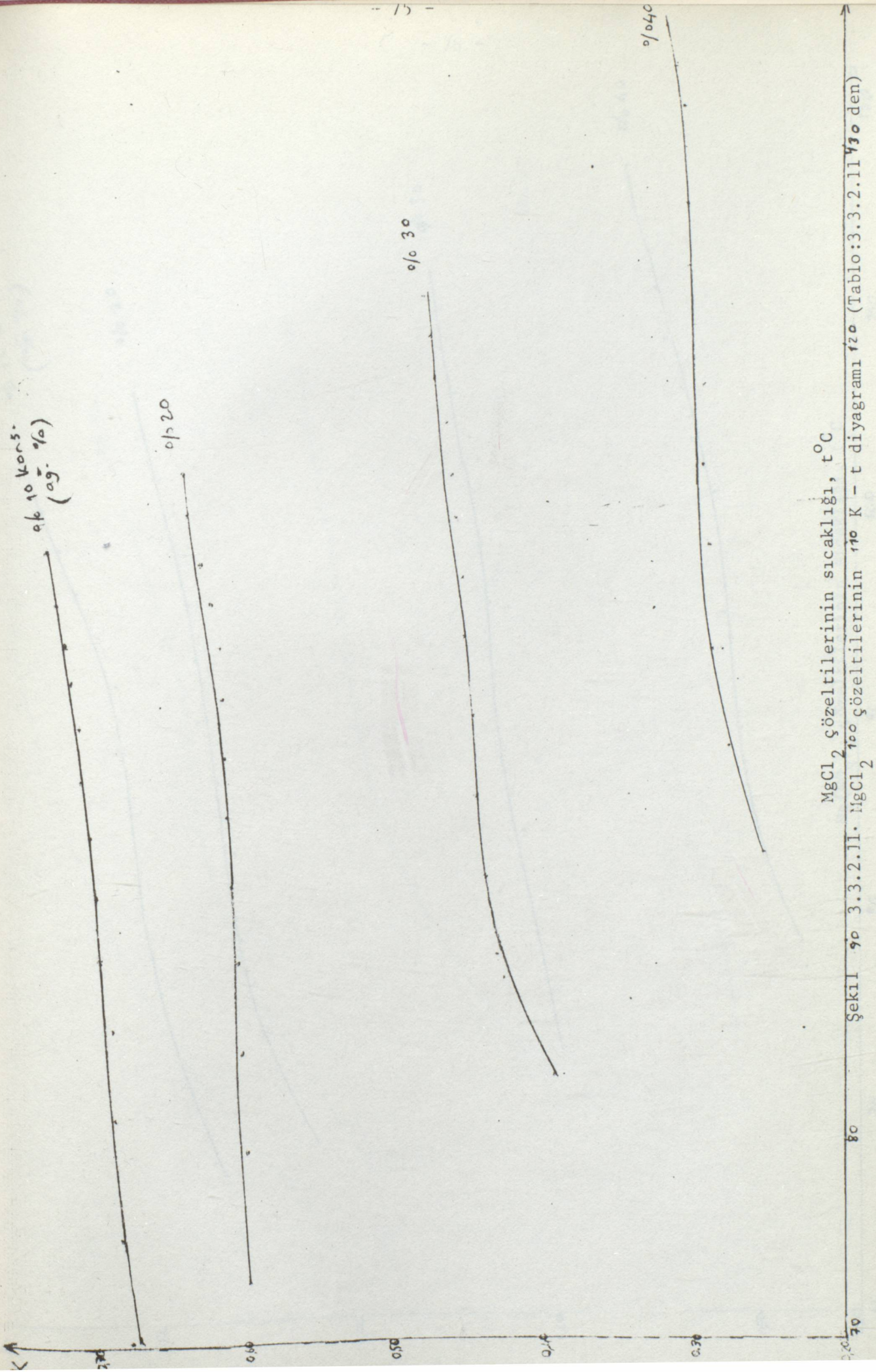
Şekil 3.3.2.7. KCl çözeltilerinin K - t diyagramı (Tablo: 3.3.2.7'den)



Şekil 3.3.2.8. KNO_3 çözeltilerinin K- t diyagramı (Tablo: 3.3.2.8'den)

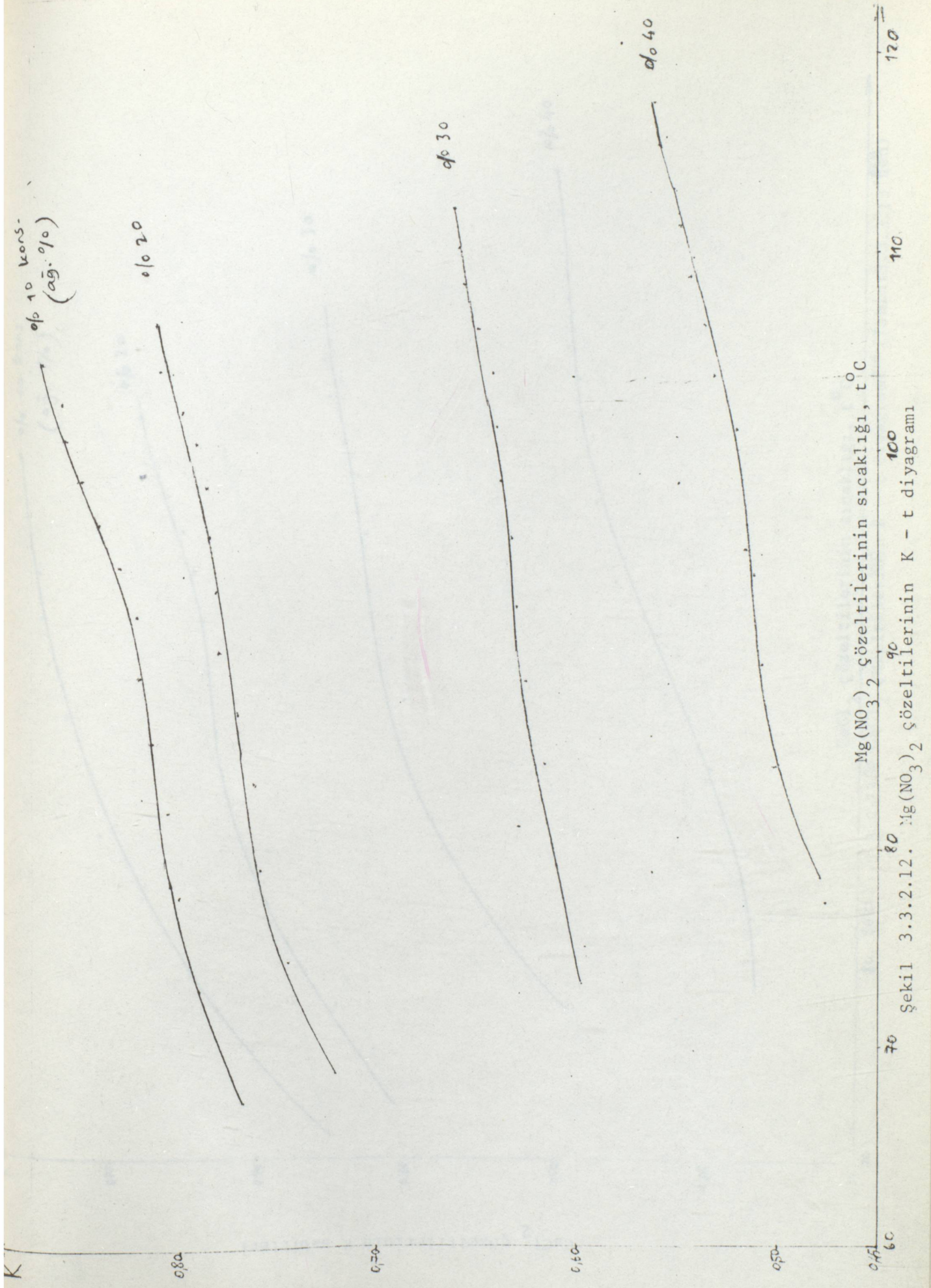






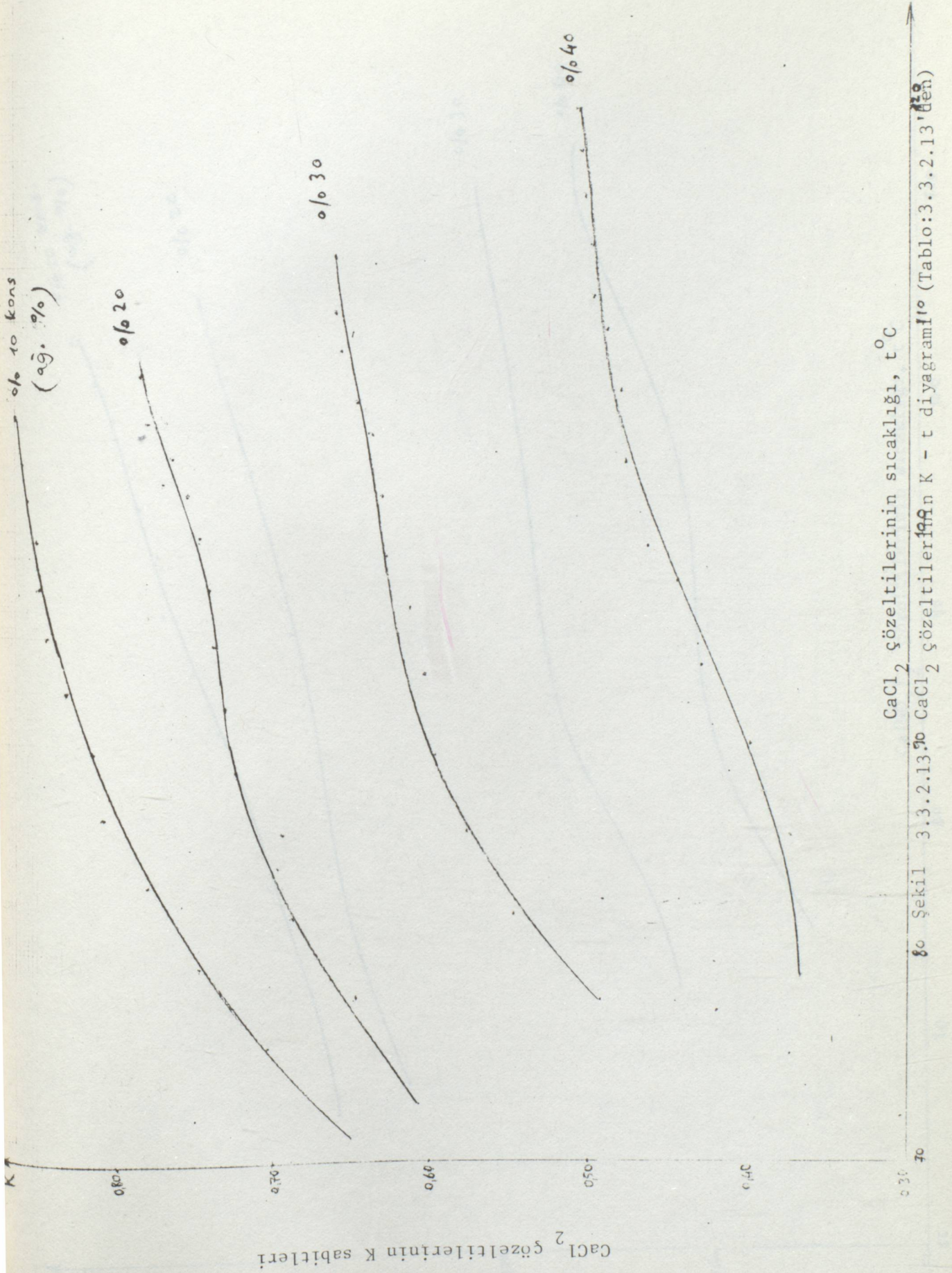
$MgCl_2$ çözeltilerinin sıcaklığı, t °C

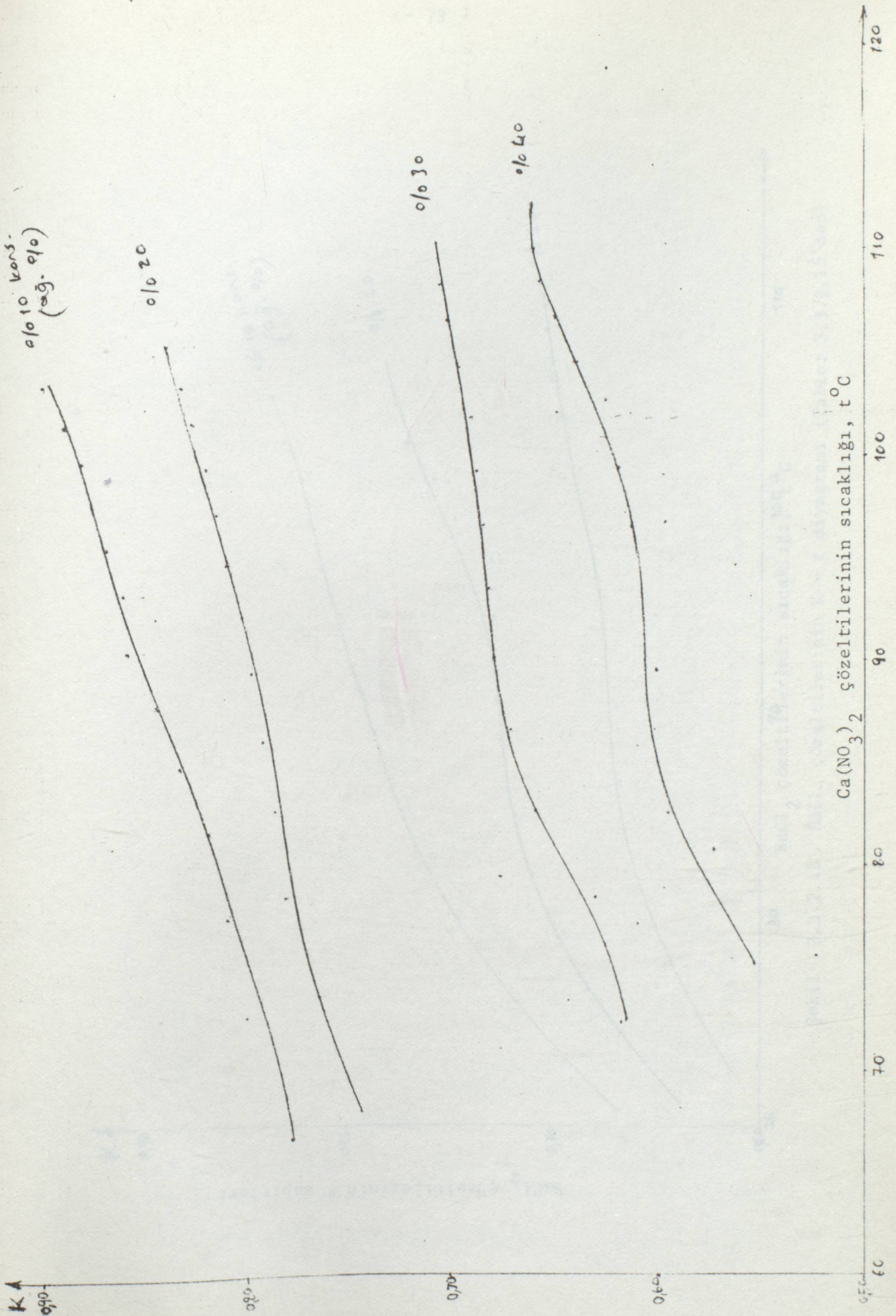
Şekil 90 3.3.2.11. $MgCl_2$ 100 çözeltilerinin 110 K - t diyagramı 120 (Tablo: 3.3.2.11 130 den)



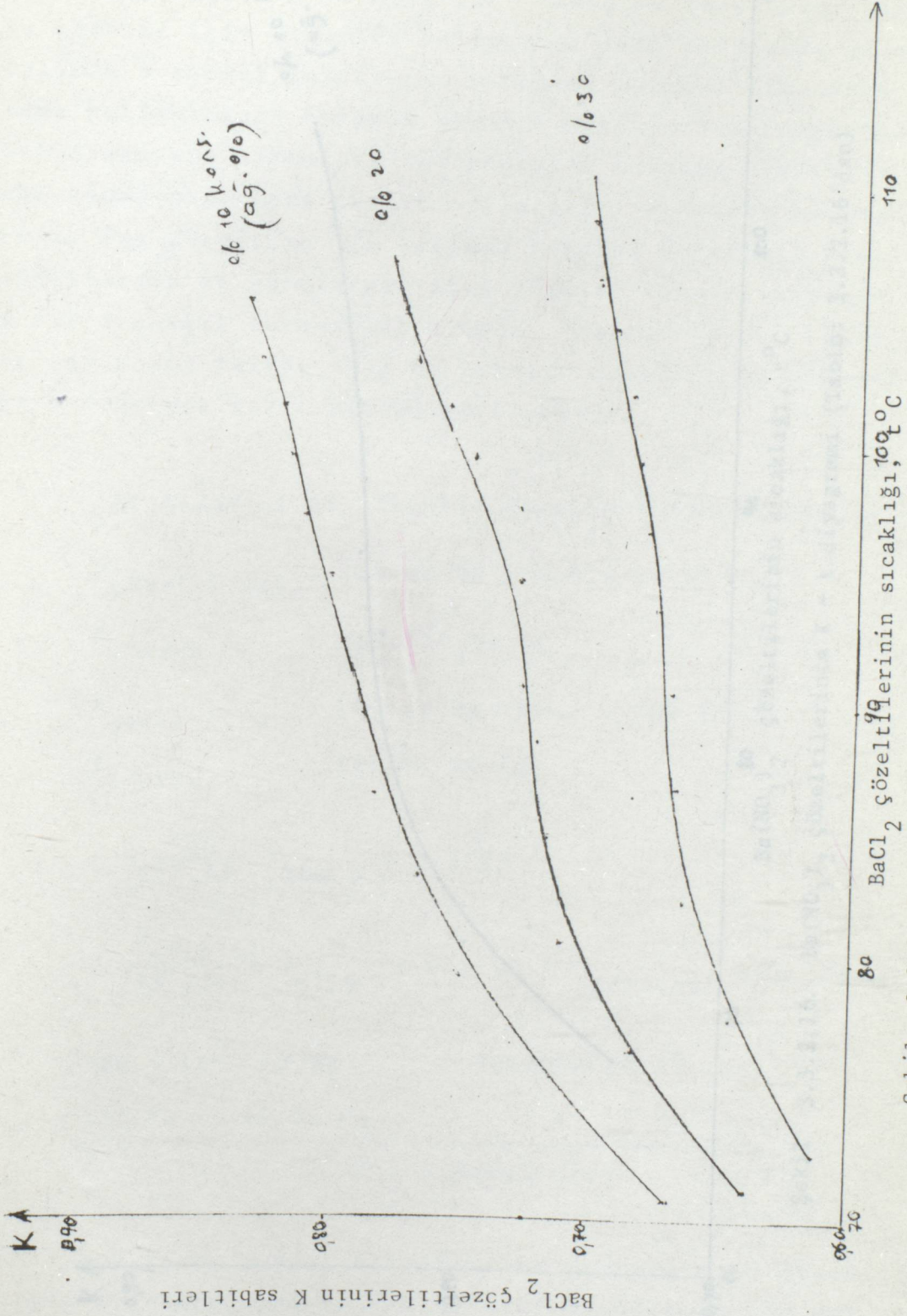
$Mg(NO_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklığı, $t^\circ C$

Şekil 3.3.2.12. $Mg(NO_3)_2$ çözeltilerinin K - t diyagramı

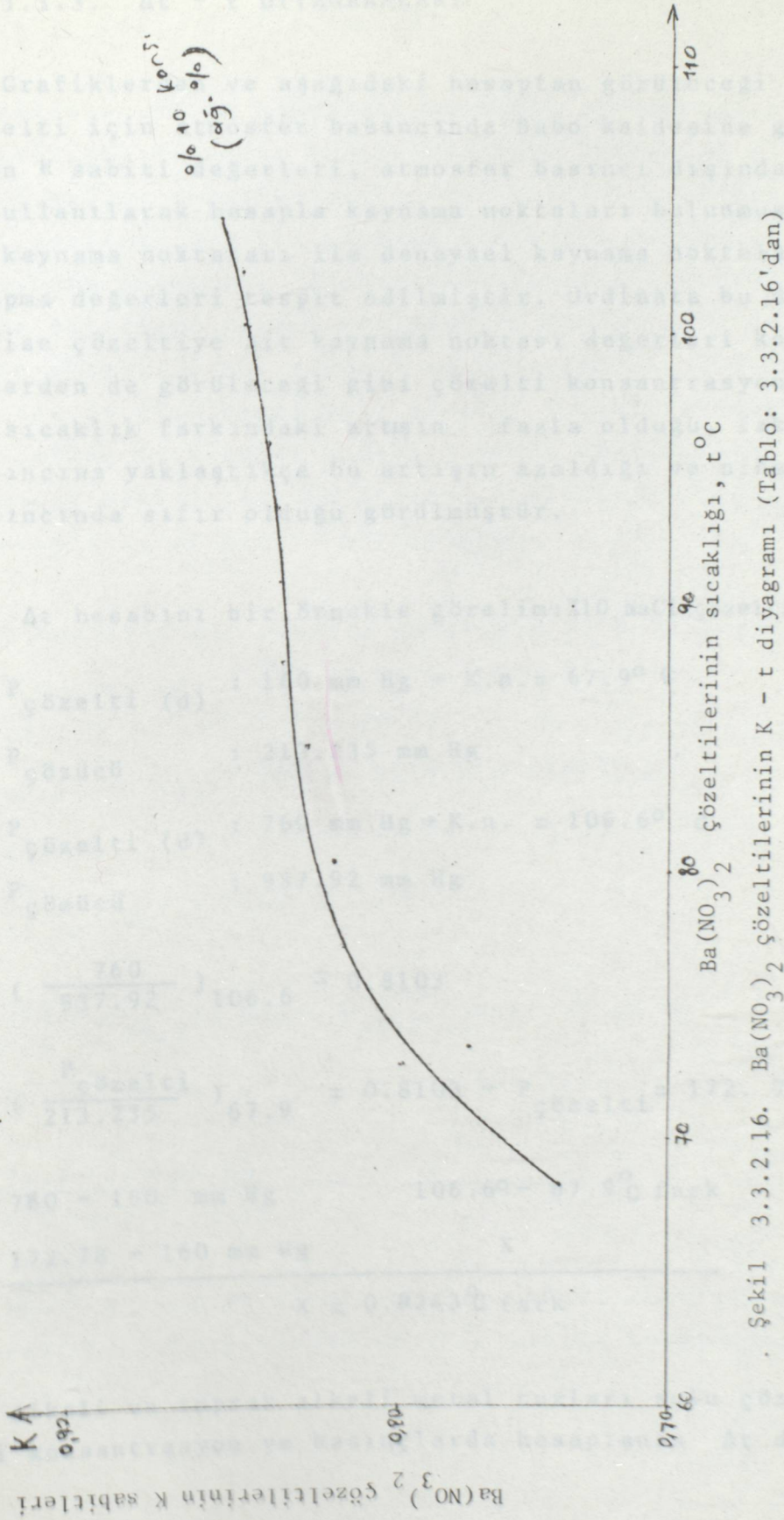




Şekil 3.3.2.14. Ca(NO₃)₂ çözeltilerinin K - t diyagramı (Tablo: 3.3.2.14'den)



Şekil 3.3.2.15. $BaCl_2$ çözeltilerinin K - t diyagramı (Tablo: 3.3.2.15'den)



3.3.3. $\Delta t - t$ DİYAGRAMLARI

Grafiklerden ve aşağıdaki hesaptan görüleceği gibi her bir çözelti için atmosfer basıncında Babo kaidesine göre belirlenen K sabiti değerleri, atmosfer basıncı dışındaki basınçlarda kullanılarak hesapla kaynama noktaları bulunmuştur. Elde edilen kaynama noktaları ile deneysel kaynama noktaları arasındaki sapma değerleri tespit edilmiştir. Ordinata bu değerler, absise ise çözeltiye ait kaynama noktası değerleri konulmuştur. Grafiklerden de görüleceği gibi çözelti konsantrasyonunun artışı ile sıcaklık farkındaki artışın fazla olduğu, fakat atmosfer basıncına yaklaştıkça bu artışın azaldığı ve nihayet atmosfer basıncında sıfır olduğu görülmüştür.

