

Ovaçay Havzasındaki Akiferlerin Kirliliğe Duyarlılığının Belirlenmesinde Yeraltısuyu Seviye Değişimlerinin Etkisi*

O. Demirkıran

Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara

Özet: Çalışma Ankara Ovaçayı Havzasının bir bölümünde, DRASTIC yöntemi kullanılarak yürütülmüştür. Vadoz zon ve hidrolik iletkenlik katmanlarının oluşturulmasında kuyu log ve testlerinden yararlanılmıştır. Akiferlerin yıllık beslenme miktarının belirlenmesinde toprak bünyesi, nemliliği, arazi kullanım ve işleme durumunu dikkate alan SCS-CN yöntemi uygulanmıştır. Çalışma alanında uzun yıllık ortalama 381.5 mm' lik yağışa karşın, 35-96 mm arası beslenme miktarı belirlenmiştir. 2001 yılı için, yeraltısuyu derinliğine bağlı olarak elde edilen potansiyel kirlilik haritasına göre, kirlenabilirlik indisi değeri 13-182 arasında değişmektedir. Aynı değerlendirme, 1976 yeraltısuyu seviyelerine göre yapıldığında, indis değerleri 13-187 arasında olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ankara, DRASTIC, Ovaçay, duyarlılık, harita, yeraltısuyu, SCS-CN

Effect of Changing Groundwater Levels to Determine the Vulnerability of Aquifers in Ovaçay Basin

Abstract: This study has been carried out a part of Ovaçay which located Ankara province using DRASTIC methodology. The unsaturated zone and hydraulic conductivity layers were produced by using well logs and tests. In the determination of annual recharge of the aquifers, SCS-CN method, which takes into account the soil texture, soil moisture, land use and tillage practise, was used. In the study area, long years annual average precipitation amount was recorded as 381.5 mm whereas the amount of recharge was between 35-96 mm. As a result according to the vulnerability map of 2001 based on the depth of groundwater, the potential pollution indices range between 13 to 182. The same evaluations for 1976 groundwater levels showed that the indices ranged between 13 to 187.

Key Words: Ankara, DRASTIC, groundwater, mapping, Ovaçay, vulnerability, SCS-CN

GİRİŞ

Ovaçayı Havzası Ankara'ya yakın olması nedeniyle, yeni yerleşim yeri ve sanayi tesisleri için, cazip bir bölgedir. Bu durum, bölgede suya olan talebi her geçen gün artırmaktadır. Havzadaki akiferler, yeraltısuyu potansiyeli yönüyle önemli bir su kaynağını oluşturmaktadırlar. Bu kaynağın kirleticilere karşı korunması amacıyla, duyarlılıklarının bilinmesine gereksinim vardır. Bu bağlamda yeraltısuyu kaynaklarının korunması ve rezerv olarak gelecek nesillere aktarılmasında ilgililere, özellikle de yerel ve merkezi yönetimlere önemli görevler düşmektedir. Kullanıcılara kullanım kolaylığı sağlaması nedeniyle, DRASTIC modeli seçilmiştir. Model temel hidrojeolojik parametreleri kullanması nedeniyle, veri sağlamada bir zorlukla karşılaşmamıştır.

Öncelikle havzanın jeoloji, toprak ve topoğrafik haritaları sayısallaştırılmıştır. Havzada açılmış kuyulara ilişkin veriler kullanılarak, gerek kuyu logları gerekse pompaj deneyleri, yeraltısuyuna olan derinlik, vadoz zon ve hidrolik iletkenlik gibi katmanlar hazırlanmıştır. Yıllık beslenme hesaplamaları, toprak bünyesi, arazi

kullanım, toprak işleme durumu ve nemlilik parametrelerini dikkate alan SCS-CN yöntemiyle yapılmıştır. Nemlilik durumu mevsimsel olarak alınmıştır. Havza topraklarının bünyesini belirlemek amacıyla, 56 farklı lokasyondan toprak numunesi olarak analizler yapılmıştır. Toprak bünyesi katmanının oluşturulmasında havza toprak haritasının yanı sıra bu analizlerden de yararlanılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

