

Baskil ve Yakın Çevresindeki Yeraltı Sularının Hidrojeokimyasal ve Kirlilik Değerlendirmesi

Seda UÇAR, Özlem ÖZTEKİN OKAN

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye
sbakir@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 28.09.2012; Kabul/Accepted: 01.11.2012)

Özet

Bu çalışmada, Pliyo-Kuvaterner yaşlı çakıltası, silttaşı ve kumtaşlarından oluşan akiferden alınan kuyu sularının hidrojeokimyasal değerlendirilmesi yapılarak bölgede bahçe tarımında kullanılan kimyasal gübrelerin yeraltı sularına etkilerinin olup olmadığı araştırılmıştır. İnceleme alanı ve yakın çevresinde yaşlıdan gence doğru; Permo-Triyas yaşlı Keban metamorfikleri, Üst Kretase yaşlı Baskil magmatikleri, Orta Paleosen-Alt Eosen yaşlı Seske formasyonu, Lütetiyen-Üst Oligosen yaşlı Kırkeçit Formasyonu, Pliyo-Kuvaterner yaşlı çakıltası, silt, kumtaşı, kireçtaşı, yamaç molozu ve alüvyon yüzeylenmektedir. İncelenen sulara baskın katyon Ca^{+2} , baskın anyon ise HCO_3^- olup sular $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ 'lüdür. Sulara bulunan Ca^{+2} iyonu, amfibol, piroksen, plajiyoklas gibi silikat minerallerinin bünyesinde bulunan Ca^{+2} 'nin çözünmesi ve kireçtaşlarının CO_2 'li sularla çözündürülmesiyle sulara geçmiş olmalıdır. Metal ve iz element içerikleri bakımından da sular değerlendirildiğinde sular standartlara uygundur. Keson ve sondaj kuyu sularının NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- ve PO_4^{3-} konsantrasyonları çeşitli standartlara göre değerlendirilmiş ve sulara tarımsal gübre kaynaklı bir kirlilik belirlenmemiştir. Ancak, bazı kuyu sularının NO_3^- konsantrasyonlarının standartların limit değerine yakın olması, suların bölgede yapılan gübreleme çalışmalarından etkilendiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Elazığ, Baskil, Hidrojeokimya, Azot Kirliliği.

Hydrogeochemical and Pollution Investigation of Groundwaters of Baskil (Elazığ) And Surrounding

Abstract

The hydrogeochemistry of the well waters sampled from Plio-Quaternary aquifer consisting of conglomerate, silt and sandstone have been examined and the effect of chemical fertilizers on groundwaters have been investigated in this study. The units in the investigated area from bottom to top are Permo-Triassic Keban metamorphics, Upper Cretaceous Baskil magmatics, Middle Paleocene-Lower Eocene Seske formation, Lutetian-Upper Oligocene Kırkeçit Formation, Plio-Quaternary conglomerate, sandstone, silt, limestone, debris and alluvium. The dominant cation is Ca^{+2} and the dominant anion is HCO_3^- in the groundwaters and these waters are grouped in $CaCO_3$ and $MgCO_3$ classes on Piper Diagram. Ca^{+2} ion might derived from dissolution of the Ca in amphibole, pyroxene and plagioclase minerals or dissolution of limestone by CO_2 -rich groundwaters. The groundwaters are within the limits of the standarts according to their metal and trace element concentrations. The NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- and PO_4^{3-} concentrations in the groundwaters are compared with some standarts and are determined that there isn't any contamination in the waters generated from the agricultural fertilizers. However, the NO_3^- concentrations in some waters samples that are very close to the standart limits might indicate that the groundwaters at that region are effected from the agricultural fertilizers.

Keywords :Elazığ, Baskil, Hydrogeochemistry, Nitrogen Pollution.

1. Giriş

İnceleme alanı; Elazığ'ın güneybatısında il merkezine 39 km uzaklıkta olup, Elazığ K41-c4 paftasında yer almaktadır (Şekil 1). Bu çalışmanın amacı, Baskil (Elazığ) ilçesinde özellikle Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimlerden oluşan akifer içerisinde açılmış olan sondaj ve

keson kuyu sularının hidrojeokimyasal özelliklerini inceleyerek, bölgede bahçe tarımında kullanılan kimyasal gübre ve ilaçların yeraltı sularına etkisinin olup olmadığını ortaya çıkarmaktır.

Bu amaçla, yüzey sularından 2 adet; sondaj ve keson kuyulardan ise 8 adet yeraltı suyu örneği alınarak, majör anyon ve katyonlar başta

olmak üzere NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , ve PO_4^{3-} analizleri yapılmıştır. Sular ilgili diyagramlar üzerinde yorumlanmış, iyonların kökenleri belirlenerek içme ve kullanmaya uygunlukları çeşitli standartlarla karşılaştırılarak ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

İnceleme yüzey ve yeraltı sularından Temmuz (2008) ve Nisan (2009) aylarında; Kasım, Mart, Nisan aylarında bölgede bahçe tarımında yapılan gübreleme çalışmaları dikkate alınarak Kasım (2010), Nisan, Temmuz, Ağustos, Eylül (2011) aylarında örnekler alınarak yeraltı suyunun gübrelemeden etkilenme durumu ve mevsimsel değişimi ortaya konmaya çalışılmıştır.

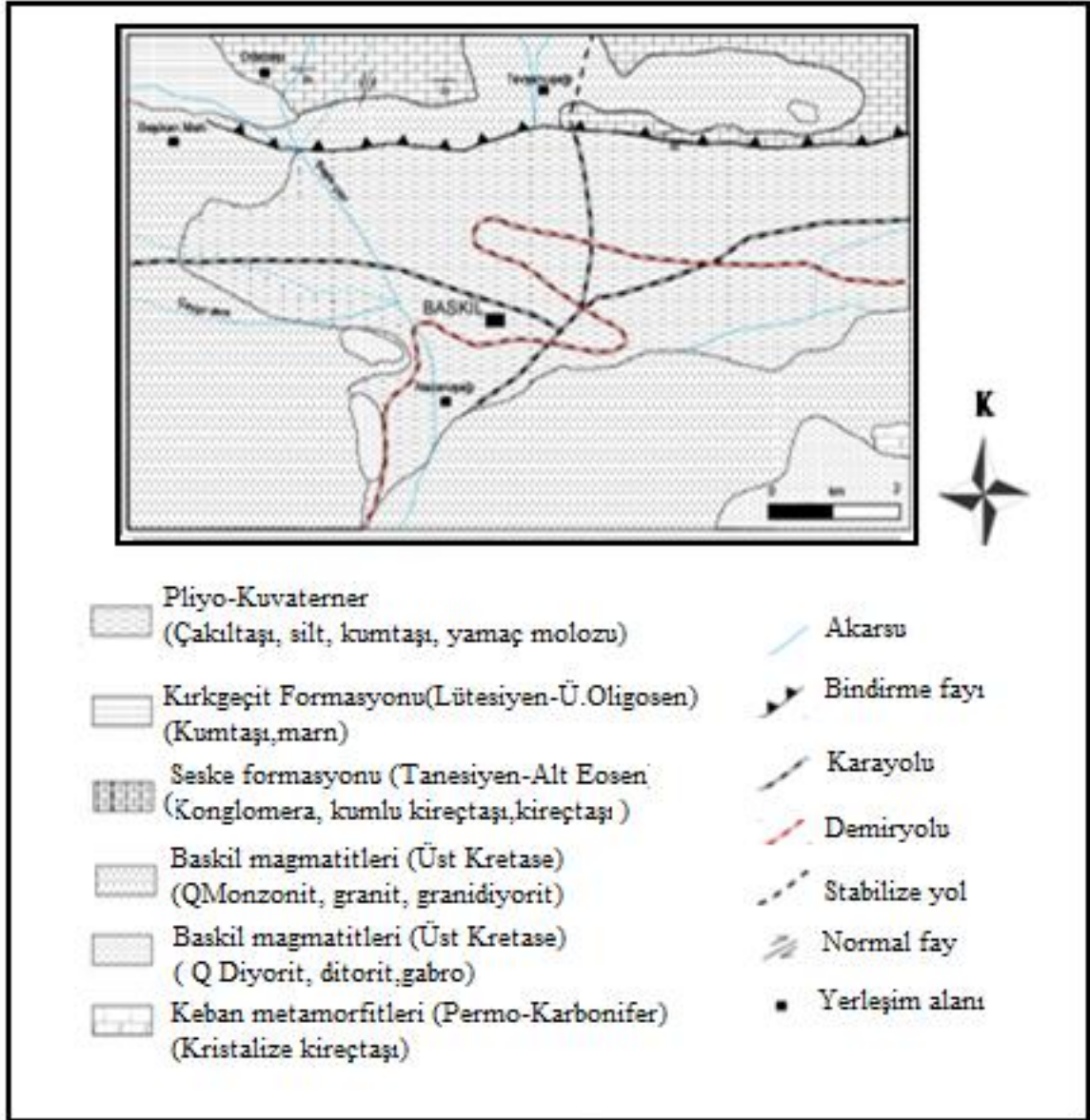
Çalışma kapsamında suların sıcaklık, elektriksel iletkenlik (EC) ve pH değerleri örnekleme noktalarında YSI marka Orion 63 model kondüktivimetre ile yerinde ölçülmüştür. Temmuz (2008) ve Nisan (2009) aylarına ait su örneklerinin kimyasal analizleri Fırat Üniversitesi laboratuvarlarında Nova 60 cihazıyla spektrofotometrik olarak, HCO_3^- tayini ise titrasyon yöntemi ile tespit edilmiştir. Kasım (2010) ve Nisan (2011) aylarında alınan su örneklerinin anyon ve kation analizleri Acme Laboratuvarlarında (Kanada) yapılmış olup bu dönem sularının da NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- ve PO_4^{3-}

konsantrasyonları Fırat Üniversitesi Laboratuvarlarında Nova60 cihazıyla spektrofotometrik olarak tespit edilmiştir. Su örneklerinin kitler yardımıyla tespit edilen NH_4^+ -N, NO_2^- -N, NO_3^- -N ve PO_4^{3-} -P konsantrasyonları yapılan hesaplamalarla NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- ve PO_4^{3-} konsantrasyonlarına çevrilmiştir. Ağustos ve Eylül (2011) aylarında alınan suların NO_3^- konsantrasyonları ölçüm için kullanılan kitlerin değer aralıklarının üstünde olduğundan bu dönemlerde suların NO_3^- konsantrasyonları Fırat Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvarlarında Brucine Soğuk Metodu ile tespit edilmiştir. Zemin örneklerinin geçirimsizlikleri tabanı delikli kutu yöntemi ile, gözeneklilikleri ise sıkılama yöntemi ile Jeoloji Mühendisliği Bölümü Hidrojeoloji Laboratuvarında tayin edilmiştir.

2. İnceleme Alanının Jeolojisi

Çalışma alanı ve çevresinde bölgenin jeoloji ve hidrojeolojisiyle ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur [1-6]. İnceleme alanı çevresinde Paleozoyik'ten Senozoyik'e kadar değişen yaşlarda birimler yüzeyleme vermektedir. Bu birimler yaşlıdan gence doğru; Permo-Triyas yaşlı Keban metamorfitleri, Üst Kretase yaşlı Baskil magmatitleri, Orta Paleosen-Alt Eosen yaşlı Seske formasyonu, Lütesiyen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu, Pliyo-Kuvaterner yaşlı çakıltaşı, silttaşı, kumtaşı, kireçtaşı, yamaç molozu ve alüvyondur (Şekil2).