Δt hesabını bir örnekle görelim: %10 NaCl çözeltisi (ağ.%)

$$P_{\text{çözelti (d)}} : 160 \text{ mm Hg} \rightarrow K.n. = 67.9^{\circ} \text{ C}$$

$$P_{\text{çözücü}} : 213.235 \text{ mm Hg}$$

$$P_{\text{çözelti (d)}} : 760 \text{ mm Hg} \rightarrow K.n. = 106.6^{\circ} \text{ C}$$

$$P_{\text{çözücü}} : 937.92 \text{ mm Hg}$$

$$\left(\frac{760}{937.92} \right)_{106.6} = 0.8103$$

$$\left(\frac{P_{\text{çözelti}}}{213.235} \right)_{67.9} = 0.8103 \rightarrow P_{\text{çözelti}} = 172.78 \text{ mm Hg}$$

$$760 - 160 \text{ mm Hg} \quad 106.6^{\circ} - 67.9^{\circ} \text{ C fark}$$

$$172.78 - 160 \text{ mm Hg} \quad X$$

$$X = 0.8243^{\circ} \text{ C fark}$$

Alkali ve toprak alkali metal tuzları sulu çözeltilerinin çeşitli konsantrasyon ve basınçlarda hesaplanan Δt değerleri:

3.3.3. Δt - t DİYAGRAMLARI

Grafiklerden ve aşağıdaki hesaptan görüleceği gibi her bir çözelti için atmosfer basıncında Babo kaidesine göre belirlenen K sabiti değerleri, atmosfer basıncı dışındaki basınçlarda kullanılarak hesapla kaynama noktaları bulunmuştur. Elde edilen kaynama noktaları ile deneysel kaynama noktaları arasındaki sapma değerleri tespit edilmiştir. Ordinata bu değerler, absise ise çözeltiye ait kaynama noktası değerleri konulmuştur. Grafiklerden de görüleceği gibi çözelti konsantrasyonunun artışı ile sıcaklık farkındaki artışın fazla olduğu, fakat atmosfer basıncına yaklaştıkça bu artışın azaldığı ve nihayet atmosfer basıncında sıfır olduğu görülmüştür.

Δt hesabını bir örnekle görelim: % 10 NaOH çözeltisi (ağ.%)

P çözelti (d) : 160 mm Hg $\rightarrow$ K.n. = 70.5°C

P çözücü : 238.7 mm Hg

P çözelti (d) : 760 mm Hg $\rightarrow$ K.n. = 106°C

P çözücü : 930.80 mm Hg

$$\left(\frac{760}{930.80} \right)^{106} = 0.8165$$

$$\left(\frac{P_{\text{çözelti}}}{238.7} \right)^{70.5} = 0.8165 \rightarrow P_{\text{çözelti}} = 194.90 \text{ mm Hg}$$

$$760 - 160 \text{ mm Hg} \quad 106 - 70.5^\circ\text{C fark}$$

$$\frac{194.90 - 160 \text{ mm Hg}}{x} = \frac{106 - 70.5^\circ\text{C fark}}{2.0649^\circ\text{C fark}}$$

Alkali ve toprak alkali metal tuzları sulu çözeltilerinin çeşitli konsantrasyon ve basınçlarda hesaplanan Δt değerleri :

Tablo: 3.3.3.1

NaOH çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen Δt değerleri

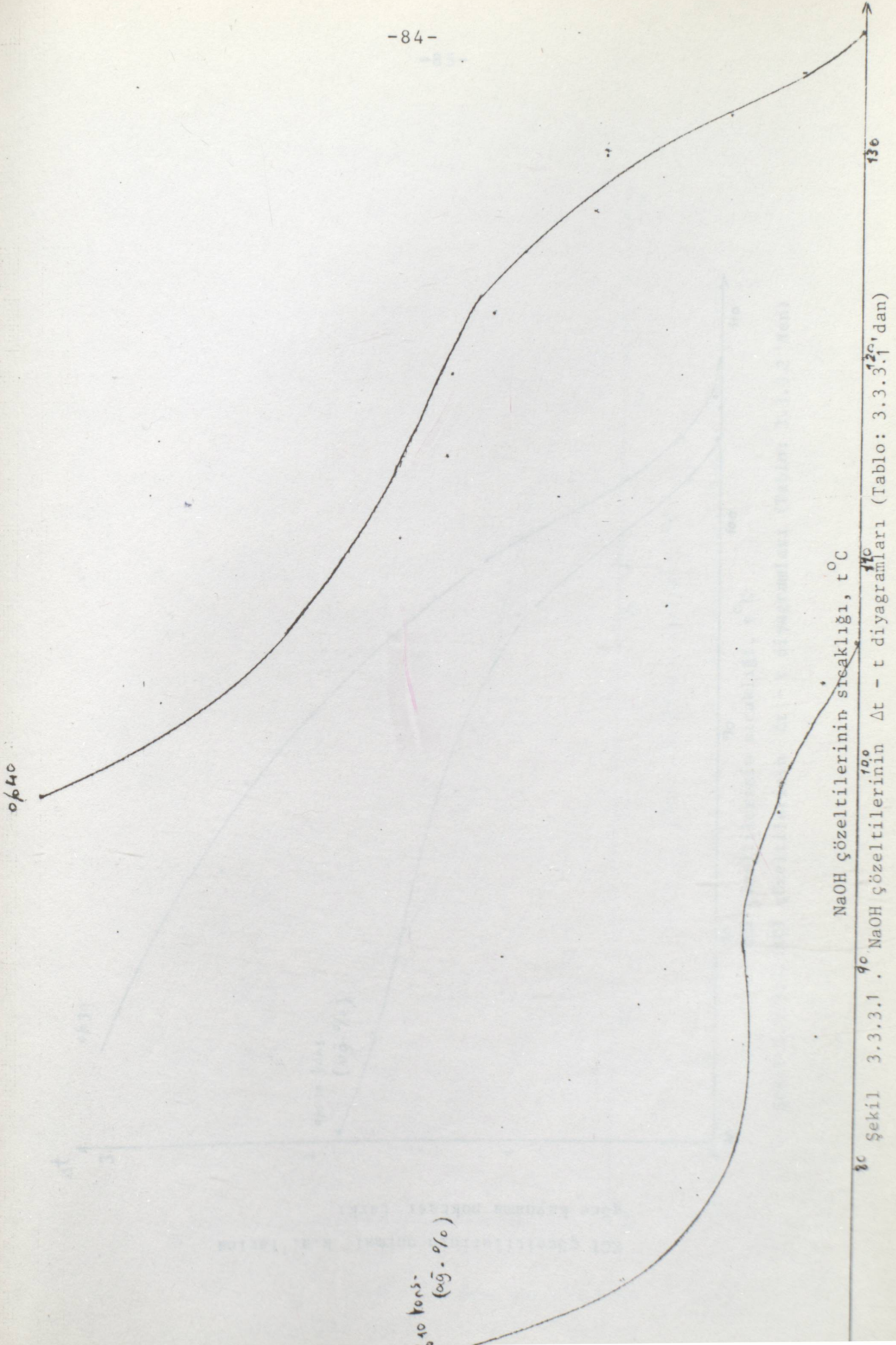
P (mm Hg)	NaOH				kons. (ağ.%)			
	%10	t ^o C	%20	t ^o C	%30	t ^o C	%40	t ^o C
	Δt		Δt		Δt		Δt	
160	2.0649	70.5	2.5198	75.6	2.8249	83.2	3.9946	98.1
210	1.1542	74.4	2.0524	80.4	2.2440	88.0	3.6193	103.6
260	0.7677	78.6	1.5440	84.3	1.8602	92.4	2.7290	107.2
310	0.5488	82.6	1.5391	88.6	1.6585	96.5	2.2493	111.1
360	0.5454	86.2	1.5633	92.4	1.6969	100.5	2.1559	115.0
410	0.5275	89.5	1.2066	95.2	1.2673	103.2	2.1230	119.0
460	0.5265	92.5	1.0263	98.3	1.0786	106.3	1.8111	122.0
510	0.4929	95.2	1.0048	101.0	1.0281	109.2	1.6508	125.0
560	0.3855	97.6	0.7911	103.1	0.9171	111.8	1.2938	127.0
610	0.3387	99.9	0.4657	105.1	0.8550	114.3	1.0892	130.0
660	0.2460	102.0	0.2516	107.0	0.3384	116.0	0.6524	132.0
710	0.1796	104.0	0.2121	109.1	0.2392	118.5	0.2920	134.0
760	0	106.0	0	111.0	0	120.0	0	136.0

Tablo: 3.3.3.2 KCl çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen Δt değerleri

P (mm Hg)	KCl				kons. (ağ.%)	
	%10	t ^o C	%20	t ^o C	%30	t ^o C
	Δt		Δt		Δt	
160	1.8314	70.4	2.4346	72.4	3.0004	74.6
210	1.6955	75.3	2.1097	77.4	2.7336	79.6
260	1.5275	80.4	1.7003	81.4	2.4240	83.3
310	1.3845	84.3	1.4500	85.1	2.3149	87.6
360	1.2761	87.2	1.2159	88.4	2.0566	90.8
410	1.2017	90.2	1.1434	91.6	1.8228	93.7
460	1.1148	93.2	1.0747	94.5	1.4016	96.7
510	0.9870	95.8	0.8976	97.0	1.1466	98.4
560	0.4564	98.2	0.7865	99.4	0.6096	100.2
610	0.2404	100.3	0.5801	101.5	0.4616	102.4
660	0.1411	102.4	0.4006	103.5	0.1794	104.3
710	0.0630	104.4	0.0752	105.2	0.0839	106.3
760	0	106.3	0	107.1	0	108.2

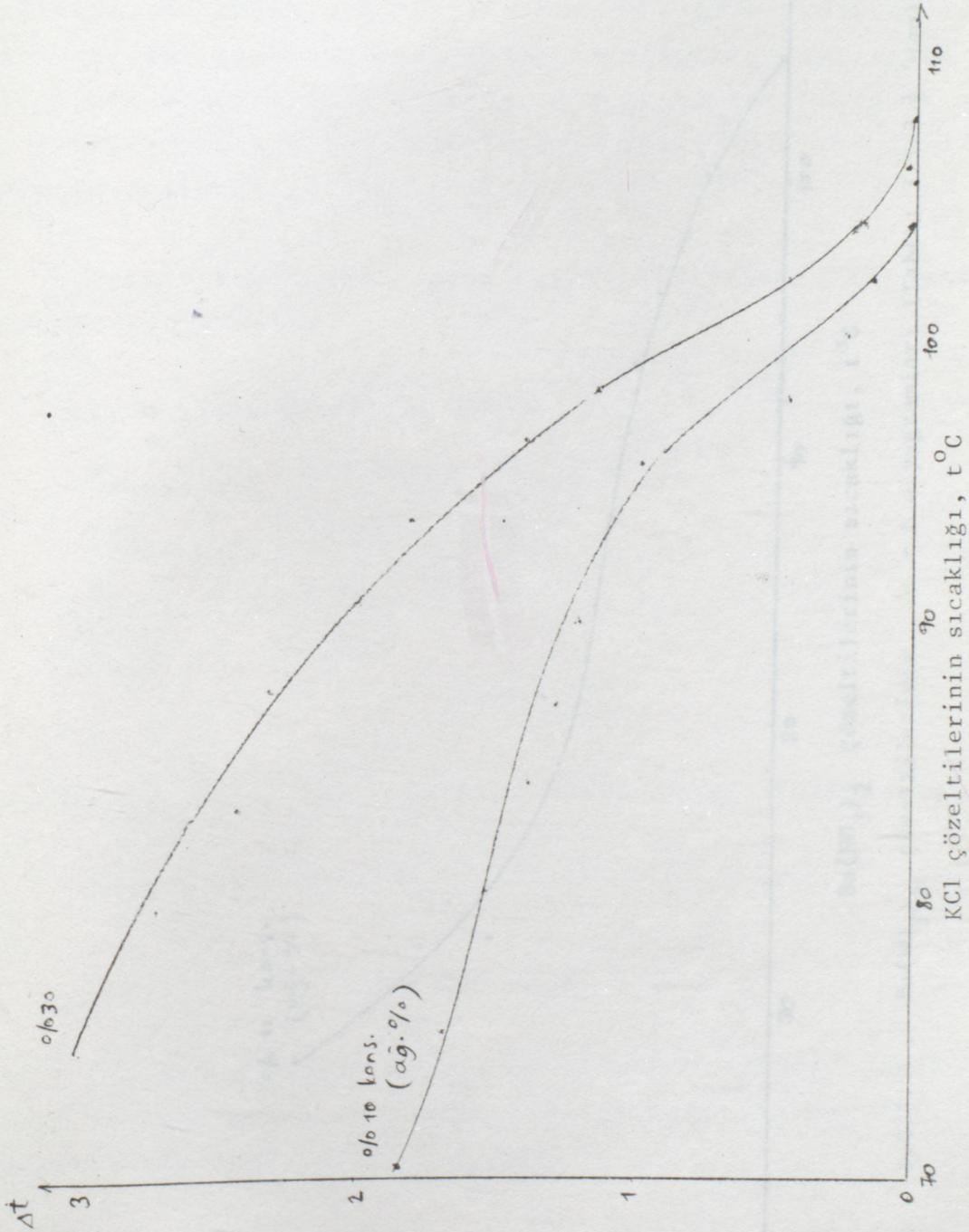
Tablo: 3.3.3.3 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen Δt değerleri

P (mm Hg)	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ kons. (ağ.%)	$t^\circ \text{C}$
	%10 Δt	
160	1.7076	68.3
210	1.0232	72.7
260	0.8413	77.2
310	0.8249	81.4
360	0.6644	84.8
410	5.5860	87.9
460	0.5565	90.9
510	0.5452	93.6
560	0.4623	96.0
610	0.3546	98.2
660	0.2868	100.3
710	0.2480	102.3
760	0	104.3



NaOH çözeltilerinin sıcaklığı, t °C

Şekil 3.3.3.1. NaOH çözeltilerinin Δt - t diyagramları (Tablo: 3.3.3.1'den)



KCl çözeltilerinin normal k.n.'larına göre kaynama noktası farkı

Şekil 3.3.3.2. KCl çözeltilerinin $\Delta t - t$ diyagramları (Tablo: 3.3.3.2 'den)

3.3.3. 2 RAOULT SAPHA - TİCARİİL DİYAGRAMLARI

Bu grafiklerde Raoult Kanununa göre bulmuş çözeltili buhar basıncı ile deneyel buhar basıncı arasındaki farkın değişimi gösterilmektedir. Bu sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır. Çözeltili konsantrasyonları 0,1 ve 0,2 ile sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır. Çözeltili konsantrasyonları 0,1 ve 0,2 ile sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

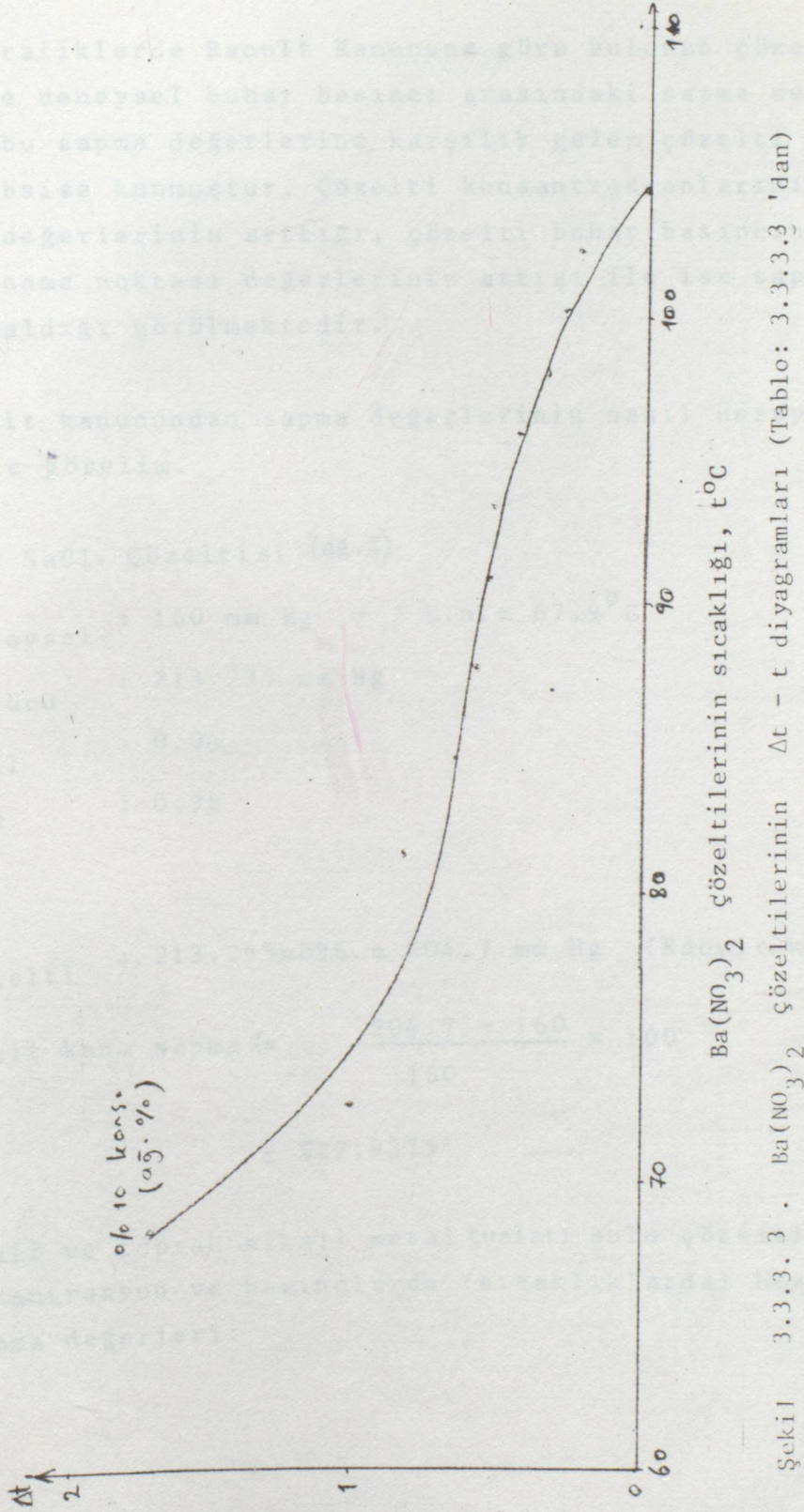
3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.

3.3.3.3. 2 Raoult Kanununa göre sapa değerlerinin karşılaştırılması için aşağıdaki gibi bir tablo hazırlanmıştır.



Şekil 3.3.3.3. 2 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin $\Delta t - t$ diyagramları (Tablo: 3.3.3.3 'dan)

$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin normal k.n.'larına göre kaynama noktası farkı

3.3.4. % RAOULT SAPMA - SICAKLIK DİYAGRAMLARI

Bu grafiklerde Raoult Kanununa göre bulunan çözelti buhar basıncı ile deneysel buhar basıncı arasındaki sapma değerleri ordinata, bu sapma değerlerine karşılık gelen çözelti sıcaklıkları ise absise konmuştur. Çözelti konsantrasyonlarının artışı ile sapma değerlerinin arttığı, çözelti buhar basıncının azalışı yani kaynama noktası değerlerinin artışı ile ise sapma değerlerinin azaldığı görülmektedir.

Raoult kanunundan sapma değerlerinin nasıl hesaplandığını bir örnekle görelim.

% 10 NaCl. Çözeltisi (ağ.%)

P_{deneysel} : 160 mm Hg $\rightarrow$ K.n. = 67.9°C

$P_{\text{çözücü}}$: 213.235 mm Hg

X_{NaCl} : 0.04

$X_{\text{H}_2\text{O}}$: 0.96

$P_{\text{çözelti}}$: 213.235x0.96 = 204.7 mm Hg (Raoult kanununa göre)

$$\text{Raoult kan. sapma \%} = \frac{204.7 - 160}{160} \times 100$$

$$= \%27.9375$$

Alkali ve toprak alkali metal tuzları sulu çözeltilerinin çeşitli konsantrasyon ve basınçlarda (sıcaklıklarda) hesaplanan % Raoult sapma değerleri:

Tablo: 3.3.4.1 NaCl çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % Raoult sapma değerleri

<u>NaCl</u>		<u>kons. (ağ.%)</u>		
P (mm Hg)	%10	t °C	%20	t °C
	% R. sap.		% R. sap.	
160	27.9375	67.9	49.2500	72.3
210	27.2190	74.1	48.6190	78.6
260	26.9415	79.2	42.2884	83.0
310	26.0387	83.4	39.5580	86.8
360	24.9861	87.0	33.7638	89.6
410	24.0414	90.2	32.5170	92.8
460	22.8382	93.0	31.9826	95.8
510	21.9843	95.6	30.8490	98.4
560	20.3714	97.8	29.8678	100.8
610	19.1786	99.9	29.3016	103.1
660	18.6696	102.0	28.5696	105.2
710	17.5070	103.8	27.2338	107.0
760	16.9500	106.6	27.0302	109.0

Tablo: 3.3.4.2 NaNO₃ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % Raoult sapma değerleri

<u>NaNO₃</u>		<u>kons. (ağ.%)</u>						
P (mm Hg)	%10	t °C	%20	t °C	%30	t °C	%40	t °C
	% R. sap.		% R. sap.		% R. sap.		% R. sap.	
160	52.6625	71.5	58.4312	73.4	61.3437	74.3	63.0187	75.6
210	42.9857	76.4	49.2857	78.2	50.6142	79.2	54.9190	81.0
260	41.0038	81.3	44.6538	82.7	48.0846	84.1	49.7538	85.0
310	37.6096	85.1	44.2006	87.1	47.3774	88.5	48.4322	89.5
360	33.1277	88.1	43.0138	90.8	45.4416	92.1	46.0361	93.4
410	32.5024	91.4	42.0756	94.1	43.2926	95.2	45.3317	96.8
460	27.2782	93.4	39.3304	96.7	42.4782	98.2	43.8391	99.7
510	23.1607	95.3	37.5686	99.2	40.4874	100.8	43.8039	102.6
560	21.9910	97.6	35.0357	101.3	40.3160	103.3	41.8946	104.9
610	20.0016	99.6	33.0147	103.3	39.0540	105.5	41.4845	107.3
660	18.6121	101.4	30.8772	105.1	36.7090	107.3	40.4227	109.4
710	17.8900	103.3	30.7732	107.2	35.5436	109.2	39.5873	111.4
760	17.2197	105.1	29.8644	109.0	34.3302	111.4	38.4118	113.2

Tablo: 3.3.4.3 Na_2CO_3 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % Raoult sapma değerleri

Na_2CO_3		kons. (ağ.%)		
P (mm Hg)	%10	$t^{\circ}\text{C}$	%20	$t^{\circ}\text{C}$
	% R. sap.		% R. sap.	
160	33.5000	68.4	37.8125	69.6
210	27.2095	73.6	28.8190	74.4
260	21.3692	77.6	23.3961	78.5
310	19.2419	81.5	22.1354	82.6
360	18.9611	85.2	21.1722	86.2
410	17.3609	88.2	20.7829	89.5
460	15.8956	90.9	20.5652	92.5
510	15.6568	93.6	19.7627	95.1
560	14.2428	95.8	19.0696	97.5
610	12.8065	97.8	17.4852	99.5
660	12.0424	99.8	16.1909	101.4
710	11.0436	101.6	15.4830	103.3
760	10.0644	103.8	15.0592	105.4

Tablo: 3.3.4.4 NaHCO_3 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % Raoult sapma değerleri

