

## NaCl – BaCl<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O üçlü su-tuz sisteminin +50°C’de incelenmesi

Hasan Erge<sup>a</sup>, Vedat Adıgüzel<sup>b</sup>, Arzu Yenigün<sup>a</sup>, Vedat Tavşan<sup>a</sup>, Ali Rıza Kul<sup>a</sup>,  
İhsan Alacabey<sup>c\*</sup>

<sup>a</sup> Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü, Van, 65080, Türkiye.

<sup>b</sup> Kafkas Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Kars, 36100, Türkiye.

<sup>c</sup> Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Van, 65080, Türkiye.

---

### Özet

NaCl – BaCl<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O üçlü su-tuz sisteminin izotermik yöntemle +50°C’de çözünürlük ve faz dengeleri araştırılmıştır. Araştırılan üçlü su-tuz sisteminin (%kütle olarak): NaCl - %22,98, BaCl<sub>2</sub> - %6,90, H<sub>2</sub>O - %70,12 bileşime sahip bir ötonik noktası saptanmıştır. Belirtilen ötonik noktada sıvı faz ile iki katı fazın dengede olduğu görülmüştür: BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O ve NaCl.

**Anahtar Kelimeler:** İzotermal metot, Üçlü sistem, Bileşim, Faz dengesi, Rozeboum diyagramı.

---

## Investigation of the NaCl – BaCl<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O water-salt ternary system at +50°C

---

### Abstract

The solubility and phase equilibrium in the NaCl- BaCl<sub>2</sub> - H<sub>2</sub>O water-salt ternary system has been investigated by the isothermal method at +50 °C . For the system in question an invariant thornier point has been determined as following (as percent of mass) NaCl - %22.98, BaCl<sub>2</sub> - %6.90, H<sub>2</sub>O - %70.12 In this point invariant two phase solid following are in equilibrium: NaCl and BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O.

**Keywords:** Isothermal method, Ternary system, Composition, Phase equilibria, Rozeboum diagram.

---

---

\* Yazışma Adresi: e-mail: [ihsanalacabey@hotmail.com](mailto:ihsanalacabey@hotmail.com)

## 1. Giriş

$\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{++}$  /  $\text{Cl}^-$ ,  $(\text{H}_2\text{PO}_2)^-$  //  $\text{H}_2\text{O}$  dördlü karşılıklı su tuz sisteminin fizikokimyasal analiz yöntemleriyle araştırılması hem teorik hem de pratik önem taşımaktadır [1]. Çünkü elde edilecek sonuçların kullanılmasıyla ilk defa olarak faz dengelerini gösteren  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{++}$  /  $\text{Cl}^-$ ,  $(\text{H}_2\text{PO}_2)^-$  //  $\text{H}_2\text{O}$  dördlü karşılıklı su tuz sisteminin farklı sıcaklıklarda "Bileşim – özellik" diyagramları çizilebilecek ve elde edilen bu diyagramların kullanılmasıyla,  $\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$  ile  $\text{NaCl}$  arasında gerçekleşen yer değiştirme tepkimesine dayanılarak  $\text{Ba}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$ 'in daha kolay ve pratik olabilecek elde edilişi yönteminin işlenip hazırlanması beklenmektedir [2].

Fizikokimyasal analiz terimi Erge'nin belirtildiği üzere; Kurnakov tarafından, sistemin herhangi bir özelliğine dayanılarak (çözünürlük, viskozite, yoğunluk, iletkenlik vb.) söz konusu sistemin bileşenlerinin birbirlerini karşılıklı etkileşimlerini ortaya çıkarmak için kullanılan araştırma yöntemidir [1].

Kimya endüstrisinde; Solvay teknolojik süreci adı ile bilinen sodanın ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) üretiminde son ürünün verimini yükseltebilmek için  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ , //  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  //  $\text{H}_2\text{O}$  dördlü karşılıklı su-tuz sistemi üzerinde fizikokimyasal analiz yönteminin kullanıldığı belirtilmiştir [3].