Bölgenin temelini oluşturan Keban metamorfitleri rekristalize kireçtaşı-kalkışistler ile temsil edilmekte olup kırık ve çatlaklıdır. Çatlaklar genelde kalsit kristallerince doldurulmuştur. Kaba masif görünümünde olan birim, yer yer orta-kalın tabakalanma gösteren seviyeler de içerir. Ayrıca, bantlar ve mercekler halinde dolomitleşme görülür [2]. Turan [7], Baskil çevresinde yaptığı çalışmasında Keban metamorfitleri içinde görülen kloritçe zengin seviyelerin, metamorfizma derecesinin düşük olduğunu ve yeşil şist fasiyesinden ileri gitmediğini belirtmiştir. Keban metamorfitleri ile yer yer tektonik yer yer intrüzif dokanağın izlendiği Üst Kretase yaşlı Baskil magmatitleri bölgede başlıca derinlik, damar ve yüzey kayalarla ile temsil edilmektedir.



Şekil 2. Baskil ve çevresinin jeoloji haritası (Akgül [3]' den değiştirilerek)

Çalışma alanı ve yakın çevresinde Baskil magmatitlerine ait granitik kayalar ile Keban metamorfikleri arasında belirgin kontakt metamorfizma zonu gözlenmektedir. Baskil magmatitlerinin bölge-deki en önemli özelliklerinden biri de damar kayaları bakımından zengin olmasıdır. Bazik damar kayalarından asidik damar kayalarına kadar çeşitli bileşimlerde izlenirler [6]. Orta Paleosen-Alt Eosen yaşlı Seske formasyonu özellikle Elazığ çevresinde geniş yayılım göstermekte olup bütünüyle kireçtaşlarından oluşmuştur.

Birim genelde masif görünümde olup, üst seviyelerde bazen orta-kalın tabakalanma sunup kırıklı, çatlaklı ve karstik boşluklu bir yapıya sahip olduğu belirtilmiştir [2]. Turan [7] ve Asutay [8] formasyonun resif gerisi sığ lagüner ortamda çökelen karbonat yığılması olduğunu belirtmişlerdir. Lütesiyen-Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu bölgede genel olarak kumtaşı ve marn birimlerinden oluşmuştur. Birçok araştırmacı tarafından taban konglomerası ile başladığı, genelde tabanının Orta Eosen kireçtaşlarından oluştuğu

belirtilmiştir. Birim, üzerine uyumsuz olarak gelen Pliyo- Kuvaterner yaşlı çakıltası, silt, kumtaşı, kireçtaşı ve yamaç molozu ile örtülmektedir. Pliyo-Kuvaterner yaşlı çakıltasının elemanları zayıf kumlu bir çimento ile tutturulmuş olup çoğu yerde çakıllar serbest haldedir. Tabakalanma iyi gelişmemiştir ve genel olarak tabakalar yataydır. Yamaç molozları bölgede farklı boyutta köşeli magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaç parçalarını içermektedir [2].

Çalışma bölgesindeki en genç birim olan alüvyonu nehir yataklarında biriken ve çevrede yüzeyleyen kayaçlardan türemiş tutturulmuş çakıl, kum, kil vb. oluşturmaktadır. Alüvyon, dere yataklarında oldukça dar alanlarda yüzeylendiklerinden haritalanamamıştır.

3. Hidrojeoloji

İnceleme alanında yeraltı suyu taşıyan formasyonlar; Keban metamorfileri, Baskil magmatitleri, Seske formasyonu, Kırkgeçit Formasyonu ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı çakıltaları, silt ve kumtaşlarıdır. Çalışma kapsamında incelenen sular çoğunlukla Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimlerin oluşturduğu akiferden alınmıştır (Şekil 3).

Pliyosen çakıltalarını oluşturan elemanlar oldukça kumlu ve zayıf bir çimento ile kısmen de serbest halde bulunmaları nedeniyle gözeneklilik ve geçirimsizlik oldukça yüksektir. Bu nedenle oldukça iyi bir akifer özelliğine sahip olup, su depolamaktadırlar. Pliyosen göl çökellerinin silt, ince kum ve çakıllı seviyelerinde serbest akifer oluşmuştur [2].

İnceleme alanından, Beşik Çayı (B9 no'lu örnek) ve Çaygır Deresi (B10 no'lu örnek) olmak üzere iki adet yüzey suyu örneği, 8 adet de yeraltı suyu örneği alınmıştır. Yeraltı suyu örneklerinden B1, B4 ve B7 no'lu örnekler çeşme sularından; B2, B3, B6 no'lu örnekler derinlikleri 70 m ile 92 m arasında değişen sondaj kuyularından; B5 ve B8 no'lu örneklerde ise derinlikleri 12 m ile 18 m arasında değişen keson kuyulardan alınmıştır. Örneklenen suların debileri 0,6 ile 2,3 L/sn arasındadır.

Pliyosen çökelleri ile Baskil magmatitlerinin altere zonlarından alınan toplam 11 adet zemin

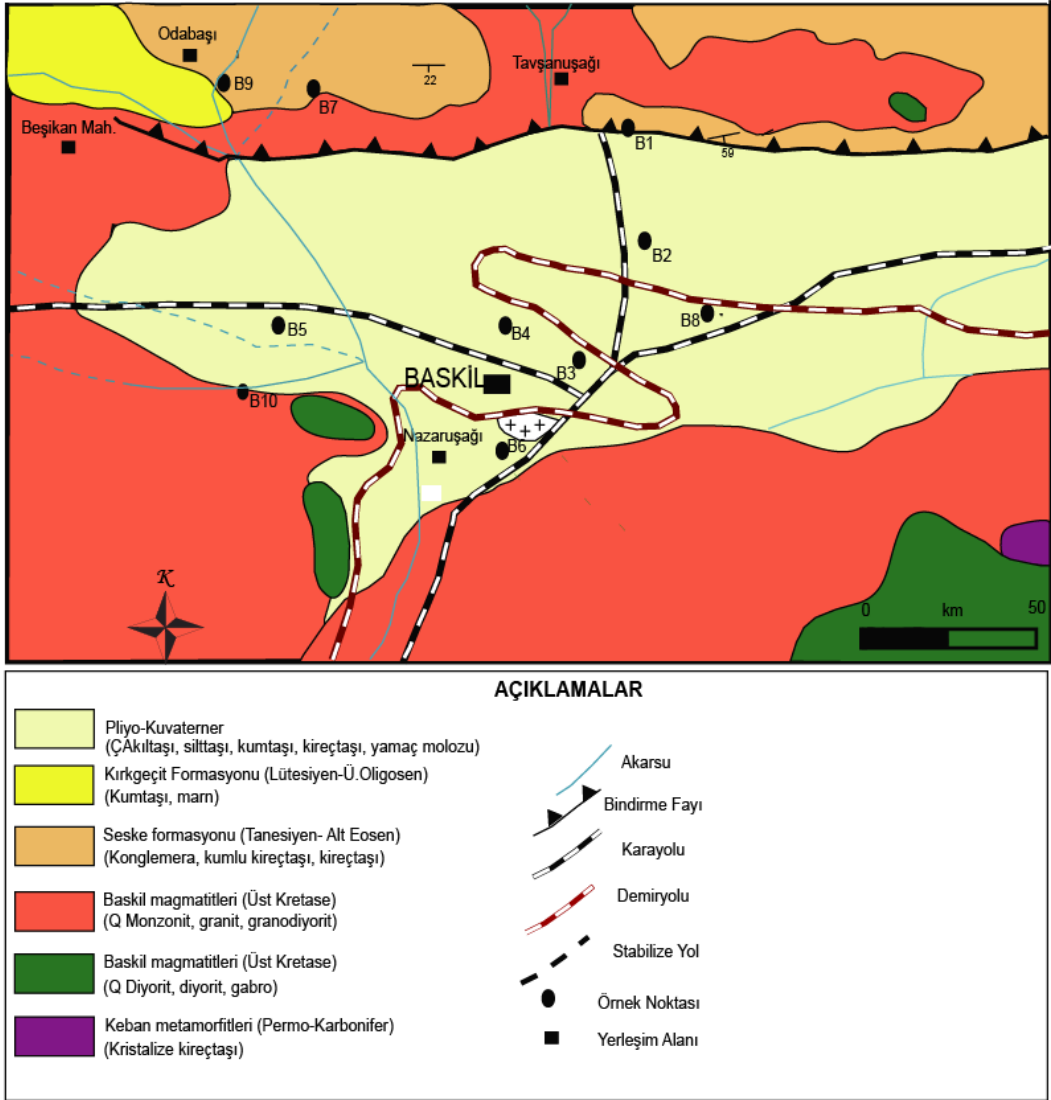
örneğinin geçirimsizliği, laboratuvarda yapılan deneyler sonucunda, $7,48 \cdot 10^{-4}$ - $17,4 \cdot 10^{-3}$ m/s arasında; gözeneklilikleri ise %30 ile % 45 arasında tespit edilmiştir.

4. Hidrojeokimya

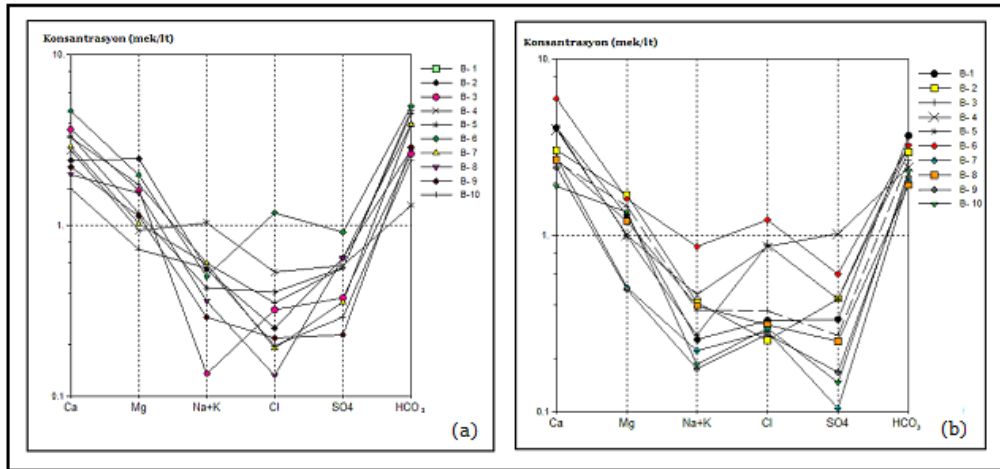
İnceleme alanında incelenen suların EC değerleri 161,5 ile 733 $\mu\text{S/cm}$ arasında; pH'ları 6,2 ile 7,44 arasında; sertlikleri ise 11.85 ile 38.2 d°H Fr arasındadır (Çizelge 1 ve Çizelge 2). Sertlik değerleriyle sular genel olarak “sert su” sınıfına girmektedir.

İncelenen suların Temmuz (2008) ve Nisan (2009) ayları analiz sonuçlarına göre çizilen Schoeller diyagramında [19] suların iyon değerlerini birleştiren doğruların birbirine az çok paralel geçtiği görülmüştür (Şekil 4). Bu da incelenen suların aynı akiferden beslendiğini göstermektedir.

