Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi
Cilt: 5, No: 2, 2013 (1-15)

Electronic Journal of Map Technologies
Vol: 5, No: 2, 2013 (1-15)

TEKNOLOJİK ARAŞTIRMALAR

www.teknolojikarastirmalar.com
e-ISSN:1309-3983

Makale
(Article)

Konya Kapalı Havzasında Yeraltı Su Seviyelerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İle Haritalanması

Fuat Başçiftçi[**], S.Savaş Durduran[*], Cevat İnal[*]
[*]Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Konya/TÜRKİYE
[**]Selçuk Üniversitesi Kadınhanı Faik İçil MYO Harita ve Kadastro Programı, Konya/TÜRKİYE
durduran@selcuk.edu.tr

Özet

Yeraltı suları, yüzeysel sulara alternatif önemli kaynaklardandır. Özellikle yağışın az olduğu dönemlerde beslenmeden fazla boşalma olduğu durumlarda su seviyesi düşmektedir. Zamana bağlı olarak gerek kuraklık gerekse su kaynaklarının kirlenme tehditleri ile kullanılabilir su miktarı azalmaktadır. Bu nedenle yüzeysel su kaynaklarının tespiti kadar, yeraltı su potansiyelinin, statik su seviyelerinin düzenli olarak ölçülüp tespit edilmesi, kullanılabilirliğinin de takip edilmesi gerekir. Bilgi çağı olarak adlandırılan günümüzde yeni teknolojiler, tüm meslek disiplinlerinde uygulama alanı bulmakta, uygulamacılara zaman, emek, maliyet anlamında yardımcı olmaktadır. Özellikle coğrafi referanslı Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamaları, günümüzün en popüler çalışma alanlarının başında gelmektedir. Ülkemizde coğrafi mekân referanslı Coğrafi Bilgi Sistemi çalışmaları, yeraltı su kaynaklarının tespiti, izlenmesi ve mekânsal analizlerle tematik haritalarının yapılması günümüzde uygulanmaya başlayan çalışmalardır. Bu çalışmada Konya Kapalı Havzası sınırları içindeki Kulu, Cihanbeyli, Altınekin, Selçuklu ilçeleri dâhilinde bulunan 18 adet kuyunun yıllar içinde oluşan su seviyesi değişimleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımı ile çıkarılmış ve bölgenin yeraltısu veritabanı oluşturulmuştur.
Anahtar Kelimeler: Yeraltısuyu, Statik Su Seviye, Dinamik Su Seviye, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Havza, Konya Kapalı Havzası

Mapping Ground Water Level With Geographic Information System (GIS) in Konya Closed Basin

Abstract

Ground water is one of the important resources alternatives to surface water. Especially during the periods of low rainfall, water level drops when the discharge is more than feeding. Depending on time, both the threats of drought and contamination of water resources cause reduce in water supply. Therefore, determining the ground water potential and static water level and controlling the water availability is as important as detection of surface water sources. Today which is called the information age, new technologies find place in every professional disciplines and helps users by means of time, labor and costs. Especially the Geo-referenced Geographical Information System applications are one of the most popular working fields. In our country, geographical area referenced Geographic Information System studies are being started to use today in finding, monitoring and drawing the thematic maps with spatial analysis. In this study, water level changes in 18 wells are determined by Geographic Information Systems (GIS) in Kulu, Cihanbeyli, Altinekin and Selcuklu districts in the borders of Konya Closed Basin and the groundwater database of the region was prepared.
Keywords: Groundwater, Static Water Level, Dynamic Water Level, Geographical Information Systems (GIS), Konya Closed Basin

Bu makaleye atıf yapmak için
Başçiftçi F., Durduran S.S., İnal C., "Konya Kapalı Havzasında Yeraltı Su Seviyelerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) İle Haritalanması" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2013, 5(2) 1-15

How to cite this article
Başçiftçi F., Durduran S.S., İnal C., "Mapping Ground Water Level With Geographic Information System (GIS) In Konya Closed Basin" Electronic Journal of Map Technologies, 2013, 5 (2) 1-15

1. GİRİŞ

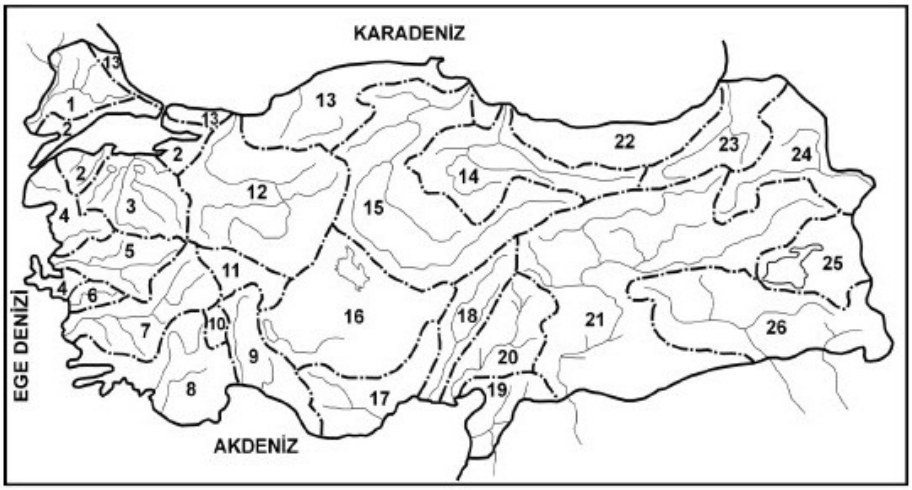
Su, canlı yaşamı için hayati önem arz etmektedir. Yeraltı suyu dünyanın birçok yerinde göreceli olarak bol miktarlarda bulunabilen bir su kaynağıdır. Ortalama yağışın 643 mm. olduğu ülkemizde, su rejimi düzensiz bir yapı arz etmekte olup, yağışın dağılımı zamana ve bölgelere göre değişmektedir. Uzun yıllara ait veriler incelendiğinde ülkemizin, 98 milyar m^3/yıl yerüstü ve 12,0 milyar m^3/yıl yeraltı suyu potansiyeli olmak üzere toplam kullanılabilir su potansiyeli 110,0 milyar m^3/yıl'dır [1]. Yeraltı suları, dünya çapındaki tatlı su kaynakları içerisinde %30'luk bir paya sahiptir [2]. Tatlı su kaynaklarının yaklaşık %70'inin kutuplardaki buzullar ve karlardan kaynaklandığı göz önüne alınacak olursa, kullanıma hazır yeraltı sularının verimli şekilde yönetilmesinin önemi açıkça görülmektedir [3]. Toplam yağıştan, yüzeysel akışa geçen ve buharlaşmaya maruz kalan miktarlar çıktıktan sonra geriye kalan miktar olarak tanımlanan artan yağış, toprağın derinliklerine sızar ve yeraltı suyu formasyonlarına ya da akifere süzülür İklim koşullarına bağlı olarak yeraltı suyuna karışan yağış değişim göstermektedir. Akdeniz ikliminde yağış miktarının %10-20'si yeraltı suyuna karışırken, sıcak ve kurak iklimlerde bu oran %2 'ye kadar düşebilmektedir [4]. UNESCO Raporuna [5] göre 2025 yılında dünyada 1 800 000 000 (Bir milyar sekiz yüz bin) insanın su kıtlığı yaşayacağı öngörülmektedir. Son on yılda yaklaşık 80 ülkede nüfusun %40'ının su taleplerinin arzlardan daha fazla olduğu görülmekte ve su kaynakları su ihtiyacını karşılamakta yetersiz kalacağı belirtilmektedir [6]. 1960 – 1997 yılları arasında dünyada kişi başına düşen tatlı su kullanılabilirliği yaklaşık %60 oranında azalmıştır. 2025 yılına kadar kişi başına düşen kullanılabilir su miktarında da %50 oranında düşüş beklenmektedir [7]. 1940 yılında dünyada toplam su tüketimi 1000 km^3 iken bu miktar 1969 yılında ikiye katlanmıştır. 1990 yılında ise dünyadaki toplam su tüketimi 4130 km^3 olarak gerçekleşmiş olup bu miktarın 2680 km^3 (%65'i) sulamada, 950 km^3 (%23)'ü içme- kullanma suyu olarak, 500 km^3 (%12)'ü de sanayi sektöründe kullanılmıştır. 2010 yılında ise su tüketimi yaklaşık olarak %25 oranında artarak yaklaşık 5190 km^3' e ulaşmıştır. Dünyada kişi başına su tüketimi yılda ortalama 850 m^3 civarında olmaktadır. Dünya nüfusunun yılda ortalama seksen milyon kişi arttığı göz önünde bulundurulduğunda dünyadaki tatlı su ihtiyacının yılda 68 km^3 artması kaçınılmaz görünmektedir [8].

Dünyada hızla artan su ihtiyacının yanında, ülkemiz kaynaklarının sınırlı olması, var olan kaynaklarımızı öncelikle sağlıklı bir veri tabanı ile belirlenmesini gerektirmektedir. Bu çalışmada Konya Kapalı Havzasında meydana gelen yeraltı suyu seviye değişimlerini gösteren haritalarının yapılması amaçlanmıştır.

2. KONYA KAPALI HAVZASI

Havza, bir nehir ya da göl havzası, nehrin kaynağı ve sonlandığı yer arasında kalan ve nehre su veren tüm alanı kapsamaktadır. Bazı nehir havzaları, özellikle denize çıkışı olmayan iç bölgelerde, göllerde ve/veya iç deltalarda sona erer. Bu havzalar, **kapalı havza** olarak adlandırılır [9].