Bu çalışmada  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ba}^{++}$  /  $\text{Cl}^-$ ,  $(\text{H}_2\text{PO}_2)^-$  //  $\text{H}_2\text{O}$  dördlü karşılıklı su tuz sisteminin bünyesinde

yer alan  $\text{NaCl-BaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$  üçlü sistemin  $+50^\circ\text{C}$  de fizikokimyasal analiz yöntemiyle çözünürlüğünün ve faz dengelerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

$+50^\circ\text{C}$  de izotermik yöntemle  $\text{NaCl-BaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$  üçlü su-tuz sisteminin "Bileşim-Özellik" diyagramlarının araştırılması için Merck'in  $\text{NaCl}$  ve  $\text{BaCl}_2$  tuzları kullanılmıştır.

Sistemin sıvı fazının analizi; Çözeltide bulunan  $\text{Ba}^{2+}$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonlarının tayinine dayanılarak gerçekleştirilmiştir.  $\text{Ba}^{2+}$  iyonu; kompleksometri yöntemiyle (ve de gravimetrik yöntemle),  $\text{Cl}^-$  iyonu ise; mohr metoduyla tayin edilmiştir [4].

Sistemin katı fazının bileşiminin tayini ise Schreinemakers'in kuru kalıt yöntemiyle yapılmıştır [5].

$\text{NaCl-BaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$  üçlü su-tuz sisteminin  $+50^\circ\text{C}$  sıcaklıkta "Bileşim-Özellik" diyagramları çizilmiştir. Bu deneyler sırasında toplam 12 deneysel nokta tayin edilmiştir. Sistemin  $\text{NaCl-H}_2\text{O}$  tarafından  $\text{BaCl}_2$  yönüne doğru gidildiği sırada ötonik noktaya ulaşıncaya kadar 8 deneysel nokta ve  $\text{BaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$  tarafından  $\text{NaCl}$  yönüne gidildiğinde ise ötonik noktaya varıncaya kadar 4 deneysel nokta tayin edilmiştir.

Sistemin sıvı fazının ve dengede bulunan katı fazının bileşimleri ile ilgili elde edilen deneysel sonuçlar çizelge 1, 2 ve 3 te verilmiştir.

**Çizelge 1.**  $\text{NaCl-BaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$  üçlü su-tuz sisteminin  $+50^\circ\text{C}$  sıcaklıktaki çözünürlüğü ve dengede bulunan fazların bileşimi.

No	Sıvı Faz (% Kütle)			Kuru Kalıt (% Kütle)		Katı Fazın Bileşimi
	NaCl	BaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	NaCl	BaCl <sub>2</sub>	
1	0.00	31.50	68.50	0.00	83.25	BaCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O
2	2.38	26.64	70.98	2.70	74.30	BaCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O
3	5.78	22.66	71.56	4.80	70.02	BaCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O
4	10.53	16.85	72.62	6.60	67.85	BaCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O
5	15.70	12.68	71.62	9.73	65.00	BaCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O
6	20.65	8.37	70.97	11.20	60.05	BaCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O
7	22.83	7.14	70.03	15.08	55.10	BaCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O
8	22.98	6.90	70.12	26.80	48.07	BaCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O + NaCl
9	22.98	6.90	70.12	54.69	29.50	BaCl <sub>2</sub> . 2H <sub>2</sub> O + NaCl
10	23.51	5.62	70.86	77.90	04.65	NaCl
11	24.33	4.71	70.96	83.79	02.00	NaCl
12	26.86	0.00	73.14	100	0.00	NaCl

**Çizelge 2.** NaCl-BaCl<sub>2</sub>- H<sub>2</sub>O üçlü su-tuz sisteminin +50°C sıcaklıktaki çözünürlüğü, yoğunluğu ve iletkenliğinin sistemin bileşimi ile değişimi.