NaHCO_3		kons. (ağ.%)		
P (mm Hg)	%10	$t^{\circ}\text{C}$	%20	$t^{\circ}\text{C}$
	% R. sap.		% R. sap.	
160	39.4625	69.4	56.3937	72.8
210	31.5047	74.4	45.6666	77.6
260	24.4353	78.2	37.8230	81.5
310	22.6580	82.2	34.9612	85.4
360	21.8194	85.8	31.5277	88.6
410	20.0365	88.8	29.4146	91.8
460	19.4391	91.7	29.3500	94.8
510	18.2607	94.2	28.9098	97.4
560	18.0642	96.7	28.3303	99.4
610	16.5327	98.7	24.4049	101.4
660	15.7015	100.7	21.6454	103.6
710	15.0338	102.6	21.2338	105.5
760	14.4355	104.4	20.8605	107.6

Tablo: 3.3.4.5 Na_2SO_4 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % Raoult sapma değerleri

Na_2SO_4		% kons. (ağ.%)		
P (mm Hg)	%10	t°C	%20	t°C
	% R. sap.		% R. sap.	
160	40.6875	69.7	55.6812	72.3
210	33.7428	74.8	51.1809	78.1
260	27.4653	78.8	50.6461	83.3
310	24.6806	82.7	47.8064	87.2
360	23.2194	86.1	42.7416	90.3
410	22.4756	89.3	40.2951	93.2
460	21.6956	92.2	39.6891	96.2
510	20.9117	94.8	35.4941	98.2
560	20.2303	97.2	32.1142	100.1
610	19.9327	99.5	31.5950	102.4
660	19.4560	101.6	29.9742	104.3
710	17.4760	103.2	27.6225	106.2
760	16.8342	105.0	26.9565	108.4

Tablo: 3.3.4.6 NaOH çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % Raoult sapma değerleri

P (mm Hg)	NaOH				kons. (ağ.%)					
	%10	% R. sap.	%20	% R. sap.	%30	% R. sap.	%40	% R. sap.	% R. sap.	t°C
160	38.1631	70.5	66.7250	75.6	111.9950	83.2	240.3687	98.1		
210	28.7971	74.4	54.7142	80.4	94.8400	88.0	209.8761	103.6		
260	28.7192	78.6	45.4538	84.3	86.5923	92.4	187.4461	107.2		
310	18.3200	82.6	44.7258	88.6	80.8193	96.5	176.0064	111.1		
360	17.3866	86.2	43.8875	92.4	79.8611	100.5	171.2055	115.0		
410	17.0097	89.5	40.1780	95.2	73.1463	103.2	170.9317	119.0		
460	16.7978	92.5	39.3860	98.3	73.0608	106.3	165.4891	122.0		
510	16.4470	95.2	38.9829	101.0	72.2901	109.2	162.8450	125.0		
560	15.7683	97.6	35.8228	103.1	71.1892	111.8	156.4875	127.0		
610	15.4540	99.9	33.6824	105.1	70.6803	114.3	155.7606	130.0		
660	14.9606	102.0	32.3545	107.0	68.7181	116.0	150.8818	132.0		
710	14.6997	104.0	31.6940	109.1	67.9887	118.5	147.3492	134.0		
760	14.6710	106.0	31.5894	111.0	67.5881	120.0	144.8131	136.0		

Tablo: 3.3.4.7 KCl çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen
% Raoult sapma değerleri

KCl

P (mm Hg)	kons. (ağ.%)					
	%10		%20		%30	
	% R. sap.	t °C	% R. sap.	t °C	% R. sap.	t °C
160	44.1000	70.4	52.1625	72.4	59.8625	74.6
210	35.2190	75.3	47.4380	77.4	49.7428	79.6
260	34.6807	80.4	38.7938	81.4	45.3307	83.3
310	32.0129	84.3	33.9935	85.1	39.8967	87.6
360	27.2833	87.2	29.1716	88.4	35.4861	90.8
410	25.3341	90.2	28.0531	91.6	32.6146	93.7
460	25.0456	93.2	27.1673	94.5	31.9978	96.7
510	24.1627	95.8	25.7137	97.0	27.6274	98.4
560	23.3978	98.2	24.8589	99.4	26.0178	100.2
610	22.1540	100.3	23.5344	101.5	24.0983	102.4
660	21.6257	102.4	22.4969	103.5	23.5939	104.3
710	21.2450	104.4	21.8014	105.2	22.9338	106.3
760	20.0592	106.3	21.4657	107.1	22.7605	108.2

Tablo: 3.3.4.8 KNO₃ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen
% Raoult sapma değeri

KNO₃

(P mm Hg)	kons.(ağ.%)							
	%10		%20		%30		%40	
	% R. sap.	t °C	% R. sap.	t °C	% R. sap.	t °C	% R. sap.	t °C
160	37.0312	69.1	39.0000	69.9	39.3125	70.7	58.5125	74.4
210	28.2400	73.8	31.0142	74.8	34.5400	76.2	41.4285	78.2
260	24.3846	78.2	30.0384	79.9	32.5903	80.3	36.5230	82.6
310	24.1754	82.5	28.0825	83.8	31.0800	84.4	35.0580	86.8
360	21.8194	85.8	27.9444	87.6	30.3379	88.1	33.4500	90.4
410	18.2453	88.4	25.9379	90.6	28.2146	91.5	32.1219	93.7
460	17.2108	91.2	25.6118	93.6	26.3478	94.4	31.8173	96.6
510	16.0882	93.7	24.6960	96.3	25.2823	97.2	31.7392	99.5
560	15.0821	96.0	23.9000	98.6	24.8660	99.7	30.5107	101.8
610	11.9918	97.6	21.3262	100.4	23.5229	101.8	30.3098	104.7
660	10.4500	99.4	19.5217	102.4	23.3030	104.4	30.1621	106.8
710	10.2591	101.4	18.6169	104.2	23.2816	106.1	30.0183	108.8
760	10.0644	103.8	18.4736	106.3	22.9092	108.0	29.8526	110.6

Tablo: 3.3.4.9 K_2CO_3 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen
% Raoult sapma değerleri

K₂CO₃

kons. (ağ.%)

P (mm Hg)	%10		%20		%30		%40	
	% R. sap.	t°C	% R. sap.	t°C	%R. sap.	t°C	% R. sap.	t°C
160	30.9875	68.8	38.0375	69.4	48.6125	71.6	64.1000	74.7
210	29.5485	73.8	32.1619	74.4	39.7380	76.6	55.6142	79.2
260	25.1384	78.1	29.3076	79.4	36.1423	81.2	45.1461	83.6
310	24.4193	82.3	26.8483	83.3	36.0645	85.6	41.8258	87.8
360	21.6027	85.5	26.5861	87.1	35.6111	89.4	41.1333	91.3
410	19.4512	88.4	25.3341	90.2	33.3585	92.4	38.0975	94.2
460	18.8565	91.3	24.5817	93.1	32.3673	95.3	37.9086	97.3
510	17.7078	93.8	23.2549	95.6	31.7450	98.0	37.0980	100.0
560	17.1107	96.2	21.6250	97.8	31.2500	100.5	35.9553	102.4
610	16.0377	98.3	21.2852	100.1	28.8819	102.4	33.3786	104.3
660	14.8166	100.2	21.1954	102.3	28.1863	104.5	32.1060	106.3
710	14.5760	102.2	20.8211	104.3	27.6816	106.5	31.0436	108.2
760	14.3907	104.1	25.5421	106.2	26.8460	108.3	30.5210	110.1

Tablo: 3.3.4.10 KI çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen
% Raoult sapma değerleri

KI									
P (mm Hg)					kons. (ağ.%)				
	%10		%20		%30		%40		
	% R. sap.	t°C	% R. sap.	t°C	% R. sap.	t°C	% R. sap.	t°C	
160	22.8937	65.5	23.1818	66.9	25.1562	67.4	34.6750	69.8	
210	12.0571	70.4	18.6171	72.2	22.5142	73.2	33.4771	76.0	
260	10.0769	75.0	17.1761	76.8	21.8461	78.2	33.2730	81.2	
310	9.7935	79.2	16.9967	80.8	21.1451	82.4	32.6580	85.5	
360	9.2833	82.8	14.1361	84.4	20.2388	86.0	31.9805	89.2	
410	8.0548	85.8	13.5121	87.6	19.9756	89.3	31.5292	92.6	
460	7.2847	88.6	12.9891	90.5	19.3913	92.2	31.0173	95.6	
510	6.7980	91.2	11.5313	92.9	18.8823	94.9	30.8490	98.4	
560	6.4053	93.6	11.4287	95.4	18.2071	97.3	30.7928	101.0	
610	5.9491	95.8	10.8491	97.6	17.9065	99.6	30.4967	103.8	
660	5.3242	97.8	10.1090	99.6	17.4333	101.7	28.5696	105.2	
710	4.4647	99.6	9.5338	101.4	14.6690	103.5	27.5859	107.1	
760	4.4263	101.5	9.1381	103.7	14.4500	105.4	27.1828	109.7	

Tablo: 3.3.4.11 MgCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen

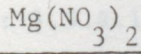
% Raoult sapma değerleri



P (mm Hg)	%10		%20		%30		%40	
	% R. sap.	t°C	% R. sap.	t°C	% R. sap.	t°C	% R. sap.	t°C
160	44.3625	70.2	59.1250	73.2	136.5687	83.4	250.0125	94.8
210	43.5666	76.5	58.6952	79.7	118.2619	88.3	220.9428	99.9
260	42.1730	81.5	57.1884	84.8	112.9000	93.3	209.0923	104.9
310	42.0032	85.9	56.5645	89.2	109.1290	97.6	208.5000	110.0
360	40.4250	89.5	55.9055	93.1	108.8055	101.6	203.4027	114.1
410	39.6341	92.8	55.1853	96.5	107.1341	105.5	203.2902	118.0
460	39.0782	95.8	54.7260	99.6	107.4500	108.7	197.3369	121.0
510	37.8823	98.4	54.1529	102.4	106.7372	111.6	194.5392	124.0
560	37.8232	101.0	53.7071	105.0	101.1642	113.6	194.1482	127.0
610	36.7344	103.2	52.2114	107.2	100.3344	116.4	193.6196	130.0
660	35.9560	105.3	51.5666	109.2	100.0772	118.5	189.9803	132.0
710	34.9028	107.2	50.7000	111.8	98.8014	120.6	185.8971	134.0
760	34.1828	109.7	50.4092	113.8	98.3907	122.7	182.9657	136.0

Tablo: 3.3.4.12 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen

% Raoult sapma değerleri



P (mm Hg)	%10		%20		%30		%40	
	% R. sap.	t°C	% R. sap.	t°C	% R. sap.	t°C	% R. sap.	t°C
160	29.0687	67.4	34.4625	68.8	59.1250	73.2	92.1627	78.5
210	25.2571	73.0	30.1619	74.4	55.5285	79.2	83.3428	84.1
260	23.5961	77.8	27.7384	79.1	54.1538	84.3	81.3107	89.3
310	22.9193	82.0	27.3516	83.4	52.1838	88.5	79.9548	93.8
360	21.6027	85.5	25.8166	86.9	51.3138	92.3	78.1477	97.6
410	20.8146	88.7	24.8609	90.1	50.1560	95.6	76.7219	101.0
460	20.2043	91.6	24.1173	93.0	48.7260	98.5	73.2152	103.7
510	19.4666	94.2	23.7098	95.7	48.2745	101.3	71.5509	106.4
560	17.9696	96.4	23.3964	98.2	47.9392	103.9	69.9785	108.7
610	16.8770	98.5	22.5901	100.4	47.0868	106.2	68.8540	111.4
660	16.0515	100.5	21.6257	102.4	46.5606	108.4	66.6287	113.2
710	15.3915	102.4	19.9732	104.1	45.7577	110.2	66.4760	115.4
760	15.1986	104.3	19.9592	106.3	45.0421	112.3	66.4539	117.5

3.3.4.13 CaCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen

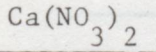
% Raoult sapma değerleri



P (mm Hg)	kons. (ağ.%)							
	%10 % R. sap.	t°C	%20 % R. sap.	t°C	%30 % R. sap.	t°C	%40 % R. sap.	t°C
160	50.6750	71.2	58.0375	72.8	88.6687	77.8	151.7187	85.8
210	39.4380	75.8	49.0047	77.9	67.7523	81.9	125.3238	90.0
260	31.1692	79.5	40.4184	81.7	58.8076	85.9	109.1230	93.7
310	25.6290	82.8	38.5806	85.8	55.3387	89.6	102.3838	97.6
360	21.3416	85.7	32.9333	88.6	48.6833	93.4	95.5000	100.8
410	20.5024	88.9	31.2707	91.7	45.9170	96.5	88.9414	103.4
460	18.1000	91.4	30.3551	94.6	45.8710	98.9	88.6195	106.8
510	16.0882	93.7	29.7960	97.3	45.7019	101.7	87.1117	109.6
560	15.5053	96.1	28.8946	99.7	45.3214	104.8	80.3955	111.3
610	15.2786	98.4	27.5081	101.8	42.9934	106.1	79.8934	113.8
660	14.4792	100.4	25.5393	103.6	41.5318	108.6	78.0545	115.9
710	13.8225	103.3	24.7802	105.2	40.7521	110.4	71.5000	118.0
760	13.0355	104.8	24.3105	107.4	40.5684	112.5	70.3447	120.0

Tablo: 3.3.4.14 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen

% Raoult sapma değerleri



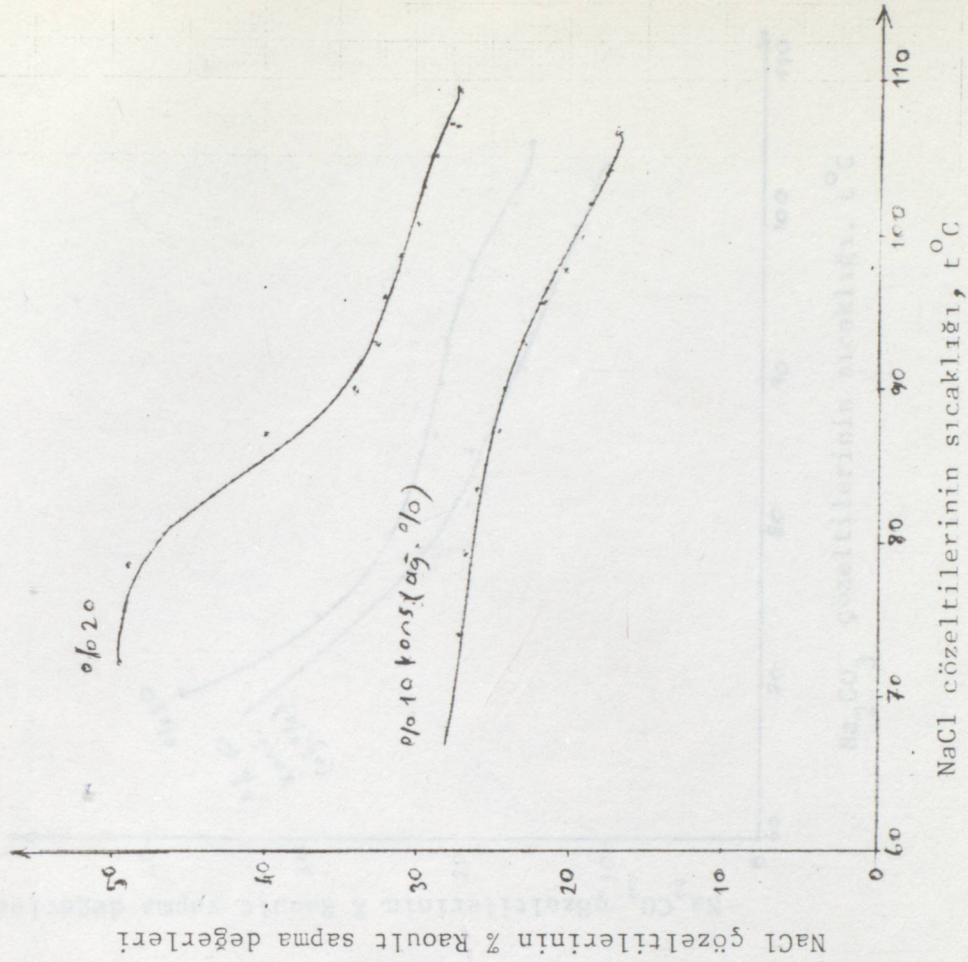
P (mm Hg)	kons. (ağ.%)							
	%10 % R. sap.	t°C	%20 % R. sap.	t°C	%30 % R. sap.	t°C	%40 % R. sap.	t°C
160	25.6625	66.8	30.3937	68.1	53.7812	72.4	68.7312	75.1
210	23.6523	72.7	26.9314	73.8	50.5523	78.4	62.4400	80.8
260	22.0746	77.5	24.6807	78.5	45.7692	82.6	56.3115	85.2
310	21.4483	81.7	23.8783	82.7	44.2516	86.6	54.7548	89.5
360	18.7722	84.9	22.4333	86.2	43.8638	90.2	53.7611	93.3
410	17.1682	87.9	22.0414	89.5	43.6585	93.6	51.9195	96.5
460	15.6195	90.5	20.9130	92.3	42.9217	96.6	50.3869	99.4
510	15.5411	93.3	19.6784	94.8	42.5823	99.3	50.0745	102.6
560	14.1446	95.5	19.0035	97.2	38.4035	101.8	47.8964	104.5
610	13.1344	97.6	18.2836	99.4	36.2786	104.4	45.9836	106.6
660	12.3787	99.6	17.8196	101.5	35.0030	106.5	43.4757	108.4
710	11.3845	101.4	16.6859	103.3	34.3929	108.3	41.7112	110.2
760	11.2578	103.3	16.0618	105.3	34.3197	110.3	41.5157	112.2

Tablo: 3.3.4.15 BaCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen
% Raoult sapma değerleri

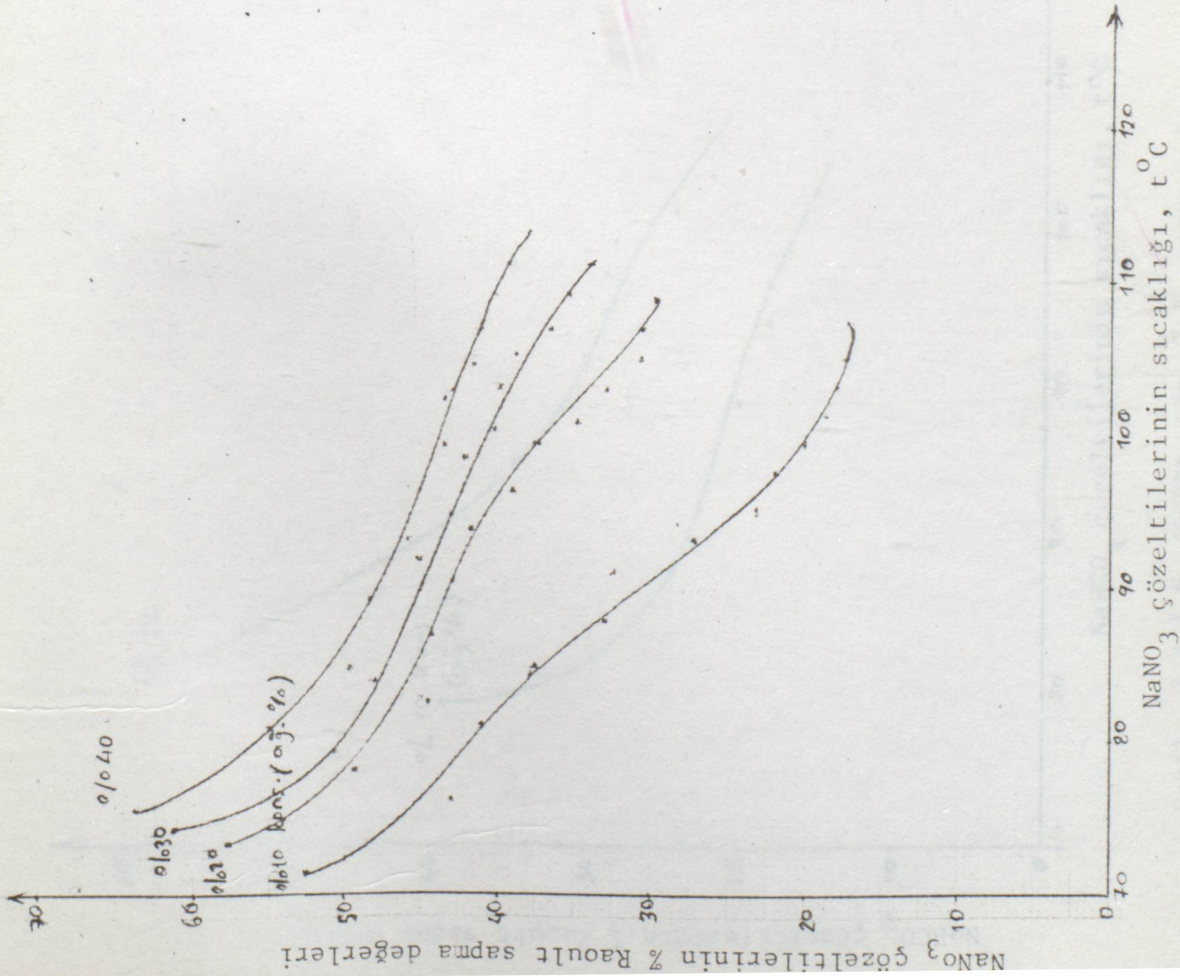
<u>BaCl_2</u>						
<u>kons. (ağ.%)</u>						
P (mm Hg)	%10	$t^{\circ}\text{C}$	%20	$t^{\circ}\text{C}$	%30	$t^{\circ}\text{C}$
	% R. sap.		% R. sap.		% R. sap.	
160	48.9625	70.7	52.0187	71.4	57.3750	72.7
210	39.1619	75.5	43.5666	76.5	48.3857	77.8
260	31.9730	79.4	37.6884	80.7	44.4423	82.4
310	29.4645	83.3	36.5354	84.9	43.5032	86.7
360	26.4444	86.5	35.7027	88.6	42.8861	90.5
410	25.0243	89.6	34.5097	91.8	41.9804	93.8
460	23.8673	92.4	34.0543	94.8	40.7978	96.7
510	23.0509	95.0	33.9509	97.6	40.0176	99.4
560	21.9000	97.3	30.1732	99.5	39.9767	101.9
610	21.1572	99.3	28.7901	101.5	39.6508	104.6
660	20.2484	101.5	26.8196	103.3	38.8000	106.5
710	18.6746	103.2	25.9422	105.2	38.0732	108.7
760	18.1013	105.5	25.1552	107.0	38.0473	110.5

Tablo: 3.3.4.16 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla
değişen % Raoult sapma değerleri

