



Yüzey ve Yeraltı Sularının Kimyasal Fasiyesinin (Tipinin) Belirlenmesi, Mekana Bağlı Değişiminin Haritalanması ;Göksu Deltası,Türkiye

Olcay Gülçiçek

Mersin Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Mersin,33340

Zeynel A. Demirel

Mersin Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Mersin,33340

ÖZET

Göksu deltası, Mersin ili Silifke ilçesi sınırları içerisinde yer alan ve Göksu nehrinin Akdeniz’e döküldüğü yerde oluşan Türkiye’nin önemli sulak alanlarından biridir. Göksu Deltası ülkemizdeki önemli sulak alanlardan biri olmakla beraber, 1. Derece Sit olarak ilan edilmiş ve uluslar arası düzeyde Ramsar listesine dahil edilmiştir.

Bu çalışma ile, Göksu Deltası yüzey ve yeraltı sularının kimyasal fasiyesinin araştırılması ve mekana bağlı değişimini ortaya koyabilmek için toplam 58 yeraltı suyu, 5 yüzey suyu örneğinde pH, T, EC, Sal değerleri ölçülmüştür. Bunun yanında, belirlenen 18 adet yeraltı suyu , 5 adet yüzey suyunda major iyon analizleri yapılmıştır. Major iyon analiz sonuçları AquaChem 5.1 yazılımı kullanılarak , suyun kimyasal tipini belirlemede kullanılmıştır. Ayrıca sonuçlar MapInfo Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) programı kullanılarak alanın sayısal haritası üzerine aktarılmış ve tematik haritalar oluşturulmuştur.

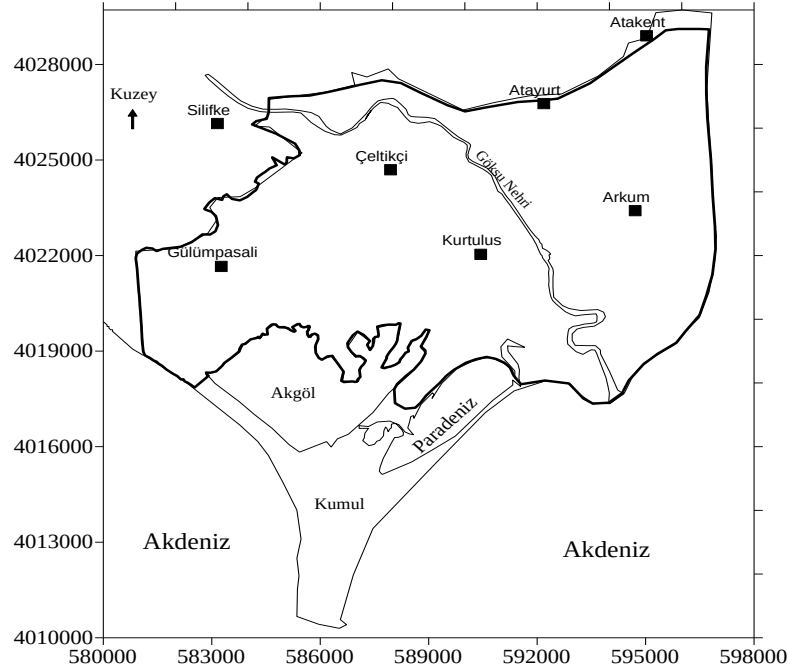
Göksu Deltasından alınan, yeraltı ve yüzey sularında yapılan major iyon analiz sonuçları haritası ve EC, pH, sıcaklık haritaları beraber incelendiğinde, sonuçların birbirini desteklediği görülmüştür. Yeraltı suyu sonuçları incelendiğinde, deniz suyu girişiminin olmadığı bölgelerde Ca-Mg-HCO₃ iyonlarının, girişimin olduğu bölgelerde ise Na-Cl iyonlarının baskın olduğu tespit edilmiştir. Paradeniz gölünün deniz suyu ile aynı tipte olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Göksu Delta , Su Tipi , AquaChem , CBS

1 GİRİŞ

Göksu Deltası, İçel İli Silifke İlçesi sınırları içerisinde, Ortadoğu ve Avrupa’nın en önemli sulak alanı olan Göksu Deltası, Mersin İl merkezinin 85 km batısında Mersin iline bağlı Silifke İlçesi’nin güney kenarında 33° 17’ Kuzey, 35° 59’ Doğu koordinatları arasında yer almaktadır (Şekil 1).

02.03.1990 yılında Özel Çevre Koruma Bölgesi olarak ilan edilen Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi; Orta Toroslar eteğinde bulunan İçel iline bağlı Silifke ilçesinin güneyinde Göksu Nehri’nin Silifke ve Taşucu arasında denize açıldığı bölgeyi kapsar. Toplam Özel Çevre Koruma Bölgesi alanı 228.5 km² dir. Deltanın sağında iki sığ lagün gölü; Paradeniz ve Akgöl yer alır (Şekil 1). Göksu nehri; 260 km uzunluğa, 10 400 km² drenaj alanına, yıllık ortalama 110 m³/s debiye sahiptir. Göksu Deltası su kaynakları açısından zengin olup yaklaşık 95000 dekarı sulanmaktadır [1].



Şekil 1. Göksu Deltası genel konumu.