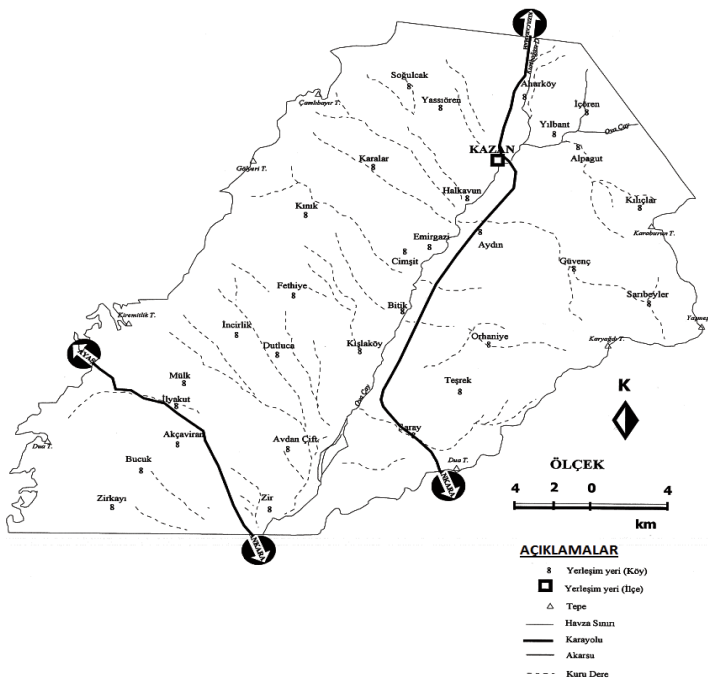
Çalışma alanı, Ankara il merkezine yaklaşık olarak 30 km uzaklıkta, UTM koordinat sistemine göre 445 000 484 000 doğu boylamları ve 44 28 000 -44 57 500 kuzey enlemleri arasında yer alırlar. Haritalama çalışması yapılacak saha, toplam havza alanı 1550 km² olan, Kazan İlçesini de içerisinde bulunduran Ovaçay Havzasının güney-batı yönünde 664.1 km²lik bölümü kapsamaktadır.

Ovaçay kuzeyde Aydos ve Yıldırım dağlarından doğmaktadır. Mürted ovasını katederek, Yenikent beldesinin 5km güneyinde Ankara Çayına ile birleşir.

Kurtboğazı deresi en büyük kol olup, Kazan ilçesinde Ovaçayına katılmaktadır. Havzanın içerisinde Kazan ilçesi ve Yenikent beldesi de dahil toplam 34 adet yerleşim birimi vardır. Çalışma sahasının doğu sınırında Karaburun Tepe (1388 m), Yaşmeşe (1355 m) ve Dua Tepe (1002 m), batı sınırında ise, Gölyeri Tepe (1345 m) ve Çamlıbayır Tepe (1350 m) vardır (Şekil 1).

Genel olarak çalışma alanında, Permiyen-Triyas yaşlı volkanik ve sedimanter kayaların yanı sıra, Senozoyik yaşlı sedimanter ve volkanit birimler de yüzeylenmektedir. Havzada en genç jeoloji oluşum olarak yer alan Kuvaterner yaşlı Alüvyon birimler de oldukça geniş bir yayılım göstermektedir. Etüt sahasının temelini teşkil eden Permiyen-Triyas yaşlı çökel kaya ve volkanit birimler ile yamaç molozu üzerine Jura-Kretase yaşlı sedimanter kökenli kayalar uyumsuz olarak çökelmişlerdir. Bu birimlerin üzerine de Senozoyik yaşlı yine volkanik kökenli birimler ile sedimanter birimler havzada yüzeylenmektedir (Sarıaslan vd., 1998).