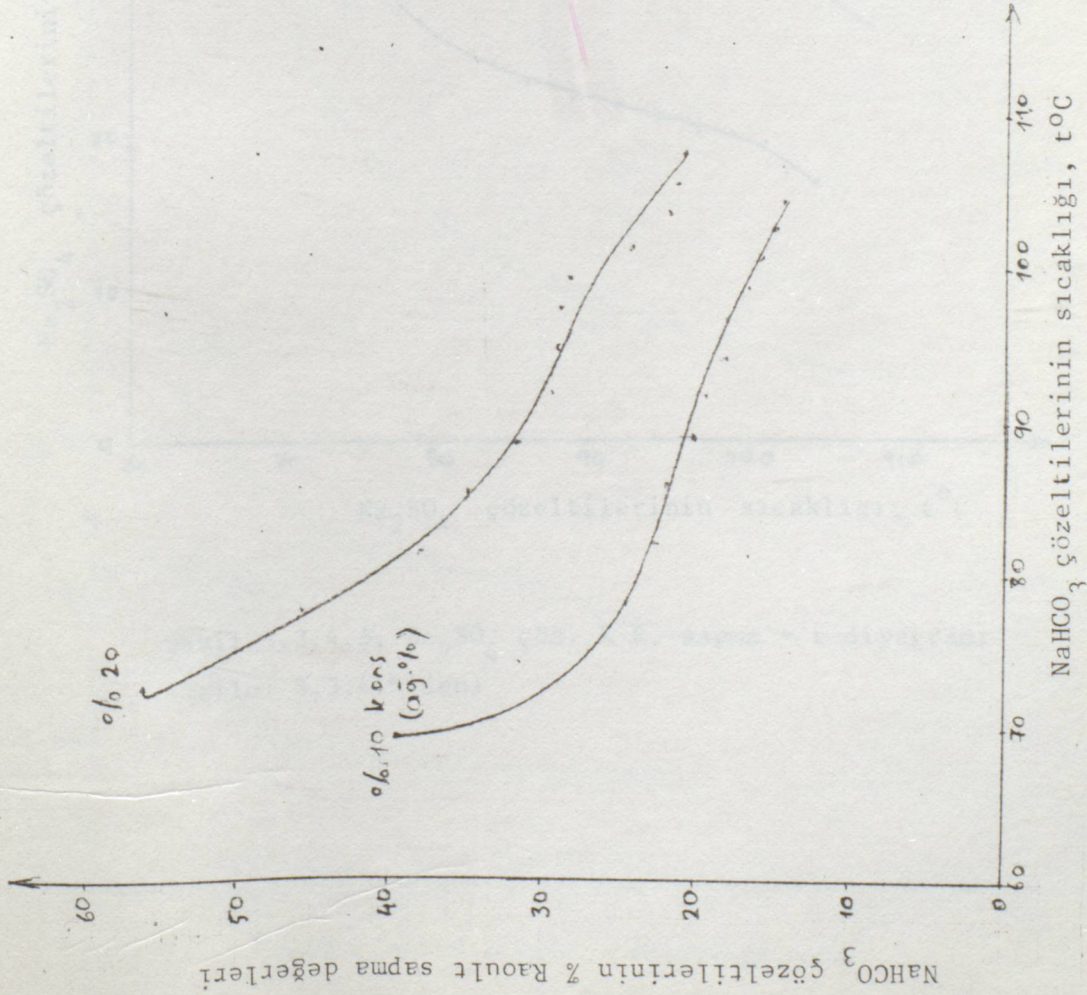
<u>$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$</u>		
<u>kons. (ağ.%)</u>		
P (mm Hg)	%10	$t^{\circ}\text{C}$
	% R. sap.	
160	34.2687	68.3
210	23.6523	72.7
260	20.5500	77.2
310	19.9483	81.4
360	18.3027	84.8
410	17.1682	87.9
460	17.0782	90.9
510	16.8372	93.6
560	16.2571	96.0
610	15.6180	98.2
660	15.0772	100.3
710	14.9830	102.3
760	14.1986	104.3



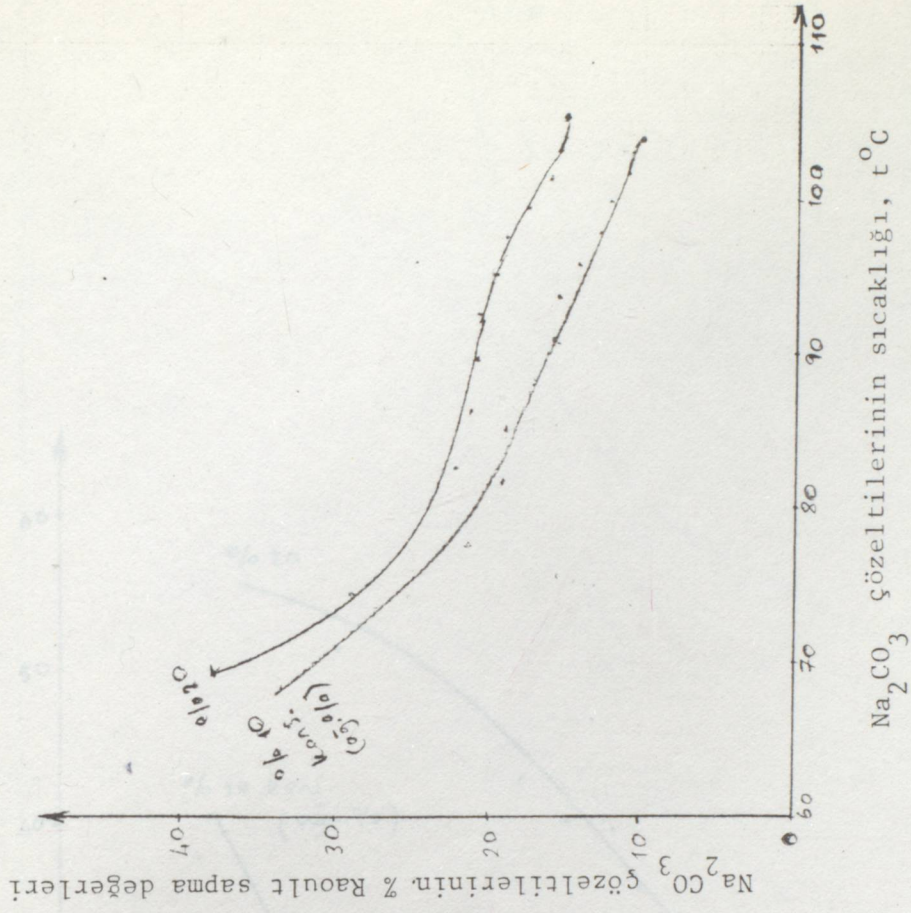
Şekil 3.3.4.1. NaCl çöz. % R. sapma - t diyagramı
(Tablo: 3.3.4.1'den)



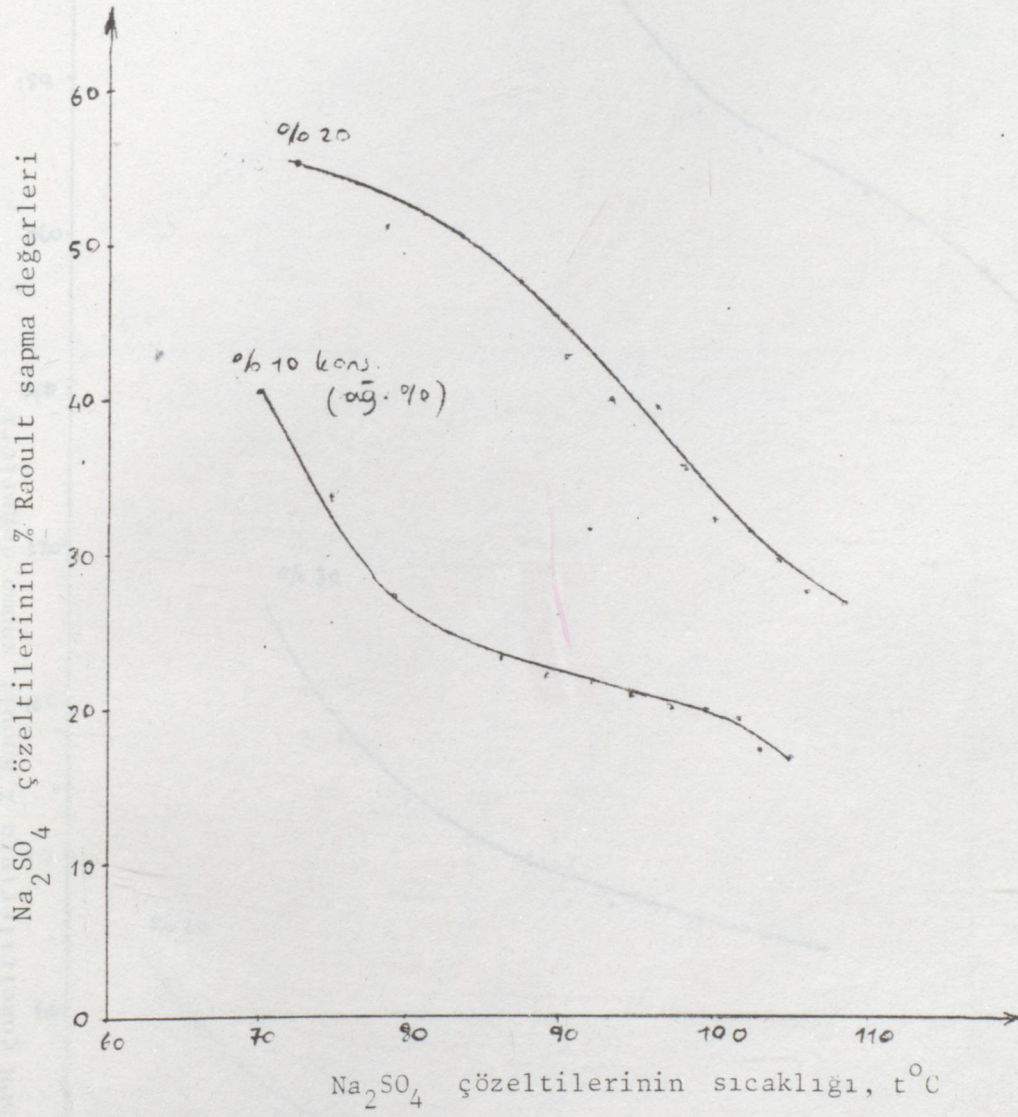
Şekil 3.3.4.2. NaNO₃ çöz. % R. sapma - t diyagramı
(Tablo: 3.3.4.2'den)



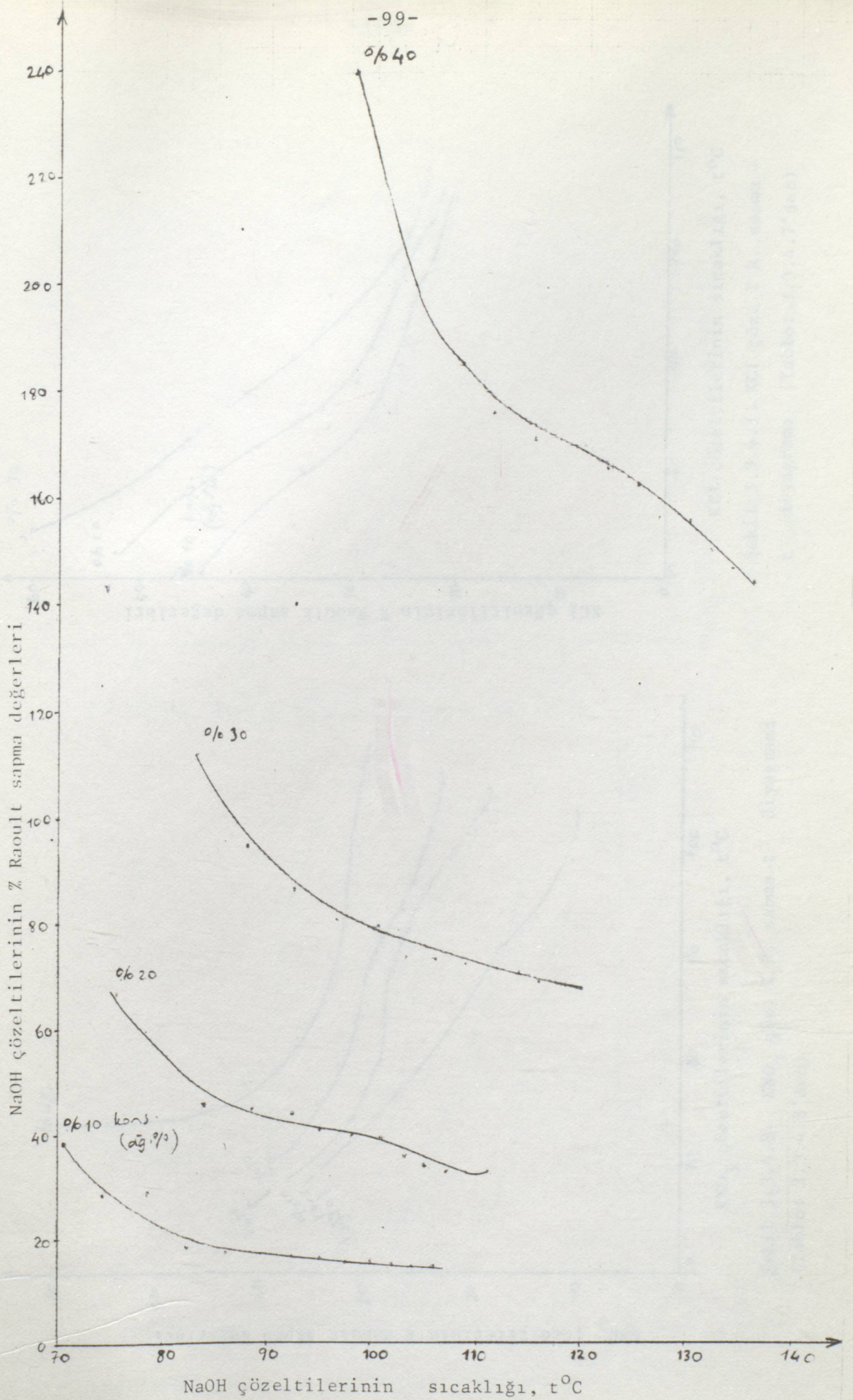
Şekil 3.3.4.4. NaHCO₃ çöz. % R. sapma - t diyagramı (Tablo: 3.3.4.4'den)



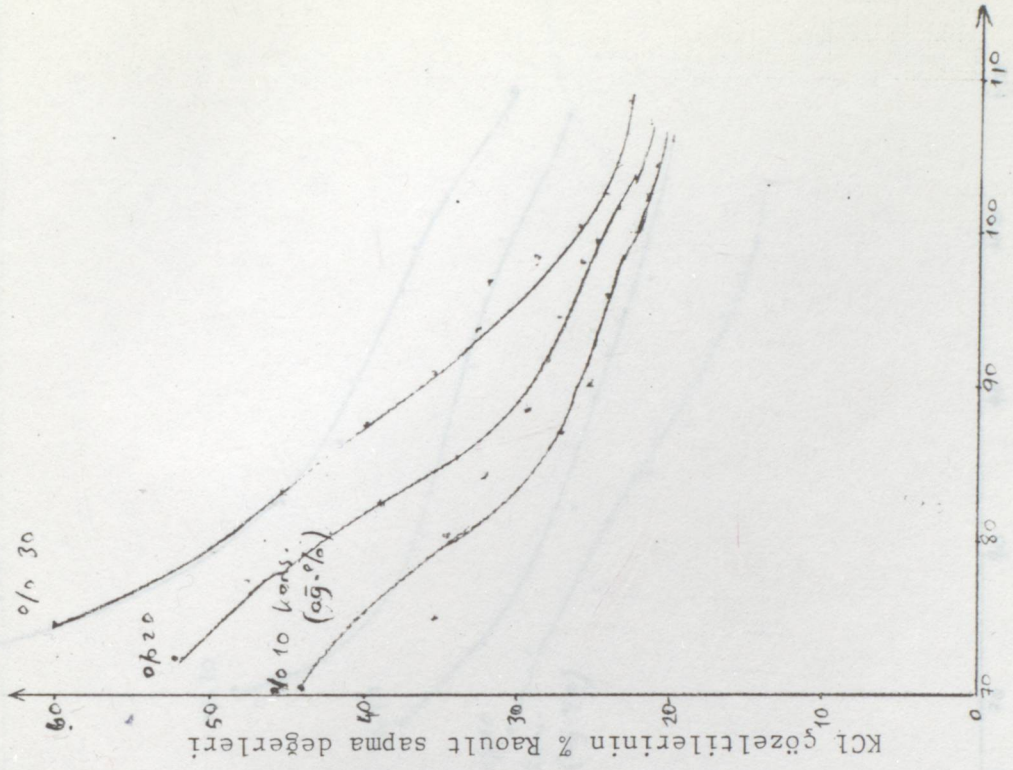
Şekil 3.3.4.3. Na₂CO₃ çöz.% R. sapma - t diyagramı (Tablo: 3.3.4.3'den)



Şekil 3.3.4.5. Na₂SO₄ çöz. % R. sapma - t diyagramı
(Tablo: 3.3.4.5'den)

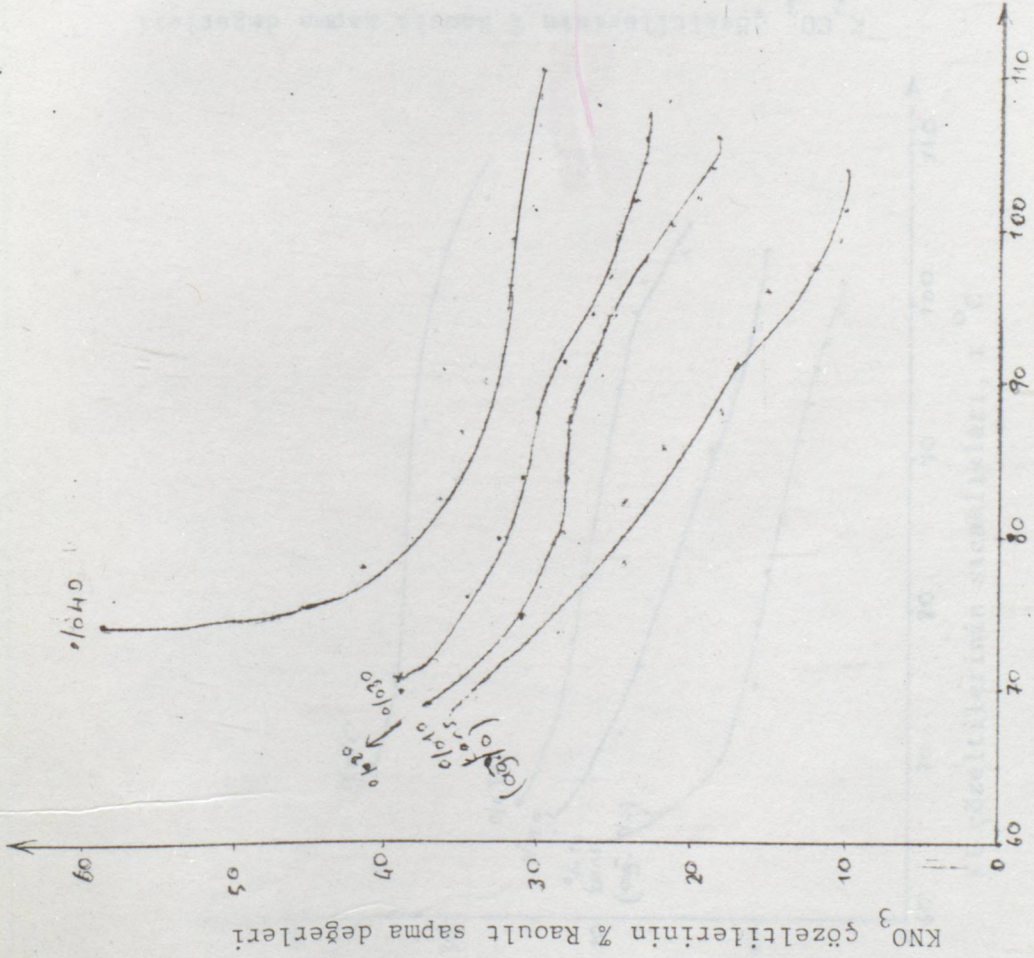


Şekil 3.3.4.6. NaOH çöz. % R. sapma - t diyagramı (Tablo: 3.3.4.6'den)



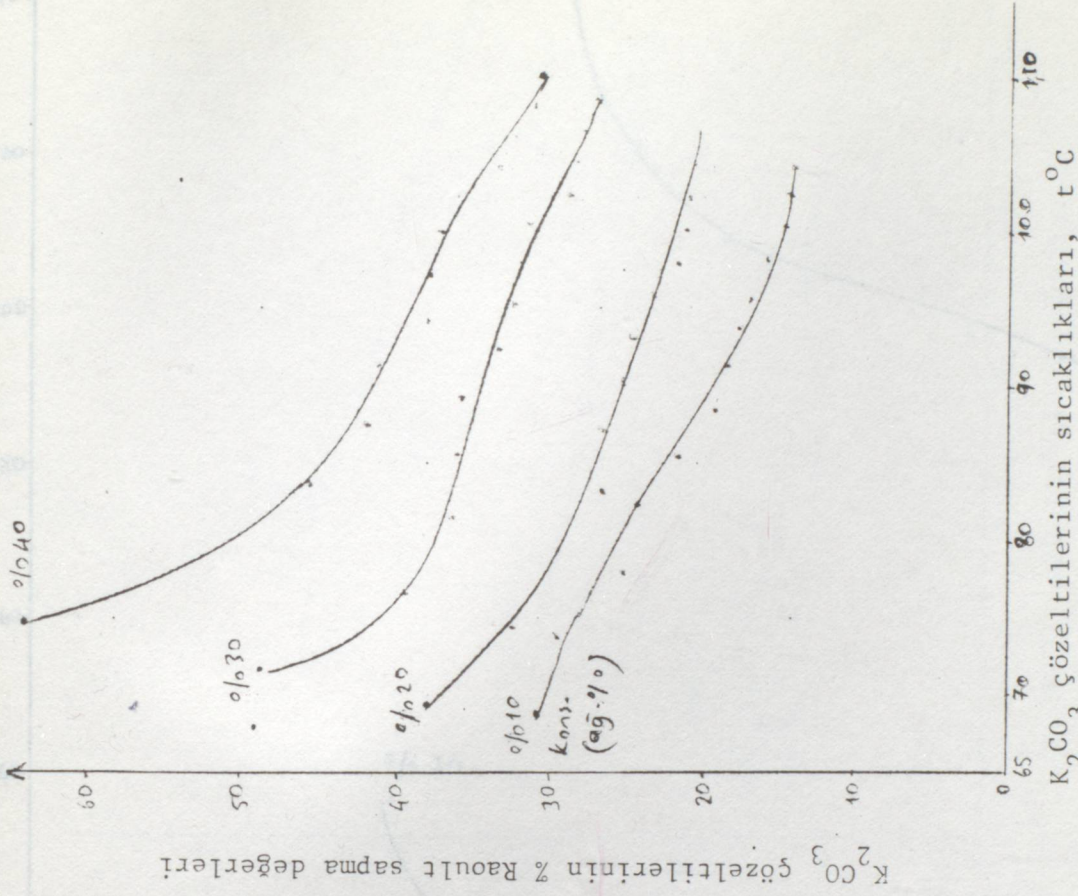
KCl çözeltilerinin sıcaklığı, t°C

Şekil 3.3.4.7. KCl çöz. % R. sapma - t diyagramı (Tablo: 3.3.4.7'den)