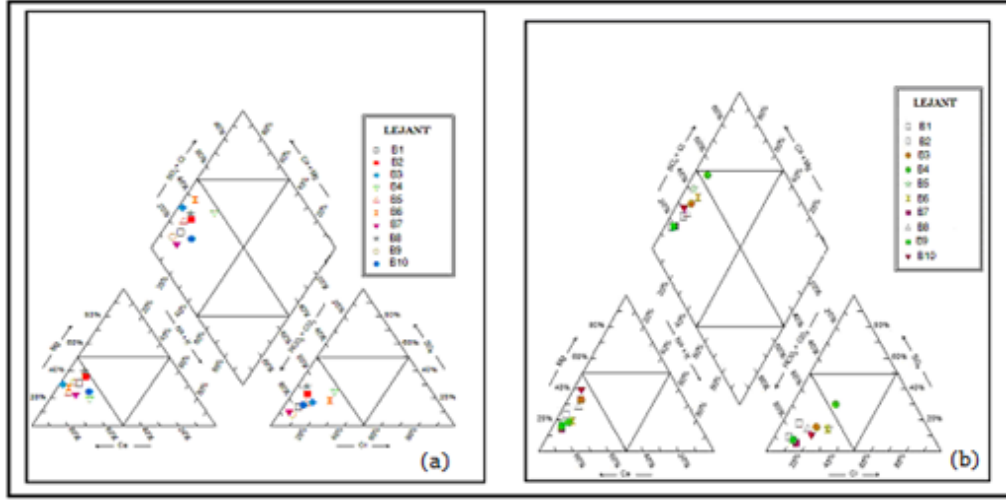
Su örneklerinin major katyon ve anyon konsantrasyonlarının Temmuz (2008) ayı analiz sonuçlarının Piper Diyagramı üzerindeki dağılımları suların Ca-HCO_3 fasiyesinde yer aldığını göstermektedir. Örnek noktaları Piper diyagramında 1. ve 5. bölgede olup bu bölge sularının karbonat sertliği %50 'den fazla olup $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^+ + \text{K}^+$ dur. Aynı zamanda bu bölgede CaCO_3 ve MgCO_3 lı sular bulunmaktadır (Şekil 5). İnceleme alanındaki yeraltı ve yüzey sularındaki major anyon ve katyon konsantrasyonlarına göre Ca^{+2} iyonu toplam iyonların miliekivalen değerinin %23.39-%46.28'ini oluşturmaktadır (Çizelge 1 ve Çizelge 2). Bu iyon amfibol, piroksen, plajiyoklas gibi silikat minerallerinin bünyesinde bulunan Ca^{+2} 'nin çözünmesi ve kireçtaşlarının CO_2 'li sularla çözündürülmesiyle sulara geçmiştir. Mg^{+2} iyonu da toplam iyonların miliekivalen değerlerinin %9.86-%24.01'ini oluşturmakta olup, bu iyon Baskil magmatitlerine ait volkanik kayaçlardaki olivin, amfibol, koyu renkli mikalar ve silikat minerallerinin çözünmesi ile yeraltı suyuna geçmiştir (Çizelge 1 ve Çizelge 2). Sularda bulunan Na^+ iyonunun, Baskil magmatitlerindeki Na^+ lu feldispatların altere olması ve kil minerallerinin baz değişimi sonucu sulara geçmiş olacağı düşünülmektedir.



Şekil 3. İnceleme alanındaki su örnekleme noktalarının dağılımını gösteren harita (Akgül [3]’den değiştirilerek)



Şekil 4. İnceleme alanındaki suların Temmuz-2008 (a) ve Nisan-2009 (b) kimyasal analiz sonuçlarının Schoeller diyagramında gösterilmesi



Şekil 5. İnceleme alanındaki suların Temmuz-2008(a) ve Nisan-2009(b) kimyasal analiz sonuçlarının Piper Diyagramı üzerindeki dağılımları

Çizelge 1. İncelenen suların Temmuz (2008) ayı kimyasal analiz sonuçları

Örnek Noktaları	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	403,4	161,5	420,6	338.5	462	574	287	345,6	232,9	254
T ($^{\circ}\text{C}$)	20.9	7.2	16,3	18.8	15.5	15.8	15.9	17.7	14.2	24.4
pH	6.69	6.32	6.47	7.44	6.45	6.5	6.85	6.42	7.0	6.51
Toplam sertlik d°h Fr	24.86	24.32	26.23	18.37	22.56	33.33	19.57	17.71	16.65	11.85
Ca^{+2}	mg/L	65	48	73	55	67	94	58	40	44
	%mek/ L	28.85	23.39	41.60	38.11	31.79	32.65	32.08	26.61	31.48
Mg^{+2}	mg/L	21	30	19.5	11.3	14.2	24	12.4	18.8	13.8
	%mek/ L	15.37	24.01	18.32	12.91	11.11	13.74	11.34	20.63	16.27
Na^{+}	mg/L	9	2	0	13	7	8	4	3	2
	%mek/ L	3.48	0.85	0	7.84	2.89	2.42	1.93	1.73	1.25
K^{+}	mg/L	8,2	18,2	5,3	18,5	4,9	6	16,6	9	8
	%mek/ L	1.87	4.54	1.55	6.57	1.19	1.07	4.71	3.07	2.94
Cl^{-}	mg/L	12.5	8.9	11.4	18.9	14.4	42.2	6.8	4.7	7.8
	%mek/ L	1.87	4.54	1.55	6.57	1.19	1.07	4.71	3.07	2.94
SO_4^{-2}	mg/L	27	31	18	28	27	44	17	31	11
	%mek/ L	4.99	6.30	4.28	8.09	5.34	6.37	3.92	8.60	3.28
HCO_3^{-}	mg/L	287.54	237.2	160,72	80,36	276,36	303.8	237,16	170,52	176,4
	%mek/ L	41.91	37.97	30.08	18.39	43.02	34.66	43.09	37.26	41.44

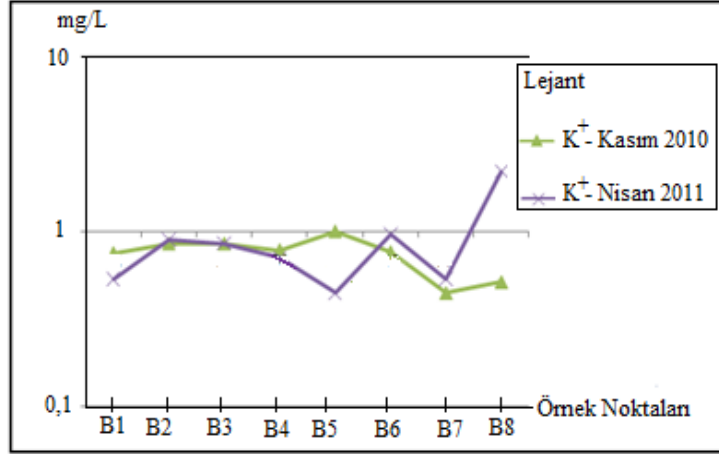
Çizelge 2. İncelenen suların Nisan (2009) ayı kimyasal analiz sonuçları

Örnek Noktaları	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	
EC (µS/ cm)	380.6	266	350	457.3	450.6	448	256.6	350	249	265	
T (°C)	12.6	15.4	15.3	14.5	13.2	15.2	13.3	17.7	14.2	18.2	
pH	6.98	6.5	6.2	6.56	6.4	6.83	6.8	6.42	7.1	6.45	
Toplam sertlik d°h Fr	27.0	23.7	20.6	25.0	25.4	38.2	16.2	19.5	14.6	16.2	
Ca ⁺²	mg/L	82	61	53	80	82	120	55	54	49	38
	%mek/L	40.85	34.32	33.76	40.43	40.88	43.95	46.28	39.36	42.78	30.56
Mg ⁺²	mg/L	15.8	20.6	17.8	12.2	12	19.6	6.1	14.6	6	16.4
	%mek/L	12.98	19.11	18.69	10.17	9.86	11.84	8.46	17.54	8.64	21.74
Na ⁺	mg/L	4	7	7	9	5	18	4	8	3	3
	%mek/L	1.74	3.43	3.88	3.96	2.17	5.75	2.93	5.08	2.27	2.09
K ⁺	mg/L	3,2	4,4	2,8	2,7	2,1	3,1	1,9	2	1,7	2,1
	%mek/L	0,82	1,27	0,92	0,69	0,54	0,58	0,83	0,74	0,75	0,87
Cl ⁻	mg/L	11,6	9	13,2	30,5	31,2	43,3	10	11	9,7	10,5
	%mek/L	3,27	2,86	4,75	8,71	8,79	8,96	4,75	4,53	4,79	4,77
SO ₄ ⁻²	mg/L	16	21	13	49	21	29	5	12	8	7
	%mek/L	3,33	4,93	3,46	10,33	4,37	4,34	1,75	3,65	2,92	2,35
HCO ₃ ⁻	mg/L	225,4	182,3	162,7	148,9	199,9	197,9	125,4	117,6	131,3	141,12
	%mek/L	36,89	33,69	34,04	24,72	32,74	23,81	34,65	28,16	37,65	37,28

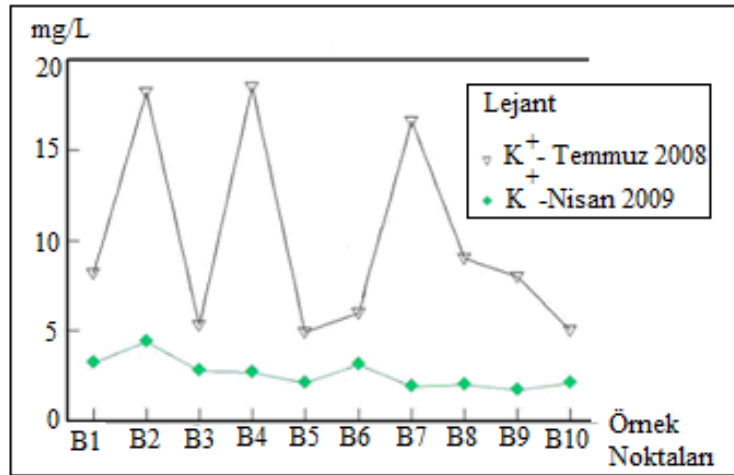
K⁺ iyonu toplam iyonların miliekivalen değerlerinin %0.54-%6.57'ini oluşturmaktadır. K⁺ konsantrasyonunun özellikle B8 nolu keson kuyu suyunda gübreleme dönemlerinde (Kasım, Nisan ayları) arttığı görülmektedir (Şekil 6). Genel olarak K⁺ iyonunda yağışlı ve kurak dönemlerde bir değişimin olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 7). Bunun nedeni, K⁺ iyonunun çözünmeye karşı direncinin yüksek oluşu ve yağışlı dönemlere kıyasla kurak dönemlerde sularda daha çok bulunmasına bağlanabilir[9]. Sulardaki Cl⁻ iyonu toplam iyonların miliekivalen değerlerinin %1.77-%8.96'sı arasında olup bu iyonun kökeni Pliosen çökellerinde bulunan tuzlu seviyeler ile yağışlar olduğu düşünülmektedir (Çizelge 1 ve Çizelge 2). Toplam iyonların miliekivalen değerlerinin %1.75- %10.33'ünü oluşturan SO₄-

2 iyonu ise yeraltı sularına, Baskil magmatitlerindeki piritin (FeS₂) oksidasyonu ve Kırkgeçit Formasyonu içerisindeki SO₄-2'lü seviyelerden geçmiş olmalıdır (Çizelge 1 ve Çizelge 2). İncelenen sulardaki baskın anyon olan HCO₃⁻ ise yeraltı sularına kireçtaşlarının CO₂'li sularla çözündürülmesiyle geçmiştir. Suların Kasım (2010) ve Nisan (2011) aylarında metal ve iz elementleri de içeren ayrıntılı analizleri yapılmıştır. Bölgedeki yağışlı (Nisan) ve kurak (Kasım) dönemleri temsil eden mevsimsel analiz sonuçlarına göre genel olarak incelenen sularda Al, B, Ba, Br, P, Sb, Zn konsantrasyonları 10 ppb'nin; S, Sr ve Si konsantrasyonları ise 100 ppb'nin üzerinde olup suların metal ve iz element içeriklerinde mevsimsel olarak belirgin farklılıklar gözlenmemiştir. Sulardaki Fe+2 konsantrasyonu 0.01

mg/L ile 0.175 mg/L arasında değişmektedir (Çizelge 3 ve Çizelge 4). Fe+2 katyonu magmatik kayalarındaki piroksen, amfibol, biyotit, olivin gibi minerallerden kaynaklanmaktadır.