Ülkemizdeki su varlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından, bugüne kadar yapılan yağış, akım ölçüm değerleri ortalamalarına göre, Türkiye'de **15** adedi nehir havzası, **7** adedi irili ufaklı akarsulardan oluşan müteferrik havza, **4** adedi ise denize boşalımı olmayan kapalı havzalardan **26** adet hidrolojik havzaya bölünmüştür (Şekil 1).



Havza adı ve su potansiyeli

1. Meriç-Ergene Havzası (1.33 milyar m^3)
2. Marmara Havzası (8.33 milyar m^3)
3. Susurluk Havzası (5.43 milyar m^3)
4. Kuzey Ege Havzası (2.09 milyar m^3)
5. Gediz Havzası (1.95 milyar m^3)
6. Küçük Menderes Havzası (1.19 milyar m^3)
7. Büyük Menderes Havzası (3.03 milyar m^3)
8. Batı Akdeniz Havzası (8.93 milyar m^3)
9. Antalya (Orta Akdeniz) Havzası (11.06 milyar m^3)
10. Burdur Gölü Havzası (0.50 milyar m^3)
11. Akarçay (Afyon) Havzası (0.49 milyar m^3)
12. Sakarya Havzası (6.40 milyar m^3)
13. Batı Karadeniz Havzası (9.93 milyar m^3)
14. Yeşilırmak Havzası (5.80 milyar m^3)
15. Kızılırmak Havzası (6.48 milyar m^3)
16. Konya (Orta Anadolu) Havzası (4.52 milyar m^3)
17. Doğu Akdeniz Havzası (11.07 milyar m^3)
18. Seyhan Havzası (8.01 milyar m^3)
19. Asi (Hatay) Havzası (1.17 milyar m^3)
20. Ceyhan Havzası (7.18 milyar m^3)
21. Fırat Havzası (31.61 milyar m^3)
22. Doğu Karadeniz Havzası (14.90 milyar m^3)
23. Çoruh Havzası (6.30 milyar m^3)
24. Aras Havzası (4.63 milyar m^3)
25. Van Havzası (2.39 milyar m^3)
26. Dicle Havzası (21.33 milyar m^3)

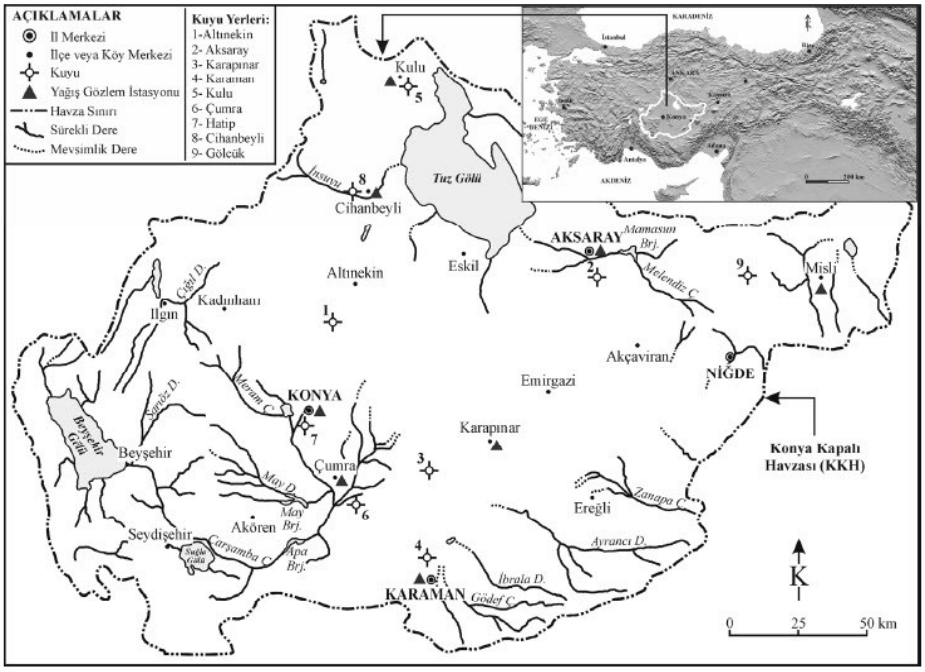
Şekil 1. Türkiye' deki kapalı havzalar

Ülkemizde mevcut suyun % 72' si tarımsal sulamada, % 16' sı içme-kullanmada ve % 12' si de sanayide tüketilmektedir. Ülke toprakları değerlendirildiğinde; 77.95 milyon ha olan ülke yüzölçümünün ancak 28.05 milyon ha' ı tarım alanı olarak kullanılabilmektedir. Topografik ve toprak özellikleri göz önünde bulundurulduğunda bu alanın 25.85 milyon ha' lık kesimi sulanabilir özelliktedir. Ancak mevcut su kaynaklarımızla sulanabilir özellikteki tarım alanlarımızın, sadece 8.5 milyon ha' lık kesiminin ekonomik olarak sulanabilir. Bugünkü fiili sulama alanı toplam 5 milyon ha civarındadır [10].

2.1. Konya Kapalı Havzasının Konumu ve Mevcut Durumu

Konya Ovası, kuzey-güney yönünde 80 km. ve batı-doğu yönünde 50 km. uzanmaktadır. Ovanın en batı noktası 32º 20' E ve en doğu noktası da 34º 00'E boylamı olarak kabul edilir. Kuzeyde uç nokta 38º08' N ve güneyde ise 37 º06' N enlemidir (Şekil 2). Konya Ovası içinde 800 km²'lik Hotamış Ovası (bataklık dâhil), 700 km²'lik Karapınar Ovası, 500 km²'lik Karaman Ovası ve 2500 km²'lik Ereğli Ovası (Ayrancı ovası dâhil) kabul edilmektedir.

Konya Kapalı Havzası Anadolu yarımadasının iç kesiminde yaklaşık 62 000 km^2' lik bir alanı kapsayan ve Konya, Karaman, Niğde ve Aksaray illerini içine alan Türkiye' nin en büyük kapalı havzasıdır. İç Anadolu'nun tipik iklimsel özelliklerini taşıyan havzanın toprakları düz veya hafif dalgalı topografyada eski göl ve deniz tortulları ile volkanik kayaçlar üzerinde oluşmuştur. Havzanın Karaman il sınırları içindeki kesiminde ise volkanik kayaçlarla kaplı Karadağ gibi yükseltiler ve Tersiyer çökeller bulunmaktadır [11]. Kapalı Havzayı güneyden bir yay biçiminde Toros dağları sınırlar. Ovalık iç kesimlerin yüksekliği 850-1000 m arasında değişirken (tüm havzanın yaklaşık %65'i) yükseklikler Toros dağlarında 3900 m' ye kadar çıkmaktadır. Havzayı besleyen su kaynaklarının büyük çoğunluğu Toros dağlarından beslenen akarsular ve yeraltı sularıdır [12].



Şekil 2. Konya kapalı havzası

Havza, arazi kullanım özellikleri ve kalitesi yönünden değerlendirildiğinde %48.4' u sürülebilir tarım arazisi niteliğindedir. Türkiye'deki yıllık çekilebilir yer altı suyu rezervi 13,66 km^3/yıl'dır. Konya kapalı havzasında ise bu oran ülke genelinin %10' una karşılık gelmektedir. Konya kapalı havzasının rezervinin tarımsal sulamada kullanılan kısmının %80' i DSİ olanakları ile sulamaya sunulmakta olup, kalan rezervin %20'si ise kişisel teşebbüsler tarafından kullanılmaktadır. Tarımsal sulamada kullanılan su miktarı ise genelin %70'ine ulaşmaktadır [13]. Bölgenin yıllık yağış ortalaması 398 mm olmakla birlikte ovanın büyük bir kesiminde yıllık yağış oranı 270 - 320 mm arasında kalmaktadır. Uzun yıllar tahıl ambarı olarak bilinen Konya ovasında kuru tarımın yapılması imkânsız hale gelmiştir. Bölge 2 750 000 ha tarım arazisine, 1 670 hm^3 yeraltı, 5 950 hm^3 yerüstü olmak üzere 7.620 hm^3 su potansiyeline sahiptir. Aktif kullanılabilir su potansiyeli 3.185 hm^3 olmasına rağmen, izinsiz acılan kuyulardan dolayı fiili kullanım bunun çok üzerinde olmaktadır. Havza, önemli su potansiyeline sahiptir, ancak son yıllarda yağışların azlığı ve bilinçsiz kullanım nedeniyle yeraltı su seviyeleri gittikçe düşmekte, yeraltı suyu rezervleri tükenmekte ve havzadaki şartlar kuraklığa doğru yaklaşmaktadır [14].

3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE YERALTI SULARI

Coğrafi Bilgi Sistemleri; konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, islenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir. Coğrafi bilgi sistemleri, konuma bağlı mevcut bilgilerin istenen mantıksal yapıda sorgulanmasına imkân sağladığı gibi, değişik amaçlı ve farklı özellik gösteren yeni bilgilerin türetilmesine de imkân verir [15].