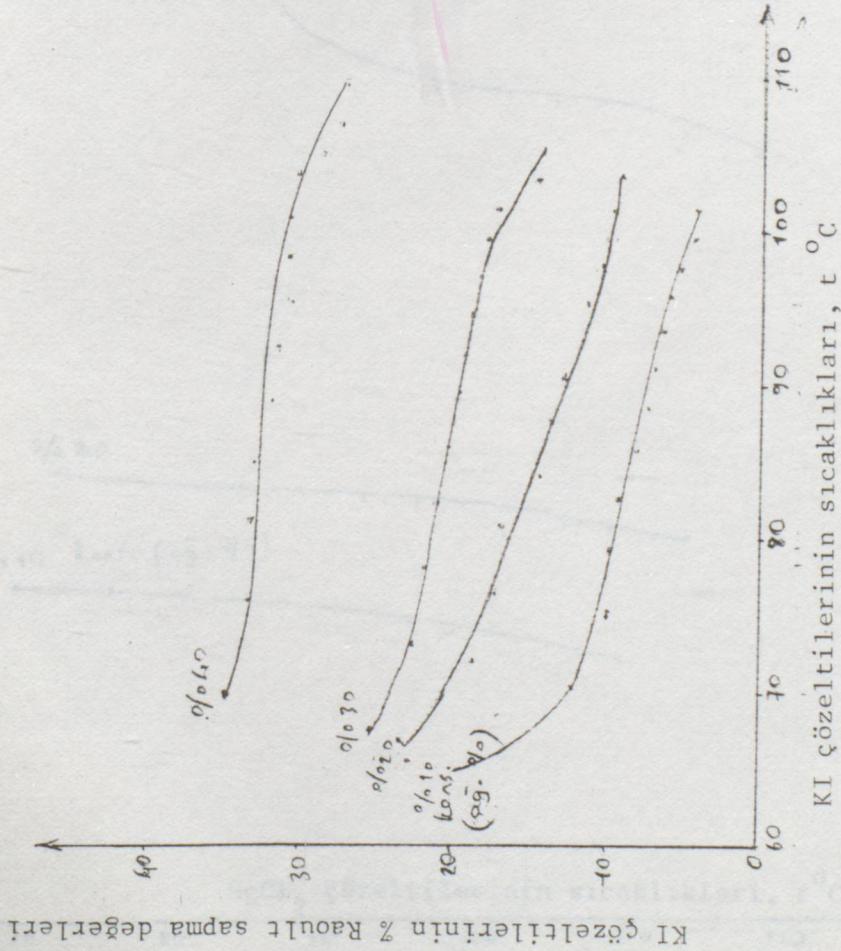


KNO₃ çözeltilerinin sıcaklığı, t°C

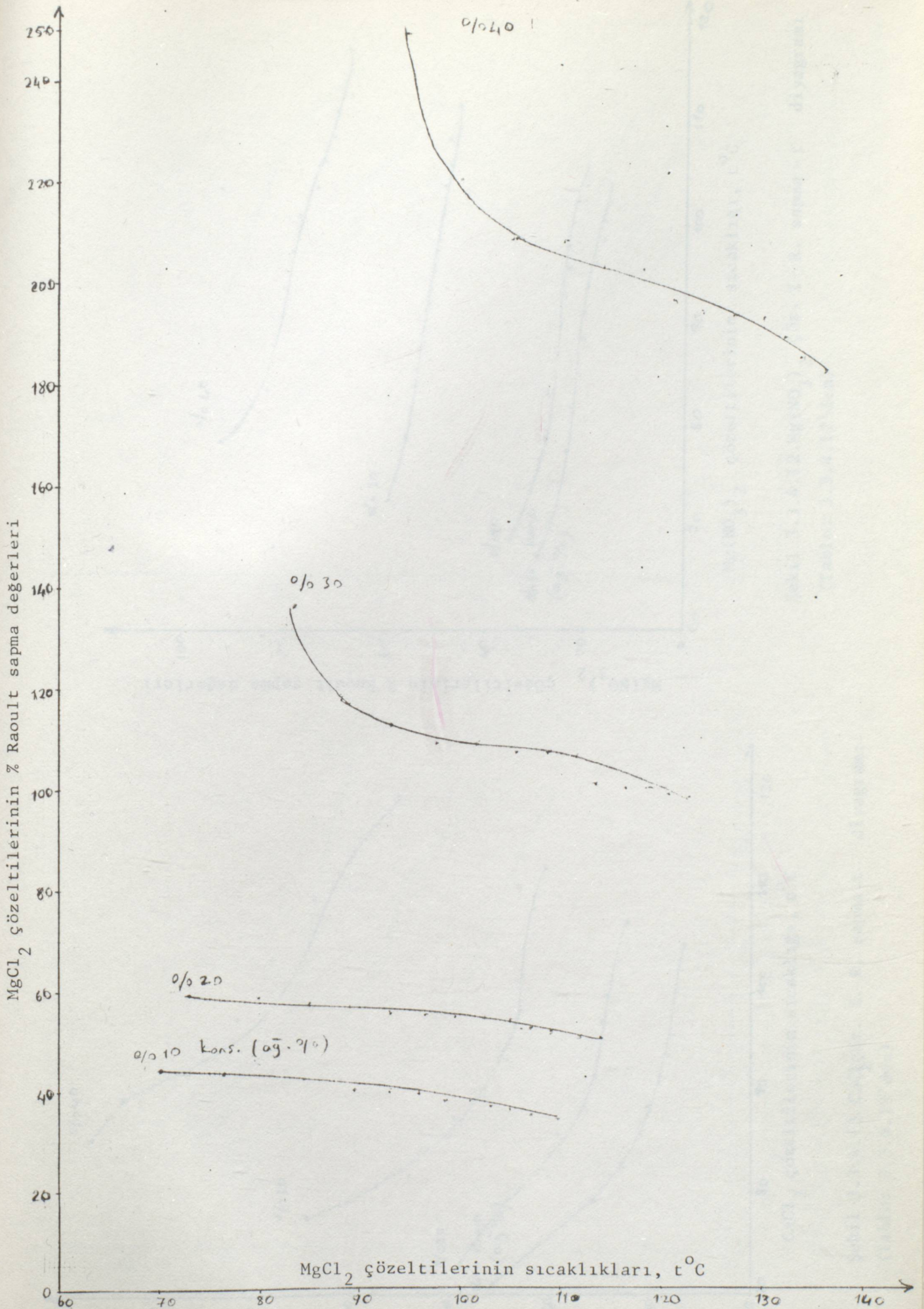
Şekil 3.3.4.8. KNO₃ çöz. % R. sapma-t diyagramı (Tablo: 3.3.4.8'den)



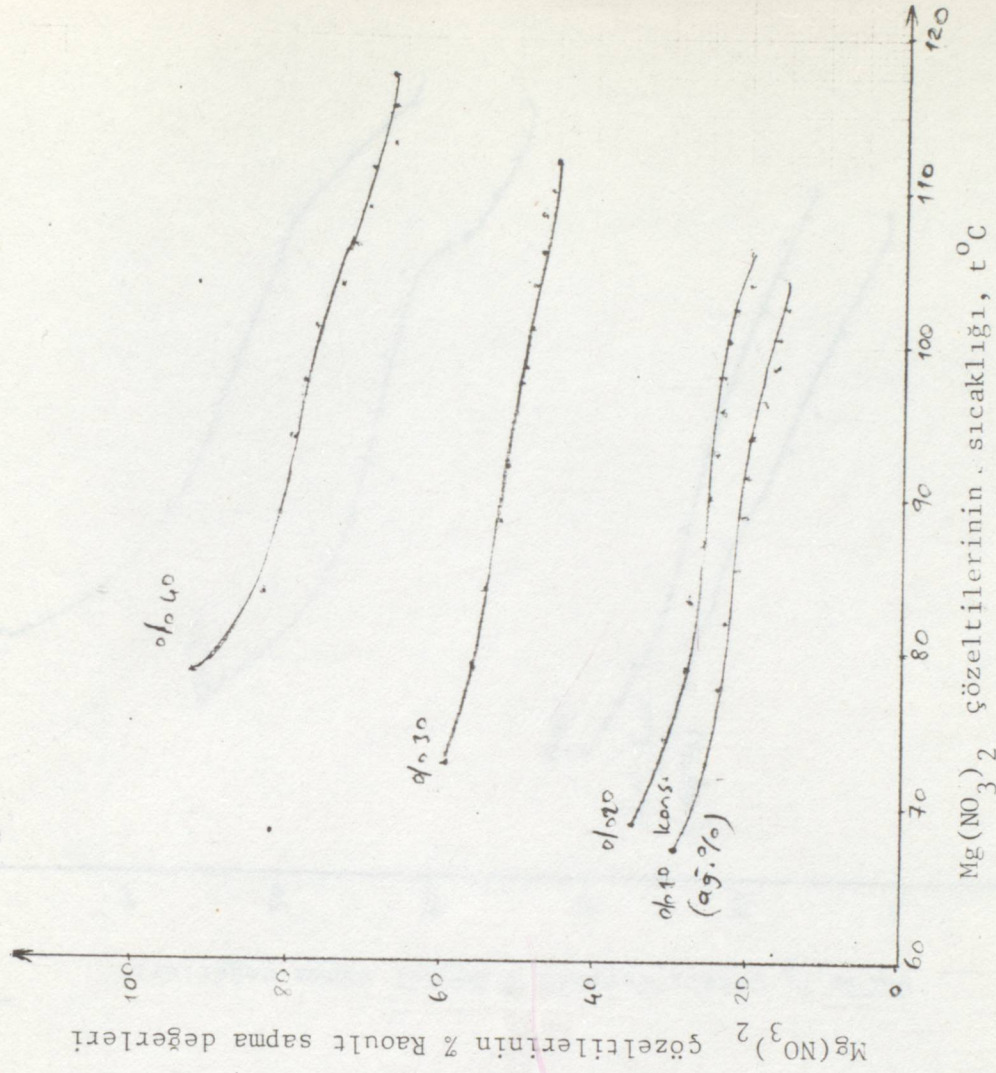
Şekil 3.3.4.9. K_2CO_3 çöz. % R. sapma - t diyagramı (Tablo:3.3.4.9'dan)



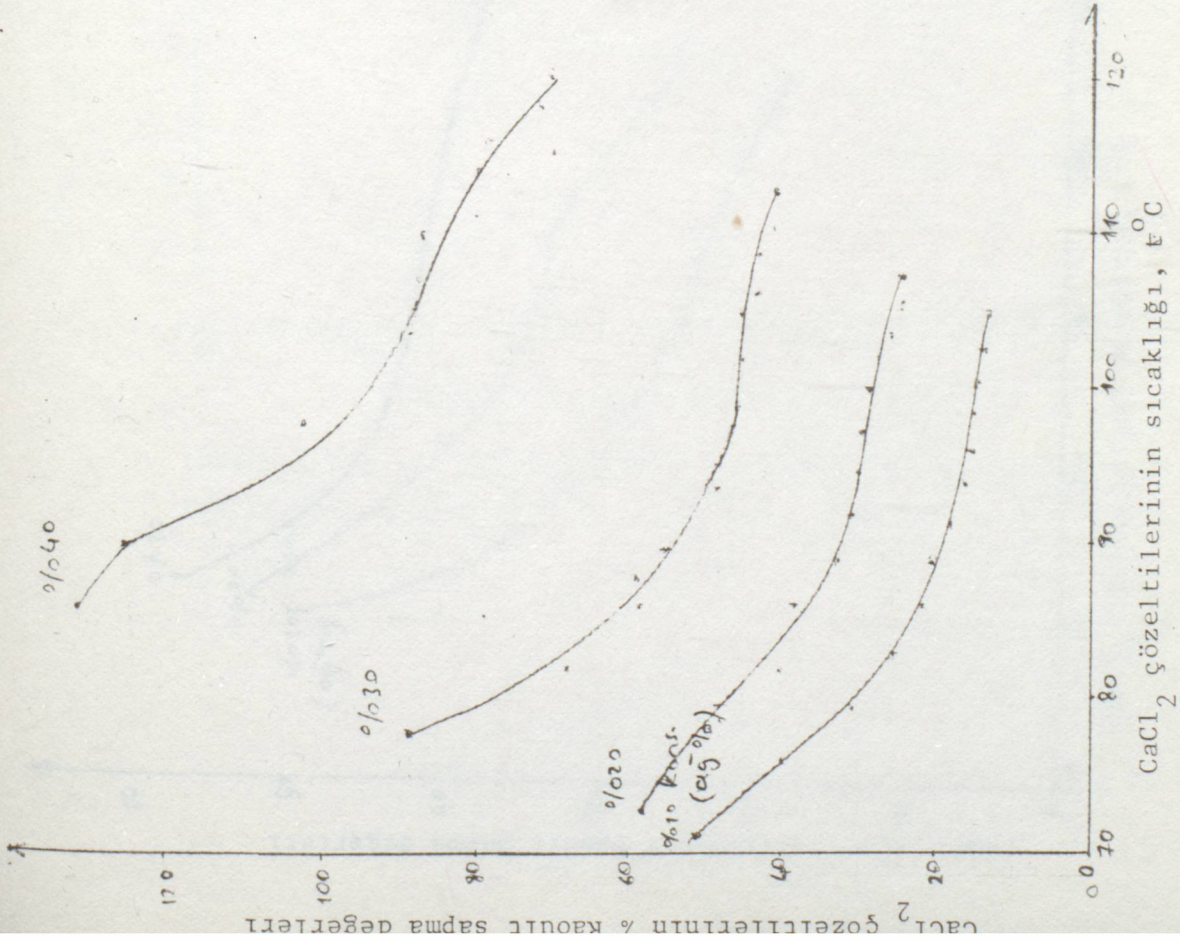
Şekil 3.3.4.10. KI çöz. % R. sapma - t diyagramı (Tablo: 3.3.4.10'dan)



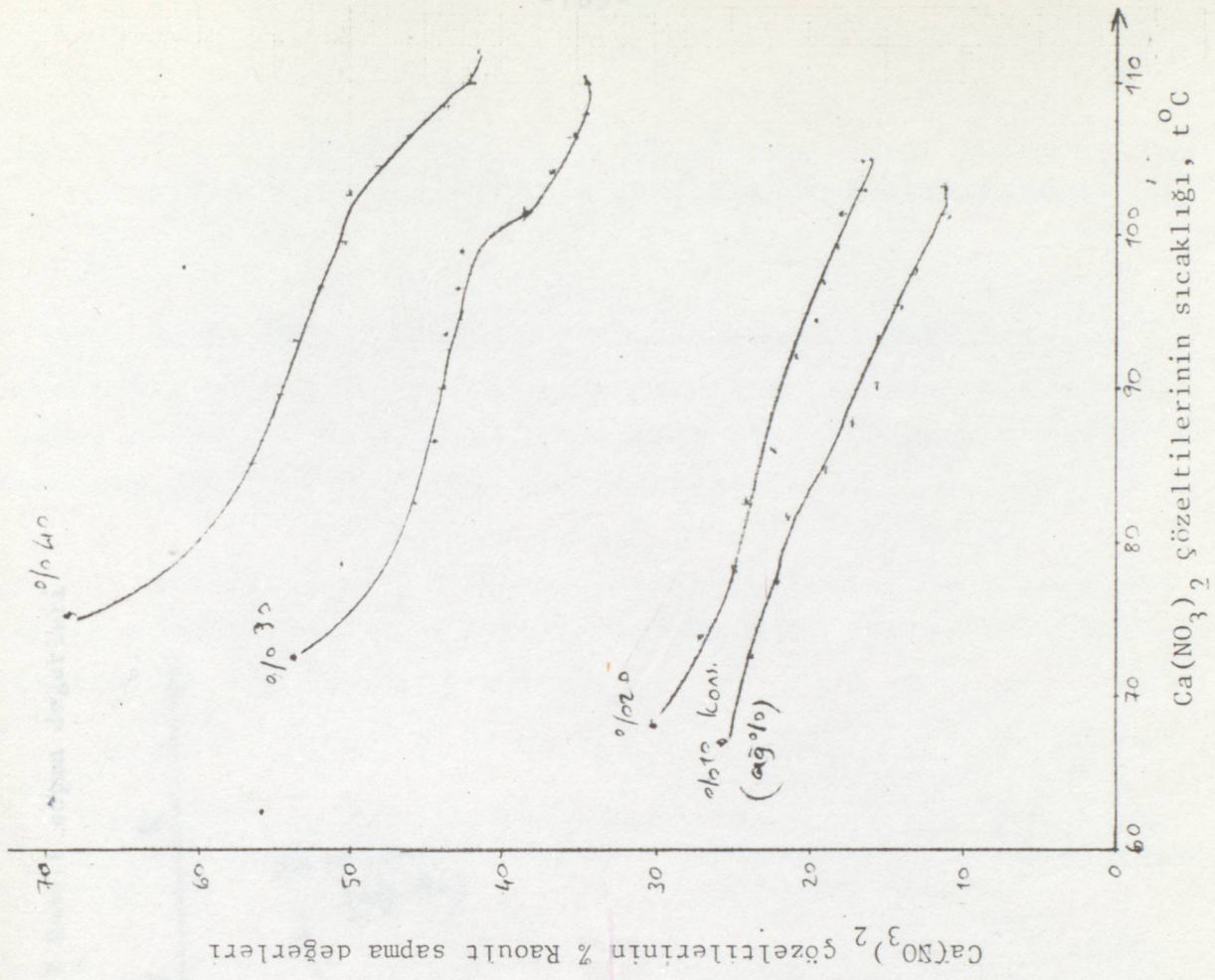
Şekil 3.3.4.11 . $MgCl_2$ çözeltilerinin % R. sapma-t diyagramı (Tablo: 3.3.4.11'den)



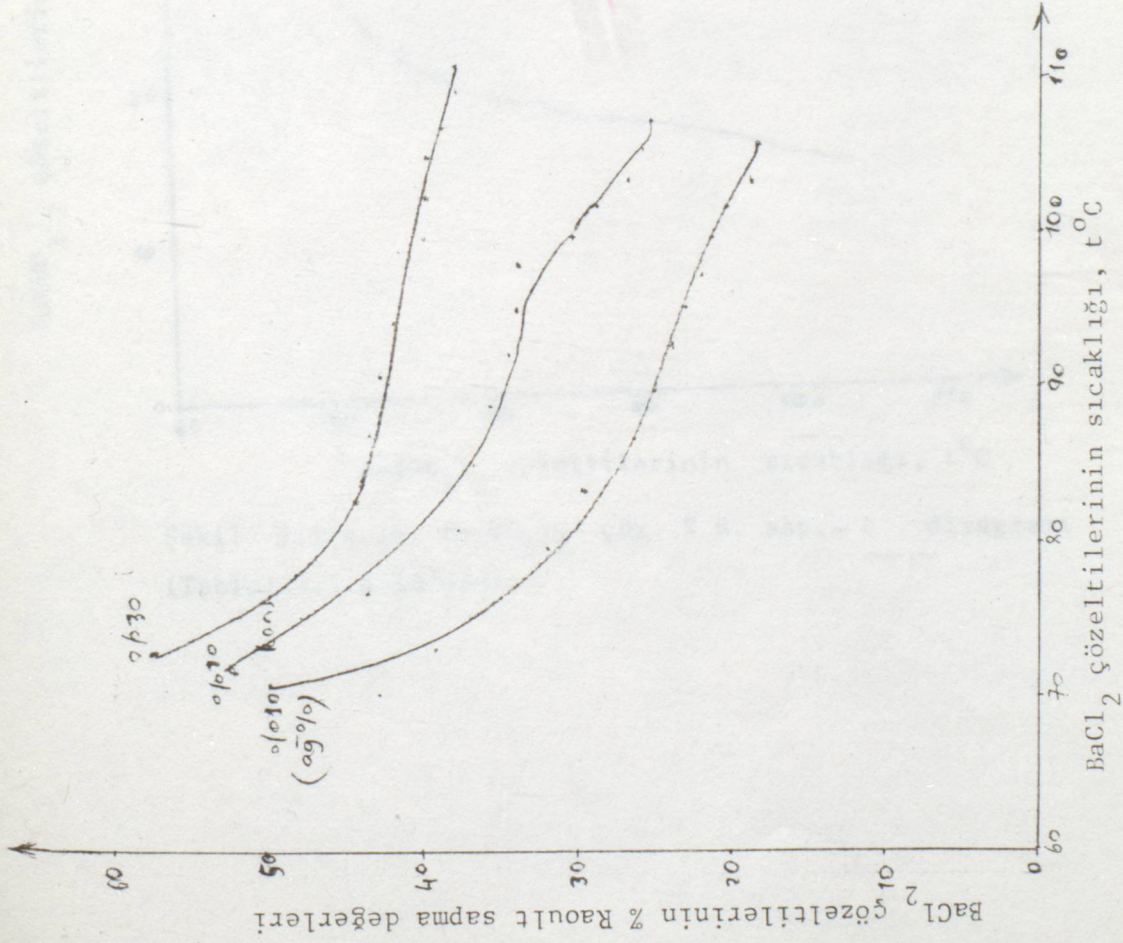
Şekil 3.3.4.12. $Mg(NO_3)_2$ çöz. % R. sapma - t diyagramı
(Tablo: 3.3.4.12'den)



Şekil 3.3.4.13. $CaCl_2$ çöz. % R. sapma - t diyagramı
(Tablo: 3.3.4.13'den)

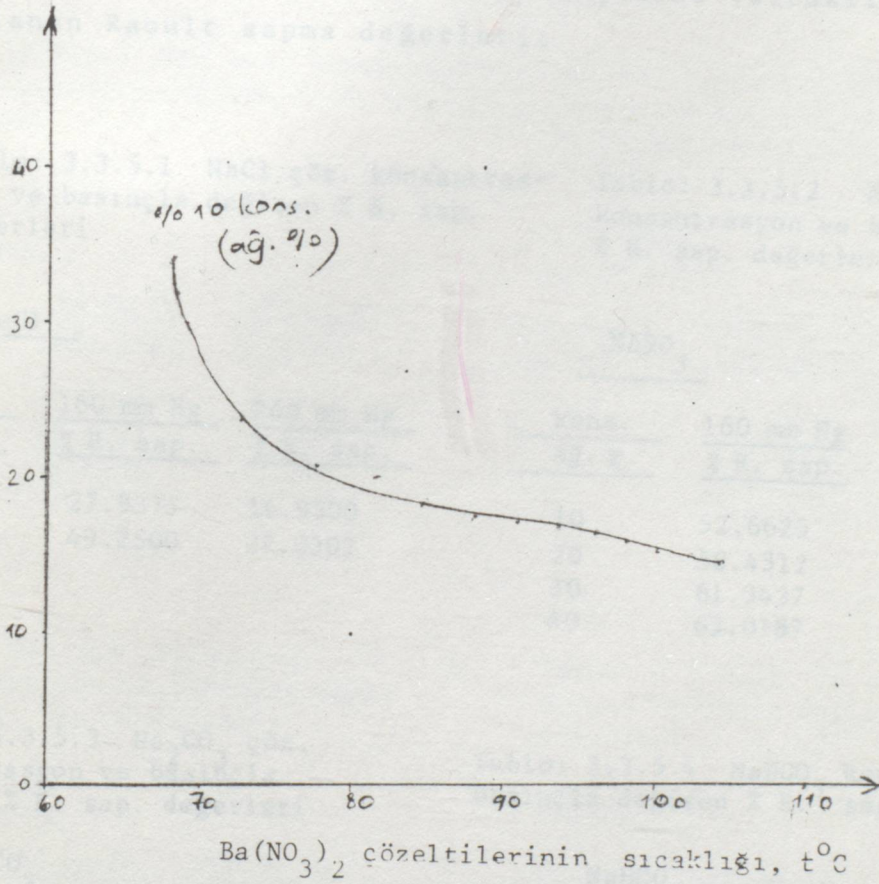


Şekil 3.3.4.14. Ca(NO₃)₂ çöz. % R. sap. - t diyagramı
(Tablo: 3.3.4.14'den)



Şekil 3.3.4.15. BaCl₂ çöz. % R. sap. - t diyagramı
(Tablo: 3.3.4.15'den)

$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin % Raoult sapma değerleri



Şekil 3.3.4.16. $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ çöz. % R. sap. - t diyagramı
(Tablo: 3.3.4.16'dan)

3.3.5. % RAOULT SAPMA - KONSANTRASYON DİYAGRAMLARI

Bu grafiklerde Bölüm 3.3.4'deki aynı sapma değerleri ordinata, çözeltiye ait konsantrasyonlar ise absise konmuştur. Sapma değerleri konsantrasyon artışı ile artmakta, atmosfer basıncına doğru yaklaştıkça ise azalmaktadır.