Şekil 6. K⁺ iyonunun, gübreleme dönemlerinde, sulardaki dağılımı



Şekil 7. İnceleme alanındaki suların K⁺ iyonunun dönemsel dağılımı

Çizelge 3. İncelenen suların Kasım (2010) ayı kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
EC (µS/ cm)	320,8	370,3	250	342,5	415	423,7	306	225,2
T (° C)	16	17,6	22,6	16	17,7	16,6	16,9	15,6
pH	6,93	6,85	6,28	6,71	6,66	6,94	6,75	6,2
Ca⁺² (ppm)	92,75	51,45	56,22	67,56	45,7	54,83	68,96	73
Mg⁺² (ppm)	17,21	11,2	11,95	10,96	11,23	9,28	12,99	11,05
Na⁺ (ppm)	8	12,3	9,58	9,61	15,62	5,17	8,1	8,64
K⁺ (ppm)	0,76	0,86	0,86	0,79	1,01	0,77	0,45	0,52
Cl⁻ (ppm)	11	9	7	12	5	5	6	7
SO₄⁻² (ppm)	20	17	14	19	15	29	23	24
HCO₃⁻ (ppm)	20	17	14	19	15	29	23	24
Al (ppb)	31	39	15	16	13	10	9	22
As (ppb)	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	1	<0,5	1,1	0,7
Au (ppb)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
B (ppb)	19	19	18	27	34	13	26	34
Ba (ppb)	47,97	23,07	30	32,33	44,72	22,44	64,35	36,97
Br (ppb)	22	25	20	25	32	15	18	38
Cd (ppb)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ce (ppb)	0,03	0,05	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Co (ppb)	2,2	3,86	0,05	1,75	0,16	9,79	1,94	0,17
Cr (ppb)	1,1	0,9	1,3	1	<0,5	0,5	0,5	0,6
Cs (ppb)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,39	<0,01	<0,01	<0,01
Cu (ppb)	4	1	1	0,8	1	1,4	1,3	1,8
Fe (ppb)	35	135	17	<10	12	<10	175	13
Ga (ppb)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hg (ppb)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Li (ppb)	1,1	0,4	0,2	0,2	1,3	<0,1	1,2	1,9
Mn (ppb)	1,13	4,74	0,83	0,4	0,94	0,75	8,13	1,06
Mo (ppb)	1,3	2,7	3,5	2,3	0,7	7,1	0,7	1,2
Ni (ppb)	1	0,5	<0,2	0,6	1,2	<0,2	<0,2	<0,2
P (ppb)	23	33	35	31	35	37	81	36
Pb (ppb)	0,8	1,1	0,5	0,2	0,4	0,5	0,2	1,1
Rb (ppb)	0,61	0,19	0,16	0,09	0,98	0,11	0,19	0,21
S (ppm)	7	6	5	6	5	9	8	8
Sb (ppb)	53,98	86,64	73,15	46,93	137,7	79,34	50,27	69,09
Sc (ppb)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Se (ppb)	0,6	0,5	0,6	0,7	<0,5	2,5	<0,5	0,7
Si (ppb)	6848	9827	8872	9104	10176	5768	12906	10258
Sn (ppb)	0,14	0,12	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
Sr (ppb)	323,7	214,7	236,9	235,3	177,6	158,2	351,7	471,6
U (ppb)	1,13	0,81	1,06	1,09	0,71	1,14	2,04	2,64
V (ppb)	5,1	4,1	3,5	3,5	6,2	1,8	11	8,1
W (ppb)	0,06	19,82	0,16	0,11	0,05	0,06	0,03	0,04
Y (ppb)	0,05	0,07	0,02	0,02	0,06	0,03	0,02	0,04
Yb (ppb)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zn (ppb)	153,8	1174	198,6	6,3	5,3	87,9	61,3	27,2
Zr (ppb)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

Çizelge 4. İncelenen suların Nisan (2011) ayı kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
EC (µS/ cm)	417,8	399,2	372	350,6	430,1	733	440,6	373,2
T (° C)	13,6	14,4	15,5	14,4	13,3	15,2	14,2	14,7
pH	6,88	7,09	6,75	6,74	6,85	6,62	6,96	6,7
Ca⁺² (ppm)	76,59	60,21	57,3	57,84	75,5	115,6	76,6	51,56
Mg⁺² (ppm)	12,97	13,28	12,3	8,88	11	19,48	13,01	11,96
Na⁺ (ppm)	6,39	8,33	9,65	4,81	8,03	16,58	6,53	7,12
K⁺ (ppm)	0,54	0,9	0,86	0,71	0,45	0,97	0,54	2,2
Cl⁻ (ppm)	2	6	3	2	5	17	2	4
SO₄⁻² (ppm)	20	22	15	29	26	33	21	8,8
HCO₃⁻ (ppm)	208	167	162	140	183	267	200	150
Al (ppb)	14	12	7	5	5	6	14	6
As (ppb)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	<0,5	<0,5	1,4
Au (ppb)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
B (ppb)	13	18	18	15	38	33	13	27
Ba (ppb)	37,92	20,74	17,44	12,35	27,93	37,06	34,3	70,9
Br (ppb)	19	27	23	18	45	34	21	40
Cd (ppb)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05
Ce (ppb)	0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Co (ppb)	4,06	5,61	12,99	0,05	0,03	<0,02	10,38	0,05
Cr (ppb)	2,4	2,1	1,2	0,7	<0,5	1,2	0,5	1,4
Cs (ppb)	0,04	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cu (ppb)	2,9	1,6	0,8	0,7	3,1	1,1	0,9	1
Fe (ppb)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ga (ppb)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hg (ppb)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Li (ppb)	0,5	<0,1	0,2	<0,1	2,2	0,3	0,5	6,9
Mn (ppb)	0,97	0,73	0,13	0,94	0,31	0,21	1,18	0,11
Mo (ppb)	1,6	4	3,8	9	1,1	1,2	1,6	1,8
Ni (ppb)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
P (ppb)	35	34	45	33	39	38	25	32
Pb (ppb)	2,8	1,9	1	2,5	0,7	2,8	1,6	0,7
Rb (ppb)	0,43	0,21	0,16	0,08	0,17	0,09	0,38	0,34
S (ppm)	7	8	6	10	8	10	8	3
Sb (ppb)	71,99	90,77	180,2	21,16	7,17	3,76	126,2	18,2
Sc (ppb)	1	2	2	1	2	2	<1	2
Se (ppb)	0,9	6,2	1	2,2	0,7	1,6	0,8	0,6
Si (ppb)	7091	10928	10659	6660	10983	11048	7141	11224
Sn (ppb)	0,2	0,14	0,54	0,21	0,16	0,16	0,19	0,18
Sr (ppb)	261	230,1	219,1	162,7	481,3	396	268,8	532,5
U (ppb)	0,94	1,18	1,13	1,14	3	1,91	0,88	2,43
V (ppb)	4,5	3,2	3	1,5	6,6	2,6	4,6	13,6
W (ppb)	0,02	0,09	<0,02	0,04	<0,02	0,03	<0,02	<0,02
Y (ppb)	0,04	0,02	0,02	0,03	<0,01	0,02	0,04	<0,01
Yb (ppb)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zn (ppb)	100,6	59,7	88,5	129,4	41,9	13,9	284,8	39,4
Zr (ppb)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02

Keban metamorfitlelerinden alınan kayaç analiz sonuçlarına göre (Çizelge 5) mermerlerdeki Fe^{+2} konsantrasyonu ortalama %3,8; Baskil magmatitlerine ait diyoritik kayaçlardaki Fe^{+2} konsantrasyonu ise ortalama % 8,08'dir. Bu nedenle sulara bulunan Fe iyonu ağırlıklı olarak diyoritik kayaçlardaki Fe'li minerallerin çözünmesi ile yeraltı sularına geçmiş olmalıdır. İncelenen sulara yüksek konsantrasyonlarda (12,906 ppm) bulunan Si iyonunun kökenini de

yine bölgede geniş yayılım gösteren Baskil magmatitlerine ait diyoritik ve granitik kayaçlar oluşturmaktadır. Sulardaki Ba, Sr konsantrasyonları sırasıyla 30- 64,35 ppb ve 158,2- 471,6 ppb arasında olup bu iyonların da kökenini granitik ve diyoritik kayaçlar oluşturmaktadır (Çizelge 6). Baskil magmatitlerine ait diyoritik kayaçların ortalama Zn konsantrasyonu 78,78 ppm olup, sulara bulunan Zn iyonunun ana kaynağı diyoritik kayaçlardır.