Yeraltı suyu çalışmalarında CBS uygulamaları ile ilgili litaratürde yapılan bazı çalışmalar şunlardır;

Hindistan'ın geniş alanları üzerindeki yer altı suyu potansiyelinin değerlendirilmesi için CBS ve uzaktan algılamanın nasıl kullanılabileceğini araştırmıştır. Araştırma alanını yedi yer altı suyu potansiyel bölgeye ayırmıştır. Bu sınıflandırmanın, diğer nehir havzaları için küçük ya da büyük düzeylere genişletilebileceğini, bu alanlarda yer altı suyu potansiyelini kontrol etmek amacıyla, fiziksel gözlemi, toprak numunesi kullanımını, coğrafi elektrik incelemelerini de içeren gerçek yer gözlemleri yapıldığını ifade etmiştir. Yer altı suyu potansiyelinin keşif haritası için uzaktan algılama ve CBS kullanımının, alan

gözlemleri ve daha geniş olan nehir havzalarının yer altı suyu potansiyeli eşitliğini belirlemede çalışılan alanın miktarının azaltılması için olanak sağladığını göstermiştir [16].
CBS ve uydu fotoğraflarını kullanarak göl için sayısal arazi modeli geliştirmişlerdir. Buna ilaveten Trichonis Gölü'nde yer altı suyunun yeniden dolması için aylık hidrolojik elementleri, tahmin edilmiş ve su denge modeli ile birleştirmişlerdir. Yer altı akışının ölçümleri bilimsel olarak zor olduğu için, dolaylı ölçümleri CBS teknolojisiyle birleştirilmişler ve su denge modelini doğru ve güvenilir sonuçlar veren geniş uygulama tekniğiyle oluşturmuşlardır [17].

CBS kullanarak Hindistan'da bulunan Panvel Havzasının yeraltısuyu kalitesine ait harita oluşturmuşlar. Çalışma alanının genellikle Deccan bazalt kaya türleri ile kaplı olduğunu ve havzanın aldığı yoğun yağışa rağmen, bazı özel alanlarda su kalitesi problemleri ve su kıtlığı sorunlarıyla karşı karşıya olduğunu belirtmişler. Sonuçta, CBS tekniğinin başarıyla Panvel havzasının yeraltı suyunun kalitesinin haritalanmasına uygun olduğunu söylemişlerdir [18].

Yeraltı suyu yönetimi ve modellenmesi amacıyla CBS yaygın olarak etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Yeraltı suyu çalışmalarında CBS uygulamalarının tipik örnekleri [19];

- Yer uygunluk analizlerinde,
- Su tablası derinliği, akifer tipi ve malzemesi, akifer beslenme gibi haritalama bilgisinde,
- Envanter verilerinin yönetiminde,
- Bir bölgeden (Noktasal olmayan kaynaktan) kaynaklanan kirliliğin meydana gelme sürecinin
- Mekansal korelasyonunun tahmininde,
- Noktasal olmayan kirlilik kaynaklarından dolayı yeraltı suyunun kirlenme potansiyelinin tahmininde,
- Mekânsal verilerle, mekânsal karar destek sistemleri oluşturmak için yeraltı suyu kalitesi
- Değerlendirme modelleri oluşturmada,
- Yeraltı suyu hareketinin modellemesinde;
  - Adveksiyon ve dispersiyon modellemede,
  - Partikül hareketini izlemede,
- Yer altı suyunun statik ve dinamik su seviye haritalarının belirlenmesinde,
- Çözünmüş maddelerin taşınma ve sızma modellemesinde,
- Toprak tuzluluğu ve yeraltı suyuna tuz taşınmasının değerlendirilmesinde

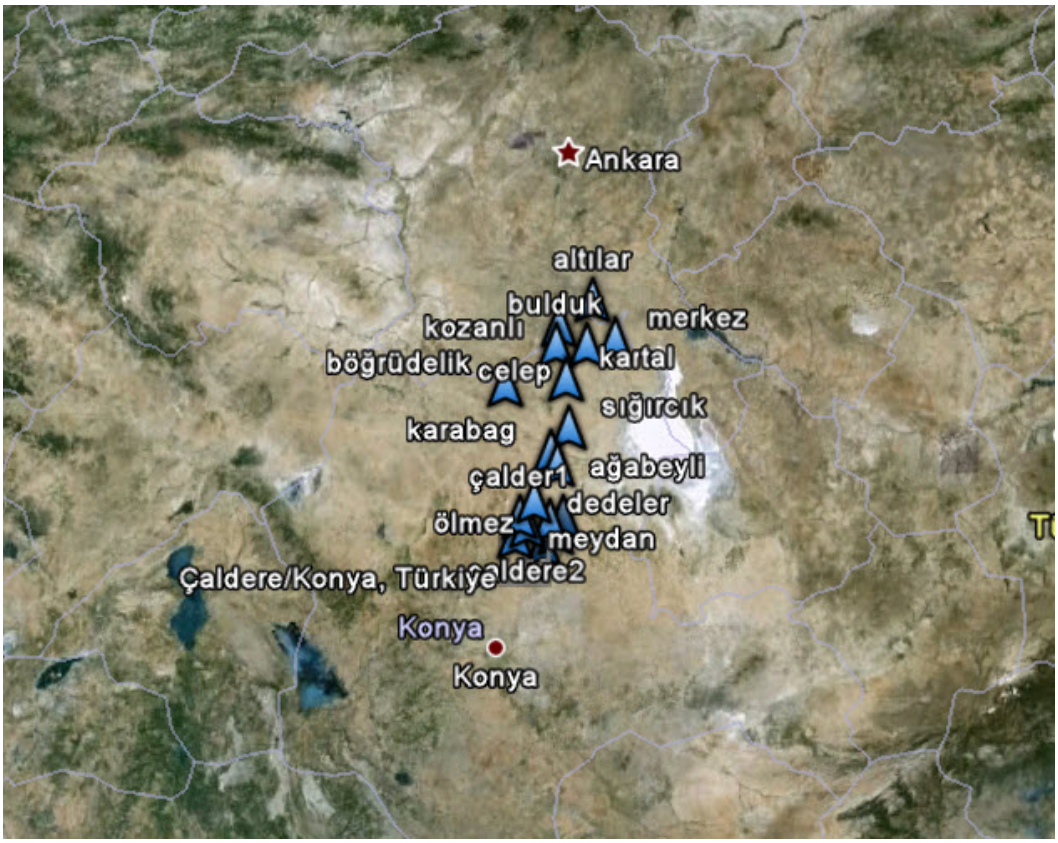
olarak sıralanabilir.

4. UYGULAMA

Çalışma alanı Konya Kapalı Havzası sınırları içinde ki Kulu, Cihanbeyli, Altınekin, Selçuklu ilçeleri dâhilinde bulunan 18 adet kuyuyu kapsamaktadır. $39^o\ 10' – 38^o\ 9'$ kuzey enlemleri $32^o\ 34' – 32^o\ 51'$ doğu boylamları arasında yer alan rasat kuyularının verileri DSİ Konya Bölge Müdürlüğünden alınmıştır (Şekil 3). Kuyu verileri içinde kuyuların koordinatları ve 5 etüde ait ölçümler bulunmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışma alanındaki kuyulara ait veriler