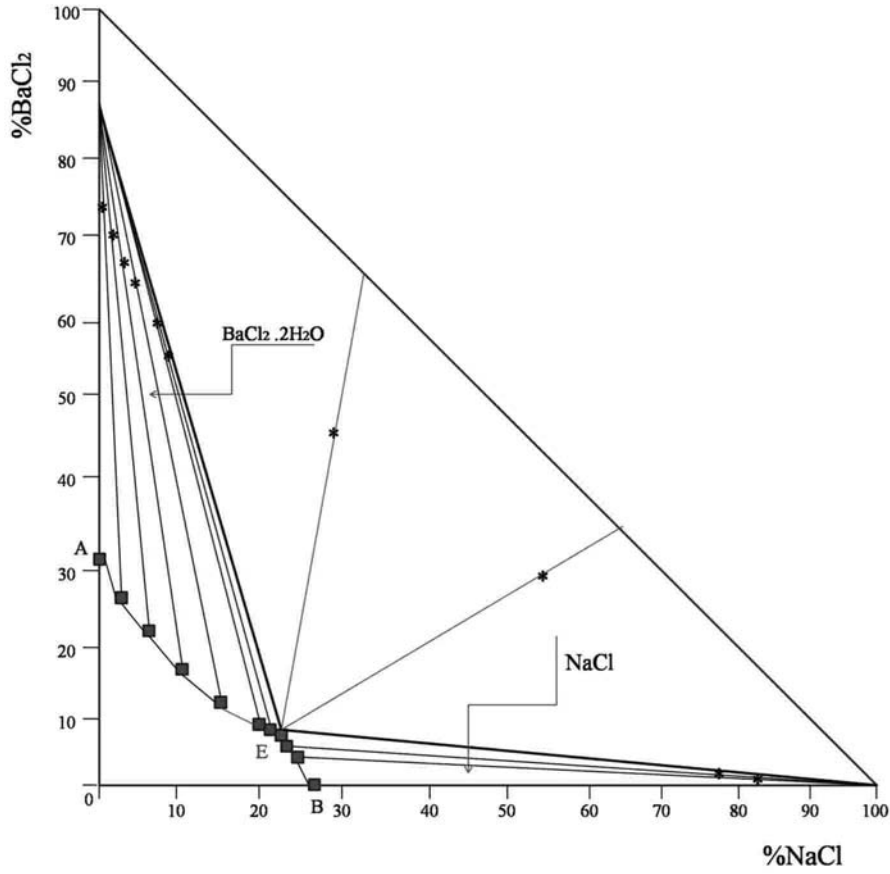
<i>Sıvı Faz(% Kütle)</i>				<i>100 Mol Tuz Karışımında</i>		<i>100 Mol Tuz Karşı H<sub>2</sub>O Mol Sayısı</i>	<i>d (kg.m<sup>3</sup>)</i>	<i>İletkenlik (mS.cm<sup>-1</sup>)</i>
<i>No</i>	<i>NaCl</i>	<i>BaCl<sub>2</sub></i>	<i>H<sub>2</sub>O</i>	<i>NaCl</i>	<i>BaCl<sub>2</sub></i>			
1	0.00	31.50	68.50	0.00	100.00	2513	1285	3400
2	2.38	26.64	70.98	13.71	86.29	2657	1273	4710
3	5.78	22.66	71.56	31.20	68.80	2511	1258	5010
4	10.53	16.85	72.62	52.63	47.37	2359	1248	5260
5	15.70	12.68	71.62	68.76	31.24	2039	1246	5280
6	20.65	8.37	70.97	81.44	18.56	1818	1239	5920
7	22.83	7.14	70.03	85.04	14.96	1696	1230	5950
8	22.98	6.90	70.12	85.55	14.45	1697	1229	6030
9	22.98	6.90	70.12	85.55	14.45	1697	1229	6030
10	23.51	5.62	70.86	88.13	11.87	1727	1227	6050
11	24.33	4.71	70.96	90.18	9.82	1710	1223	6100
12	26.86	0.00	73.14	100.00	0.00	1770	1191	6180