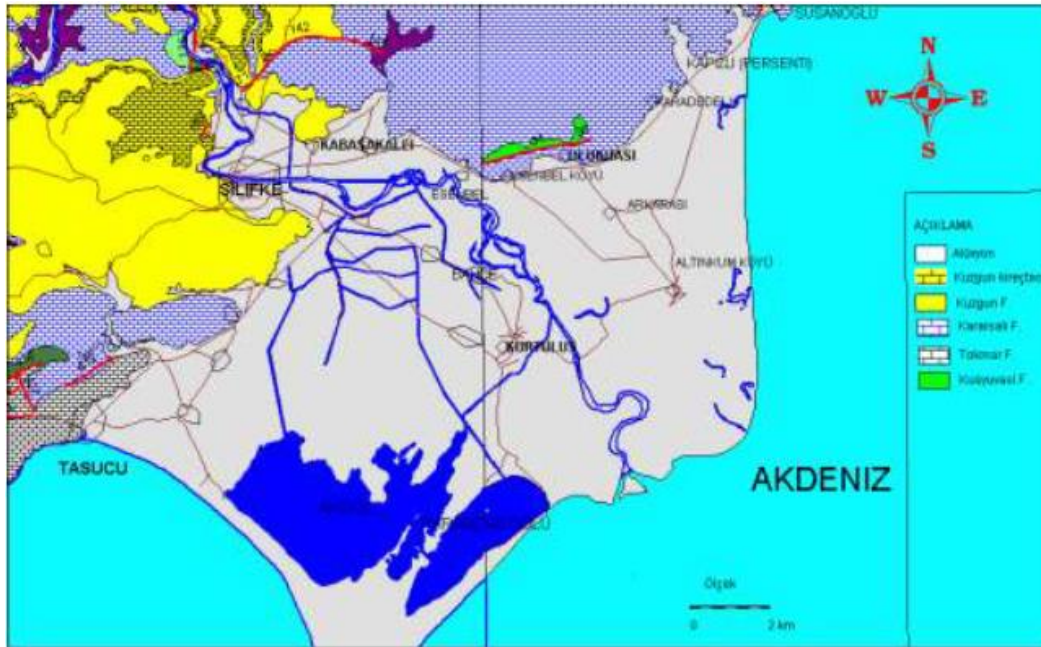
Bölge yeraltı ve yerüstü kaynakları açısından oldukça zengindir. Mevcut dereler, kaynaklar, yeraltı suları genel olarak tarımsal kirlenmeye açıktır. Göksu Deltası'nda kontrolsüz olarak devam eden tarımsal faaliyetler, Göksu Nehri'ni regülatör çıkışından denize döküldüğü alana kadar tehdit etmektedir. Bölge tamamıyla Akdeniz kıyısında olmasından dolayı yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçen tipik Akdeniz iklimi özelliği göstermektedir. Göksu deltasında yoğun tarımsal faaliyetler sonucunda, yıllık gübre kullanımı ülke ortalamasının oldukça üstündedir [2].

Deltada yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarının kalitesi uzun yıllardır hidrokimyasal, hidrojeoloji ve jeofizik ölçümler ile incelenmiştir. Çalışmalar sonucunda, Göksu Deltası yeraltı sularında, deniz suyu girişimi tespit edilmiş [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9], yeraltı suyu kalitesinin yüzeyde meydana gelen yoğun ve bilinçsiz tarımsal aktivitelerden etkilendiği ortaya konulmuştur [9, 10, 11, 12, 13, 14]. Deltadaki yüzey su kalitesi üzerine birçok çalışma yapılmış, fosseptiklerden gelen evsel atık sular ile tarımsal faaliyetlerden kaynaklı gübrelerin, Paradeniz ve Akgöl'ü olumsuz etkilediği ortaya konulmuştur [15, 16, 17, 18].

1.2 . Çalışma Alanı Jeolojisi

Göksu Deltası drenaj alanında birinci zamandan üçüncü zamana kadar değişik litolojik yapıda kayalar gözlenirken, Göksu Deltası'nda dördüncü zaman başından bugüne kadar oluşumu devam eden alüvyonal çökeller mevcuttur [19, 16].

İnceleme alanındaki litostratigrafik birimler "temel kayalar" ve "örtü kayalar" adı altında toplanmıştır. Temel kayalar; birbirleri ile tektonik ilişkili 6 gruba ayrılabilir. Her grup "birlik" adı altında incelenmiştir, "örtü kayalar" ise Paleo-otokton ve Neo-otokton kayalar olarak ayrılanmıştır. Paleo-otokton kayalar, Erken Tersiyer'e kadar yanal, düşey geçişli ilişki sunan formasyonlardan oluşmaktadır. Neo-otokton kayaları ise Oligosen-Miyosen-Güncel yaş konaklarını temsil etmektedirler. Örtü kayaları ile "birlikler" arasında uyumsuzluk vardır. Araştırma alanında "temel kayalardan-birliklerden" Geyikdağı Birliğine ait iki formasyon; örtü kayalardan da üç formasyon yüzlek vermektedir. Bunlar; Akdere Formasyonu (Üst Devoniyen) ve Tokmar formasyonudur (Üst Jura-Alt Kretase) (Şekil 2) [12, 13, 14, 17].



Şekil 2: Çalışma alanının sayısal jeoloji haritası .