Çalışma alanı içerisinde 6 adet Büyük Toprak Grubu vardır. Bu birimler sırasıyla Alüvyal Topraklar (A), Kolüvyal Topraklar (K), Kahverengi Topraklar (B), Kahverengi Orman Toprakları (M), Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları (N) ve Kireçsiz Kahverengi Toprakları (U)'dır (KHGM,1992). Çalışma



Şekil 1. Çalışma alanı yerleşim yerleri ve akarsu drenaj ağı

alanı, arazi kullanım durumu bakımından 10 ayrı sınıfta değerlendirilmiştir. En büyük alanı 313 km² ile kuru tarım, daha sonra ise 202 km² ile mera temsil etmektedir. Orman, bağ (kuru), bahçe (sulu ve kuru) ve çayır gibi alanlar 10 km²' den az yer kaplamaktadırlar.

YÖNTEM

DRASTIC öncelikle haritalanabilir hidrojeolojik parametrelerin göstergesi olan yedi adet bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler yeraltısuyuna uzaklık (D), beslenme (R), akifer ortamı (A), toprak bünyesi (S), eğim (T), vadoz zon (I) ve hidrolik iletkenlikten (C) oluşmaktadır.

Sistem üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar; (1) ağırlık, (2) puanlandırma ve (3) sıralama olmaktadır (Aller vd., 1987). Her bir parametre göreceli olarak belirli bir ağırlığa sahiptir. Ağırlık değerleri 1 ile 5 arasında değişmekte olup, fonksiyonel olarak 5 değerliği en önemli, 1 ise en önemsiz parametre olduğunu göstermektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. DRASTIC Metodolojisinde parametre ağırlıkları (Aller vd., 1987)

	PARAMETRE	AĞIRLIK
D	Su Derinliği	5
R	Beslenme	4
A	Akifer Ortamı	3
S	Toprak Bünyesi	2
T	Toğografya	1
I	Vadoz Zon	5
C	Akiferin Hidrolik İletkenliği	3

Sonuç olarak her bir birim alan için; aşağıda yer alan 2.1 eşitliğine bağlı olarak sayısal bir değer elde edilir.

$$DI = D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w \quad (\text{Aller et al., 1987}) \quad (1)$$

DI = DRASTIC İNDİS

r = Sıralama (her bir atlık için türetilen değerler)

w = Ağırlık

Eşitlik (1) den elde edilen yüksek sayısal indis değerleri, yeraltısuyu kirliliğine karşı hassas coğrafik bölgeleri göstermektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Modeli oluşturan parametrelerin tespit edilmesi ve bu değerlerin alansal olarak dağıtılmasında çok sayıda ana veri katmanına ihtiyaç duyulmuştur. Bu verileri bir bölümü arazi, büro ve laboratuvar ortamında hazırlanmıştır. Diğer bir bölümü ise, var olan verilerin derlenmesi şeklinde olmuştur.

Yeraltısuyuna uzaklık (D) katmanı

Ovaçayı Havzası için yeraltısuyuna uzaklık katmanı; DSİ tarafından gerek araştırma gerekse işletme amaçlı olarak açılmış 34 adet sondaj kuyusu ve KHGM tarafından açılmış 19 adet sondaj kuyusunun statik su seviyelerinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Çalışma alanı akiferlerinin potansiyel kirlilik haritalarının çıkarılmasında, kuyuların 1976 ve 2001 su yılı yeraltısuyu seviye değerleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Özellikle 2001 verilerinin değerlendirilmesindeki amaç, kum ve çakıl ocaklarının oluşturduğu etkilerin ortaya konmasıdır. Her iki döneme ait yeraltısuyu seviye aralıklarının, havzadaki kapladığı alanı gösteren veri tabanı bilgileri derlenerek Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 2. Yeraltısuyu seviyelerinin alansal dağılımı

DEĞER ARALIĞI (m)	DEĞER	1976 YILI	2001 YILI
		ALAN (km ²)	ALAN (km ²)
0-1.5	10	10.3	5.4
1.5-4.6	9	64.7	21.2
4.6-9.1	7	27.0	59.4
9.1-15.2	5	0.9	17.0
22.9-30.5	2	62.6	62.6
Değerlendirme dışı	0	498.6	498.6
TOPLAM ALAN (km²)		664.2	664.2