**Çizelge 3.** NaCl-BaCl<sub>2</sub>- H<sub>2</sub>O üçlü su-tuz sisteminin +50°C sıcaklıktaki çözünürlüğü.

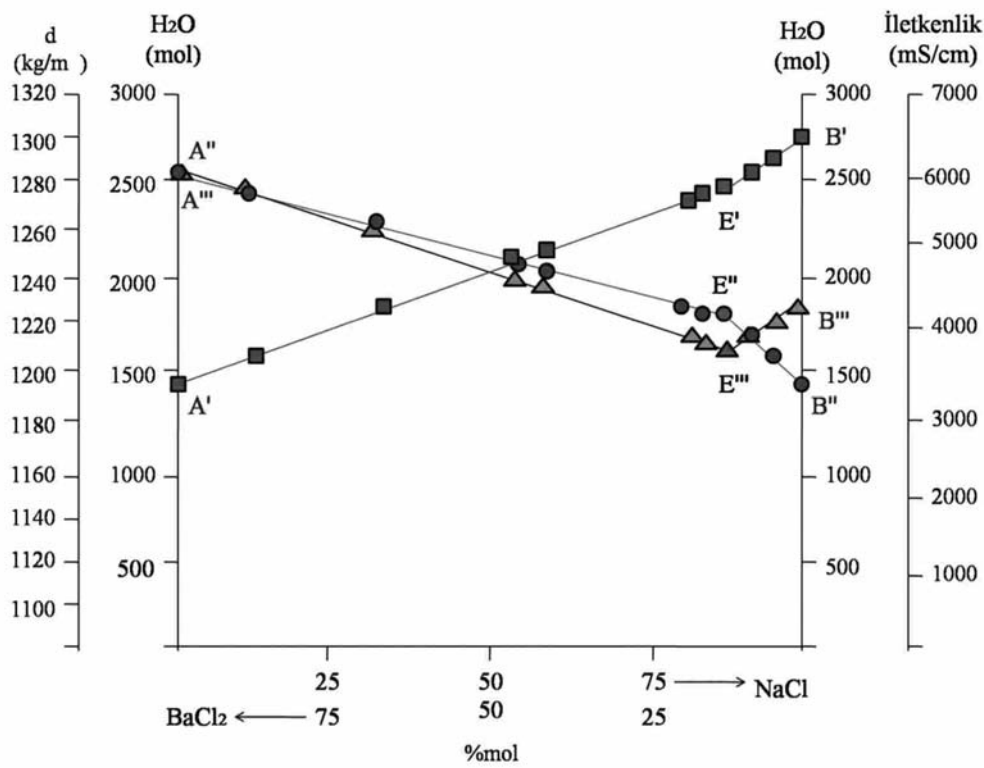
<i>Sıvı Faz(% Kütle)</i>				<i>100 Mol Tuz Karışımında</i>		<i>100 Mol Tuz Karşı H<sub>2</sub>O Mol Sayısı</i>	<i>100 Mol H<sub>2</sub>O'da Tuzun Mol Sayısı</i>	
<i>No</i>	<i>NaCl</i>	<i>BaCl<sub>2</sub></i>	<i>H<sub>2</sub>O</i>	<i>NaCl</i>	<i>BaCl<sub>2</sub></i>		<i>NaCl</i>	<i>BaCl<sub>2</sub></i>
1	0.00	31.50	68.50	0.00	100.00	2513	0.00	39.80
2	2.38	26.64	70.98	13.71	80.29	2657	5.16	32.48
3	5.78	22.66	71.56	31.20	68.80	2511	12.43	27.40
4	10.53	16.85	72.62	52.63	47.37	2359	22.31	20.08
5	15.70	12.68	71.62	68.76	31.24	2039	33.73	15.32
6	20.65	8.37	70.97	81.44	18.56	1818	44.79	10.21
7	22.83	7.14	70.03	85.04	14.96	1696	50.15	8.82
8	22.98	6.90	70.12	85.55	14.45	1697	50.42	8.52
9	22.98	6.90	70.12	85.55	14.45	1697	50.42	8.52
10	23.51	5.62	70.86	88.13	11.87	1727	51.04	6.88
11	24.33	4.71	70.96	90.18	9.82	1710	52.75	5.74
12	26.86	0.00	73.14	100.00	0.00	1770	56.50	0.00