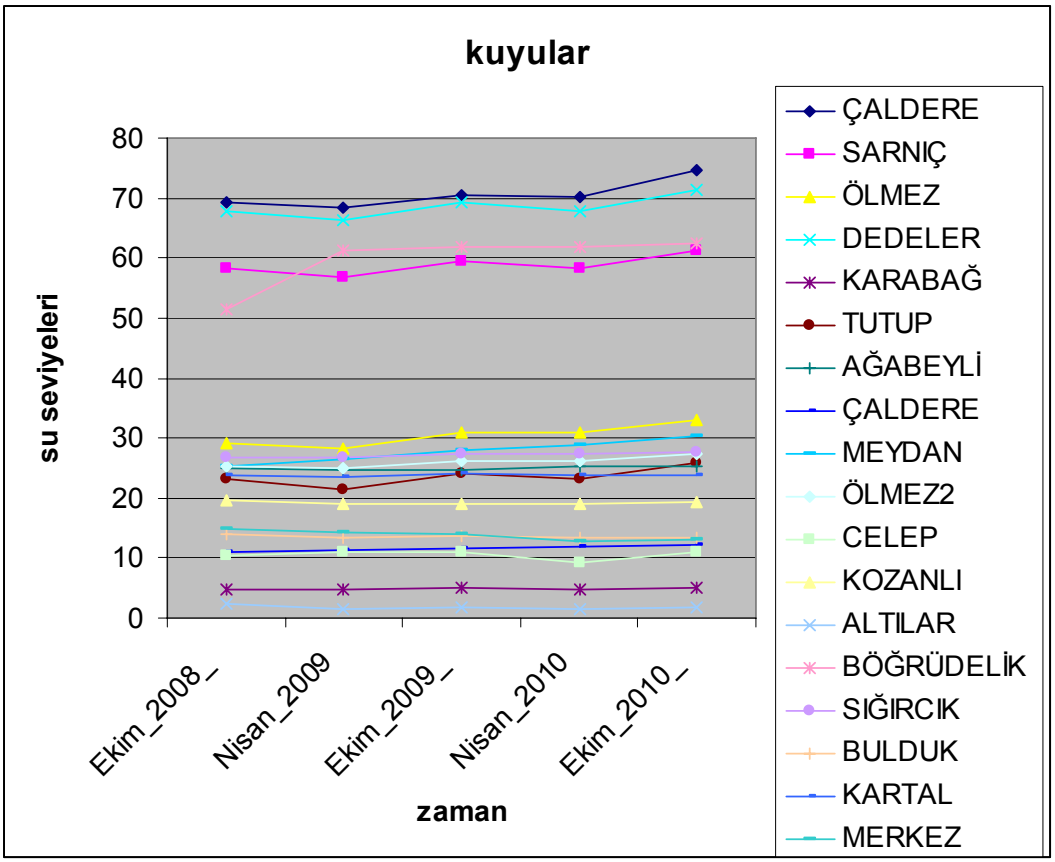
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Açıklama	Köyü	X	Y	Z	Ekim_2008_	Nisan_2009	Ekim_2009_	Nisan_2010	Ekim_2010_
2	ETÜD MEVSİMLİK	Çaldere(51957)	465190.026	4236581.673	1023.728027	69.28	68.44	70.36	70.160	74.530
3	ETÜD MEVSİMLİK	Sarnıç(56910)	481996.401	4229584.041	1023.200012	58.32	56.71	59.50	58.270	61.300
4	ETÜD MEVSİMLİK	Ölmez(6152)	478937.533	4235297.279	976.947998	29.06	28.14	30.94	30.820	32.940
5	ETÜD MEVSİMLİK	Dedeler(41918)	471874.818	4243699.203	1009.653015	67.66	66.36	69.38	67.930	71.300
6	ETÜD MEVSİMLİK	karabağ(59788)	479603.5249	4266724.99	1005.067993	4.76	4.86	5.02	4.7	4.95
7	BÖLGE AYLIK	Tutup(221) RASAT	476660.5725	4224054.156	987.997986	23.11	21.55	24.02	23.18	25.87
8	BÖLGE AYLIK	Ağabeyli(37302) RASAT	482403.4095	4253326.567	981.534973	24.95	24.55	24.8	25.22	25.42
9	BÖLGE AYLIK	Çaldere(37325)RASAT	468716.4764	4232456.598	996.879028	10.95	11.26	11.58	11.85	12.29
10	BÖLGE AYLIK	Meydan(46392) RASAT	463258.2046	4227722.532	1018.017029	25.42	26.52	27.87	28.92	30.2
11	BÖLGE AYLIK	Ölmez(52265)RASAT	485011.9206	4236752.4	980.968018	25.29	25.03	26.19	26.15	27.34
12	ETÜD MEVSİMLİK	CELEP 47710	495864.0261	4315233.346	1006.877991	10.32	11.14	10.93	9.12	11.1
13	ETÜD MEVSİMLİK	KOZANLI 59498	483106.3032	4324362.366	1023.031006	19.64	19.02	19.16	19.06	19.35
14	ETÜD MEVSİMLİK	ALTILAR 58512	498489.4894	4335991.047	1065.241943	2.37	1.5	1.65	1.5	1.8
15	ETÜD MEVSİMLİK	BÖĞRÜDELİK 57219	458658.4163	4297047.465	1078.245972	51.4	61.35	61.93	61.75	62.32
16	BÖLGE AYLIK	Sığırcık 53704	487745.8056	4277618.372	992.265015	26.74	26.82	27.32	27.23	27.54
17	BÖLGE AYLIK	Bulduk 53705	481956.8561	4315357.622	973.166992	13.85	13.37	13.58	13.53	13.49
18	BÖLGE AYLIK	Kç.Kartal 53706	486498.8796	4299612.403	968.5	23.7	23.37	24.23	23.88	23.94
19	BÖLGE AYLIK	Merkez 53707	508977.1227	4317991.674	997.213013	14.98	14.32	13.87	12.65	13.09



Şekil 3. Çalışma alanı görüntüsü

Saha yakınında Samsam, Düden, Tersakan, Böllük ve Tuz gölü yer almaktadır. Yer alan ölçümler Ekim 2008, Nisan 2009, Ekim 2009, Nisan 2010, Ekim 2010 periyotları ile yapılmıştır. Ölçüm sonucu elde edilen değer fiziksel yeryüzünden yeraltı suyunun yüzey seviyesi uzaklığıdır.

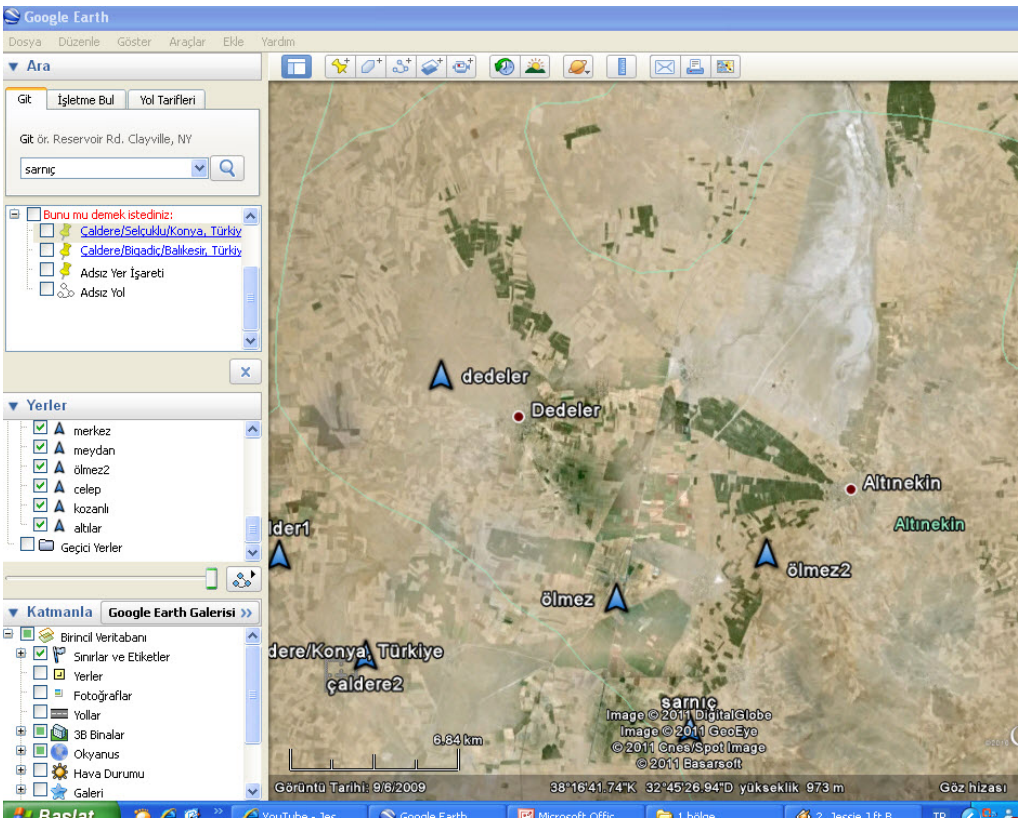
Kuyularda yıllar içinde oluşan su seviyesi değişimleri aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 4).



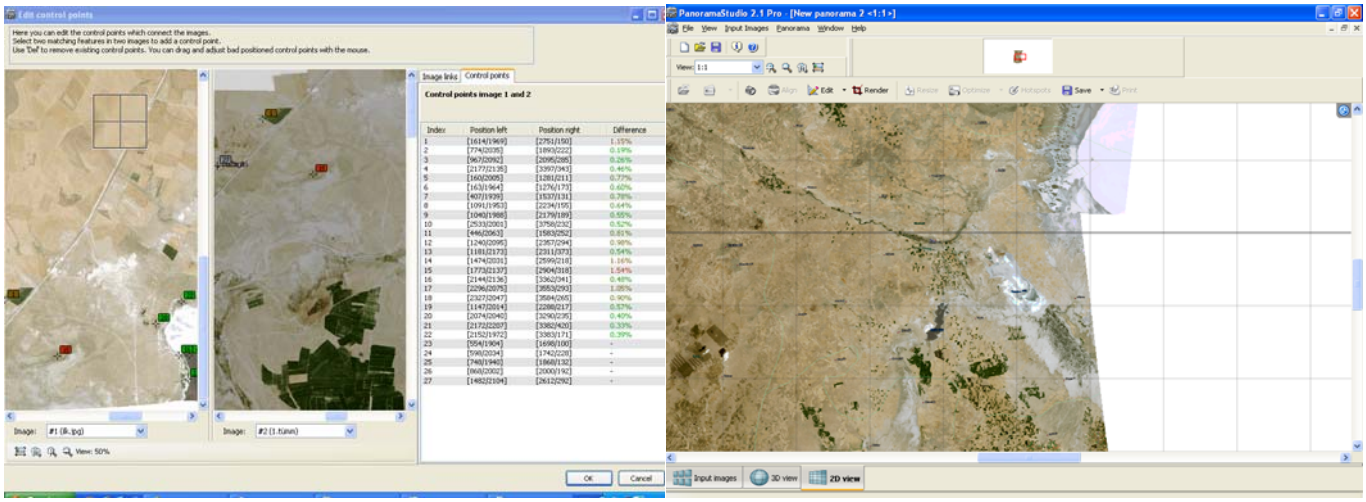
Şekil 4. Çalışma bölgesindeki kuyuların su seviyesi değişimleri

4.1. Verilerin Toplanması

Çalışma veri toplama süreci ile başlamıştır. Konya 4. Bölge DSİ genel müdürlüğünden veri istenmiş ve uzun uğraşlar sonucu yalnız 18 adet kuyunun verisi elde edilmiştir. Kuyulara ait koordinatlar UTM formatındadır. Çalışma alanının gösterimi için hazırlanan altlık Google Earth den (Şekil 5) sağlandığı için koordinatlar coğrafi koordinatlara çevrilmiştir. Altlığı hazırlamak amacı ile Google Earth ten çalışma bölgesinin yaklaşık 350 resmi alınmış ve Panorama Studio adlı program ile fotoğraflar birleştirilmiştir (Şekil 6).