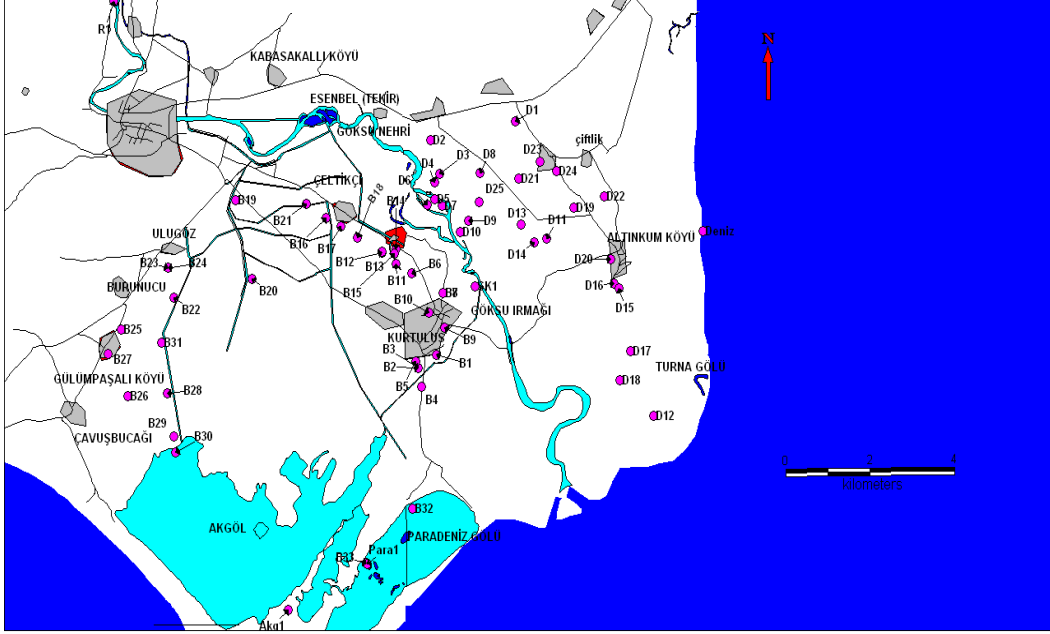
Göksu deltasını oluşturan alluvial depolanmalar yüzeyden yaklaşık 500-700 m derinliğe kadar ulaşmakta ve global olarak serbest bir akiferi oluşturmaktadır [7,20]. Deltanın belli bir kısmında yüzeyde yer alan 20-30 m kalınlığındaki kil, altında yer alan permeabilitesi göreceli olarak yüksek iri taneli sedimanların oluşturduğu akiferi basınçlı bir akifer yapar. Deltada açılan kuyu sayısı 1000'in üzerindedir. Ancak açılan kuyuların hiçbiri alüvyon akiferi tamamen kat edememiştir [12,13,14,17].

CBS teknolojileri, sayısal akıllı haritalar yardımıyla sorgulama amaçlı veritabanlarını ve istatistiksel analizi kullanarak, bilginin sınıflandırılmasını, karşılaştırılmasını, modellendirilmesini, mühendislik uygulamalarının ve stratejik planlamanın yönlendirilmesini sağlar. Çok büyük sahalarda , çok fazla miktarda veri toplanabilir. CBS coğrafi bilgiyi depolar, analiz eder ve çoklu katmanlarını göstermeye yardımcı olmaktadır [21].

Su kimyası fasiyesi terimi, bir akiferde kimyasal bileşimleri farklı olan yeraltı su kütlelerini tanımlamak için kullanılır. Söz konusu fasiyesler akiferin litolojisi ve akış yollarının bir fonksiyonudur. AquaChem, su kalitesi verilerinin modellenmesi ile grafiksel ve sayısal analizler için geliştirilmiş bir yazılım paketidir. Bu çalışmada AquaChem 5.1 kullanılmıştır. AquaChem'in analiz araçları, geniş bir aralıktaki hidrokimyasal verileri karşılaştırmak ve yorumlamak için sık sık kullanılan hesaplamaları ve fonksiyonları kapsar [22]. Yeraltı suyunda çözünmüş katıların %90 dan fazlası sekiz iyondan oluşmaktadır: bu iyonlar Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- ve CO_3^{2-} olup, genellikle 1 mg/L'den büyük konsantrasyonlarda bulunur. Veri tabloları elde edilen su kimyası analiz sonuçlarını en yaygın sunma şeklidir [23].

2.MATERYAL VE METOT

Deltada yüzey ve yeraltı sularının hidrojeokimyasal su tipi (Fasiyesi) ortaya koyabilmek için yağışlı mevsim olan Şubat 2011 tarihinde; kuyu sularından *Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Numune Alma Ve Analiz Metotları*'na uygun olarak, 3 dönemde de yüzey suyundan 5 adet ve yeraltı suyundan 58 adet toplam 63 adet numune noktasından 0.5 l'lik pet şişelerle toplam 2'şer adet numune alınmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Göksu Deltası yüzey-yeraltı suyu numune noktaları.

Deltayı ikiye ayıran Göksu Nehri'nin, batısında kalan yeraltı suyu numune noktaları; B kodu, doğusunda kalan kuyulara D kodu ile adlandırılmıştır (Şekil 3). Yüzey suyu numune noktaları ise; Akgöl (Akg-1), Paradeniz (Para1), Sökün Köprüsü (SK1), Regülatör (R1), Deniz olarak adlandırılmıştır. Göksu deltası su kalitesinin mevcut durumunun tespiti amacı ile öncelikle çalışma alanının daha önceden sayısallaştırılmış olan jeoloji haritası CBS ye altlık olarak kullanılmış ve elde edilen analiz sonuçları MapInfo 9.5 yazılımı ile CBS ye aktarılarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan veri tabanı; numune alım noktalarının koordinatlarını, yeraltı ve yüzey suyu analiz sonuçlarını içermektedir. Verilerin mekansal dağılımını incelemek ve veri olmayan noktalarda kirletici konsantrasyonunu tahmin edebilmek için MapInfo 9.5 Vertical Mapper (Mekansal analiz ve 3-B görüntüleme yazılımı) programında çalışılmıştır. Programın sağladığı enterpolasyon türlerinin içinde çalışma alanı veri noktası dağılımı göz önüne alınarak Kriging enterpolasyon metodu seçilmiş ve tematik haritalar oluşturulmuştur.