Çizelge 5. Keban metamorfitlelerine ait ana ve eser element içeriği [10]

Ana Elementler	Ortalama
Si (%)	5,18
Ti (%)	0,04
Al (%)	0,86
Fe (%)	3,80
Mg (%)	5,67
Ca (%)	25,50
Na (%)	0,07
K (%)	0,02
Mn (%)	0,11
P (%)	0,01
Eser Elementler	Ortalama
F (ppm)	972,00
Cl (ppm)	170,00
Ba (ppm)	25,00
Sr (ppm)	89,75
Rb (ppm)	3,00
Cr (ppm)	52,00
Ni (ppm)	6,50
Co (ppm)	7,25
V (ppm)	28,00
Cu (ppm)	14,33
Zn (ppm)	26,25
Pb (ppm)	4,00
Mo (ppm)	1,50
Sn (ppm)	3,33
Tl (ppm)	1,00
As (ppm)	8,75
Ga (ppm)	2,50
Zr (ppm)	10,75
U (ppm)	1,50
Th (ppm)	6,00

Çizelge 6. Baskil magmatitlerine ait kayaçların ana oksit ve iz element bileşim değerleri (20-Diyorit, 40-Gabro, 60-Diyorit, 91-Granatlı diyorit, 94- Diyort, 15- Granodiyorit, 24- Granodiyorit, 47-Granit, 59-Granit, 108-Granit, 113-Granit) [3]

DIYORİTİK KAYAÇ TOPLULUĞU							GRANİTİK KAYAÇ TOPLULUĞU							
	20	40	60	91	94	ORT	15	24	47	59	97	108	113	ORT
SiO ₂ (%)	42,50	45,40	46,30	51,00	47,50	46.54	69,00	77,00	74,00	73,20	72,00	72,10	74,00	73.04
TiO ₂ (%)	0,55	0,50	0,70	0,46	0,62	0.57	0,35	0,25	1,45	0,20	0,20	0,17	0,16	0.39
Al ₂ O ₃ (%)	15,00	19,30	14,55	19,10	16,50	16.89	16,00	14,75	14,50	15,80	16,30	15,80	16,00	15.59
Fe ₂ O ₃ (%)	1,55	1,60	2,07	1,67	1,77	1.73	0,99	0,41	0,33	0,59	0,44	0,33	0,39	0.49
FeO (%)	7,79	7,93	10,30	5,53	8,85	8.08	1,63	0,69	0,52	0,96	0,73	0,52	0,66	0.81
MnO (%)	0,02	0,19	0,23	0,02	0,18	0.13	0,65	0,03	0,03	0,05	0,03	0,02	0,01	0.12
MgO (%)	9,95	7,75	7,62	0,99	5,45	6.35	1,19	1,12	0,36	0,46	0,67	0,45	0,33	0.65
CaO (%)	14,85	12,50	12,47	10,75	11,80	12.47	3,45	3,11	1,12	1,50	1,65	1,40	1,15	1.91
Na ₂ O (%)	0,81	1,41	1,75	3,71	2,90	2.12	3,30	2,26	3,84	2,97	3,77	3,37	3,24	3.25
K ₂ O (%)	0,60	0,50	0,60	0,55	0,85	0.62	1,85	1,25	4,85	4,40	4,15	4,60	5,30	3.77
P ₂ O ₅ (%)	0,19	0,10	0,14	0,37	0,15	0.19	0,13	0,10	0,05	0,07	0,05	0,05	0,60	0.15
	93,81	97,18	96,73	94,15	96,57	95.69	98,54	100,94	101,05	100,20	99,99	98,81	101,86	113.87
Rb (ppm)	8	4	7	80	23	24.4	59	32	215	198	197	231	207	162.71
Sr (ppm)	235	178	300	437	221	274.2	187	232	178	202	190	175	177	191.57
Ba (ppm)	291	8	5	595	5	180.8	200	75	380	435	340	380	420	318.57
Nb (ppm)	4	2	9	63	2	16	13	6	17	30	53	22	25	23.71
Y (ppm)	7	7	8	31	12	13	26	24	37	44	43	41	40	36.43
Zr (ppm)	55	24	60	220	65	84.8	120	122	100	140	132	115	105	119.14
La (ppm)	28	29	17	40	18	26.4	42	27	38	18	43	14	24	29.42
Ce (ppm)	27	10	17	102	35	38.2	12	42	125	87	25	60	85	62.28

5. Gübrelemenin Yeraltı Ve Yüzey Sularına Etkisi

İnceleme alanında çok çeşitli bileşiklerde gübreleme çalışmaları yapılmaktadır. İnceleme alanında Kasım, Aralık aylarında toprağa azot bileşimli gübreler verilmekte olup, bunu Mart ve Nisan aylarında diamonyum fosfat (DAP) ve N-P-K (13.24.12 ve 5.12.15 oranlarında) bileşimli gübreler izlemektedir. Nisan ve Mayıs aylarında ağaçlara ürünü fazlalaştırmak amacıyla K⁺ bileşiminde yaprak gübresi uygulanmaktadır. Bu gübre toz bileşiminde olup sulandırılarak püskürtmeli olarak ağaçların çiçekleri üzerine

uygulanan bir gübredir. Çalışma kapsamında bu gübreleme faaliyetlerinin Pliyosen yaşlı akifer formasyon sularını etkileyip etkilemediğini belirlemek amacıyla da sular değerlendirilmiştir. İnceleme alanı içerisinde bulunan Beşik Çayı ve Çaygır Dere sularından da Temmuz (2008) ve Nisan (2009) aylarında örnekler alınarak NH₄⁺-N, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N ve PO₄⁻³ konsantrasyonları belirlenmiştir (Çizelge 7).

Yüzey sularının analiz sonuçları Kıta İçi Su kaynakları, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği [12]'ne göre (Çizelge 8) değerlendirildiğinde inceleme alanındaki Beşik Çayı (B9) ve Çaygır

Dere (B10) sularının herhangi bir kirlilik kaliteli su) sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. göstermediği ve suların I. sınıf su (Yüksek

Çizelge 7. İnceleme alanında bulunan yüzey sularının NH_4^+ -N, NO_2^- -N, NO_3^- -N, PO_4^{3-} konsantrasyonları (* Beşik Çayı, ** Çaygır Dere)

Örnek No	Temmuz(2008)	Nisan(2009)
	NO_2^- -N(mg/L)	NO_2^- -N(mg/L)
B9*	0,001	0,002
B10**	0,001	0,001
	NO_3^- -N (mg/L)	NO_3^- -N(mg/L)
B9*	0,7	0,6
B10**	1,3	1
	NH_4^+ -N(mg/L)	NH_4^+ -N(mg/L)
B9*	0,03	0,01
B10**	0,04	0,05
	PO_4^{3-} (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)
B9*	0,04	0,01
B10**	0,01	0

Çizelge 8. Kıta İçi Su Kaynaklarının Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine Göre Sınıflanması [12]

Yüzeysel suyun sınıfı	Amonyum azotu (NH_4 -N)(mg/L)	Nitrit azotu (NO_2 -N)(mg/L)	Nitrat azotu (NO_3 -N)(mg/L)	Toplam fosfor (mg/L)
I.sınıf su (Yüksek kaliteli su)	0,2 ^c	0,002	5	0,02
II. sınıf su (az kirlenmiş su)	1 ^c	0,01	10	0,16
III. sınıf su (kirlenmiş su)	2 ^c	0,05	20	0,65
IV.sınıf su (çok kirlenmiş su)	>2	>0,05	>20	>0,65

(c) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0,02 mg/L değerini geçmemelidir.

5.1. Sularda NH_4^+ Dağılımı

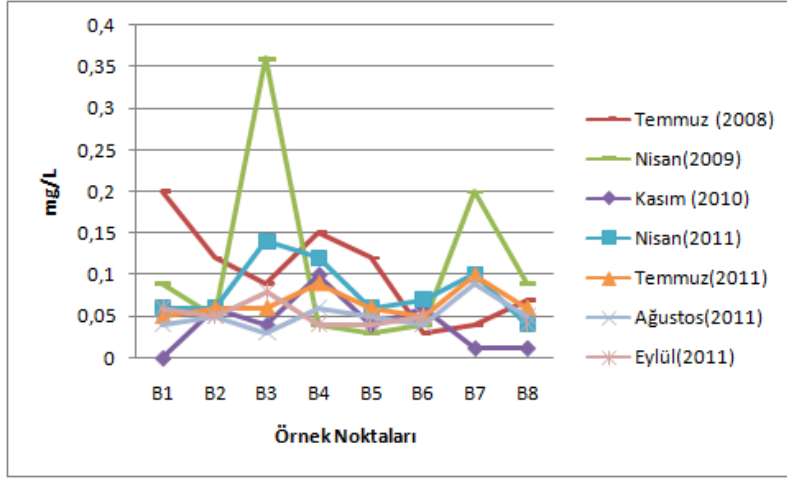
Bazı araştırmacılar yeraltı suyundaki NH_4^+ iyonunun, inorganik kökenli olmasının insan sağlığı üzerinde doğrudan olumsuz etkisinin olmayacağını ancak pestisit ve tarımsal gübreler gibi organik kökenli NH_4^+ 'ün yeraltı suyuna geçmesinin insan sağlığında ciddi problemlere neden olacağını belirtmişlerdir [13].

Genel olarak incelenen suların (Çizelge 9) NH_4^+ konsantrasyonları Çizelge 10'da NH_4^+ için belirlenen sınır değerinin altında olup kirlilik göstermemektedirler. Suların kimyasal analiz sonuçlarına göre incelenen suların NH_4^+ konsantrasyonları genel olarak Nisan aylarında diğer aylara göre daha yüksektir B3 (92 m

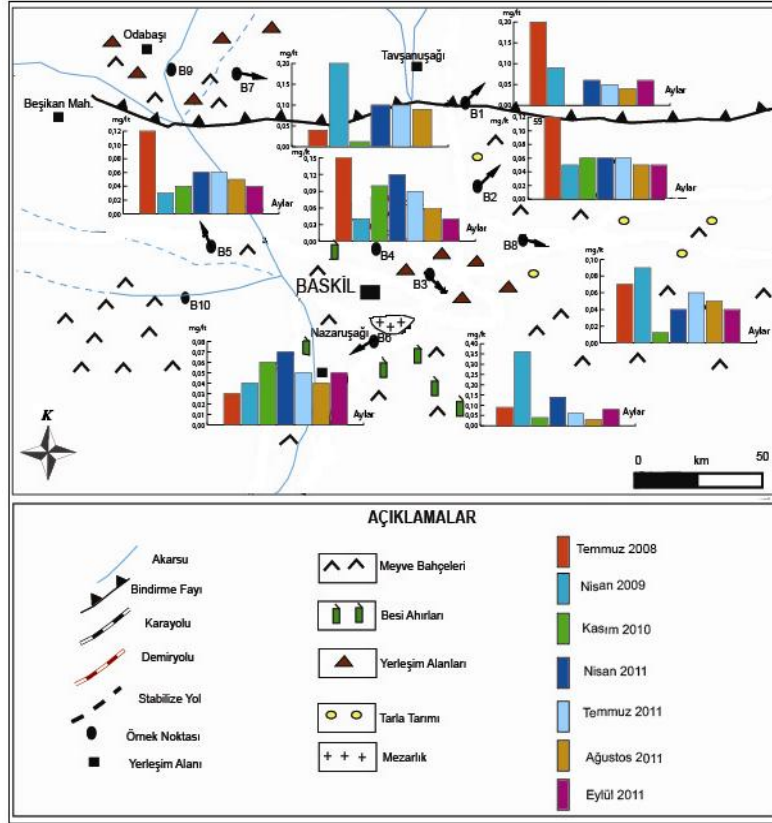
derinliğindeki sondaj kuyusu) nolu örnekte NH_4^+ konsantrasyonu Nisan (2009) ayında 0.36 mg/L değerindedir (Şekil 8 ve Şekil 9). NH_4^+ konsantrasyonunun Nisan ayındaki bu genel artışı, bölgede Mart ve Nisan aylarında ağaçlara uygulanan diamonyum fosfat bileşimli gübrelerden kaynaklanıyor olmalıdır. Nisan ayını takip eden Temmuz, Ağustos, Eylül (2011) aylarında ise suların NH_4^+ konsantrasyonları giderek azalmaktadır. Bu durum, bölgede bu aylarda gübreleme çalışmalarının olmayışı ve herhangi bir kirleticinin olmadığına göstergesidir.