Çizelge 1’de verilmiş olan bilgiler ışığında NaCl-BaCl<sub>2</sub>- H<sub>2</sub>O üçlü su-tuz sisteminin Rozeboum yöntemiyle faz diyagramı, çizelge 2 ve 3’te verilmiş olan bilgilere dayanılarak ise NaCl-BaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O üçlü su-tuz sisteminin izoter-

mik yöntemle +50°C sıcaklıktaki çözünürlüğü, yoğunluğunun ve iletkenliğinin (üçü bir arada) bileşim ile değişimi diyagramı çizilmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. NaCl-BaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O üçlü su-tuz sisteminin +50°C sıcaklıktaki çözünürlüğü ve faz dengeleri diyagramı (Rozebotum yöntemi).



Şekil 2. NaCl-BaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O üçlü su-tuz sisteminin +50°C sıcaklıktaki çözünürlüğünün, yoğunluğunun ve iletkenliğinin (üçü bir arada) bileşim ile değişimi diyagramı.

### 3. Tartışma ve Sonuç

NaCl-BaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O üçlü su-tuz sisteminin +50°C de elde edilen deneysel sonuçlarına göre (Çizelge 1-3 ve şekil 1-2) basit ötonik sistemler türüne ait olduğu saptanmıştır.

Araştırılan sistemin ötonik noktasının bileşimi (% kütle olarak); 22.98-NaCl, 6.90-BaCl<sub>2</sub>, 70.12-H<sub>2</sub>O olarak tespit edilmiştir. Belirtilen ötonik noktada sistemin sıvı fazı ile BaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O ve NaCl kristal hidratlarının dengede bulunduğu saptanmıştır.

Çizelge 1 ve şekil 1 de görüldüğü gibi, +50°C sıcaklıkta NaCl-BaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O üçlü su-tuz sisteminin çözünürlüğünün araştırılması sırasında; üçgenin BaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O tarafından NaCl köşesine doğru ilerlerken BaCl<sub>2</sub> tuzunun karşılıklı çözünürlüğü çözeltiye ilave edilen NaCl tuzunun etkisi altında %31.50'den (BaCl<sub>2</sub> tuzunun saf sudaki çözünürlüğü) %24.6 azalarak %6.90'a kadar (BaCl<sub>2</sub> tuzunun ötonik noktadaki çözünürlüğü) düştüğü tespit edilmiştir.

Üçgenin NaCl-H<sub>2</sub>O tarafından BaCl<sub>2</sub> köşesine doğru ilerlerken ise NaCl tuzunun karşılıklı çözünürlüğü çözeltiye ilave edilen BaCl<sub>2</sub> tuzunun etkisi altında %26.86'dan (NaCl tuzunun saf sudaki çözünürlüğü) %3.88 azalarak %22.98 e kadar (NaCl tuzunun ötonik noktadaki çözünürlüğü) düştüğü görülmüştür.

O halde her iki tuzda birbirlerinin çözünürlüklerini karşılıklı olarak etkileyip azaltmaktadır.

Çizelge 2,3 ve şekil 2 de görüldüğü üzere, +50°C sıcaklıkta NaCl-BaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O üçlü su-tuz sisteminin sıvı fazının yoğunluğunun araştırılması sırasında elde edilen deneysel sonuçlara göre; BaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O tarafından NaCl köşesine ilerlendiğinde sıvı fazın yoğunluğu 1285 kg/m<sup>3</sup>'den (BaCl<sub>2</sub> tuzunun doymuş çözeltisinin yoğunluğu) sisteme NaCl tuzunun ilave edilmesi ile değişerek 1229 kg/m<sup>3</sup>'e kadar (Sistemin sıvı fazının ötonik noktadaki yoğunluğu) azaldığı görülmüştür.

NaCl-H<sub>2</sub>O tarafından BaCl<sub>2</sub> köşesine ilerlediğimiz sırada ise sıvı fazın yoğunluğu 1191 kg/m<sup>3</sup>'den (NaCl tuzunun doymuş çözeltisinin) sisteme BaCl<sub>2</sub> tuzunun ilave edilmesi sonucu 1229 kg/m<sup>3</sup>'e kadar (sistemin sıvı fazının ötonik noktadaki yoğunluğu) yükseldiği görülmüştür.