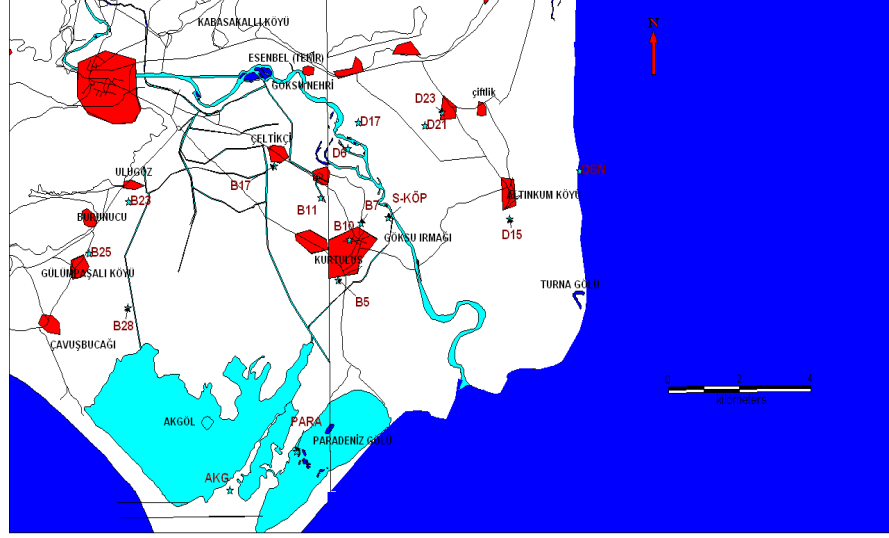
Numune alınan tüm noktalarda: elektriksel iletkenlik (EC), pH, tuzluluk(sal) ve sıcaklık (T) ölçümleri WTW 340i marka Multiparametre cihazı ile yapılmıştır. Yüzey ve yeraltı suyu numunelerin alındığı noktaların koordinatları (x, y, z) Global Positioning System (GPS) Magellan Explorist ile yerinde ölçülmüştür.

Belirlenen 13 adet yeraltı ve 5 adet yüzey suyu olmak üzere toplam 18 adet numune de; Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- analizleri ME. Ü Merkezi Laboratuvarında bulunan DIONEX marka ICS 3000 DUAL model İyon Kromatografisi (IC) ile; CO_3^{2-} , HCO_3^- analizleri ise ME. Ü Çevre Mühendisliği Laboratuvarlarında standart metotlarda belirtilen titrasyon yöntemi ile yapılmıştır.

3.BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. AquaChem programı ile suyun fasiyesinin (tipinin) bulunması:

Deltadan yağışlı mevsim (Şubat 2011) de alınan yüzey suyundan 5 adet ve yeraltı suyundan 58 adet toplam 63 adet numune noktasında pH, Elektriksel İletkenlik, Sıcaklık, Tuzluluk analizleri yapılmıştır. Alanı en iyi temsil eden 13 adet yeraltı suyu ve tüm yüzey suyu örneklerinde (toplamda 18 adet numune) Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- analizleri CO_3^{2-} , HCO_3^- analizleri yapılmıştır. Tüm sonuçlar, x-y koordinatlarına göre MapInfo 9.5 CBS yazılımı kullanılarak bölgenin sayısal haritası üzerine aktarılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Göksu Deltası yüzey-yeraltı suyu majör iyon analizlerinin yapıldığı numune noktaları.

Yeraltı suyu numunelerde yapılan majör iyon analiz sonuçları Çizelge 1' de gösterilmiştir. Çizelge deki değerler teker teker AquaChem veri giriş penceresi yardımı ile programa girilmiştir.

Çizelge 1. Göksu Delta'sı yeraltı -yüzey suyu majör iyon analiz sonuçları

Yeraltı suyu	X	Y	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO4	CO3	HCO3	pH	T	EC	Sal
B23	584146	4023534	38,91	62,25	19,21	10,3	55,49	69,14	20	225	7,26	20	918	0,2
B28	584132	4020914	46,65	13,07	23,8	37,7	33,87	26,32	20	145	8,06	19	491	0
D17	590609	4025492	36,03	14,56	52,21	88,2	35,86	75,14	40	325	7,54	21,7	5240	2,8
B7	590687	4023003	26,2	12,92	43,14	74,2	15,1	41,31	90	265	7,74	18,4	667	0,1
B5	590049	4021586	38,88	15,03	30,53	29,7	56,36	22,9	40	230	7,98	20,9	2070	0,9
B10	590359	4022596	35,35	13,42	70,08	67,3	26,31	83,77	50	305	7,55	20,2	843	0,2
D21	592489	4025404	129,29	17,01	66,77	92	95,62	159,5	30	400	7,42	19,4	1404	0,5
B17	588255	4024406	19,92	12,66	34,67	67,5	53,94	50,01	20	150	7,57	19,4	584	0
D6	590322	4024846	22,3	13,62	55,86	119	26,64	141,8	10	350	7,24	17,4	934	0,2
D23	592989	4025745	101,96	23,35	39,16	47,2	150	40,06	40	175	7,71	17,8	1002	0,3
B25	583035	4022250	30,29	11,21	28,94	92,4	52,5	54,41	0	230	7,25	19,8	741	0,1
D15	594877	4023102	129,26	36,27	54,18	53,7	87,87	69,85	30	395	7,51	20,9	1225	0,4
B11	589569	4023617	33,73	14,04	32,57	55,3	49,25	39,5	20	220	7,49	20,1	880	0,2
S-KÖP	591453	4023145	10,58	12,13	19,19	64,9	10,89	33,1	30	140	8,19	14	431	0
R1	582869	4029092	11,12	12,19	19,06	65,9	11	36,33	30	140	8,25	14,8	497	0
PARA	588885	4017363	5457,9	266,6	517,3	166	9177	97,51	50	100	8,13	16,7	51800	33,5
DENİZ	596865	4024296	6978,9	599,2	623,1	562	13921	410,1	50	70	8,07	18,7	56600	37,3
AKG	587003	4016404	35	1,32		18,1	19,12	94,4	60	150	8,56	15,7	16720	9,7

Programa girilen veriler sonucunda, deltada ki yeraltı ve yüzey sularının fasiyesi (tipi) Çizelge 2 'de gösterilmiştir.