Çizelge 9. İnceleme alanı içerisinde bulunan yeraltı sularının NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} konsantrasyonları (n.a: Analiz yapılmadı)

Ö.NO	Temmuz(2008)	Nisan(2009)	Kasım(2010)	Nisan(2011)	Temmuz(2011)	Ağustos(2011)	Eylül(2011)
	NO_2^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)	NO_2^- (mg/L)
B1	0,01	0,007	0,08	0,19	0,07	0,09	0,1
B2	0,003	0,01	0,04	0,07	0,07	0,1	0,09
B3	0	0,003	0,013	0,08	0,08	0,07	0,07
B4	0,003	0,003	0,03	0,07	0,08	0,08	0,09
B5	0,003	0,007	0,05	0,06	0,06	0,09	0,09
B6	0,003	0,007	0,07	0,09	0,06	0,08	0,07
B7	0,003	0,01	0,03	0,07	0,11	0,11	n.a
B8	0	0,007	0,03	0,16	0,08	0,08	0,12
Ö.NO	NO_3^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	NO_3^- (mg/L)
B1	10,1	2,66	5,75	1,33	7,85	0,234	0,37
B2	9,7	3,1	19,5	15,1	8,65	0,216	0,484
B3	11,1	6,6	5,75	11,5	9,5	0,234	0,55
B4	13,7	26,13	15,5	2,7	11,55	0,251	0,6
B5	19,5	17,3	19,5	16,8	9,05	0,201	0,566
B6	31,4	24,4	27,5	43,8	9,9	0,201	0,484
B7	20	3,5	27,5	2,66	6,6	0,102	n.a
B8	5,8	16,4	6,6	23,03	9,05	0,069	0,484
Ö.NO	NH_4^+ (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)
B1	0,2	0,09	0	0,06	0,05	0,04	0,06
B2	0,12	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05
B3	0,09	0,36	0,04	0,14	0,06	0,03	0,08
B4	0,15	0,04	0,1	0,12	0,09	0,06	0,04
B5	0,12	0,03	0,04	0,06	0,06	0,05	0,04
B6	0,03	0,04	0,06	0,07	0,05	0,04	0,05
B7	0,04	0,2	0,012	0,1	0,1	0,09	n.a
B8	0,07	0,09	0,012	0,04	0,06	0,05	0,04
Ö.NO	PO_4^{3-} (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)
B1	0,16	0,09	n.a	0,04	<0,05	0,4	n.a
B2	0,16	0,03	n.a	0,02	0,03	0,12	n.a
B3	0,09	0,16	n.a	0,03	0,01	0,09	n.a
B4	0,03	0,03	n.a	0,01	<0,05	0,3	n.a
B5	0,44	0,03	n.a	0	0,02	0,2	n.a
B6	0,03	0,06	n.a	0,01	0	0,12	n.a
B7	0,06	0,12	n.a	0,04	0,06	0,03	n.a
B8	0,16	0,06	n.a	0,01	<0,05	0,12	n.a



Şekil 8. İncelenen suların NH_4^+ değerlerinin aylara göre karşılaştırılması



Şekil 9. İncelenen suların NH_4^+ konsantrasyonlarının örnek lokasyonlarındaki dağılımları

Çizelge 10. İçme sularının Türk Standartları Enstitüsü (TS266-2005), Sağlık Bakanlığı'nın 17 Şubat 2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik", Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO), Avrupa Birliği (EC) ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından belirtilen limit değerleri [18]

PARAMETRELER	TÜRK STANDARTLARI TSE 266 (2005)	DÜNYA SAĞLIK TEŞKİLATI (WHO) (1999)	ABD ÇEVRE KORUMA AJANSI (EPA) 2002	AVRUPA BİRLİĞİ (EC) 1998	SAĞLIK BAKANLIĞI İ.T.A.S.H.Y, 2005
Sıcaklık (°C)	-	-	-	-	-
pH	6,5- 9,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5- 9,5	6,5- 9,5
Bulanıklık (NTU)	5,00	5,00	1,00	1,00	1,00
Koku	Normal	-	-	-	Normal
TDS (mg/l)	-	1,000,0	500,0	-	-
İletkenlik	2,500	-	-	-	2,500
Tuzluluk	-	-	-	-	-
Amonyum (mg/l)	0,500	1,500	-	0,500	0,500
Demir (mg/l)	0,200	-	0,300	0,200	0,200
Mangan (mg/l)	0,050	0,500	0,050	0,050	0,050
Alüminyum (mg/l)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Sülfat (mg/l)	250,0	250,0	250,0	250,0	250,0
Magnezyum(mg/l)	50	-	-	-	-
Sodyum(mg/l)	175	200	-	200	-
Potasyum(mg/l)	12	-	-	-	-
Serbest Klor(mg/l)	0,5	5	-	-	-
Kalsiyum (mg/l)	200	-	-	-	-
Klorür (mg/l)	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
KİMYASAL ÖZELLİKLER					
Sertlik (Fs ^o)	-	50,0	-	-	-
Nitrit (mg/l)	0,500	-	-	-	0,500
Nitrat (mg/l)	50,0	50,0	45,0	50,0	50,0
Bakır (mg/l)	2,000	-	1,000	2,000	2,000
Siyanür (mg/l)	0,050	-	-	-	0,050
Kurşun (mg/l)	0,010	0,050	0,050	0,010	0,025
Kadmiyum (mg/l)	0,005	0,005	0,010	0,005	0,005
Krom (mg/l)	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Nikel (mg/l)	0,020	-	-	-	0,020
MİKROBİYOLOJİK ÖZELLİKLER					
E.Coli	0/100mL	-	-	0/100mL	0
Koliform	0/100mL	-	-	0/100mL	0
KoloniSay,(22°C)	Normal	-	-	-	Normal

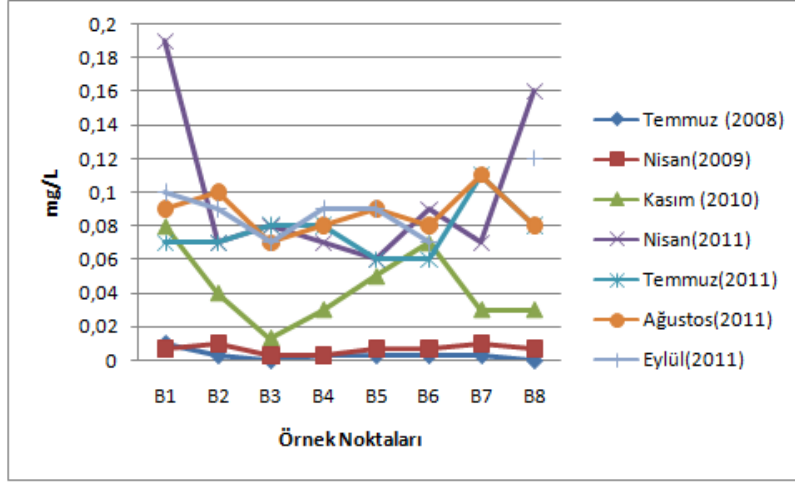
5.2. Sularda NO₂⁻ Dağılımı

NO₂⁻ ve NH₃'ün suda mevcudiyeti daha ziyade suların dışkı maddeleriyle kirlendiğini akla getirir. Aslında bu bileşiklerin kendisi sağlık bakımından zararlı olmasa bile kirlenme indikatör vazifesi gördüğü için önemlidir. Bu sebeple içilecek suyun NO₂⁻ ve NH₃⁺ konsantrasyonu sıfır olmalıdır [14].

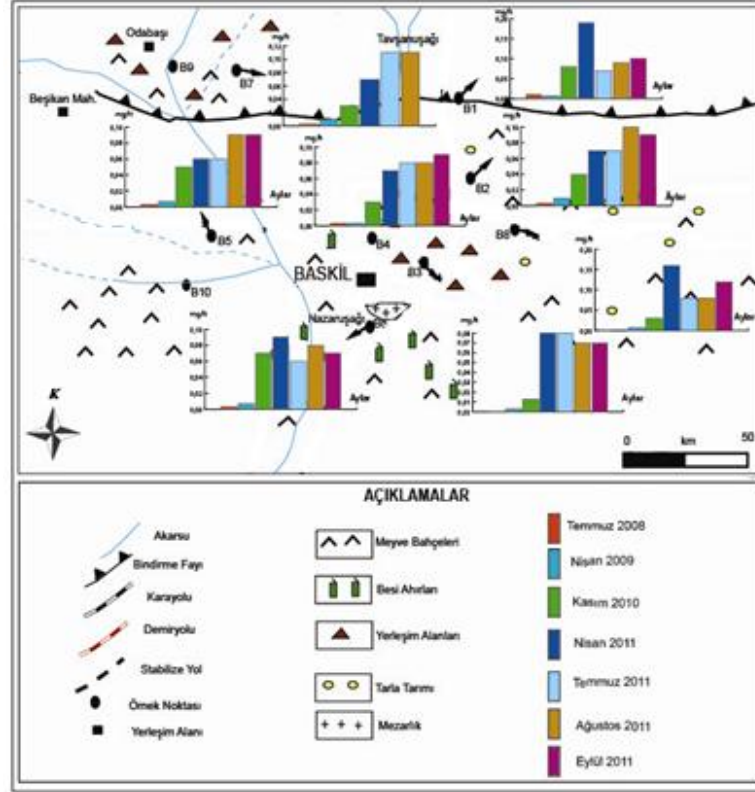
İncelenen suların NO₂ içerikleri 0 ile 0,19 mg/L arasında olup Çizelge 10'daki standartlarda belirtilen 0,5 mg/L değerindeki üst limitin altında olduğundan suların NO₂⁻ açısından herhangi bir kirlilik göstermediği belirlenmiştir. Ancak, suların NO₂⁻ konsantrasyonları Temmuz (2008) ve Nisan (2009) aylarında oldukça

düşükken Kasım (2010) ayında yükselmeye başlayarak takip eden aylarda hemen hemen aynı değerlerde seyretmiştir (Çizelge 9 ve Şekil 10).

2010 ve 2011 yıllarında suların NO₂⁻ konsantrasyonlarında görülen bu genel artış bölgedeki gübreleme faaliyetlerindeki artış ya da besi ahırlarından kaynaklanıyor olabilir (Şekil 11). Çalışma alanı içerisinde Nisan ayında B8 nolu keson kuyu ile B1 nolu sondaj kuyu sularının NO₂⁻ konsantrasyonlarında diğer aylara göre belirgin bir artış saptanmıştır. Bu durum hem sondaj kuyu sularının hem de keson kuyu sularının bölgede yapılan gübreleme faaliyetlerinden etkilendiği söylenebilir.



Şekil 10. İncelenen suların NO₂⁻ değerlerinin aylara göre karşılaştırılması



Şekil 11. İncelenen suların NO₂⁻ konsantrasyonlarının örnek lokasyonlarındaki dağılımları

5.3. Sularda NO_3^- Dağılımı

Tarım alanlarında azot bileşimli gübrelerin bitkiler tarafından aşırı miktarlarda kullanılması sonucu azot suya NO_3^- formunda geçmektedir. Bu şekilde geçen azotlu gübreler sularda NO_3^- kaynaklı kirlenmelere neden olmaktadır. NO_3^- kaynaklı kirlenmelerin temel olarak dört ana kaynağı vardır. Birincisi, tarımsal faaliyetlerde kullanılan azot kaynaklı gübreler, ikincisi çorak alanlarda doğal olarak meydana gelen azot bağlanması, üçüncüsü topraktaki organik maddenin NO_3^- 'ün olmadığı bozulması ve dördüncüsü de insan ve hayvan atıkları neticesinde oluşan bozulmalardır [11]. Bazı araştırmacılar, yeraltı sularındaki NO_3^- kirliliğinin kökeninin doğrudan ve dolaylı olarak meydana geldiğini belirtmişlerdir [15]. Bu araştırmacılar NO_3^- 'in yeraltı suyunda dolaylı olarak varlığını, tarımsal amaçlı kullanılan azotlu gübreler ile hayvansal gübrelerin yağışlarla çözünmesiyle yeraltı suyuna geçmesi şeklinde gerçekleştiğini; deponi alanları ve kanalizasyondan kaynaklı NO_3^- kirliliğinin de doğrudan kaynaklı bir kirlilik oluşturacağını belirtmişlerdir.