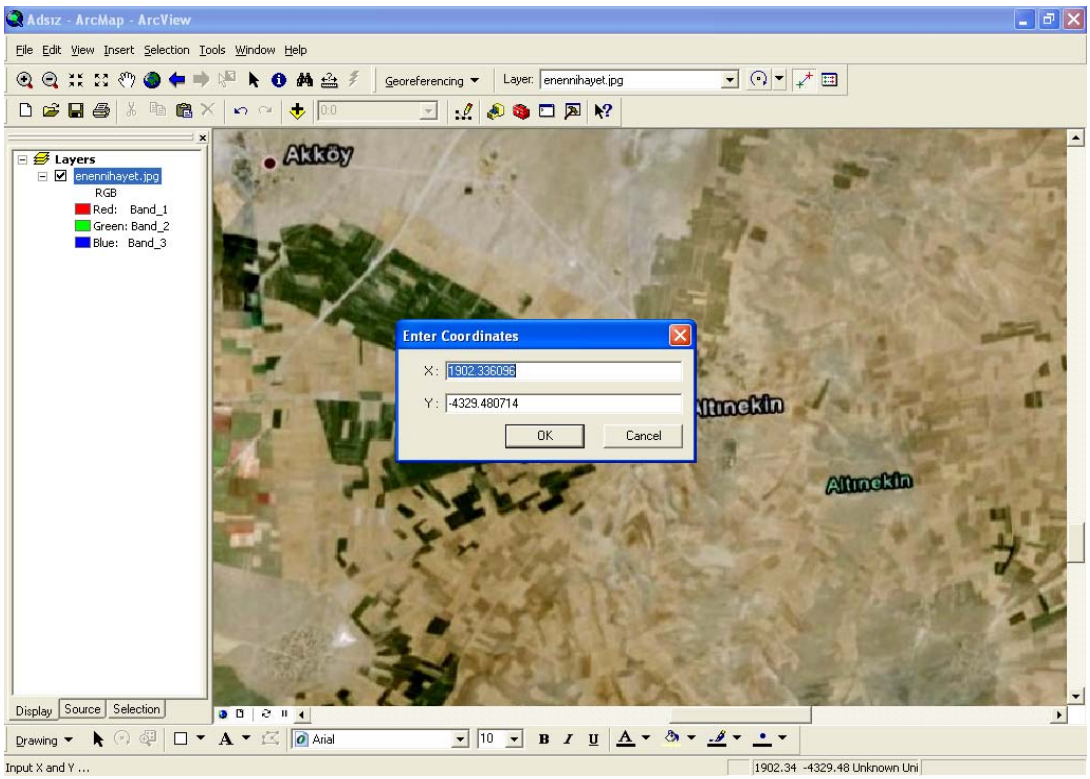


Şekil 5. Çalışma bölgesinin Google Earth görüntüsü



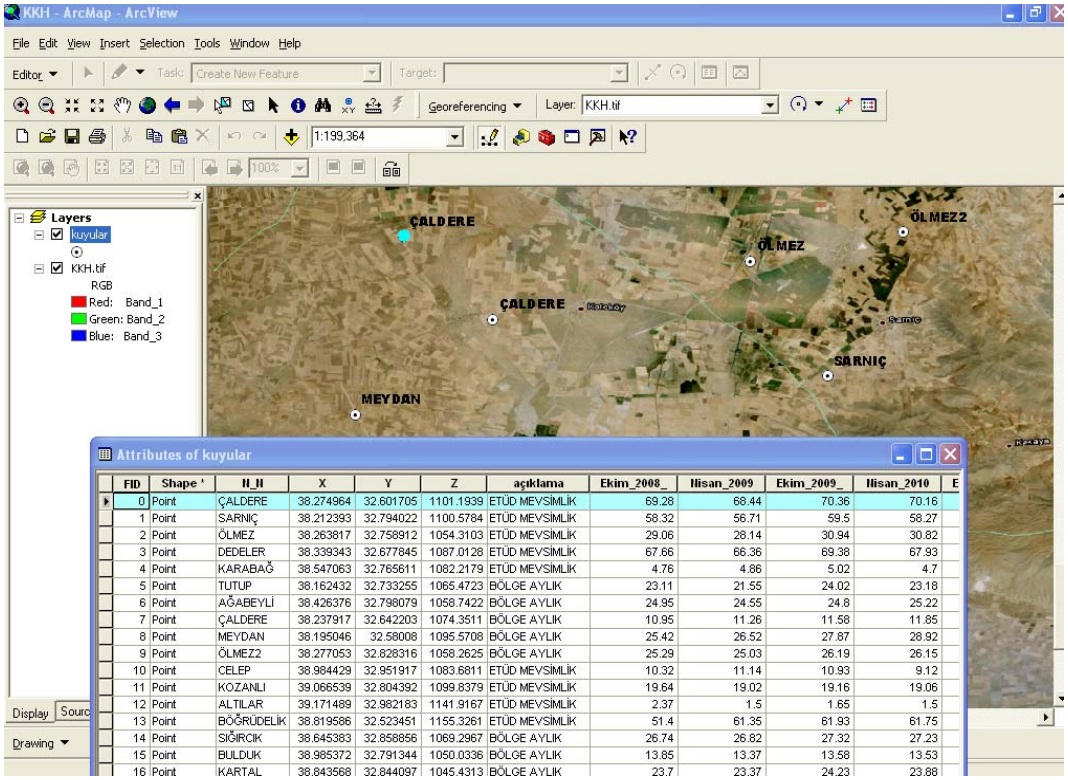
Şekil 6. Çalışma bölgesinin Panorama studio ile gösterimi

Sonrasında oluşturulan altlık ArcGIS 9.3 yazılımında sayısallaştırılmıştır. (Şekil 7).



Şekil 7. Kuyuların ArcGIS9.3 ortamında sayısallaştırılması

Daha sonra kuyu verileri ArcGIS9.3 yazılımına *.shp uzantılı dosya olarak girilmiştir (Şekil 8).



FID	Shape *	N_N	X	Y	Z	açıklama	Ekim_2008_	Nisan_2009	Ekim_2009_	Nisan_2010	E
0	Point	ÇALDERE	38.274964	32.601705	1101.1939	ETÜD MEVSİMLİK	69.28	68.44	70.36	70.16	
1	Point	SARNIÇ	38.212393	32.794022	1100.5784	ETÜD MEVSİMLİK	58.32	56.71	59.5	58.27	
2	Point	ÖLMEZ	38.263817	32.758912	1054.3103	ETÜD MEVSİMLİK	29.06	28.14	30.94	30.82	
3	Point	DEDELER	38.339343	32.677845	1087.0128	ETÜD MEVSİMLİK	67.66	66.36	69.38	67.93	
4	Point	KARABAĞ	38.547063	32.765611	1082.2179	ETÜD MEVSİMLİK	4.76	4.86	5.02	4.7	
5	Point	TUTUP	38.162432	32.733255	1065.4723	BÖLGE AYLIK	23.11	21.55	24.02	23.18	
6	Point	AĞABEYLİ	38.426376	32.798079	1058.7422	BÖLGE AYLIK	24.95	24.55	24.8	25.22	
7	Point	ÇALDERE	38.237917	32.642203	1074.3511	BÖLGE AYLIK	10.95	11.26	11.58	11.85	
8	Point	MEYDAN	38.195046	32.58008	1095.5708	BÖLGE AYLIK	25.42	26.52	27.87	28.92	
9	Point	ÖLMEZ2	38.277053	32.828316	1058.2625	BÖLGE AYLIK	25.29	25.03	26.19	26.15	
10	Point	CELEP	38.984429	32.951917	1083.6811	ETÜD MEVSİMLİK	10.32	11.14	10.93	9.12	
11	Point	KOZANLI	39.066539	32.804392	1099.8379	ETÜD MEVSİMLİK	19.64	19.02	19.16	19.06	
12	Point	ALTILAR	39.171489	32.982183	1141.9167	ETÜD MEVSİMLİK	2.37	1.5	1.65	1.5	
13	Point	BÖĞRÜDELİK	38.819586	32.523451	1155.3261	ETÜD MEVSİMLİK	51.4	61.35	61.93	61.75	
14	Point	SIĞIRCIK	38.645383	32.858856	1069.2967	BÖLGE AYLIK	26.74	26.82	27.32	27.23	
15	Point	BULDUK	38.985372	32.791344	1050.0336	BÖLGE AYLIK	13.85	13.37	13.58	13.53	
16	Point	KARTAL	38.843568	32.844097	1045.4313	BÖLGE AYLIK	23.7	23.37	24.23	23.88	

Şekil 8. Kuyu verilerinin ArcGIS9.3 yazılımına girilmesi

4.2. Verilerin İşlenmesi ve Analiz Aşaması

ArcGIS in 3D Analiz Modülü, çok farklı veri kaynağından istifade ederek 3 Boyutlu yüzey oluşturan, ArcScene&ArcGlobe gibi üç boyutlu ortamda veri görüntüleyebilen ve mevcut verilerden faydalanarak farklı mekânsal analizleri gerçekleştirebilen güçlü fonksiyonları sağlamaktadır.