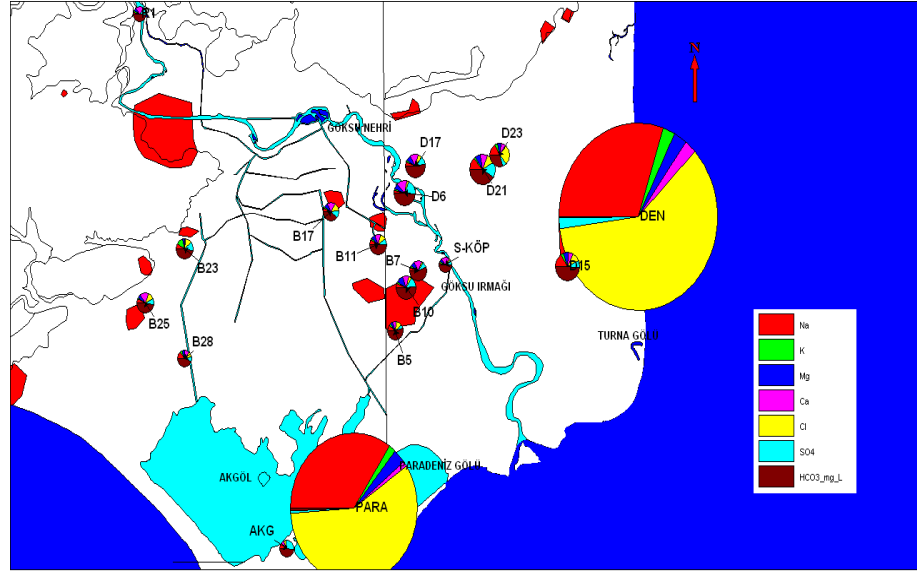
Çizelge 2 . Göksu Deltası yüzey ve yeraltı suyu kimyasal fasiyesi (tipi). (Yüzey ve yeraltı suları majör iyon analiz sonuçları (mg/L)).

Kuyu no	Su tipi
B10	Mg-Ca-HCO ₃
B11	Ca-Mg- HCO ₃
B17	Ca-Mg- HCO ₃ -Cl
B23	Na-K-Mg- HCO ₃ -Cl-SO ₄
B25	Ca-Mg- HCO ₃
B28	Na-Mg-Ca- HCO ₃
B5	Mg-Na-Ca- HCO ₃ -Cl
B7	Ca-Mg- HCO ₃ -CO ₃
D15	Na-Mg-Ca- HCO ₃
D17	Ca-Mg- Cl -HCO ₃
D21	Na-Mg-Ca- HCO ₃ - SO ₄
D23	Na-Mg-Ca-Cl- HCO ₃
D6	Ca-Mg- HCO ₃ - SO ₄
Yüzey suyu	Su tipi
Akgöl (Akg-1)	Na- HCO ₃ - CO ₃ - SO ₄
Deniz	Na-Cl
Paradeniz (Para-1)	Na-Cl
Regülatör (R-1)	Ca-Mg- HCO ₃
Sökün köprü (SK-1)	Ca-Mg- HCO ₃ - CO ₃

Yukarıda ki sonuçlar incelendiğinde; Delta da alüvyon akiferden üretim yapan kuyu sularının kimyasal karakteristikleri deniz suyu ile kirlenmemiş bölgelerde **Ca-Mg-HCO₃** iken (B10, B11, B25, B7) özellikle deniz suyu girişi nedeniyle birçok kuyu da suyun kimyasına **Na** ve **Cl** iyonlarının da eklendiği görülmüştür. Bu farklı fasiyeslerin oluşmasında etkili kimyasal süreçler Şekil 6'da verilmiştir.

Yeraltı sularında Ca(HCO₃)₂ derişimi, yeraltı sularının atmosferik veya biyogenik CO₂'i bünyesine alması sonucunda karbonat minerallerinin çözünmesinden kaynaklanır. Ca-Cl, Na-Cl ve Na-HCO₃ fasiyesleri tatlısu-denizsu girişi ile gerçekleşen tuzlanma-yıkanma olaylarına bağlı olarak oluşur. Deniz suyu girişi nedeniyle tuzlanmakta olan tatlı suda sırasıyla aşağıdaki hidrokimyasal fasiyes değişimleri görülür [24]. Yüzey suları içinde de Akgöl'ün denizden etkilendiği ancak Paradeniz'in deniz suyu ile birebir aynı karakterde olduğu görülmüştür.

MapInfo 9.5 programı kullanılarak Çizelge 2 'de ki majör iyon analiz sonuçlarının mekana bağlı değişiminin açık bir şekilde ifade edilebilmesi için, Pie (pasta) diyagramlarını içeren tematik harita oluşturulmuştur (Şekil 5) . Harita incelendiğinde Paradeniz'in deniz ile benzer içeriğe sahip olduğu açıkça görülmektedir. Kuyu sularında ise bikarbonat iyonunun baskın iyon olduğunu, hemen hemen her kuyuda klorür iyonuna rastlandığı görülmektedir. Bu da bize yeraltı sularının tuzlanma tehlikesi altında olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Majör iyon analiz sonuçlarına göre yüzey ve yeraltı sularının Pie (pasta) diyagramları.