Beslenme (R) katmanı

Metodolojinin kabulleri doğrultusunda, sadece yağıştan süzülme miktarı beslenme değeri olarak alınmaktadır. Bu amaca yönelik olarak, öncelikli olarak havzasının su bütçesi oluşturulmuştur. Buharlaşma miktarı Thornthwaite yöntemine göre hesaplanmıştır. Belirlenen sonuçlara göre, beslenme katmanını oluşturulmasında 114.3 mm'lik fazla su miktarı bulunmuştur. Havzanın yeraltısuyu beslenme değeri, SCS-CN (Soil Conservation Service-Curve Number) yöntemine göre belirlenmiştir (Chow vd., 1988). Toprak eğri numaralarını (CN) belirlemek için, çalışma alanının toprak ve arazi kullanım haritalarından yararlanılmıştır. Havzada bulunan büyük toprak gruplarının derin-

lik-bünye, eğim-derinlik-bünye ve diğer toprak özellikleri gibi parametrelere bakılarak, hidrolojik toprak grupları oluşturulmuştur (Özer, 1990). Belirlemiş olduğumuz CN' ler normal koşullar için geçerli kılınmıştır. Yapılan değerlendirme sonucu süzülme olabilecek alanın yüzölçümü 103.1 km² olarak belirlenmiştir. Bu alandaki beslenme miktarlarının 35-96 mm arası bir değişim gösterdiği saptanmıştır. Yapılan değerlendirme Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Beslenme katmanı sınıflandırma aralığı

Beslenme Aralığı (mm)	Derecelendirme Değeri	Yüzölçümü (km ²)
35-42	1	74.5
43-60	2	11.3
61-71	3	6.9
72-96	4	10.4

Sınıflandırma, bağımsız bir gruba dahi eleman kümesinin, kendi içerisinde sınıflandırılabilmesine olanak sağlayan, doğal kırılma yöntemine göre yapılmıştır (Jenks, 1977). Derecelendirme değeri rastgele atanmıştır.

Akifer ortamı (A) katmanı

Çalışma sahası içerisinde akifer niteliğindeki en önemli formasyonlar; Ovaçayı ve Kurtboğazı dereleri boyunca yüzeylenen alüvyon (Qa), ve Pliyosen yaşlı Gölbaşı Formasyonu (Tg)'dur. Havzada Kuvaterner birimleriyle temsil edilen akiferlere 8 değeri atanmıştır. Basınçlı akifer özelliği gösteren Gölbaşı Formasyonuna ise 2 değeri verilmiştir.

Toprak bünyesi (S) katmanı

Toprak bünyesi katmanının oluşturulmasında mevcut toprak haritası ve raporu (KHGM, 1982) ile büyük toprak grubu, arazi kullanım durumu ve topoğrafik parametrelerine bağlı olarak araziden temin edilmiş, toprak numunelerinin analizi ile elde edilen laboratuvar sonuçları dikkate alınmıştır. Bünyeye ilişkin yeterli bilgi bulunmadığı durumlarda, arazi gözlemleri ve laboratuvar sonuçlarına bakılmıştır. Çalışma alanı içerisinde bulunan Alüvyal (A) toprakların drenaj-bünye özellikleri dikkate alınarak sınıflandırmaya gidilmiştir. Kolloviyal Topraklar (K) 'ın sınıflandırılmasında eğim-bünye-derinlik kombinasyonundan yararlanılmıştır. Diğer büyük toprak gruplarında ise; eğim-derinlik kombinasyonu kullanılarak çok sığ olan birimler belirlenmiştir.

Sonuç olarak; değerlendirme yapılan alanda “çok sığ-yok” veya “çakıl” sınıfına sokularak 10 değeri verilen alanın yüzölçümü, 15.5 km² olarak belirlenmiştir. Killi tınlı toprakların kapladığı alan 67.7 km² olup, atanan değerlik 3’dür. Bünye özellikleri itibariyle yüzey alanı 57.9 km² olan siltli tın’a 4, 23.1 km² olan kil’e 1 ve 1.4 km² olan kumlu tın’a 6 değeri verilmiştir.