Analiz aşaması için ArcScene programı kullanılmıştır. Yüzeyler; GRID, USGS DEM (Sayısal Yükseklik Modeli), DTED (Sayısal Arazi Yükseklik Verisi) kütükleri, ham ASCII kütükleri veya birçok görüntü formatından birisinin kullanımı ile meydana getirilebilir. GRID'ler; IDW, Spline veya Kriging gibi Interpolasyon metodları kullanılarak nokta verilerden yararlanılarak üretilmektedir. TIN (Triangulated Irregular Network) verisi ise; noktalar (points), çizgiler (lines) ve alansal (polygons) veya GRID'lerden istifade ile üçgenleme (nirengi yaratma) özelliklerine dayanılarak oluşturulmaktadır.

TIN (Triangulated Irregular Network) boyut ve oranları değişkenlik gösteren üst üste çakışmayan üçgenler kümesinden oluşur. Nokta (points), çizgi (lines) ve alan (polygons) verileri girdi olarak kullanılarak TIN oluşturulur. TIN oluşturulurken girdi noktaları üçgenlerin köşeleri olur. Köşeler üçgenlerin kenarlarını oluşturacak çizgiler ile bağlanır. Sonuçta köşelerden ve kenarlardan oluşan sürekli bir üçgenler yüzeyi elde edilir. Z değeri yani yükseklik bilgisi olmayan veriler, örneğin alanın sınır çizgileri yüzeyi dış sınırını tanımlamak üzere TIN üretirken kullanılabilir. TIN verisinde yüzeye ait Yükseklik, eğim ve bakı bilgileri mevcuttur.

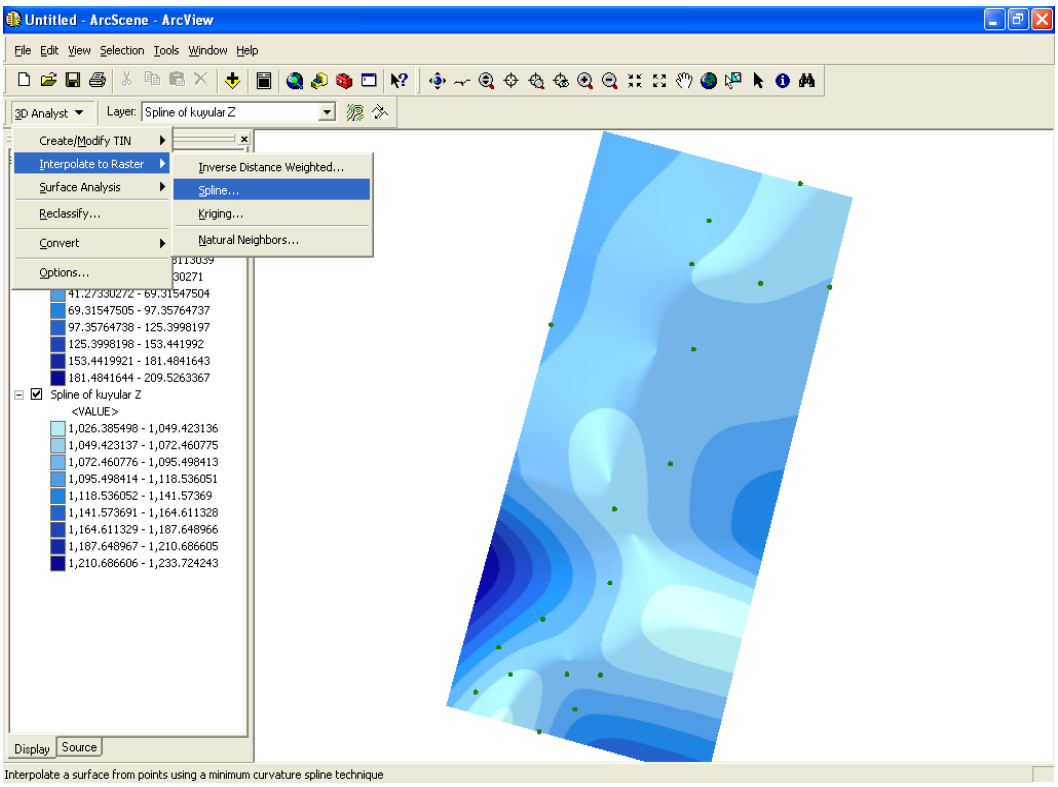
3D Analiz modülünde yer alan Interpolate to Raster fonksiyonu, IDW, Spline, Kriging ve Natural Neighbor Interpolation yöntemlerini içermektedir. Farklı lokasyonlardaki ölçüm noktalarının değerini kullanarak interpolasyon (interpolation) teknikleri ile sürekli bir yüzey oluştuşturulabilir.

Inverse Distance Weighting (IDW) belirli bir lokasyon hakkında veri tahmini yapabilmek için o lokasyona yakın olan noktaların tahmin hesaplamasında daha ağırlıklı rol alması ve daha uzak olan noktaların ise daha az etkili olması ilkesine dayanan bir tekniktir.

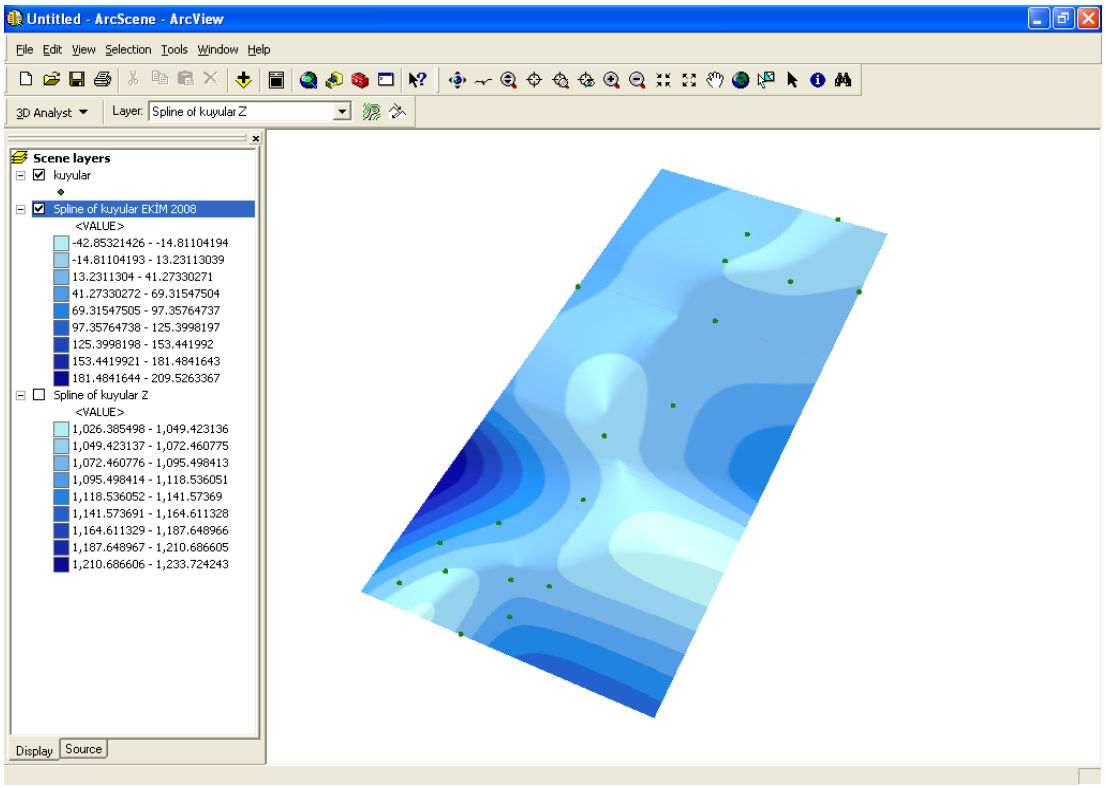
Kriging IDW'ye çok benzer ama tahmini değer üretimi sadece uzaklığa değil aynı zamanda noktaların uzaysal düzenine de bağlıdır.

Spline enterpolasyon yöntemi, IDW'nin yaptığı gibi Değerlerin ortalamasını almak yerine sanki lastik bir yüzeyi bilinen noktalar boyunca geriyormuş gibi, elastiki bir yüzey oluşturur. Bu germe etkisi, eğer tahmin edilmiş değerler örnek veri içerisinde bulunan minimum değerlerin altında veya maksimum değerlerin üstünde olacak şekilde istenir ise kullanışlıdır. Bu şekilde Spline enterpolasyon yöntemi, örnek veriye eklenmemiş düşük ve yüksek değerleri tahmin etmek için kullanışlı hale getirilmiş olur.