3.2. Yeraltı ve Yüzey Suyu Yerinde Yapılan Ölçüm Sonuçları- CBS aktarılması

Numune alınan **58** adet yer altı suyunda yerinde yapılan ölçüm sonuçları Çizelge 3'de verilmiş olup, Sıcaklık ve Elektriksel İletkenlik değerlerinin mekana bağlı değişiminin incelenmesi için tüm sonuçlar MapInfo 9.5 CBS yazılımı kullanılarak, alanın daha önceden sayısallaştırılmış haritası üzerine aktarılarak tematik haritalar oluşturulmuştur. Örnek alınamayan noktalarda değerlerin tahmin edilebilmesi için, Kriging enterpolasyon metodu kullanılmıştır.

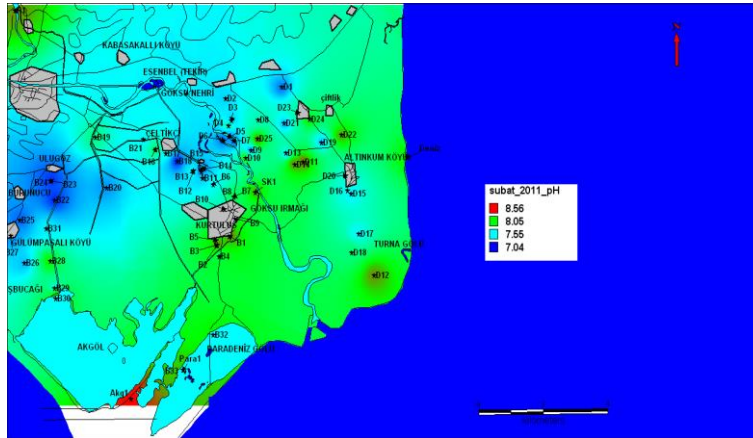
Çizelge 3. Göksu Deltası yeraltı suyu yerinde yapılan ölçüm sonuçları.

Kuyu No	X(m)	Y (m)	pH	T(°C)	EC (us/cm)	Sal
D1	592406	4026594	7,29	18,2	1217	0,4
D23	592989	4025745	7,71	17,8	1002	0,3
D24	593386	4025543	8,05	17,7	965	0,2
D21	592489	4025404	7,42	19,4	1404	0,5
D22	594520	4025031	8,22	18,4	1531	0,6
D19	593802	4024781	7,45	19	1036	0,3
D20	594678	4023706	7,62	19	764	0,2
D16	594747	4023202	7,6	16,5	732	0,1
D17	595143	4021795	7,54	21,7	5240	2,8
D18	594886	4021189	7,82	21,5	2930	1,4
D2	590388	4026206	7,47	18,6	862	0,2
D3	590609	4025492	7,45	19,9	875	0,2
D4	590497	4025318	7,72	15,1	803	0,1
D5	590491	4024971	7,38	18,9	867	0,2
D6	590322	4024846	7,24	17,4	934	0,2
D7	590673	4024834	7,31	19	920	0,2
D8	591558	4025514	7,69	19,2	696	0,1
D25	591541	4024899	8,33	16	858	0,2

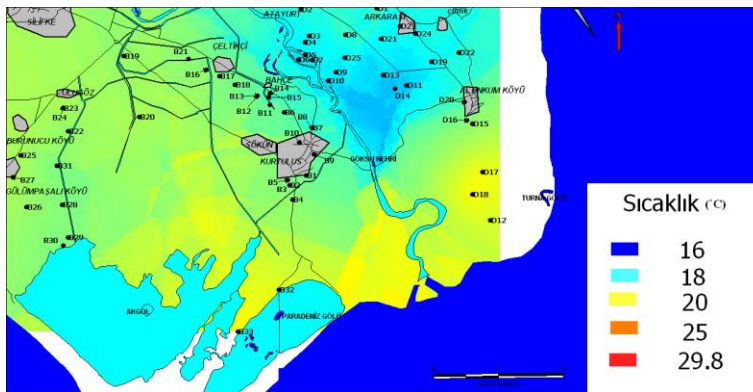
Kuyu No	X(m)	Y (m)	pH	T(°C)	EC (us/cm)	Sal
D9	591302	4024513	7,4	19	987	0,3
D10	591099	4024275	8	17	459	0
D11	593157	4024143	8,34	16,4	910	0,2
D12	595691	4020440	8,26	18,9	1418	0,5
D13	592550	4024433	7,53	17,7	1159	0,4
D14	592854	4024064	8,26	16,9	902	0,2
D15	594877	4023102	7,51	20,9	1225	0,4
B25	583035	4022250	7,25	19,8	741	0,1
B27	582722	4021731	7,34	20,1	771	0,1
B26	583202	4020853	7,43	19,42	1111	0,3
B28	584132	4020914	8,06	19	491	0
B29	584288	4020022	7,66	19,3	1470	0,3
B30	584335	4019690	8,18	18,4	1165	0,4
B31	583989	4021969	7,53	18	593	0
B22	584284	4022904	7,13	18,4	1193	0,4
B23	584146	4023534	7,26	20	918	0,2
B24	584158	4023538	7,04	19	896	0,2
B19	585750	4024951	7,8	19	628	0,1
B20	586145	4023298	7,35	20,3	626	0,1
B21	587446	4024870	7,55	19	691	0,1
B16	587906	4024571	7,84	19,4	558	0,1
B17	588255	4024406	7,57	19,4	584	0
B18	588660	4024168	7,09	18,7	1114	0,3
B12	589230	4023852	7,63	18,2	521	0
B13	589248	4023875	7,51	19,2	756	0,1
B14	589581	4023932	7,37	17,3	1086	0,3
B15	589523	4023823	7,2	18,6	1030	0,3
B6	589949	4023412	7,56	19,9	863	0,2
B7	590687	4023003	7,74	18,4	667	0,1
B8	590686	4023003	8,09	16,3	474	0
B9	590724	4022283	8,12	18,3	843	0,2
B1	590524	4021708	8,3	18,2	1022	0,3
B2	590090	4021444	8,47	20,2	797	0,2
B3	590091	4021444	8,2	16,6	601	0
B4	590169	4021053	7,89	19,8	1298	0,4
B32	589954	4018501	8,07	20,06	2870	1,4
B11	589569	4023617	7,49	20,1	880	0,2
B10	590359	4022596	7,55	20,2	843	0,2
B5	590049	4021586	7,98	20,9	2070	0,9
B33	588862	4017367	8,17	20,8	4230	2,2

pH bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin şiddetini gösteren bir terim olup çözeltide bulunan H^+ iyonu konsantrasyonunu ve daha kesin bir ifade ile hidrojen iyonu aktivitesini göstermektedir [26].