Topoğrafya (T) katmanı

Havza topoğrafik haritası, düzensiz üçgenler ağı yönüne tabi tutularak havza sayısal arazi modeli oluşturulmuştur. Bir sonraki aşamada sayısal arazi modelinden yararlanılarak havza eğim grupları türetilmiştir. Eğim grupları yeniden düzenlenerek, metodolojinin gerektirdiği eğim sınıflandırmasına uygun hale getirilmiştir. Toplam 5 eğim grubu belirlenmiş olup, çalışma alanında en geniş yayılım gösteren % 0-2 eğim grubu (112.4 km²) olmuştur. Alansal olarak ikinci büyüklüğü 40.5 km² ile % 2-6 eğim sınıfı meydana getirmiştir.

Vadoz zon (I) katmanı

Vadoz zona ilişkin değerlendirme yapılırken DSİ ve KHGM tarafından açılmış sondaj kuyularının loglarından yararlanılmıştır. Vadoz zon katmanını oluştururken, her bir kuyuyu oluşturan ve değerleri önceden belirlenmiş olan toprak ve jeolojik birimlerin ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanmıştır. DSİ ve KHGM’ye ait kuyuların değerlendirmeleri ayrı ayrı yapılmıştır.

Zira, DSİ kuyuları daha çok Ovaçay alüvyonlarında açılmış olmasına karşın, KHGM kuyuları yan dereler veya alüvyon yelpazeler üzerinde yer aldığı görülmüştür. Vadoz zon bölgesinin kumlu, kumlu-çakıllı birimlerden oluşması durumunda 8, kumlu killer için 4 ve killi tabakalardan oluşması durumunda 1 değeri verilmiştir.

Hidrolik iletkenlik (C) katmanı

Havzanın hidrojeoloji etüdü sırasında, açılmış olan 14 adet sondaj kuyusunda yapılan pompaj çalışmaları ile akiferlere ait hidrolik iletkenlik (T) değerleri tespit edilmiştir (DSİ,1976). Bu verilerden yola çıkarak havzada Kuvaterner (Qa) ve Pliyosen yaşlı Gölbaşı Formasyonuna (Tg) ait hidrolik geçirgenlik (K) değerleri elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu, K değerleri m/s cinsinden belirlenerek (Çizelge 4)’de sunulmuştur.

Hidrolik iletkenlik katmanı arazinin belirli noktalarından alınan toprak örneklerinden yapılan laboratuvar analizleri ve sondaj kuyularından tespit edilen K değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Hidrolik iletkenlik sınır değerleri ve değerlendirmede kullanılacak örnek sayısı dikkate alınarak yeni bir sınıflandırma yapılmıştır (Çizelge 5). Değerlikler hidrolik iletkenlik değerleri ile doğru orantılı olarak rastgele atanmıştır.

Çizelge 4. Kuyulara ilişkin hidrolik iletkenlik değerleri

KUYU NO	AKİFER KALINLIĞI	FORMASYON	T (m ³ /gün/m)	K (m/s)
5263B	19	Tg	93	5.7x10 ⁻⁵
5282A	16	Qa	1939	1.4x10 ⁻³
5330A	16	Qa	34	2.5x10 ⁻⁵
5330B	22	Tg	30	1.6x10 ⁻⁵
5331A	48	Qa	4938	1.2x10 ⁻³
5331B	60	Tg	10	1.9x10 ⁻⁶
5332A	17	Qa	83	5.6x10 ⁻⁵
5332B	32	Tg	25	9.0x10 ⁻⁶
5333A	16	Qa	316	2.3x10 ⁻⁴
5333B	112	Tg	150	1.6x10 ⁻⁵
5334A	10	Qa	296	3.4x10 ⁻⁴
5334B	48	Tg	13	3.1x10 ⁻⁶
15030A	17	Qa	128	8.7x10 ⁻⁵
15031A	17	Qa	702	4.1x10 ⁻⁴

Çizelge 5. Hidrolik iletkenlik sınıflandırma aralıkları ve değerlikleri

C Sınıf Aralıkları (m/s)	Değerlik
$> 1.0 \times 10^{-4}$	9
$1.0 \times 10^{-4} - 1.0 \times 10^{-5}$	6
$1.0 \times 10^{-5} - 1.0 \times 10^{-6}$	3
$< 1.0 \times 10^{-6}$	1