Alkali ve toprak alkali metal tuzları sulu çözelti-
lerinin çeşitli konsantrasyon ve basınçlarda (sıcaklıklarda)
hesaplanan Raoult sapma değerleri:

Tablo: 3.3.5.1 NaCl çöz. konsantras-
yon ve basınçla değişen % R. sap.
değerleri

NaCl		
kons.	160 mm Hg	760 mm Hg
ağ. %	% R. sap.	% R. sap.
10	27.9375	16.9500
20	49.2500	27.0302

Tablo: 3.3.5.2 NaNO₃ çöz.
konsantrasyon ve basınçla değişen
% R. sap. değerleri

NaNO ₃		
kons.	160 mm Hg	760 mm Hg
ağ. %	% R. sap.	% R. sap.
10	52.6625	17.2197
20	58.4312	29.8644
30	61.3437	34.3302
40	63.0187	38.4118

Tablo: 3.3.5.3 Na₂CO₃ çöz.
konsantrasyon ve basınçla
değişen % R. sap. değerleri

Na ₂ CO ₃		
kons.	160 mm Hg	760 mm Hg
ağ. %	% R. sap.	% R. sap.
10	33.5000	10.0644
20	37.8125	15.0592

Tablo: 3.3.5.4 NaHCO₃ konsantrasyon ve
basınçla değişen % R. sap. değerleri

NaHCO ₃		
kons.	160 mm Hg	760 mm Hg
ağ. %	% R. sap.	% R. sap.
10	39.4625	14.4355
20	56.3937	20.8605

Tablo: 3.3.5.5 Na_2SO_4 çöz. konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri

Na_2SO_4		
<u>kons.</u> <u>ağ.%</u>	<u>160 mm Hg</u> <u>% R. sap.</u>	<u>760 mm Hg</u> <u>% R. sap.</u>
10	40.6875	16.8342
20	55.6812	26.9565

Tablo: 3.3.5.6 NaOH çöz. konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri

NaOH		
<u>kons.</u> <u>ağ.%</u>	<u>160 mm Hg</u> <u>% R. sap.</u>	<u>760 mm Hg</u> <u>% R. sap.</u>
10	38.1631	14.6710
20	66.7250	31.5894
30	111.9950	67.5881
40	240.3687	144.8131

Tablo: 3.3.5.7 KCl çöz. konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri

KCl		
<u>kons.</u> <u>ağ.%</u>	<u>160 mm Hg</u> <u>% R. sap.</u>	<u>760 mm Hg</u> <u>% R. sap.</u>
10	44.1000	20.0592
20	52.1625	21.4657
30	59.8625	22.7605

Tablo: 3.3.5.8. KNO_3 çöz. konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri

KNO_3		
<u>kons.</u> <u>ağ.%</u>	<u>160 mm Hg</u> <u>% R. sap.</u>	<u>760 mm Hg</u> <u>% R. sap.</u>
10	37.0312	10.0644
20	39.0000	18.4736
30	39.3125	22.9092
40	58.5125	29.8526

Tablo: 3.3.5.9 K_2CO_3 çöz. konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri

K_2CO_3		
<u>kons.</u> <u>ağ.%</u>	<u>160 mm Hg</u> <u>% R. sap.</u>	<u>760 mm Hg</u> <u>% R. sap.</u>
10	30.9875	14.3907
20	38.0375	20.5421
30	48.6125	26.8460
40	64.1000	30.5210

Tablo: 3.3.5.10 KI çöz. konsantrasyon ve basınçla değişen % R. sap. değerleri

KI		
<u>kons.</u> <u>ağ.%</u>	<u>160 mm Hg</u> <u>% R. sap.</u>	<u>760 mm Hg</u> <u>% R. sap.</u>
10	22.8937	4.4263
20	23.1818	9.1381
30	25.1562	14.4500
40	34.6750	27.1828

Tablo: 3.3.5.11 $MgCl_2$ çöz.
konsantrasyon ve basınçla deęi-
şen % R. sap. değerleri

<u>$MgCl_2$</u>		
kons.	160 mm Hg	760 mm Hg
ađ. %	% R. sap.	% R. sap.
10	44.3625	34.1828
20	59.1250	50.4092
30	136.5687	98.3907
40	250.0125	182.9657

Tablo: 3.3.5.12 $Mg(NO_3)_2$ çöz.
konsantrasyon ve basınçla değişen
% R. sap. değerleri

<u>$Mg(NO_3)_2$</u>		
kons.	160 mm Hg	760 mm Hg
ađ. %	% R. sap.	% R. sap.
10	29.0687	15.1986
20	34.4625	19.9592
30	59.1250	45.0421
40	92.1625	66.4539

Tablo: 3.3.5.13 $CaCl_2$ çöz.
konsantrasyon ve basınçla deęi-
şen % R. sap. değerleri

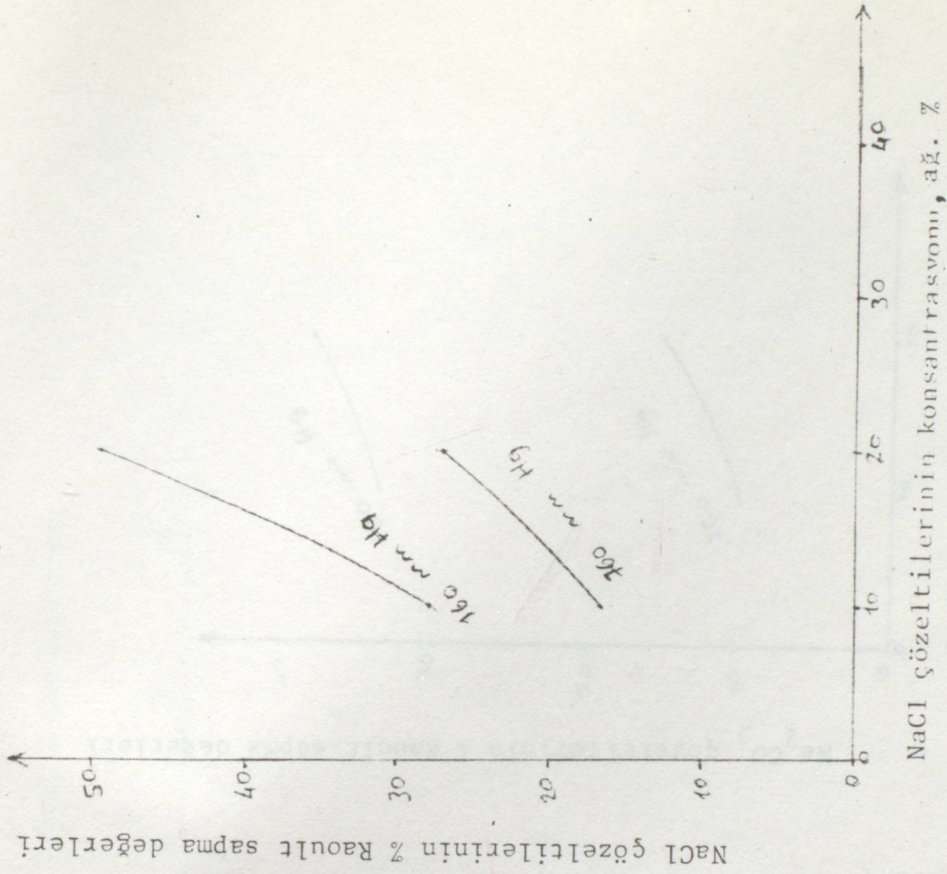
<u>$CaCl_2$</u>		
kons.	160 mm Hg	760 mm Hg
ađ. %	% R. sap.	% R. sap.
10	50.6750	13.0355
20	58.0375	24.3105
30	88.6687	40.5684
40	151.7187	70.3447

Tablo: 3.3.5.14 $Ca(NO_3)_2$ çöz.
konsantrasyon ve basınçla değişen
% R. sap. değerleri

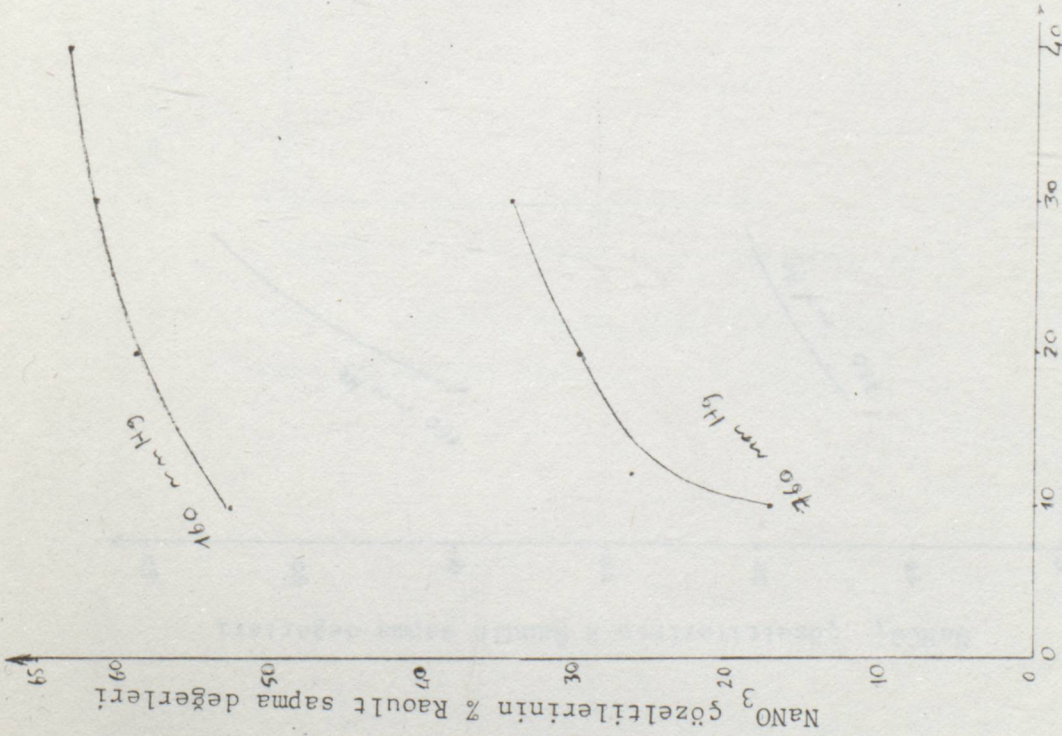
<u>$Ca(NO_3)_2$</u>		
kons.	160 mm Hg	760 mm Hg
ađ. %	% R. sap.	% R. sap.
10	25.6625	11.2578
20	30.3937	16.0618
30	53.7812	34.3197
40	68.7312	41.5157

Tablo: 3.3.5.15 $BaCl_2$ çöz.
konsantrasyon ve basınçla deęi-
şen % R. sap. değerleri

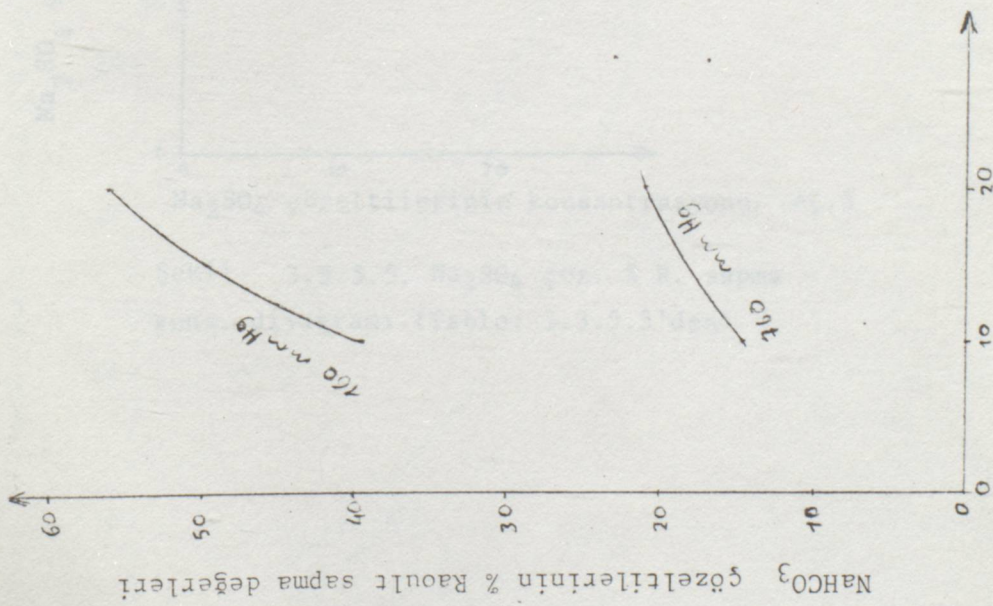
<u>$BaCl_2$</u>		
kons.	160 mm Hg	160 mm Hg
ađ. %	% R. sap.	% R. sap.
10	48.9625	18.1013
20	52.0187	25.1552
30	57.3750	38.0473



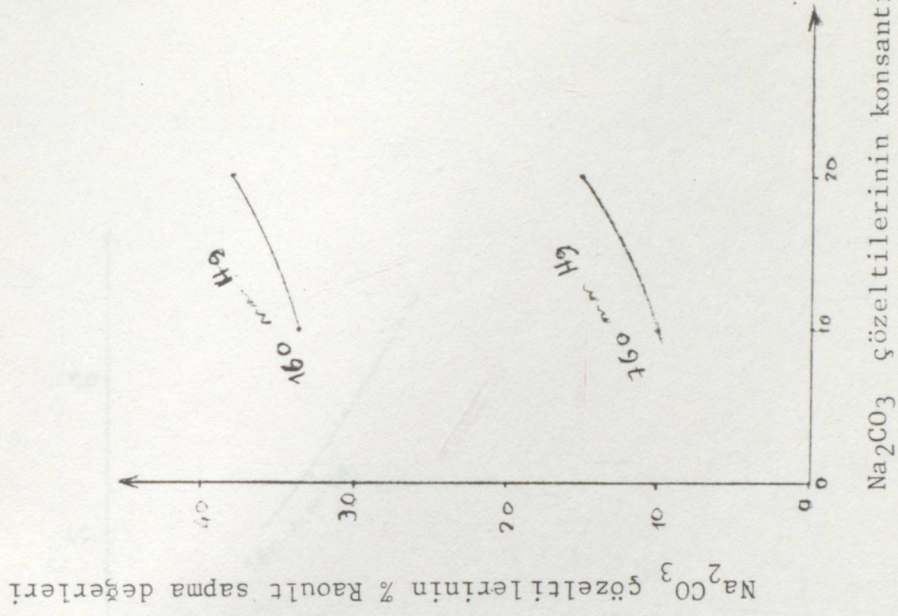
Şekil 3.3.5.1. NaCl çöz. % R. sapma-kons. diyagramı (Tablo: 3.3.5.1'den)



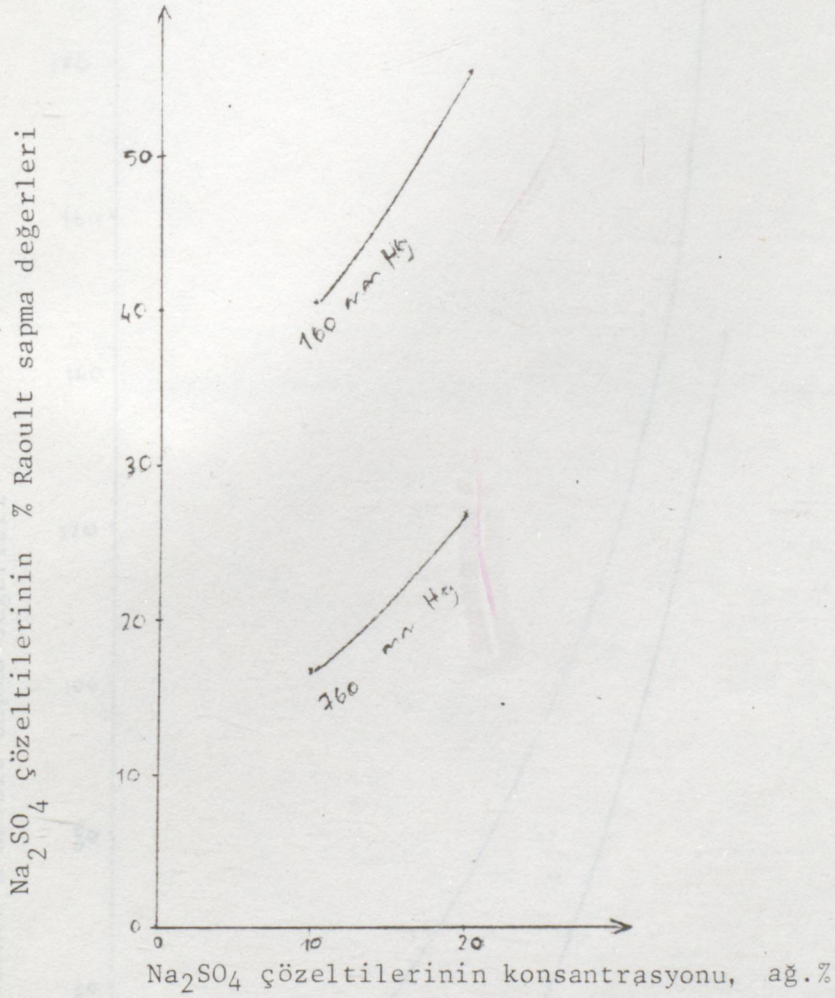
Şekil 3.3.5.2. NaNO₃ çöz. % R. sapma - kons. diyagramı (Tablo: 3.3.5.2'den)



Şekil 3.3.5.4. NaHCO₃ çöz. % R. sapma - kons. diyagramı (Tablo: 3.3.5.4'den)

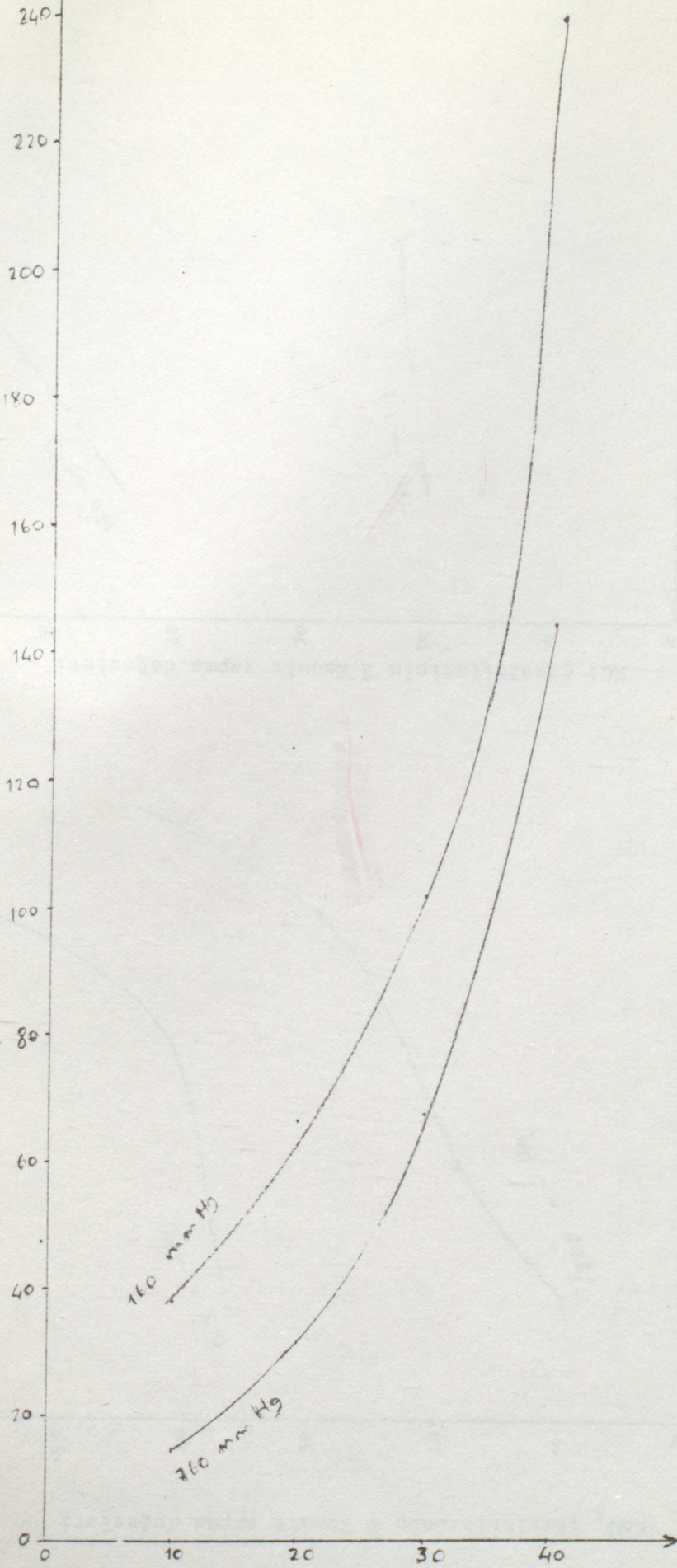


Sekil 3.3.5.3 . Na₂CO₃ çöz. % R. sapma - kons. diyagramı (Tablo:3.3.5.3'den)

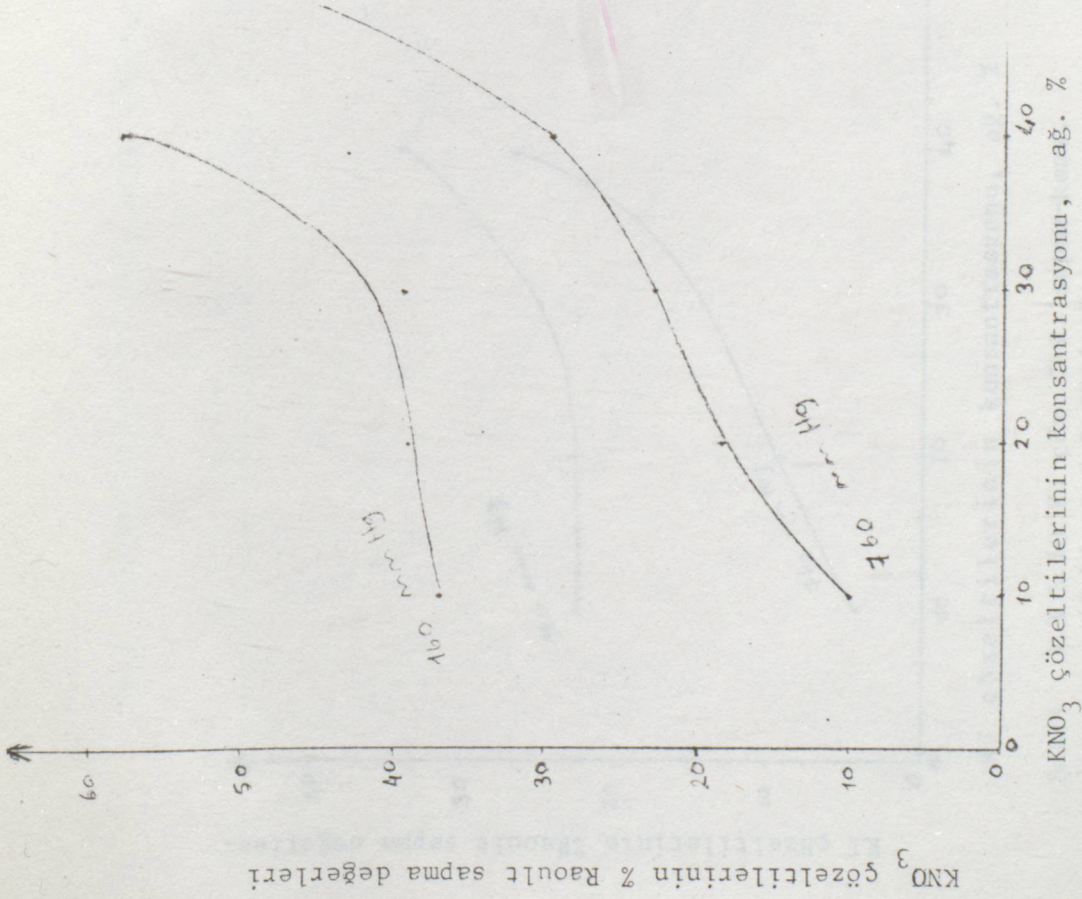


Şekil 3.3.5.5. Na₂SO₄ çöz. % R. sapma - kons. diyagramı (Tablo: 3.3.5.5'den)