Suyun pH'sındaki değişim suda bulunan diğer kimyasal parametrelerin davranışlarında değişikliklere sebep olur. Göksu deltası yeraltı sularından alınan numunelerde pH, 7,04 ile 8,47 (Şekil 6), Sıcaklık ise 15,1 °C - 21,7 °C (Şekil 7) değerleri arasında değişmektedir.

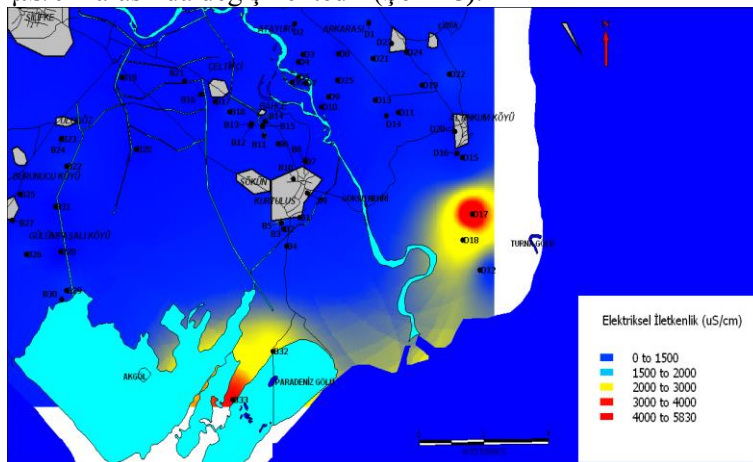


Şekil 6. Delta pH dağılım haritası .



Şekil 7. Delta sıcaklık dağılım haritası .

Elektriksel iletkenlik sıcaklığa, su içindeki çözünmüş maddelere ve iz haldeki çözelti içeriklerine bağlı olarak değişebilir. Suyun elektriksel iletkenliğinin düşük olması nedeni ile hidrojeokimyada microsiemens (μS) birimi kullanılır. Saf su 25 °C sıcaklıkta $4,2 \times 10^{-2} \mu\text{S}/\text{cm}$ elektriksel iletkenlik değerine sahiptir [27]. Göksu deltası yeraltı suyundan alınan numunelerde Elektriksel İletkenlik (EC) değeri, 459 ile 5.240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Delta elektriksel iletkenlik (EC) dağılım haritası.

Tuzluluk deniz suyunun 1 kg'ında çözünmüş halde bulunan iyonların gram cinsinden ağırlığıdır. Tuzluluk, sularda veya topraklarda var olan çözünmüş mineral tuzların konsantrasyonundan ileri gelmektedir [28]. Göksu deltası yeraltı suyundan alınan numunelerde tuzluluk değerleri, 0 ile 2,8 arasında değişmektedir. Elektriksel iletkenlik değerlerinin yüksek olduğu noktalara paralel olarak tuzluluk değerlerinde ki artış değerlendirildiğinde yine Deniz ve Paradeniz gölü etrafında ki kuyularda tuzluluk değerinin arttığı ortaya konulmuştur

4.SONUÇ

Göksu Deltasından alınan, yeraltı ve yüzey sularında yapılan major iyon analiz sonuçları haritası ve EC, pH, sıcaklık haritaları beraber incelendiğinde , sonuçların birbirini desteklediği görülmüştür. Major iyon sonuçlarına göre deniz suyu girişiminin muhtemel olduğu noktalarda, Sıcaklık ve EC değerlerinin de artması sonuçları desteklemektedir. Pie diagram haritası incelendiğinde Paradeniz'in deniz ile benzer içeriğe sahip olduğu açıkça görülmektedir. Kuyu sularında ise bikarbonat iyonunun baskın iyon olduğunu, hemen hemen her kuyuda klorür iyonuna rastlandığı görülmektedir. Bu da bize yeraltı sularının tuzlanma tehlikesi altında olduğunu göstermektedir. Elektriksel iletkenlik değerlerinin yüksek olduğu noktalara paralel olarak tuzluluk değerlerinde ki artış değerlendirildiğinde yine Deniz ve Paradeniz gölü etrafında ki kuyularda tuzluluk değerinin arttığı ortaya konulmuştur Kireçtaşı akiferinin sularının kimyasal fasiyesinin Ca-HCO_3 ya da Ca-Mg-HCO_3 olması beklenirken, akiferin kırıklı ve karstik olması ve kırık sistemlerinin denize kadar uzanıyor olması nedeniyle bu akiferden gelen suların kimyasal fasiyeslerinin de $\text{Ca-Na-Mg-HCO}_3\text{-Cl}$ şeklinde değişimini sonuçlandırmıştır.

Allüvonal akifer içerisinde bulunan yeraltı suyunun kimyasal tipi (fasiyesi) 'nin değişmesinde ki sebeplerden biri, deniz suyu girişi olmakla birlikte, yüzeyde ki tarımsal aktivitelerde kimyasal gübre kullanımının, yağış ve sulama suları ile yeraltı suyuna taşınmasıyla da anyon konsantrasyonunda artışa sebep olmaktadır.