SONUÇ

DRASTIC yönteminin dikkate aldığı yeraltısuyuna olan uzaklık ve beslenme parametreleri birer değişken olup, zamanın bir fonksiyonudur. Bu parametreler hidrometeorolojik koşullardaki değişimlerden etkileneceklerdir. Özellikle yağış, sıcaklık gibi iklim değerlerindeki değişimler beslenme miktarını etkileyecek, bu da yeraltısuyu seviyelerinde değişimlere neden olacaktır. Dolayısıyla diğer bir model parametresi olan yeraltısuyuna olan uzaklık parametresini doğrudan etkileyecektir. Bu da belirli bir zaman süresi içerisinde, duyarlılık indisinde değişimlere neden olacaktır.

Model kabullerinden bir tanesi kirleticinin arazi üzerinde kabul edilmesi, bir diğeri ise hareketinin yağışlardan yeraltısuyuna sızan su aracılığı ile olması olarak tanımlanmıştır. Ovaçayı havzası gibi, yeraltısuyu içeren alüvyon ovaların belirli bir bölümünde sulu tarım yapılması olağan bir durumdur. Ancak yapılan çalışmada, tarımsal uygulamaların bir parçası olan sulama suyu etkileri göz ardı edilmiştir.

Yöntemin en büyük eksikliklerinden biri sisteme dışarıdan yapılacak olan etkileri dikkate almamasıdır. Özellikle herhangi bir lokasyonda açılacak olan sondaj, keson gibi yapılar, o noktada yeraltısuyunun kirliliğe karşı olan duyarlılığını artırıcı bir rol oynayacaktır. Buna ilave olarak arazi yüzeyinden yapılacak olan kazıların duyarlılığı artırıcı, dolguların ise azaltıcı bir etki göstereceği bilinmelidir.

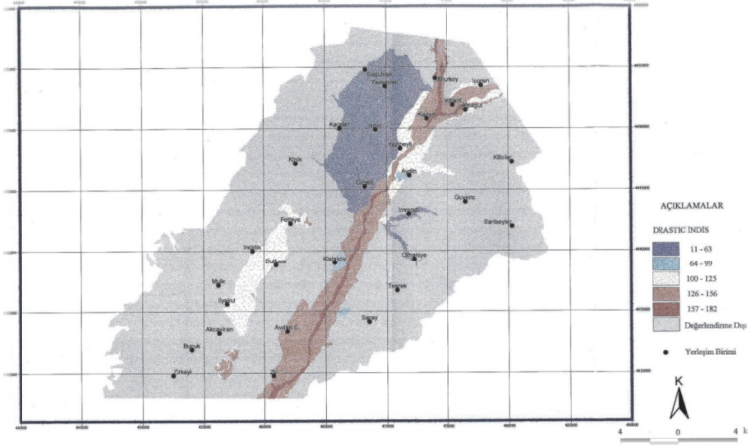
Çalışma alanı için, yıllık ortalama yağış miktarının 381.5 mm olmasına karşın, yıllık fazla su miktarı 114.3 mm olarak hesap edilmiştir. Fazla suyun 32-96 mm arası bölümü, beslenme miktarı olarak belirlen-

miştir. Sonuç olarak; çalışmada belirtilen havza akiferlerinin yağış yolu ile beslenimi, 4.87×10^6 m³/yıl olarak hesap edilmiştir. Sınıflandırmalara bağlı olarak, akarsu yatağına yakın bölgelerde hidrolik iletkenlik ve vadoz zon değerlerinin oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Akarsu yatağından birikinti konilerine doğru gidildikçe belirtilen değerliklerde tedrici bir düşüş olduğu gözlenmiştir.