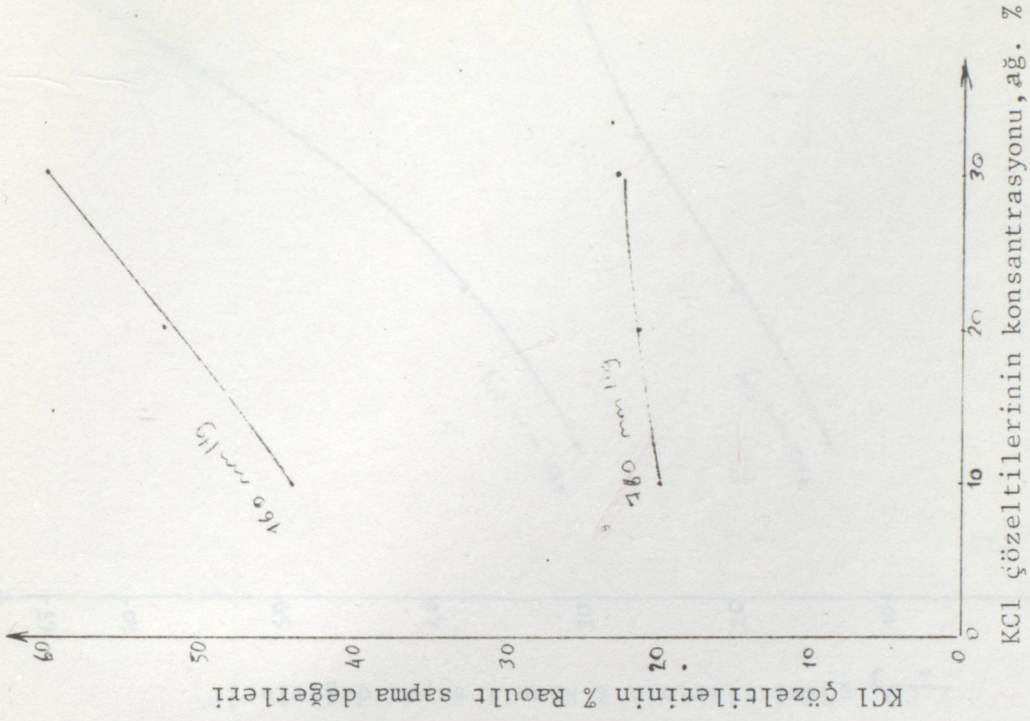
NaOH çözeltilerinin % Raoult sapma değerleri



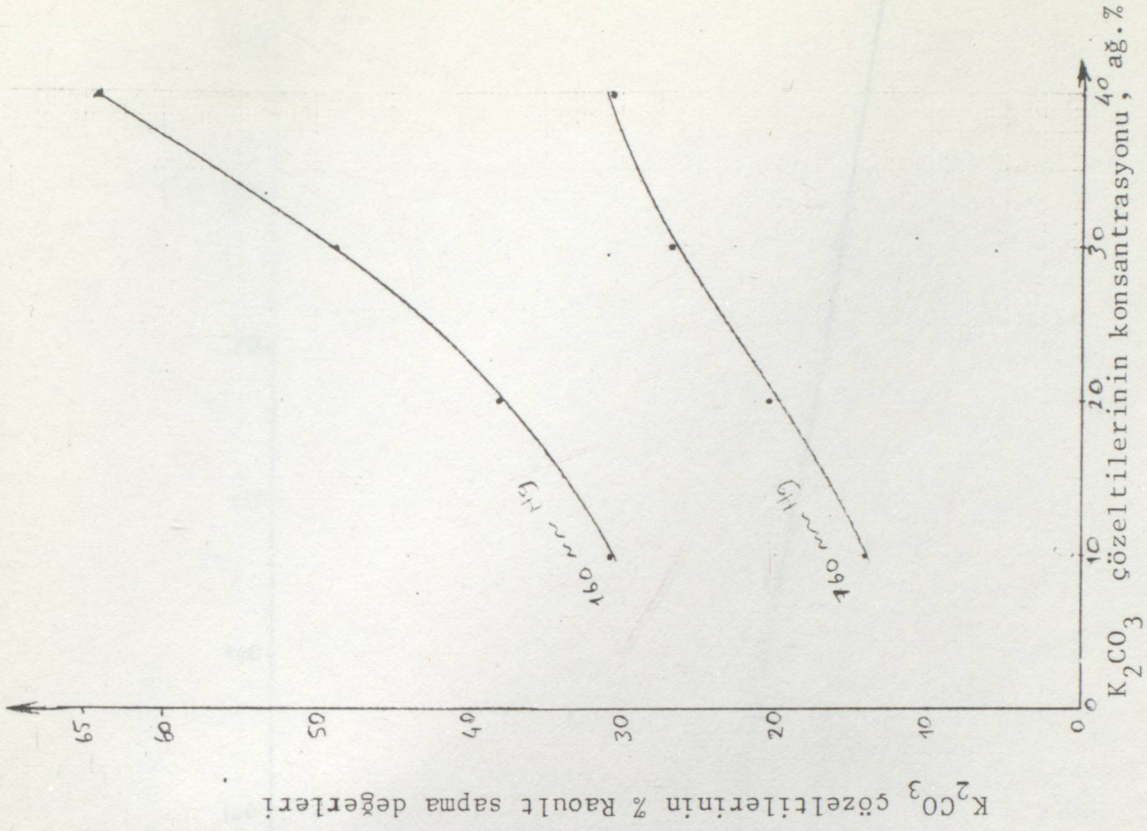
Şekil 3.3.5.6, NaOH çöz. % R. sapma - kons. diyagramı
(Tablo: 3.3.5.6'dan)



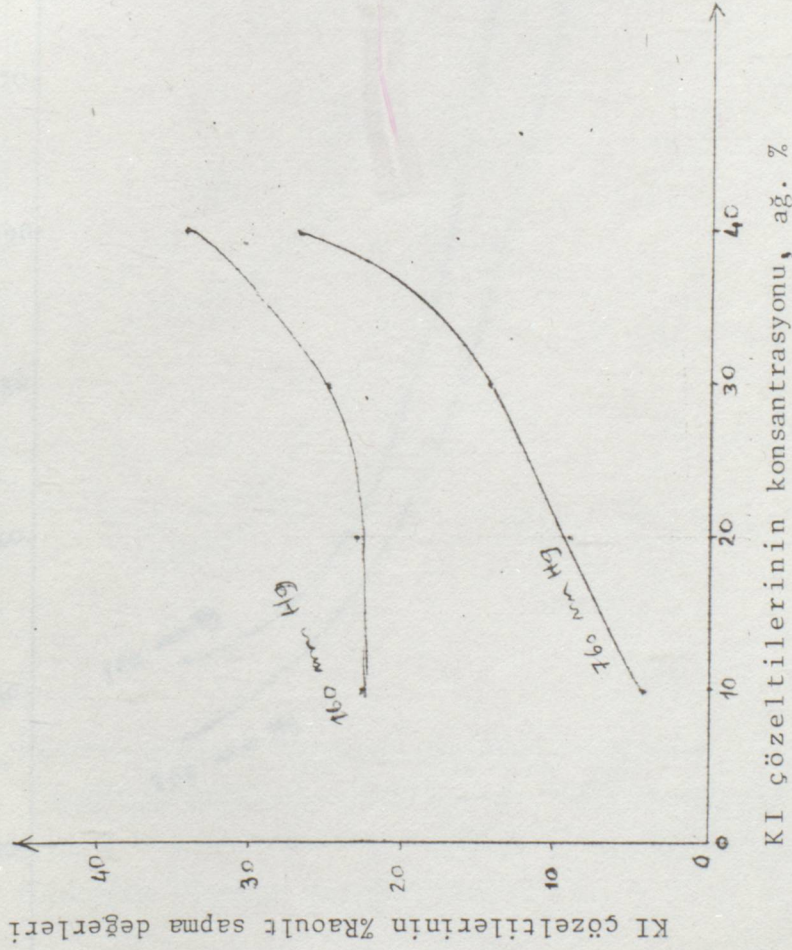
Şekil 3.3.5.8. KNO_3 çöz. % R. sapma - kons. diyagramı (Tablo: 3.3.5.8'den)



Şekil 3.3.5.7. KCl çöz. % R. sapma - kons. diyagramı (Tablo: 3.3.5.7'den)

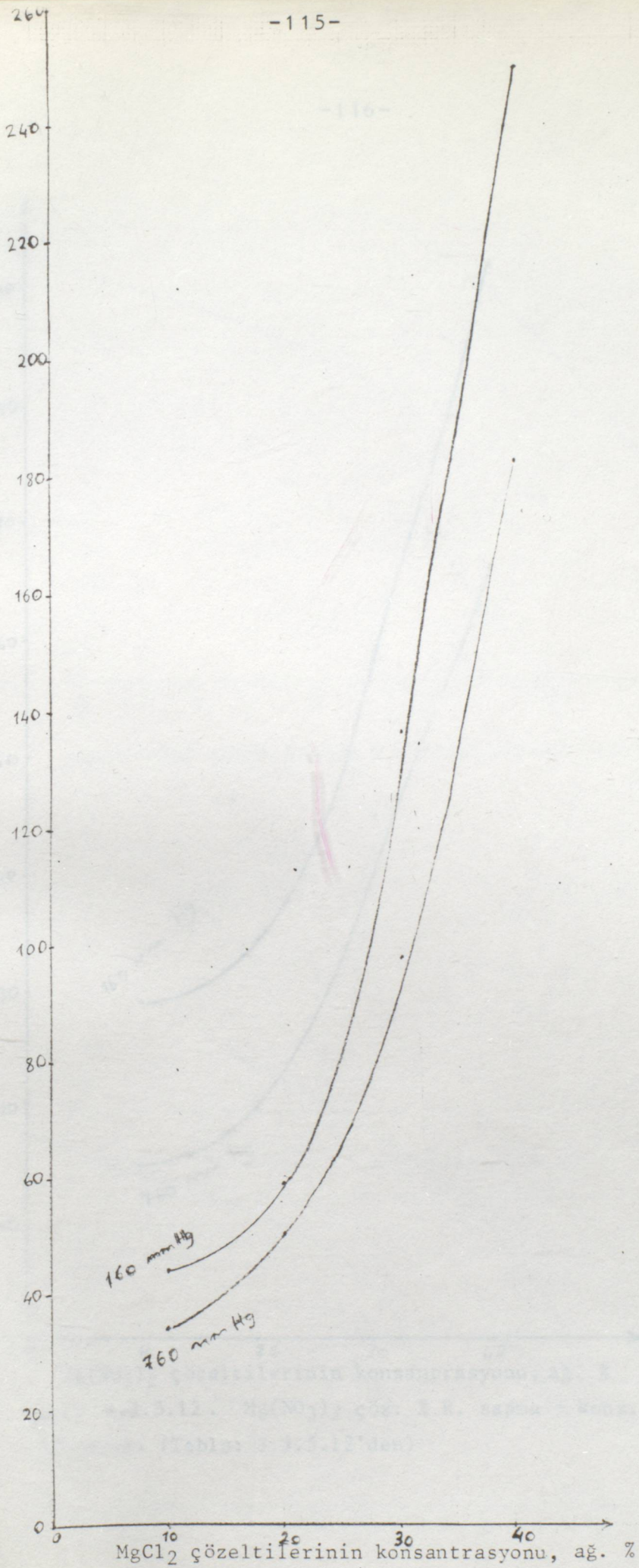


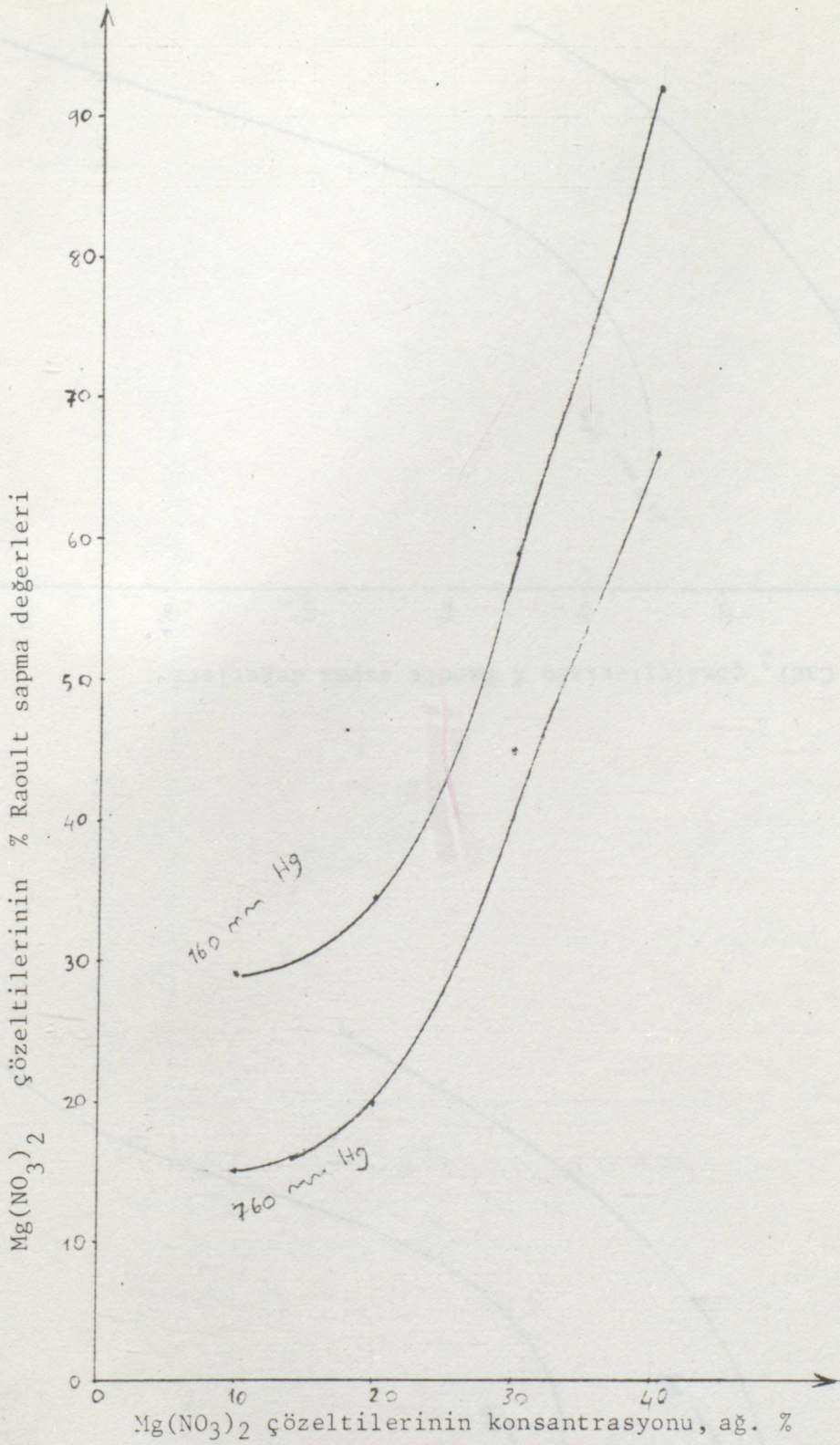
Şekil 3.3.5.9. K_2CO_3 çöz. %R. sapma-kons. diyagramı (Tablo 3.3.5.9'dan)



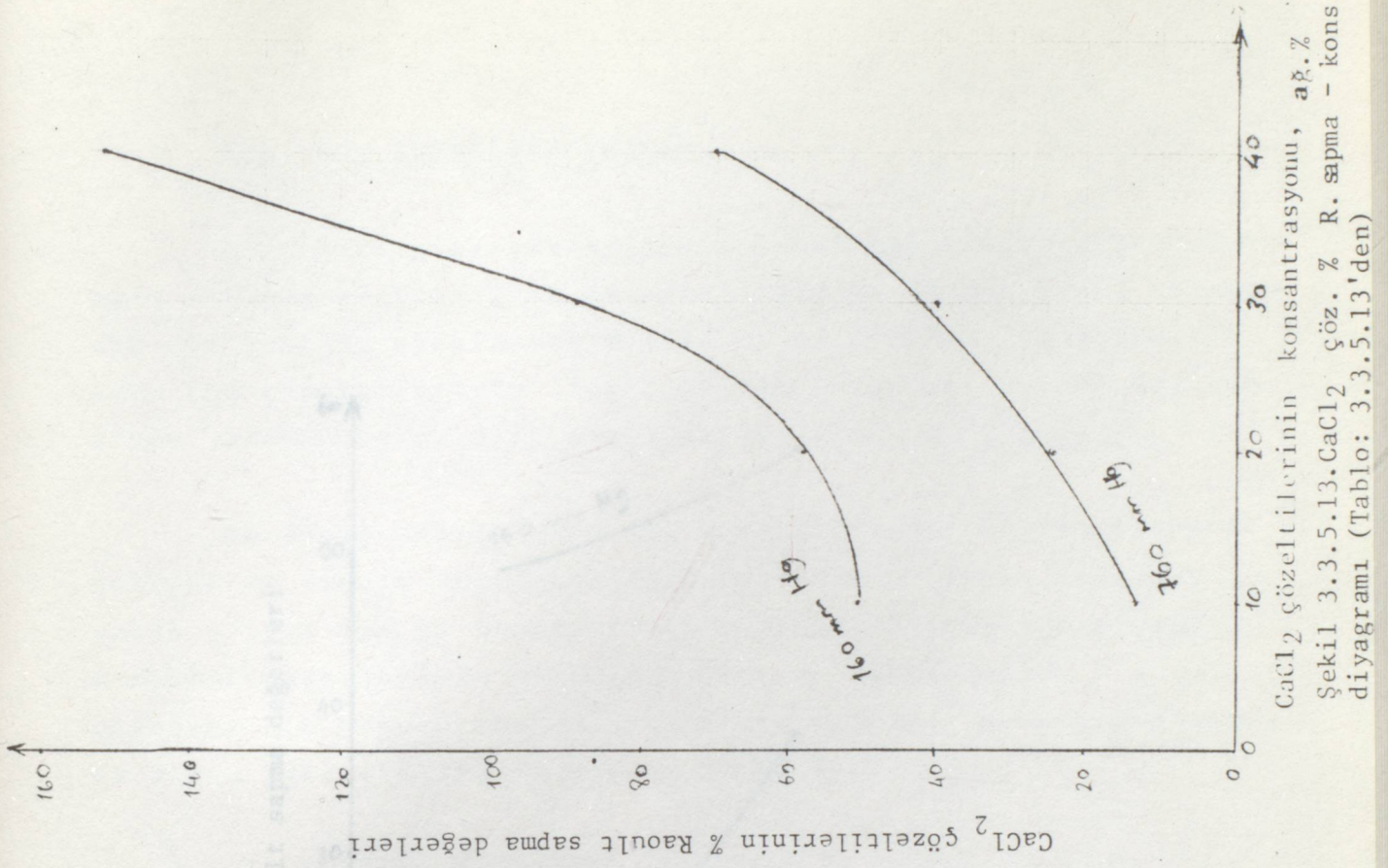
Şekil 3.3.5.10. KI çöz. % R. sapma-kons. diyagramı (Tablo 3.3.5.10'dan)

MgCl₂ çözeltilerinin % Raoult sapma değerleri

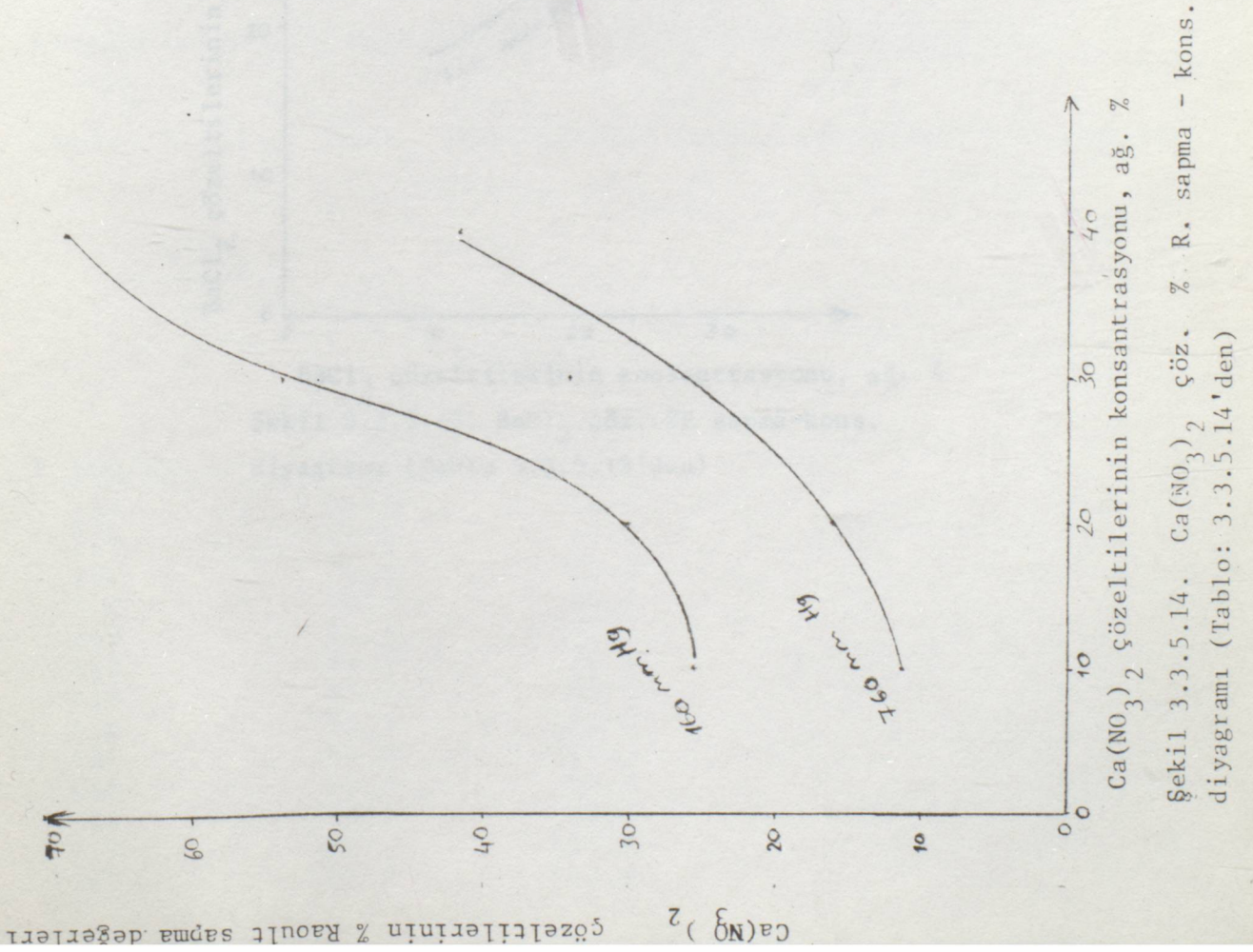




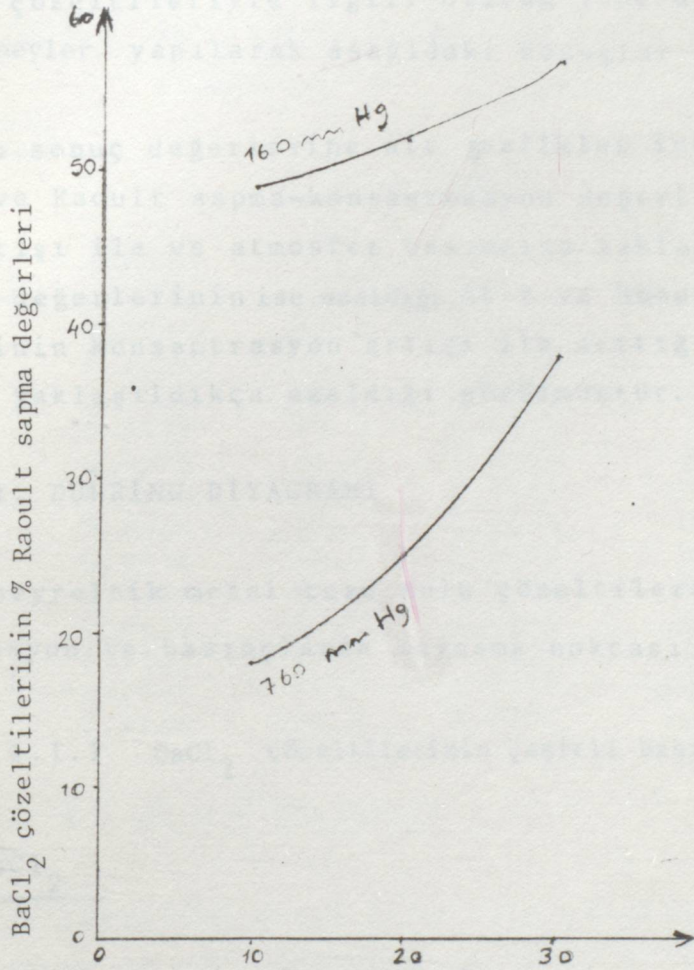
Şekil 3.3.5.12. $Mg(NO_3)_2$ çöz. % R. sapma - kons. diyagramı (Tablo: 3.3.5.12'den)



CaCl₂ çözeltilerinin konsantrasyonu, a.g.%
Şekil 3.3.5.13. CaCl₂ çöz. % R. sapma - kons. diyagramı (Tablo: 3.3.5.13'den)



Ca(NO₃)₂ çözeltilerinin konsantrasyonu, a.g.%
Şekil 3.3.5.14. Ca(NO₃)₂ çöz. % R. sapma - kons. diyagramı (Tablo: 3.3.5.14'den)



BaCl₂ çözeltilerinin konsantrasyonu, ağı. %
 Şekil 3.3.5.15. BaCl₂ çöz. %R sapma-kons.
 diyagramı (Tablo 3.3.5.15'den)

3.4. ÇOK SEYRELTİK TUZLAR

Bilindiği gibi çözeltilerin buhar basınçlarını hesaplamaya yarayan yöntemlerden bazıları (Raoult kanunu gibi) seyreltik çözeltilere uygulanabilmektedir. Bu nedenle çok seyreltik sulu tuz çözeltileriyle ilgili olarak yine aynı basınç değerlerinde deneyler yapılarak aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

Bu sonuç değerlerine ait grafikler incelenirse kaynama noktası ve Raoult sapma-konsantrasyon değerlerinin konsantrasyonun artışı ile ve atmosfer basıncına yaklaşıldıkça arttığı, k sabiti değerlerinin ise azaldığı, Δt -t ve Raoult sapma - sıcaklık değerlerinin konsantrasyon artışı ile arttığı, atmosfer basıncına doğru yaklaşıldıkça azaldığı görülmüştür.