Göksu Nehri Havzası ve Göksu Deltası'nda canlı varlığının sağlıklı biçimde yaşamını sürdürebilmesi, su kaynaklarının kalitesinin iyileştirilmesi ve korunması için deltanın anlık olarak izlenmesi ve bölgede ilave alt projeler yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

5.KAYNAK

- [1] Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, "Göksu Deltası Yönetim Planı", Ankara (2009).
- [2] Karaca, İ. " Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi 2005 Yılı Çevre Durum Raporu", T.C. Çevre Ve Orman Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurum Başkanlığı, Mersin Özel Çevre Koruma Müdürlüğü, Mersin, (2006).
- [3] Yeniçilek, R. " Ovacık Denizaltı Kaynakları Jeofizik İnceleme Raporu", DSİ Yayını, Ankara, Arşiv No:35, (1979).
- [4] Karakılçık, H. "Düşey Elektrik Sondaj Yöntemi İle Silifke Ovacık Ovası Yeraltısu Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 98 s., (1996).
- [5] Gül, N. , Mülâyim, H. "Silifke Göksu Deltası Tatlı Su-Tuzlu Su Girişiminin Jeofizik Etüt Raporu", Dsi Altıncı Bölge Müdürlüğü, Adana, (1997).
- [6] Elik, M., Sarı, A.,Koralay, B., Çelik,M.,Gülçubuk, B.,Mergen, O., "Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesi Su Kaynakları Yönetimi Projesi", Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı, Mersin,Silifke, (2009).
- [7] Motz, L., Yurtal, R., Gördü, F., Doğan, A. "Optimization Of Groundwater Use Subject To Saltwater Intrusion Along The Mediterranean Coast Of Turkey",TUBITAK –NSF, Proje No: 9819824, Ankara, (2006).

- [8] Çobaner, M., “Kıyı Akiferlerinde Tuzlu Su Girişiminin Üç Boyutlu Simülasyonu: Göksu Deltası Örneği”, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, (2009).
- [9] Özer, O. (2014). “Göksu Deltası Yeraltı Suyu Kirliliğinin Belirlenmesi, Modellenmesi Ve Kirlenici Kaynakların İzotop Yöntemleri İle Araştırılması, Coğrafi Bilgi Sistemi Oluşturulması”, Doktora Tezi, FBE, Mersin Üniversitesi 220s.
- [10] Schott, P., P., Wassen M., J., “Possible Contribution of The University of Utrecht to the Göksu Delta Project”, (1991).
- [11] Demirel, Z., Özer, Z., Özer, O., " Investigation And Modeling Of Water Quality Of Göksu River (Cleados) In An International Protected Area By Using GIS", J. Geogr. Sci., 21(3): 429-440, (2011).
- [12] Demirel, Z , Özer, O., Özpinar, Z., Investigation Of Groundwater Pollution In A Protected Area In Turkey The Göksu Delta; Gazi University Journal Of Science, 24(1): P:17-27 (2011).
- [13] Demirel, Z., A., “Göksu Deltasında Su Kalitesinin Fotometrik Ölçümlerle Araştırılması - Cbs Oluşturulması Ve Modelleme”, Proje No; Tubitak 105y285, Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Mersin, (2008).
- [14] Özpinar, Z., (2007), “Göksu Deltası’nda Su Kalitesinin Fotometrik Yöntemlerle Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Mersin.
- [15] Başbüyük, M., Evliya, H. “Göksu Deltası Su Kirlilik Düzeyi Ve Su Kalitesinin Belirlenmesi”, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Adana, 15 S., (1993).
- [16] Menengiç M., (1998) “ Göksu Deltası Yer Altı Suyu Kirliliği”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- [17] Özer, O., “Göksu Deltası’nda Su Kalitesinin Belirlenmesi ve Su Kalitesi Coğrafi Bilgi Sisteminin Kurulması”, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, (2008).
- [18] Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy H.D. “ Göksu Deltası Özel Çevre Koruma Bölgesinde Su Kalitesinin İzlenmesi Projesi”, Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü – Silifke Özel Çevre Koruma Müdürlüğü, 76 s., Mersin, (2004).
- [19] Ulu, Ü., (1988), “İçel İli’nin Jeolojisi”, MTA jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı, Ankara .
- [20] DSİ Genel Müdürlüğü, (1997), “ Göksu Deltası Hidrojeolojik Etüt Çalışmaları Ara Raporu”, Ankara
- [21] Afşin, M., Kayabalı, K. "Uygulamalı Hidrojeoloji", 4. Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara, 682 S., (2004).
- [22] Aquachem V.5.1 User’s Manual, Water Quality Data Analysis, Plotting, And Modeling, Waterloo Hydrogeologic, Inc, P:1-2 (2006).
- [23] Fetter, C.W “ Uygulamalı Hidrojeoloji”, Gazi Kitabevi , S:414-416 ,(2004).
- [24] Hatipoğlu, Z. “ Mersin-Tarsus Kıyı Akiferinin Hidrojeokimyası”, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji (Hidrojeoloji) Mühendisliği A.B.D, Doktora Tezi, S:73-74, (2004).

- [25] Adams S., Titus, R., Pietersen, K., Tredoux, G. And Harris, C, “Hydrochemical Characteristics Of Aquifers Near Sutherland In The Western Karoo, South Africa” Journal Of Hydrology, 241, pp.91-103 (2001).
- [26] Samsunlu, A. “Çevre Mühendisliği Kimyası”, Sam- Çevre Teknolojileri Merkez Yayınları, s. 288-300, İstanbul, (1999).
- [27] WHO, Guidelines For Drinking Water Quality, Vol.2 (Health Criteria andOther Supporting Information), Geneva, (1993).
- [28] Tanji, K., K. “ Agricultural Salinity Assesment and Management”, Published by American Society of Civil Engineers, 619 pp, New York, (1990).