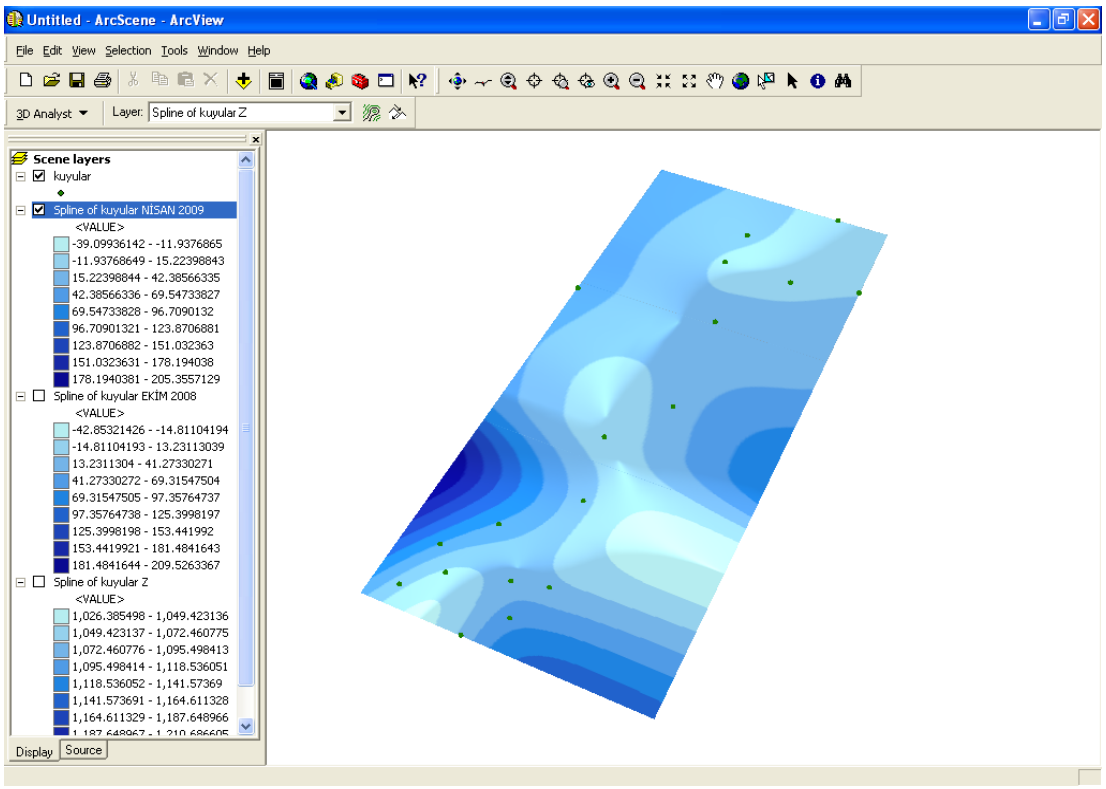
Uygulamada da spline yöntemi ile haritalar üretilmiş (Şekil 9) ve kuyuların Ekim 2008 (Şekil 10), Nisan 2009 (Şekil 11), Ekim 2009 (Şekil 12), Nisan 2010 (Şekil 13), Ekim 2010 (Şekil 14) değerleri gösterilmiştir.



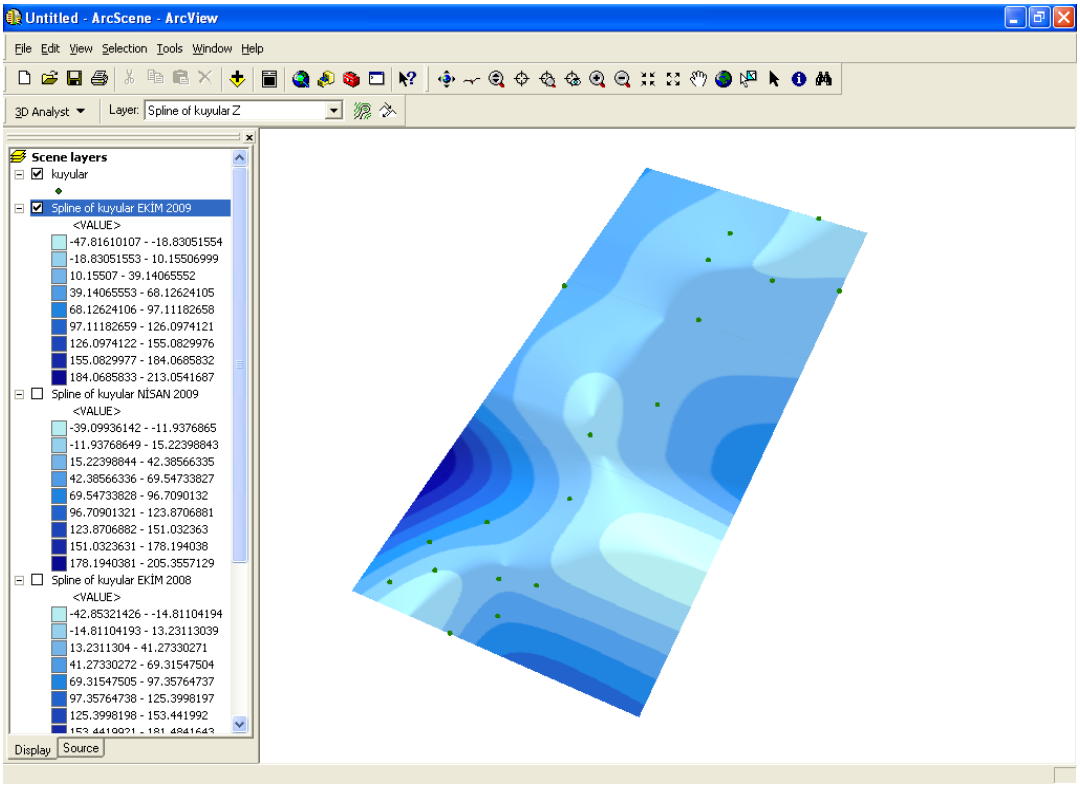
Şekil 9. Spline yöntemi ile harita üretimi