İncelenen suların NO_3^- konsantrasyonlarının aylara göre dağılımında keson kuyular ile sondaj kuyuları arasında çok belirgin farklılıkların olmadığı belirlenmiştir (Şekil 12). Tüm örnekleme noktalarında suların NO_3^- konsantrasyonunda yağışlı ve kurak dönemler arasında artış ve azalışlar görülmektedir (Şekil 13). Ancak, genel olarak suların NO_3^- konsantrasyonlarının gübreleme dönemlerini takip eden aylarda arttığı, gübrelemenin olmadığı Ağustos ile Eylül aylarında ise azaldığı söylenebilir (Çizelge 9).

Yapılan bazı çalışmalarda yeraltı sularının NO_3^- konsantrasyonunun yağışlı dönemlerde, kurak dönemlere kıyasla daha yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiş olup bu konsantrasyonun kullanılan gübre, toprak yapısı ve kullanım zamanı gibi faktörlere bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir [16]. Bazı araştırmacılar ise yeraltı sularının NO_3^- konsantrasyonunda yağışlı dönemlerde yağışların etkisiyle, akiferde seyrelme ve denitrifikasyon gibi olayların neticesinde azalma olabileceğini belirtmişlerdir [17]. Aynı araştırmacılar geçici NO_3^- kaynaklarının ortadan kalkması sonucunda yeraltı suyunda NO_3^- miktarının azalacağını ve

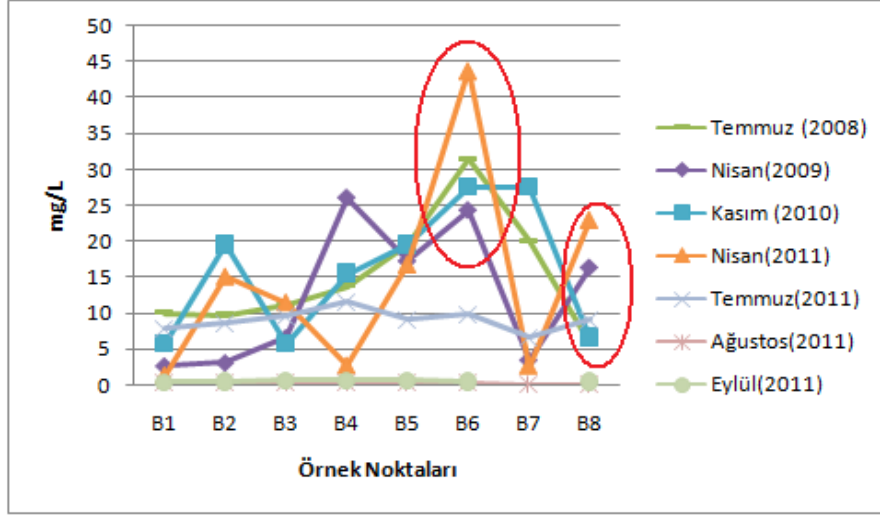
tarımsal gübreleme dışında, septik çukur veya kanalizasyon sistemlerinden olan kaçakların da yeraltı suyunda NO_3^- artışına sebep olabileceğini belirtmişlerdir. Dolayısıyla NO_3^- konsantrasyonlarındaki mevsimsel değişimlerin muhtemelen arazi kullanımı, yağışlar, yeraltı suyu beslenme oranları ve benzeri etkenler belirlemektedir.

İnceleme alanında özellikle B6 nolu suyun NO_3^- konsantrasyonu diğer su örneklerine göre daha yüksektir (Şekil 12). Bunun nedeni, B6 nolu örnek noktasının bulunduğu alanda yoğun bahçe tarımı ve besi hayvancılığının yapılmasının yanı sıra bu örnek noktasının Baskil ilçe mezarlığının çok yakınında olmasına da bağlı olabilir (Şekil 13).

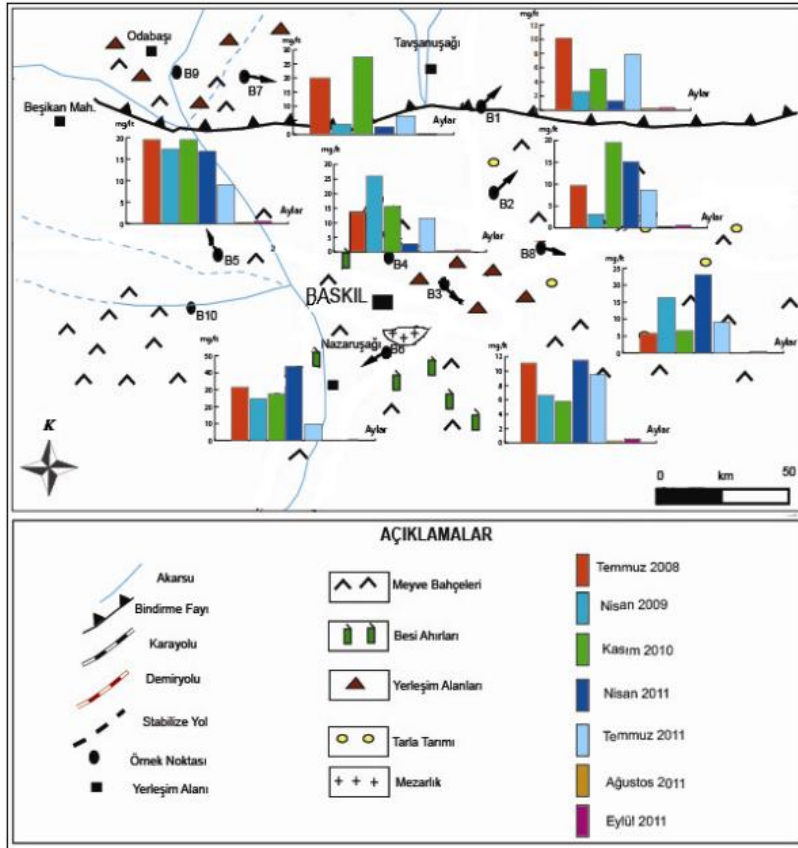
İnceleme alanındaki suların NO_3^- konsantrasyonları, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği [18]'nin üst sınır değeri olan 50 mg/L'nin altında olduğundan incelenen sular temiz ve içilebilir niteliktedir (Çizelge 10). Ancak, bazı örnek noktalarındaki suların NO_3^- konsantrasyonunun bu sınır değerine yakın olması bu suların dışarıdan bir kirletici tarafından kirletildiğini göstermektedir (Şekil 14).

5.4. Sularda $\text{PO}_4\text{-P}$ Dağılımı

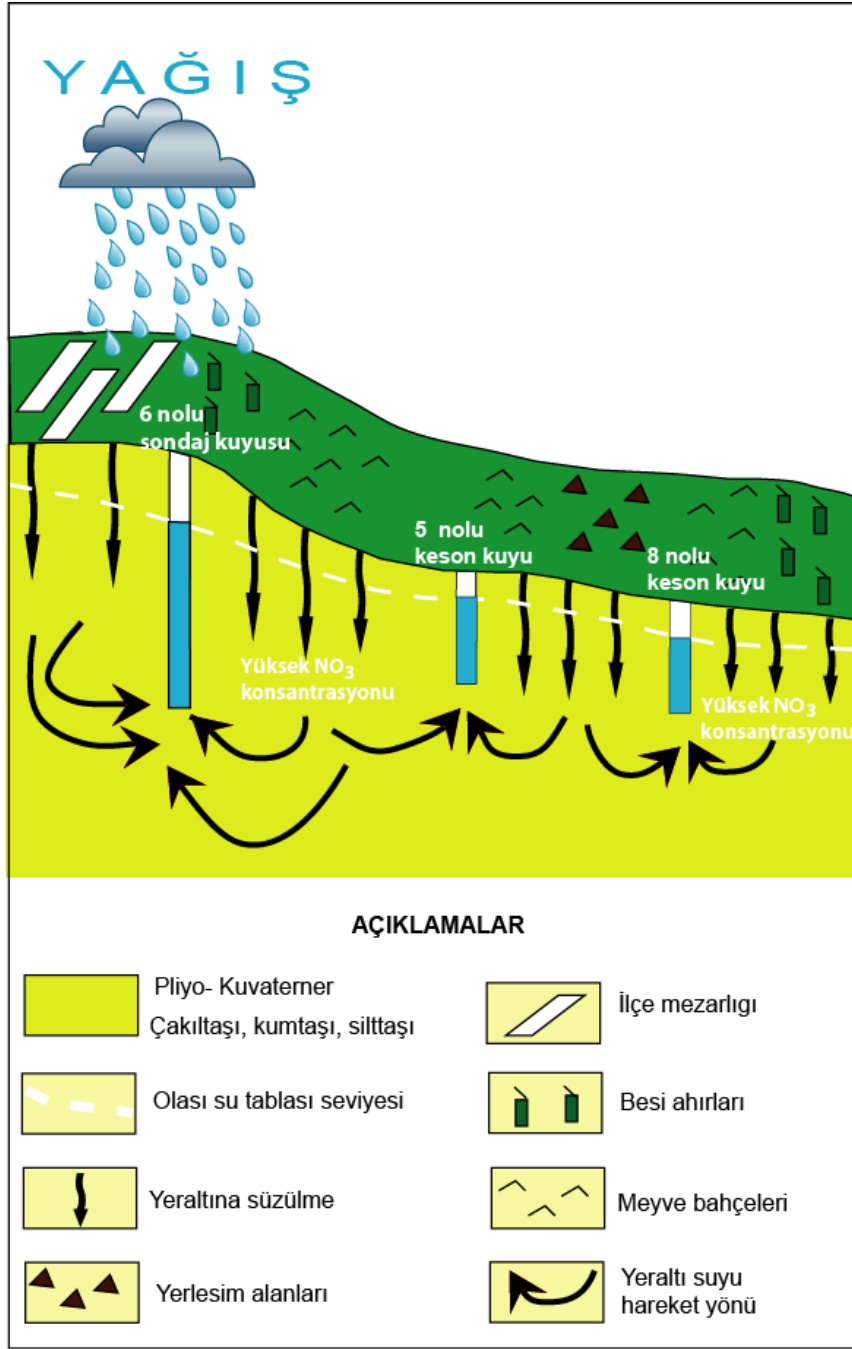
İnceleme alanındaki suların $\text{PO}_4\text{-P}$ analizleri çalışma kapsamında tüm aylarda yapılamamıştır (Çizelge 9). Analizlerin yapıldığı aylarda genel olarak suların $\text{PO}_4\text{-P}$ konsantrasyonları gübreleme yapılan aylarda düşük, gübrelemeden sonra daha yüksektir (Şekil 15). Bir keson kuyu suyu olan B5 nolu suyun $\text{PO}_4\text{-P}$ konsantrasyonunun Temmuz ayında diğer sulara göre daha yüksek olması, keson kuyu sularının kirlenmeden daha kolay ve daha kısa sürede etkilendiğini göstermektedir. Diğer su örneklerinde ise Temmuz ayındaki bu konsantrasyon artışı daha düşük olup özellikle Ağustos ayında yüksektir (Şekil 16). İçme sularında fosfor açısından belirlenmiş zararsız P konsantrasyonu 7 mg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{L}$ (üst sınır) düzeyindedir. İnceleme alanındaki sularda bu konsantrasyon miktarına göre, herhangi bir fosfor kirliliğinin olmadığı belirlenmiştir.