3.4.1. DUHRİNG DİYAGRAMI

Çok seyreltik metal tuzu sulu çözeltilerine ait çeşitli konsantrasyon ve basınçlarda kaynama noktası değerleri:

Tablo: 3.4.1.1 CaCl_2 çözeltilerinin çeşitli basınçlarda k.n. değerleri

CaCl_2		kons. (ağ. %)	
P (mm Hg)	%0,5	%1	
	t °C	t °C	
160	65.0	65.6	
210	70.4	71.2	
260	74.8	75.4	
310	78.0	79.4	
360	81.6	83.1	
410	84.7	86.4	
460	87.7	89.3	
510	90.3	91.9	
560	92.8	94.3	
610	95.0	96.6	
660	97.1	98.7	
710	99.1	100.5	
760	100.9	102.4	

3.4.2.K -t DİYAGRAMI

Çok seyreltik metal tuzu sulu çözeltilerine ait çeşitli konsantrasyon ve basınçlarda K sabiti değerleri:

Tablo: 3.4.2.1 CaCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen K sabitleri

P (mm Hg)	CaCl_2		kons. (ağ.%)	
	%0,5		%1	
	K	t °C	K	t °C
160	0.8531	65.0	0.8307	65.6
210	0.8834	70.4	0.8536	71.2
260	0.9032	74.9	0.8843	75.4
310	0.9471	78.0	0.8944	79.4
360	0.9503	81.6	0.8950	83.1
410	0.9530	84.8	0.8951	86.4
460	0.9551	87.7	0.8977	89.3
510	0.9554	90.4	0.9028	91.9
560	0.9585	92.8	0.9066	94.3
610	0.9622	95.0	0.9074	96.6
660	0.9641	97.1	0.9098	98.7
710	0.9648	99.1	0.9176	100.5
760	0.9684	100.9	0.9183	102.4

3.4.3. Δt - t DİYAGRAMI

Çok seyreltik metal tuzu sulu çözeltilerine ait çeşitli konsantrasyon ve basınçlarda hesaplanan Δt değerleri:

Tablo: 3.4.3.1 CaCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen Δt değerleri

<u>CaCl_2</u>		<u>kons. (ağ.%)</u>		
<u>P (mm Hg)</u>	<u>%0.5 Δt</u>	<u>t °C</u>	<u>%1 Δt</u>	<u>t °C</u>
160	1.1929	65.0	1.3053	65.6
210	1.1196	70.4	1.2036	71.2
260	0.9787	74.8	1.1400	75.4
310	0.5541	78.0	0.8252	79.4
360	0.3295	81.6	0.6525	83.1
410	0.3059	84.7	0.4859	86.4
460	0.2807	87.7	0.4624	89.3
510	0.2738	90.3	0.3687	91.9
560	0.2332	92.8	0.2964	94.3
610	0.1522	95.0	0.2842	96.6
660	0.1109	97.1	0.2286	98.7
710	0.0946	99.1	0.0209	100.5
760	0	100.9	0	102.4

3.4.4. RAOULT SAPMA - t DİYAGRAMI

Çok seyreltik metal tuzu sulu çözeltilerine ait çeşitli konsantrasyon ve basınçlarda hesaplanan % Raoult sapma değerleri:

Tablo: 3.4.4.1 CaCl_2 çözeltilerinin sıcaklık ve konsantrasyonla değişen % Raoult sapma değerleri

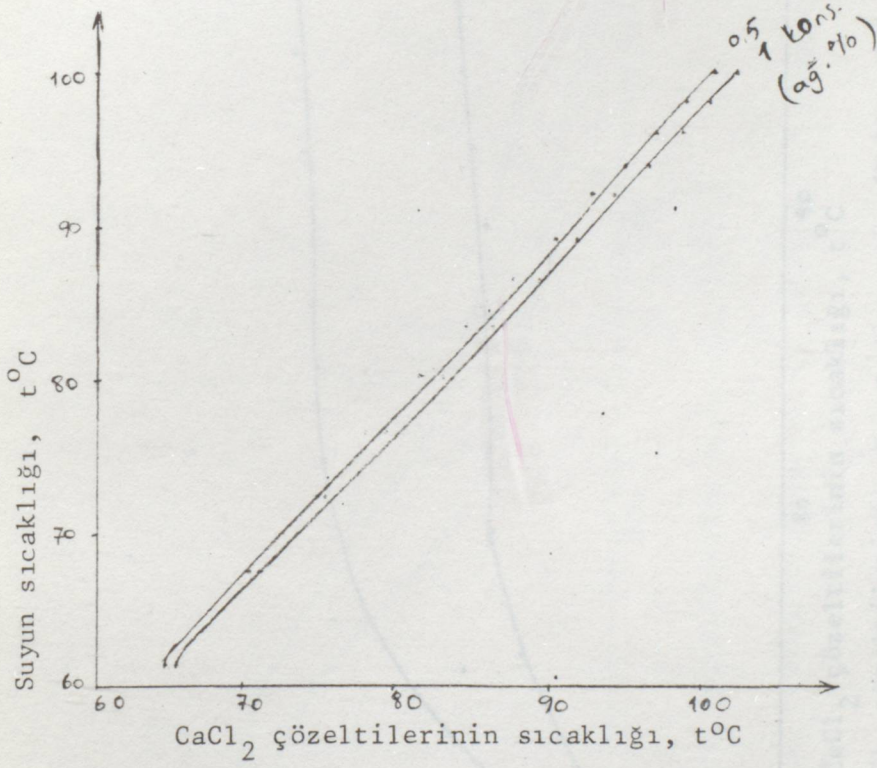
<u>CaCl_2</u>		<u>kons. (ağ. %)</u>		
<u>P (mm Hg)</u>	<u>%0.5 % R. sap.</u>	<u>t °C</u>	<u>%1 % R. sap.</u>	<u>t °C</u>
160	17.1062	65.0	20.0125	65.6
210	13.0904	70.4	16.9095	71.2
260	8.8653	74.8	13.9823	75.4
310	5.5806	78.0	12.0322	79.4
360	5.1277	81.6	11.5000	83.1
410	4.8317	84.7	11.4829	86.4
460	4.6021	87.7	10.6673	89.3
510	4.5725	90.3	9.9529	91.9
560	4.2303	92.8	9.7017	94.3
610	3.8245	95.0	8.9770	96.6
660	3.6272	97.1	8.8833	98.7
710	3.5521	99.1	8.7521	100.5
760	3.1684	100.9	8.5723	102.4

3.4.5. RAOULT SAPMA - KONSANTRASYON DİYAGRAMI

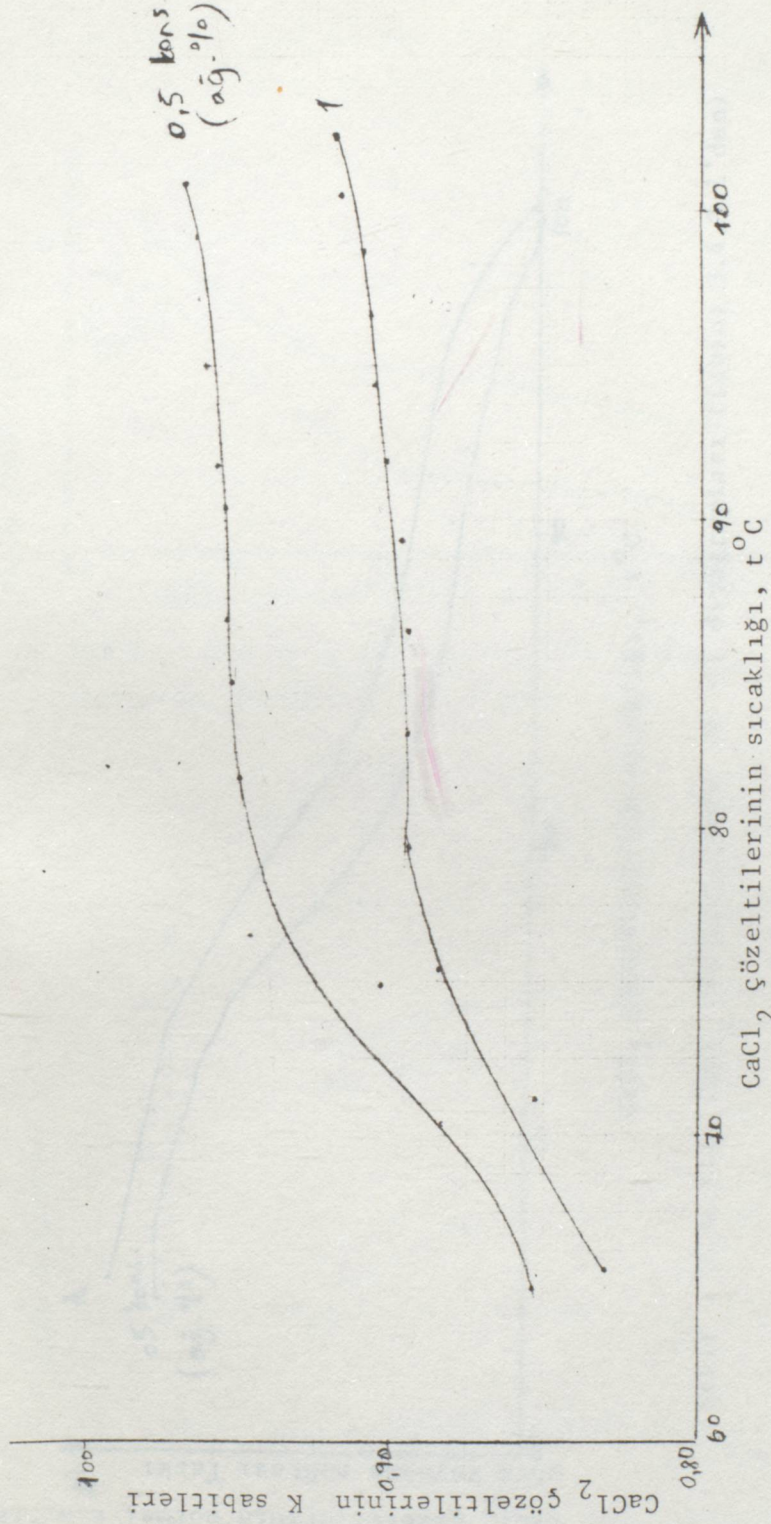
Çok seyreltik metal tuzu sulu çözeltilerine ait çeşitli konsantrasyon ve basınçlarda hesaplanan % Raoult sapma değerleri:

Tablo: 3.4.5.1 CaCl_2 çözeltilerinin konsantrasyon ve basınçla değişen % Raoult sapma değerleri

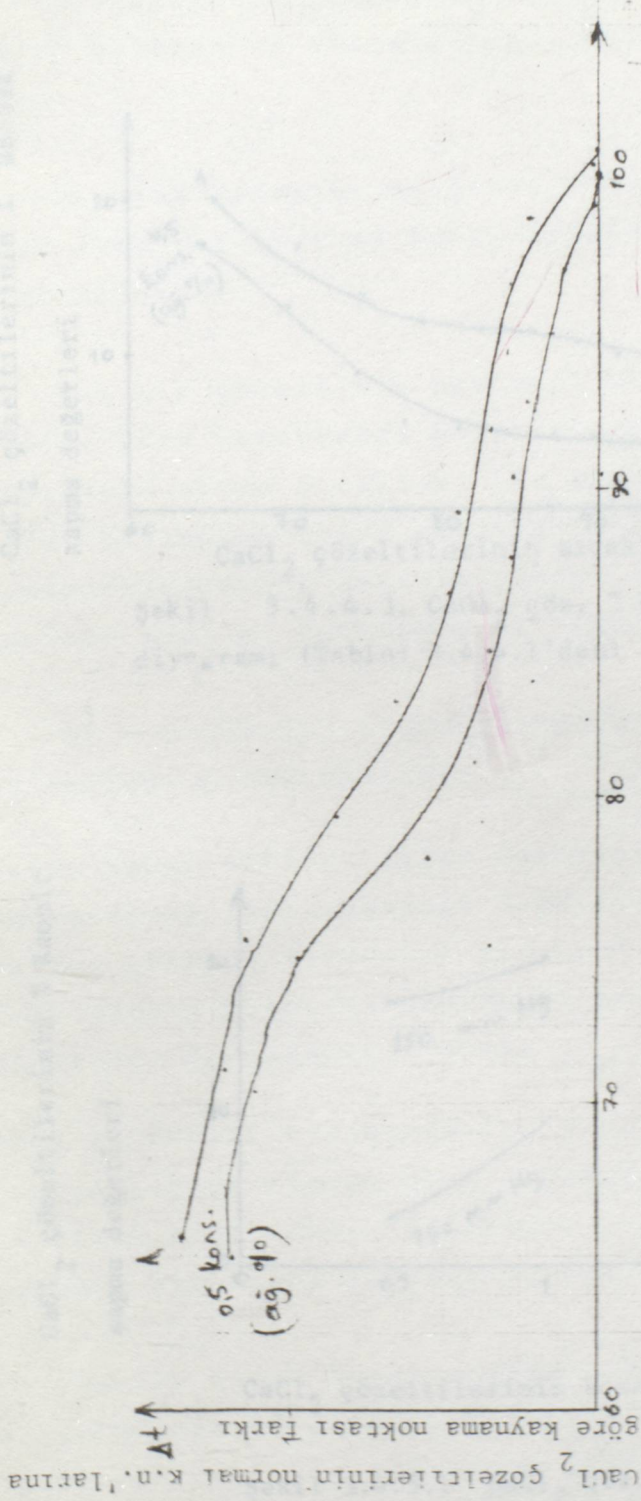
<u>CaCl_2</u>		
<u>kons.</u>	<u>160 mm Hg</u>	<u>760 mm Hg</u>
<u>ağ.%</u>	<u>% R. sap.</u>	<u>% R. sap.</u>
0.5	17.1062	3.1684
1	20.0125	8.5723



Şekil 3.4.1.1. CaCl_2 çözeltilerinin Dühring diyagramı
(Tablo: 3.4.1.1'den)

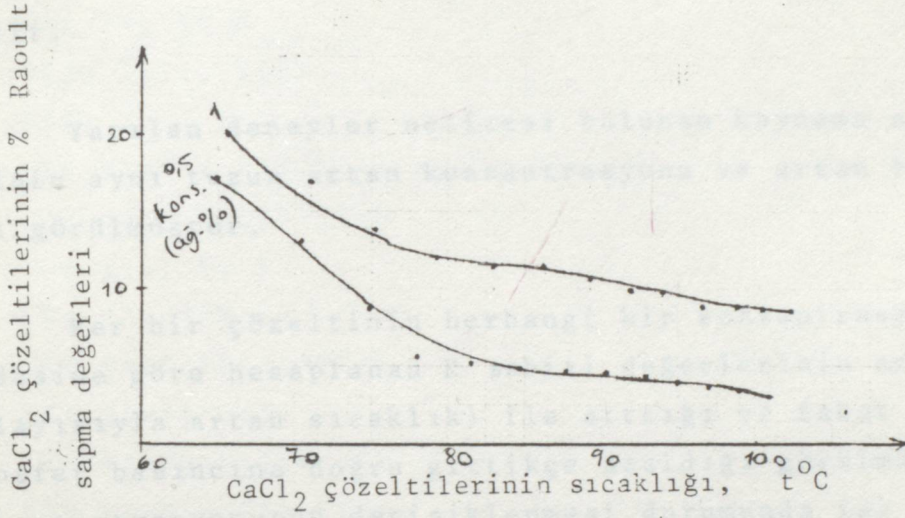


Şekil 3.4.2.1. CaCl_2 çözeltilerinin $K - t$ diyagramı (Tablo: 3.4.2.1'den)

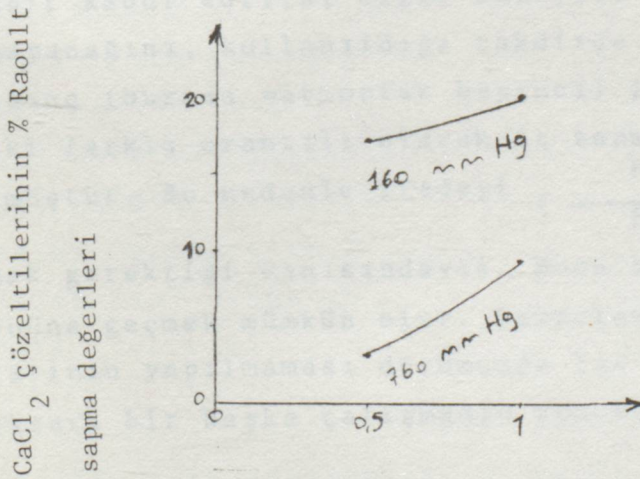


CaCl_2 çözeltilerinin sıcaklığı, $t^\circ\text{C}$

Şekil 3.4.3.1.1. CaCl_2 çözeltilerinin $\Delta t - t$ diyagramları (Tablo: 3.4.3.1'den)



Şekil 3.4.4.1. CaCl₂ çöz. % R. sapma - t diyagramı (Tablo: 3.4.4.1'den)



CaCl₂ çözeltilerinin konsantrasyonu, ağ. %

Şekil 3.4.5.1 CaCl₂ çöz. % R. sapma - kons. diyagramı (Tablo: 3.5.5.1'den)

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada alkali ve toprak alkali metal tuzlarının atmosfer basıncı ve vakum altında kaynama noktaları incelenmiştir.

Yapılan deneyler neticesi bulunan kaynama noktası değerlerinin aynı tuzun artan konsantrasyonu ve artan basınç ile arttığı görülmüştür.

Her bir çözeltinin herhangi bir konsantrasyonunda Babo kaidesine göre hesaplanan K sabiti değerlerinin artan basınç (dolayısıyla artan sıcaklık) ile arttığı ve fakat bu artışın atmosfer basıncına doğru gittikçe azaldığı görülmüştür. Çözelti konsantrasyonunun derişiklenmesi durumunda ise çözelti buhar basıncının azalışı nedeniyle K sabitleri de azalmaktadır.

$\Delta t - t$ sonuçlarından görüldüğü gibi Babo kaidesine göre hesap edilen K sabitlerinin $\left(\frac{P_{\text{çözelti}}}{P_{\text{çözücü}}} \right)_t = K$ ifadesinde sabit kabul edilip; diğer deneysel basınç değerlerinde kullanılamayacağını, kullanıldığı takdirde K sabitinin hesaplandığı basınç (burada =atmosfer basıncı) ile uygulandığı basınç arasındaki farkla orantılı olarak Δt sapma değerlerini arttırdığı görülmüştür. Bu nedenle ifadeyi $\left(\frac{P_{\text{çözelti}}}{P_{\text{çözücü}}} \right)_t = \text{sabit}$ kabul etmemek gerektiği kanısındayız. Bunu böyle yapmakla Δt hatalarının önüne geçmek mümkün olur. Buharlaştırıcılarda bu sıcaklık hatalarının yapılmaması durumunda ise tasarruf edilebilecek enerji miktarı bir başka çalışmanın konusu olabilir.

Raoult sapma konsantrasyonu ve Raoult sapma - sıcaklık diyagramlarında da görüleceği bu sapma değerlerinin artan konsantrasyon artışı ile artışının görölmesi Raoult kanununun seyreltik çözeltilere uygulandığı kuralını doğrular, nitelikdedir. Yine aynı sapma değerlerinin atmosfer basıncına doğru yaklaşıldıkça azaldığı görülmüştür.

BASIC BİLGİSAYAR PROGRAMI

```
5  INPUT "ELEMEN SAYISI"; N
10  DIM X(N)
20  DIM Y(N)
30  FOR I=1 TO N
40  READ X(I), Y(I)
50  NEXT I
60  LET X1=0 : LET X2=0 : LET Y1=0
70  LET Y2=0 : LET XY=0
80  FOR X1=1 TO N
90  LET X2=X1+X(I)
100 LET X1=X2+X(I)*X(I)
110 LET Y1=Y1+Y(I)
120 LET Y2=Y2+Y(I)*Y(I)
130 LET XY=XY+X(I)*Y(I)
140 NEXT I
150 LET P1=N*XY-X1*Y1
160 LET P2=SQR(N*X2-(X1)*(X1))
170 LET P3=SQR(N*Y2-(Y1)*(Y1))
180 LET P=P2*P3
190 LET R=P1/P
200 PRINT "KOR KATS"; R
210 LET D=N*X2-X1*X1
220 LET A=(Y1*X2-XY*X1)/D
230 LET B=(N*XY-X1*Y1)/D
240 PRINT "KATSAYILAR "
250 PRINT "A=";A,"B=";B
300 DATA .....
```

$Y=A+BX$ doğru denklemine ait basic bilgisayar programı

Bilgisayar Programının Yaptığım Bazı Deneysel Değerlere Uygulanması:

%10 NaNO_3 K-t DİYAGRAMI

kor. kats. = 0.989181

katsayılar A = 3721.667000 B = 0.005957

%10 NaNO_3 Raoult sapma - sıcaklık DİYAGRAMI

kor. kats. = -0.989137

katsayılar A = 2191648.600000 B = -1.053232

%10 NaNO_3 Raoult sapma-konsantrasyon DİYAGRAMI (160 mm Hg)

kor. kats. = 0.964560

katsayılar A = 100737.500000 B = 0.339811

%10 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ K-t DİYAGRAMI

kor. kats. = 0.993059

katsayılar A = 0.575035 B = 0.003079

%10 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ Raoult sapma - sıcaklık DİYAGRAMI

kor. kats. = -0.919293

katsayılar A = 1261683.400000 B = -0.513827

%10 $\text{Ca}(\text{NO}_2)_3$ Raoult sapma-konsantrasyon DİYAGRAMI (160 mm Hg)

kor. kats. = 0.973790

katsayılar A = 12930.800000 B = 1.526503