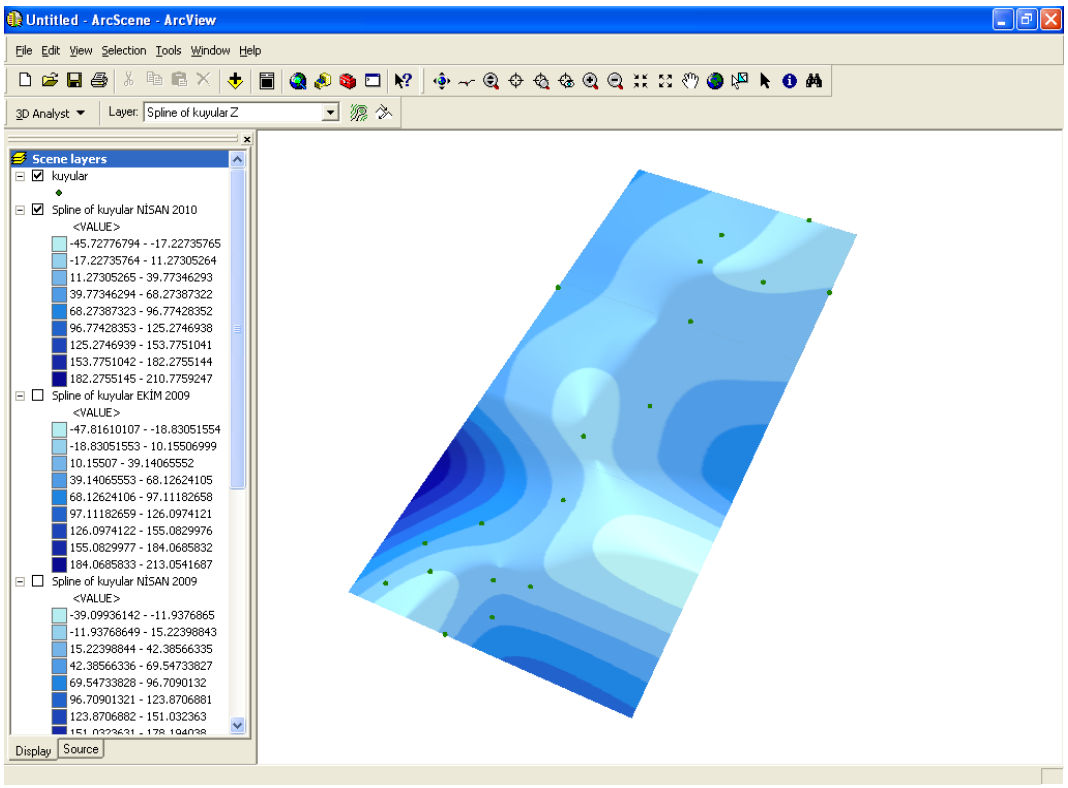
Şekil 10. Kuyuların Ekim 2008 değerleri



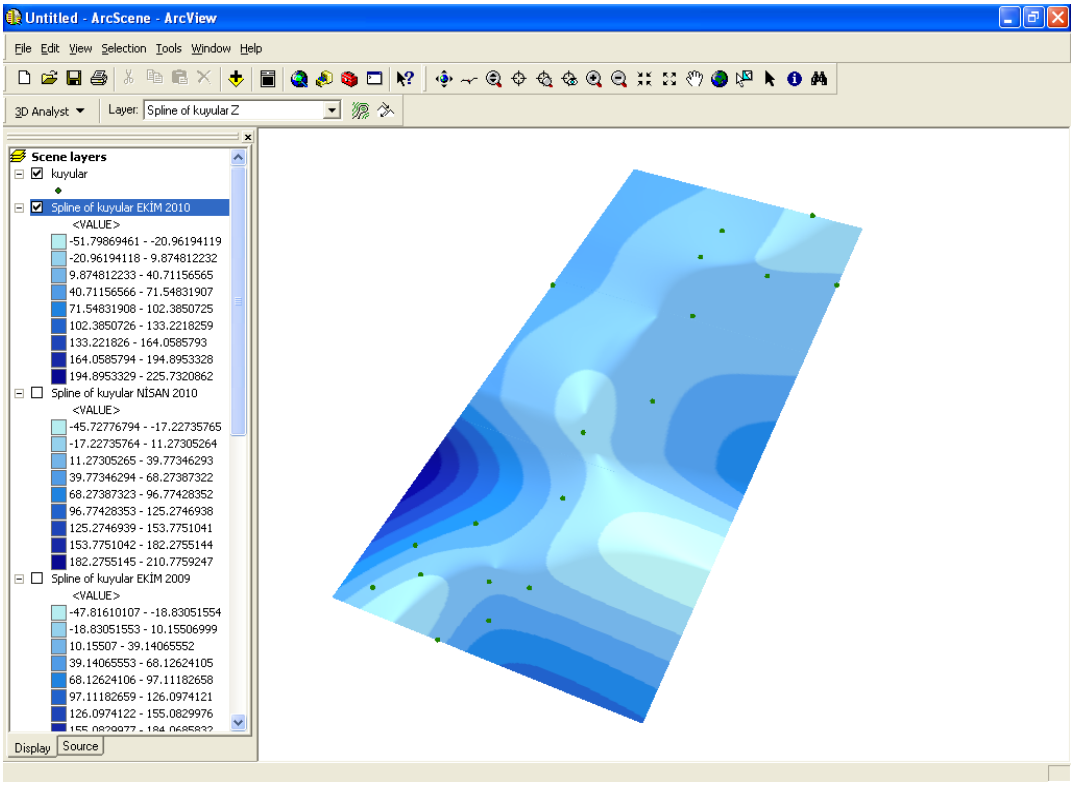
Şekil 11. Kuyuların Nisan 2009 değerleri



Şekil 12. Kuyuların Ekim 2009 değerleri



Şekil 13. Kuyuların Nisan 2010 değerleri



Şekil 14. Kuyuların Ekim 2010 değerleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Konya Kapalı Havzası sınırları içinde yer alan 18 istasyonun yeraltı su seviyeleri ArcGIS programı yardımı ile analiz edilmiş olup;
Dünya nüfusundaki artış, 1980'li yıllardan günümüze dek süren kurak dönemle yüzey sularının yanı sıra yeraltı sularının da olumsuz yönde etkilenmesi, Konya Kapalı Havzası içerisinde yer alan izinsiz (kaçak) kuyular, bilinçsiz toprak su kullanımı gibi ana nedenler neticesinde; yukarıda yapılan araştırma ve gözlem sonuçları da dikkate alınarak, gerek bölge için oluşturulan grafiklerden gerekse haritalardan birkaç kuyu haricinde bariz bir su seviyesi düşüşü gözlenebilmektedir.

Konya Kapalı Havzasında meydana gelen iklimsel, ekolojik ve ruhsatsız kaçak kuyu açılmasıyla meydana gelen yer altı su seviyelerindeki düşüşlerden dolayı havzada yıllık bazda su kaybı olmakta ve su miktarında düşüşler yaşanmaktadır.

Suyun ülke çapında giderek kıtlaşan bir kaynak olması nedeniyle su kaynakları yönetimine acil olarak müdahalede bulunulmalıdır. Toprak ve su kaynaklarının kullanımı ve yönetiminde ulusal devlet politikası oluşturulmalı, ülke genelinde sürdürülebilir bir havza yönetimi yönünde kurumlar arası eşgüdüm sağlanmalı, ulusal veri tabanı oluşturulmalı ve bilgi akışı sağlanmalıdır. Bu bağlamda yapımı devam eden yer altı sularının CBS ile yönetimi ve KOP gibi projeler hızlandırılarak sonuçlandırılmalıdır.

Özellikle yeraltı sularının korunması adına ise aşağıdaki tedbirler daha geç olmadan alınmalıdır;

- Sulama sistemlerinin yenilenmesi ve modernleştirilmesi (damla sulama vb.) gerekmektedir. Böylece daha az su ile aynı miktar sahanın sulanması sağlanacaktır (KOP gibi sulama projelerinin yapılması).
- Ruhsatsız veya halk tabiriyle kaçak olarak nitelenen su kuyularının önüne geçilmeli, izinsiz kuyular için gerekli işlemler yapılmalı, bu kuyular kayıt altına alınmalı, gerekirse kapatılmalıdır.
- Kayıt altındaki (belgeli) kuyularda da bilinçli ve tasarruflu su tüketimine dikkat edilmelidir.
- İçme-kullanma suyunda olduğu gibi sulamada kullanılan yeraltı suyunun da ücretlendirilmesi gerekmektedir. Yeraltı suyunun ücretlendirilmesi durumunda, bilinçsiz ve gereksiz yere çok su sarfiyatına neden olan salma sulama (vahşi sulama) azalacak ve belki ortadan kalkacaktır.
- Halk su tasarrufuna yöneltilmeli, eğitim çalışmalarına bir an önce başlanmalı ve bunu teşvik edecek adımlar atılmalıdır.
- Tüm havzalarda revize hidrojeolojik etütlere hız verilmelidir. Ücretlendirilmesi gerekmektedir. Yeraltı suyunun ücretlendirilmesi durumunda, bilinçsiz ve gereksiz yere çok su sarfiyatına neden olan salma sulama (vahşi sulama) azalacak ve belki ortadan kalkacaktır.
- Halk su tasarrufuna yöneltilmeli, eğitim çalışmalarına bir an önce başlanmalı ve bunu teşvik edecek adımlar atılmalıdır.
- Tüm havzalarda revize hidrojeolojik etütlere hız verilmelidir.

6. KAYNAKLAR

1. World Water Council, 2003, "Ministry of Foreign Affairs, Department of Regional and Transboundary Waters, General Directorate of State Hydraulic Works; Southeastern Anatolia Project Regional Development",Administration, Republic of Turkey,
2. Üstün, G. E., Akal Solmaz, S. K.. 2004. "Yeraltı Suyu Potansiyelini Koruma, Kontrol Ve Kurtarma Amaçlı Alınabilecek Önlemler", I.Yeraltısuları Ulusal Sempozyumu 23–24 Aralık, Konya,
3. Charbeneau, R. J., 2000, "Groundwater Hydraulics and Pollutant Transport". Prentice Hall, New Jersey, USA
4. Bouwer, H., Fox, P., Westerhoff, P., Drewes, J., 1999, "Integrating Water Management and Reuse: Causes For Concern?" Water Quality International, January February, pp. 19–22.

5. Unesco, 2006, "Coping With Water Scarcity A Strategic İssue and Priority For Systemwide Action", ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/waterscarcity.pdf
6. Bennett, A. J., 2000, " Environmental Consequences Of İncreasing Production: Some Current Perspectives", Agric. Ecosys. Environ. 82, pp. 89–95.
7. Hinrichsen, D., 1998, "Feeding A Future World", People and the Planet 7, 6–9.
8. Şen, Z., 2003, "Su Bilimi ve Yöntemleri", Su Vakfı Yayınları, İstanbul
9. http://tr.wikipedia.org/wiki/Havza
10. Nalbantcilar, M. T., Guzel, A., Durduran S. S., 2009, "Assessing of Groundwater Vulnerability Contamination Potential of Konya, Turkey, Using Hydrogeological Specifications and GIS", Asian Journal of Chemistry, 21/4, 2925-2934.
11. Göçmez, G., İşçioğlu, A., 2004, "Konya Kapalı Havzası'nda Yer Altı Suyu Seviye Değişimleri", I. Yeraltı suları Ulusal Sempozyumu, S.9-19.
12. Durduran, S.S., 2010. "Coastline Change Assessment on Water Reservoirs Located in the Konya Basin Area, Turkey, Using Multitemporal Landsat Imagery", Environmental Monitoring and Assessment, 164(1-4), 453-461
13. İşçioğlu, A., Hamarat, O., 2004, "Konya Çumra Karapınar Ovasının Su Potansiyeli Ve Kullanımı", Jeoteknik Hiz. Ve YAS Semineri, DSİ Fethiye
14. Göçmez, G., Genç, A.,Karakoca, A., 2008, "Konya Kapalı Havzasında Yeraltı Suyu Seviye Değişiminin İstatistiksel Değerlendirmesi", Konya Kapalı Havzası Yer altı Suyu ve Kuraklık Konferansı, S.98-107.
15. Yomralıoğlu, T., 2000, "Coğrafi Bilgi Sistemleri-Temel Kavramlar ve Uygulamalar", Seçil Ofset, İstanbul
16. Murthy, K. S. R., 1999, "Ground water potential in a semi-arid region of Andhra Pradesh a geographical information system approach center for remote sensing and information systems", Department of Geo-Engineering, Andhra University, Visakhapatnam no: 9, pp.1867–1884.
17. Zacharias, I., Dimitriou, T., Koussouris, E., 2003, "Estimating groundwater discharge into a lake through underwater springs by using GIS Technologies", Environmental Geology, 44: pp. 843–851.
18. Anbazhagan, S., Archana, M.,N., 2004, "Geographic information system and groundwater quality mapping in Panvel Basin", Environmental Geology, 45: pp. 753–761.
19. Engel, B. A., Navulur, K. C. S., 1999, "The Role of Geographical Information Systems in Groundwater Engineering", The Handbook of Groundwater Engineering, Editör: Delleur, J.W., CRC Press,