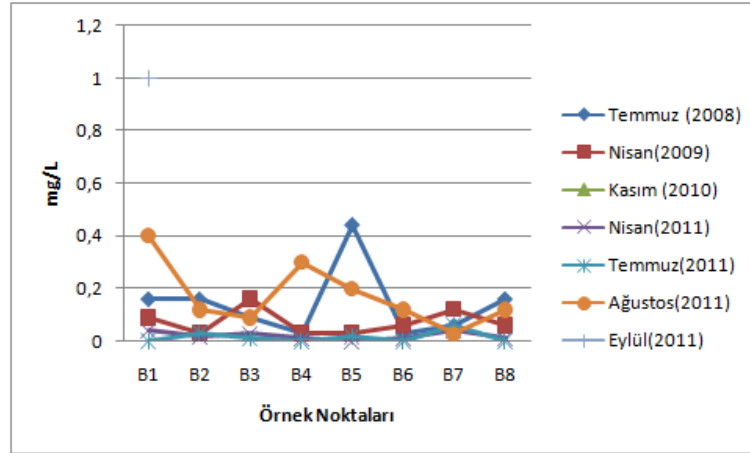
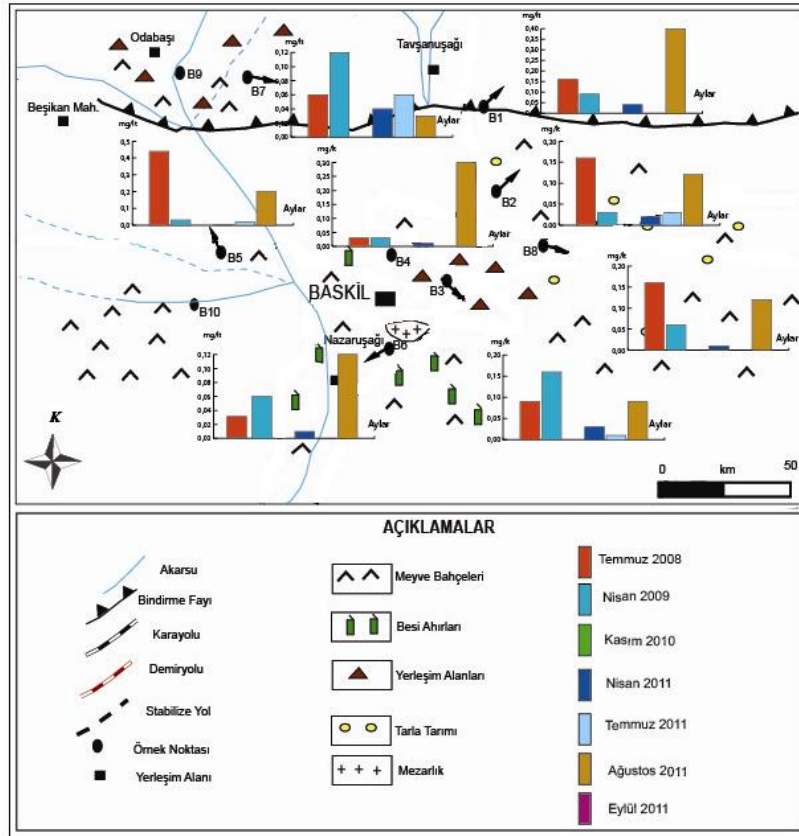
Şekil 12. İncelenen suların NO₃⁻ değerlerinin aylara göre karşılaştırılması



Şekil 13. İncelenen suların NO₃⁻ konsantrasyonlarının örnek lokasyonlarındaki dağılımları



Şekil 14. İnceleme alanının genelleştirilmiş kirlilik modeli

Şekil 15. İncelenen suların PO_4^{-3} değerlerinin aylara göre karşılaştırılmasıŞekil 16. İncelenen suların PO_4^{-3} konsantrasyonlarının örnek lokasyonlarındaki dağılımları

6. Sonuçlar

Pliyo-Kuvaterner yaşlı çakıltıtaşları, silt ve kumtaşılarından oluşan akiferden alınan suların kimyasal analiz sonuçlarına göre sulara en fazla bulunan katyon Ca^{+2} , en fazla bulunan anyon ise HCO_3^- olup sular $Ca-HCO_3$ fasiyesindedir.

Yeraltı sularının iz element ve metal içerikleri değerlendirilip çeşitli standartlarla karşılaştırıldığında suların içme ve kullanmaya uygun oldukları belirlenmiştir. Ayrıca, çalışma alanı içerisinde bulunan yüzey sularında da herhangi bir kirlilik unsuruna rastlanmamıştır.

Baskil ilçe mezarlığı yanında bulunan B6 nolu kuyu suyunun içme, kullanma ve sulama

amaçlı kullanılmaması gerekmektedir. Çünkü, mezarlık sahaları yeraltı suyundan mümkün olduğu kadar uzak olmalıdır. Mezarlık hududundan itibaren 250 metrelik bir mesafe dahilindeki kuyu ve menba gibi yeraltı suları hiçbir maksatla kullanılmamalıdır [20].

Azot bileşimli gübreleme çalışmaları sonucu suda bulunması muhtemel NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- ve PO_4^{3-} konsantrasyonlarına bu çalışma da rastlanmıştır. Bu iyon konsantrasyonları sularda kirlilik oluşturacak boyutta değildir. Ancak, bazı keson ve sondaj kuyularında 2010 ve 2011 yıllarında önceki yıllara oranla görülen NO_2^- konsantrasyonundaki artış, bazı kuyu sularında NO_3^- için belirlenen üst limit değerine çok yakın NO_3^- konsantrasyonlarının tespit edilmesi, ayrıca K^+ iyon konsantrasyonunun da yine bazı kuyu sularında üst limit değerinin üzerinde olması bölgedeki yeraltı sularının kimyasal gübrelerden etkilendiğini göstermektedir.

Baskil ilçesi içme ve kullanma amaçlı olarak su ihtiyacının önemli bir bölümünü incelenen bu kuyu sularından sağlamaktadır. Şimdilik ciddi boyutta olmayan ancak ilerleyen dönemlerde mevcut tarımsal gübreleme çalışmalarının artırılarak devam etmesi durumunda yeraltı sularının etkilenmesi muhtemeldir. Bu nedenle, bölgede tarımsal gübreleme ve ilaçlama çalışmalarının daha dikkatli yapılması, gelecekte kirlilik oluşabilme potansiyeline sahip bu akifer sularının periyodik kimyasal analizleri yapılarak kontrolü ve korunması sağlanmalıdır.

Katkı Belirtme

Bu çalışma ilk yazarın yüksek lisans tez çalışması olup Fırat Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından FÜBAP-1638 nolu proje ile desteklenmiştir.

7. Kaynaklar

1. Asutay, H.J. 1986. Baskil (Elazığ) Çevresinin Jeolojisi ve Baskil Magmatitlerinin Petrolojisi. M.T.A Dergisi, 107, Ankara, 49-72.
2. Çetindağ, B. 1989. Elazığ-Ören Çayı Çevresinin Hidrojeoloji incelemesi. Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst., 270s., (yayınlanmamış).
3. Akgül, M. 1991. Baskil (Elazığ) Granitoidinin Petrografik ve Petrolojik Özellikleri. Yerbilimleri (Haziran), 18s., 67-78.
4. Çetindağ, B. 1996. Elazığ-Kovancılar Ovasının Hidrojeoloji İncelemesi. İçme suyu Sempozyumu (7-10 Ekim 1996) İSKİ, İstanbul, 269-278.
5. Dumanlılar, Ö. 2002. Baskil (Elazığ) Civarındaki Granitoid Kayaçlarına Bağlı Cevherleşmelerin İncelemesi. Doktora Tezi, A. Ü. Fen Bil. Enst., Ankara, 192 s.
6. Gerçek, E. 2005. Yolçatı - Baskil - Kömürhan (Elazığ) Arası Elazığ Magmatitlerinden Kaynaklanan Suların Hidrojeokimyasal Prospeksiyon Parametreleri. Yüksek Lisans Tezi, F.Ü., Fen Bil. Enst., Elazığ, 166s., (yayınlanmamış).
7. Turan, M. 1984. Baskil-Aydınlar (Elazığ) yöresinin stratigrafisi ve tektoniği. Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst. Elazığ, 180s., (yayınlanmamış).
8. Asutay, H.J., 1985. Baskil (Elazığ) çevresinin jeolojik, petrografik ve petrolojik incelenmesi. Doktora Tezi, A. Ü. Fen Bil. Enst., Ankara, (yayınlanmamış).
9. Şahinci, A. 1991. Doğal Suların Jeokimyası. Reform Matbaası, İzmir, 548s.
10. Altunbey, M. 1996. Tuzbaşı-Kanatburun-Ayazpınar (Tunceli-Pertek) Yöresindeki Demir Cevherleşmelerinin Jeolojisi ve Kökeni. Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst., Elazığ, 185s., (yayınlanmamış).
11. Olhan, E., Ataseven, Y. 2009. Türkiye’de İçme Suyu Havza Alanlarında Tarımsal Faaliyetlerden Kaynaklanabilecek Kirliliği Önleme İle İlgili Yasal Düzenlemeler. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6, 161-169.
12. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. 13,02,2008 tarihli ve 26786 sayılı resmi gazete.
13. Umezawa, Y., Hosono, T., Onodera, S., Siringan, F., Buapeng, S., Delinom, R., Yoshimizu, C., Tayasu, I., Nagata, T., Taniguchi, M. 2008. Sources Of Nitrate And Ammonium Contamination In Groundwater Under Developing Asian Megacities. Science of The Total Environment 404, 361-376.

14. Öztekin, Ö. 1998. Elazığ İli İçme Ve Kullanma Sularının Fiziko-Kimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bil. Enst., Elazığ 124s., (yayınlanmamış).
15. Hajhamad, L., Almasri, M. N. 2008. Assessment Of Nitrate Contamination Of Groundwater Using Lumped-Parameter Models. *Environmental Modelling & Software*, 24, 1073-1087.
16. Thayalakumaran, T., Bristow, L. K., Charleworth, P. B., Fass, T., 2008. Geochemical Conditions In Groundwater Systems: Implications For The Attenuation Of Agricultural Nitrate. *Agricultural Water Management* 95, 103-115.
17. Polat, R., Elçi, E., Şimşek, C., Gündüz, O. 2007. İzmir-Nif Dağı Çevresindeki Yeraltı Suyu Nitrat Kirliliği Boyutunun Mevsimsel Değerlendirilmesi. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknoloji (24-27 Ekim 2007).
18. TSE 2005. Türk İçme Suyu Standartları (TS 266).
19. Schoeller, H. 1962: Les Eaux Souterraines. Mason Et Cie, Paris.
20. Mezarlık Nizamnamesinin 8. Maddesinin Birinci Fıkrası Mucibince Hazırlanan Talimatname. 12.03.1942 tarihli ve 5055 sayılı resmi gazete.