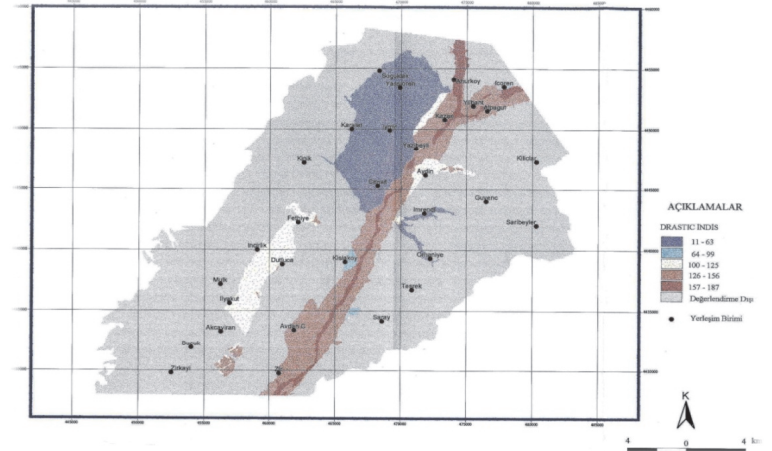
Sonuç olarak, çalışma alanınının 2001 yılı yeraltısuyu seviyesine bağlı olarak, DI değerlerinin 13-182 arasında değiştiği saptanmıştır (Şekil 2). Başlangıç aşamasında düşünülmemesine rağmen, daha sonra görülen zorunluluk üzerine 80'ler öncesi yeraltısuyu durumunu da dikkate alan ikinci bir Yeraltısuyu Potansiyel Kirlilik Haritası (Y.P.K.H.) hazırlanmıştır (Şekil 3). Bu amaçlı yapılan çalışmada 1976 yılındaki yeraltısuyu seviyeleri kullanılmıştır. Sonuçta; hesaplanan DI değerlerinin 13 ile 187 arasında değiştiği görülmüştür.

Alt sınır değeri aynı olması şartıyla, yani 2001 yılı değerleri kabul edilebilir, her iki döneme ait Y.P.K.H.'nin "çok yüksek" sınıfında görüleceği gibi, 1976 yılı için yaklaşık olarak 13.2 km² olan bu alan, 2001 yılında 8.7 km²'ye düşmüştür. Yaklaşık olarak 4.4 km²'lik bir alan bir alt sınıfa dahil olmuştur. Aynı şekilde diğer sınıfların değer aralıklarına bakıldığında, 2001 yılı "yüksek" sınıfı, 1976 yılı değerlerine göre yaklaşık 5 km² azalma göstermiştir. Buna karşın "orta" sınıfta ise yaklaşık 9.2 km²'lik bir artış söz konusudur. Değer azalması sonucu, yaklaşık 0.2 km²'lik bir alan "düşük" sınıfa eklenmiştir. Daha doğru bir deyişle potansiyel olarak kirlenebilirliği fazla olan 9.4 km²'lik bir alan, zaman içerisinde ötelenerek daha az duyarlı hale gelmiştir.

Yeraltısuyu seviyelerindeki bu düşmeler, akiferlerin duyarlılığının giderek azalması sonucunu doğurmuştur. Duyarlılığın azalması iyi bir sonuç olarak algılanmamalıdır. Zira bir akiferin duyarlılığının giderek azalması, o birimin akifer olma özelliklerini yavaş yavaş kaybettiği anlamına geldiği söylenebilir.



Şekil 2. Ovaçay Havzası 2001 yılı Y.P.K.H.'sı



Şekil 3. Ovaçay Havzası 1976 yılı Y.P.K.H.'sı

KAYNAKLAR

Aller, L., Bennet, T., Lehr, J. H. and Petty, R.J. (1987). DRASTIC: A Standartized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings, U.S. EPA Report 600/2-85/018.

Chow, V.T., Maidment, D.R. and Mays, L.W, (1988), Applied Hydrology, McGraw-Hill, ISBN 0-07-010810-2, USA.

DSİ, (1976). Mürted Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltıları Dairesi Başkanlığı.

Jenks, G.F., (1977). Optimal Data Classification for Choropleth Maps, University of Kansas Department of Geography Occasional Paper No.2, Lawrence. Kansas, USA.

KHGM, (1992). Ankara İli Arazi Varlığı ve Toprak Kaynakları, Başbakanlık, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Etüt ve Proje Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Özer, Z., (1990). Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Havza Islahı ve Göletler Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Sarıaslan, M., Yurdakul, E. ve diğ., (1998). Ankara İlinin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları, MTA-Jeoloji Etütleri Dairesi, Derleme Rapor No: 10069.