+50°C sıcaklıkta BaCl<sub>2</sub>-NaCl-H<sub>2</sub>O üçlü su-tuz

sisteminin sıvı fazının iletkenliğinin araştırılması sırasında elde edilen deneysel sonuçlar çizelge 2 ve şekil 2 de gösterilmiştir. Çizelge 2 ve şekil 2 de görüldüğü gibi BaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O tarafından NaCl köşesine ilerlendiği sırada sıvı fazın iletkenliği 3400 mS.cm<sup>-1</sup> değerinden (BaCl<sub>2</sub> tuzunun doymuş çözeltisinin iletkenliği) sisteme NaCl ilave edilmesi ile değişerek 6030 mS.cm<sup>-1</sup> değerine (sistemin sıvı fazının ötonik noktadaki iletkenliği) yükseldiği görülmüştür.

NaCl-H<sub>2</sub>O tarafından BaCl<sub>2</sub> köşesine gidildiği sırada ise sıvı fazın iletkenliği 6180 mS.cm<sup>-1</sup> den (NaCl tuzunun doymuş çözeltisinin iletkenliği) sisteme BaCl<sub>2</sub> tuzunun ilave edilmesi ile değişerek 6030 mS.cm<sup>-1</sup> değerine (sistemin sıvı fazının ötonik noktadaki iletkenliği) düştüğü görülmüştür.

Sonuç olarak; Na<sup>+</sup>, Ba<sup>++</sup>/Cl<sup>-</sup>, (H<sub>2</sub>PO<sub>2</sub>)<sup>-</sup> // H<sub>2</sub>O dördümlü karşılıklı su-tuz sisteminin bünyesinde yer alan NaCl-BaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O üçlü sistemi +50°C sıcaklıkta çalışılmış olup; sistemin bir köşesi analiz edilerek genel amaca bir adım daha yaklaşılmıştır. Ayrıca Na<sup>+</sup>, Ba<sup>++</sup>/Cl<sup>-</sup>, (H<sub>2</sub>PO<sub>2</sub>)<sup>-</sup>//H<sub>2</sub>O dördümlü karşılıklı su-tuz sistemi ile ilgili diğer sonuçların bulunması ve bunların sonucunda çizilen diyagramların kullanılmasıyla da bu tuzların, HALLURJİ' de (tuz endüstrisinde) ve sanayi atıklarında bulunan tuz karışımlarından ayrılması yöntemlerinin fizikokimyasal esaslarının işlenip hazırlanmasında kullanılması ve uygulanması beklenebilir.

### 4. Kaynaklar

1. H. Erge, Doktora Tezi. Sodyum Ve Baryumun Klorürleri Ve Hipofosfitlerini İçeren Dördümlü Karşılıklı Su-Tuz Sisteminin İzotermik Yöntemle Fizikokimyasal özelliklerinin İncelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bil. Enst. 2009.
2. H. Erge, V. Adıgüzel, A.R. Kul, V. Alişoğlu, "Na<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> / BaCl<sub>2</sub> / Ba(H<sub>2</sub>PO<sub>2</sub>)<sub>2</sub> / H<sub>2</sub>O Sisteminin Fiziko - Kimyasal Analizi 3. Kafkas Üniv. Fen Bil. Derg. Cilt:1, Sayı:2; 33 36, 208
3. A. G. Bergman, N.A. Vlasov, Dok. AN SSCB, M., (1942) pp. 26 31.
4. H. Gülensoy, Kompleksometrinin Esasları ve Kompleksometrik Titrasyonlar Sayfa 126 131. Çantay Kitapevi. Ostanbul, 2003.
5. V. Adıgüzel, Sodyum ve Çinkonun Klorürleri ve Hipofosfitlerini İçeren Dördümlü Karşılıklı Su-Tuz Sistemini İzotermik Yöntemle Fizikokimyasal özelliklerinin İncelenmesi (doktora tezi, basılmamış). Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars, 2010.